

Министерство культуры Российской Федерации
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Государственный музей истории космонавтики
имени К.Э. Циолковского
Институт истории естествознания и техники имени С.И. Вавилова
Российской академии наук
Российская академия космонавтики им. К.Э. Циолковского

**К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ.
ПРОБЛЕМЫ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ КОСМОСА
И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМНЫХ
РЕСУРСОВ**

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

Часть 1

Калуга, 2025

The Ministry of Culture of the Russian Federation
The Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation
The Russian Academy of Sciences
The K. Tsiolkovsky State Museum of the History of Cosmonautics
The S.I. Vavilov Institute of the History of Natural Sciences and
Technology of the Russian Academy of Sciences
The Russian Academy of Cosmonautics named after K.E. Tsiolkovsky

**K.E. TSIOLKOVSKY.
PROBLEMS OF SPACE INDUSTRIALIZATION
AND RATIONAL USE OF TERRESTRIAL RESOURCES**

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

Part 1

Kaluga, 2025

ББК

И

60-е Научные чтения, посвященные разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского

2025 г., проводятся при содействии Правительства Калужской области

Ответственные за выпуск:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Академик РАН В.А. Соловьев (председатель), Н.А. Абакумова (сопредседатель), д-р техн. наук, проф. В.А. Алтунин, канд. техн. наук Н.Б. Бодин, д-р техн. наук, проф. В.В. Воробьев, д-р техн. наук В.А. Воронцов, канд. техн. наук, доц. Н.В. Гевак, д-р техн. наук, проф. Л.В. Докучаев, М.В. Доронина, Т.Н. Желнина, д-р физ.-мат. наук, проф. В.В. Ивашкин, д-р мед. наук, член-корр. РАН В.К. Ильин, Л.Н. Канунова (отв. секретарь), Е.Н. Коробейникова д-р филос. наук, канд. техн. наук, проф. С.В. Кричевский, д-р филос. наук В.В. Лыткин, 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. техн. наук А.А. Митина, канд. ист. наук А.А. Мясников, канд. техн. наук Д.А. Темарцев, д-р техн. наук, проф. А.А. Позин, д-р мед. наук, проф. РАН Е.Э. Сигалева, д-р физ.-мат. наук В.И. Стрелов, Е.А. Тимошенкова, д-р техн. наук, проф. В.В. Хартов, канд. ист. наук А.В. Хорунжий, канд. техн. наук В.А. Шувалов, канд. техн. наук А.А. Яковлев.

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ. ПРОБЛЕМЫ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ КОСМОСА И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМНЫХ РЕСУРСОВ

И Материалы 60-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 1. Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»). 2025. – ... с. – 350 экз.

ISBN

ISBN

ISBN

© Авторы докладов, 2025

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 930

eLIBRARY.RU: 03.29.00

Абакумова Н.А.

Abakumova N.A.

директор ГМИК им. К.Э. Циолковского

член Общественного совета

Госкорпорации «Роскосмос»

первый вице-президент АМКос

«60-е НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ, ПОСВЯЩЁННЫЕ РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ И РАЗВИТИЮ ИДЕЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО. ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ»

"60th SCIENTIFIC READINGS DEDICATED TO THE DEVELOPMENT OF THE SCIENTIFIC HERITAGE AND THE ADVANCEMENT OF THE IDEAS OF K.E. TSIOLKOVSKY: HISTORY AND MODERNITY"

Аннотация. Освещается история Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского, которые ежегодно проводятся в г. Калуга и приурочены ко дню рождения ученого.

Ключевые слова: К.Э. Циолковский, конференция, секции, пленарное заседание, ученые-участники Чтений.

Abstract. The article covers the history of the Scientific Readings dedicated to the development of the scientific legacy and the ideas of Konstantin Tsiolkovsky, which are held annually in Kaluga on the scientist's birthday.

Keywords: K.E. Tsiolkovsky, conference, sections, plenary session, and participants of the Readings.

Имя великого русского ученого, основоположника теории космонавтики К.Э. Циолковского сегодня известно во всем мире. «Константин Эдуардович был человеком, жившим намного впереди своего века, как и должно жить истинному и большому ученому», – так основоположник практической космонавтики С.П. Королев охарактеризовал творчество К.Э. Циолковского.

По своей значимости и содержанию научное наследие К.Э. Циолковского огромно и многогранно, идеи и гипотезы, выдвинутые ученым более ста лет назад, актуальны и сегодня, а многие новые научные концепции и инженерные решения, претворяемые в жизнь, можно считать воплощением на практике прогнозов ученого.

Решение об организации ежегодных Научных чтений, посвященных разработке научного наследия К.Э. Циолковского, было принято в 1965 году Президиумом Академии наук СССР по предложению Всесоюзного комитета космонавтики Федерации авиационного спорта Добровольного общества содействия армии, авиации и флоту (ДОСААФ) СССР и Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова АН СССР (ИИЕТ), поддержанному Домом-музеем К.Э. Циолковского в Калуге (Музей истории космонавтики только строился). Вскоре был избран Оргкомитет Чтений, который возглавил академик А.А. Благонравов. Местом проведения выбрана Калуга, время проведения было приурочено ко дню рождения великого ученого (17 сентября).

Первые Научные чтения, посвященные разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского, состоялись 17-18 сентября 1966 г.

Программа I Чтений состояла из двух пленарных заседаний. На II Чтениях было сформировано пять секций: «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского» (с XVI Чтений – «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история ракетно-космической науки и техники»); «Проблемы ракетной и космической техники»; «Механика космического полета»; «Проблемы космической медицины и биологии»; «Воздухоплавание» (с III Чтений - «Авиация и воздухоплавание»). На IX Чтениях была организована секция 6 «К.Э. Циолковский и философские проблемы освоения космоса». На X и XI Чтениях работала секция «К.Э. Циолковский и проблемы астрономии и небесной механики». С XII Чтений работает секция 7 «К.Э. Циолковский и научное прогнозирование», с XV Чтений – секция 8 «К.Э. Циолковский и проблемы космического производства», с XVIII Чтений – секция 9 «К.Э. Циолковский и проблемы профессиональной деятельности космонавтов», с XXXI Чтений – секция 10 «К. Э. Циолковский и проблемы образования», с XLII Чтений – секция 11 «К. Э. Циолковский и экономика космической деятельности».

На Научных чтениях, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского обсуждается широкий спектр теоретических и практических вопросов: исследование многогранного научного наследия основоположника теоретической космонавтики К.Э. Циолковского, история развития отечественной космонавтики, научно-инженерные проблемы проектирования и создания ракетной техники и авиации, механика космического полета, философские проблемы освоения космоса, научное прогнозирование космической деятельности, проблемы космического производства, развития космической биологии и медицины, различные аспекты профессиональной деятельности космонавтов. Кроме научно-технических проблем в области ракетной и космической техники, направлений и программ дальнейшего инновационного развития космонавтики на Чтениях рассматриваются социально-философские проблемы, вопросы экологии космоса, культуры и космического образования в обществе. На Чтениях неоднократно затрагиваются вопросы использования достижений космической науки и техники в интересах народного хозяйства. Большой интерес вызывают проблемы индустриализации космоса, освоения Луны и межпланетных исследований.

Оригинальные выводы и предложения ученого находят и сегодня воплощение в современной ракетно-космической отрасли.

Прошло много лет, но гениальные предвидения ученого, его теоретическое наследие приобретают все большую значимость, его труды служат предметом изучения широкими кругами научной общественности. Сегодня с уверенностью можно сказать, что многое из того, что задумано великим ученым, в будущем станет реальностью. Поэтому у уникального научного форума огромные перспективы.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Зелёный Л.М.

Zelenyi L.M.

академик РАН

научный руководитель ИКИ РАН

Петрукович А.А.

Petrukovich A.A.

академик РАН

директор ИКИ РАН

60 ЛЕТ ПО ДОРОГЕ ОТКРЫТИЙ ИКИ АН СССР/РАН ВО ВРЕМЕНИ И ПРОСТРАНСТВЕ

60 YEARS ALONG THE ROAD OF AS USSR/RAS IKI DISCOVERIES IN TIME AND SPACE

Аннотация. Доклад посвящен истории становления и развитию головного академического института по исследованию и использованию космического пространства в интересах фундаментальных наук. Инициатором создания ИКИ выступил сам М.В. Келдыш.

Abstract. The report is devoted to the history of the formation and development of the leading academic institute for the study and use of outer space in the interests of fundamental sciences. The initiator of the creation of IKI was M.V. Keldysh himself.

Ключевые слова: академия наук, космическое пространство, исследования, Луна, искусственные спутники, планеты.

Keywords: Academy of Sciences, outer space, research, Moon, artificial satellites, planets.

Космическая эра человечества началась 4 октября 1957 г. с запуском Первого искусственного спутника Земли. Эта веха действительно открыла новую эпоху в истории земной цивилизации. Новая эпоха потребовала организации новых форм исследований космоса. В США было создано НАСА — национальное космическое агентство, а в СССР — несколько головных научных институтов, отвечающих за основные направления советской космической программы, в первую очередь в системе Академии наук СССР.

С самого начала космической эры при АН СССР начал функционировать Межведомственный научно-технический совет по космическим исследованиям (МНТС по КИ), который возглавил академик, президент АН СССР М.В. Келдыш. В 1964 г. был образован Институт медико-биологических проблем, сегодня — государственный научный центр. Далее 15 мая 1965 г на основе Постановления Совета Министров СССР был образован Институт космических исследований АН СССР, и в соответствии с Постановлением Президиума АН СССР от 9 июля 1965 г. сформирована его базовая структура.

Инициатором создания ИКИ выступил сам М.В. Келдыш, который в 1963 г. обратился с письмом в директивные органы страны с предложением организовать в системе Академии наук Объединённый институт космических исследований. Слово «объединённый» означало, что такой институт объединил бы уже существующие в различных организациях коллективы, занятые космическими исследованиями.

Основной его задачей должно было стать систематическое исследование космического пространства с помощью унифицированных малых, а затем и тяжёлых искусственных спутников Земли, создаваемых отечественной промышленностью. Такой институт должен был предлагать проекты, прорабатывать их научные задачи и сценарии, разрабатывать и изготавливать научную аппаратуру, монтировать её на космические аппараты, проводить их испытания, выполнять предстартовую подготовку и участвовать в запусках, наконец, получать, архивировать, обрабатывать полученные данные и проводить собственно исследования.

Фактически, ИКИ задумывался как головная организация Академии наук по изучению и использованию космического пространства в интересах фундаментальных наук. В его задачи, в том числе, входило:

- научно-методическое руководство и обобщение результатов работ, проводимых организациями Академии наук СССР, государственных комитетов, министерств и ведомств СССР по исследованию верхних слоёв атмосферы, космического пространства, Луны и планет солнечной системы;
- разработка перспективных комплексных планов исследований космического пространства, Луны и планет солнечной системы, изыскание путей и методов их выполнения в короткие сроки и с наименьшими затратами средств.
- участие в международном сотрудничестве по исследованиям космоса.

В разное время Институт космических исследований возглавляли академик Г.И. Петров (1965–1973), академик Р.З. Сагдеев (1973–1988), академик А.А. Галеев (1988–2002), академик Л.М. Зеленый (2002–2018), академик А.А. Петрукович (с 2018 г. по настоящее время).

Фактически, Институт принимал участие во всех крупных космических проектах нашей страны, по исследованию Луны и других планет (Марса, Венеры) и объектов дальнего космоса, околоземного

пространства и изучению самой Земли с помощью космических средств.

Важнейшими вехами в истории Института стали программы исследования Венеры и кометы Галлея, эксперименты на спутниках серии «Космос» и международной программы «Интеркосмос», астрофизические обсерватории «Рентген» (на станции «Мир») и «Гранат», успешная серия околоземных аппаратов «Прогноз» в особенности 4-х спутниковая система «ИНТЕРБОЛ». Чтобы рассказать о всех этих замечательных проектах, понадобится не один доклад, поэтому сейчас мы сосредоточимся на последнем десятилетии 2015–2024 гг. (проекты «Спектр -Рентген –Гамма» и «Экзомарс- TGO»). Последним достижением института стала научная организация многоспутниковой системы «ИОНОСФЕРА», четыре космических аппарата которой были попарно запущены в 2024 и 2025гг.

Нам представляется, что все эти годы Институту удавалось следовать по пути, намеченному его основателем М.В.Келдышем:

«Человечество вступило в новую эпоху овладения сокровенными тайнами природы, скрытыми в глубинах космоса. Новые явления, которые мы встретим на других планетах, будут использованы для улучшения жизни на Земле».

УДК 629.7

eLIBRARY.RU: 73.37.00

Чуйко В.М.

Chuiko V.M.

доктор технических наук, профессор
президент Академии наук
авиации и воздухоплавания, г. Москва

Халютин С.П.

Khalyutin S.P.

доктор технических наук, профессор
первый вице-президент Академии наук
авиации и воздухоплавания, г. Москва

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВИАЦИИ И ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ В ИСТОРИЧЕСКОМ РАКУРСЕ

SCIENTIFIC CHALLENGES OF AVIATION AND AERONAUTICS FROM A HISTORICAL PERSPECTIVE

Аннотация. Рассмотрены научные проблемы, сопровождающие развитие авиационной техники на этапах ее исторического развития. Показано, что начиная с работ Н.Е. Жуковского именно научные достижения стали основой для изменения облика и функциональных свойств летательных аппаратов, авиационных двигателей, бортового оборудования. Появление новых промышленных технологий, достижения в материаловедении, широкая электрификация и интеллектуализация определили облик современных летательных и аэростатических аппаратов.

Ключевые слова: авиация, воздухоплавание, летательные аппараты, аэростатические аппараты, авиационные двигатели, бортовое оборудование, технологическое развитие.

Abstract. The scientific challenges that accompanied the development of aviation technology throughout its historical stages are explored. It is demonstrated that since the work of N.E. Zhukovsky, scientific achievements have been the foundation for changing the appearance and functional properties of aircraft, aircraft engines, and avionics. The emergence of new industrial technologies, advancements in materials science, and widespread electrification and intelligentization have shaped the appearance of modern flying and aerostatic vehicles.

Keywords: aviation, aeronautics, aircraft, aerostatic vehicles, aircraft engines, avionics, technological development.

Развитие авиационной техники всегда шло в тесной взаимосвязи с развитием общепромышленных технологий, в том числе наземного и водного транспорта. Кроме того, желание человека покорить воздушное пространство, глядя на полет птиц, приводило к попыткам (иногда трагическим) повторить их движение, наблюдение за работой парусных судов побудило А.Ф. Можайского к созданию первого российского летательного аппарата, возможность полета которого пока является предметом обсуждения ученых [1,2]. Научные исследования «отца русской авиации» Н. Е. Жуковского в области механики, в том числе механики жидкостей и газов [3], позволили достичь научного осмысления принципиальной возможности полета человека в воздушном пространстве.

Развитие авиационной науки, в том числе методов расчета, проектирования и исследования отдельных агрегатов и систем породили появление большого количества научных направлений, которые развиваются в научно-производственных организациях, учебных заведениях, институтах Российской академии наук. В настоящее время эти направления условно разделены на следующие группы – летательные аппараты самолетного и вертолетного типа, в том числе беспилотные; авиационные двигатели, комплексы бортового оборудования; аэростатические системы, в том числе пилотируемые и беспилотные дирижабли; летная годность и безопасность на воздушном транспорте. Отдельно можно выделить направление, связанное с интеллектуализацией, цифровизацией и роботизацией, в связи с достаточно широким их внедрением в производство и эксплуатацию авиационной техники.

Основные научные проблемы, решаемые учеными и конструкторами в соответствии с указанными направлениями, следующие.

По направлению *летательных аппаратов* [4] – это проблемы беспилотной авиации в едином воздушном пространстве с пилотируемыми воздушными судами; гиперзвуковые гражданские летательные аппараты; более электрический самолет.

В направлении создания *авиационных двигателей* [5, 6] – это двигатели с детонационным горением; двигатель на водородном топливе; двигатели сверхмощной тяги (пример - ПД-35).

Направление *комплексов бортового оборудования* [7,8] характеризуется проблемами электрификации летательных аппаратов и авиационных двигателей; робототехнических, в том числе беспилотных, систем в авиации; проблемы цифровых систем управления и интеграции комплексов бортового оборудования.

В развитии направления *летной годности и безопасности на воздушном транспорте* [9] научные проблемы связаны с разработкой и внедрением современных цифровых технологий, обеспечивающих сохранение летной годности, комплексное решение вопросов управления безопасностью полетов эксплуатанта, разработчика и производителя сверхзвукового гражданского самолета.

Возобновлен интерес к *воздухоплавательной* технике [10] в плане создания аэростатических систем связи, управления и навигации, транспортных аэростатических систем Дальнего востока и Сибири.

Направление *цифровизации, интеллектуализации и роботизации* [11, 12, 13] пронизывает все научные направления авиации и

воздухоплавания, в том числе – для создания комплексных цифровых испытательных систем авиационных двигателей, летательных аппаратов и бортового оборудования.

Следует отметить и научные исследования в области *истории авиации и воздухоплавания* [14], в том числе истории советских и российских авиационных конструкторских бюро, истории выдающихся конструкторов и ученых авиационной отрасли, а также по вопросам применения и эффективности авиации.

Литература

1. Куприков М.Ю. Первый русский самолёт контр-адмирала А.Ф. Можайского / М.Ю. Куприков, Н.М. Куприков, А.А. Пухов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 7. – С. 695-702. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-7-695-696. – EDN CQBFKO.
2. Фирсов, А.А. Влияние аэродинамических характеристик самолета А.Ф. Можайского на возможность проведения его летных испытаний / А.А. Фирсов // Труды Академии наук авиации и воздухоплавания. – 2024. – № 1. – С. 131-140. – EDN HGLOYB.
3. Жуковский Н.Е. О присоединенных вихрях. Труды Отделения физических наук Общества любителей естествознания. 1906. Т. 13. № 2. С. 14.
4. Долженков Н.Н. Особенности интеграции интеллектуальных систем на борт летательных аппаратов / Н.Н. Долженков, В.В. Воронов, С.А. Чанушкин // Труды Академии наук авиации и воздухоплавания. – 2024. – № 1. – С. 29-38. – EDN SAVQQM.
5. Иноземцев, А.А. Развитие технологий в отечественном гражданском авиадвигателестроении / А.А. Иноземцев // Труды Академии наук авиации и воздухоплавания. – 2024. – № 1. – С. 4-17. – EDN YNKHTR.
6. Разработка нового теплозащитного покрытия для рабочих лопаток турбины газотурбинных двигателей / В.М. Самойленко, В.Г. Опокин, Р.Г. Равилов, Е.В. Самойленко // Труды Академии наук авиации и воздухоплавания. – 2024. – № 3. – С. 3-10. – EDN OZZBSJ.
7. Халютин С.П. Электрические и гибридные самолеты: перспективы создания / С.П. Халютин, А.О. Давидов, Б.В. Жмуров // Электричество. – 2017. – № 9. – С. 4-16. – DOI 10.24160/0013-5380-2017-9-4-16. – EDN ZFEBRCR.
8. Бельский А.Б. Общие подходы и методы для внедрения технологий и элементов искусственного интеллекта в комплексы бортового оборудования вертолетной техники / А.Б. Бельский, В.М. Чобан,

- А.К. Дибижев // Труды Академии наук авиации и воздухоплавания. – 2024. – № 2. – С. 3-14. – EDN NFOONT.
9. Кирилин, А. Н. Дирижабль - транспорт будущего / А.Н. Кирилин // Труды Академии наук авиации и воздухоплавания. – 2024. – № 1. – С. 106-122. – EDN OAKNXV.
10. Настас Г.Н. К вопросу о совершенствовании нормативного обеспечения процессов создания и эксплуатации беспилотных авиационных систем / Г.Н. Настас // Труды Академии наук авиации и воздухоплавания. – 2024. – № 3. – С. 77-84. – EDN FRIUPI.
11. Лялюк, И.Н. Цифровые технологии в авиации. теория, практика, история / И. Н. Лялюк // Труды Академии наук авиации и воздухоплавания. – 2024. – № 2. – С. 39-55. – EDN UBELKM.
12. Кутахов, В.П. Проблемы интеллектуализации управления авиационными системами / В. П. Кутахов, Г. Н. Настас // Труды Академии наук авиации и воздухоплавания. – 2024. – № 4. – С. 3-13. – EDN SDSGCZ.
13. Иншаков, В.Ф. Цифровые технологии как инструмент управления структурной динамикой системы технической эксплуатации авиационной техники государственного назначения / В.Ф. Иншаков // Труды Академии наук авиации и воздухоплавания. – 2024. – № 2. – С. 56-64. – EDN ELKDFD.
14. Серов, Г.П. Достижение скорости звука в СССР / Г.П. Серов // Труды Академии наук авиации и воздухоплавания. – 2024. – № 2. – С. 118-138. – EDN SZRQMZ.

УДК 629.787

eLIBRARY.RU: 55.49.07

Воронцов В.А.

Vorontsov V.A.

доктор технических наук
профессор Московского
авиационного института, г. Москва

ВПЕРВЫЕ В МИРЕ. АЭРОСТАТЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕНЕРЫ (К 40-ЛЕТИЮ ПРОЕКТА «ВЕГА»)

FOR THE FIRST TIME IN THE WORLD. BALLOONS FOR THE STUDY OF VENUS. (TO THE 40TH ANNIVERSARY OF THE VEGA PROJECT)

Аннотация. Первый космический аэростат был создан в Советском Союзе, в научно-производственном объединении имени С.А. Лавочкина. В 1984 году были запущены две автоматические межпланетные станции «Вега-1» и «Вега-2», целью которых являлось исследование планеты Венера и кометы Галлея. В состав космических аппаратов входили посадочные аппараты и аэростатные зонды. Успешная реализация проекта, в широкой кооперации с предприятиями космической отрасли страны и тесном международном сотрудничестве, позволила рассматривать аэростаты как перспективное средство исследований и для других планет.

Ключевые слова: Венера, атмосфера, аэростат, оболочка, гондола, схема эксперимента, схема спуска, парашют, дрейф.

Abstract. The first space balloon was created in the Soviet Union, in the Lavochkin Research and Production Association. In 1984, two automatic interplanetary stations Vega-1 and Vega-2 were launched, the purpose of which was to study the planet Venus and Halley's Comet. The spacecraft included landers and balloon probes. The successful implementation of the project, in broad cooperation with the enterprises of the space industry of the country and close international cooperation, made it possible to consider balloons as a promising means of research for other planets.

Keywords: Venus, atmosphere, balloon, shell, gondola, experiment scheme, descent scheme, parachute, drift.

Ровно сорок лет назад, в 1985 году, 11 июня 1985 года, впервые в Море в атмосфере Венеры был запущен аэростат. Вслед за ним, 15 июня – второй. В те времена запускатся по два космических аппарата. Первый космический аэростат был создан в Советском Союзе, в научно-производственном объединении имени С.А. Лавочкина. На рисунке 1 показан внешний вид оболочки аэростата с гондолой и выпелы, посвященные этому событию.



Успех аэростатного эксперимента и экспедиции в целом обусловлен слаженной и творческой работой коллективов предприятий отрасли, а также продуктивным международным сотрудничеством.

Настало время Юбилеев. Сегодня мы проводим 60-ые Научные чтения, посвященные разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Отмечаем целый ряд знаменательных событий, связанных с космической отраслью и жизнью нашей страны.

Впервые в Мире, – слова, которые мы с гордостью произносим, когда вспоминаем достижения нашей страны в космических исследованиях. Первые автоматические межпланетные станции:

орбитальные, спускаемые и посадочные аппараты на Луну, Марс, Венеру, первый Луноход, первая доставка грунта с Луны, всё это было создано под руководством главного конструктора Георгия Николаевича Бабакина. Всего за 6 лет, с начала космической деятельности предприятия в 1965 году и до ухода из жизни в 56 лет...

Поражает интенсивность космических исследований в шестидесятые-восьмидесятые года, парные пуски, и каждые 2-3 года... В 2025 году исполняется 55 лет первой успешной посадке на Венеру («Венера-7»), 50 лет первым снимкам с поверхности другой планеты («Венера-9,10»). Мне посчастливилось стать обладателем только что отпечатанных фотографий, когда я пришел работать в НПО им. С.А. Лавочкина, в 1975 году, после окончания Московского авиационного института.

А в 1985 году, я уже в качестве руководителя группы анализа посадки и дрейфа в атмосфере, с моими коллегами, в Центре дальней космической связи, в Крыму, в Евпатории, принимали сигналы с посадочных аппаратов и дрейфующих в атмосфере Венеры аэростатных станций. Блестящий проект «Вега» решил три задачи: посадка и проведение исследований на поверхности Венеры, исследование облачного слоя атмосферы аэростатами и исследование кометы Галлея пролетными аппаратами.

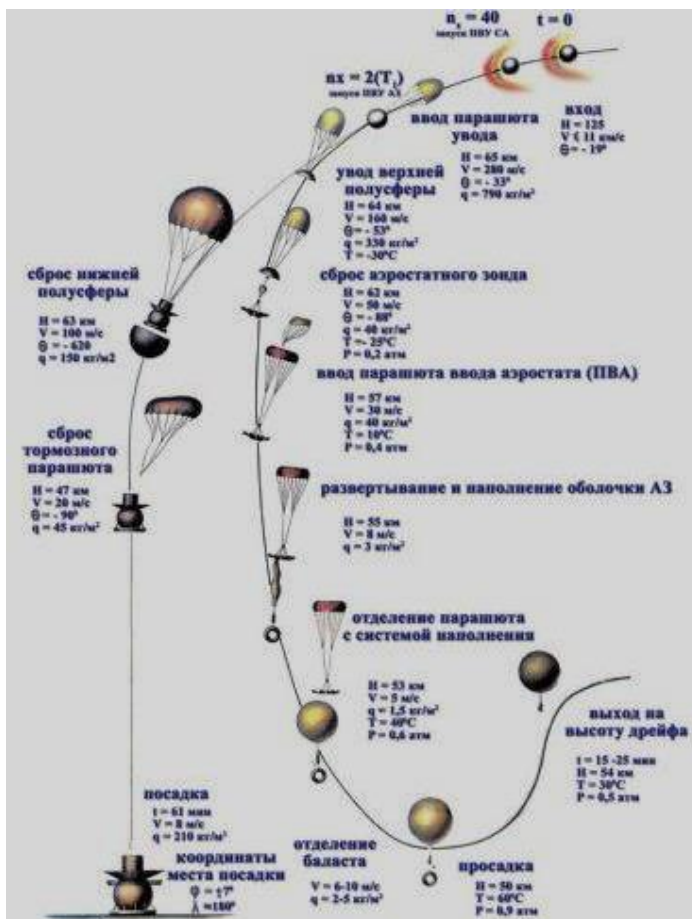
При создании венерианского аэростатного зонда было проработано и принято много новых проектно-конструкторских решений. Оригинальным было размещение аэростатного зонда в спускаемом аппарате на тормозном аэродинамическом щитке посадочного аппарата, система разделения с ним и ряд других. Рисунок 2.



Аэростатный эксперимент был тщательно продуман. Места посадки и, соответственно, ввод в действие аэростатов осуществлялись вблизи экватора, на границе прямой радиовидимости с Земли и на ночной стороне планеты. Это позволило обеспечить длительное функционирование и прием информации. Обе плавающие аэростатные станции дрейфовали в атмосфере Венеры почти двое суток (около 46 часов). Дальность полета составила около 11000 км. Информация передавалась непосредственно на Землю. Двадцать наземных станций по всему миру принимали сигналы с наших станций.

Впервые была реализована схема ввода в действие аэростатов, развертывания и наполнения оболочки подъемным газом в процессе спуска в атмосфере под парашютом. Параллельно осуществлялся спуск посадочного аппарата по ранее отработанной схеме (рисунок 3).

В значительной степени успех миссии был обеспечен, помимо высококвалифицированной расчетно-теоретической работы, благодаря комплексной экспериментальной отработке. Проведен огромный объем наземных и летных испытаний: конструкторские, вибро-прочностные, тепловые, аэродинамические испытания в аэродинамических трубах и на аэробаллистических установках и т.д. Проводились броски макетов и полномасштабных моделей с вертолетов и самолетов. Имитировался дрейф аэростата с использованием корабельных средств в океане.



Уникальные научные достижения и технический задел, полученные в ходе реализации проекта «Вега», позволили продвинуться в новых технологиях и рекомендовать их в перспективных проектах, не только в исследовании Венеры, но и других планет, в частности Марса. Конечно, характеристики марсианского аэростата существенно отличаются от венерианского. Например, размеры оболочки цилиндрической формы, диаметр 13 метров, длина 42 метра. Но, схема ввода в действие в процессе спуска под парашютом приемлема и для Марса. Работа над проектом с

французскими коллегами показала его реализуемость. Прототип марсианского аэростата был запущен во Франции и приземлился в США, пролетев над Атлантическим океаном около восьми суток.

Один из вариантов аэростата с двойной оболочкой был использован в качестве аэростатного носителя для подъема и бросковых испытаний на Земле при отработке надувного тормозного устройства марсианского пенетратора.

Вслед за проектом «Вега», последовал проект «Веста», в котором предлагалось также решать несколько задач. Наряду с исследованием Венеры, послать космический аппарат исследовать астероид. Был проработан проектный облик спускаемого аппарата, в состав которого предлагалось включить уже не один, а два аэростата, а также другие технические средства исследований, например, мини-пенетраторы и атмосферный зонд, «ветролет».

В рамках проведения научно-исследовательских работ по проекту «Венера-Д» (долгоживущая) рассматривалось несколько вариантов осуществления перспективной миссии. В будущем, возможно будет развернута даже флотилия аэростатов.

В настоящее время в НПО Лавочкина проведена разработка технического предложения по проекту «Венера-Д» с учетом опыта предыдущих разработок. В состав спускаемого аппарата предложено включить два аэростатных зонда. Предложен ряд новых проектно-конструкторских решений. Но это уже тема для других сообщений.

Необходимость решения новых научных задач, требование увеличения дальности полета и длительности проведения контактных исследований привели к постановке новой научно-технической задачи по созданию управляемых венерианских атмосферных зондов. К научно-исследовательским работам были подключены и специалисты МАИ. Разработана математическая модель аэростатного зонда с управлением движением при помощи таких собственных средств как, например, сброс балласта, перетекание газа из одной оболочки в другую, стягивание оболочки. Проведены расчеты траекторий движения управляемого аэростатного зонда при изменении высоты, широты и долготы, для достижения новых приполярных районов проведения научных исследований. Проведена верификация математической модели и моделирование управляемого движения аэростатного зонда при летных испытаниях в земных условиях. Показано, что предлагаемая методика может быть использована для решения задачи расширения области исследований, увеличения

длительности проведения научных измерений и, соответственно, объема получаемой информации, как минимум, на порядок.

Успех любого дела, конечно, зависит от коллектива специалистов и хорошей организации его работы. Мне повезло работать именно в таком замечательном коллективе высококвалифицированных специалистов. Отдел аэродинамики и динамики движения НПО Лавочкина стал «двигателем» нового первого венерианского аэростатного проекта. Заместитель начальника отдела, Пичхадзе Константин Михайлович стал неформальным лидером и, фактически, главным конструктором Проекта, а впоследствии он стал генеральным конструктором и генеральным директором предприятия.

К сожалению, наша молодежь плохо знает историю космической деятельности, поэтому мы стараемся больше рассказывать студентам об успехах нашей страны и гордиться ими. Мы говорим, что Венера не только «сестра Земли, но и «Русская планета». Восемнадцать космических аппаратов, десять посадочных аппаратов, два первых в Мире отечественных аэростата!

Международное сотрудничество, конечно, способствует продвижению перспективных проектов, новых технологий и разделению «бремени» финансовых трудностей. Хорошим примером был проект «Вега». Теперь мог бы стать и проект «Венера-Д». Несколько лет проработала совместная Рабочая группа Роскосмоса/НПОЛ/ИКИ РАН и НАСА. Много новых, интересных предложений рассмотрено. Сейчас совместная деятельность приостановлена, возможно временно...

Планируемые сроки осуществления проекта, к сожалению, постоянно сдвигаются. Отмечаем солидный юбилей. 40 лет, и ни одного пуска к Венере. Просто повторить аэростатный эксперимент тоже непросто. Вся надежда на молодежь, и что нам, ветеранам, удастся передать свои знания и опыт. Стараемся. Бывшие студенты уже работают на предприятиях отрасли, становятся специалистами, руководителями, главными конструкторами. Калуга нас объединяет. Поздравляем ещё раз всех с юбилейными чтениями. Спасибо!

Литература

1. Автоматические космические аппараты для фундаментальных и прикладных научных исследований // Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Г.М. Полищука и д-ра техн. наук, проф. К.М. Пичхадзе. М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010. 660 с.
2. Воронцов В.А., Лохматова М.Г., Пичхадзе К.М. и др. Перспективный космический аппарат для исследования Венеры.

Проект «Венера-Д» // Вестник ФГУП НПО им. С.А. Лавочкина. 2010. № 4. С. 62-67.

3. Воронцов В.А., Малышев В.В., Пичхадзе К.М. Системное проектирование космических десантных аппаратов // Изд-во МАИ 2021. 256 с.

4. Воронцов, В.А., Любезный Б.В., Хмель Д.С., Киспе Мендоза М.В., Шеремет А.А., Яценко М.Ю. Атмосферные зонды для исследования Венеры // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2024. № 4. С. 144-150.

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

УДК 520.6, 521.3

eLIBRARY.RU: 41.51.02, 41.03.02

Богачёв С.А.

Bogachev S.A.

доктор физико-математических наук
заведующий лабораторией, ИКИ РАН, г. Москва

Суслов К.С.

Suslov K.S.

аспирант

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, г. Москва

Шувалов В.А.

Shuvalov V.A.

кандидат технических наук

ведущий научный сотрудник

АО «ЦНИИМаш», г. Королев

Овчинников М.Ю.

Ovchinnikov M.Yu.

доктор физико-математических наук

заведующий отделом

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, г. Москва

**УНИФИЦИРОВАННЫЙ МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ
ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
МАГНИТОСФЕРЫ ЗЕМЛИ**

**UNIFIED SMALL SPACECRAFT FOR COMPREHENSIVE
RESEARCH OF THE EARTH'S MAGNETOSPHERE**

Аннотация. Исследована возможность проведения комплексного исследования магнитосферы Земли, включая измерения электрических токов, с помощью универсального малого космического аппарата (КА) типа кубсат, оснащенного унифицированным комплексом целевой аппаратуры и располагающего возможностями самостоятельного

довывода на заданную орбиту за счет собственной двигательной установки. Предложен проектный облик КА.

Ключевые слова: магнитосфера Земли, магнитометр, наноспутник, малый космический аппарат.

Abstract. The possibility of conducting a comprehensive study of the Earth's magnetosphere, including measurements of electric currents, using a universal small spacecraft (SC) of the CubeSat type, equipped with a unified set of target equipment and having the ability to independently launch it into a given orbit due to its own propulsion system, is investigated. A design appearance of the SC is proposed.

Keywords: Earth's magnetosphere, magnetometer, nanosatellite, small spacecraft.

Объект и методы исследования

Малые космические аппараты (КА) являются перспективной платформой для космических экспериментов прикладного и фундаментального научного назначения. Для задачи исследования магнитосферы Земли представляют интерес группировки КА, оснащенные средствами измерения магнитного поля Земли. Ранее было показано, что такие группировки могут также использоваться для получения информации о величине магнитосферных электрических токов.

Существенные проблемы для исследования магнитосферы создают её сложная структура, большая протяженность и чувствительность к явлениям солнечной активности. Особый интерес представляют несколько областей магнитосферы, а именно: магнитопауза (граница между магнитным полем Земли и набегающим потоком солнечного ветра), полярные каспы (расположенные у полюсов структуры с открытыми магнитными линиями, вдоль которых происходит насыщение магнитного поля Земли заряженными частицами солнечного ветра), кольцевой ток (электрический ток, текущий в магнитосфере параллельно экватору Земли и играющий существенную роль в развитии геомагнитных возмущений), а также хвост магнитосферы (протяженная область, формирующаяся в анти-солнечном направлении, где происходит магнитное пересоединение и ускорение частиц).

Практическую значимость представляет вопрос о возможности исследования данных областей унифицированными средствами на основе малых КА. Рассмотрена возможность создания таких средств, включая облик КА и состав полезной нагрузки.

Результаты и обсуждение

Рассмотрена возможность формирования универсальной орбиты, позволяющей решить задачу исследования всех представленных выше областей интереса. Речь идет о случае, когда орбита КА позволяет ему на каждом витке последовательно пересекать все изучаемые участки магнитосферы. Среди множества проанализированных орбит наиболее эффективной оказалась вытянутая орбита ($e=0.46$) с высотами перицентра и апоцентра 3.36 и 10.64 радиусов Земли, соответственно (рисунок 1). Доли нахождения в областях интереса для данной орбиты равны соответственно 0.11 (магнитопауза), 0.16 (хвост магнитосферы), 0.02 (приполярные каспы) и 0.07 (кольцевой ток), что с учётом периода орбиты в 32 часа даёт времена 3.5, 5.1, 0.7 и 2.4 часа соответственно.

В качестве основной унифицированной полезной нагрузки предложен малоразмерный магнитометр [1], разработанный в ИКИ РАН для малых КА типа кубсат.

Во время доставки микроспутников на рабочую орбиту планируется использование собственных ДУ на базе электрореактивного двигателя СПД-50М производства АО «ОКБ» Факел»[2]. Предварительные оценки затрат топлива для подобной миссии показали, что для вывода может понадобиться от 5 до 20 кг рабочего тела [3]. Габариты баллонов не позволяют использование стандартных типоразмеров формата Cubesat, поэтому предлагается разработка аппарата типа Cubesat повышенного типоразмера. Пример структурного облика КА типоразмера 40U с двумя баллонами МКБ-4 представлен на рисунке 2. Также возможно использование одного баллона, если для довывода КА на целевую орбиту необходимо меньшее количество топлива.

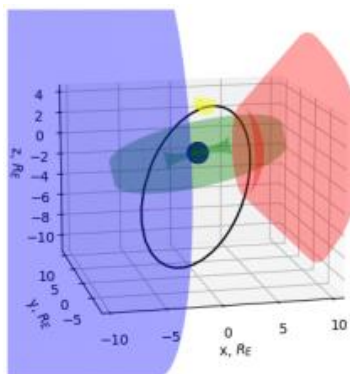


Рис. 1. Рекомендованная унифицированная орбита

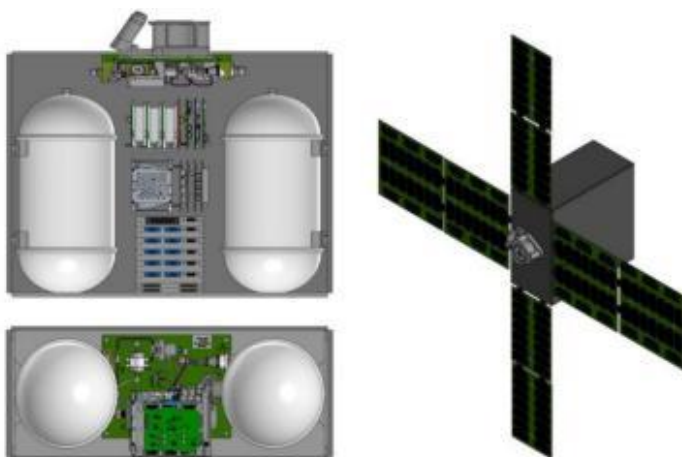


Рис. 2. Структурный облик КА типоразмера 40U с двумя баллонами для ксенона

Авторы благодарят представителей АО «ОКБ «Факел» за консультации по характеристикам электрореактивных двигательных установок для малых КА.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда; проект № 23-72-30002, <https://rscf.ru/project/23-72-30002/>.

Литература

1. Богачёв С.А., Головин А.А., Дятков С.Ю., Егорочкин К.А.,

- Кириченко А.С., Кузин С.В., Перцов А.А., Тененбаум С.М., Шаханов А.Е. Малоразмерный космический магнитометр для наноспутника «Ярило» № 3 // Космонавтика и ракетостроение. – 2023. – № 1 (130). – С. 123–134.
2. Абраменков Г.В., Вертаков Н.М., Дронов П.А. и др. Ракетные двигатели АО «ОКБ «Факел» для космических аппаратов – опыт лётного применения и новые разработки // Космическая техника и технологии. – 2023. – № 4(43). – С. 36–55.
3. Suslov K.S., Shirobokov M.G., Bogachev S.A. Ballistic Analysis of a Small Spacecraft Mission for Studying the Earth's Magnetosphere // Cosmic Research. – 2024. – Vol. 62. – № 6. P. 632–642. DOI: 10.1134/S0010952524600987.

УДК 629.783

eLIBRARY.RU: 89.15.35

Рачкин Д.А.

Rachkin D.A.

начальник КБ «ПроКИТ»

Тененбаум С.М.

Tenenbaum S.M.

главный конструктор

Лазарев Н.Д.

Lazarev N.D.

ведущий инженер

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Верещагина Т.Г.

Vereshchagina T.G.

руководитель проекта

ООО «Орбитальные Системы», г. Москва

Арутюнян Д.А.

Arutyunyan D.A.

кандидат геолого-минералогических наук

научный сотрудник

Шклярук А.Д.

Shklyaruk A.D.

научный сотрудник

Брагина А.А.

Bragina A.A.

научный сотрудник

Аникина Е.Д.

Anikina E.D.

главный специалист

Паньшин Е.А.

Panshin E.A.

заведующий лабораторией ИПГ, г. Москва

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ
ПРЕЦИЗИОННОГО ФЕРРОЗОНДОВОГО МАГНИТОМЕТРА
НА БОРТУ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА
ТИПА CUBESAT**

**INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF PLACING
A PRECISION FERROSONDE MAGNETOMETER
ON BOARD A CUBESAT**

Аннотация. Проведены исследования влияния служебной аппаратуры малого космического аппарата типа CubeSat на показания прецизионной магнитометрической аппаратуры. Исследования показали потенциальную возможность установки магнитометра на борт при ограничении работы служебной аппаратуры.

Ключевые слова: магнитное поле, магнитометрическая аппаратура, малый космический аппарат, CubeSat.

Abstract. Researches have been carried out on the influence of the service equipment of CubeSat on the readings of precision magnetometric equipment. Researches have shown the potential to install a magnetometer on board a satellite when limiting the work of service equipment.

Keywords: magnetic field, magnetometric instrument, small spacecraft, CubeSat.

Создание отечественной системы спутникового мониторинга магнитного поля позволит улучшить точность прогнозирования геомагнитных параметров космической погоды и позволит строить актуальные модели магнитного поля Земли.

Реализация решений для установки их на крупные космические аппараты является неоправданно долгой и затратной. Однако, с развитием малых космических аппаратов (МКА) появилась возможность выводить на орбиту множество МКА с магнитометрической аппаратурой.

Ввиду компактности размещения аппаратуры внутри МКА, её собственное магнитное поле может являться помехой для измерений магнитного поля Земли, что требует проведения исследований.

В качестве исследуемого объекта был выбран макет МКА типа CubeSat «Хорс» размером 6UXL (рисунок 1). Для измерения влияния аппарата использовался феррозондовый магнитометр MAG-03M. Эксперимент проводился на базе ИЗМИРАН.



Рисунок 1 – Общий вид МКА «Хорс»

Служебную аппаратуру МКА разделена на 4 основные группы [1]:



Рис. 2 – Структурная схема МКА «Хорс»

СЭС – система электроснабжения; СР – система радиосвязи;

СУБК – система управления бортовым комплексом;

АБ – аккумуляторная батарея; СОС – система ориентации и стабилизации

При проведении магнитометрических испытаний были задействованы следующие режимы работы служебной аппаратуры:

Таблица 1.

| Название режима | Описание режима |
|--------------------------|--|
| Режим «Дежурный» | Работает СУБК, УКВ трансивер СР, СЭС. |
| Режим «Энергосбережение» | Работает УКВ трансивер СР, СЭС. СУБК в энергоэффективном режиме. |
| Режим «Тишины» | СР и СУБК выключены. СЭС в энергоэффективном режиме. |
| Режим «ВЫКЛ» | Все системы аппарата выключены. |

Суть эксперимента состояла в измерении амплитуды индукции магнитного поля на различном расстоянии до МКА в зависимости от режима работы служебной аппаратуры. В ходе обработки, было проведено сравнение измерений с данными магнитовариационной станции (КВАРЦ), расположенной в немагнитной комнате на базе ИЗМИРАН.

Таблица 2. Последовательность испытаний

| № | Расстояние между магн. и МКА | Режим работы МКА |
|---|-----------------------------------|--------------------------|
| 1 | 1 м | Режим «ВЫКЛ» |
| 2 | 0 м (магнитометр внутри аппарата) | |
| 3 | 0 м | Режим «Дежурный» |
| 4 | 0,4 м | |
| 5 | 1 м | |
| 6 | 0,4 м | Режим «Тишины» |
| 7 | 0 м | |
| 8 | 0 м | Режим «Энергосбережение» |

На рисунке 3 представлено расположение МКА, относительно магнитометра.

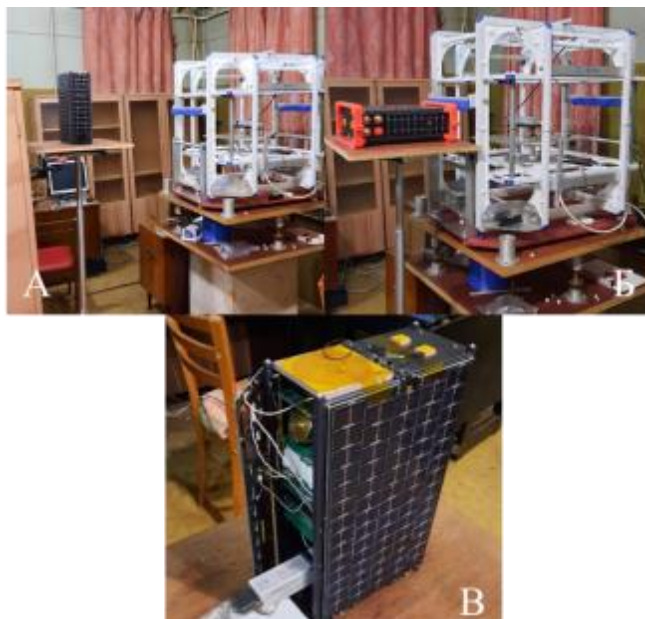


Рисунок 3 – Расположение макета МКА относительно магнитометра:
А – 1 м; Б – 0,4 м; В – магнитометр внутри МКА

Для оценки точности сходимости данных магнитометра MAG-03М и магнитовариационной станции КВАРЦ были рассчитаны СКО и коэффициент корреляции (Таблица 3).

Таблица 3. Оценка СКО и коэффициента корреляции между данными с магнитометра MAG-03М и станцией КВАРЦ

| Испытание | СКО, нТл | Коэффициент корреляции |
|------------------------------|----------|------------------------|
| №5 (режим «Дежурный»; 1 м) | 0,6414 | 0,9097 |
| №4 (режим «Дежурный»; 0,4 м) | 0,5786 | 0,9456 |
| №3 (режим «Дежурный»; 0 м) | 1,9966 | 0,4266 |
| №2 (режим «ВЫКЛ»; 0 м) | 0,6245 | 0,9279 |
| №1 (режим «ВЫКЛ»; 1 м) | 0,6290 | 0,9404 |
| №6 (режим «Тишины»; 0,4 м) | 0,6254 | 0,8658 |
| №7 (режим «Тишины»; 0 м) | 0,8118 | 0,9280 |

По результатам экспериментальных исследований отмечается принципиальная возможность установки магнитометрической аппаратуры на борту МКА в двух конфигурациях:

- работа магнитометра потенциально возможна без ограничений на функционирование служебной аппаратуры на расстоянии 0,4 м от неё.
- в непосредственной близости к служебной аппаратуре, работа магнитометра потенциально возможна только при реализации режима «Тишины».

Является перспективным проведение дальнейших исследований по созданию МКА Cubesat 16U [2], обеспечивающего компоновку магнитометрической целевой аппаратуры на расстоянии 0,4 м. от служебной аппаратуры МКА. Также необходимо исследование совместной работы магнитометрической аппаратуры и приборов астроориентации обеспечивающих привязку проводимых измерений.

Литература

1. D. Rachkin, S. Tenenbaum, N. Nerovny, V. Melnikova, N. Lazarev, M. Koretskii, E. Zhivilo, A. Shapovalov, A. Ignateva, S. Porseva, A. Borovikov, A. Gataulina, G. Stanishevskiy, D. Romanenko, K. Frolov, O. Kotsur, and S. Terehova. Onboard Systems of Yareelo Nanosatellites for Solar Activity and Radiation Monitoring. Proceedings of XLIV Academic Space Conference. AIP Conference Proceedings 2318, 120016 (2021); <https://doi.org/10.1063/5.0036225>.
2. Mayorova, V.; Morozov, A.; Golyak, I.; Golyak, I.; Lazarev, N.; Melnikova, V.; Rachkin, D.; Svirin, V.; Tenenbaum, S.; Vintaykin, I.; et al. Determination of Greenhouse Gas Concentrations from the 16U CubeSat Spacecraft Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy. Sensors 2023, 23, 6794. <https://doi.org/10.3390/s23156794>.

УДК: 629.78:621.368

eLIBRARY.ru: 55.49, 89.25.21, 89.25.35

Богатый А.В.

Bogatyi A.V.

кандидат технических наук
старший научный сотрудник
НИИ ПМЭ МАИ, г. Москва

Королев Е.Э.

Korolev E.E.

инженер, НИИ ПМЭ МАИ, г. Москва

ЭЛЕКТРОРАКЕТНАЯ ДВИГАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА МАЛОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МКА ТИПА CUBESAT

LOW-POWER ELECTRIC PROPULSION SYSTEM FOR CONTROLLING THE MOVEMENT OF A CUBESAT-TYPE SPACECRAFT

Аннотация. Для создания многоспутниковых группировок, построенных на базе малых космических аппаратов типа CubeSat, необходимо их оснащение эффективными двигательными установками. Приведены сведения о разработке маломощной компактной электрореактивной двигательной установки, пригодной для применения на борту МКА типа CubeSat.

Ключевые слова: двигательная установка, электрореактивный двигатель, CubeSat, абляционный импульсный плазменный двигатель.

Abstract. To create multi-satellite constellations based on small CubeSat-type spacecraft, it is necessary to equip them with efficient propulsion systems. Information is provided on the development of a low-power compact electric propulsion system suitable for use on board a CubeSat-type spacecraft.

Keywords: propulsion system, electric propulsion, CubeSat, ablative pulsed plasma thruster.

В последние несколько лет космические аппараты формата CubeSat (далее – МКА) стали лидерами по относительной доле аппаратов, выводимых на орбиту. Востребованность спутников такого формата обусловлена относительной дешевизной их изготовления и выведения. Современная микроэлектроника позволяет создавать полезные нагрузки для CubeSat, обладающие возможностями до недавнего времени доступными лишь «большим» КА. [1] При этом, большая часть подобных аппаратов обладают «пассивной» платформой, т.е. аппараты не имеют в своей конструкции двигательной установки. [2]

Оснащение CubeSat двигательными установками является актуальной задачей [3], т.к. такое решение позволит значительно изменить сценарии использования аппаратов, а именно: создавать и эксплуатировать многоспутниковые группировки; реализовать разведение МКА в одной плоскости, а также, при необходимости, по разным плоскостям, уводить МКА с рабочей орбиты на орбиту

захоронения после окончания срока активного существования во избежание загрязнения околоземных орбит; продлить срок активного существования МКА на орбите.

Для решения указанных задач НИИ ПМЭ МАИ создаёт электрореактивную двигательную установку (ЭРДУ) малой мощности на базе абляционного плазменного двигателя размерностью 1,5 U (далее АИПД-210) [4,5]. Конструктивно ЭРДУ АИПД-210 выполнена в виде моноблока, имеющего присоединительные интерфейсы для крепления на МКА. В состав ЭРДУ АИПД-210 входят: двигательный блок с блоком накопителя энергии и механизмом подачи рабочего тела; блок питания и инициирования разряда; запас рабочего тела (тефлон); система питания и управления (СПУ). СПУ выполнена по принципу одноконтурной обратнотоктовой схемы.

В докладе представлены результаты испытаний инженерной модели АИПД – 210:

Таким образом, в настоящее время ЭРДУ АИПД-210 находится на уровне зрелости технологии УГТ 6 – Модель системы/подсистемы или прототип продемонстрированы в окружении, близком к реальному [6].

Суммарный импульс тяги ЭРДУ АИПД-210 составляет не менее 700 Н·с. В докладе показано, что такой величины суммарного импульса тяги достаточно для поддержания МКА массой 15 кг и миделевым сечением $0,1 \text{ м}^2$ в течение полугода на круговой орбите высотой 350 км, а для поддержания такого МКА на круговой орбите высотой 400 км – в течение масштаба одного года. Лётная квалификация ЭРДУ АИПД-210 планируется до конца 2025 года на МКА формата CubeSat размерностью 6U. Программа лётных испытаний будет состоять из ~400 последовательных циклов включения/выключения ЭРДУ АИПД-110. По завершению миссии планируется увод МКА с орбиты при помощи ЭРДУ АИПД-210.

Таким образом ЭРДУ АИПД-210 достигнет уровня готовности технологии УГТ-9 – Реальная система подтверждена путем успешной эксплуатации (достижения цели) [6] к концу 2025 года.

Литература

1. Бодров В.К., Жарких Р.Н., Бычек М.Ю. и др. Обзор первых результатов работы спутников Zorkiy, cubesx HSE, cubesx Sirius HSE, challengeone, ksu cubesat производства компании Спутникс, запущенных в марте 2021 года // Тр. I Всероссийской научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Малые космические аппараты»:

Сборник статей конференции, Анапа, 29 июля 2021 года. – 2021. – С. 357-367.

2. Интернет-ресурс www.nanosats.eu, дата обращения 23.06.2025.

3. Довгун Е.А., Литвинов С.А., Фарафонов А.В. Обоснование типа двигательной установки для низкоорбитального малого космического аппарата типа CUBESAT // Тр. I Всероссийской научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Малые космические аппараты»: Сборник статей конференции, Анапа, 29 июля 2021 года. – 2021. – С. 232-243.

4. Богатый А.В., Богатый В.И., Гордеев С.В., Любинская Н.В., Попов Г.А. Разработка прототипа электроракетной двигательной установки на базе абляционного импульсного плазменного двигателя для космического аппарата формата «CUBESAT» // Материалы 56-х научных чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского: «К.Э. Циолковский и прогресс науки и техники в XXI веке». – 2021. – С. 67-71.

5. Гордеев С.В., Муратаева Д.А., Попов И.А. и др. Двигательная установка на базе абляционного импульсного плазменного двигателя для наноспутника // Вестник Московского авиационного института. – 2024. – Т. 31, № 4. – С. 177–184.

6. ГОСТ 58048-2017. Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий. – 2018. – 41 с.

УДК 520.662, 523.4-854
eLIBRARY.RU: 89.15.00

Богомолов В.В.

Bogomolov V.V.

кандидат физико-математических наук
доцент кафедры физики космоса
физического факультета МГУ, г. Москва

Белов А.А.

Belov A.A.

Кандидат технических наук
научный сотрудник НИИЯФ МГУ, г. Москва

Богомолов А.В.

Bogomolov A.V.

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник НИИЯФ МГУ, г. Москва

Воскресенсков Е.Д.

Voskresenskov E.D.

студент физического факультета МГУ

Июдин А.Ф.

Iudin A.F.

доктор физико-математических наук,

заведующий лабораторией НИИЯФ МГУ, г. Москва

Климов П.А.

Klimov P.A.

доктор физико-математических наук

заведующий лабораторией НИИЯФ МГУ, г. Москва

Кучеренко И.А.

Kucherenko I.A.

аспирант физического факультета МГУ, г. Москва

Мурашов А.С.

Murashov A.S.

ведущий электроник НИИЯФ МГУ, г. Москва

Свертилов С.И.

Svertilov S.I.

доктор физико-математических наук

заведующий кафедрой физики космоса

физического факультета МГУ, г. Москва

**НАБЛЮДЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ТРАНЗИЕНТОВ НА КОСМИЧЕСКОМ АППАРАТЕ
«СКОРПИОН» ФОРМАТА КУБСАТ 16U**

**OBSERVATIONS OF ELECTROMAGNETIC TRANSIENTS FROM
THE EARTH ATMOSPHERE FROM 16U CUBESAT
SPACECRAFT SCORPION**

Аннотация. В НИИЯФ МГУ разработан ряд приборов для мониторинга космической радиации и электромагнитных транзиентов атмосферного, солнечного и астрофизического происхождения на спутниках формата кубсат. Обсуждаются основные характеристики этих приборов, результаты и перспективы экспериментов с ними на космических аппаратах мульти-спутниковой группировки Московского университета «Созвездие-270».

Ключевые слова: детекторы, гамма-кванты, электроны, электромагнитные транзиенты, нано-спутники, кубсаты.

Abstract. SINP MSU has developed a number of instruments for monitoring of space radiation and electromagnetic transients of atmospheric, solar and astrophysical origin on cubesat satellites. The main parameters of these instruments, the results and perspectives of experiments with them on spacecraft of the Moscow University multi-satellite constellation Sozvezdie-270 are discussed.

Keywords: detectors, gamma quanta, electrons, electromagnetic transients, nano-satellites, cubesats.

Начиная с 2018 года МГУ имени М. В. Ломоносова реализует программу «Созвездие 270», запуска космических аппаратов формата кубсат, большая часть полезной нагрузки которых предназначена для исследования космической радиации [1]. Преимуществом исследований с помощью наноспутников является то, что подобные аппараты имеют малое время разработки и изготовления и низкую стоимость, но, тем не менее, способны дать важные научные результаты. В качестве примера можно привести измерение потоков электронов на низких высотах ~ 200 км, проведенные на спутниках СириусCat1(2) формата кубсат 1U [2].

В настоящее время в рамках программы «Созвездие-270» создается спутник «Скорпион» типа кубсат 16U. На спутнике «Скорпион» будет установлен комплекс научной аппаратуры НИИЯФ МГУ, предназначенный для исследования транзиентных явлений в верхней атмосфере, а также околоземной радиации, космических гамма-всплесков, солнечных вспышек и воздействия факторов космического пространства на микроорганизмы. В состав полезной нагрузки входят трековый гамма-спектрометр ТГС, оптический и УФ спектрометр-фотометр СОНЭТ, комплекс детекторов космической радиации и биоконтейнер. Спутник будет выведен на круговую полярную орбиту высотой ~ 500 км. Ожидаемый суточный объем данных составляет ~ 100 Мб.

Одним из основных явлений, для исследования которых предназначен прибор ТГС, являются атмосферные гамма-вспышки, которые представляют собой кратковременные всплески гамма-излучения в спектральном диапазоне от 100 кэВ до 20 МэВ, возникающие в земной атмосфере. Атмосферные гамма-вспышки обладают короткой характерной длительностью порядка 200 мкс, а также низкой интенсивностью ~ 0.1 гамма-квант/см² за время всплеска для ярких TGF на высоте низкой орбиты [3]. Поэтому детекторы, предназначенные для изучения атмосферных гамма-вспышек, должны

обладать высоким временным разрешением и чувствительной площадью не менее 100 см².

В приборе будут формироваться данные как в формате мониторинга, так и в виде пособытийной записи, позволяющей получить временной профиль вспышки с микросекундной точностью. Модули будут синхронизированы с помощью единого бортового синхроимпульса. В приборе реализовано несколько режимов сбора данных, в том числе формирование триггера всплеска: при обнаружении нескольких событий в детекторе за короткое время происходит запоминание ~1000 событий до всплеска и последующих 1000 событий.

Научная аппаратура СОНЭТ предназначена для исследования пространственно-временной динамики и спектрального состава излучения транзитных атмосферных явлений и молниевых разрядов. В её состав входят телескоп АУРА-Т – высокочувствительный изображающий фотометр, спектрометр, основное назначение которого – идентификация типа и высоты вспышки, и лимбовая камера – камера обзора, направленная на лимб с угловым разрешением 30 мрад. Аппаратура СОНЭТ имеет высокое временное разрешение (1 мкс) при угловом разрешении 2° и поле зрения 16°x16°. Спектрометр выделяет 4 канала, соответствующих излучению в линиях O2 и N2, являющихся маркерами высотных электромагнитных транзиентов. Данные комплекса СОНЭТ будут содержать мониторинг с разрешением ~500 мс и детальные данные о вспышках: для каждой вспышки собирается 68 кривых блеска с разрешением 1 мкс. В сутки будут передаваться данные около 500 зарегистрированных оптических вспышек.

Литература

1. Bogomolov, V.V., Iyudin, A.F., Kalegaev, et.al. Upcoming MSU cubesats for space weather and astrophysical research // *Advances in Space Research*. 2024. S0273–1177(24)01075–5. DOI: 10.1016/j.asr.2024.10.043
2. Богомолов А.В., Богомолов В.В., Иудин А.Ф., и др. Высотный ход потоков суб-релятивистских электронов в области Южно-Атлантической аномалии по данным измерений на спутнике формата кубсат «СириусСат-1». Письма в Журнал экспериментальной и теоретической физики 2024, Т.119, №4, С. 310–316.
3. Tierney D., Briggs M. S., Fitzpatrick G. et.al. Fluence distribution of terrestrial gamma ray flashes observed by the Fermi Gamma-ray Burst Monitor // *Journal of Geophysical Research: Space Physics*. 2013. T. 118, № 3. С. 6644—6650. DOI: 10.1002/jgra.50580.

Свертилов С.И.

Svertilov S.I.

доктор физико-математических наук
заведующий кафедрой физики космоса
физического факультета МГУ, г. Москва

Твердохлебова Е.М.

Tverdokhlebova E.M.

доктор технических наук
начальник Центра ЦНИИМаш, г. Королев

Оседло В.И.

Osedlo V.I.

кандидат физико-математических наук
заместитель директора НИИЯФ МГУ, г. Москва

Шувалов В.А.

Shuvalov V.A.

кандидат технических наук
ведущий научный сотрудник ЦНИИМаш, г. Королев

Каваносян С.С.

Kavanosyan S.S.

главный специалист ЦНИИМаш, г. Королев

Богомолов В.В.

Bogomolov V.V.

кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры физики космоса
физического факультета МГУ, г. Москва

Богомолов А.В.

Bogomolov A.V.

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник НИИЯФ МГУ, г. Москва

Июдин А.Ф.

Iudin A.F.

доктор физико-математических наук
заведующий лабораторией НИИЯФ МГУ, г. Москва

Калегаев В.В.

Kalegaev V.V.

доктор физико-математических наук
заведующий отделом НИИЯФ МГУ, г. Москва

Яшин И.В.

Yashin I.V.

кандидат физико-математических наук
ведущий научный сотрудник НИИЯФ МГУ, г. Москва

**РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ВАРИАЦИЙ ПОТОКОВ
ЭЛЕКТРОНОВ СУБ-РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭНЕРГИЙ,
АСТРОФИЗИЧЕСКИХ И СОЛНЕЧНЫХ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ
С ПОМОЩЬЮ АППАРАТУРЫ НА СПУТНИКАХ
ГРУППИРОВКИ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**RESULTS OF OBSERVATIONS OF SUB-RELATIVISTIC
ELECTRON FLUX VARIATIONS, ASTROPHYSICAL AND SOLAR
GAMMA RAY BURSTS WITH THE USE OF INSTRUMENTS ON
BOARD MOSCOW UNIVERSITY CONSTELLATION
SATELLITES**

Аннотация. В ходе экспериментов на спутниках формата кубсат группировки Московского университета проводились наблюдения вариаций потоков электронов суб-релятивистских энергий, а также астрофизических и солнечных гамма-всплесков. Получена информация о различных эффектах космической погоды, в том числе о заполнении полярных шапок частицами солнечных космических лучей, динамики пространственного распределения потоков электронов во внешнем радиационном поясе. Зарегистрировано несколько десятков космических гамма всплесков и солнечных вспышек в жестком рентгеновском и гамма диапазонах.

Ключевые слова: электроны, потоки, гамма-всплески, солнечные вспышки, группировка, нано-спутники, кубсаты.

Abstract. During experiments on the cubesat satellites of the Moscow University constellation, variations in sub-relativistic energy electron fluxes, as well as astrophysical and solar gamma-ray bursts, were observed. Data on various effects of space weather, including the filling of polar caps with particles of solar cosmic rays, the dynamics of the spatial distribution of electron fluxes in the outer radiation belt were obtained. Several dozen cosmic gamma-ray bursts and solar flares in the hard X-ray and gamma ranges were detected.

Keywords: electrons, fluxes, gamma ray bursts, solar flares, constellation, nano-satellites, cubesats.

В ходе реализации космического проекта Московского университета «Созвездие-270» развернута группировка нано-спутников формата кубсат, на которых осуществляются наблюдения вариаций потоков электронов суб-релятивистских энергий, а также астрофизических и солнечных гамма-всплесков [1, 2]. На сегодняшний день на околоземные орбиты (круговые с высотой ~500 км) выведено 20 таких космических аппарата (КА), из которых 9 продолжают успешно функционировать. На спутниках установлены приборы, специально разработанные для работы в качестве полезной нагрузки на КА формата кубсат [3, 4], а том числе детекторы космической радиации ДеКоР (ДеКоР-1, ДеКоР-2, ДеКоР-3), детектор-фотометр ультрафиолетового (УФ) и красного излучения АУРА и его модификация АУРА-2, комплексный детектор излучений КОДИЗ и спектрометр энергичных заряженных частиц СУП (спектрометр универсальный полупроводниковый).

Информация со спутников Московского университета поступает регулярно - ~5 Мбайт в сутки. На сегодняшний день зарегистрировано несколько десятков космических гамма-всплесков и солнечных вспышек в жестком рентгеновском и гамма диапазонах. Также осуществляется регулярный мониторинг потоков магнитосферных электронов, регистрируются их вариации в диапазоне времен от сотен миллисекунд до десятков минут.

Среди наиболее ярких событий такого типа, в частности, это изменение радиационных условий в околоземном пространстве вследствие проникновения солнечных космических лучей (СКЛ) в области полярных шапок, что приводит к существенной перестройке радиационных полей во внутренней магнитосфере, а также изменение пространственной структуры распределения потоков электронов высоких энергий во внешнем радиационном поясе во время магнитных бурь.

Период с 2023 по 2025 гг. пришелся на фазу максимума цикла солнечной активности, поэтому в экспериментах на спутниках Московского университета удалось наблюдать множество явлений и эффектов типа отмеченных выше. Среди них особо необходимо отметить необычную динамику потоков суб-релятивистских электронов во внешнем радиационном поясе и в области высыпаний из внутреннего пояса во время магнитной бури 11 – 14 августа 2024г., а также особенности динамики энергичных электронов в ОКП во время очень интенсивных магнитных бурь в мае 2024 г. и в мае 2025 г.

Литература:

1. Bogomolov A.V., Bogomolov V.V., Iyudin A.F., et al. Space Weather Effects from Observations by Moscow University Cubesat Constellation // Universe (Special Issue Space Weather in the Sun–Earth System). – 2022. - V.8. - №5. – P.282-297. - DOI: <https://doi.org/10.3390/universe8050271>
2. Svertilov S.I., Bogomolov V.V., Bogomolov A.V., Iyudin A.F., Kalegaev V.V., Osedlo V.I., Korzhik Mikhail. Monitoring of Space Radiation and Electromagnetic Transients by Moscow State University Nano-Satellites. // Advances in Space Research. – 2025 – V.75 – P.6608-6622. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2024.08.025>
3. Advanced Instruments for Geo and Helio Environment Monitoring on the Cubesat Format Spacecraft. Bogomolov V., Svertilov S., Osedlo V., et al. // Proceedings of the XIII International Conference “Solar-Terrestrial Relations and Physics of Earthquake Precursors”. - Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham. Eds: Dmitriev, A., Lichtenberger, J., Mandrikova, O., Nahayo, E. ISBN 978-3-031-50247-7, 2023 - PP.104-112. DOI:10.1007/978-3-031-50248-4_11
4. Глинкин, Е. В., Климов, П. А., Мурашов, А. С., Чернов, Д. В. (2021). Детектор излучения атмосферы АУРА на основе кремниевых фотополупроводников для малых космических аппаратов типа кубсат // Приборы и техника эксперимента. – 2021. - №2. – С.121-127.

УДК 520.662, 523.4-854
eLIBRARY.RU: 89.15.00

Гарипов Г.К.
Garipov G.K.

старший научный сотрудник НИИЯФ МГУ, г. Москва

Рубин А.Б.
Rubin A.B.

доктор биологических наук, академик РАН
заведующий кафедрой биофизики
биологического факультета МГУ, г. Москва

Погосян С.И.
Pogosyan S.I.

доктор биологических наук
профессор кафедры биофизики
биологического факультета МГУ, г. Москва

Андреев Д.Е.
Andreev D.E.

доктор химических наук
заведующий лабораторией НИИ ФХБ МГУ, г. Москва

Конюхов И.В.

Konyukhov I.V.

кандидат биологических наук

старший научный сотрудник

биологического факультета МГУ, г. Москва

Оседло В.И.

Osedlo V.I.

кандидат физико-математических наук

заместитель директора НИИЯФ МГУ, г. Москва

Свертилов С.И.

Svertilov S.I.

доктор физико-математических наук

заведующий кафедрой физики космоса

физического факультета МГУ, г. Москва

АСТРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ НА СПУТНИКЕ ФОРМАТА КУБСАТ «СКОРПИОН»

ASTROBIOLOGY EXPERIMENT ONBOARD CUBESAT 16U SATELLITE SCORPION

Аннотация. В докладе обсуждаются вопросы поиска внеземных микроорганизмов на удаленных космических объектах и изучения динамики выживания земных микроорганизмов в экстремальных космических условиях по флуоресцентному излучению микроорганизмов, которое возникает при воздействии на них зондирующих вспышек света с помощью аппаратуры в составе спутника «Скорпион» группировки наноспутников МГУ «Созвездие-270».

Ключевые слова: космос, микроорганизмы, наноспутники.

Abstract. The report discusses the issues of searching for extraterrestrial microorganisms on remote space objects and studying the dynamics of the survival of terrestrial microorganisms in extreme space conditions by the fluorescent radiation from microorganisms that occurs when they are illuminating by probing light flashes on board of spacecraft Scorpion as part of the nanosatellite constellation of Moscow State University Sozvezdie-270.

Keywords: space, microorganisms, nanosatellites.

Для поиска микроорганизмов на удаленных космических объектах из космоса с помощью микроспутников предлагается использовать свойство микроорганизмов флуоресцировать при облучении их зондирующими вспышками света.

Оценки показывают, что при мощности источника зондирующего излучения в импульсе 100 Вт и площади входного окна телескопа 100см^2 поиск микроорганизмов может проводиться как из космоса с орбиты спутника на площадях соизмеримых с размерами космического объекта, так и на поверхности космического объекта в районе посадки спускаемого аппарата. При этом колонии микроорганизмов могут быть обнаружены на расстоянии сотен километров от поверхности космического тела, а на расстоянии десятков метров единичные микроорганизмы.

Вместе с этим флуоресцентное излучение позволяет проводить исследования динамики выживания земных микроорганизмов непосредственно в космосе в реальном времени с помощью автоматических биологических лабораторий. В этом случае, источник зондирующего излучения также возбуждает флуоресценцию микроорганизмов, но одновременно является и источником энергии фотосинтеза, при котором происходит рост и размножение клеток в микрокапсулах лаборатории. При этом сигналы флуоресценции имеют сложную форму, зависящую от кинетики фотосинтеза и физиологического состояния микроорганизмов.

Аппаратура для поиска и изучения микроорганизмов по флуоресцентному излучению имеет малые габариты и малую мощность потребления. Методика не разрушает микроорганизмы и позволяет проводить измерения в реальном времени в космосе на борту микроспутника формата кубсат без возвращения экспонированных в космосе микроорганизмов на землю [1-5].

Литература

1. Garipov G.K., Panasyuk M.I., Svertilov S.I., Konyukhov I.V., Pogosyan S.I., Rubin A.B., Indicator of biological activity of space objects from outer space, The 4th COSPAR Symposium Small satellites for sustainable Science and Development. Herzliya, Israel, November 4-8., Herzliya, 2019.
2. Гарипов Г.К., Панасюк М.И., Свертилов С.И., Конюхов И.В., Погосян С.И., Рубин А.Б., Андреев Д.Е., Поиск внеземных микроорганизмов на космических объектах из космоса, Космические исследования, издательство ФГБУ Издательство "Наука" (Москва), том 58, № 4, с. 276-283 DOI, 2020.

3. Garipov G.K., Panasyuk M.I., Svertilov S.I., Konyukhov I.V., Pogosyan S.I., Rubin A.B., Andreev D.E., THE Study of terrestrial microorganisms in space condinion and search for extraterrestrial microorganisms on space objects. Europlanet Science Congress, Göttingen Germany, Spain, 21 сентября - 9 октября 2020
4. Гарипов Г.К., Панасюк М.И., Конюхов И.В., Погосян С.И., Рубин А.Б., Андреев Д.Е., Поиск внеземных микроорганизмов на космических объектах и изучение динамики выживания земных микроорганизмов в космических условиях по сигналам флуоресценции микроорганизмов, 3-я Всероссийская конференция по астробиологии «ЭКЗОБИОЛОГИЯ: ОТ ПРОШЛОГО К БУДУЩЕМУ» 5 - 9 октября, 2020 г. Пушино, Россия, г. Пушино, Московская область, Russia, 5-9 октября 2020
5. Гарипов Г.К., Свертилов С.И., Конюхов И.В., Погосян С.И., Рубин А.Б., Андреев Д.Е., Автоматическая биологическая лаборатория микроспутников для изучения динамики выживания микроорганизмов в космических условиях по флуоресцентному излучению, 4-я Всероссийская конференция по Астробиологии «Геологические, биологические и биогеохимические процессы в решении астробиологических задач», Пушино, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Russia, 27 февраля - 2 марта 2023.
6. Гарипов Г.К., Рубин А.Б., Погосян С.И., Андреев Д.Е., Конюхов И.В., Оседло В.И., Свертилов С.И. Астробиологические эксперименты на спутниках формата кубсат. Сборник. «Идеи К.Э. Циолковского в теориях освоения космоса. Материалы 59-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского». Симпозиум «Современные проблемы создания российских малых космических аппаратов и их использования, Изд-во «Эйдос», Калуга, том 1, с. 39-42, 2024.

УДК 629.785:523.34:681.7
eLIBRARY.RU: 89.51.21

Дмитриев А.О.
Dmitriev A.O.

кандидат технических наук вед. инженер-конструктор АО «НПО
Лавочкина», г. Химки

Милюков В.К.
Milyukov V.K.

доктор физико-математических наук

заведующий лабораторией ГАИШ МГУ, г. Москва

Сысоев В.К.

Sysoev V.K.

доктор технических наук

начальник отдела АО «НПО Лавочкина», г. Химки

Юдин А.Д.

Yudin A.D.

кандидат технических наук

главный специалист АО «НПО Лавочкина», г. Химки

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКЗОСФЕРЫ ЛУНЫ ТАНДЕМОМ МКА С ОПТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРОЙ

COMPLEX STUDY OF THE MOON'S EXOSPHERE BY THE TANDEM OF SMALL SATELLITE WITH OPTICAL EQUIPMENT

Аннотация. Представлен проект тандема малых космических аппаратов, оснащенных оптической аппаратурой, для комплексного исследования экзосферы Луны. Целью проекта являются оптические и спектральные исследования состава лунной пыли, воздействие на нее УФ-излучения, а также влияние метеоритной бомбардировки на формирование экзосферы.

Ключевые слова: ИСЛ, многоволновый лазер, Луна, ультрафиолет, микрометеориты, лунная пыль.

Abstract. The project of a pair of small spacecraft equipped with optical instruments for comprehensive research of the Moon's exosphere is presented. The objective of the project is to conduct optical and spectral studies of the composition of lunar dust, the effect of UV radiation on it, as well as the influence of meteorite bombardment on the formation of the exosphere.

Keywords: artificial satellite of the Moon, multi-wavelength laser, Moon, ultraviolet, micrometeorites, lunar dust.

Постановка задачи и цели исследования

Метеоритная бомбардировка является важным источником летучих соединений в атмосфере Луны. В ГАИШ МГУ накоплен значительный опыт исследования физико-химических процессов во время ударных явлений в Солнечной системе. В частности, разработана методика определения химического состава ударного пара по данным термохимических расчетов для случая столкновений

комет с Луной [1]. Химический состав ударного пара, образованного во время столкновений метеороидов с Луной, во время закалки определяется с использованием базы данных констант скоростей химических реакций [2]. Падения метеороидов также приводят к образованию пылевых облаков в экзосфере Луны.

Поведение атомов Na и K в атмосфере Луны изучается в ходе проведения спектральных оптических наблюдений вблизи лунного лимба. Считается, что основным процессом, контролирующим содержание натрия и калия в лунной атмосфере, является фотодесорбция атомов Na и K под действием солнечных фотонов [3].

В ходе планируемых наблюдений экзосферы Луны с борта ИСЛ (искусственного спутника Луны) планируется получить оптические спектры лунной экзосферы на различных расстояниях (от 100 до 500 км) от поверхности Луны. Планируется получение спектров лунной экзосферы в том числе и над северным и южным полюсами Луны, так как в полярных районах вклад солнечного ветра и фотон-индуцированной десорбции в поступление атомов металлов из реголита в экзосферу минимален, что позволит более подробно исследовать влияние метеоритной бомбардировки на формирование лунной экзосферы.

Сравнение теоретических оценок температуры и содержания атомов Na и K с данными наблюдений позволит уточнить роль основных механизмов доставки атомов щелочных металлов в атмосферу Луны при падениях метеороидов.

Помимо спектральных наблюдений исследование нейтральных атомов и молекул в экзосфере Луны можно проводить также методом масс-спектропии. В частности, с помощью масс-спектрометра КА LADEE в экзосфере Луны были обнаружены молекулы воды, причем содержание молекул воды значительно увеличивалось во время активности основных метеорных потоков.

Установка на МКА многоволнового лидара позволит изучать экзосферу с помощью двухспутниковой группировки, где один МКА будет «просвечивать» окололунное пространство, а второй МКА фиксировать изменения в дошедшем до него излучении. Такая система передачи излучения будет фиксировать потери и отражения излучения одновременно на нескольких длинах волн. Это позволит получить данные о химическом составе и габаритах пылевых частиц.

Научная аппаратура МКА

Состав НА МКА должен включать:

1. Оптическую камеру. Камера должна работать в видимом диапазоне волн (~690 нм). Для получения глобальной мозаики поверхности высота круговой орбиты спутника может быть 50-70 км. Для систематического подсчета кратеров желателен глобальный охват изображениями поверхности Луны в масштабах ~2-5 м/пиксель и больших углах падения (>50°). Высокоточный подсчет кратеров на поверхности Луны особенно важен, поскольку Луна является единственным небесным телом, относительный возраст которого на основе подсчета кратеров может быть коррелирован с абсолютным датированием образцов пород, собранных на поверхности Луны.

2. Оптический спектрометр с диапазоном длин волн – 300-800 нм, спектральное разрешение – 100-300. В таком широком диапазоне длин волн можно исследовать не только линии натрия и калия, но также линии других атомов (Al, Ca, Fe) и гидроксидов. Возможна как жесткая установка спектрометра (исследуется лимб Луны), так и вращение спектрометра, чтобы можно было получать спектры лунной локальной экзосферы в различных направлениях от космического аппарата.

3. Масс-спектрометр со следующими параметрами: диапазон масс 1-100 атомных единиц, спектральное разрешение 0.1 атомной единицы, диапазон энергий детектируемых частиц – от 0.05 до 5 эВ.

4. Многоволновой лазерный излучатель (диапазон длин волн от 300 до 1000 нм) для воздействия на лунную поверхность для изучения воздействия ультрафиолетового излучения и электростатических полей на частицы диоксида кремния, слюды и оксида алюминия. Под влиянием ультрафиолетового излучения заряды частиц увеличиваются, что способствует их активации. Кроме этого спектр из 3-4 разных длин волн лазера обеспечит получение данных о составе и габаритах частиц

Литература

1. Berezhnoi A.A., Klumov B.A. Lunar ice: can its origin be determined? // JETP Letters – 1998. – V. 68. – № 2. – P. 163-167.
2. Berezhnoy A.A., Borovička J. Formation of molecules in bright meteors // Icarus. – 2010. – V. 210. – № 1. – P. 150-157.
3. Yakshinskiy B.V., Madey T.E., Photon-stimulated desorption of Na from a lunar sample: temperature-dependent effects // Icarus –2004. – V. 168. – № 1. – P. 53-59

Марченко М.М.
Marchenko M.M.
Губайдуллин И.Р.
Gubaidullin I.R.

АО «Российские космические системы», г. Москва

ПРОБЛЕМЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЗЗ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

PROBLEMS AND LIMITATIONS IN ENSURING THE PRODUCTIVITY OF SMALL HIGH-RESOLUTION REMOTE SENSING SPACECRAFT

Аннотация. В связи со стремительным увеличением числа космических аппаратов (КА) в космосе и расширением их возможностей объем данных, получаемых с помощью КА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) резко возрастает. В связи с этим в работе рассмотрена проблема несоответствия достижимой в настоящее время пропускной способности спутникового канала объему передаваемых данных с КА ДЗЗ и представлена мотивация применения сжатия на борту.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, космические многоспектральные изображения, сжатие изображений, многоспутниковые системы, малые космические аппараты.

Abstract. Due to the rapid increase in the number of satellites in space and the expansion of their capabilities, the amount of data obtained using Earth remote sensing satellites is increasing sharply. In this regard, the paper considers the problem of the discrepancy between the currently reachable bandwidth of the satellite channel and the volume of transmitted data from Earth remote sensing satellites and presents the motivation for using compression on board.

Keywords: remote sensing of the Earth, multispectral space images, image compression, multi-satellite systems, small satellite.

Одним из основополагающих принципов развития отечественной космической системы (КС) ДЗЗ является развёртывание и поддержание многоспутниковой орбитальной группировки (ОГ)

серийных малых космических аппаратов (МКА) [1]. Это необходимо для гарантированного удовлетворения потребностей государственных и коммерческих пользователей в информационном ресурсе, необходимом для решения задач в критически важных отраслях.

В связи с созданием ОГ КА ДЗЗ в рамках ФКП России объём данных, получаемых с КА ДЗЗ, резко возрастает [1]. В соответствии с возникновением новых технологий и поступающими требованиями пользователей неуклонно увеличивается пространственное разрешение данных снимков КА и расширяется спектральная чувствительность аппаратуры [1]. Информационная производительность современных многоспектральных сканирующих устройств может достигать десятки гигабит в секунду.

В качестве примера целевая аппаратура перспективных МКА «Пиксел-ВР» КС «Автограф» имеет суммарный выходной поток информации ~19,9 Гбит/с для каждой мультиспектральной съемки [2, 3]. Основные характеристики МКА представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики МКА «Пиксел-ВР»

| Характеристика, параметр | Значение |
|---|-----------------|
| Суточная производительность 1 КА, км ² /ГБ | 47 000/1,36 |
| Проекция пикселя (с высоты 500 км), м | 0,53 |
| Полоса захвата, км | 12 |
| Период обращения, мин | 94,8 |
| Количество спектральных каналов | 4 |
| Информационный поток целевой аппаратуры (с учетом кодирования 8b/10b), Гбит/с | 19,9 |
| Скорость передачи данных, Мбит/с | 1500 |

На мультиспектральных снимках, регистрируемых оптико-электронной камерой МКА «Пиксел-ВР» в полосе захвата более 12 км, протяженность маршрута составит от 440 км, что соответствует объему данных размером от 2,49 ГБ. Для обеспечения маршрутной съемки объемом 1,36 ГБ МКА должен иметь как минимум 3 рабочих витка съемки с суммарной длительностью не менее 9 минут. Такие объёмы данных требуют значительного времени связи для передачи их на наземные комплексы (НК) приёма и обработки данных. Основными проблемами в процессе передачи такого объема информации на НК и между наземными пунктами становятся ограниченные энергоресурсы МКА, ограниченное время видимости МКА и

пропускная способность космических и наземных каналов связи, возможности значительного увеличения которой существенно ограничены [4].

В качестве примера съемка маршрута 440 км по космическому каналу связи с пропускной способностью 1500 Мбит/с с учетом применяемого бортового кодирования требует времени передачи около 16 минут. За среднее время одного сеанса связи МКА на витке, оцениваемое в 8-9 минут, можно сбросить лишь половину такого маршрута. Кроме того, из-за ограниченности энергоресурсов МКА не всегда имеет возможность сбрасывать информацию несколько витков подряд, требуются витки для восполнения энергии. Всё это существенно ограничивает оперативность доставки данных наблюдения.

В связи с этим представляется целесообразным внедрить систему оперативного сжатия данных с обеспечением минимальных потерь при кодировании и с низкой вычислительной сложностью ввиду ограниченных ресурсов бортовых систем МКА. К очевидным преимуществам снижения объема передаваемых данных относятся сокращение объема бортовой памяти, упрощение передачи космических данных и записи наземных. Внедрение сжатия на борт МКА «Пиксел-ВР» могло бы позволить увеличить производительность МКА в ~ 3 раза с соответствующим целевым показателем сжатия не менее 2,7 раз.

Литература

1. Госкорпорация «Роскосмос» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.roscosmos.ru/> (дата обращения 09.06.2025).
2. Губайдуллин И.Р., Марченко М.М. Подход к созданию перспективной низкоорбитальной многоспутниковой космической системы дистанционного зондирования Земли на основе оптико-электронных малых космических аппаратов. // Мат. 22-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». – 2024. – Вып. 22. – С. 482.
3. Агапов П.А., Серебряков Д.С., Подчапаев И.О. и др. Перспективы создания съемочных систем высокого разрешения для спутников ДЗЗ малого класса // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2023. – Т. 10. – №3. – С. 19–31.
4. Ерохин Г.А., Ершов А.Н., Мордвинов А.Е. Перспективы развития высокоскоростных радиолиний для КА ДЗЗ // Мат. 20-й Международной конференции «Современные проблемы

дистанционного зондирования Земли из космоса». – 2022. – Вып. 20.
– С. 512.

УДК 621.314.5

eLIBRARY.RU: 89.29.55

Пантелеймонов И.Н.

Panteleimonov I.N.

начальник лаборатории ФГАУ НИЦ Телеком, г. Москва

Шувалов В.А.

Shuvalov V.A.

ведущий научный сотрудник АО ЦНИИмаш

Нуштаева В.С.

Nushtaeva V.S.

студент МТУСИ, г. Москва

Феденев А.В.

Fedenev A.V.

старший научный сотрудник ФГАУ НИЦ Телеком, г. Москва

Данилов Н.Д.

Danilov N.D.

старший научный сотрудник ФГАУ НИЦ Телеком, г. Москва

Яхин И.Х.

Yakhin I.Kh.

начальник отдела ФГАУ НИЦ Телеком, г. Москва

Мыров Д.О.

Murov D.O.

студент РУТ МИИТ, г. Москва

Филатов В.В.

Filatov V.V.

ведущий инженер ФГАУ НИЦ Телеком, г. Москва

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ПОСТРОЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ МНОГОСПУТНИКОВОЙ ГРУППИРОВКИ РЕТРАНСЛЯЦИИ ДАННЫХ ОТ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА НИЗКИХ ОРБИТАХ

THE MAIN ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL MEASURES OF THE SYSTEM DESIGN OF NETWORKS AND SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS

Аннотация. Рассматриваются основные перспективные направления построения многоспутниковой системы ретрансляции и данных от малых космических аппаратов различного назначения. Актуальность работы обусловлена необходимостью обеспечения постоянной доступности малых космических аппаратов многоспутниковых орбитальных группировок в целях обеспечения информационного обмена в режиме реального времени.

Ключевые слова: спутник-ретранслятор, многоспутниковая система ретрансляции данных, технические характеристики, системный проект.

Abstract. The work is devoted to promising areas of system design of satellite systems and communication networks, reveals the main basic areas of work at all stages of system design of satellite systems and communication networks. The relevance of the work is due to the significance of the proposed system design measures in the development of promising satellite systems and communication networks.

Keywords: satellite communication, satellite communication and broadcasting systems, technical characteristics, system design.

Основные требования к передаче информации

Основные требования к передаче информации в многоспутниковых орбитальных группировках (МОГ) малых космических аппаратов (МКА) [1–4]:

- 1) глобальное покрытие территории РФ сетью спутников-ретрансляторов (СР) на низкой орбите для обеспечения непрерывности сеансов связи земных станций (ЗС);
- 2) обеспечение связи с любым МКА МОГ в режиме реального времени для информационного обмена целевой (ЦИ) и телеметрической информацией (ТМИ), а также выдачи на МКА командно-программой информации (КПИ);

3) применение МКА накладывает существенные ограничения на массогабаритные и энергетические характеристики бортовой аппаратуры связи;

4) многоспутниковая системы ретрансляции данных (МСРД) выполняет функции двойного назначения, т.к. одновременно является МОГ, осуществляющей целевое применение, что так же накладывает ограничения на массогабаритные и энергетические характеристики бортовой аппаратуры связи.

Основные параметры орбитального построения

Основные параметры орбитального построения, необходимые для расчетов ЛС:

- 1) состав МСРД: 6 орбитальных плоскостей (ОП) по 10 СР в каждой;
- 2) высота орбиты – 1000 км;
- 3) наклонение орбиты – 82° – $86,4^{\circ}$;
- 4) минимальный угол радиогоризонта – в Ка-диапазоне – 10° и в ОЛС – 20° ;
- 5) максимальная наклонная дальность от СР до ЗС: в Ка-диапазоне – 2 762 км и в ОЛС – 2 121 км;
- 6) средняя наклонная дальность от СР до ЗС: в Ка-диапазоне – 1 881 км и в ОЛС – 1 561 км;
- 7) диаметр зоны радиообзора (ЗРО) спутника: в Ка-диапазоне – 4 818 км и в ОЛС – 3 490 км;
- 8) расстояние между СР в одной ОП – 4 556 км;
- 9) максимальное расстояние между СР в соседних ОП – 5 882 км;
- 10) максимальная длительность сеанса связи СР–ЗС: в Ка-диапазоне – 25,3 мин. и в ОЛС – 18,3 мин.;

Линии связи в МСРД

Состав и назначению линий связи [1–3]:

1) Абонентские линии связи (АЛС) – это линии связи между КА и СР, а так же – между КА и ЗС и представлены двумя видами:

1.1) Низкоскоростные абонентские линии связи (НАЛС), служащие для низкоскоростной передачи данных, служебного канала связи, КПИ и ТМИ. Для связи в НАЛС целесообразно, применять S-диапазон и малонаправленные антенны (МНА).

1.2) Высокоскоростные абонентские линии связи (ВАЛС), служащие для высокоскоростной передачи данных. Для связи в АЛС целесообразно, применять Ка-диапазон с применением в бортовом ретрансляционном комплексе (БРТК) многолучевых антенных систем со следящим лучами – цифровые активные фазированные антенные решётки (ЦАФАР).

2) Магистральные линии связи служат для передачи всего абонентского трафика наземным потребителям и представлены двумя видами:

2.1) Фидерные линии связи (ФЛС) – это высокоскоростные линии связи между СР и ЗС для передачи всего трафика МКА наземным потребителям. Для связи в ФЛС целесообразно, применять оптический диапазон (в окнах прозрачности атмосферы), дублированный Ка-диапазоном с применением в БРТК и в ЗС зеркальных антенн.

2.2) Межспутниковые линии связи (МЛС) – это высокоскоростные линии связи между спутниками-ретрансляторами для передачи трафика от КА к установившим связь СР с земной станцией. Для связи в МЛС целесообразно, применять оптический диапазон, т.е. межспутниковые оптические линии связи (МОЛС).

Применение оптических линий связи потребует значительно ужесточить требования к точности поддержания ориентации космической платформы.

Литература

1. Пантелеймонов И.Н., Захаров А.А., Потюпкин А.Ю., Химочко О.Л., Усиков С.Б. Перспективная модель спутникового интернета // Материалы 58-х научных чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. – 2023. Ч.1. С.84–88.
2. Пантелеймонов И.Н., Захаров А.А. Модель информационного обмена с многоспутниковыми группировками космических аппаратов с применением технологий автоматического установления связи. // Материалы 57-х научных чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. – 2022. Ч.1. С.21–24.
3. Пантелеймонов И.Н., Потюпкин А.Ю. Основные направления концепции создания спутниковой глобальной сети передачи данных для космических аппаратов на низких орбитах. // Материалы 55-х научных чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. – 2020. Ч.1. С.74–77
4. Пантелеймонов И.Н., Захаров А.А., Ментус О.В., Усиков С.Б., Яшин В.Г., Мырова Л.О., Яхин И.Х., Корниенко В.И., Агафонов Д.А. Основные организационно-технические мероприятия системного проектирования сетей и систем спутниковой связи // Материалы 59-х научных чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского 2024. Ч.2. С.146–149.

Рой Ю.А.

Roy Yu.A.

кандидат технических наук

генеральный директор, АО «НПК «СПП», г. Москва

Пасынков В.В.

Pasynkov V.V.

доктор технических наук

старший научный сотрудник АО «НПК «СПП», г. Москва

Боровский В.Ф.

Borovsky V.F.

кандидат технических наук

доцент, начальник НТЦ, АО «НПК «СПП», г. Москва

Сухой Ю.Г.

Sukhoi Yu.G.

доктор технических наук

старший научный сотрудник

заместитель начальника НТЦ, АО «НПК «СПП», г. Москва

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОПТИЧЕСКОГО ПОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF BUILDING AN INFORMATION OPTICAL FIELD USING SMALL SATELLITES

Аннотация. Рассмотрены методологические основы построения информационного оптического поля с использованием малых космических аппаратов. Даны определения информационной оптической системы и её составных частей. Разработаны предложения по построению информационно-оптических систем и использованию оптических сигналов с разной длиной волны, созданию оптического навигационного поля.

Ключевые слова: оптическое информационное поле, оптический сигнал, квантово-оптическая система, оптико-электронная система, малый космический аппарат.

Abstract. The methodological foundations of constructing an information optical field using small satellites are considered. Definitions of the optical information system and its components are given. Proposals

developed for the construction of information and optical systems and the use of optical signals with different wavelengths, as well as the creation of an optical navigation field.

Keywords: optical information field, optical signal, quantum optical system, optoelectronic system, small satellite.

В настоящее время существуют различные космические системы и соответствующие им наземные комплексы управления. Эти системы имеют различные сегменты, как например ГЛОНАСС имеет космический сегмент – орбитальную группировку навигационных космических аппаратов, наземный сегмент контроля и управления орбитальной группировкой и потребительский сегмент, включающий навигационную аппаратуру потребителей [1]. Вместе с тем, существуют методы высокоточного определения динамических параметров объектов с использованием данных лазерной локации околоземных спутников [2, 3]. Однако, до настоящего времени не дано определение оптических информационных систем и не определена градация сегментов таких систем, включающих в себя космические аппараты (КА) с оптическими средствами приёма и передачи информации, наземные дальномерные и приёмо-передающие оптические средства (квантово-оптические и оптико-электронные), а также оптические средства потребителей. В докладе даются определения, касающиеся построения систем на основе передачи, приёма и отражения оптических сигналов в интересах решения задач, выполняемых космическими аппаратами, а также задач воздушных, наземных, надводных и подводных потребителей. Введено понятие оптического информационного поля. Рассмотрен состав оптической информационной системы, дано описание её сегментов. Состав оптической информационной системы пояснён рисунком 1.



Рис. 1. Состав оптической информационной системы

Сегмент потребителей образуют космические, воздушные, наземные, надводные и подводные потребители. Орбитальный сегмент может включать в себя управляемые и неуправляемые КА на различных орбитах (в зависимости от требований к дислокации потребителей) [4]. Если в состав потребителей входят малые КА на низких орбитах, то целесообразно использование многоярусного орбитального сегмента для попадания в зону оптического информационного поля малых КА. Сегмент управления может содержать кроме квантово-оптических и оптико-электронных средств дополнительно радиосредства для обеспечения связи и передачи команд как в орбитальный сегмент, так и между средствами сегмента управления. В таблице 1 даны рекомендации по использованию соответствующих длин волн в зависимости от взаимодействующих элементов системы.

Таблица 1. Преимущественные длины волн оптического диапазона в зависимости от применения

| № | Область применения | Длины волн, мкм | Особенность |
|---|--|--|--|
| 1 | Взаимодействие между КА без прохождения сигналов через атмосферу Земли | 0.3 – 28 0.75-2.0 - наиболее освоенный диапазон | В зависимости от спектральной чувствительности фотоприёмных устройств |
| 2 | Взаимодействие между КА с прохождением сигналов через атмосферу Земли | 0.3-0.72, 0.95-1.05, 1.15-1.35, 1.5-1.8, 2.1-2.4, 3.3-4.2, 4.5-5.1, 8-13 | В окнах прозрачности в зависимости от типа фотоприёмных устройств |
| 3 | Взаимодействие между высокоорбитальными или среднеорбитальными КА и низкоорбитальными КА | 0.3-0.72, 0.95-1.05, 1.15-1.35, 1.5-1.8 | В окнах прозрачности в зависимости от высоты полёта низкоорбитального КА |
| 4 | Взаимодействие между КА и наземными средствами | 0.50-0.72, 0.532 – наиболее освоен | Преимущественно в видимом диапазоне |

| | | | |
|---|--|--|---|
| 5 | Взаимодействие между КА и подводными объектами | 0.49-0.55 | Зелёный диапазон ближний к голубому |
| 6 | Взаимодействие между подводными объектами | 0.35-0.65 0.43-0.48 - преимущественно | В зависимости от глубины погружения объекта |

Следует отметить, что общее оптическое информационное поле может содержать частные информационные оптические поля, например, оптическое навигационное поле, которое обеспечивает альтернативный метод навигации на основе использования системы эталонных низкоорбитальных малых КА, оснащённых отражательными элементами или средствами подсветки. Такой метод навигации основан на измерении не менее трёх последовательных во времени углов прямого восхождения и склонения КА на фоне опорных звёзд, что позволяет определить положение и скорость потребителя при известных эфемеридах наблюдаемого КА на моменты проведения измерений. Определено, что оптимальные высоты орбит такой системы КА в целях определения координат наземных потребителей составляют от 600 до 1500 км. Для таких высот КА задача одотрекового позиционирования может решаться на уровне 50-100 м при точности определения углов на КА около 3-5 угловых секунд. Минимальное количество КА для создания оптического навигационного поля по предварительным оценкам составляет 36-48 в 12-ти орбитальных плоскостях при размещении 3-4 спутников в каждой плоскости.

Литература

1. Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ. Навигационный радиосигнал в диапазонах L1, L2 (редакция 5.1). М.: ОАО «Российские космические системы». 2008.
2. Эбауэр К.В. Высокоточное определение динамических параметров Земли с использованием данных лазерной локации околоземных спутников. Диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. М.: ФАНО. ФГБУН ИА РАН. – 2015. – 145с.
3. Борисов Б.А., Донченко С.И., Жабин А.С., Мурашкин В.В., Пархоменко Н.Н., Рой Ю.А., Садовников М.А., Соколов А.Л.,

Титов Е.В., Шаргородский В.Д. О создании радиолазерных комплексов «Точка» для решения задач космической геодезии и навигации // Фотоника. – 2022. – Т.16. – № 5. – С. 370-391.

4. Соколов А.Л., Акентьев А.С., Ненадович В.Д. Космические ретрорефлекторные системы // Светотехника. – 2017. – Т. 19. – № 4. – С. 19–23.

УДК 629.783+535.3
eLIBRARY.RU: 89.21.51

Рой Ю.А.

Roy Yu.A.

кандидат технических наук

генеральный директор АО «НПК «СПП», г. Москва

Токарев К.Е.

Tokarev K.E.

зам. генерального директора АО «НПК «СПП», г. Москва

Боровский В.Ф.

Borovsky V.F.

кандидат технических наук

доцент, начальник НТЦ АО «НПК «СПП», г. Москва

Сухой Ю.Г.

Sukhoi Yu.G.

доктор технических наук

старший научный сотрудник зам. начальника НТЦ АО «НПК
«СПП», г. Москва

Никольская Т.В.

Nikolskaya T.V.

главный специалист-эксперт АО «НПК «СПП», г. Москва

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КВАНТОВО- ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ УПРАВЛЕНИИ НИЗКООРБИТАЛЬНЫМИ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

FEATURES OF THE USE OF QUANTUM OPTICAL SYSTEMS IN THE CONTROL OF LOW-ORBIT SATELLITES

Аннотация. Показаны особенности использования квантово-оптических систем при управлении малыми низкоорбитальными космическими аппаратами. Проблемные вопросы управления малыми

космическими аппаратами с привлечением квантово-оптических систем рассмотрены на примере космического аппарата дистанционного зондирования Земли «Кондор-ФКА». Разработаны предложения по уточнению технологического цикла определения орбиты малых космических аппаратов с привлечением квантово-оптических средств.

Ключевые слова: квантово-оптическая система, дистанционное зондирование Земли, малый космический аппарат, центр управления, аппаратура спутниковой навигации, съёмка поверхности.

Abstract. The features of the use of quantum optical systems in the control of small low-orbit satellites shown. Problematic issues of spacecraft control involving quantum optical systems considered using the example of the Earth's remote sensing spacecraft Condor-FKA. Proposals been developed to refine the technological cycle for determining the orbit of a small low-orbit spacecraft using quantum optical means.

Keywords: quantum optical system, remote sensing of the Earth, small satellite, control center, satellite navigation equipment, surface survey.

В настоящее время во многих странах применяются системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с использованием малых низкоорбитальных космических аппаратов (КА) для решения задач геодезии, картографирования, кадастровых работ, проектирования строительства сооружений, разведки месторождений полезных ископаемых. Применяются два основных способа съёмки земной поверхности: оптико-электронное и радиолокационное. Преимущество радиолокационного наблюдения заключается в его независимости от погодных условий и времени суток, а также в возможности широкозахватной съёмки. Оптико-электронное наблюдение позволяет достичь более высокого разрешения [1]. Современные системы зондирования Земли имеют тенденцию к повышению оперативности получения данных и выдаче качественно новых видов полезной информации благодаря поляриметрическим и интерферометрическим методам измерений [2, 3]. Особенностью оптико-электронных и радиолокационных съёмок является требование точной привязки изображений и точного расчёта положения КА, что может быть обеспечено лишь достаточно высокой точностью определения и прогнозирования его пространственного положения и ориентации с учётом сил, действующих на малые низкоорбитальные КА [4].

В докладе рассмотрены некоторые проблемные вопросы управления малыми КА с применением квантово-оптических систем

(КОС) на примере КА ДЗЗ «Кондор-ФКА» №1 и «Кондор-ФКА» №2. Практическая реализация интерферометрической съемки КА типа «Кондор-ФКА» требует сложного навигационно-баллистического обеспечения процессов планирования его применения и обработки целевой информации. В ходе долгосрочного планирования рассчитывается прохождение КА объектов радиолокационного наблюдения с указанием даты и времени, витка и параметров съемки, а также долгосрочный план выполнения заявок потребителей на срок до 30 суток [5].

В процессе отработки методики квантово-оптических измерений по КА «Кондор-ФКА», имеющего низкую околоземную орбиту со средней высотой полёта 519 километров, установлено, что из-за невозможности точного учёта вариаций плотности атмосферы в целеуказаниях для КОС присутствуют ошибки. В этой связи уточнена методика расчёта целеуказаний для КОС при работе по малым КА, которая включает:

- решение задачи определения вектора состояния малого КА два раза в сутки в центре управления полетом (ЦУП) КА;
- использование на пунктах эксплуатации КОС для расчёта целеуказаний прогнозируемых параметров орбиты, наиболее близких к началу сеансов измерений;
- использование операторами КОС методики ввода корректирующих поправок наведения телескопа, передающего оптический сигнал.

Были также разработаны предложения по согласованию моделей движения КА в ЦУП, центре обработки информации КОС (ЦОИККОС) и на пунктах эксплуатации КОС. Это позволило оптимизировать информационный обмен между ЦУП, ЦОИККОС и КОС. Разработанные предложения позволили уменьшить ошибки целеуказаний при работе по малым КА, повысить надёжность информационного взаимодействия при применении КОС.

Проведение измерений КОС по другим низкоорбитальным КА позволило решить актуальную задачу оценки точности расчёта целеуказаний для малых низкоорбитальных КА при оснащении их светоотражателями. Вместе с тем, задача получения достаточной информации при измерениях КОС может быть также решена путём расширения сети КОС за счёт создания переносных малогабаритных КОС, что позволит при работе по малым КА выбирать для использования те КОС, которые имеют наиболее благоприятные условия с точки зрения наблюдения их орбит и погодных условий.

Литература

1. Занин К.А., Москатиньев И.В. Основные направления развития зарубежных оптико-электронных космических систем дистанционного зондирования Земли (обзор) // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. – 2019. – № 2. – С. 28–36.
2. Захаров А.И., Костюк Е.А., Денисов П.В., Бадак Л.А. Космическая радиолокационная интерферометрическая съемка Земли и ее перспективы в рамках проекта «Кондор-ФКА» // Журнал радиоэлектроники (электронный журнал). – 2019. – № 1.
3. Хартов В.В., Ефанов В.В., Занин К.А. Основы проектирования орбитальных оптико-электронных комплексов: учеб. пособие. М: Издательство МАИ. – 2011. – 127с.
4. Ю.Г. Сухой. Модель плотности верхней атмосферы Земли в диапазоне высот от 120 до 600 км // Наблюдения искусственных небесных тел. – 1990. – № 86. – Ч. 2. С. 8-24.
5. Руководство пользователя данными дистанционного зондирования Земли, получаемыми космической системой «Кондор-ФКА» // Госкорпорация «Роскосмос» (сайт www.roscosmos.ru). АО «ВПК «НПО машиностроения». – 2023.

УДК 629.783+535.3

eLIBRARY.RU: 89.21.51

Токарев К.Е.

Tokarev K.E.

заместитель генерального директора
АО «НПК «СПП», г. Москва

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ПОСТРОЕНИЮ СЕТЕЙ КВАНТОВО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРБИТ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

ANALYSIS OF REQUIREMENTS FOR BUILDING NETWORKS OF QUANTUM OPTICAL SYSTEMS FOR DETERMINING THE ORBITS OF SMALL SATELLITES

Аннотация. Рассмотрены проблемные вопросы и проведён системный анализ требований к построению сетей малогабаритных переносных квантово-оптических систем для определения орбит малых космических аппаратов, контроля точности их ориентации,

синхронизации бортовых и наземных шкал времени, калибровки наземных и бортовых радиотехнических средств.

Ключевые слова: квантово-оптическая система, сеть станций, наземная беззапросная квантово-оптическая система, бортовая беззапросная квантово-оптическая система, малый космический аппарат.

Abstract. Problematic issues are considered and a systematic analysis of the requirements for building networks of small portable quantum optical systems for determining the orbits of small satellites, monitoring of accuracy its orientation, synchronizing on-board and ground-based time scales, and calibrating ground-based and on-board radio equipment carried out.

Keywords: quantum optical system, network of stations, ground-based unsolicited quantum optical system, on board unsolicited quantum optical system, small space satellite.

Для определения орбит космических аппаратов, в том числе малых, в настоящее время используются, главным образом, запросные и беззапросные радиотехнические измерения дальности до КА, а также угловые измерения в системе координат карданного подвеса радиотехнических запросных станций. Преимуществом этих измерений является их независимость от погодных условий и непрерывность. В последнее время интенсивно стала использоваться лазерная спутниковая дальнометрия на основе применения квантово-оптических систем (КОС), которая позволяет получить более высокую точность измерения расстояний между КОС и космическим аппаратом. К недостаткам лазерной дальнометрии относятся: её неприменимость при сильной облачности; сложность проведения лазерных измерений в дневных условиях; высокая стоимость изготовления квантово-оптических средств и необходимость использования достаточно точной плоскости горизонта для наведения лазера [1,2]. Однако эти недостатки компенсируются высокой точностью лазерных измерений.

В докладе показано, что основным проблемным вопросом в настоящее время является невозможность использования полноценной сети КОС для определения орбит малых КА ввиду их недостаточного количества. Российская сеть КОС состоит из станций различной ведомственной принадлежности [1,3]. В настоящее время наиболее широкое распространение получил метод определения орбитальных параметров КА по измерениям командно-измерительных станций (КИС) и беззапросных измерительных станций (БИС). Использование

измерений Международной службы лазерной дальнометрии ограничивается тем, что она включает в себя недостаточное количество станций для работы по малым КА, причём эти станции неравномерно распределены по территории Земного шара. Вместе с тем, использование достаточно большого количества лазерных станций определённой архитектуры с требуемым покрытием орбит КА позволило бы получить прецизионные орбиты не только КА на средних орбитах, но и малых низкоорбитальных КА. Вопрос применения КОС для прецизионного определения низких орбит малых КА в настоящее время не до конца исследован.

Следует отметить, что недостаточно точно моделируемые ускорения малых низкоорбитальных КА, связанные со световым давлением и влиянием атмосферы [4], затрудняют определение и прогнозирование параметров их орбит на уровне точности измерений КОС ввиду недостаточного покрытия орбит лазерными измерениями. На практике широкое распространение получил способ использования измерений КОС для оценки точности работы аппаратуры спутниковой навигации на низкоорбитальных КА, например, на «Кондор-ФКА». Кроме этого, оптический канал может использоваться для контроля и коррекции бортовых шкал времени малых КА. Из существующих направлений использования измерений КОС (определение прецизионных орбит, калибровка, совместная обработка оптических и радиоизмерений) преимущественными в возможности достижения наибольшего эффекта при работе по малым КА обладают определение прецизионных орбит и сверка бортовых шкал времени с наземными.

Системный анализ требований к построению сетей КОС, в том числе для определения орбит низкоорбитальных КА, показал, что требуется:

- существенное удешевление производства КОС для экономически обоснованного создания их сетей;
- уменьшение размеров и габаритов КОС для более лёгкого их перемещения, создание переносных КОС для своевременного изменения конфигурации сети при работе по различным орбитальным группировкам малых КА;
- создание системы прецизионного сличения времени бортовых и наземных средств;
- создание универсальной КОС, совмещающей в себе функции измерений и работы с бортовыми устройствами синхронизирующими устройствами;

- соединение всех квантово-оптических средств сети высокоскоростными каналами связи;
- автоматизация работы малогабаритных переносных КОС и высокоскоростная передача их данных в центры обработки результатов измерений;
- разработка методик оптимального размещения КОС для различных типов орбит.

Литература

1. Глотов В.Д., Карутин С.Н., Кожинов А.Л., Митрикас В.В., А.А. Пафнутьев. О возможных направлениях использования квантово-оптических станций в программе ГЛОНАСС. // Труды Института прикладной астрономии РАН, - 2019. - Вып. 50, - С. 23-30.
2. Эбауэр К.В. Высокоточное определение динамических параметров Земли с использованием данных лазерной локации околоземных спутников. Диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. – М.: ФАНО. ФГБУН ИА РАН, 215. – 145с.
3. Борисов Б.А., Донченко С.И., Жабин А.С., Мурашкин В.В., Пархоменко Н.Н., Рой Ю.А., Садовников М.А., Соколов А.Л., Титов Е.В., Шаргородский В.Д. О создании радиолазерных комплексов «Точка» для решения задач космической геодезии и навигации // Фотоника. - 2022. – Т.16. - № 5. - С. 370-391.
4. Сухой Ю.Г., Мошнин А.А. Моделирование движения низкоорбитального космического аппарата в атмосфере Земли в условиях неопределённости гелиогеофизических возмущений // Сборник тезисов докладов 59-х Научных чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 1. - Калуга, 2024 - С. 265-269.

УДК 629.783+535.3

eLIBRARY.RU: 89.21.51

Никольская Т.В.

Nikolskaya T.V.

главный специалист-эксперт
АО «НПК «СПП», г. Москва

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

DETERMINATION OF CONTROLLED PARAMETERS OF SMALL SPACE SATELLITES USING OPTICAL SIGNALS

Аннотация. Работа посвящена определению контролируемых параметров малых космических аппаратов с использованием оптических сигналов. По результатам мониторинга космического пространства с использованием фотометрической и координатной измерительной информации может осуществляться контроль взаимного положения малых космических аппаратов для обеспечения рационального управления их орбитальной группировкой.

Ключевые слова: координатная информация, фотометрическая информация, лазерные измерения, малый космический аппарат, оптический сигнал.

Abstract. The work is devoted to the determination of controlled parameters of small space satellites using optical signals. Based on the results of monitoring outer space using information from photometric and coordinate measurements, it is possible to track the relative position of small space satellites to ensure rational management of their orbital grouping.

Keywords: coordinate information, photometric information, laser measurements, small space satellite, optical signal.

В настоящее время актуальной является задача контроля параметров малых космических аппаратов (МКА) и космического мусора. Особенно важно проводить такой контроль при запуске и формировании орбитальных группировок малых космических аппаратов. Для обеспечения выполнения задач применения МКА могут проводиться их оптические наблюдения (дальномерные, угловые и фотометрические) [1]. Ввиду этого информацию оптических наблюдений можно разделить на координатную (угловые оптические наблюдения, лазерная дальнометрия) и не координатную (фотометрическая информация). В докладе рассматриваются особенности и недостатки проведения каждого вида наблюдений. В настоящее время широкое распространение получила космическая лазерная дальнометрия, где применяется импульсный метод работы лазера, обеспечивающий точность около 1-2 сантиметров в измерениях

дальности [2]. К недостаткам дальномерных лазерных измерений можно отнести:

- необходимость использования на МКА угловых отражателей, так как поверхность космических аппаратов рассеивает лазерный луч;
- влияние длины волны на прохождение светового сигнала через атмосферу;
- изменение длительности импульса и искажение его формы при отражении лазерного импульса от ретрорефлекторных систем;
- влияние турбулентности атмосферы.

Можно выделить следующие направления совершенствования квантово-оптических систем (КОС) и оптико-электронных средств (ОЭС) в целях более качественного контроля МКА:

- увеличение мощности лазерных излучателей квантово-оптических наземных средств в диапазонах оптических волн, соответствующих окнам прозрачности атмосферы;
- повышение разрешающей способности фотоприёмных устройств;
- создание эталонных МКА в целях уточнения воздействий среды на МКА;
- создание сетей КОС и ОЭС для максимального охвата орбит МКА;
- удешевление создания КОС и ОЭС, обеспечение их оперативного размещения и установки (создание мобильных и переносных средств).

В работе проведены исследования зависимости минимальной энергии лазера в импульсе от высоты орбиты МКА для трёх приемных апертур телескопов:

- лазерной станции «Точка» с диаметром приемной апертуры телескопа 36 см [3];
- квантово-оптической станции «Сажень ТМ» с диаметром приемной апертуры телескопа 24 см [4];
- малогабаритной квантово-оптической станции с диаметром приемной апертуры 15 см.

График зависимости минимальной энергии лазера в импульсе от высоты орбиты КА приведен на рис. 1.

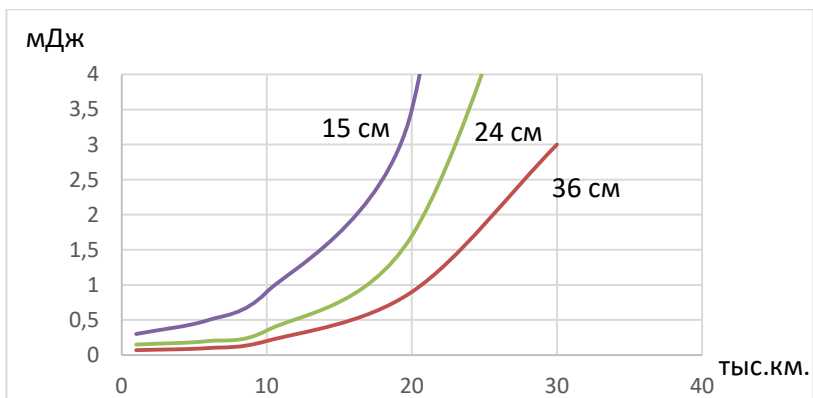


Рис.1. Зависимость минимальной энергии лазера в импульсе от высоты орбиты КА.

Из графика следует, что для низкоорбитальных малых космических аппаратов с высотой орбиты менее 5 тыс. км. возможно создание малогабаритных переносных КОС с энергией в импульсе 0,5 мДж, а для низкоорбитальных МКА с высотой полета менее 10 тыс. км. требуется лазер с энергией в импульсе около 1 мДж. Предложена также схема информационной оптической системы, работающей с сетью малогабаритных переносных КОС, которая изображена на рис. 2.



Рис.2. Схема информационной оптической системы, работающей с сетью малогабаритных переносных КОС и ОЭС.

В соответствии со схемой центры обработки информации по заявкам региональных потребителей осуществляют прием заявок и для охвата орбит малых КА формируют оптимальную сеть КОС и ОЭС с использованием мобильных и переносных средств. Формирование оптимальной сети позволяет рационально использовать ресурсы сетей КОС и ОЭС применительно к задачам региональных потребителей.

Литература

1. Алешин В.П., Коршунов В.С., Пименов И.Л., Шаргородский В.Д., Шматко Е.В. Применение Алтайского оптико-лазерного центра для обеспечения безопасности навигационных систем // Радиотехника. – 2022. – Т. 86. – № 9. – С. 57–62.
2. Бокшанский В. Б. и др. Лазерные приборы и методы измерения дальности. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2012. – 92 с.
3. Борисов Б.А., Донченко С.И., Жабин А.С., Мурашкин В.В., Пархоменко Н.Н., Рой Ю.А., Садовников М.А., Соколов А.Л., Титов Е.В., Шаргородский В.Д. О создании радиолазерных комплексов «Точка» для решения задач космической геодезии и навигации // Фотоника. – 2022. – Т.16. – № 5. – С. 370-391.
4. Бурмистров В.Б., Бурмистров Е.В., Гаязов И.С., Иванов Д.В., Ильин Г.Н., Ипатов А.В., Кацев Ю.В., Коваль В.В., Корнев А.Ф., Митряев В.А., Рахимов И.А., Смоленцев С.Г. Модернизация спутникового лазерного дальномера «Сажень-ТМ» в обсерватории «Светлое» // Труды ИПА РАН. – 2023. – Вып. 66. – С. 3–10.

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

УДК 93/94
eLibrary.ru: 03.23.00

Хорунжий А.В.
Khorunzhiy A.V.
кандидат исторических наук
РУДН
Москва

ИСТОРИОГРАФИЯ СОЦИАЛЬНОЙ УТОПИИ
К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО. К ИСТОРИИ СЕКЦИИ № 1 ЧТЕНИЙ,
ПОСВЯЩЕННЫХ РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ
К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО

HISTORIOGRAPHY OF THE SOCIAL UTOPIA OF
K.E. TSIOLKOVSKY. ON THE HISTORY OF SECTION NO. 1 OF
THE READINGS DEDICATED TO THE DEVELOPMENT OF THE
SCIENTIFIC HERITAGE OF K.E. TSIOLKOVSKY

Аннотация. Рассмотрена история изучения социальной утопии К.Э. Циолковского в рамках работы секции № 1 «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история авиации и космонавтики», выделены основные периоды в историографии вопроса, освещены итоги изучения «Идеального строя жизни» Циолковского и предложены возможные направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: К.Э. Циолковский, социальная утопия, «Идеальный строй жизни», меритократия, историография.

Abstract. The article examines the history of the study of K.E. Tsiolkovsky's social utopia within the framework of Section No. 1 "Study of K.E. Tsiolkovsky's scientific work and the history of aviation and cosmonautics", highlights the main periods in the historiography of the issue, highlights the results of the study of Tsiolkovsky's "Ideal Way of Life" and suggests possible directions for further research.

Keywords: K.E. Tsiolkovsky, social utopia, “Ideal way of life”, meritocracy, historiography.

Юбилеи и круглые даты, – а к таким можно отнести 60-е Научные чтения, посвященные разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского, – это хороший повод подвести некоторые итоги работы. В данном случае итоги работы секции № 1 «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история авиации и космонавтики» по изучению социальной утопии Циолковского, ставшей, в определенном смысле, логическим завершением всего научного, технического и философско-этического творчества ученого.

Применительно к теме данной статьи вполне уместно использовать термин «историография». Как замечал в своем курсе лекций академик Е.А. Косминский: «Историография — это, собственно, сам процесс писания истории». [1, с. 7]. Как истории в целом, так и истории изучения конкретной исторической проблемы, в данном случае – социальной утопии Циолковского. Поколения студентов-историков начинают знакомство с историографией со слов все того же Косминского: «...Историография есть прежде всего самосознание историка. В ней он осознает прошлое, пути и законы развития своей науки, определяет ее границы, возможности и будущее. Если без знания истории общество — слепо, то без историографии историк — не историк. Он должен знать историю своей науки, чтобы знать свое место в ней, определять направление своей деятельности» [2, с. 13]. Этот подход полностью применим и к рассматриваемой теме.

«Когда мы говорим об историографии, мы обычно имеем в виду обзор мнений историков по тем или иным вопросам» [1, с.7], однако столь подробный анализ значительно превысит требования к объему публикации в сборнике Трудов Чтений. Поэтому данное исследование – это попытка дать «...в историческом разрезе историю того, как писали историю» [1, с. 7], в данном случае – историю утопического проекта Циолковского.

Цель данной статьи, таким образом – сделать историографический обзор истории изучения социальной утопии в рамках работы секции № 1. Задачи: выделить основные периоды в изучении данной темы, определить основные направления исследований в каждый из них, основные выводы, к которым пришли участники Чтений, а также

предложить по итогам обзора те исследовательские задачи, которые можно поставить на современном этапе¹.

Хронологические рамки обзора определены временем существования секции и охватывают период с 1967 по настоящее время. Хранитель истории секции и Чтений в целом (а также самый активный автор секции - более 80 докладов) Т.Н. Желнина выделяет 4 периода в работе секции – по организационному признаку, определяемому изменением ее названия и, соответственно, охвата проблематики [3, с. 8-10]. Если же говорить о периодах изучения социальной утопии Циолковского, то здесь содержательный анализ докладов, представленных на секцию, позволяет выделить 3 периода: 1967-1974 гг., 1974–1987 гг. и с 1988 г. по настоящее время. Стоит подчеркнуть, что границы 1974 и 1987 гг. довольно условны, поскольку отражают проявившиеся к этому времени тенденции, формировавшиеся в течение нескольких лет до этого.

В первом периоде (1967-1974) можно говорить о начале изучения общественно-политических и социологических взглядов К.Э. Циолковского. Начавшийся с момента создания секции в период идеологической «оттепели», этот период завершился вместе с усилением идеологического контроля в общественных науках в первой половине 1970-х годов. Над исследователями этого времени довели представления о Циолковском прежде всего как об «отце космонавтики», поэтому упор делался именно на идеи ученого, связанные с покорением космоса. Исследователей этого периода (среди которых особенно выделяются Е.Т. Фаддеев, И.А. Кольченко и Н.К. Гаврюшин) интересовали скорее философские и астросоциологические идеи мыслителя. В докладах И.А. Кольченко,

¹ Таким образом, целью данного обзора не является составление полного перечня всех докладов по теме исследования и обзора высказанных в них мнений. Подробный историографический обзор основных итогов работы секции № 1 в целом, а также перечни докладов – хронологические (по Чтениям) и алфавитный (по авторам), содержащий полные выходные данные, см. в сборнике: Желнина Т.Н. К 60-летию Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (1966-2025). Секция № 1 «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история ракетно-космической науки и техники». Итоги работы и перечни докладов (1967-2025). М., Лето, 2025. 288 с.

защитившего диссертацию «Циолковский как мыслитель» [4] на основе анализа неизданных трудов К.Э. Циолковского, хранившихся в Архиве АН СССР, впервые был изложен ряд предложений Циолковского по переустройству жизни на Земле и введены в научный оборот некоторые фрагменты из архивных рукописей мыслителя, посвященных социальным и философским вопросам. Говоря о его «умозрительной теории “идеального строя жизни”» [5, с. 28], Кольченко оценил ее как утопию, правда, скорее в смысле оценки ее несбыточности, и подчеркнул, что «трудно говорить о существовании целостной социологической концепции у основоположника космонавтики» [5, с. 34].

Второй период (1974-1987) начинается с уже упомянутого «завинчивания гаек» в общественных науках. Был ограничен доступ ко многим историческим источникам, не вписывавшимся в официальную доктрину, исторические исследования следовало обязательно снабжать цитатами из классиков марксизма-ленинизма, любые намеки на альтернативные точки зрения жестко пресекались, что привело к существенному снижению активности историков в части изучения социально-экономической истории России конца XIX - начала XX вв. [6, с. 229]. Этот же вывод применим и к изучению социальной утопии Циолковского. Кроме того, в 1974 г. на Чтениях была создана секция «К.Э. Циолковский и философские проблемы освоения космоса», которая забрала на себя часть тем, связанных с мировоззренческими аспектами научного наследия Циолковского.

Тем не менее, в указанный период в рамках секции № 1 по-прежнему появлялись доклады, связанные с философскими и социальными работами Циолковского. К сожалению, часть из них по разным причинам так и осталась неопубликованной и не вошла в научный оборот (например, некоторые доклады И.А. Кольченко и Н.К. Гаврюшина). Остальные – за редким исключением - были выполнены под воздействием ставшего модным в этот период тезиса о существовании т. н. «русского космизма» и о том, что Циолковский являлся чуть ли не учеником и продолжателем дела Н.Ф. Федорова.

Тема социальной утопии Циолковского в явном виде звучала в этот период лишь в названии одного доклада (Старостин Б.А. «Завершение традиций русской социально-утопической мысли в работах К.Э. Циолковского»), который также не был опубликован и не стал историографическим фактом [3, с. 169].

Следует отметить, однако, что в этот период начал формироваться задел для будущего комплексного анализа социального проекта

ученого. Был начат анализ социокультурного контекста, в котором сформировались его идеи. В работе секции с начала 1980-х годов появилось источниковедческое направление (у истоков которого стоит Т.Н. Желнина) и был начат анализ всего корпуса источников, позволяющих полноценно изучить научное наследие Циолковского, в том числе, его философских и социальных трудов. Завершением данного периода можно условно считать 1987 г. Накопившиеся в обществе тенденции привели в 1988 г. к качественному переходу от объявленных ранее «гласности» и «плюрализма мнений» к существенной либерализации общественной мысли в целом и изучении ее истории в частности.

В целом, можно констатировать, что социальная утопия К.Э. Циолковского в рассмотренные периоды 1967-1974 и 1974-1987 гг. была изучена лишь частично, большинство авторов интересовали достижения Циолковского как основоположника космонавтики, а его философские и особенно социологические труды рассматривались как причуды гения, не связанные в единую хорошо проработанную систему. Такой точке зрения способствовало и распространенное в литературе представление о Циолковском как самоучке, создавшем свои оригинальные и самобытные идеи в калужской «глубинке».

Третий период в истории изучения данной темы (1988 – по настоящее время) характеризуется, прежде всего, открытием для исследователей доступа к обширному рукописному наследию К.Э. Циолковского, ранее по идеологическим причинам не издававшегося. Это позволило на новом уровне вернуться к изучению философского и социологического наследия ученого, в частности, в диссертациях В.В. Лыткина [7; 8], А.В. Хорунжего [9], В.М. Мапельман [10] и В.А. Алексеевой [11], которые присоединились к работе секции и – вместе с Т.Н. Желниной – внесли наибольший вклад в изучение социальной утопии Циолковского.

Был завершен анализ всего корпуса источников авторства как самого Циолковского, так и его современников, позволяющего изучать взгляды ученого (Т.Н. Желнина) [12; 13 и др.], введены в научный оборот - подготовлены и опубликованы с соблюдением строгих академических традиций (полнота публикации источника, научные комментарии) - рукописи мыслителя, посвященные философским и социальным вопросам (Т.Н. Желнина, В.М. Мапельман) [14].

Проделанный анализ показал, что имеющиеся источники достаточно репрезентативны для исследования идей Циолковского по социальным вопросам, и перейти к их изучению. Итогом стал вывод о

том, что значительная часть трудов мыслителя представляет собой единый – хоть и представленный во множестве отдельных работ – план построения «Идеального строя жизни» для достижения человечеством счастья на Земле, а также перейти к изучению его конкретного содержания и логики формирования этого проекта. Решение этой исследовательской задачи позволило сделать заключение, что в определенном смысле именно проект «Идеального строя» как выражение главного императива творчества Циолковского – показать людям путь к счастливому будущему – стал логическим завершением научных, технических и философско-этических трудов ученого, их объединяющим звеном (Т.Н. Желнина, В.М. Мапельман, А.В. Хорунжий).

Детальная реконструкция плана построения «Идеального строя жизни» позволила определить его как социальную утопию, подразумевающую построение меритократии на Земле и дальнейшую космическую экспансию человечества, охарактеризовав проект как светскую, технократическую критически-социалистическую утопию реконструкции (А.В. Хорунжий).

Поскольку каждый автор утопии, вольный выбирать любые основания для своего проекта, несвободен от той культурно-исторической среды, в которой происходило его становление, а сама утопия остается выражением потребностей и интересов определенных общественных групп, дальнейшие исследования проекта «Идеального строя жизни» Циолковского развернулись в рамках работы Чтений по следующим направлениям: это исторический контекст формирования взглядов ученого, сравнительно-исторический анализ утопических и антиутопических проектов отечественных и зарубежных современников Циолковского, а также реализация в «Идеальном строе жизни» пяти основных функций утопии - критической, нормативной, когнитивной (прогностической), конструктивной и компенсаторной. К сотрудничеству в данном направлении исследований были привлечены ученые - сотрудники кафедр истории России и истории философии РУДН им. П. Лумумбы. Было доказано, что утопия Циолковского характерна для европейской утопической традиции и при этом отражает взгляды российской интеллигенции, сформировавшейся в последней трети XIX в. под влиянием народнической идеологии, позитивистской философии и классической картины мира (В.И. Алексеева, Р.А. Арсланов, В.В. Блохин, Т.Н. Желнина, Е.В. Линькова, В.В. Лыткин, В.М. Мапельман, С.А. Нижников, А.В. Хорунжий).

Для анализа места социальной утопии Циолковского в истории мировой утопической мысли было налажено сотрудничество с Южным федеральным университетом, где с 2016 г. проводятся регулярные конференции из цикла «Утопические проекты в истории культуры» [15]. В рамках работы секции были рассмотрены общее и особенное в конструировании Циолковским образа будущего, проанализирована эволюция утопического дискурса от Циолковского до современности; влияние, оказанное идеями мыслителя на утопии и антиутопии, созданные современниками и потомками ученого, в частности И.А. Ефремовым (М.А. Романенко, Т.С. Паниотова, А.В. Хорунжий).

Актуальной для исследования исторического контекста творчества Циолковского в рамках работы секции являлась также задача «провести анализ научного наследия ученых, которые были его современниками, сделав акцент на их представлениях о путях изменения общества» [16, с. 262]. Проведенные в этом направлении исследования позволили выявить очевидные общие черты во взглядах и проектах не только отечественных - Н.А. Рожков, К.А. Тимирязев, В.И. Вернадский и др. - но и зарубежных ученых-современников Циолковского, таких как В. Куассак, и подтвердить неоднократно озвученные в рамках работы Секции тезисы о том, что за внешним своеобразием языка и форм выражения своих мыслей у Циолковского скрывается комплекс идей, весьма характерных для указанного периода, а за внешним разнообразием тематики его работ – единая мотивация, главная цель его жизни – сделать жизнь людей на Земле счастливее и богаче, научно обосновав для них дорогу к лучшему будущему, что также характерно для мотивации ученых - современников Циолковского (В.И. Алексеева, А.Ю. Герасина, В.В. Лыткин, А.В. Хорунжий), а применимость итогов анализа мотивации и логики формирования взглядов ученых последней трети XIX – первой трети XX вв., полученных при исследовании научного творчества К.Э. Циолковского, для лучшего понимания глубинной логики деятельности его современников доказала эвристическую ценность исследований, проводимых в рамках деятельности секции, для изучения общественной мысли России указанного периода.

Исходя из вышеизложенного можно поставить исследовательские задачи для рассмотрения в рамках работы секции: это углубленный анализ проектов переустройства общества, предложенных современниками Циолковского как в России, так и за ее пределами, прежде всего – учеными-естествоиспытателями, а также авторами

технократических утопий рассматриваемого периода. Новым аспектом таких исследований могло бы стать изучение и сравнительный анализ общественно-политических взглядов отечественных и зарубежных пионеров космонавтики. Наконец, учитывая новые возможности, которые открывают цифровизация исторических источников в сочетании с развитием искусственного интеллекта и машинного перевода, позволяющего упростить преодоление языкового барьера, отдельным направлением исследований можно было бы выделить исследование проектов преобразования общества, выдвинутых современниками и потомками Циолковского не только в Европе и Северной Америке. Такое расширение географического охвата исследований позволит более полно проанализировать проект «Идеального строя жизни» Циолковского в контексте мировой философской и общественной мысли.

Литература

1. Косминский Е.А. Историография средних веков. V в. - середина XIX в.: Лекции / Под ред. С.Д. Сказкина [и др.]. - Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1963. - 430 с.
2. Историография истории России: учебник для вузов / под ред. А. А. Чернобаева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 429 с.
3. К 50-летию Научных Чтений памяти К.Э. Циолковского (1966-2015): «Секция "Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история ракетно-космической науки и техники». Итоги работы и перечни докладов. /авт. и ред.-сост. Т.Н. Желнина. - Калуга: Сам Полиграфист, 2015. - 242 с
4. Кольченко И.А. К.Э. Циолковский как мыслитель: диссертация... кандидата философских наук: 09.00.00. - Москва, 1968. - 258 с.
5. Кольченко И.А. Социологические идеи К.Э. Циолковского// Труды Четвертых Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (Калуга, 17-19 сентября 1969 г.). – Москва, 1969. – С. 24–36.
6. Алексеева Г.Д. Историческая наука в России. Идеология. Политика (60-80-е г. XX в.). - Москва: ИРИ РАН, 2003. - 246 с.
7. Лыткин В.В. Философские взгляды К.Э. Циолковского и его отношение к атеизму и религии: диссертация ... кандидата философских наук: 09.00.06 / ЛГУ. - Ленинград, 1989. - 156 с.
8. Лыткин В.В. Философско-антропологический проект К.Э. Циолковского: диссертация ... доктора философских наук:

- 09.00.13 / Лыткин Владимир Владимирович; [Место защиты: Белгород. гос. ун-т]. - Белгород, 2013. - 312 с.
9. Хорунжий А.В. Проблемы организации общества в творчестве К.Э. Циолковского: диссертация ... кандидата истор. наук: 07.00.02 / Рос. ун-т дружбы народов. - Москва, 1992. - 352 с.
10. Мапельман В.М. Идея космической перспективы человечества в русской философской культуре: Социально-философский анализ: диссертация ... доктора философских наук: 09.00.11. - Москва, 1999. - 324 с.
11. Алексеева В.И. Монистические тенденции философии космизма: Социально-философский анализ: диссертация ... кандидата философских наук: 09.00.11. - Москва, 2005. - 163 с.
12. Желнина Т.Н. Текстология научных сочинений К.Э. Циолковского// XXXII Научные Чтения, посвященные разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (Калуга, 16-19 сентября 2002 г.). Тезисы докладов. – М.: ИИЕТ РАН, 1997. – С. 13-14.
13. Желнина Т.Н. Указатель научных сочинений К.Э. Циолковского: к итогам составления// XXXVII Научные Чтения, посвященные разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (Калуга, 16-19 сентября 1997 г.). Тезисы докладов. – Калуга, 2002. – С. 12-14.
14. Циолковский К.Э. Космическая философия /Отв. ред. В.С. Авдеевский; Сост., подгот. текстов, коммент. Т.Н. Желниной, В.М. Мапельман; Рос. акад. наук. Комис. по разраб. науч. наследия К.Э. Циолковского. - Москва: УРСС, 2001. - 478 с.
15. Хорунжий А.В. «Идеальный строй жизни»: социальная утопия К.Э. Циолковского // Утопические проекты в истории культуры: материалы II Всероссийской (с междунар. участием) науч. конф. «Утопические проекты в истории культуры» (Ростов-на-Дону, Таганрог, 2019). – Ростов-н/Д; Таганрог: Изд-во Южного федерального ун-та, 2019. – С. 36–39.
16. Хорунжий А.В. Утопия и антиутопия в наследии российских ученых – современников К.Э. Циолковского //Научное наследие и развитие идей К.Э. Циолковского: Материалы 54-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. - Часть 1. - Калуга: Изд-во АФК «Политоп», 2019. - С. 275-279.

Блохин В.В.
Blokhin V.V.
доктор исторических наук
РУДН, Москва

**ПЕРЕКЛИЧКА ИДЕЙ: ВЕЛЕМИР ХЛЕБНИКОВ
И КОНСТАНТИН ЦИОЛКОВСКИЙ**

**A ROLL CALL OF IDEAS: VELEMIR KHLEBNIKOV AND
KONSTANTIN TSIOLKOVSKY**

Аннотация. В статье определены идейно - творческие точки соприкосновения ученого К.Э. Циолковского и поэта Велемира Хлебникова. Их объединяет не только время и общественные условия творчества, но и представления о будущем, основанном на вере в могущество научного разума человека-творца, способного изменить окружающую действительность по пути социального прогресса. Методологической основой творчества обоих мыслителей является позитивизм и представление об одухотворении вселенной.

Ключевые слова: научный разум, творчество, поэзия, образ будущего, К.Э. Циолковский, Велемир Хлебников.

Abstract. The article identifies the ideological and creative points of contact between the scientist K.E. Tsiolkovsky and the poet Velemir Khlebnikov. They are united not only by the time and social conditions of their creative work, but also by their vision of the future, which is based on the belief in the power of the scientific mind of the creative human being, who can change the surrounding reality in the direction of social progress. The methodological basis of the work of both thinkers is positivism and the idea of the spiritualization of the universe.

Keywords: scientific mind, creativity, poetry, image of the future, K.E. Tsiolkovsky, Velemir Khlebnikov.

Творчество, научные или художественные озарения - всегда порождение времени, вызовов эпохи. 1920-е годы в русской культуре - время духовного авангарда, ориентированного на созидание новых радикальных смыслов и горизонтов. Импульс Просвещения, воплотившийся в духе революции 1917 года с характерным для нее культом разума и пафосом строительства нового социалистического

мира, наиболее полно и емко воплотились в научной концепции К.Э. Циолковского и поэтических образах Велемира Хлебникова. С этой точки зрения поэзия и наука родственны - и та и другая форма культуры устремлена в будущее, а научный поиск с его духом постижения мира, как и творчество поэта сродни пророчеству. Не случайно, Циолковский называет одну из своих работ «проповідью» [1, с. 3]. Лишь одно, пожалуй, разделяет пророка-ученого и пророка-поэта — это способ выражения истины!

При знакомстве с творчеством К.Э. Циолковского и Велемира Хлебникова замечаешь некие смысловые перекрестия. В первую очередь это касается образа будущего, видение которого, безусловно, не могло быть представлено иначе как в особом жанре, в особой художественной форме утопии. Свою философскую утопию Циолковский выстраивает на основе позитивизма, научной методологии познания.

Любопытна методологическая установка ученого в объяснении мира. Эта установка - методологический монизм, т. е. стремление рассмотреть все формы материи и мироздания как явления, имеющие одну единую природу, в которой все связано со всем. Такой подход позволил Циолковскому высказать смелую гипотезу о разумности вселенной, своеобразном одушевлении бытия. Не только человек, но и атомы наделены у Циолковского сознанием.

В своем философском труде «Монизм вселенной», опубликованном в 1925 году, Циолковский рисует нам очертания будущего, образ будущего. Циолковский верит в торжество разума и создание идеального общественного устройства, в основе которого лежит разумность. «... Нет ни одного атома, который не принимал бы бесчисленное число раз участия в высшей животной жизни». Входя в состав мозга высших существ, «он чувствует радость сознательного и безоблачного бытия» [1, с. 24]

Венец прогресса — это господство высших существ, человека, достигшего вершин развития. «Наступит объединение, прекратятся вследствие этого войны, так как не с кем будет воевать. Счастливое общественное устройство, подсказанное гениями, заставит технику и науку идти вперед с невообразимой быстротой и с такой же быстротой улучшать человеческий быт. Это повлечет за собой усиленное размножение. Население возрастет в 1000 раз, отчего человек сделается истинным хозяином Земли. Он будет преобразовывать сушу, изменять состав атмосферы и широко эксплуатировать океаны. Климат будет изменяться по желанию и надобности. Вся земля сделается

обитаемой и приносящей великие плоды. Сначала исчезнут вредные животные и растения, потом избавятся и от домашних животных. В конце концов кроме низших существ, растений и человека ничего на земле не останется». [1, с. 18-19].

Господство и мощь разума наблюдается нами и в поэтических образах В. Хлебникова, в его образах будущего.

Метод освоения мира у Хлебникова отличается потрясающей оригинальностью, основан на соединении несоединимого. Крупнейший сегодня специалист в области изучения творчества В. Хлебникова К. Хайруллин определил художественный метод поэта как специфический «космизм, мифопоэтический, футуристический, философско-математический (неопифагорейский) и лингвистический (языкотворческий) Себя Хлебников называл марсианином, уже тем самым как бы подчеркивая то, что у него внеземной, т. е. космический взгляд на все происходящее в мире. Необходимость такого взгляда поэт связывал с неевклидовой геометрией Лобачевского, которой он страстно увлекся, еще будучи студентом Казанского университета. Хлебников считал Лобачевского великим революционером в науке, заложившим совершенно новый подход к постижению природы мироздания, и хотел стать таким же революционером. И он им стал в сфере поэзии и словесного творчества, в применении чисел, математических исчислений и геометрических представлений к истории и языкознанию, используя по-своему неевклидовый подход» [2]. Какой же силой и авторитетом обладала наука, прежде всего математика и физика, что даже поэзия пыталась найти с ней общий знаменатель в познании мира!

Как и Циолковский Хлебников верит во всеединство мира и его одухотворение. «Велимир допускал возможность существования разумной жизни внутри светового луча и даже человека в его сущностной основе рассматривал как световое явление» [2].

Он подобно Циолковскому верил в возможность преобразования мира, причем, инструментом такого преобразования становится свободная мысль человека. «Он пытается преодолеть разрыв и разобщенность народов и рас, разъединение человека и природы. Он верит в новый путь человечества, в его способность построить мир справедливости и разума, в необычайные возможности раскрепощения энергии человека, которая изменяет лик земли, ее климат, возможности получения знаний» [3, с. 99].

В своей утопии «Мы и дома» Хлебников изображает город будущего, отличающийся фантастическими формами. Человек не

желает жить в городах-«крысятниках», он достоин жить в городе грядущего, «где крыша нежится в синеве и согревается солнцем», на которую высыпает люд. Поэт видит дома в фантазмагорических формах. Это и «дома-мосты», дома-пароходы», дома-шахты» и т. д. [3, с. 100]. Словом, поэт видит, что творческая мысль человека не ограничена никакими канонами и границами, а самые смелые фантазии вполне осуществимы.

Как видно из краткого сопоставления, семантически модели космизма двух великих творческих гениев России едины: это рациональные грезы о будущем человечестве, о человеке-творце, способном космически-масштабно менять будущее, управляя познанными законами космоса.

Литература

1. Циолковский К.Э. Мониизм вселенной. (конспект. март 1925). Калуга, 1925. 32с.
2. Хайруллин Камиль. Пространство, время, бессмертие в творчестве Велемира Хлебникова// Литературные известия № 12 (128), 2015 // <https://reading-hall.ru/publication.php?id=14864> (дата обращения: 15.08.2025).
3. Ануфриев А.Е. Космогонические утопии Велемира Хлебникова (Цикл эссе «Кол из будущего») // Вестник Вятского Государственного университета. 2012. С. 99-102.

УДК 93/94

eLibrary.ru: 03.23.00

Паниотова Т.С.

Paniotova T.S.

доктор философских наук

Южный федеральный университет

Ростов-на-Дону

УТОПИЯ «КОСМИЧЕСКОЙ РАСЫ» Х. ВАСКОНСЕЛОСА: ВЛИЯНИЕ ИДЕЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО?

THE UTOPIA OF THE "SPACE RACE" BY JOSE VASKONSELOS: THE INFLUENCE OF THE IDEAS OF K.E. TSIOLKOVSKY?

Аннотация. Рассмотрена концепция «космической расы» мексиканского философа Хосе Васконселоса в контексте возможного

влияния идей К.Э. Циолковского о космическом будущем человечества и идеальном общественном строе. Анализируются утопические проекты обоих мыслителей, их философские основания и исторические предпосылки. Параллелизм в их идеях свидетельствует о своевременности и общемировом характере утопического мышления начала XX века.

Ключевые слова: Хосе Васконселос, К.Э. Циолковский, «космическая раса», утопия, идеальный строй жизни, культурный синтез.

Abstract. The concept of the «cosmic race» of the Mexican philosopher Jose Vasconcelos is considered in the context of the possible influence of the ideas of K.E. Tsiolkovsky on the cosmic future of humanity and the ideal social system. The utopian projects of both thinkers, their philosophical foundations and historical prerequisites are analyzed. The parallelism in their ideas testifies to the timeliness and global nature of utopian thinking of the early 20th century.

Keywords: Jose Vasconcelos, K.E. Tsiolkovsky, «cosmic race», utopia, ideal way of life, cultural synthesis.

Идеи К.Э. Циолковского о неизбежности космического будущего человечества, многочисленных космических цивилизациях во Вселенной являются одними из самых оригинальных и новаторских. Его проекты идеального общественного строя достойны быть вписанными в мировую традицию утопической мысли. В целом ряде работ Циолковский нарисовал проект построения на Земле «Идеального строя жизни». «Цель такого устройства - 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 Циолковский [1, л. 126].

Как отмечает известный исследователь творчества Циолковского А.В. Хорунжий «Социологическое содержание идеала, способ его полагания в проекте Циолковского определяют принадлежность "Идеального строя жизни" к социалистической утопии. А критика современного мыслителю состояния человечества, служащая обоснованием необходимости преобразований, дает основание отнести утопию Циолковского к критически-социалистическим. Определяя

место утопического идеала на шкале исторического времени, проект Циолковского можно охарактеризовать как прогрессистскую утопию» [2, с. 464]. Циолковский был знаком с трудами многих утопистов, однако себя к их числу не относил. Между тем у него здесь были предшественники. Совершая духовное освоение космического пространства, французский писатель Сирано де Бержерак еще в XVII веке избрал местом действия своей утопии / пародии Луну («Иной свет или Государства и Империи Луны»).

Еще более популярной, причем в самых неожиданных ракурсах и аспектах, тема космоса стала в XX веке. Хосе Васконселос (1882–1959), мексиканский философ и видный политический деятель, в 1925 г. выпустил в свет книгу под названием «Космическая раса» [3]. Еще в школе будущий философ увлекся изучением работ Платона, А. Шопенгауэра, Ф. Ницше, Э. Канта, Ф. Гегеля и многих других известных мыслителей. Свое образование Хосе Васконселос продолжил в Национальной школе юриспруденции, где получил специальность адвоката. После революции (1910–1917) он занимал разные политические и административные должности, связанные с системой образования в Мексике. Был ректором Национального университета Мексики, первым министром народного образования, который прославился своими просветительскими проектами; выступал с лекциями во многих университетах мира. Предложив оригинальную концепцию «космической расы» (*la raza cósmica*), Хосе Васконселос занял прочное место у истоков современной мексиканской философии. Философия Хосе Васконселоса, изложенная в «Космической расе» и «Индологии» [4], стала идеологической базой политики мексиканского правительства в послереволюционные годы, согласно которой предполагалась метисация Мексики как единственный способ создания «космической расы» и модернизации страны.

Космический аспект «*la raza cósmica*» по идее Хосе Васконселоса заключался не в буквальном, а в философском и символическом смысле — он означал всеохватность, универсализм и духовное превосходство новой, синтетической расы. Васконселос видел в смешении рас в Латинской Америке не просто биологический процесс, а высшую стадию человеческой эволюции, ведущую к созданию гармоничного, духовно развитого и культурно богатого человека будущего. Эта «космическая раса» должна была объединить лучшие качества всех предыдущих рас — интеллект европейца, чувственность африканца, мистицизм индейца и стойкость азиата — и стать носителем новой, универсальной цивилизации, способной преодолеть

расовые и национальные противоречия. Таким образом, «космичность» означала выход за пределы узких этнических и национальных рамок к всечеловеческому единству и высшему духовному синтезу.

Отвечая на вынесенный в заголовок статьи вопрос, можно резюмировать, что достоверных исторических свидетельств того, что Хосе Васконселос был знаком с трудами К.Э. Циолковского, не имеется. Маловероятно, что работы последнего оказали какое-либо прямое влияние на формирование концепции «космической расы». Более того, ко времени формирования этой концепции (первая половина 1920-х годов) утопические проекты Циолковского были известны весьма небольшому кругу людей и их известность в Латинской Америке вызывает обоснованные сомнения. Интеллектуальные источники Васконселоса находились в европейской философии (особенно в идеях панлатинизма, романтизма, эволюционизма и католической философии истории), а также в контексте постколониальной идентичности Мексики и Латинской Америки. Таким образом, несмотря на сходство в терминологии, их концепции возникли в совершенно разных интеллектуальных традициях и вряд ли были связаны между собой.

Тем не менее, обе концепции были созданы практически одновременно и имеют явные общие черты в подходах. Это еще раз демонстрирует, что утопический проект К.Э. Циолковского во всей его самобытности и оригинальности, тем не менее, был совершенно своевременен и закономерен не только в контексте российской и европейской, но и мировой философской и общественной мысли.

Литература

1. Циолковский К.Э. Общественный строй. 1917 г. - июль 1918 г. // Архив РАН. - Ф. 555. - Оп. 1. - Д. 387. - Л. 1-204.
2. Хорунжий А.В. «Идеальный строй» К.Э. Циолковского как стержень личности и зеркало эпохи // Открывая современность заново. – М.: РУДН, 2011. – С. 438 – 467.
3. Vasconcelos, José. La Raza Cósmica. Misión de la raza iberoamericana. Notas de viajes a la América del Sur. - Madrid, Agencia Mundial de Librería, 1925. - 296 p.
4. Vasconcelos, José. Indología: una interpretación de la cultura iberoamericana. - [S. l.] Agencia Mundial de Librería, 1927. - 231 p.

Мироненко А.И.

Mironenko A.I.

магистр кафедры истории России

РУДН, Москва

Хорунжий А.В.

Khorunzhiy A.V.

кандидат исторических наук

РУДН, Москва

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО «ГЛАЗАМИ» ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

THE SCIENTIFIC LEGACY OF K.E. TSIOLKOVSKY "THROUGH THE EYES" OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Аннотация. Рассмотрена репрезентация научного наследия К.Э. Циолковского в таких LLM, как YandexGPT, GigaChat, ChatGPT, DeepSeek и Qwen, которым были заданы одинаковые группы вопросов в разных модальностях. На основании сравнительного анализа полученных ответов выявлены типичные недостатки и «галлюцинации» ИИ, выработаны рекомендации по дальнейшей работе с LLM в рамках исследования творчества ученого.

Ключевые слова: К.Э. Циолковский, большая языковая модель, искусственный интеллект, YandexGPT, GigaChat, ChatGPT, DeepSeek, Qwen.

Abstract. The article considers the representation of the scientific heritage of K.E. Tsiolkovsky in such LLMs as YandexGPT, GigaChat, ChatGPT, DeepSeek and Qwen, which were asked the same groups of questions in different modalities. Based on a comparative analysis of the received answers, typical shortcomings and "hallucinations" of AI were identified, and recommendations for further work with LLM in the context of studying the scientist's work were developed.

Keywords: K.E. Tsiolkovsky, LLM, AI, YandexGPT, GigaChat, ChatGPT, DeepSeek, Qwen.

В эпоху цифровой трансформации общества меняются не только каналы передачи знаний, но и сама природа их репрезентации. Появление генеративного искусственного интеллекта (ИИ),

способного синтезировать связные текстовые ответы на любые запросы, формирует принципиально новую среду для взаимодействия пользователя с историко-научным знанием. Традиционные поисковые запросы все чаще уступают место прямым диалогам с ИИ-ассистентами, такими как ChatGPT, DeepSeek, YandexGPT и другими. Данная статья ставит целью проанализировать, как эти крупные языковые модели (LLM) интерпретируют, систематизируют и зачастую искажают научное наследие К.Э. Циолковского, выступая не просто инструментом поиска, а активным, но не всегда добросовестным, интерпретатором.

Важность и актуальность темы обусловлены тремя фундаментальными изменениями в информационном поведении общества.

Во-первых, происходит миграция пользовательских запросов из традиционных поисковых систем в чат-интерфейсы с ИИ. Пользователи все чаще ожидают не списка ссылок, а готового, сжатого ответа, сгенерированного алгоритмом. Трафик к ведущим платформам генеративного ИИ, таким как ChatGPT, демонстрирует взрывной рост, исчисляемый сотнями миллионов посещений в месяц, и продолжает устойчиво увеличиваться. Это свидетельствует о формировании новой парадигмы получения информации [1].

Во-вторых, основной аудиторией, активно использующей данную технологию, является молодежь, в частности школьники и студенты. Анализ активности пользователей в сервисах типа ChatGPT выявил четкую сезонную динамику. Так, количество запросов к указанному ресурсу, по данным компании OpenAI на конец июля 2025 г., то есть сразу после начала летних каникул у обучающихся, упал на 25-30% [2]. Молодежь становится основным потребителем ИИ-генерируемого контента.

В-третьих, именно этой аудитории в силу возрастных и психологических особенностей свойственно демонстрировать менее критичное и излишне доверчивое отношение к сгенерированным ответам, воспринимая формальную убедительность текста как гарантию его фактической достоверности. В сочетании с присущими современным LLM «детским болезням» роста это создает серьезный эпистемологический риск.

К таким «болезням» современных языковых моделей, способным кардинально исказить информацию о научном наследии К.Э. Циолковского, относятся:

1. Склонность к конфабуляции («галлюцинациям»): Модель, стремясь дать полный и связный ответ, может генерировать вымышленные факты, даты, названия несуществующих трудов или приписывать ученому идеи, которых у него не было.

2. Поверхностность анализа: ИИ работает на основе статистических закономерностей в данных, а не на основе понимания причинно-следственных связей. Это может приводить к упрощению сложных философских и научных концепций Циолковского.

3. Зависимость от качества и репрезентативности обучающих данных: страновая зависимость массива данных, на которых производилось обучение той или иной LLM, а также разная степень представленности тех или иных аспектов наследия любого выдающегося ученого в интернете могут создавать искаженную картину, гипертрофируя одни идеи и замалчивая другие.

В совокупности указанные факторы могут привести к искажению восприятия исторических и научных фигур — в том числе таких масштабных личностей, как К.Э. Циолковский. В ответах ИИ его образ может быть упрощен, романтизирован или, наоборот, технократизирован, с утратой философской и этической глубины его наследия.

В этой связи актуальность темы данной статьи обусловлена необходимостью:

анализировать, как ИИ формирует образ ученого для пользователей Интернет;

— выявлять и корректировать искажения в представлении о научном наследии К.Э. Циолковского;

— способствовать развитию критического мышления у пользователей ИИ;

— обеспечивать обратную связь разработчикам моделей для повышения достоверности и глубины ответов по ключевым историко-научным темам.

Для проведения анализа были выбраны наиболее известные LLM — это 2 отечественных разработки - YandexGPT (разработчик: Yandex) и GigaChat (разработчик: ПАО Сбербанк), 2 разработки китайских компаний - Qwen (разработчик: Alibaba Group) и DeepSeek (разработчик: DeepSeek); а также наиболее известная западная модель - ChatGPT (разработчик: OpenAI).

Всем 5 моделям были предложены две группы вопросов, имитирующие обычные запросы, и один промпт с модальностью.

Первая группа включала открытые вопросы, проверяющие «знание» LLM материала и умение его обобщать в ответ на типичный поисковый запрос:

| | |
|---|--|
| - кто такой К. Циолковский? | - какой вклад в науку внес Циолковский? |
| - какими основными идеями знаменит Циолковский? | - в чем вклад Циолковского в космонавтику? |
| -каким видел Циолковский будущее человечества? | - что известно о социальной утопии Циолковского? |
| - как Циолковский предлагал построить идеальное общество на Земле? | - что такое «лучистое человечество» и при чем тут Циолковский? |
| - перечисли основные научные труды Циолковского и дай краткую аннотацию/ характеристику каждому из них? | |

Оценивались по шкале от 1 до 5 в сравнении всех 5 версий развернутость и полнота ответа, количество приведенных аргументов и степень их обоснованности, наличие аргументированных предположений там, где нет точной информации, маркировка или упоминание в явном виде, что это предположение, а не факт (мультипликатор), отсутствие такой маркировки (дефлятор).

Вторая группа представляла из себя условно «закрытые» запросы (в которых имеется однозначный ответ), в том числе, и провокационные вопросы, направленные на проверку склонности LLM к галлюцинациям:

| | |
|---|---|
| - какую музыку любил Циолковский? | - что писал Циолковский о перспективах развития ИИ? |
| - что думал Циолковский об НЛО? | |
| - какова связь между Циолковским и названием города Новосибирска? | - был ли Циолковский сторонником авторитаризма? |
| - какая связь между Лабубу и Циолковским? | - каково влияние идей Циолковского на итоги противостояния Бэтмена и Супермена? |
| - что известно о стиле игры Циолковского в Counter-Strike? | |

Оценивались соответствие ответов LLM ожидаемой версии: 1) правильный – то есть совпадающий по смыслу, а не буквально - ответ - 5 баллов; 2) указание на отсутствие информации для ответа вопрос – 4 балла; 3) Высказанные при соответствии пп. 1) или 2) обоснованные предположения, близкие к правильному ответу – дополнительно 4 балла; 4) далекие от правильного при соответствии 1) или 2) – дополнительно 1 балл; 5) уверенный, но неправильный ответ – минус 5 баллов.

В конце LLM задавался промпт с модальностью: «Действуй как профессиональный историк науки, профессор и доктор исторических наук, написавший множество признанных трудов - статей и монографий, издаваемых почитаемых во всем мире. Проанализируй доступные в сети Интернет источники и литературу по теме и дай развернутый ответ на вопрос: какой вклад внес в мировую науку К.Э. Циолковский. При этом укажи основные направления его исследований, которые оказались наиболее востребованными и перечисли наиболее известные его труды, укажи, какие разделы научного наследия Циолковского остались невостребованными, а также приведи наиболее распространенные оценки научного наследия Циолковского в современной научной и научно-популярной литературе». Ответы оценивались так же, как и в первом блоке.

Полученные материалы (более 300 страниц текста) с ответами от всех 5 LLM были загружены для обработки и сравнения в Qwen (по техническим ограничениям в других интерфейсах это осуществить не удалось). Этому ИИ было предложено также сформулировать свои критерии для оценки и сравнения ответов. Затем была проведена экспертная оценка авторами статьи, которые – как показал эксперимент – более погружены в контекст научного наследия Циолковского, чем перечисленные выше модели. В связи с малым объемом статьи приведены лишь общие итоги.

А) Выводы Qwen по заданным исследователями критериям:

«Лучшие модели: GPT4o и YandexGPT (по 286 баллов)

GPT4o: Наиболее сбалансированный ответ: полный, структурированный, с аргументами. Во второй группе — точно указывает на отсутствие информации, делает обоснованные аналогии, но не выдает вымысел за факт. Использует цитаты, источники, разделяет факты и интерпретации.

YandexGPT: Почти идентичен GPT4o по качеству. Лучше всех раскрывает философские аспекты. Точно разделяет реальные факты и

литературные вымыслы. Дает наиболее академически выверенные ответы, как от профессора.

Хороший, но с ошибками: GigaChat (261)

Сильный анализ, особенно по философии и утопии. Точен во второй группе, редко ошибается. Уступает в глубине научных деталей (например, формула Циолковского раскрыта слабее).

Средний: DeepSeek (195)

Хорошо раскрывает научные идеи, но не хватает глубины. Критически проваливается во второй группе: уверенно выдает ложь (игра в CS, НЛО, Лабубу). Не маркирует предположения, что делает ответы опасно недостоверными.

Худший: Qwen (130)

Крайне краткие, поверхностные ответы. Много ложной уверенности («писал о ИИ», «играл в CS», «Лабубу — космическое сознание»). Не структурирован, не приводит источников, не делает различий между фактами и домыслами. Полностью неприемлем для научного анализа» [3].

В) Предложенные самими ИИ дополнительные критерии:

«Помимо заданных, я бы добавил следующие критерии:

| Критерий | Обоснование |
|---|---|
| 1. Разделение фактов и интерпретаций | Важно, чтобы модель не смешивала исторические данные с философскими аналогиями. |
| 2. Указание источников или отсылок к литературе | Повышает доверие к ответу, особенно в научной теме. |
| 3. Стиль и тон: академический vs. популистский | Для вопроса «действуй как профессор» требуется научный стиль, а не разговорный. |
| 4. Способность к самокоррекции и сомнению | При отсутствии данных — лучше сказать «неизвестно», чем выдумать. |
| 5. Логическая целостность и структура | Ответ должен быть не просто списком фактов, а связным повествованием. |

Итоговая оценка: какой ответ лучший и худший

Лучший ответ: YandexGPT - Наиболее академический стиль. Лучшее разделение фактов, гипотез и аналогий. Точность, глубина, структура — соответствует уровню профессора. Не допускает ложных утверждений.

Второй: GPT4o - Почти такой же качественный, чуть более «популярный» стиль. Отличная структура и полнота. Немного уступает в философской глубине.

Худший: Qwen - Поверхностный, ложный, ненадежный. Выдает вымысел за факт. Не соответствует ни одному критерию научной достоверности.

Рекомендация

Для научных и исторических вопросов с высокой ответственностью за достоверность:

- Выбирайте YandexGPT или GPT4o
- DeepSeek и GigaChat — с осторожностью
- Qwen — не рекомендуется [3].

С) Экспертные оценки авторов статьи:

Можно согласиться с «самооценкой» Qwen, поставившим себя на последнее место — как по субъективным ощущениям, так и по знанию конкретного материала, относящегося к научному наследию К.Э. Циолковского. Это ожидаемо — данная модель изначально была оптимизирована для написания кода, генерации текста и решения сложных математических задач. В итоге недостаток фактических знаний Qwen (впрочем, как и другая китайская модель — DeepSeek) — восполняет безудержной генерацией фейковых сведений и выглядящих правдоподобно ссылок на несуществующие публикации, с чем авторы данной статьи неоднократно столкнулись во время ее написания. Зато анализ больших массивов загруженной пользователем информации (одна из задач, на которую был «заточен» Qwen) он выполняет качественно и беспристрастно, что и показывает приведенный выше анализ.

Единственный недостаток этого анализа — Qwen по указанной причине (незнание фактического материала) мог оценить в первой группе ответов только форму, а не конкретное содержание ответов, что и потребовало дополнительной экспертной оценки авторов статьи.

Страновые зависимости также дали себя знать — поэтому такая просадка у Qwen и DeepSeek в оперировании конкретными фактами о Циолковском. Волне закономерно в лидеры вышел YandexGPT, в большей степени обученный на материалах из русскоязычного сегмента сети Интернет. Субъективно авторы поставили бы на

последнее место «в общекомандном зачете» GigaChat – отечественная модель могла бы лучше разбираться в российском контексте, давать более точные ответы и уж не настолько явно галлюцинировать при этом.

Но в целом, большинство моделей показали себя лучшими экспертами в Counter-Strike, чем в научном наследии К.Э. Циолковского. Если с перечислением основных заслуг ученого справились все LLM, то уже на перечислении основных его трудов ответы стали сильно различаться по количеству и качеству. Когда же речь зашла о философских взглядах Циолковского и уж тем более о его социальной утопии и планах достижения идеального общественного строя на Земле, начались «галлюцинации», неточности и лакуны в информации. Впрочем, некоторая их часть – скорее, не беда LLM, а следствие недостоверной информации и вымыслов, гуляющих по просторам Интернет. К таким можно отнести, например, «лучистое человечество», приписываемое Циолковскому всеми пятью моделями; утверждения о том, что Циолковский был учеником Н.Ф. Федорова и в явном виде продолжал развивать его учение и т. п. (все эти тезисы неоднократно рассматривались на Чтениях и были признаны несостоятельными). По мнению части LLM, Циолковский был трансгуманистом и активным борцом за экологию. А вот в том, что касается предложенных ученым социальных преобразований на Земле, у всех моделей оказался полный пробел в знании фактов, который они маскировали общими словами о выходе человечества в космос, заселении других планет и т. п., в лучшем случае упоминался тезис Циолковского о том, что «Богатства вселенной» настолько велики, что их освоение сделает бессмысленными войны, рознь и имущественное расслоение жителей Земли.

Генерация в модальности «доктор исторических наук» не слишком изменила ситуацию, разве что фейки были сформулированы более научнообразно.

Второй блок вопросов ожидаемо принес еще больше «галлюцинаций» ИИ, поскольку большинство LLM поддались на провокацию. Пальму первенства следует отдать ответу на вопрос о связи Лабубу и Циолковского: «...Слово «Лабубу» встречается в одном из рассказов Циолковского, где он попытался представить возможное общение представителей разных цивилизаций. Рассказ «На Луне» был опубликован в журнале «Природа и люди» в 1893 году. В нем Циолковский рассказывает о воображаемом визите двух лунных путешественников на поверхность Луны, где они сталкиваются с

местным населением, говорящим на непонятном языке. Один из персонажей произносит слово «лабубу», пытаясь вступить в коммуникацию с местными жителями. Само слово «Лабубу» не имеет никакого конкретного значения в реальности. Оно выступает как символ универсальности общения и желания установления контакта между разными культурами и видами. В данном контексте оно символизирует попытки взаимопонимания и стремление к взаимодействию. Использование подобного псевдоязыкового выражения свидетельствует о богатой фантазии Циолковского и его желании проникнуть в глубины возможного межкультурного обмена информацией. <...> связь между Лабубу и Циолковским сводится к художественно-литературной попытке автора выразить сложности понимания и налаживания связей между различными формами жизни. Хотя сама фраза не несет глубокого философского содержания, ее включение в текст служит примером креативности писателя и широты его мышления» [4]. Такое можно прокомментировать только цитатой из повести А. и Б. Стругацких: «Вот так возникают нездоровые сенсации» [5, с. 133].

В целом, можно констатировать, что научное наследие К.Э. Циолковского представлено в наиболее известных LLM в большом объеме, хотя и весьма однобоко. Хорошо известны его заслуги в области ракетодинамики и космонавтики, хуже всего – его социальные взгляды и разработанный Циолковским план по построению на Земле «Идеального строя жизни». Наиболее адекватными для анализа научного наследия К.Э. Циолковского инструментами из числа рассмотренных можно назвать YandexGPT и ChatGPT. Однако и эти большие языковые модели несвободны от опасности галлюцинаций и выдачи пользователю непроверенной информации. Более того, зачастую LLM выдают выглядящую вполне правдоподобной абсолютно неверную информацию, ложные цитаты, приписываемые Циолковскому и ссылки на несуществующие исследования его творчества. Учитывая, что возраст основной массы пользователей этих систем часто не обеспечивает у них критичного отношения к полученному от ИИ ответу, есть риск, что со временем подобные фейки войдут в массовое сознание и в дальнейшем будут восприниматься подавляющим большинством как непреложная истина. Стоит отметить и опасность проникновения таких фейков в научную среду, порог вхождения в которую в наши дни значительно снижен «платными» изданиями и ангажированными редакторами,

преследующими в качестве ключевой цели рост своей прибыли и имитацию публикационной активности.

Это представляет весьма серьезную опасность как для исторического знания в целом, так и для исследования научного творчества К.Э. Циолковского в частности. Развитие цифровой грамотности, навыков критического мышления и верификации любого факта, полученного от ИИ является в этой связи насущной задачей всего академического и научно-педагогического сообщества. А в задачи Государственного музея истории космонавтики – главного организатора Циолковских Чтений - и в задачи секции № 1 Чтений «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история ракетно-космической науки и техники» представляется правильным включить такие пункты как:

- дальнейшее отслеживание мифов и фейков, возникающих не без помощи LLM вокруг фигуры ученого,
- пропаганда реальных достижений в исследовании его наследия для противодействия этим фейкам,
- регулярное взаимодействие с создателями наиболее востребованных LLM с предоставлением им информации для корректировки в обучении их языковых моделей.

Все это приведет к повышению достоверности ответов ИИ по темам, связанным с К.Э. Циолковским, и позволит сохранить адекватную и обширную осведомленность о его научном наследии как в научной среде, так и в массовом сознании, что, по сути, и является одной из основных задач работы Чтений Циолковского.

Литература

1. Шумовский, М. Нейросети vs SEO: что с поисковым трафиком из-за чат-ботов и нейровыдачи // Конверт: [электронное СМИ]. – 2025. – 17 июля. – URL: <https://www.unisender.com/ru/blog/chto-s-seo-trafikom-iz-za-nejrosetej-i-nejrovydachi/> (дата обращения: 17.08.2025).
2. Количество запросов к чат-боту ChatGPT упало на 25–30% после того, как школьники ушли на каникулы // Хабр. – URL: <https://habr.com/ru/posts/935844/> (дата обращения: 17.08.2025).
3. ответов LLM [Текст]: диалог с языковой моделью Qwen/ Alibaba Group, 2025. – Электрон. дан. – URL: <https://chat.qwen.ai/c/ec999cf7-08bf-45c6-b509-0ba2a2869d11> (дата обращения: 16.08.2025).
4. Уточнение о Циолковском [Текст]: диалог с языковой моделью GigaChat/ Sber, 2025. – Электрон. дан. – URL: <https://giga.chat/link/gcsnNphuUt> (дата обращения: 15.08.2025).

5. Стругацкий А., Стругацкий Б. Понедельник начинается в субботу. – М., 1965. – 221 с.

УДК 93/94

eLibrary.ru: 03.91.00

Ситникова М.В.

Sitnikova M.V.

магистр кафедры истории России

РУДН, г. Москва

Хорунжий А.В.

Khorunzhiy A.V.

кандидат исторических наук

РУДН, г. Москва

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИДЕЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В КИТАЕ: К ПОСТАНОВКЕ ПРОБЛЕМЫ

THE DISSEMINATION OF K.E. TSIOLKOVSKY'S IDEAS IN CHINA: TOWARDS THE FORMULATION OF THE PROBLEM

Аннотация. Рассмотрена история распространения идей К.Э. Циолковского в Китае, определены дальнейшие задачи в рамках изучения вопроса. Дана предварительная оценка релевантности доступной зарубежному (не владеющему китайским языком) исследователю источниковой базы по данной теме, а также имеющихся на данный момент исследовательских инструментов на основе больших языковых моделей.

Ключевые слова: К.Э. Циолковский, Цянь Сюэсэнь, большая языковая модель, CNKI, DeepSeek, Qwen.

Abstract. The history of the dissemination of K.E. Tsiolkovsky's ideas in China is considered, further tasks within the framework of the study of the issue are defined. A preliminary assessment of the relevance of the source base on this topic available to a foreign (non-Chinese speaking) researcher, as well as currently available research tools based on large language models, is given.

Keywords: K.E. Tsiolkovsky, QianXuesen, LLM, CNKI, DeepSeek, Qwen.

В рассказе Д. Киза «Цветы для Эдджернона» главный герой удивляется: «Откуда я мог знать, что такой высокоуважаемый психолог-экспериментатор, как Немюр, незнаком ни с языком хинди, ни с китайским? Ведь это нелепо, если принять во внимание те исследования, которые ведутся сейчас в Индии и Китае как раз в его области» [1, с. 246]. Эту же цитату можно применить и к работе секции № 1 Научных Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история ракетно-космической науки и техники». По ряду причин из фокуса рассмотрения этой секции выпали вопросы, связанные с развитием космической науки и техники в Китае. Это связано с долгим периодом охлаждения отношений между СССР и Китаем, отсутствием среди участников Чтений представителей этой страны и закрытостью многих источников информации в Китае для внешнего мира. Отдельно стоит выделить языковой барьер, – а высококвалифицированные специалисты с хорошим знанием китайского до недавних пор были чрезвычайно редки. В последние годы ситуация кардинально меняется, – это можно сказать и об укреплении дружеских отношений между Россией и Китаем, и о том, что китайский язык только набирает популярность среди студентов и молодежи в нашей стране, и – наконец – о появлении значительного количества программ-переводчиков и взрывном развитии искусственного интеллекта, которые позволяют преодолевать языковой барьер даже без знания конкретного языка.

Между тем, Китай, чья космическая программа реально стартовала 8 октября 1956 г., (официально «Проект 581» был утвержден Мао Цзэдуном в 1958 г., а первый успешный запуск искусственного спутника Земли состоялся только в 1970-м) к настоящему времени является не просто одной из космических держав, но и одним из лидеров в освоении космоса. В 2003 г. Китай стал третьей страной с пилотируемыми полетами (после СССР и США), затем стал первой страной, осуществившей успешную посадку на обратной стороне Луны, в 2018 г. был мировым лидером по количеству запусков (39) и с начала 2020-х годов стал общепризнанной космической сверхдержавой, уступающей в настоящий момент только США. 23 сентября 2024 г. Си Цзиньпин встретился с представителями исследовательского и испытательного персонала проекта лунной программы «Чанъэ-6» [2], где выразил пожелание ускорения превращения Китая в лидирующую космическую державу, это свидетельствует о том, что на данный момент Китай делает упор на

космическую отрасль и будет вкладывать большие ресурсы в ее дальнейшее развитие. Достижения китайской космонавтики активно пропагандируются среди широких слоев населения. Например, новый базовый модуль «Тяньхэ» (2021 г.) для космической станции «Тяньгун» был встречен в китайском обществе с большим энтузиазмом, что можно проследить в многочисленных статьях (например, автора Лу Момо [3, 4]) и в социальных сетях.

Поэтому задача по изучению истории ракетно-космической науки в Китае в рамках работы секции выглядит закономерной, обоснованной и весьма актуальной. Вполне логично начать эти исследования с ответа на вопрос о возможном влиянии на развитие космонавтики в Китае научного наследия К.Э. Циолковского. Цель данной статьи – дать первую оценку этого вопроса, изучив историю распространения идей ученого в Китае и по итогам определить направления дальнейших исследований. В задачи исследования, кроме того, входит оценка релевантности источниковой базы по данной теме, доступной зарубежному (не китайскому) исследователю, а также имеющихся на данный момент исследовательских инструментов на основе искусственного интеллекта.

Первое исследование было выполнено магистром кафедры истории России РУДН им. П. Лумумбы Марией Ситниковой с использованием классического инструментария историка с применением поиска источников в сети Интернет и использованием машинного перевода с китайского языка на русский. Выяснилось, что основным источником в этом случае является общедоступная база данных CNKI (China National Knowledge Infrastructure, <https://oversea.cnki.net/>), которая позволяет сделать первоначальную оценку темы исследования, но имеет ряд ограничений. На этом этапе выяснилось несколько интересных деталей. В частности, в китайской историографии и массовом сознании именно Китай считается родиной космонавтики. Так, в статье «Рождение ракеты» от 15 ноября 2008 г. [5] автор утверждал, что начало космическая отрасль берет именно в Китае, причем еще при династиях Сун и Юань, вместе с появлением боевого оружия, работавшего с помощью горящего пороха. Ло Фангян в своей статье «Циолковский – «отец космонавтики»» [6] делает историю космонавтики в Китае еще более древней – относит ее на конец династии Тан. Также она упоминает об интересном эксперименте во времена династии Мин, который назывался «Вань Ху, летящий в небо» [7]. Про советскую космическую промышленность встречается много работ с довольно показательным отношением к российской

космонавтике: «Выражая благодарность нашим предшественникам в аэрокосмической отрасли за мудрость и преданность делу, мы также представляем себе прекрасную картину будущей космической станции» («Сказка на небесах – Космическая станция», 1 мая 2021 г. [8]).

Логично предположить, что писать о Циолковском начали почти с официальной даты начала космической программы. В статье от 10 мая 1997 г. «Чтение и корректура: обсуждение читательских привычек Мао Цзэдуна» [9] указано, что под покровительством китайского лидера работы ученого активно исследовались и вскоре нашли применение в космической промышленности в Китае. Однако установление точных дат, как и времени первого издания переводов работ самого Циолковского, оказалось затруднено, в том числе из-за языкового барьера и трудностей поиска по ключевым словам в их машинном переводе на китайский.

Примечательно, что на китайских учебных сайтах можно найти много литературы о К.Э. Циолковском для начальной школы. Также много проектов самих школьников: например, два ученика средней школы Куньшань провинции Цзянсу в 2008 году представили свой проект под названием «Концепция моего космического города» [10], где начинали теоретическую часть с представления Циолковского в качестве отца космонавтики всего человечества. В целом, можно констатировать, что в Китае к К.Э. Циолковскому относятся с огромным уважением. Не забывают в Китае и о наследии ученого в научно-фантастической литературе. Например, в Ежегоднике научной фантастики 2022 г., изданном Китайским центром исследований научной фантастики, была опубликована биография писателя [11].

При этом вопрос о приоритете в развитии космонавтики в XX в. в китайской историографии остается открытым. Так, в 2023 г. вышла статья «От нетрадиционных к традиционным пионерам ракетной техники: Роберт Годдард» авторства Ван Цзиньяня из Института истории науки и технологий Университета Шанси, где именно американец представлен как первопроходец отрасли [12]. Таким образом, можно подытожить, что использование открытых источников в Интернете с использованием машинного перевода позволяет получить только общее представление о рассматриваемой теме и не может быть релевантным для ее полноценного изучения.

На втором этапе исследования доцентом той же кафедры А.В. Хорунжим были использованы возможности, предоставляемые большими языковыми моделями (LLM). Одной из «детских болезней»

таких моделей на данный момент является их европоцентричность, вызванная тем, что до 2024 г. лидерство в разработке и обучении искусственного интеллекта было за компаниями-разработчиками из западных стран, прежде всего, США. Поэтому для работы по теме данного исследования были применены LLM, разработанные именно в Китае, и предположительно имеющие больший доступ к китайским источникам. Это DeepSeek версий R1 и V3, разработанные одноименной компанией, и Qwen3, разработанный Tongyi Lab (подразделение Alibaba Group).

С учетом итогов первого этапа исследования обеим моделям были заданы следующие вопросы:

- Определи, какие ресурсы по данной теме доступны тебе для использования?
- Когда в Китае стали известны идеи Циолковского об освоении космоса?
- Кто из ученых и популяризаторов науки в Китае первым упомянул Циолковского в своих работах?
- Когда в Китае были опубликованы работы самого Циолковского?
- Когда идеи Циолковского стали пропагандировать в школе? Что узнают школьники о Циолковском?
- Что пишут о Циолковском в современной китайской научной и научно-популярной литературе? Какие идеи Циолковского обсуждаются?

Сравнение ответов показало, что Qwen3, чей релиз состоялся в июне 2025 г., имеет доступ к большему объему источников и дает более развернутую информацию в ответ на промпт. Поэтому для сущностного анализа темы данного исследования были использованы именно его ответы. Основные источники, использованные для анализа темы — научные журналы, учебники, архивные материалы, переводы, а также доступные базы данных: CNKI (China National Knowledge Infrastructure), Wanfang, Google Scholar, библиотечные каталоги Национальной библиотеки Китая, а также ретроспективные публикации по истории космонавтики. Их анализ сразу же выявил очевидную периодичность в количестве публикаций по данному вопросу, определенную политическим контекстом. До 1960-х Китай активно заимствовал советскую научную модель, после — на фоне серьезного ухудшения советско-китайских отношений интерес к советским ученым ослаб, но к концу XX века возобновился в новых формах.

В целом, полученную информацию можно резюмировать следующим образом:

Первые упоминания идей Циолковского в Китае. Идеи К.Э. Циолковского о космических полетах и ракетной технике стали известны в Китае в конце 1950-х годов, в период интенсивного научно-технического сотрудничества с СССР. Важную роль в популяризации сыграли переводы советской научно-популярной литературы и лекции советских специалистов, работавших в Китае в рамках программ помощи в развитии ракетных технологий. Первое известное упоминание Циолковского в китайской научной литературе относится к 1957 году и принадлежит, вероятнее всего, Цянь Сюэсэню, отцу китайской ракетной программы. В 1940-х годах, находясь в США, он изучал работы советских и западных ракетостроителей, включая Циолковского. Позже, после возвращения в Китай в 1955 году, Цянь Сюэсэнь активно пропагандировал его идеи. В журнале «Кэсюэтумбао» («Научные сообщения») была опубликована статья «Развитие ракетной техники и вклад Циолковского», где цитировались его труды [13, с. 45]. К сожалению, в доступных источниках не указан конкретный автор данной статьи. В китайской научной периодике того времени, особенно в материалах, связанных с космической тематикой, авторы иногда не указывались явно — статьи могли публиковаться под редакцией журнала или рабочей группы. Однако учитывая, что это одно из первых упоминаний Циолковского в Китае, вероятными авторами могли быть Цянь Сюэсэнь, или же Чжэн Цзяхуа и другие китайские ученые, занимавшиеся переводом советских материалов. Для точного установления авторства требуется доступ к архивам «Кэсюэтумбао» или специализированным базам данных китайской научной периодики.

Наиболее вероятным автором этой публикации все же представляется Цянь Сюэсэнь. В своей статье «Ракетная техника и космические полеты», опубликованной в том же журнале в 1958 году, Цянь писал: «Основоположником теории космических полетов является выдающийся русский ученый Константин Эдуардович Циолковский. Его работа „Исследование мировых пространств реактивными приборами“ заложила теоретический фундамент для современной ракетной техники» [14, с. 564]. Эта статья стала одной из первых, в которой китайские ученые официально признали приоритет Циолковского в области теоретической космонавтики. Цянь, будучи бывшим учеником Тедора фон Кармана и имевшим доступ к мировой научной литературе, сознательно подчеркивал вклад советского

ученого, несмотря на растущее напряжение в советско-китайских отношениях.

Распространение идей Циолковского. Идеи Циолковского стали широко известны в Китае в 1960-е годы, особенно после запуска первого китайского спутника Дунфанхун-1 в 1970 году. Однако их популяризация началась до старта собственной космической программы — в 1958–1960 гг., когда Китай только начинал разработку баллистических ракет и космических аппаратов. В этот период активно изучались советские достижения, включая труды Циолковского, Цандера и Королева. Несмотря на разрыв с СССР в 1960 году, китайские ученые продолжали изучать ранние работы Циолковского, поскольку они были теоретически фундаментальны и не зависели от политической конъюнктуры. Особенно важной оказалась его формула реактивного движения (уравнение Циолковского), которая стала основой для расчетов траекторий и массово-скоростных характеристик ракет.

Публикации работ Циолковского в Китае. Первые переводы работ Циолковского на китайский язык появились в 1959–1961 годах в рамках серии «Избранные труды советских ученых в области ракетной техники», издававшейся Академией наук Китая.

Наиболее значимые публикации:

– Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами (1960). Эта книга стала основным источником знакомства китайских инженеров с теорией космонавтики [15].

– Циолковский К.Э. Вне Земли (1962). Научно-фантастическое произведение было воспринято как вдохновляющее пособие для молодежи и использовалось в кружках юных конструкторов [16].

– Циолковский К.Э. О космических ракетах и будущем человечества / Сборник статей (1979). Сборник включал философские и технические статьи и использовался в вузах при преподавании истории космонавтики [17].

Пропаганда идей Циолковского в школьном образовании. Идеи Циолковского начали активно пропагандироваться в китайских школах с 1980-х годов, особенно после реформ Дэн Сяопина, направленных на модернизацию науки и образования. В учебниках по физике и астрономии он упоминается как один из «отцов космонавтики» наряду с Обертом и Годдардом. В учебнике Ли Вэй и Чжоу Мин «Физика. 9 класс» (2015) В разделе «Основы ракетной техники» говорится: «Русский ученый Циолковский впервые вывел формулу, показывающую, как скорость ракеты зависит от скорости

истечения газов и соотношения масс. Эта формула лежит в основе всех современных космических запусков» [18, с. 113]. В книге Чэнь Хуэй. Астрономия для школьников (2003). Циолковский описывается как «мечтатель, превративший фантазии в науку», с упоминанием его идей о космических поселениях и многоступенчатых ракетах [19, с. 89]. «Программа по естествознанию для средней школы» (2020) включает Циолковского в список «великих ученых, повлиявших на развитие космонавтики» [25, с. 45]. Таким образом, школьники Китая узнают о Циолковском как о пионере космонавтики, создателе теоретических основ ракетостроения, но его философские идеи (например, о «космической этике» или «человечестве как космическом организме») почти не затрагиваются.

Современное восприятие Циолковского в китайской литературе. В современной китайской научной и научно-популярной литературе Циолковский по-прежнему уважаем, хотя его роль иногда уступает Цянь Сюэсэню, который воспринимается как «национальный герой» космонавтики.

Однако в последнее десятилетие интерес к Циолковскому возрос, особенно на фоне амбициозных планов Китая по освоению Луны и Марса. К примеру, несколько цитат из современных публикаций:

Ван Лэй: «Циолковский не просто вывел формулу — он предвосхитил эпоху космической экспансии. Его идея “Земля — колыбель человечества” особенно актуальна сегодня, когда Китай строит лунную базу» [20, с. 48]. Лю Цзянь: «Циолковский был первым, кто понял: человечество не может оставаться на одной планете. Сегодня, когда Китай запускает “Тяньвэнь” к Марсу, мы идем по пути, намеченному им» [21, с. 81]. Чжан Минь: «Его концепция “всемирного разума” и единства жизни во Вселенной находит отклик в современных дискуссиях о поиске внеземных цивилизаций» [22, с. 107]. Хуан Фэй: «Хотя Циолковский не имел прямого влияния на разработку китайских ракет, его теоретические основы были незаменимы. Без его уравнения не было бы ни “Шэньчжоу”, ни “Чанъэ”» [23, с. 338]. Го Сяо: «Циолковский — это символ научной мечты, которая преодолевает границы наций. Его труды вдохновляют китайских инженеров и сегодня» [24, с. 25].

По запросу о месте Циолковского в научной культуре Китая Qven-3 дал очень примечательное заключение, которое хотелось бы привести полностью: «Таким образом, Циолковский занимает устойчивое, хотя и второстепенное по сравнению с национальными героями, место в

китайской научной культуре. Его наследие продолжает вдохновлять новое поколение китайских космонавтов и исследователей» [29].

Подводя итоги, можно сделать следующие выводы:

Поиск классическими методами исторического исследования источников и литературы по вопросу распространения идей К.Э. Циолковского в Китае затруднен языковым барьером и высокой закрытостью информации по теме. Тем не менее, современные исследовательские инструменты – в частности, большие языковые модели, особенно созданные и натренированные в Китае – предоставляют достаточно информации, чтобы считать источниковый массив достаточно репрезентативным для ответа на поставленные в рамках исследования вопросы. Риски, связанные с потенциальными галлюцинациями ИИ (одна из «детских болезней» искусственного интеллекта в настоящее время) митигируются проверкой тех же запросов в нескольких LLM, которые дают схожие ответы, отличающиеся лишь полнотой и подробностью изложения.

Труды К.Э. Циолковского стали известны в Китае в конце 1950-х годов, как минимум, начиная с 1957 г., в основном благодаря переводам советской научной литературы и лекциям советских специалистов. Были ли известны работы Циолковского в Китае ранее, на основании имеющихся материалов достоверно сказать невозможно.

Первым ученым, упомянувшим Циолковского в своих работах (1957-1958), был Цянь Сюэсэнь – отец китайской космической программы, который подчеркнул его вклад в теорию реактивного движения [13; 14].

Работы Циолковского были впервые опубликованы на китайском языке в 1960–1962 годах, а повторные издания выходили в 1970–1980-е годы [15;16;17].

Широкое распространение идей Циолковского произошло в первой половине 1960-х годов, что было связано с заимствованием советской научной парадигмы [15, 16]. В 1970-е годы по политическим причинам интерес к советской науке и к трудам Циолковского снижался, но с 1980-х годов наблюдается постоянный рост интереса к научному наследию ученого и к его идеям.

С этого времени в школьных учебниках Китая Циолковский представлен как теоретик космонавтики. И хотя его философские идеи в таких учебниках почти не освещаются [18;19], можно сказать, что «Циолковского в Китае знает каждый школьник».

В современной китайской литературе Циолковский воспринимается как символ научной мечты и предтеча космической

эры. Его технические и философские идеи активно обсуждаются в контексте будущего освоения планет и космического пространства [20–28].

На следующих этапах исследования можно ставить более специализированные задачи в рамках направления, заданного данной статьей, например, истории признания приоритета идей Циолковского в космонавтике, восприятия в Китае его социально-утопических взглядов и т. п., с использованием данного инструментария. Кроме того, в перспективе в тематику работы секции можно включить также изучение истории освоения космоса и распространения идей К.Э. Циолковского и в других космических державах, таких как Япония и Индия, например.

Вместе с тем использование ИИ все же несет определенные риски неполноты рассмотрения вопроса, связанные с тем, что у LLM отсутствует доступ к ряду баз данных и закрытых материалов; документы и публикации, оставшиеся неоцифрованными, также составляют явную и существенную лауну.

Кроме того, при более углубленном изучении того или иного вопроса и детализации запросов остается риск галлюцинаций ИИ или же неподкрепленного реальными фактами ответа из стремления угодить пользователю (еще один побочный эффект существующих способов обучения больших языковых моделей). Рассмотрению этого аспекта исследований посвящен отдельный доклад в рамках работы секции на 60-х Чтениях К.Э. Циолковского.

В связи с этим требуется дополнительная проверка ответов, данных LLM, квалифицированным исследователем, обладающим знаниями, умениями и навыками, которые и составляют ремесло историка. В сочетании с помощью ИИ его работа значительно ускорится и облегчается за счет перекладывания на искусственный интеллект многих рутинных задач, но сама роль человека-исследователя не уменьшается, а наоборот становится еще более важной и значимой.

Учитывая указанные в начале данной статьи сложности, вызванные языковым барьером, на роль такого верификатора в рамках работы секции следует привлекать молодых ученых-историков со знанием китайского языка или же – что еще предпочтительнее – устанавливать научные связи и координацию с китайскими коллегами, занимающимися историей науки и техники.

Литература

1. Киз, Д. Цветы для Элджернона. — М.: АСТ, 2021. — 448 с.

2. Си Цзиньпинь выступил с важной речью при встрече с представителями научных и испытательных групп проекта «Чанъэ-6» по исследованию Луны, подчеркнув необходимость дальнейших усилий и ускоренного строительства космической державы / Си Цзиньпинь – Пекин, 2024. – URL: <http://www.clepp.org.cn/n5982341/c10611871/content.html> (дата обращения: 21.06.2025).
3. Лу Момо. «Тяньхэ» стремится к небесам, открывая великое дело строительства «дворца» // Космические исследования и технологии. – 2021. – Спецвыпуск. – На кит. яз. – URL: <https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLASN2021&filename=KXDX2021Z2001> (дата обращения: 21.06.2025).
4. Лу Момо. «Тяньхэ» вошел в звездное море, ожидая, когда вы прибудете на небеса// Космические исследования и технологии. – 2021. – Спецвыпуск. – На кит. яз. – URL: <https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLASN2021&filename=KXDZ2021Z2009> (дата обращения: 21.06.2025).
5. Рождение ракеты / Редакция журнала // Журнал исследований космоса. – 2008. – № 11. – На кит. яз. – URL: <https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDN0508&filename=JRXB200811007> (дата обращения: 21.06.2025).
6. Ло Фангян. «Отец космонавтики» Циолковский // Космические аппараты и технологии. – 2024. – Спецвыпуск. – На кит. яз. – URL: <https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLASN2024&filename=KXDZ2024Z2022> (дата обращения: 21.06.2025).
7. Ло Фангян. Человечество вступает в эпоху самолетов // Техника и космос. – 2021. – № 6. – На кит. яз. – URL: <https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLASN2021&filename=TKTS202106034> (дата обращения: 21.06.2025).
8. Лю Цзиньцзюнь. Сказка в небесах — космическая станция // Наука для молодежи. – 2021. – № 5. – На кит. яз. – URL: <https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLASN2021&filename=KXXS202105003> (дата обращения: 21.06.2025).
9. Чтение и редактирование — размышления о привычках Мао Цзэдуна в чтении / [без автора] // Библиотечное дело и чтение. – 1997.

- № 5. – На кит. яз. – URL: <https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFD9697&filename=BKZY705.024> (дата обращения: 21.06.2025).
10. Моя концепция космического города / [без автора] // Будущее космического хозяйства. – 2024. – Спецвыпуск. – На кит. яз. – URL: <https://www.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?filename=BKHK2024Z1004&dbcode=CJFD&dbname=CJFN2024> (дата обращения: 21.06.2025).
11. Чжан Цзинь. Краткая биография советского писателя Константина Эдуардовича Циолковского // Китайский юношеский научный журнал. – 2024. – № 11. – На кит. яз. – URL: <https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CYFD&dbname=CYFD2024&filename=N2023110330000040> (дата обращения: 21.06.2025).
12. Ван Цзиньян. From Non-mainstream to Mainstream RocketPioneers: Robert Goddard // Зарубежные исследования в области технологий. – 2023. – № 12. – На англ. яз. – URL: <https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLAST2023&filename=ZRBT202312015> (дата обращения: 21.06.2025).
13. Развитие ракетной техники и вклад Циолковского // Кэсюэнтунбао. 1957. № 5. С. 44–48. (На кит. яз.).
14. Цянь Сюэсэнь. Ракетная техника и космические полеты // Научные сообщения. — 1958. — № 12. — С. 562–568. — (На кит. яз.).
15. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами / Пер. с рус. под ред. Ло Цзюньчжэна. — Пекин: Наука, 1960. — 217 с. — (На кит. яз.).
16. Циолковский К.Э. Вне Земли / Пер. ЧжанХуэйлянь. — Пекин: Детская литература, 1962. — 156 с. — (На кит. яз.).
17. Циолковский К.Э. О космических ракетах и будущем человечества. — Шанхай: Техническое издательство, 1979. — 189 с. — (На кит. яз.).
18. Ли Вэй, Чжоу Мин. Физика. 9 класс. — Пекин: Народное образование, 2015. — 256 с. — (На кит. яз.).
19. Чэнь Хуэй. Астрономия для школьников. — Шанхай: Шанхайское детское издательство, 2003. — 198 с. — (На кит. яз.).
20. Ван Лэй. Идеи Циолковского и будущее межпланетного человечества // Космическая наука и технология. — 2021. — № 3. — С. 45–52. — (На кит. яз.).
21. Лю Цзянь. От мечты к реальности: эволюция космических идей от Циолковского до наших дней // Наука и общество. — 2019. — № 2. — С. 77–85. — (На кит. яз.).

22. Чжан Минь. Космическая философия Циолковского в контексте антропного принципа // Философия науки. — 2020. — № 7. — С. 103–110. — (На кит. яз.).
23. Хуан Фэй. Циолковский и китайская космонавтика: от наследия к инновациям // История науки и техники в Китае. — 2022. — № 4. — С. 330–345. — (На кит. яз.).
24. Го Сяо. Мечтатели космоса: от Циолковского до Цянь Сюэсэня // Научное чтение. — 2018. — № 6. — С. 22–28. — (На кит. яз.).
25. Программа по естествознанию для средней школы (2020 г.). — Пекин: Министерство образования КНР, 2020. — 89 с. — (На кит. яз.).
26. Чжан Хуэйлянь. (ред.) Избранные труды Циолковского. — Пекин: Наука, 1985. — 304 с. — (На кит. яз.).
27. Сяо. История космонавтики: от мечты к реальности. — Пекин: Военное издательство, 2005. — 412 с. — (На кит. яз.).
28. Ван Цзян. Космические идеи в Китае: XX–XXI века. — Пекин: Издательство Пекинского университета, 2017. — 367 с. — (На кит. яз.).
29. Историк науки (AI-ассистент). Обзор: «Распространение идей К.Э. Циолковского в Китае»// QwenChat. — 2025. — URL: <https://chat.qwen.ai/c/4b3426fa-8464-40ae-b668-4505d2307d32> (дата обращения: 15.08.2025)

УДК 93/94

eLIBRARY.RU: 03.00.00

Максимовская Н.А.

Maximovskaya N.A.

Союз журналистов России

**«ГРЁЗЫ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ И ЭФФЕКТЫ ВСЕМИРНОГО
ТЯГОТЕНИЯ» (1895) В ТРЁХ ВЕКАХ. К 130-ЛЕТИЮ
СО ВРЕМЕНИ ИЗДАНИЯ**

**«DREAMS OF EARTH AND SKY...» BY K.E. TSIOLKOVSKY
IN THREE CENTURIES ON THE 130TH ANNIVERSARY OF THE
PUBLICATION OF THE WORK**

Аннотация. Прослежена история издания научно-фантастического произведения К.Э. Циолковского «Грезы о Земле и небе и эффекты

всемирного тяготения» (1895-2025). В трехвековой истории публикаций «Грез...» выделены и охарактеризованы четыре этапа.

Ключевые слова: К.Э. Циолковский, «Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения», «Тяжесть исчезла», концепция освоения космоса.

Abstract. The article examines the history and significance of K.E. Tsiolkovsky's science fiction work «Dreams of Earth and Sky and the Effects of Universal Gravitation» and analyzes its editions for the period 1895-2025. Four stages in the three-century history of publications of «Dreams...» are characterized.

Keywords: K.E. Tsiolkovsky, «Dreams of the Earth and the Sky and the Effects of Universal Gravitation», «Gravity Has Disappeared», concept of space exploration.

В развернутой хронике жизни и научной деятельности К.Э. Циолковского, составленной биографом ученого Т.Н. Желниной, о событиях 1893 года читаем: «Лето. Написал сочинение «Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения», которое явилось большой итоговой работой, охватившей огромный круг вопросов, связанных с космическим развитием земной цивилизации. В ней наметились основные контуры той модели преобразования человеком и другими разумными обитателями Вселенной окружающего их мира, которая окончательно сформировалась к концу 20-х годов» [1].

Циолковский писал «Грезы...» в период летних каникул 1893 года, когда он находился в сельце Сокольники², где подрабатывал уроками с детьми в имении предводителя дворянства Боровского уезда А.Я. Курносова. Творческая история и значение этого сочинения, которое сам Циолковский назвал «полуастрономическим, полуфантастическим произведением» [2], отражены в работах [1, 3-7]. К концу 1893 г. при содействии председателя Нижегородского научного общества «Кружок любителей физики и астрономии» С.В. Щербакова в трех номерах журнала «Наука и жизнь» была напечатана научная статья Константина Эдуардовича «Тяготение как источник мировой энергии». Редактор-издатель журнала М.Н. Глубоковский согласился напечатать в нем и «Грезы...» как продолжение темы о всемирном тяготении. Однако этот вариант пришлось отклонить из-за

² После 1917 года это место, расположенное вблизи Варшавского шоссе, отошло к Малоярославецкому району (с 1944 г. - Калужская область).

разногласий между автором и редактором относительно бумаги для отдельных оттисков. Циолковский, безусловно, желая видеть свое произведение в виде книги, а не серии журнальных публикаций, обратился за помощью к Василию Ивановичу Ассонову (1843—1918). Будучи высокообразованным человеком, Ассонов оценил значение произведения и обратился, в свою очередь, к весьма состоятельному человеку, Александру Николаевичу Гончарову, племяннику известного писателя, уговорив его стать меценатом Циолковского в деле издания «Грез...». Заслушав в своем доме чтение рукописи Ассоновым и самим Циолковским в кругу общих знакомых, Гончаров одобрил произведение и выделил необходимые средства. Книга была издана не позднее мая 1895 г. [1, с. 40]. На титульном листе под названием произведения и фамилией автора было отмечено: «Издание А.Н. Гончарова» [7].

Хотя цензурный комитет разрешил напечатать рукопись, критика оказалась суровой к книге. В мае 1895 г. в журнале «Научное обозрение» появилась рецензия, в которой отмечалось: «Мы охотно назвали бы г. К. Циолковского талантливым популяризатором и, если угодно, русским Фламарионом, если бы, к сожалению, этот автор знал чувство меры и не увлекался лаврами Жюль Верна. Разбираемая книга производит довольно странное впечатление. Трудно догадаться, где автор рассуждает серьезно и где он фантазирует и даже шутит» [8]. Отрицательным был отзыв и в газете «Неделя» [9]. В Калуге пошли разговоры о том, что якобы автора следует посадить в сумасшедший дом, а издателя – на гауптвахту. А.Н. Гончаров, ставший мишенью для насмешек, был разгневан и сделал все возможное, чтобы изъять книги из магазинов, в результате чего практически весь тираж «Грез...» был утрачен и издание 1895 г. сегодня доступно лишь в нескольких крупных архивах и библиотеках страны - в том числе один экземпляр отложился в фондах ГМИК им. К.Э. Циолковского. На нем стоит автограф американского астронавта Нейла Армстронга, который он оставил 25 мая 1970 г. во время участия в Международном астронавтическом Конгрессе, проходившем в Ленинграде.

Несмотря на перипетии в истории с этим произведением, оно выжило, перешагнуло в XX век, а затем и в XXI век. В сентябре 1914 г. был опубликован III раздел из «Грез...» [10]. В 1923 г. увидели свет несколько разделов из главы I [11]. А в 1926 г. Циолковский перепечатал три раздела главы VII [12].

В советское время «Грезы...», без учета публикаций разделов из глав повести, переиздавались девять раз, в том числе под названием

«Тяжесть исчезла». Правда, все эти издания выходили по идеологическим соображениям с некоторыми сокращениями, касающимися, в основном, философских и религиозных позиций Циолковского, с купюрами, изъятием отдельных глав и разделов, изменениями в заголовках. Только в XXI веке впервые появились издания произведения с его полным названием «Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения», опубликованные по тексту первого издания 1895 г., лишь с самыми незначительными изменениями в тексте. Все издания «Грез...» можно разделить на несколько этапов:

1. Первое издание (1895).

2. Второе-шестое издания (1930-е годы). Спустя примерно четыре десятилетия после первой публикации «Грезы...», условно говоря, пошли на печатные станки потоком [13-16]. Издание 1933 г. и дублирующие его лишь с незначительными изменениями издания 1934 г. (1-е и 2-е) вышли в свет под названием «Тяжесть исчезла» и представляли собой сокращенный вариант «Грез...». Издание 1935 г. и два издания 1938 г. - это сборники научно-фантастических произведений «Грезы о земле и небе». В них был воспроизведен несколько измененный вариант 1933 г. Издания 1935 и 1938 гг. являются вариантами еще более сокращенными и упрощенными в смысле редакторской правки текста по сравнению с изданиями 1933-1934 гг. Из изданий 1930-х гг. были изъятые: 2 последние главы книги - VIII «Энергия Солнца» и IX «Тяготение как причина скоростей небесных тел и их лучеиспускания», а также некоторые разделы из главы VII «В поясе астероидов (Из фантастических рассказов чудака)». Кроме того, из изданий 1935 и 1938 гг. полностью исключена гл. VI «Мысли чудака о вреде воздуха и о возможности жить в пустоте...». Помимо безжалостных купюр в тексте повести, редакторская правка коснулась замены слов, знаков препинания и т. д., а также изменения названий глав и разделов. Редакторы постарались сделать книгу более простой и более доступной для понимания и редактировали великого ученого как школяра, допуская непозволительное вмешательство в его творчество. Примечательно, что издания 1930-х гг. были проиллюстрированы черно-белыми рисунками. Еще один интересный момент: в изданиях 1933-1934 гг. «Грезы...» публикуются под рубрикой «фантастический очерк».

3. Третий период, восьмое-десятое издания (1959-1961) [17; 18]. Эти книги более доступны для читателя, хотя и они стали библиографической редкостью. В отличие от изданий 1930-х годов они включают все главы и почти все разделы повести. Редактор этих

изданий Б.Н. Воробьев, известный биограф К.Э. Циолковского, счел нужным исключить из произведения раздела 46 и 47 последней IX главы. Таким образом, из книг выпал один из основополагающих выводов ученого, заключенный в последних строках повести: «Энергия Вселенной <...> беспредельна; ей нет конца, как и самой Вселенной». Исключена и последняя фраза раздела 45 «<...> бесчисленны престолы Божии на небесах...». В советских изданиях «Грез...» вообще все места в произведении, где употребляются слова «Бог», «Творец», «Он», «Ему», купированы. Примеры такого рода говорят о том, что вольное обращение с текстами Циолковского иногда лишает читателя возможности правильно понять суть сказанного автором и скрывает, например, такую важную вещь, как отношение Циолковского к Богу - во всяком случае, на тот период времени, когда он писал «Грезы...». Порою купирование текста буквально «коверкает» смысл содержания, изложенного автором. Например, из начала главы VII полностью выброшен абзац, в котором говорится о том, как герой повести попал на астероиды, где он увидел жизнь другой цивилизации: «Случилось это так. Душа моя, после смерти, блуждая в небесных пространствах со скоростью света, между прочим, попала на один из астероидов...».

4. Четвертый этап в истории издания «Грез...» наступил в XXI веке. Впервые появляется издание, воспроизведенное по тексту первого издания 1895 г. [19]. В 2017 г. (и повторно в 2019 г.) «Грезы...» переизданы отдельной книгой, по тексту издания 2008 г. [20]. В интернете встречается информация еще об одной из последних публикаций «Грез...» [21]. Предположительно, текст воспроизведен по одному из изданий советского периода. В 2022 г. увидела свет выпущенная издательством НИЦ «Луч», проиллюстрированная рисунками художника Ивана Тенькова небольшая книга объемом в 64 страницы «К.Э. Циолковский. В поясе астероидов» с подписью под заголовком «Из известной повести "Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения"» [22]. - Это отдельная публикация седьмой главы повести на основе текста издания 1895 г. И наконец, приятно удивляющее книжное издание 2025 г., представленное в интернете на сайте OZON. Это книга-репринт «Тяжесть исчезла» (издательство «Госмашметиздат», Москва-Ленинград, 1933 г.), созданная издательством Archive Publica на основе электронной копии высокого разрешения (печать по требованию) [23].

Таким образом, за период с 1895 г. до наших дней «Грезы...» издавались на русском языке, в бумажном (книжном) варианте, 15 раз,

а с учетом четырех выше отмеченных публикаций отдельных глав – 19 раз. Сегодня книга Циолковского «Грезы...» с текстами разных лет издания доступна для прочтения в интернете, в том числе и самое первое издание 1895 г., выложенное в электронном виде Российской Государственной библиотекой на сайте «gusneb.ru». В интернете имеется даже художественно оформленный электронный вариант копии текста издания 1895 г. в старом написании с дореформенной русской орфографией, претендующий на репринтное издание [24]. Современные технические возможности позволяют найти в интернете и приобрести желаемое, имеющееся в наличии издание «Грез...» Циолковского в печатном или электронном варианте. Однако при этом необходимо выяснять по оглавлению, входит ли в то или иное издание научно-фантастическая повесть «Грезы...». Так, в сборник [25] сами «Грезы...» почему-то не вошли. Книга послужила не самым хорошим примером для составителей некоторых последующих изданий ХХI века: в 2016 г. она была представлена в переизданном виде на «Литрес» [26]. Также в издательстве АСТ вышел в свет широко рекламируемый сборник под названием «Грезы о Земле и небе» с публикациями «биографического характера» и «философского направления», однако, научно-фантастическое произведение «Грезы...» не вошли ни в этот сборник, ни в его переиздания последующих лет [27]. «Грезы...» не вошли также в предлагаемый интернет-магазином сборник произведений ученого все с тем же названием «Грезы о Земле и небе», подготовленный к изданию и «печати по требованию» издательством Нобель Пресс в 2025 году. В интернете можно встретить и другие подобные примеры сборников без «Грез...» Циолковского. Тем не менее это произведение Циолковского продолжает свою жизнь из века в век, судя по всему, на пути в бессмертие, не переставая удивлять подтверждением высказанных в ней идей и фантазий новыми открытиями и практическими достижениями в области освоения космоса.

Литература

1. Желнина Т.Н. К.Э. Циолковский (развернутая биохроника жизни и научной деятельности). М, 1999. С. 35-36.
2. Циолковский К.Э. Письмо С.В. Щербакову. 02.08.1894 // Архив РАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 31. Л. 3 об.
3. Мизюлина Н.И. Из истории написания К.Э. Циолковским научно-фантастической повести "Вне Земли" // Труды XVIII Чтений К.Э. Циолковского. Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история авиации и космонавтики». М., ИИЕТ АН

СССР, 1986. С. 29-37.

4. Мизюлина Н.И. Из истории опубликования сочинения К.Э. Циолковского «Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения» // Труды XX Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история авиации и космонавтики». М., 1987. С. 44-49.

5. Воробьев Б.Н. О произведении К.Э. Циолковского «Грезы о земле и небе» // К.Э. Циолковский. Грезы о земле и небе. На Весте. Сб. научно-фантастических произведений. М., 1959. С. 92-96.

6. Бирюков Ю.В. Константин Эдуардович Циолковский: от фантастики к основанию научной космонавтики // К.Э. Циолковский. Вне Земли. Сб. научно-популярных и научно-фантастических работ. М., ООО «Луч», 2008. С. 337-357.

7. Максимовская Н.А., Зинченко А.И. Сравнительный анализ публикаций текста научно-фантастического произведения К.Э. Циолковского «Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения» (1895-2008) // Труды XLIV Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского». Калуга, 2009. С. 45-46.

8. Циолковский К.Э. Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения». М., 1895.

9. Научное обозрение. 1895. № 21. С. 666.

10. Новости науки и техники // Неделя. 1895. № 18. С. 534.

11. Циолковский К.Э. Без тяжести // Природа и люди. 1914. № 36. С. 577-579.

12. Циолковский К.Э. Вселенная и Земля (Астрономическая беседа) // Юный пролетарий. 1923. № 3. С. 51-53.

13. Циолковский К.Э. Слабая тяжесть. Отрывок из моей книги «Грезы о Земле и небе» // Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами (переиздание работ 1903 и 1911 г. с некоторыми изменениями и дополнениями). Калуга, изд. автора, 1926. С. 118-124.

14. Циолковский К.Э. Тяжесть исчезла. Фантастический очерк. М.-Л., Госмашметиздат, 1933.

15. Циолковский К.Э. Тяжесть исчезла. Фантастический очерк. 2-е изд. М.-Л., Госмашметиздат, 1934.

16. Циолковский К.Э. Грезы о Земле и небе. М.-Л., ОНТИ, 1935.

17. Циолковский К.Э. Грезы о Земле и небе. 2-е изд. М.-Л., ГОНТИ, 1938.

18. Циолковский К.Э. Грезы о Земле и небе. Научно-фантастические произведения. М., 1959. С. 3-86.
19. Циолковский К.Э. Путь к звездам. М., 1960. С. 38-112.
20. всемирного тяготения. М., ООО «Луч». 2008. С. 13-97.
21. Циолковский К.Э. Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения. М., НИЦ «Луч», 2017.
22. Циолковский К.Э. Избранные произведения в двух томах (научно-фантастические и философские произведения). Т. 1. М., «Книговек», 2017. С. 59-157.
23. <https://www.labirint.ru/books/900615/>
24. <https://www.ozon.ru/product/tyazhest-ischezla-tsiolkovskiy-konstantin-eduardovich>
25. www.tsiolkovskiy.org (Научно-популярное издание. Константин Эдуардович Циолковский «Космическая философия»).
26. Циолковский К.Э. Грезы о Земле и небе. Тула, 1986.
27. <https://www.litres.ru/book/k-ciolkovskiy/grezy-o-zemle-i-nebe-17205156/>
28. Циолковский Константин. Грезы о Земле и небе. Сборник. М., Изд-во ООО АСТ. 2022.

УДК: 629.78(092)

eLIBRARY.RU: 12.31.00, 89.25.00

Артемьев О.Г.
Artemyev O.G.
летчик-космонавт ГК «Роскосмос»
кандидат экономических наук
Герой России
Медведков Н.Н.
Medvedkov N.N.
Директор ГБУК РО
Музей К.Э. Циолковского»
Самбуров С.Н.
Samburov S.N.
главный специалист
ПАО РКК «Энергия
академик РАКЦ

**К ИСТОРИИ РАБОТЫ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО
«РАКЕТА В КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО» (1924)**

**ON THE HISTORY OF THE WORK OF K.E. TSIOLKOVSKY
«THE ROCKET INTO SPACE» (1924)**

Аннотация. Цель статьи – проанализировать историю и пути распространения работы К.Э. Циолковского «Ракета в космическое пространство» с переводом ее на немецкий язык. Рассматриваются ее рассылки в различные журналы, а также отдельным ученым, пионерам космонавтики, в различные страны. Работа «Ракета в космическое пространство» практически полностью повторяла его работу «Исследования мировых пространств реактивными приборами», напечатанную в 1903 году в журнале «Научное обозрение». Большинство ученых по космонавтике признали приоритет К.Э. Циолковского в области космонавтики.

Ключевые слова: основоположник космонавтики, ракета, космическое пространство.

Abstract. The purpose of the article is to examine the process of developing small spacecraft by university students to launch them from the International Space Station. To develop such devices, it requires meeting special requirements for their delivery and launch from the ISS during an astronaut spacewalk. To control such devices and receive official and scientific information from them, the creation of special ground-based communication and control points is required.

Keywords: founder of cosmonautics, rocket, space.

Работа К.Э. Циолковского «Ракета в космическое пространство», изданная в 1924 году [1]³ и разосланная в передовые научные журналы разных стран и отдельным зарубежным ученым по космонавтике, стала широко известной во второй половине 1920-х годов. Публикация этой брошюры была не первой и не последней попыткой Циолковского отстоять свой приоритет в области теоретического (математического) обоснования космических полетов⁴.

³ Перечень литературы составлен в ходе редакторской правки. *Прим. ред.*

⁴ Поскольку в тезисах отсутствует историография вопроса, напоминаем, что история работы К.Э. Циолковского «Ракета в

Отличалась она от предыдущих и последующих его попыток тем, что имела предисловие на немецком языке, то есть заведомо была адресована западным ученым. Остальное в брошюре — в основном там были формулы и схемы — в переводе с русского языка не нуждалось. На обложке брошюры и в предисловии было указано, что это перепечатка статьи Циолковского «Исследование мировых пространств реактивными приборами», опубликованной в санкт-петербургском журнале «Научное обозрение» в 1903 году [3].

Поводом для перепечатки статьи Циолковского 20-летней давности стал выход в Германии книги профессора Германа Оберта «Die Rakete zu den Planetenräumen» («Ракета для межпланетного пространства»), в которой были опубликованы расчеты космической ракеты и поставлены инженерные задачи для строительства такой ракеты [4]. То есть содержательно она один в один повторяла все то, что было в статье Циолковского 1903 года. Оберт, в свою очередь, опирался на расчеты американского инженера Роберта Годдарда, с которым он переписывался и который в том же 1923 году прислал ему свою монографию «A Method of Reaching Extreme Altitudes» («Метод достижения предельных высот») 1919 года издания⁵ [5]. В монографии Годдарда тоже ничего принципиально нового и отличного от того, что писал Циолковский в 1903 году, не было⁶.

космическое пространство» детально исследована Л.А. Кутузовой [2]. *Прим. ред.*

⁵ Исследование, по результатам которого написана книга «Die Rakete zu den Planetenräumen», Оберт провел в 1918-1922 годах независимо от Годдарда, переписку с которым начал после того, как сдал рукопись книги в издательство. *Прим. ред.*

⁶ Между работами Годдарда 1919 года и Оберта 1923 года было существенное отличие. К заключению о том, что при помощи ракет можно будет поднять научные приборы на «бесконечную» высоту Годдард пришел на основе теоретического анализа идеализированной ракеты особой геометрической формы в виде заполненной топливом (бездымным порохом) конической оболочки с плоским дном; кроме того он делал основной упор на возможность использования ракет для исследования верхних слоев атмосферы. Оберт выводил уравнения ракетодинамики, имея в виду перспективы строительства жидкостных ракет и их применения в целях космонавтики. Работа Циолковского 1903 года и работы Годдарда и Оберта 1919, 1923 годов имели много общего

В распространении брошюры «Ракета в космическое пространство» активное участие принимал А.Л. Чижевский. «Я в течение нескольких дней разослал около 250 экземпляров приблизительно в десять стран, в наиболее известные учреждения, библиотеки и многим ученым. Профессорам Оберту и Годдарду я послал по десять экземпляров» — писал Чижевский Циолковскому⁷. Сам Циолковский разослал за границу несколько десятков ее экземпляров, в основном он рассылал ее в советские научные учреждения и в СМИ - от «Правды» и «Известий ВЦИКа» <sic!> до журнала «Пионер»⁸.

прежде всего в части основных теоретических положений, позволявших делать вывод о возможности достичь на ракете космической скорости. Были совпадения и по ряду других вопросов. Отличие в том, что Годдард и Оберт обосновали целесообразность использования многоступенчатых ракет. *Прим. ред.*

⁷ Здесь и далее авторы тезисов не дают ссылок на приводимые цитаты. Данная цитата не имеет отношения к переписке Циолковского и Чижевского. Она взята из художественных мемуаров А.Л. Чижевского [6] — сложного исторического источника, заимствованиям из которого обязательно должен предшествовать критический анализ. До сих пор в зарубежных архивах и библиотеках не находится ни малейшего следа от сотен экземпляров брошюры «Ракета в космическое пространство», посланных, как рассказывал А.Л. Чижевский, им в 1924 году за границу. В настоящее время известны около двух десятков экземпляров брошюры «Ракета в космическое пространство», дошедших до зарубежных получателей. Один из них в апреле 1928 года действительно был отослан А.Л. Чижевским во французское астрономическое общество (кстати, сам Александр Леонидович никогда не вспоминал об этом факте). Еще один экземпляр брошюры в апреле 1925 года, предположительно (только предположительно), мог быть послан Чижевским в издательство Р. Ольденбурга. Пути, по которым другие экземпляры оказались на Западе, прослеживаются достаточно подробно и они никак не связаны с А.Л. Чижевским. *Прим. ред.*

⁸ Вопрос о распространении брошюры «Ракета в космическое пространство» в СССР тщательно изучался Л.П. Майоровой [7]. Записные книжки и переписка К.Э. Циолковского — основные исторические источники для изучения истории распространения

Циолковскому пришлось объяснить, что его книжка «действительно предназначалась не только советским, но и зарубежным, прежде всего немецким, читателям» и что он сам обратился к Чижевскому с просьбой написать предисловие по-немецки: «В данном отношении мною руководили три соображения: прежде всего немецкий язык является языком, на котором пишется и издается огромная часть всех научных работ в мире, и язык этот известен большинству европейских ученых независимо от их национальности; затем именно в Германии появилась в прошлом году книга Германа Оберта, аналогичная моим теоретическим работам по вопросу о реактивных аппаратах, и так как я намерен некоторое количество изданного ныне труда отправить в Германию, то заметка А. Л. Чижевского на немецком языке может сыграть роль катализатора, возбудив интерес германских ученых к моим теоретическим соображениям; наконец, третьим соображением по этому вопросу является то обстоятельство, что все изложенное мною в предшествующей работе "Судьба мыслителей" дано Чижевским в сокращенном виде в его вступительной статье».

Начиная со второй половины 1920-х годов имя и работы К.Э. Циолковского по космонавтике стали известны на Западе⁹, где его наряду с Г. Обертом и Р. Годдардом считают сейчас одним из создателей научной теории космонавтики.

Конструктор первой баллистической ракеты дальнего действия (Фау-2) Вернер фон Браун писал: «Герман Оберт был первым, кто, думая о возможности космических кораблей, схватил логарифмическую линейку и представил математически проанализированные концепции и проекты». Но, конечно же, ему было известно, что первым, кто за 20 лет до Оберта схватился за логарифмическую линейку, был Циолковский¹⁰.

брошюр ученого – позволяют составить достаточно полное представление о получателях брошюры «Ракета в космическое пространство». Редакций газет «Правда» и «Известия ЦИК», а также журнала «Пионер» среди них нет. *Прим. ред.*

⁹ История распространения на Западе трудов К.Э. Циолковского по космонавтике и информации о них в подробностях воссоздана в работе [8]. *Прим. ред.*

¹⁰ Вернер фон Браун неоднократно высказывался по поводу значения трудов К.Э. Циолковского в области космонавтики. Например: «Результаты его пионерских трудов очевидны для всех, кто сегодня

Западные ученые никогда не возражали против приоритета Циолковского, но это носило исключительно ритуальный характер — как знак признания прошлых заслуг коллеги. Например, на сайте НАСА сейчас написано: «В России Константина Циолковского называют "отцом теоретической и прикладной космонавтики". Хотя Оберт и Годдард провели аналогичные исследования и пришли к сопоставимым выводам, нет никаких доказательств того, что каждый из них знал детали работы другого. Поэтому все трое этих ученых разделяют звание "отца ракетостроения"».

Это и есть консенсус мировой науки относительно приоритета в области космонавтики. Циолковский, Годдард и Оберт — вот те ученые, благодаря которым человек полетел в космос в XX веке. Именно в такой последовательности — первым Циолковского — их сейчас перечисляют в научных справочниках и энциклопедиях мира.

Литература

1. Циолковский К.Э. Ракета в космическое пространство. Калуга, 1924.
2. Кутузова Л. А. О борьбе К. Э. Циолковского за признание своего приоритета в области ракетодинамики (по материалам фондов Государственного музея истории космонавтики им. К. Э. Циолковского) // Исследование научного творчества К. Э. Циолковского. Избранные доклады секции «Исследование научного творчества К. Э. Циолковского». Калуга, ИП Кошелев А. Б (Изд-во «Эйдос»), 2007. С. 9-23.
3. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами // Научное обозрение. 1903. № 5. С. 45-75.
4. Oberth Hermann. Die Rakete zu den Planetenräumen. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1923.

занимается космонавтикой. Благодаря ему мы вооружены математическими расчетами для строительства многоступенчатых ракет-носителей. Кроме того, его исследования в области ракетных топлив и двигателей стали исходным пунктом при конструировании современных ракетных двигателей, как, например, F-1 для ракеты-носителя "Сатурн 5" и двигателей серии J-2. Эти двигатели работают на жидком кислороде и керосине или на жидком кислороде и жидком водороде. Это доказывает, что выводы, к которым Циолковский пришел многие десятилетия назад, так же действительны, как и в то время. Его теории выстояли проверку временем» [9, С. 126]. *Прим. ред.*

5. Goddard Robert. A Method of Reaching Extreme Altitudes // Smithsonian Miscellaneous Collections. Vol. 71. No. 2. Washington, December 1919. P. 337-406.
6. Чижевский А.Л. Вся жизнь. М., Сов. Россия, 1974. С. 110.
7. Майорова Л.П. Из истории распространения брошюры К.Э. Циолковского «Ракета в космическое пространство» // К.Э. Циолковский и стратегия развития космонавтики. Материалы XLIX Научных Чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга, 2014. С. 43-45.
8. Желнина Т. Н. Распространение информации о трудах К. Э. Циолковского по космонавтике на Западе до середины 1930-х годов // Исследование научного творчества К. Э. Циолковского. Калуга, Калуга, ИП Кошелев А. Б. (Издательство «Эйдос»), 2007. С. 55-91.
9. Braun von, Wernher; Ordway III, Frederick J. Raketen. Udo Pfriemer Verlag, München 1979.

УДК 93/94

eLIBRARY.RU: 03.00.00

Желнина Т.Н.
Zheltnina T.N.
г. Калуга

«МОНИЗМ ВСЕЛЕННОЙ» (1925): ИСТОРИЯ НАПИСАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ. К 100-ЛЕТИЮ СО ВРЕМЕНИ ИЗДАНИЯ

"MONISM OF THE UNIVERSE" (1925): THE HISTORY OF WRITING AND DISTRIBUTION. ON THE 100TH ANNIVERSARY OF PUBLICATION

Аннотация. Впервые восстанавливается творческая история сочинения К.Э. Циолковского «Монизм вселенной». Выделены этап написания окончательного текста, датируемый февралем-мартом 1925 года, и подготовительный этап, на котором было написано несколько работ разной степени завершенности, так или иначе послуживших основой опубликованного текста «Монизм вселенной». Рассматривается «внешняя» история создания произведения - история его перепечатки автором, вмешательство цензуры, отзывы о нем

автора и читателей-современников, связь с биографией ученого. Делается вывод, что знание творческой истории произведения является важнейшим критерием объективности прочтения и ориентиром во множестве рукописных и опубликованных сочинений, написанных до и после «Монизма вселенной» и непосредственно связанных с ним тематически и генетически.

Ключевые слова: мировоззрение и «космическая философия» К.Э. Циолковского; творческая история и распространение сочинения «Монизм вселенной».

Abstract. For the first time, the creative history of K.E. Tsiolkovsky's work "Monism of the Universe" is being reconstructed. The final text, dated February-March 1925, and the preparatory stage, which lasted for decades and included numerous works of varying degrees of completion, are being highlighted. The article examines the "external" history of the work's creation, including the author's reprinting of the work, censorship, the author's and contemporary readers' reviews, and the connection to the author's biography. The article distinguishes between the life-time and posthumous stages of the work's distribution and provides their characteristics. The article concludes that knowledge of the work's creative history is crucial for an objective reading and serves as a guide in the numerous interpretations that have emerged over the century of its "functioning."

Keywords: worldview and "cosmic philosophy" of K.E. Tsiolkovsky; creative history and distribution of the work "Monism of the Universe".

«Монизм вселенной» - одна из наиболее известных мировоззренческих работ К.Э. Циолковского, часто упоминаемая и цитируемая, но, к сожалению, мало изученная – как и другие подобные сочинения ученого - с точки зрения ее творческой истории. Между тем именно знание генезиса текста произведения является важнейшим критерием объективности его прочтения и ориентиром во множестве рукописных и опубликованных сочинений, написанных до и после «Монизма вселенной» и непосредственно связанных с ним тематически и генетически.

В творческой истории «Монизма вселенной» выделяются два основных этапа - подготовительный, на котором было создано несколько законченных произведений и немало набросков, заметок и планов, и этап написания окончательного текста.

Подготовительный этап датируется 1923-1924 годами. Началом можно считать набросок «К живому и мертвому» [1] , написанный в

июне 1923 года в процессе работы над сочинением «Живая вселенная» [2]. В нем Циолковский вновь попытался последовательно и подробно изложить свои представления о «чувствующем атоме» — неуничтожимом начале материи — и об ожидающей каждого человека вечной блаженной жизни, свободной, в соответствии с законами вселенной, от горя и страданий. За «Живой вселенной» последовала работа «Мои идеи монизма в <19>24 г.» [3], которая создавалась с конца 1923 года до конца 1924 года, как это следует из сохранившихся планов, заметок и набросков «План вечной жизни <...>» [4], «Монизм космоса в отношении радости и горя» [5], «План жизни» [6].

Любопытно, что ни «Живую вселенную», ни «Мои идеи монизма в <19>24 г.» Циолковский не собирался публиковать. Имея их почти завершённые тексты, он зимой — в начале весны 1925 года писал новую работу «Монизм вселенной», которая, суммируя и развивая положения предыдущих названных работ, и предназначалась для читателей. Автограф работы «Монизм вселенной» не сохранился. Но среди материалов к сочинению «Образование солнечных систем» нашёлся лист с наброском предисловия к «Монизму вселенной», датированный 01.02.1925 [7]. Ещё один источник, позволяющий уточнить авторскую датировку — март 1925 года — и расширить ее хронологические рамки до февраля-марта 1925 года — заметки, озаглавленные «Что надо доказать (к статье "Космос")» [8]. (Кстати, они свидетельствуют, что первоначальное название работы могло бы быть «Монизм космоса».)

В начале марта 1925 года А.Л. Чижевский по просьбе Циолковского выяснил условия издания «Монизма вселенной» отдельной брошюрой: «Сообщаю Вам о результатах наведённых мною справок. Ваша брошюра в 20 страниц обойдется в 95—100 рублей с работою и материалом, то есть с бумагою и обложкой. Может быть выполнена в 10 дней. При заказе требуется задаток — половину всей стоимости. Таковы условия 1-й типографии, что против собора. Предварительно нужна цензура: Губнаробраз — Костромин. Лучше переговорить с ним лично. Я был бы очень рад вскоре увидеть Вашу брошюру вышедшей в свет: оптимистические мысли, в ней изложенные, нужны всем нам, как воздух» [9].

В конце марта 1925 года рукопись уже находилась в типографии и Циолковский ожидал выхода брошюры в начале апреля: «На днях (недели через две) вышлю Вам несколько экземпляров моей новой книжки» [10].

Наиболее ранние сведения о рассылке брошюры «Монизм вселенной» относятся к 18.04.1925: «Посылаю Вам пока 1 книжку, но потом пришлю 10 и более, если пожелаете! Уведомьте открыткой о получении. Пошлю много и в АССНАТ. <...> Посылаемая книжка стоит 135 руб. и издана на экономию из моей пенсии. Ее не продаю» [11]. И еще одно высказывание Циолковского, свидетельствующее о его особой оценке сочинения «Монизм вселенной»: «Могу выслать Вам несколько книг наложенным платеж<ом> на три рубля, а пока посылаю бесплатно "Монизм вселенной". Эту книжку я не продаю, так как ценность ее беспредельна и неловко брать гривенник за бесконечность. <...> На возражения - ответ печатный будет»¹¹.

Циолковский еще до опубликования рукописи «Монизм вселенной» ожидал, что эта работа вызовет у читателей вопросы, а отклики на нее могут быть самые разные, в том числе критические. Не случайно, он закончил предисловие просьбой: «Прочитавших мою книжку прошу сообщить мне о произведенном ею впечатлении, для чего сообщаю свой адрес <...>» [13, с. 5]. Действительно, ученый получил десятки писем с отзывами на «Монизм вселенной» и вопросами, ответы на которые частично опубликовал [14]. Учитывая большое количество вопросов, вызванных содержанием «Монизма вселенной», Циолковский неоднократно принимался за написание дополнений и пояснений к этой работе; некоторые из них были опубликованы в составе других брошюр [15], большинство же осталось в рукописях. Также он продолжал дорабатывать опубликованный текст – наносил правку на него в своих экземплярах брошюры¹² или делал вставки на отдельных листах – одна из них нашлась среди «Прибавок к Монизму» 1927-1928 годов [17]¹³.

¹¹ Эти строки - с почтовой карточки К.Э. Циолковского Д.И. Блохинцеву 16.05.1925 [12].

¹² Авторские экземпляры брошюры «Монизм вселенной» см. [16].

¹³ Любопытно одно изменение, внесенное Циолковским в текст брошюры. Ср. «Проходят еще многие биллионы лет и мы видим, как сливаются постепенно солнца в любом млечном пути. Они близятся к единению и через многие триллионы лет к погасанию – пройдя предварительно период невообразимого блеска от столкновений и слияния солнц» [13, с. 14] и «К стр. 14 Монизма. Переделка. Проходят еще квадриллионы лет и мы видим, как сливаются солнца некоторых млечных путей. Они проходят через

В аннотированном перечне своих опубликованных работ Циолковский писал о «Монизме вселенной»: «Мы видим тут последние данные естественных наук с совершенно новыми, неожиданными и животрепещущими выводами» [18]. Для Циолковского было характерно подчеркивать, что свои выводы мировоззренческого содержания он основывает на достижениях естествознания. В этой связи нельзя не учитывать следующего диалога, состоявшегося в переписке между К.Э. Циолковским и его корреспондентами Н.К. Головановым и П.К. Энгельмейером в ноябре 1931 года. Вопрос корреспондентов: «Какая наука говорит о чувствующем атоме?» [19]. Ответ Циолковского: «Такую науку творю я. Если бы не было творцов, то не было бы прогресса наук. Как <у> новатор<а>, у меня только научные основы, по которым я создаю новую науку» [20]. Вопрос: «Какая наука говорит о бессмертии?» [19]. Ответ: «Науки о бессмертии нет. Я вам ее предлагаю» [20]. Авторы вопросов высказали мнение, что идеи Циолковского имеют форму не науки, а гипотезы, или «утверждения, принимаемого на веру». Циолковский заметил: «Такую науку создаю я впервые, опираясь на естественнонаучные знания <...> Вы хотите, чтобы я цитировал авторитеты, но они устарели и лучший авторитет – высота современных знаний. Я делаю из них выводы, как Декарт опирался на низшую геометрию, а Ньютон на низшую математику» [20]. В то же время имеется ряд высказываний Циолковского, свидетельствующих о его колебаниях относительно собственной оценки значимости тех выводов, которые были им сделаны в «Монизме вселенной»: «Вероятно, я во всем ошибаюсь (Монизм). Но и при православии или католицизме мы ничего не выиграем. Мало того, скажу Вам откровенно, с научной точки зрения моя теория мне ясна и у меня нет пока никаких данных в ней сомневаться. И все-таки, что-то мне мешает конкретно и чувственно ей верить. Но ведь конкретно мы не верим и в движение Земли <...>» [21].

Распространение брошюры «Монизм вселенной» началось в апреле 1925 года, когда, получив тираж 2000 экземпляров из типографии, Циолковский приступил к его рассылке. Первые получатели брошюры в апреле-мае 1925 года – Б.Б. Кажинский, В.В. Рюмин, Я.И. Перельман, АССНАТ, Русское общество любителей мироведения и его председатель Н.А. Морозов, Д.И. Блохинцев. В дальнейшем

период единения, невидимого блеска, взрыва и нового образования солнц или обыкновенной спиральной туманности» [17].

Циолковский высылал ее многим своим корреспондентам, а также в государственные учреждения, редакции, библиотеки, о чем свидетельствует переписка ученого и записи в его записных книжках, например: «Послан Монизм почти во все губ<ернские> города на имя завед<ующих> Губнаробраз<ом> в июле 1925 г.» [22].

В начале 1931 года Циолковский переиздал «Монизм вселенной» - снова в виде брошюры еще меньшего формата, чем первое издание – в ней опубликованный текст 1925 года сопровождался «Ответами К. Циолковского» на некоторые вопросы, заданные читателями брошюры в 1925 году, «Отзывами о К. Ц.<иолковском>» - выдержками из писем корреспондентов - и «Прибавкой к моему Монизму: Блуждание атомов» [23, с. 1-40; 41-67; 67-74; 74-84].

Видимо, Циолковский очень надеялся, что новое издание поможет ему лучше разобраться во мнениях читателей и в их отношении к его работе. С его страниц он обратился к читателям с такими словами: «Мне очень больно, что многие умные и знающие люди смотрят на выводы "Монизма", как на нечто фантастическое, или, в лучшем случае, философское... Никакой тут философии нет. Мои выводы строго научны, могут быть доказаны и разъяснены во всех подробностях. Они основаны на многочисленных и многолетних работах, на вычислениях и фактах неоспоримых. Мало того, были люди, которые приходили приблизительно к таким же выводам, хотя и менее определенным и ярким. Оно и понятно. Нам дано больше, с нас и спрашиваться должно больше. Я сам всячески стараюсь опровергнуть себя. Прошу вас о том же, укажите мне на то, что у меня неверно, неполно» [23, с. 66-67].

Но сбыться этим ожиданиям Константина Эдуардовича было не суждено. Распространение тиража второго издания «Монизма вселенной» было запрещено. Подробности запрета неизвестны, кроме сообщений самого Циолковского в письмах наиболее доверенным корреспондентам. На письме З. Ходова 03.02.1932 имеется набросок ответа ученого: «Задержка "Монизма". Трудности издания. Равнодушие. Устал» [24]. Я.И. Перельману: «Со мной случалась неприятность. Я сделал 2-е издание "Монизма" и получил его из типографии. Но инспектор не соблюл каких-то формальностей и вот с меня взяли расписку держать "Монизм" у себя до разрешения. Уже месяца 3 не разрешает» [25]. Только в июле 1933 года Г.И. Солодков, представитель Циолковского по издательским делам в Москве, известил ученого: «Относительно "Монизма" сообщили, что

запрещения они не подтвердили при условии, что Вы раздаете книжку своим знакомым, а не через книжные магазины» [26].

Основания для запрета массового распространения «Монизма вселенной» носили явно идеологический характер. В конце 1930 года в журнале «Безбожник у станка» был опубликован на всю страницу «Фельетон... поневоле» [27]. В фельетоне жесткой критике подвергалась брошюра «Научная этика» (схожая по содержанию с «Монизмом вселенной»). Критиковались идея живого существа, живущего только солнечными лучами и «своим телом», идея «субъективной непрерывности жизни», уничтожения всего «несознательного» (путем лишения права иметь потомство). Высмеивались идеи одоления тяжести и заселения мирового пространства, «высшего» человека и избранного президента, идея вмешательства в нашу жизнь «кадров почти бестелесных существ» и идея бессмертия, трактовавшаяся как учение о переселении душ. «Думается, нет особой необходимости давать оценку степени "научности" этой книжке, - сделал вывод автор фельетона. - Окрошка из физики и мистических "случаев" на густом... лампадном масле». <...> Признавая бесспорные заслуги Циолковского в качестве изобретателя, мы считаем нужным предостеречь читателей от "Научной этики". Она представляет собою худший вид научной популяризации, одобренной к тому же изрядной долей поповщины».

Выступая на торжественном заседании калужской общественности, посвященном 75-летию юбилею Циолковского, председатель юбилейной комиссии Д.С. Семенов высказался еще более определенно: «<...> Все же надо отметить, что философские труды К.Э. Циолковского использованы быть не могут, так как они расходятся с нашим учением, учением Маркса-Ленина» [28, с. 29].

Совершенно очевидно, что докладчик выразил официальную точку зрения, сложившуюся на различных уровнях государственного и партийного руководства. В этих условиях дальнейшее издание мировоззренческих работ Циолковского было просто невозможно. Ученый так констатировал данный факт: «<...> Вижу затруднения в издании книг: второе издание "Монизма" запрещено после разрешения.хлопоты не помогли, только цензора уволили. Множество работ по натуральной философии не издано и мало надежды <...> Еще похлопочу <...>» [29]

Упрек в «поповщине» и в расхождении с «учением Маркса-Ленина» лег тенью на мировоззренческие работы Циолковского на несколько десятилетий. Первое посмертное переиздание «Монизма

вселенной» состоялось лишь более шестидесяти лет спустя после его выхода в свет – в сборнике научно-фантастических произведений и с предисловием «космического авторитета» - летчика-космонавта СССР В.И. Севастьянова [30]. За ним последовали издания 1990-х годов¹⁴ [31; 32]. Ряд публикаций «Монизма вселенной» в XXI веке открыл сборник [33] – первое наиболее полное издание сочинений К.Э. Циолковского на мировоззренческие и социальные темы, сопровождавшееся историко-биографическими, реальными и текстологическими комментариями. Сегодня количество публикаций сочинений Циолковского, объединявшихся им в разделе «космическая философия», уже трудно отслеживать – так их много. И кажется, они заметно потеснили издания научно-технических трудов ученого, в том числе и тех, которые принесли ему мировую славу основоположника теоретической космонавтики.

Литература

1. Циолковский К.Э. К живому и мертвому. *Набросок*. 12-14.07.1923 // Архив РАН (АРАН). Ф. 555. Оп. 1. Д. 249. Л. 1-7.
2. Циолковский К.Э. Живая вселенная. <23.06.1923; 11, 17.07.1923> // АРАН. Ф. 555. Оп. 1. Д. 428. Л. 1-50.
3. Циолковский К.Э. Мои идеи монизма в <19>24 г. 1924 год // АРАН. Ф. 555. Оп. 1. Д. 437. Л. 1-13.
4. Циолковский К.Э. План вечной жизни. Первый круг. Современное состояние космоса. *План статьи*. 28.12.1923 // АРАН. Ф. 555. Оп. 1. Д. 427. Л. 5-7
5. Циолковский К.Э. Монизм космоса в отношении радости и горя. *Набросок*. 30.09.1924 // АРАН. Ф. 555. Оп. 1. Д. 435. Л. 2-3.
6. Циолковский К.Э. План жизни. *Заметки*. 08.10.1924 // АРАН. Ф. 555. Оп. 1. Д. 433. Л. 2-3.
7. АРАН. Ф. 555. Оп. Д. 260. Л. 45об., 47об.
8. Циолковский К.Э. Что надо доказать? (К статье «Космос».) *Заметки*. 24.02.1925 // АРАН. Ф. 555. Оп. 1. Д. 439. Л. 1-2об.
9. Чижевский А.Л. Циолковскому К.Э. 06.03.1925 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 689. Л. 15.
10. Циолковский К.Э. Кажинскому Б.Б. 25.03.1925 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 12. Л. 3-4.

¹⁴ Трудно понять логику составителей сборника [31], поместивших «Монизм вселенной» после сочинений конца 1920-х годов. Также непонятно, из каких соображений составители сборника [32] напечатали текст этой работы без окончания.

11. Циолковский К.Э. Кажинскому Б.Б. 18.04.1925 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 12. Л. 7.
12. Блохинцев Д.И. Свет из Калуги // Техника - молодежи. 1983. № 4. С. 14-17. Здесь с. 16.
13. Циолковский К.Э. Циолковский К.Э. Монизм вселенной. Калуга, изд. автора, 1925. 32 с.
14. Споры о монизме // Циолковский К.Э. Причина космоса. (Конспект. Август 1925 г.) (С добавлением отзывов о "Монизме вселенной" и ответов на вопросы по поводу этой книжки). Калуга, изд. автора, 1925. С. 1-21. - Циолковский К.Э. Монизм Вселенной. Калуга, изд. автора, 1931. С. 41-67 (под заголовком «Ответы К. Циолковского»).
15. Пояснение к Монизму. Прибавка к моему Монизму: Блуждание атомов. <Не п. 09.03.1927> // Циолковский К.Э. Сопровождение воздуха и скорый поезд. Калуга, изд. автора, 1927. С. 52-58.
16. АРАН. Ф. 555. Оп. 6. Д. 94; 140; 141 – ГМИК. К-1-29.
17. АРАН. Ф. 555. Оп. 1. Д. 458. Л. 8.
18. Изданные труды К.Э. Циолковского. Калуга, изд. автора, 1927. С. 16.
19. Голованов Н.К., Энгельмейер П.К. Циолковскому К.Э. 09.11.1931 // АРАН. Ф. 555. Оп. 1. Д. 476. Л. 4-4об.
20. Циолковский К.Э. Голованову Н.К. и Энгельмейеру П.К. 15.11.1931 // Там же. Л. 5-8.
21. Циолковский К.Э. Рюмину В.В. 14.05.1927 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 21. Л. 9-10об.
22. АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 44. Л. 42об.
23. Циолковский К.Э. Монизм вселенной. Калуга, изд. автора, 1931. 84 с.
24. АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 663. Л. 11.
25. Циолковский К. Э. Перельману Я. И. 23.02.1932 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 17. Л. 16.
26. Солодков Г. И. Циолковскому К. Э. 09.07.1933 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 590. Л. 4.
27. Фельетон... поневоле // Безбожник у станка. 1930. № 23-24. С. 19-20.
28. Торжественное заседание, посвященное 75-летнему юбилею К.Э. Циолковского и 50-летнему юбилею его научной деятельности, 9 сентября 1932 г. в Калужском учклубе железнодорожников. Стенограмма // Константин Эдуардович Циолковский. 1857-1932. М.-Л., 1932. С. 27-35.

29. Циолковский К.Э. Цветикову А.Н. <Не р. 27.04.1933 - не п. 11.08.1933> // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 671. Л. 79.
30. Циолковский К.Э. Грезы о Земле и небе. Научно-фантастические произведения. Составление, примечание, подготовка текстов Ю.М. Медведева. Предисловие В.И. Севастьянова. Тула, Приокское книжное изд-во, 1986. С. 276-298.
31. Циолковский К.Э. Очерки о Вселенной. Сост., прим. Н.Г. Беловой, Л.А. Кутузовой, Т.В. Чугровой. М., ПАИМС, 1992. С. 141-166. - изд. 2-е, доп.: Калуга, Золотая аллея, 2001. С. 190-224.
- 32.
32. Русский космизм. Антология философской мысли. Сост. С.Г. Семенов, А.Г. Гачевой; предисл. к текстам С.Г. Семенов, А.Г. Гачевой, прим. А.Г. Гачевой. М., Педагогика Пресс, 1993. С. 264-277.
33. Космическая философия. Сост., подготовка текстов, комментарии Т.Н. Желниной, В.М. Мапельман. М., Эдиториал УРСС, 2001. С. 272-292.

УДК 93/94

eLIBRARY.RU: 03.00.00

Максимовская Н.А.
Maximovskaya N.A.

Союз журналистов России

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И Б.Е. ТРЕЙВАС

K.E. TSIOLKOVSKY AND B.E. TREYVAS

Аннотация. В докладе освещаются результаты исследования о роли первого секретаря Калужского райкома партии Б.Е. Трейваса в последний период жизни К.Э. Циолковского (1934-1935) и его участия в сохранении творческого наследия ученого как исполнителя приказа высшей власти по осуществлению акта составления письма-завещания К.Э. Циолковского 13 сентября 1935 г.

Ключевые слова: Б.Е. Трейвас, история письма-завещания К.Э. Циолковского, М.С. Селиверстова.

Abstract. The report highlights the results of a study concerning the role of the first secretary of the Kaluga district party committee B.E. Treivas in the last period of K.E. Tsiolkovsky's life (1934-1935) and his participation in preserving the scientist's creative legacy as the executor of the order of

the highest authority to implement the act of drawing up a letter-testament of K.E. Tsiolkovsky from September 13, 1935.

Keywords: B.E. Treivas, history of the letter-testament of K.E. Tsiolkovsky, M.S. Seliverstova.

Борис Ефимович Трейвас (1898–16.08.1937; имя при рождении - Вениамин Хаймович) родился в семье учителя в селе Юховичи Дриссенского уезда, Витебской губернии. В 1918 г. вступил в РКП(б). До Калуги занимал руководящие должности в комсомольских и партийных (с 1923 г.) организациях Петрограда, Москвы и Вышнего Волочка. Проявил себя талантливым организатором. Пост Первого секретаря Калужского райкома ВКП(б) занимал с начала 1934 г. до ареста 6 апреля 1937 г. Трейвас был довольно близко знаком с Циолковским в последние два года жизни Константина Эдуардовича, встречался с ним, направлял организацию мероприятий с его участием, помогал ему в вопросах быта, держал под контролем освещение состояния его здоровья в местной прессе и организацию врачебного обслуживания Константина Эдуардовича.

Единственный, выявленный до настоящего времени снимок, где Циолковского можно увидеть рядом с Трейвасом, – это запечатленный Ф. Чмилем момент празднования в Калуге районного Дня Оборона 18 мая 1934 г.: К.Э. Циолковский, Б.Е. Трейвас и другие лица стоят на трибуне на фоне знамен и портрета И.В. Сталина [1].

Под руководством Трейваса, в числе других немаловажных дел, была осуществлена серия выступлений Циолковского в 1934 - начале 1935 гг.: в Доме союзов, в Обществе изобретателей Западных дорог, в колхозе им. Молотова, в Доме Красной Армии и др. [2]. В своих статьях об ученом «Самый знатный человек нашего города» и «Великий советский ученый» Трейвас отмечал, что при участии Константина Эдуардовича в апреле 1935 г. было организовано совещание знатных людей Калужского района (встреча Циолковского с передовиками проходила в парткабинете райкома партии), что при его участии взялись за создание аэроклуба и что, несмотря на возраст и плохое состояние здоровья, ученый принимал активное участие в общественной жизни [3-4].

Еще один немаловажный факт. В конце апреля 1935 г. была организована доставка Константина Эдуардовича на машине на Главпочтамт и запись на шоронофон его исторической речи - обращения к первомайской демонстрации на Красной площади в

Москве, прозвучавшей по радио 1 мая 1935 г. Уникальная архивная запись оказалась единственной с голосом великого ученого.

В своих статьях Трейвас также упоминал представляющий интерес и надолго зацепивший советскую прессу эпизод встречи с ученым в его доме в августе 1935 г.: «Дней за 15 до смерти (К.Э. Циолковского - Н.М.), я ему передал привет от руководителя московских большевиков тов. Хрущева.... Несмотря на болезненное состояние он весь оживился... «Только такие люди, люди труда и крепкой воли, создают новую жизнь. Напишите ему привет и благодарность», - сказал он. Потом сам поднялся, достал карандаш, бумагу и дописал конец «Вся моя надежда на людей, подобных Вам» и устно добавил: «Я всю жизнь рвусь к новым победам и достижениям. Вот почему только большевики меня понимают. Я бесконечно благодарен партии и советскому правительству». (Судьба свела Бориса Ефимовича с Н.С. Хрущевым в Бауманском райкоме Москвы, где тот был первым секретарем, а Трейвас заведовал отделом. Именно Хрущев выдвинул, как он писал в своих воспоминаниях, «умного, способного, порядочного человека» секретарем райкома отсталого Калужского района, который тот вывел за три с небольшим года в лидеры) [5].

Особенно большое участие в судьбе ученого и его научного наследия Борис Ефимович принимал в последние недели его жизни. Борис Ефимович неоднократно посещал Константина Эдуардовича в больнице, где тот находился с 8 по 19 сентября 1935 г. Он принимал непосредственное участие в истории написания письма К.Э. Циолковского И.В. Сталину 13 сентября 1935 г., в котором ученый завещал свои труды партии большевиков и Советской власти (в деталях эта история реконструирована в [6-8]).

Борис Трейвас принял активное участие в организации похорон великого ученого и увековечении его памяти. А наследие основоположника теоретической космонавтики, во многом благодаря умелым действиям первого секретаря райкома, было передано его вдовой Варварой Евграфовной и дочерьми Любовью и Марией в 10-ти запечатанных печатью Калужского исполкома ящиках 22 ноября 1935 г. начальнику политуправления ГВФ Н.Е. Доненко и двум другим представителям Аэрофлота, а позднее, в 1948 г., поступило на хранение в Архив РАН [9].

Время расставило события так, что Борис Трейвас оставил немаловажный след в биографии К.Э. Циолковского. По одной из редких публикаций, сделанной архивным сотрудником на основе пока еще засекреченного материала, известно и то, что Трейвас сделал

многое для развития сельского хозяйства, промышленности и строительства в Калужском крае и пользовался большим уважением его жителей [10]. Судьба же этого, преданного делу партии человека, яркой личности, талантливого организатора оказалась трагичной. Задетый волной репрессий, он был обвинен в причастности к троцкистской группировке. Сыграл роль зловещий факт. В 1923 г. 25-летний Борис Трейвас в числе восьми членов ЦК и МК комсомола подписал письмо в защиту т. н. «Нового курса» Льва Троцкого, стоявшего тогда еще на вершине власти. Так назывались его статья в «Правде» и вышедшая книга, в приложении к которой было опубликовано письмо его молодых сторонников. В вину Трейвасу также вменили выдачу партийных документов 19-ти лицам, причисленным к троцкистам и, возможно, какие-то другие, сфабрикованные факты, пока лежащие за семью печатями [11]. 6 апреля 1937 г. Трейвас был арестован, а 16 августа 1937 г. осужден Военной коллегией Верховного Суда СССР по обвинению в участии в контрреволюционной террористической организации и приговорен к расстрелу. Приговор был приведен в исполнение в тот же день.

Борис Ефимович Трейвас был реабилитирован 24 декабря 1955 г. определением Военной коллегии Верховного суда СССР.

Литература

1. Фонды ГМИК.Ф-II-957, Ф-I-48 (усеченный снимок более крупным планом).
2. Желнина Т.Н. К.Э. Циолковский (разверн. биохроника жизни и научной деятельности К.Э. Циолковского). М., 1999. С. 150-155.
3. Трейвас Б.Е. Самый знатный человек нашего города // Константин Эдуардович Циолковский. Сб., посвященный памяти знаменитого деятеля науки. Изд. 1-е. Калуга, 1935. С. 53-55 - Изд. 2-е. С. 73-75.
4. Трейвас Б.Е. Великий советский ученый // Правда. 21.09.1935.
5. <https://www.mk.ru/social/2019/04/04/chto-skazal-khrushhev-o-byvshem-redaktore-mk-borise-treyvase.html>
6. Максимовская Н.А. Новые архивные материалы к биографии К.Э. Циолковского // Труды XXXI Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского. Москва, 1999. С. 77-88.
7. Максимовская Н.А. История завещания Циолковского // Весть (Калуга). 30.09.2005.
8. Максимовская Н.А. Завещание Циолковского // Созвездие. Альманах. Вып. 4. Калуга, 2017. С. 212-223.

9. Желнина Т.Н. История и судьба личного архива К.Э. Циолковского // Труды XLIV Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского». Калуга, 2009. С. 58-63.
10. Коленкова Т. Судьба коммуниста // Знамя (Калуга). 27.11.1988.
11. Хайтина Ю. Борис Трейвас: «Идет-грядет новый человек» // Московский комсомолец. 04.10.1988.

УДК 629.7

eLIBRARY.RU: 55.42.49

Судаков В.С.

Sudakov V.S.

АО «НПО Энергомаш
имени академика В.П. Глушко»

Колинова С.А.

Kolnova S.A.

АО «НПО Энергомаш
имени академика В.П. Глушко»

ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ РД-171 И РД-120 ДЛЯ РН «ЗЕНИТ». К 40-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО ПУСКА

HISTORY OF CREATION OF RD-171 AND RD-120 ENGINES FOR ZENIT LV. TO 40TH ANNIVERSARY OF FIRST LAUNCH

Аннотация. Рассказывается об истории создания жидкостных ракетных двигателей РД-171 и РД-120 для РН «Зенит» от начала проработок предложений о проектах создания мощных ЖРД и проведения стендовых огневых испытаний, включая испытания в составе ступени, до первых пусков различных модификаций РН «Зенит». Первый пуск РН «Зенит» был проведен 13 апреля 1985 года с Байконура.

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель, ракета-носитель, турбонасосный агрегат, огневые испытания, камера сгорания.

Abstract. History of creation of RD-171 and RD-120 engines for Zenit LV from start of powerful liquid rocket engines development project and stand fire tests, including fire test in composition of first stage up to first

launches of different modifications of Zenit LV, is presented. First launch of Zenit LV was conducted April 13, 1985 at Baikonur.

Keywords: liquid rocket engine, launch-vehicle, turbopump unit, fire test, combustion chamber.

В этом году мы отмечаем сорокалетие первого пуска РН «Зенит». Она стартовала с Байконура, затем нашла свое применение в программах «Морской старт» и «Наземный старт».

В 1970-х годах была начата разработка целого ряда РН, обеспечивающих большой круг задач. Общее руководство разработкой было возложено на НПО «Энергия» под руководством академика В.П. Глушко, включая «Энергию-Буран». Разработка РН «Зенит» была поручена КБ «Южное».

Тяга двигателя РД-170/171 — 740/806 тс. Двигатель многоразового использования, с повторным использованием без переборки [1]. Ведущим конструктором назначен начальник отдела М.Р. Гнесин. Техническое задание на разработку двигателя было получено в начале 1976 года. Три года ушли на экспериментальное обоснование создания двигателя.

25 августа 1980 года состоялся первый пуск двигателя. Средняя продолжительность первых 10 испытаний была 10,2 сек, из них 2 испытания были аварийными. Из первых 50 испытаний — 10 были аварийными. Наконец, 26 июня 1982 года было проведено испытание двигателя в составе ступени — оно было аварийным. Второе испытание первой ступени РН «Зенит» состоялось только 1 декабря 1984 года, а затем в конце декабря 1984 года. Они прошли удачно. Следующий этап — это ЛКИ.

С начала 1976 года до начала 1985 года прошла целая эпоха создания мощного ЖРД, не имеющего аналогов в двигателестроении. Первое летное испытание РН «Зенит» было проведено 13 апреля 1985 года [2]. В декабре 1987 года комплекс «Зенит» был принят в эксплуатацию.

За создание РД-170/171 специалисты М.Р. Гнесин, Г.Г. Деркач и Д.Е. Астахов получили Ленинскую премию [3].

Двигатель II ступени хотели разрабатывать в КБ А.Д. Конопатова. Но предпочтение было отдано НПО Энергомаш, т. к. здесь уже был экспериментальный прототип такого двигателя на основе серийного ЖРД на высококипящих компонентах. Жесткие требования были предъявлены к надежности - требования были беспрецедентны для

двигателя одноразового использования при однократном включении в полете. Двигатель РД-120 имел тягу 85 тс [4].

Двигатели РД-170/171 по сей день остаются самыми мощными ЖРД в мире. А двигатель РД-120 стал памятным в истории как первый российский ЖРД, прошедший ОИ в США [5].

Литература

1. НПО Энергомаш. Путь в ракетной технике. Под ред. акад. Б.И. Каторгина. М.: Машиностроение, 2004.
2. В.Ф. Трофимов. Осуществление мечты. М.: Машиностроение, 2001.
3. Однажды и навсегда. Книга о В.П. Глушко. М.: Машиностроение, 1998.
4. Дарон А.Д. Разработка кислородно-керосиновых ЖРД в НПО Энергомаш в 1970-80 гг. Архив НПО Энергомаш.
5. Судаков В.С. и др. Девять десятилетий – полет продолжается... Константа. Белгород, 2019.

УДК 93/94

eLIBRARY.RU: 03.00.00

Желнина Т.Н.

Zhelнина T.N.

г. Калуга

КНИГА ВАЛЬТЕРА ГОМАНА "DIE ERREICHBARKEIT DER HIMMELSKÖRPER" (1925) В ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ. К 100-ЛЕТИЮ СО ВРЕМЕНИ ИЗДАНИЯ

THE BOOK OF WALTER HOHMANN "DIE ERREICHBARKEITDER HIMMELSKÖRPER" (1925) IN THE HISTORY OF COSMONAUTICS. ON THE 100TH ANNIVERSARY OF THE PUBLICATION

Аннотация. Впервые содержание книги Вальтера Гомана «Die Erreichbarkeit der Himmelskörper» <Достижимость небесных тел> анализируется в историческом контексте второй половины 1910-х – 1920-х годов, в сопоставлении с трудами других авторов. Исследуются обстоятельства, при которых в книге появилось упоминание имени К.Э. Циолковского; подчеркивается роль Г. Оберта в этих обстоятельствах. Особое внимание уделяется научным контактам В. Гомана и советских ученых и популяризаторов космонавтики. Прослеживается история распространения сведений о книге Гомана в

СССР. В научный оборот вводятся малоизвестные исторические источники – переписка В. Гомана, Г. Оберта, издателя В. Ольденбурга, К.Э. Циолковского и Я.И. Перельмана, советская пресса 1926 года.

Ключевые слова: Вальтер Гоман, Герман Оберт, К.Э. Циолковский, история космонавтики, пионеры космонавтики.

Abstract. For the first time, the contents of Walter Hohmann's book "Die Erreichbarkeit der Himmelskörper" are analyzed in the historical context of the second half of the 1910s - 1920s, in comparison with the works of other authors. The article explores the circumstances under which K.E. Tsiolkovsky's name was mentioned in the book, highlighting the role of H. Oberth in these circumstances. Special attention is given to the scientific contacts between W. Hohmann and Soviet scientists and popularizers of space exploration. The article also traces the history of the dissemination of information about Hohmann's book in the USSR. Little-known historical sources are introduced into scientific circulation: the correspondence of W. Hohmann, H. Oberth, the publisher W. Oldenbourg, K.E. Tsiolkovsky, and Ya. I. Perelman, as well as the Soviet press of 1926.

Keywords: Walter Hohmann, Hermann Oberth, K.E. Tsiolkovsky, history of cosmonautics, pioneers of cosmonautics.

Имя Вальтера Гомана, одного из первых теоретиков космонавтики, в исторической литературе упоминается нередко. Но биографических работ о нем опубликовано совсем немного, основные из них – несколько статей германских авторов, в том числе приуроченных к 100-летию со дня рождения Гомана [1-4]¹⁵. В СССР краткая биографическая справка, составленная Т.М. Мелькумовым, вошла в состав сборника избранных трудов зарубежных пионеров космонавтики¹⁶ [5]. Более подробный анализ трудов Гомана содержался в статье А.А. Космодемьянского и В.Н. Сокольского [6]. Также российские читатели получили возможность познакомиться с воспоминаниями невестки Гомана Марги, опубликованными в [7]. Разрозненные биографические сведения о Гомане «рассыпаны» в Сети. Во всех известных публикациях в той или иной степени детально разобрано основное содержание книги Гомана, но при этом без какой-либо связи с историей теоретической космонавтики, с историей самой книги, ее восприятия современниками. Изучение этих вопросов и

¹⁵ Полный перечень публикаций о Гомане по 1980 год см. в [3].

¹⁶ В нее, к сожалению, вкралась ошибка в дату смерти Гомана: надо не «1943», а 1945.

стало задачей исследования, результаты которого приводятся ниже. Прежде краткая биографическая справка¹⁷.

Эрнст Фридрих Вальтер Гоман <Ernst Friedrich Walter Hohmann> родился 18.03.1880 в германском городе Хардхайме (Hardheim / Odenwald) в семье практиковавшего врача, хирурга, доктора медицины Рудольфа Гомана. Отец вскоре перебрался в Южную Африку, где открыл процветающую врачебную практику. С пяти до одиннадцати лет Вальтер проживал с родителями в городах Порт Элизабет и Капштадт, учился там в английской школе. Дальнейшее образование получил в Германии - сначала в гимназии в Вюрцбурге (1891-1900), которую окончил с отличием, затем на строительном факультете в Высшей технической школе в Мюнхене (1900-1904), где, наряду с предметами по специальности, изучал баллистику и астрономию. С 1904 года работал инженером (Bauingenieur) на строительных фирмах в Вене (1904-1906), Берлине (1907-1908), Ганновере (1908-1909 / 1909-1911), Бреслау (1911-1912). С 1912 года проживал в Эссене и работал городским инженером-архитектором (в городском управлении высотного строительства руководил отделом статки и экспертизы материалов). Как специалист-статик имел авторитет за пределами Германии. В 1915 году на восемь месяцев был призван на военную службу. Наряду с практической деятельностью Гомана влекла наука. Еще в Ганновере преподавал в качестве ассистента профессора на кафедре статки и строительства мостов в Высшей технической школе (1909-1911). В 1916 году подготовил диссертацию на тему «Опыты по изучению взаимодействия старого и нового бетона в железо-бетонных конструкциях» [8], которую представил к защите в Высшую техническую школу в Аахене. Из-за военных и революционных событий защита состоялась 21.04.1920. С 1915 года был женат, имел двоих сыновей. С молодости увлекался скалолазанием - с 1902 года состоял членом альпийского союза альпинистов <Alpenverein> Последнее восхождение в горы совершил в 1942 году в возрасте

¹⁷ Составлена на основе публикаций [1-4]. С Вернером Шульцем и Карл-Хайнцем Ингенхагом я познакомилась в 1980-е - начале 1990-х годов в Москве, куда они приезжали для участия в Международных симпозиумах по истории авиации и космонавтики. Встречалась с ними неоднократно в Германии и знаю их как добросовестных исследователей, которые обязательно подвергали критическому анализу выявленные факты и сведения об изучаемом предмете, прежде чем их опубликовать.

шестидесяти двух лет [4]. Политическими пристрастиями не отличался. Знакомыми характеризовался как гуманист и космополит. В 1944 году вся семья Гоманов была привлечена к ответственности из-за родственных связей с государственным преступником. Племянник Гомана (сын сестры Элеоноры) полковник Альбрехт Мерц фон Квимхайм <Albrecht Merz von Quimheim> участвовал в неудавшемся покушении на Гитлера и был казнен в Берлине 20.07.1944. Ожидавшееся повышение Вальтера Гомана в чине за выслугу лет (до Oberbauingenieur) не состоялось. Старший сын Гомана Рудольф, лейтенант зенитной батареи, был понижен в звании и переведен в парашютный полк. Младший сын Эрнст, 27-летний военный врач, погиб в последние дни войны [4]. Гоман скончался 11.03.1945, не дожив недели до пенсионного возраста - шестидесяти пяти лет. Похоронен в Эссене на кладбище Essen-Bredeney / Meisenburgstraße.

Желание посетить другие небесные тела, по-видимому, зародилось у маленького Вальтера в одну из ночей, когда он всматривался в звездное южноафриканское небо. Но оно не стало доминирующим, не определило его жизненный путь, не подчинило себе полностью его научную деятельность, как у многих других пионеров космонавтики. Хотя и дало ростки познавательного интереса, который, в свою очередь, определил круг чтения. В него вошли известнейшие научно-фантастические произведения - дилогия Жюль Верна «С Земли на Луну» и «Вокруг Луны» и роман Курда Лассвица «На двух планетах», научно-популярный журнал «Космос», сочинения Птолемея. И еще одна книга стала для Гомана настольной – «Lehrbuch der kosmischen Physik» <Учебник космической физики> [9], подарок его двоюродного брата и автора Вильгельма Траберта (1863-1921), профессора, директора Центрального института метеорологии и геодинамики в Вене. В учебнике на почти семистах страницах были собраны актуальные сведения о планетах Солнечной системы, их происхождении и развитии, а главное, их движении относительно Солнца и друг друга. Думается, именно эта книга и навела Гомана на мысль подойти к вопросу о возможности космонавтики как к научной задаче, став отличным подспорьем в его расчетах.

Гоман сам назвал точную дату начала своих научных занятий проблемой космических полетов - 1914 год [10]. Если бы ему пришлось оформлять свою научную работу в соответствии с современными правилами, наверное, он начал бы ее так. Объект исследования – сообщение землян с планетами Солнечной системы; предмет исследования – межпланетный перелет во всех его основных

составляющих: преодоление земного тяготения, свободный полет до другого небесного тела, облет его, посадка на его поверхность, возвращение на Землю. Каждый из вопросов, обозначенных в рамках предмета исследований, рассматривался в сопровождении детальных количественных оценок.

Как продвигались эти занятия неизвестно, за исключением двух фактов: 1) окончательные результаты размышлений и расчетов были готовы к публикации в декабре 1923 года; 2) Гоман ничего не знал о трудах других исследователей в области космонавтики, опубликованных к этому времени. Он работал совершенно независимо, не испытывая чьего-либо влияния. Первая попытка издать рукопись книги с названием «Die Erreichbarkeit der Himmelskörper» оказалась неудачной – издательство Franckh'sche Verlagsbuchhandlung (Kosmos-Verlag) в Штуттгарте ответило отказом, но сообщило, что по слухам, какая-то подобная книга где-то уже увидела свет. Трудно представить, но прошел год, прежде чем Гоману удалось найти вышедшие в издательстве Р. Ольденбурга в июне 1923 года книгу Г. Оберта «Die Rakete zu den Planetenräumen» <Ракета к планетам> и в ноябре 1924 года книгу М. Валье «Der Vorstoß in den Weltenraum. Eine technische Möglichkeit?» <Прорыв в космос. Возможен ли он технически?>. Из них он узнал, что у него есть единомышленники в Германии – Г. Оберт и М. Валье и в США – Р. Годдард. В ноябре 1925 года В. Ольденбург, заручившись положительными отзывами Г. Оберта и М. Валье, издал и книгу Гомана [11]. Позднее В. Ольденбург признался, что, выпуская ее в свет, он очень рисковал своей репутацией издателя научной литературы. Ведь в конце 1925 года даже книга Оберта «Die Rakete zu den Planetenräumen» многими специалистами либо замалчивалась, либо отвергалась как фантастика в духе Жюль Верна [12, S. 1]. Но эти опасения не подтвердились. Начиналась эпоха массового интереса к идее космического полета и сотрудничества исследователей, до того времени даже не подозревавших о существовании друг друга.

Сразу после издания книги Гомана стало ясно, что она является существенным дополнением к литературе по космонавтике и важным вкладом в дальнейшее развитие теории космического полета. А главное, она, создававшаяся в течение предшествовавшего десятилетия, оказалась как нельзя более актуальной.

Литература 1903-1924 годов свидетельствовала о предельной сосредоточенности исследователей на решении проблемы соотношения начальной и конечной масс; относительный запас

топлива, требуемый для перелетов по маршруту Земля - другое небесное тело – Земля, представлялся гигантским. Ведь даже при оптимистично допускавшейся тогда скорости истечения 5000 м/с и более, масса топлива должна была в десятки, а то и в сотни и в тысячи раз (в зависимости от цели полета) превосходить массу самой космической ракеты. В поисках ответа на вопрос, как осуществить космический полет, располагая заведомо малым количеством топлива, которое баки ракеты способны реально вместить, пионеры космонавтики выдвигали разные предложения. К.Э. Циолковский до 1924 года считал целесообразным производить старт космической ракеты вне плотных слоев атмосферы, куда она может быть поднята дирижаблем. Не устал он также повторять, что прежде чем прокладывать межпланетные трассы, следует прочно обосноваться на околоземных орбитах и уже оттуда летать к другим небесным телам. (Кстати, обе эти идеи в схожем контексте высказал в 1923 году Оберт). Осенью 1921 года в рукописях Циолковского появилась мысль о том, чтобы предварительно разгонять космическую ракету по наземному восходящему пути. А весной-летом 1924 года он пришел к выводу о возможности придавать ракете ускорение от внешних источников энергии и при спуске в атмосфере прибегать к аэродинамическому торможению. С 1926 года К.Э. Циолковский, так же как в 1919-1924 годах Р. Годдард, Г. Оберт и Ф.А. Цандер, остановился на принципе ступенчатости в конструкции космических транспортных средств, дополнив его в конце 1934 года идеей дозаправки орбитального самолета непосредственно в ходе полета за атмосферу. Ф.А. Цандер дополнительно рассчитывал экономить расход топлива за счет выбора таких траекторий полета, при которых сила тяготения небесных тел «помогала» бы движению межпланетного корабля. М. Валье обратил внимание на возможность использовать в качестве «трамплина» на пути к планетам Луну, развернув на ней производство топлива из лунного сырья.

Как сказано выше, Гоман до конца 1924 года не был знаком с работами своих коллег, но проблему соотношения масс он поставил во главу угла своих исследований, подчинив их содержание ее решению. Сама проблема обозначилась в первом разделе его работы «Преодоление силы земного притяжения». В качестве транспортного средства, способного вылететь с Земли в космос, Гоман выбрал ракету на твердом топливе – на нее он обратил внимание, читая романы Верна и Лассвица. Рассматривая ракетный летательный аппарат как средство осуществления космического полета, Гоман предположил,

что это идеальная ракета, состоящая почти целиком из топлива с полезным грузом в головной части. Заряд топлива, необходимого для подъема и выхода летательного аппарата на траекторию космического полета, он представил в виде башни из твердого взрывчатого вещества, при постепенном сгорании которого образуются газы, истекающие с заданной скоростью. Высота башни - 27 м, нижнее и верхнее основания имели в диаметре соответственно - 18,7 м и 0,65 м. В первых разработках Гоман принял за исходную скорость истечения $c=2000$ м/с, казавшуюся ему пределом для ракет того времени. При просмотре рукописи Валье и Оберт подсказали ему, что применение жидких топлив позволяет надеяться на получение скоростей истечения до 5000 м/с и более, и Гоман внес в расчеты соответствующие дополнения. При непрерывном сгорании топлива полезному грузу можно было по расчетам сообщить в зависимости от количества топлива любую желаемую скорость, в том числе первую и вторую космические. Соотношения начальной и конечной масс в разных случаях составили 825 и 933 [13, с. 535-537, 539]. Но при всей значительности этих величин Гоман не исключил возможность космического полета, предложив сразу несколько способов уменьшить расход топлива: 1) выбирая оптимальные траектории полета; 2) используя при возвращении на Землю тормозящее действие атмосферы для постепенного снижения скорости летательного аппарата; 3) дозаправляясь на Луне топливом, производимом там же из лунных материалов.

Последнее предложение удивительно совпадало с рассуждениями Валье об использовании Луны как промежуточной ступени в освоении ближнего и дальнего космоса (подробнее см. [14]). Но первые два, подкрепленные обширными, детальными и тщательными расчетами, открывали новые страницы в истории теоретической космонавтики.

Опубликованные к началу 1920-х годов работы Циолковского, Годдарда и Оберта расчетов траекторий полета на другие планеты не содержали (хотя попытки таких расчетов были сделаны). Гоман исследовал этот вопрос впервые. Обдумывая схемы сообщения между планетами, он пришел к выводу, что энергетические затраты на перелеты будут минимальными, если траектория будет представлять собой эллипс. Он рассмотрел два варианта эллиптических траекторий, связывающих орбиту планеты отправления с орбитой планеты, которой должен достичь космический летательный аппарат (КЛА): касательный эллипс, то есть эллипс, касающийся орбит обеих планет, и эллипс, касающийся орбиты одной планеты и пересекающий орбиту

другой. В ходе тщательного анализа он выяснил и преимущества, и недостатки обоих вариантов. Если второй благоприятен с точки зрения экономии пути и времени, то первый выгоден энергетически. Вывод, сделанный Гоманом, в итоге подробных рассуждений, звучал веско и убедительно: «<...> Эллипс, касающийся орбит обеих планет, действительно является наилучшим вариантом траектории для полетов между ними» [13, с. 607]. Такие траектории теперь называются гомановскими. Не ограничившись общими исследованиями наивыгоднейших траекторий полетов между планетами, Гоман рассмотрел конкретные случаи сообщения между Землей, Луной, Венерой и Марсом и привел расчеты требуемого количества топлива для полета КЛА с экипажем с одной планеты на другую, определил необходимые начальные массы КЛА с учетом аэродинамического торможения при спуске.

Вопрос о возвращении КЛА на Землю Гоман изучал не менее обстоятельно. Сначала он произвел расчеты, которые показали, что торможение ракетным двигателем потребует такого большого запаса топлива, который делает конструкцию ракеты невыполнимой - соотношение начальной и конечной масс должно составлять 680625 [13, с. 540]. «Следовательно, - пришел он к заключению, - при таком способе торможения условия оказались бы чрезвычайно неблагоприятными (по крайней мере, при тех значениях скоростей излучения "с", о которых пока вообще может идти речь). Поэтому должен быть найден другой способ приземления <...>» [13, с. 540]. И такой способ Гоман нашел, предложив использовать для постепенного гашения скорости аппарата тормозящее действие атмосферы. Рассчитав в каких слоях воздуха вообще возможно эффективное торможение, Гоман сделал вывод: «<...> В атмосферу Земли нужно входить в таком направлении, чтобы вершина параболической орбиты находилась на высоте 75 км над земной поверхностью или на расстоянии <...> 6455 км от центра Земли, являющегося фокусом параболы». Далее он определил длину участка торможения, происходящего в диапазоне высот от 75 км до 100 км, найдя ее равной 1610 км. Следующий вопрос был сформулирован так: «Как уменьшить скорость прибытия 10,6 км/с до нуля на коротком участке протяженностью 400 км без ущерба для КЛА и находящихся в нем людей» [13, с. 542]. Ответ был очевиден – только как можно дольше оставаясь в атмосфере. Найденное решение было и эффективным, и эффектным - производить спуск не радиально, а совершая обороты по эллиптической траектории; на каждом постепенно сужающемся

обороте скорость соответственно падает, пока в конце концов эллиптическая траектория не сменится круговой и КЛА перейдет в планирующий полет. Картину планирующего спуска Гоман описал так же математически подробно вплоть до угла наклона планирующих поверхностей к горизонтали, способа избежать быстрого падения КЛА и времени, которое будет затрачено на возвращение на Землю: «Суммарная продолжительность посадки с момента входа в атмосферу до момента прибытия на земную поверхность составляет примерно 22,6 часов» [13, с. 556]. Гоман рассмотрел и случай «перехода к движению по окружности уже при первом входе в тормозящую атмосферу без использования эллипсов торможения» [13, с. 559], сделав вывод, что и такая посадка вполне возможна, хотя пилоту необходимо будет следить за тем, чтобы преждевременно не войти в слишком низкие слои атмосферы, так как это вызвало бы падение КЛА [13, с. 561]. Для усиления эффективности торможения предлагалось применять специальные тормозящие устройства - парашюты, несущие поверхности или конусы с направленными вперед вершинами, расположенные по одной линии на значительном расстоянии друг от друга. Далее Гоман произвел расчеты, позволявшие оценить условия посадки, при которых исключался бы перегрев стенок КЛА, рекомендовав снабжать летательный аппарат не только несущими поверхностями, «но по возможности и ребрами охлаждения из металла» [13, с. 564].

Хотя и кратко, Гоман коснулся некоторых аспектов проблемы устройства КЛА. Исходя из того, что «площадь поверхности летательного аппарата следует делать как можно меньшей» [13, с. 574], он предложил придать ему форму сферы или эллипсоида вращения. Для последнего он даже указал возможные размеры (из расчета, что экипаж составит два человека): длина 3,4 м, диаметр 1,6 м, объем 4,55 м³, площадь поверхности 14,45 м². Стенки КЛА следует облицовывать хорошим теплоизоляционным материалом, он должен быть снабжен запасами твердой и жидкой пищи, кислорода, устройствами, необходимыми для «обогрева, вентиляции и удаления отходов, а также для измерений и прочих наблюдений» [13, с. 573-574]. Картина самого полета, особенности пребывания людей в необычных условиях перегрузок и невесомости, по-видимому, интересовали Гомана в гораздо меньшей степени. Однако он все-же попытался представить, какие ощущения вызовет у космических путешественников состояние невесомости. Ему казалось, что обитатели КЛА «после мгновенного исчезновения ощущения тяжести

несомненно испытывают сначала довольно-таки тревожное чувство постоянного падения, которое спустя некоторое время, возможно, переходит в более приятное ощущение парения» [13, с. 564]. Немалый исторический интерес представляют и размышления Гомана о перспективах использования небесных тел в космической деятельности землян. Так, если Луну он считал промежуточной базой в осуществлении межпланетных сообщений, то Венеру рассматривал «как первоочередной объект для переселения», тогда как Марс виделся ему «скорее всего, <...> целью полетов для научных исследований» [13, с. 603].

Проведенные Гоманом исследования позволяли достаточно высоко оценивать возможность осуществления космического полета и эта оценка пронизала его книгу 1925 года. Ему вполне удалось достичь цели, поставленной в начале исследования: «<...> убедить читателя в том, что проблеме космических полетов нужно воспринимать вполне серьезно и что при целеустремленном совершенствовании имеющихся в настоящее время технических возможностей уже можно не сомневаться в ее успешном окончательном решении» [13, с. 526]. Как уже было сказано, книга Гомана появилась очень своевременно, став необходимым и важным дополнением к опубликованным ранее трудам Циолковского, Эсно-Пельтри, Годдарда, Оберта, Цандера, Валье. Эта своевременность подчеркивалась еще и тем обстоятельством, что некоторые вопросы, поднятые в ней, «носились в воздухе». В частности, предложение использовать атмосферу при взлете и посадке было впервые выдвинуто Эсно-Пельтри в 1913 году [15]. Одиннадцать лет спустя эту идею высказали Циолковский и Цандер. Первые попытки рассчитать время полета на Марс и Венеру предпринял также Эсно-Пельтри, но он ограничился простым и нереальным случаем равномерного и прямолинейного движения КЛА со скоростью 10 км/с без учета влияния солнечного притяжения на его движение. В первой половине 1920-х обширные исследования по астродинамике были выполнены Цандером. В частности, он исследовал различные схемы космических полетов и пришел к выводу, что, перелетая с одной планеты на другую, было бы рационально использовать гравитационное поле некоторой промежуточной планеты, в котором КЛА - в результате притяжения этой планеты – может либо изменить нужным образом свою траекторию, либо получить некоторую добавочную скорость (сегодня эта идея известна под названием гравитационного маневра). Рассматривал Цандер и эллиптические траектории, ставшие предметом особого анализа Гомана. Не прошел

он и мимо вопросов, связанных с возвращением КЛА на Землю. Он разработал универсальный метод расчета, позволяющий найти такие схемы перелетов, при которых легко решается вопрос о возвращении на Землю. Для этого связывались между собой кинематические и временные характеристики траекторий космического аппарата и Земли. Но к сожалению, большинство результатов этих исследований остались в рукописях Цандера, так как не были опубликованы в свое время. В лучшем случае они были доступны слушателям, перед которыми Фридрих Артурович выступал с докладами в 1924-1925 годах [16]¹⁸.

Гоман не только первым опубликовал аналитические расчеты траекторий межпланетных перелетов, облета планет и посадки на их поверхности. Ему принадлежит еще один приоритет - он первым из зарубежных авторов упомянул в своей книге Циолковского в ряду исследователей проблемы космической ракеты. Для ответа на вопрос как имя Циолковского попало в книгу Гомана потребовалось изучить переписку Оберта и издательства Р. Ольденбурга. Выяснилось, что почти одновременно издательство выслало Оберту рукопись Гомана - для просмотра и отзыва - и полученную недавно по почте брошюру Циолковского «Ракета в космическое пространство» - для ознакомления. Оберт читал ее с помощью одного из своих учеников, беженца из Бессарабии, знавшего русский язык. Так он узнал о своем советском коллеге и даже счел нужным обратить на него внимание Гомана, пожелавшего назвать в книге имена всех известных к тому времени исследователей проблемы космического полета. Интересно сопоставить фразу Оберта, в которой он выразил свою мысль о месте Циолковского в ряду исследователей, и соответствующую фразу в книге Гомана. Оберт: «Русский Циолковский в Калуге, я думаю, еще до Гансвиндта указал на достижимость небесных тел при помощи ракетных космических кораблей» [18, S. 65]. Гоман: «Известный

¹⁸ См. мнение В.П. Ветчинкина: «К сожалению, Ф.А. Цандер лишь читал доклады о своих работах, но не печатал их. Между тем, W. Nohmann в 1925 г. напечатал работу, в которой также предлагает полет на крыльях и планирующий спуск. Быть может, эта работа появилась и не без влияния слухов о докладах Ф.А. Цандера, производившихся зимой 1924—1925 гг. Таким образом, мы благодаря отсутствию возможности печатать свои работы постепенно теряем свой приоритет даже в тех случаях, когда он фактически бесспорно принадлежит СССР» [17].

энтузиаст воздухоплавания Герман Гансвиндт еще в 1890 г. в публичных лекциях также говорил об идее ракетного летательного аппарата; в России в это же время над аналогичными вопросами работал Циолковский» [11, S. 13; 13, с. 540]. Как видно, Оберт более конкретен в своей характеристике места Циолковского в ряду творцов идеи космической ракеты. Гоман выразился в книге предельно кратко и обобщенно. Тем не менее, с подачи Оберта именно он открыл читателям Германии имя Циолковского как одного из первых исследователей вопроса о возможности использования ракет в целях освоения космоса.

Первые читатели рукописи книги В. Гомана М. Валье и Г. Оберт отнеслись к ней одобрительно. Вообще создается впечатление, что для обоих было достаточно неожиданно встретить такую зрелую работу с солидной расчетной базой, в которой вопрос о возможности космонавтики рассматривался так масштабно, доказательно и продвинуто. Валье не скрывал своего восторга: «Я получил Вашу рукопись для ознакомления и поспешил ее прочесть, - сообщил он Гоману. - Сразу должен сказать, что Ваша работа меня чрезвычайно обрадовала. Я нахожу ее замечательной по структуре и по проделанным вычислениям и считаю, что она является прекрасным дополнением к работе Оберта "Die Rakete zu den Planetenräumen". Вы очень ясно излагаете результаты исследования (что не всегда можно сказать о формулах Оберта) и более или менее математически подготовленный человек в состоянии легко следовать Вашему изложению. Я тщательно проверил ход Ваших расчетов и нахожу их безупречными. <...> Ваша работа ни в коем случае не пересекается с работой Оберта, но дополняет ее как нельзя лучше» [19]. Оберту Валье писал: «Вычисляет этот человек так же хорошо и охотно, как и Вы. <...>» [20]. В 1928 году Валье обобщил свое мнение о работе Гомана: «<...> Его вычисления были выполнены до такой степени исчерпывающим образом, что, начиная с момента выхода в свет вышеупомянутой его книги, мы можем сказать следующее: "План и маршрут для путешествия к небесным светилам мы уже имеем, и нам недостает лишь корабля для того, чтобы начать это путешествие на практике"» [21, S. 184]. Оберт после трехмесячного досконального изучения рукописи писал Гоману более сдержанно: «Вы должны и сами догадываться, что мой отзыв для Ольденбурга может быть только хорошим» [18]. Мнение первых рецензентов поддержала и пресса: в одной из заметок высоко оценивался предпринятый автором трезвый количественный анализ трудностей, стоящих на пути реализации идеи

космического полета; книга горячо рекомендовалась читателям, интересовавшимся космонавтикой или небесной механикой [22].

В Германии Гоман сразу вошел в круг авторитетных специалистов по космонавтике: 07.11.1927 вместе с Обертом его избрали членом президиума Общества космоплавания <Verein für Raumschiffahrt>. В 1931 году он стал почетным членом Австрийского общества содействия космическим исследованиям <Österreichische Gesellschaft zur Förderung der Raumforschung>.

Высокую оценку книга Гомана получила во Франции. Р. Эсно-Пельтри выделил ее наряду с работами Р. Годдарда и Г. Оберта как наиболее интересную, подчеркнув при этом, что она отличалась «особенно серьезной трактовкой вопроса» и была написана даже на более высоком уровне, чем книга Оберта [23, с. 402]. В 1929 году французский комитет астронавтики отметил труд Гомана поощрительной премией. Положительный отзыв о работах В. Гомана дал А.А. Штернфельд: «<...> Его расчеты, вообще говоря, сделаны весьма грубо и могут рассматриваться лишь как первое приближение. Вместе с тем, его сочинения отличаются ясностью изложения и несомненно являются ценным вкладом в литературу по космонавтике» [24].

И все-таки за границей наибольшее распространение книга Гомана получила в СССР, где ее встретили с огромным интересом, вниманием и положительными откликами. Одним из ее первых советских читателей (если не самым первым) стал Я.И Перельман, подробно поделившийся в апреле 1926 года своим впечатлением: «Предо мною новая работа о межпланетных перелетах, существенно продвигающая эту проблему вперед: книга немецкого инженера В. Гомана "Досыгаемость небесных светил. Исследование проблемы путешествий в мировом пространстве". Германские ученые больше других заняты теперь этим вопросом, ставя его во всей широте и тем отличаясь от американской постановки задачи. Американский физик, проф. Годдард, изыскивает способ отослать в мировое пространство неуправляемую ракету без пассажиров; но это будет не межпланетное путешествие, а лишь межпланетный обстрел. Иначе ставят вопрос немцы: проф. Г. Оберт (в 1923 г.) и инженер Гоман в последней работе. Они озабочены созданием типа настоящего межпланетного дирижабля, которым можно было бы управлять в пути и в котором мыслимо было бы высадиться на планету. Новая работа посвящена, главным образом, вопросам управления и посадки, - вопросам, принципиально еще не разработанным в предшествующих работах -

Циолковского и Оберта. Речь идет, конечно, не о конструктивной стороне, а о тех силах и законах природы, которыми можно воспользоваться для осуществления поставленной цели. <...> Спуск межпланетного дирижабля на иное небесное тело и спуск на нашу собственную планету при возвращении из астрономического путешествия представляет чрезвычайно сложную механическую задачу. <...> Новая работа разрешает эту задачу. Оказывается, что скорость ракетного дирижабля при спуске на планету, окруженную атмосферой, может быть уничтожена без малейшего расхода горючего - одним лишь трением об атмосферу. Прорезав ее определенное число раз (двигаясь по суживающейся спирали), снаряд постепенно понижает свою скорость и безопасно опускается на почву планеты. При определенном угле первого вступления в атмосферную оболочку, дальнейший спиральный путь осуществляется сам собою согласно законам тяготения. Также остроумно, пользуясь законами небесной механики, разрешает Гоманн и проблему управления снарядом в пустом мировом пространстве. С любой точки пути пассажиры могут заставить снаряд возвратиться на Землю, если - выражаясь в терминах астрономии - превратят его первоначальную параболическую орбиту в надлежаще выбранную эллиптическую. Для этого требуется лишь сравнительно умеренное замедление хода в точке поворота, то есть небольшой расход горючего. Не останавливаясь на других интересных подробностях новой работы, отметим лишь с удовлетворением, что автор признает приоритет нашего соотечественника К.Э. Циолковского, истинного пионера проблемы межпланетных путешествий» [25].

Реакция К.Э. Циолковского на эту заметку Я.И. Перельмана последовала незамедлительно. Ученый был огорчен. Дело в том, что он сам пришел к выводу о возможности возвращения КЛА на планету без расхода топлива, лишь с использованием аэродинамического торможения. Летом 1924 года и осенью 1925 года он дважды изложил эту идею в статьях «Космический корабль» и «Заатмосферные путешествия», написанных по просьбе редакций журналов «Техника и жизнь» и «Огонек». Но обе статьи были в конце концов отклонены и не увидели свет. Чтобы подтвердить свой приоритет в высказывании идеи использовать при спуске КЛА тормозящее действие атмосферы, Циолковский обратился с письмом в редакцию «Красной газеты», в которой была напечатана заметка Перельмана о книге Гомана, с просьбой оказать ему в этом поддержку [26]. В мае 1926 года газета опубликовала «Заявление К.Э. Циолковского»: «По поводу

помещенной в № от 9 апреля статьи Я.И. Перельмана: "Новое в проблеме межпланетного летания", где сообщается о разработанном немецким инженером В. Гоманом способе спуска межпланетного дирижабля на планеты без расходования энергии и горючего, русский изобретатель К.Э. Циолковский просит огласить, что тот же самый способ был указан им, Циолковским, еще в 1924 г. в рукописном труде "Космическая ракета". Рукопись эта, содержащая главу "Спуск на Землю без затраты вещества и энергии", рассматривалась тогда редакцией журнала "Техника и жизнь", но, в виду большого объема, не могла быть напечатана. "Еще за два года до Гомана я знал то, о чем он пишет в своей книге. Только обстоятельства помешали издать мою работу", - заканчивает Циолковский». Газетная вырезка с этим «заявлением», наклеенная на почтовую карточку от Перельмана сохранилась в бумагах ученого [27]. В это самое время Циолковский уже все больше склонялся к мысли о том, что пора приниматься за «полную теорию ракеты» - обобщающее сочинение по космонавтике, которое объединило бы выводы, изложенные в его работах 1903-1912 годов, с наработками, набросками и размышлениями, накопившимися с 1924 года. Можно предположить, что сообщение Я.И. Перельмана о книге В. Гомана и возобновившаяся весной 1926 года переписка К.Э. Циолковского с А.Б. Шершевским, который подробно рассказывал о неуклонно расширяющемся круге германских энтузиастов идеи космического полета и о возрастающей активности исследователей этой проблемы, подтолкнули Константина Эдуардовича к написанию работы «Исследование мировых пространств реактивными приборами (переиздание работ 1903 и 1911 г. с некоторыми изменениями и дополнениями)». Циолковский издал ее отдельной брошюрой в ноябре 1926 года, дополнив перечнем «Ученые, работающие над проблемой космического полета». Под номером четыре в этом перечне – Вальтер Гоман [28, с. 126].

Неизвестно, поддерживали ли Гоман и Циолковский переписку (письма не сохранились), но обмен трудами между ними состоялся совершенно точно. В библиотеке Циолковского хранилась книга Гомана с дарственной надписью, к сожалению, поврежденной во время почтовой пересылки [29], а в записной книжке Константина Эдуардовича имеется запись о намерении послать Гоману, как и другим зарубежным корреспондентам, брошюру «Звездоплывателям», изданную в 1930 году [30]. Можно не сомневаться, что свои брошюры Циолковский посылал Гоману и раньше.

В 1927 году Гоман по приглашению организаторов Первой Мировой выставки моделей межпланетных аппаратов и механизмов¹⁹ принял в ней участие, прислав биографические материалы, в том числе два фотопортрета 1917 и 1925 (или 1926) годов. Они были выставлены на стенде «Иностранная переписка с изобретателями»²⁰. К сожалению письмо Гомана сохранилось только в подстрочном русскоязычном переводе, выполненном организаторами выставки: «В исполнение вашего желания я вам прилагаю копию брошюры "О досягаемости небесных тел". Дальнейшие работы в этой области еще не вышли. Я интересуюсь вашим планом открытия выставки. Считаю правильным выявить первых творцов этой идеи. Предполагаю, что раньше вышли работы, которые мало распространены. Ввиду расстояния я буду лишен возможности присутствовать на выставке. Буду вам очень признателен, если будете меня периодически извещать о ходе дел» [31].

В шестом издании своей книги Перельман посвятил разбору содержания работы Гомана несколько страниц [32] и сразу после ее выхода в свет послал автору экземпляр вместе с немецкоязычным переводом предисловия Циолковского²¹.

Наиболее подробно советских читателей с книгой В. Гомана познакомил Н.А. Рынин, сначала изложив ее содержание конспективно²² [35], затем опубликовав русскоязычный перевод [36].

¹⁹ Членов Ассоциации «Изобретатели – изобретателям» (АИИЗ) А.С. Суворова, И.С. Беляева, Г.А. Полевого, З.Г. Пятецкого и О.В. Холопцевой.

²⁰ Фотография этого стенда включена в Фотоальбом, изготовленный организаторами в нескольких экземплярах, разосланных участникам выставки. В настоящее время известны места хранения двух экземпляров Фотоальбома, принадлежавших К.Э. Циолковскому (хранится в фондах Государственного музея истории космонавтики имени К.Э. Циолковского в Калуге) и М. Валье (отложился в фондах Немецкого музея <Deutsches Museum> в Мюнхене).

²¹ В архиве Перельмана сохранились черновик сопровождающего письма и ответ Гомана [33; 34].

²² Рынин даже счел нужным «ввиду появления ряда теоретических исследований различных ученых <К.Э. Циолковского, Р. Эсно-Пельтри, Г. Оберта, Р. Годдарда и В. Гомана> относительно исследования условия полета ракеты в межпланетное пространство,

Таким образом, первым иностранным языком, на котором была издана работа Гомана «Die Erreichbarkeit der Himmelskörper», стал русский язык²³.

Н.А. Рынин также высказал оценку труда В. Гомана: «Исследование основано на механическом и математическом анализе и в особенности интересно обработан вопрос о траектории полета ракеты и условиях спуска ее на планеты <...> Заметим, что Гоманн за свою работу и, главным образом, за идею планирующего спуска ракеты на землю, получил в 1929 г. вторую премию Rep-Hirsch'a (Франция)» [36, с. 189].

Книга «Die Erreichbarkeit der Himmelskörper» осталась единственной большой научной работой Гомана. В 1927 году по просьбе В. Ляя, готовившего к изданию сборник «Die Möglichkeit der Weltraumfahrt» «Возможность космических полетов», Гоман написал для него статью «Fahrtrouten, Fahrzeiten und Landungsmöglichkeiten» «Пути и время перелетов, возможности осуществления посадки», опубликованную год спустя [38]. В этой статье Гоман рассмотрел полет на Меркурий и Юпитер и предложил несколько новых траекторий, в частности траекторию, проходящую мимо трех планет (Земля — Марс — Венера — Меркурий — Земля), что давало возможность, по его расчетам, сократить время перелета почти вдвое. Поделился он и своим представлением о развитии космонавтики. По его мнению, первые полеты к планетам будут совершаться через Луну. В дальнейшем, возможно, Марс станет опорным пунктом, если на нем также будут развернуты заводы по производству топлива для КЛА [38, S. 212-213]. Только в первых полетах есть смысл брать с собой все необходимое, и прежде всего топливо, для пребывания вне Земли. Когда между Землей и Венерой, Землей и Марсом установится регулярное сообщение, заправляться надо на промежуточных небесных телах, - считал Гоман. Кроме того, не следует совершать посадку в самом межпланетном корабле и в составе всего экипажа.

<...> сравнить между собою сделанные этими авторами исходные предположения для расчета и полученные результаты при более или менее одинаковых предположениях» (сравнение было предпринято по параметрам: скорость истечения, ускорение полета; соотношение начальной и конечной масс для полетов: с Земли в бесконечность, с Земли на околоземную орбиту; с Земли на Луну, на Марс, на Венеру - со спуском и без спуска) [35, с. 203-206].

²³ На английском языке работа Гомана издана в 1960 году [37].

Корабль должен оставаться на околопланетной орбите, а на поверхность планеты целесообразно спускаться одному исследователю в легком КЛА²⁴ [38, S. 214]. Дальнейшие планы, считал Гоман, лучше будет отложить, пока космической индустрии не удастся достичь скорости истечения в 10 км/с и более. Только тогда можно будет надеяться на сокращение дальности межпланетных перелетов и времени нахождения в пути. Но как только будут достигнуты первые успехи в ракетостроении, можно будет не сомневаться в его быстром дальнейшем развитии и совершенствовании [38, S. 215]. По существу, статья 1928 года при всей новизне и обширности проведенного исследования, была дополнением к книге 1925 года. Дальнейших исследований в области космонавтики Гоман не проводил.

По мере развития практики космических полетов осмысливалось и место Вальтера Гомана в ряду пионеров космонавтики. Сегодня значение его творчества трудно переоценить. Он относится к первым исследователям, занимавшимся вопросами теории межпланетных полетов, к тем, кто дал конкретные числовые значения расхода топлива и времени, необходимых для полетов на другие небесные тела, и определил наиболее выгодные траектории таких полетов. Непосредственным результатом исследований Гомана явился вывод о целесообразности развития ракетно-космической техники и ее использования для выхода за пределы планеты. Он был также одним из первых, кто сделал аналитический расчет посадки КЛА на другие небесные тела. В обеих опубликованных работах Гомана содержится ряд смелых и интересных идей. Некоторые из них в процессе развития космонавтики не сыграли никакой роли. Другие же стали предметом тщательного изучения. В частности, идея использования атмосферы как тормозящего фактора при возвращении КЛА на Землю. Наибольшее значение имело предложение Гомана избрать эллиптические траектории в качестве переходных траекторий между двумя планетными орбитами. Оно позволило найти оптимальное с точки зрения расхода топлива решение проблемы перехода с одной из двух, лежащих в одной плоскости круговых орбит на другую. О важности данного предложения говорит тот факт, что его обобщению, анализу и дальнейшему развитию посвящены сотни научных работ. Формулами и таблицами Гомана пользуются до сих пор при выборе «стартовых окон», то есть периодов времени, в которые запуск

²⁴ Подробно история этой идеи прослежена в [14].

межпланетных аппаратов к другим планетам осуществим при минимальных затратах топлива.

В предисловии к своей книге Гоман писал: «Если в отдельных случаях при вычислениях вместо строгих математических формул были использованы приближенные методы, применение которых кажется несколько затруднительным, то это объясняется тем, что автор - не математик, а инженер» [13, с. 527]. По мнению профессора В. Шульца, «в этой самооценке Гоман проявил излишнюю скромность. Именно способность оперировать упрощенными посылками и приближенными расчетами свидетельствует о том, что он был способным математиком, умевшим выделить в изучаемой проблеме самое главное» [1]. Так что как раз теоретическая направленность трудов Гомана является их сильной стороной. И в историю мировой космонавтики он вошел как один из первых теоретиков космического полета.

Признание и увековечение памяти Вальтера Гомана. Избран <посмертно> членом-корреспондентом секции Section Astronautique der Association des Aero-Clubs Universitaires et Scolaires <Секции астронавтики Ассоциации университетских и школьных аэроклубов Франции> (1946). Решением Международного Астрономического союза кратер диаметром 16,81 км на обратной стороне Луны назван именем Гомана (18°S, 94°W Mare Orientale) (1970). Решением Международной академии астронавтики Гоман включен в число ведущих ученых мира, сыгравших наиболее существенную роль в разработке основ теоретической космонавтики, его имя внесено в экспозицию Международного зала космической славы в городе Аламогордо (США) (1976). Одна из открытых малых планет названа именем Гомана (2005). В родном городе Хардхайме в честь Гомана на ратуше установлена памятная доска (06.11.1971); в краеведческом музее открыта постоянная экспозиция, посвященная его жизни и деятельности; имя Гомана присвоено местной обсерватории; с 1972 года здесь каждые два года проходят дни Вальтера Гомана, организуемые городом и кураториумом «Человек и космос» <das Kuratorium "Der Mensch und der Weltraum e. V.">. В Эссене - городе, где Гоман прожил более тридцати лет, его имя носят одна из улиц (с 1968 года) и обсерватория (с 1971 года).

Литература

1. Schulz Werner. Walter Hohmanns Leistung für die Raumfahrt. DGLR 80-001. Vortrag auf dem Walter-Hohmann-Symposium der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt. Köln, 12./13. März 1980.

2. Schulz Werner. Walter Hohmann. Kurzbiographien aus der Luft-und Raumfahrt 1-1980. Beilage der DGLR-Zeitschrift Luft- und Raumfahrt.
3. Ingenhaag Karl-Heinz. Walter Hohmann. Leben und Werk des Raumfahrt-Theoretikers // Luftfahrt international. 1980. Heft 7. S. 296-299.
4. Balfes Heinz. Der Essener Baurat und Raumfahrtpionier Walter Hohmann // Hermann-Oberth-Raumfahrt-Museum. 11. Tag der Raumfahrt-Geschichte. Feucht, 23.06.2007. Tagungsband. S. 44-54.
5. <Мелькумов Т.М.> Вальтер Гоман // Пионеры ракетной техники. Гансвиндт, Годдард, Эсно-Пельтри, Оберт, Гоман. Избранные труды. М., Наука, 1977. С. 13-14.
6. Космодемьянский А.А., Сокольский В.Н. Вальтер Гоман (к 100-летию со дня рождения) // Земля и Вселенная. 1980. № 3. С. 39—41.
7. Гоман М. Вальтер Гоман // Земля и Вселенная. 2014. № 2. С. 33—44.
8. Hohmann Walter Versuche über das Zusammenwirken von altem und neuem Beton in Eisenbetonkonstruktionen. Diss. TH Aachen (представлена: 1916, допущена к защите: 1919, ученое звание Dr.-Ing.: 1920). 85 S., 42 Abb. 8 Tab.
9. Trabert Wilhelm. Lehrbuch der kosmischen Physik. Verlag von B.G. Teubner, Leipzig und Berlin 1911.
10. Dr. Ing. Walter Hohmann, Essen <Kurzbiographie> // Die Rakete. 15.12.1927. S. 169.
11. Hohmann Walter. Die Erreichbarkeit der Himmelskörper. Untersuchungen über das Raumfahrtproblem. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1925.
12. Oldenbourg Wilhelm an Geheimrat Hugo Erich von Boehmer. 22.11.1926 // Bayerisches Wirtschaftsarchiv (BWA). Archiv Oldenbourg Verlag, F5. Oberth. Rakete bzw. Raumschiffahrt. 05.10.22 – 31.12.28. 3 S.
13. Гоман Вальтер. Возможность достижения небесных тел. Исследование проблемы космического полета // Пионеры ракетной техники. Гансвиндт, Годдард, Эсно-Пельтри, Оберт, Гоман. Избранные труды. М., Наука, 1977. С. 526-607.
14. Планы освоения Луны в трудах пионеров космонавтики (до середины 1930-х годов) // К. Э. Циолковский и будущее космонавтики. К. Э. Циолковский и современность. Материалы XLVI Научных Чтений памяти К. Э. Циолковского. Калуга, Изд-во «Эйдос», 2011. С. 70-83.
15. Esnault-Pelterie Rober. Considérations sur les résultats d'un allègement indéfini des moteurs // Journal de physique théorique et appliquée. March 1913. Ser. 5. Vol. 3. P. 218-231.

16. Салахутдинов Г.М. Фридрих Артурович Цандер (К 100-летию со дня рождения). Новое в жизни, науке и технике. Серия «Космонавтика, астрономия». № 3. М., Знание, 1987. 64 с. Здесь с. 39-45.
17. Отзыв В.П. Ветчинкина на работы Ф.А. Цандера. В Научный отдел Главнауки. 08.11.1927 // Цандер Ф.А. Из научного наследия. М., Наука, 1967. С. 86.
18. Oberth Hermann an Hohmann Walter. 07.07.1925 // Hermann Oberth. Briefwechsel. Bd. 1. Kriterion Verlag, Bukarest 1979. S. 62-65.
19. Valier Max an Hohmann Walter. 13.02.1925 // Archiv Gemeinde Feucht.
20. Valier Max an Oberth Hermann. 10.03.1925 // Oberth Hermann. Briefwechsel. Erster Band. Herausgegeben von Hans Barth. Kriterion Verlag, Bukarest 1976. S. 35-39.
21. Valier Max. Raketenfahrt. 5. Auflage von "Der Vorstoß in den Weltenraum". Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1928. S. 184. Die Forschungen Dr.-Ing. W. Hohmanns (seit 1914) // Valier Max. Raketenfahrt. 5. Auflage von "Der Vorstoß in den Weltenraum", Verlag R. Oldenbourg, München - Berlin 1928. S. 184-186.
22. Weyl. Dr.-Ing. Walter Hohmann: Die Erreichbarkeit der Himmelskörper. Untersuchungen über das Raumfahrtproblem. München und Berlin 1925. Verlag R. Oldenbourg. 88 S. // Illustrierte Flug-Woche. 09.12.1926. Heft 25. S. 598.
23. Эсно-Пельтри Р. Доклад генералу Феррье, председателю Комиссии по астронавтике. 00.05.1928 // Пионеры ракетной техники. Гансвиндт, Годдард, Эсно-Пельтри. Оберт. Гоман. Избранные труды (1891-1938). М., Наука, 1977. С. 401-423.
24. Штернфельд А.А. Введение в космонавтику. М.-Л., ОНТИ НКТП СССР, 1937. С. 55-56.
25. Перельман Я.И. Новое в проблеме межпланетного летания (Красная газета. Вечерний вып. 09.04.1926) // Газетная вырезка: Архив РАН (АРАН). СПб. филиал. Ф. 796. Оп. 1. Д. 74. Л. 6.
26. Циолковский К.Э. «В вечернем выпуске "Красной газеты" (№ 84) Я.И. Перельман сообщает об открытии инженера В. Гомана <...>». *Письмо в редакцию «Красной газеты»*. 16.04.1926 // АРАН. Ф. 555. Оп. Оп. 1. Д. 53. Л. 1-2.
27. Перельман Я.И. Циолковскому К.Э. 06.05.1926 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 482. Л. 36а.
28. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами (переиздание работ 1903 и 1911 г. с некоторыми изменениями и дополнениями). Калуга, изд. автора, 1926.

29. АРАН. Ф. 555. Оп. 6. Д. 14.
30. АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 45. Л. 11.
31. Гоман В. Выставочному комитету межпланетной секции изобретателей. <Февраль 1927 года> // АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 38.
32. Перельман Я. И. Межпланетные путешествия. Начальные основания звездоплавания. Издание шестое. Л., Прибой, 1929. С. 72, 75, 76.
33. Перельман Я.И. Гоману В. 26.04.1929 // АРАН. СПб. филиал. Ф. 796. Оп. 3. Д. 20. Л. 2.
34. Гоман В. Перельману Я.И. 05.05.1929 // АРАН. СПб. филиал. Ф. 796. Оп. 3. Д. 20. Л. 1, 1а.
35. Проект Гоманна полета в мировом пространстве // Рынин Н.А. Межпланетные сообщения. Ракеты и двигатели прямой реакции (История, теория и техника). Л., изд. автора, 1929. С. 194-202. - Рынин Н.А. Теория реактивного движения. Л., 1929. С. 54-55, 57.
36. Гоман Вальтер. Достигаемость небесных тел // Рынин Н.А. Межпланетные сообщения. Теория космического полета. Л., 1932. С. 191-270.
37. Hohmann Walter. The Attainability of Heavenly Bodies. NASA TT F-44. Washington, Nov. 1960.
38. Hohmann Walter. Fahrtrouten, Fahrzeiten und Landungsmöglichkeiten // Die Möglichkeit der Weltraumfahrt. Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem von Professor Hermann Oberth, Dr. Franz v. Hoefft, Dr.-Ing. Walter Hohmann, Dr. Karl Debus, Ingenieur Guido von Pirquet und Ingenieur Fr. W. Sander (hrsg. von Willy Ley). Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig 1928. S. 177-215.

УДК 629.7.01

eLIBRARY.RU: 03.01.00

Александров С.В.

Alexandrov S.V.

МОО «НЦИ «Космопоиск»

С БОРТА НА БОРТ - СТЫКОВКА В КОСМОСЕ: РЕАЛЬНОСТЬ И ФАНТАСТИКА

EARTH-ORBITAL DOCKING: REALITY AND FANTASY

Аннотация. Описаны наиболее известные из предлагавшихся и реализованные способы стыковки рукотворных объектов в космическом пространстве, показаны их достоинства и недостатки, возможные направления развития средств стыковки.

Ключевые слова: стыковка, стыковочный узел, «штырь-конус», андрогинно-периферийный агрегат, переходной тоннель, манипулятор, ангар.

Abstract. Described are the most well-known of the proposed and implemented methods for docking man-made objects in outer space, their advantages and disadvantages are shown, and possible directions for the development of docking means.

Keywords: docking, docking unit, "pin-cone", androgynous peripheral unit, transition tunnel, manipulator, hangar.

Несмотря на то, что необходимость тесного взаимодействия и соединения в космическом пространстве двух и более космических аппаратов была очевидна с самого начала «эры теоретической космонавтики», пионеры космонавтики, включая и К.Э. Циолковского, совершенно не уделяли внимания технической реализации этих процессов.

В значительной степени это было связано с тем, что проводилась прямая аналогия между космическими кораблями и морскими судами. Последние регулярно швартуются друг к другу, однако вся их «система стыковки» состоит из амортизирующих кранцев, причальных тумб, канатов, которые на них наматываются, и матросов, которые всем этим манипулируют. Точно так же предполагалось, что космонавты в скафандрах смогут в открытом космосе швартовать друг к другу космические корабли, переходить с борта на борт, а при необходимости – монтировать герметичные переходные галереи-тоннели.

Однако с началом эры практической космонавтики оказалось, что работоспособность человека в скафандре куда меньше, чем предполагалось; подготовка к работе в скафандре и операции по его консервации после работы занимают больше времени, чем сама внекорабельная деятельность; далеко не всегда на борту стыкуемого

космического аппарата находится человек; сами космические аппараты имеют гораздо меньшие массу и габариты, чем рисовали пионеры космонавтики... В результате, пришли к тому, что процесс стыковки должен быть механизирован.

Стыковочный узел должен решать следующие задачи:

- погасить остаточную относительную скорость стыкуемых объектов;
- «выбрать» их остаточную несоосность;
- обеспечить жесткое соединение, выдерживающее как минимум нагрузки, возникающие при орбитальном маневрировании космических аппаратов;
- обеспечить надежное соединение электрических (и волоконно-оптических), пневмо- и гидроразъемов;
- создать герметичный тоннель для перехода между аппаратами людей и передачи грузов.

Интересно отметить, что еще за четверть века до начала космической эры в Советском Союзе и США были созданы, испытаны и успешно применялись устройства для стыковки в воздухе самолетов (в СССР) и самолетов с дирижаблями (США). По решаемым задачам и конструкции эти устройства вполне могли бы стать прямыми прототипами космических стыковочных узлов, однако это уникальный научно-технический задел в космонавтике использован не был.

К настоящему времени в практической космонавтике нашли применение стыковочные узлы типа «конус-конус», «штырь-конус», андрогинно-периферийный и с использованием внешнего манипулятора (впрочем, в качестве последнего может использоваться стыковочный узел любого типа).

Стыковочный узел типа «конус-конус» использовался только при экспериментальных стыковках американских космических кораблей «Gemini» с ракетной ступенью «Agena». Его конструкция в принципе допускала создание герметичного переходного тоннеля, однако в остальном была признана неудачной и больше не использовалась.

На космических кораблях «Союз» и грузовых кораблях «Прогресс» (всех типов), орбитальных станциях «Салют»/«Алмаз» и «Мир», российском сегменте МКС, европейских грузовых кораблях ATV, американских космических кораблях «Apollo» и орбитальной станции «Skylab» использовались и используются стыковочные узлы типа «штырь-конус». Соответственно, такое устройство стыковочных агрегатов наиболее отработано и надежно. Так же хорошо известны и недостатки этого типа стыковочных узлов: невозможность стыковки с «одноименным» агрегатом («штырь-штырь», «конус-конус»), что

может быть необходимо при спасательных операциях, и ограниченность сечения переходного тоннеля.

Первого недостатка лишены андрогинно-периферийные стыковочные узлы. Впервые такое устройство было использовано 50 лет назад, в экспериментальном полете «Союз»-«Аpollo». Позднее созданный в НПО «Энергия» стыковочный узел АПАС-95 использовался при совместных полетах «Мир-Shuttle». В дальнейшем на базе этого агрегата был создан международный стандарт андрогинно-периферийных агрегатов стыковки, определяющий геометрию взаимодействующих частей. Сегодня узел этого стандарта используется на американском сегменте МКС, но в нашей стране замена им системы «штырь-конус» пока не предполагается даже на проектируемой РОС.

Для устранения второго недостатка необходимо «развязать» элементы стыковочного агрегата, например – использовать для гашения относительной скорости и выбора несоосности внешний манипулятор. Его использование позволило создать на американском сегменте МКС переходные тоннели с проемом 1х1 м. Однако для этого требуется манипулятор, представляющий собою сложное робототехническое устройство. Кроме того, до настоящего времени управление им в процессе стыковки осуществляется только человеком-оператором с борта МКС.

Во многих фантастических фильмах показано взаимодействие космических аппаратов существенно различающихся размеров, при котором меньший аппарат размещается в ангаре (шлюзовой камере) на борту большего. Здесь опять же очевидна аналогия со шлюпочной палубой морского или речного судна. Однако, помимо создания космических объектов достаточного размера, на пути реализации этого варианта существует несколько технических проблем, решение которых пока не стоит в приоритете нынешних создателей космической техники.

УДК 93/94

eLIBRARY.RU: 03.23.00

Батченко В.С.

Batchenko V.S.

кандидат исторических наук

РГАНТД

Институт российской истории РАН

г. Москва

«СОЮЗ» И «АПОЛЛОН» В ЛЕ-БУРЖЕ (МАЙ-ИЮНЬ 1973 Г.)

«SOYUZ» AND «APOLLO» IN LE BOURGET (MAY-JUNE 1973)

Аннотация. Текст посвящен организации выставки макетов космических кораблей «Союз» и «Аполлон» на Парижском авиасалоне в 1973 г. На основании архивных документов обнародованы сведения об организации работы выставки, подготовке макетов, представления экипажей во время открытия выставки.

Ключевые слова: ЭПАС, авиасалон Ле-Бурже, история космонавтики, «Союз-Аполлон», международное сотрудничество.

Abstract. The text is devoted to the organization of the exhibition of models of the "Soyuz" and "Apollo" spacecraft at the Paris Air Show in 1973. Based on archival documents, information about the organization of the exhibition, the preparation of models, and the presentation of crews during the opening of the exhibition were published.

Keywords: ASTP, Le Bourget Air Show, history of cosmonautics, Soyuz-Apollo, international cooperation.

Идея о подготовке совместного экспоната стыкованных «Союза» и «Аполлона» для выставки на Парижском авиасалоне принадлежит заместителю директора НАСА Джорджу Лоу [1, л. 99]. Он обратился с этим предложением в АН СССР 10 июля 1972 г. [2, л. 81]: «Каждая сторона могла бы подготовить модель своего космического корабля с совместимым стыковочным механизмом в согласованном масштабе. Космические корабли «Союз» и «Аполлон» со стыковочным узлом, могли бы быть представлены в состыкованном состоянии. Можно также подготовить соответствующие разрезы или прозрачные секции для демонстрации туннеля и люковых устройств, и даже встречи космонавтов и астронавтов» [3, л. 73]. В ноябре Президент АН СССР Мстислав Всеволодович Келдыш направил ответное письмо с согласием участвовать в выставке и уверенностью, «что подобный экспонат вызовет большой интерес у посетителей Парижского Салона и привлечет внимание» [1, л. 92] к проекту ЭПАС.

Окончательные требования к организации выставки стороны определили в ходе встречи в Москве 14-15 декабря 1972 г. [4, л. 1]. Выставка должна была проходить не на территории павильонов СССР или США, а в нейтральном павильоне, за подготовку, транспортировку и установку макета «Аполлона» несла ответственность американская

сторона, а «Союза», соответственно, советская. В состав экспозиции решено было включить, кроме горизонтальных полномасштабных макетов кораблей «в состыкованном состоянии на независимых подставках», еще и масштабные (1:2,5) модели стыковочных агрегатов, фотостенды с показом этапов совместной работы, брошюру с текстом и иллюстрациями «об основных этапах совместной работы и о характеристиках кораблей и схемах их полета» [5, л. 1], и значок. Если макеты кораблей должны были как можно точнее соответствовать летным, то экспонировались они только с внешней стороны, детали интерьера на выставке полностью отсутствовали. Макеты изготавливались из металла или другого материала, не нарушающего внешний вид корабля, – в итоге, вес макета «Аполлона» составил около 7000 кг, а «Союза» - 2500 кг [5, л. 5]. Состыкованные «Союз» и «Аполлон» на выставке были единственным крупным экспонатом ЭПАС, «остальные продавали военное оборудование или новейшие коммерческие авиалайнеры» [6, с. 259].

США брали на себя печать брошюры, «в которой содержатся сведения только о совместном проекте СССР и США» [5, л. 5], а СССР готовил памятный значок для раздачи посетителям. Так как США объявили состав своих экипажей 30 января 1973 г. [6, с. 255], и на выставке в Ле-Бурже намеревались уделить внимание и представлению членов экипажа, то Советскому Союзу тоже нужно было решать этот вопрос. 15 мая 1973 г. Комиссия по ВПК Совета Министров СССР утвердила списки основного и дублирующих экипажей по программе ЭПАС [7, л. 235] – теперь СССР равнозначно с США мог представить своих космонавтов на Парижском авиационном салоне. С одной стороны, это удерживало паритет обеих стран, а с другой – все понимали, что для СССР объявление состава экипажа перед полетом, а не после старта происходило впервые, поэтому изначально внимание было приковано именно к советской делегации. Как вспоминал Томас Стаффорд, он узнал о составе экипажа 24 мая в Париже в частном порядке в номере Алексея Леонова, а 25 мая советский состав космонавтов для ЭПАС объявили публично [6, с. 260].

Возвращаясь к организации выставки, отметим также, что гиды, работавшие с экспозицией, должны были обладать навыками отвечать на вопросы на французском, английском и русском языках, для ответов на более сложные вопросы стороны выделили по одному техническому специалисту, – всего, вместе с гидами, до пяти человек от каждой стороны на все время работы выставки (на 10 дней).

Внешние знаки отличия гидов также решено было сделать общими – служебные значки и «нашитые на плечо эмблемы без различения страны» [5, л. 5].

После окончания экспонирования в Ле-Бурже по предложению директора НАСА Джеймса Флетчера решено было продемонстрировать макеты снова, уже в 1976 г.: сперва 4 июля к 200-летию США экспозиция «Союз-Аполлон» открылась в Национальном музее авиации и исследования космического пространства в г. Вашингтоне [8, л. 55]. Макеты показывали в стыкованном состоянии. По окончании выставки макеты из Америки переехали в СССР на ВДНХ.

Литература

1. Российский государственный архив новейшей истории (РГАНИ). Ф. 3. Оп. 78. Д. 1079.
2. Архив РАН (АРАН). Ф. 1678. Оп. 1. Д. 205.
3. АРАН. Ф. 1678. Оп. 1. Д. 224в.
4. Российский государственный архив научно-технической документации (РГАНТД). Ф. 6. Оп. 2Э. Д. 156.
5. РГАНТД. Ф. 6. Оп. 1Э. Д. 150.
6. Стаффорд Т., Кассут М. Есть стыковка! История первого рукопожатия СССР и США в космосе. Пер. с англ. М.: Эксмо, 2022.
7. РГАНТД. Ф. 1. Оп. 3-6. Д. 92.
8. РГАНИ. Ф. 3. Оп. 78. Д. 1083.

УДК 629.762

eLIBRARY.RU: 89.01.09

Дружинин Ю.О.

Druzhinin Yu.O.

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

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И Д.П. РЯБУШИНСКИЙ: К ИСТОРИИ НАУЧНЫХ КОНТАКТОВ

K.E. TSIOLKOVSKY AND D.P. RYABUSHINSKY: ON THE HISTORY OF SCIENTIFIC CONTACTS

Аннотация. Предлагается гипотеза объяснения причины отнесения К.Э. Циолковским выдающегося ученого в области аэродинамики и механики жидких сред Д.П. Рябушинского лишь к популяризаторам идеи космического полета. К.Э. Циолковскому была известна только брошюра 1914 г., в которой Д.П. Рябушинский сказал о намерении заняться исследованием космического полета. Его работы совместно с М.М. Поморцевым над пневматической ракетой могли быть известны К.Э. Циолковскому. Однако такая ракета была непригодна для целей космонавтики.

Abstract. A hypothesis is proposed to explain the reason why K.E. Tsiolkovsky attributed D.P. Riabouchinsky, an outstanding scientist in the field of aerodynamics and mechanics of liquid media, only to the popularizers of the idea of space flight. K.E. Tsiolkovsky did know only the 1914 brochure in which D.P. Riabouchinsky announced his intention to study space flight. K. E. Tsiolkovsky could have known his work together with M.M. Pomortseff on a pneumatic rocket, according to indirect data. However, such a rocket was unsuitable for space exploration purposes.

Ключевые слова: пневматическая ракета, теория истечения газа, история космонавтики.

Keywords: pneumatic rocket, gas flow theory, history of cosmonautics.

Дмитрий Павлович Рябушинский (1882 – 1962) выдающийся ученый в области аэродинамики и механики жидких сред, основатель Кучинского аэродинамического института – одного из первых в мире учреждений такого типа, – в 1914-1917 гг. выполнил ряд теоретических и практических (последние совместно с Михаилом Михайловичем Поморцевым) работ по ракетной технике.

Вместе с тем в предисловии к книге «Исследование мировых пространств реактивными приборами (переиздание работ 1903 и 1911 гг. с некоторыми дополнениями)» (1926) К.Э. Циолковский упомянул его лишь как одного из авторов «общедоступных статей» по космонавтике [1, с. 5].

Для объяснения причины столь неадекватной оценки Циолковским работ Рябушинского, рассмотрим хронологию событий весны 1914 г.

В марте 1914 г. Д.П. Рябушинский в брошюре, посвященной 10-летию Аэродинамического института, провозгласил: «Задача динамического полета разрешена, но на смену ей выдвигается новая, гораздо более трудная и грандиозная проблема, – проблема перелета на другую планету». При этом он сообщил, что в институте «будут также предприняты исследования в этом направлении» [2, с. 7].

Если за рубежом эти высказывания Рябушинского стали лишь предметом насмешек [3, р. 330], то Циолковский, вероятно, воспринял их как свидетельство того, что идею освоения космического пространства поддержал признанный научным сообществом ученый.

Циолковский, возможно, предполагал встретиться с Рябушинским на проходившем 8-13 апреля 1914 г. в С.-Петербурге III Всероссийском воздухоплавательном съезде. (Об этом свидетельствует его пометка в «Дневнике съезда»). Но встреча не состоялась, так как Циолковский, не выдержав нервного напряжения, покинул съезд еще до его начала.

27 апреля 1914 г. состоялось торжественное заседание в Аэродинамическом институте в Кучине в честь десятилетия его создания. Среди писем и телеграмм в адрес директора института было приветствие и от Циолковского (содержание его неизвестно) [4, с. 67].

Рябушинский выслал в ответ брошюру о воздушных винтах с посвящением «Глубокоуважаемому К.Э. Циолковскому от автора» [5].

Во время войны в Аэродинамическом институте велись теоретические и практические работы по ракетной тематике (над пневматической ракетой Поморцева и безоткатным оружием Рябушинского).

Результаты теоретического анализа реактивной силы при истечении газовой струи Рябушинский изложил в докладе «О реакции струи газа», прочитанном 20 декабря 1916 г. в Московском математическом обществе [6, с. 560]. Размноженный всего в нескольких экземплярах текст доклада остался Циолковскому недоступен.

В 1920 г. автор издал эти работы в эмиграции на французском языке [7]. Русский перевод вышел в 1929 г. [8].

Есть некоторые сведения о том, что Циолковский их знал. В 1926 г. он указал на невозможность получения «низшей космической скорости», используя для «реактивного действия сжатые в сосудах газы» [1, с. 107].

Таким образом, неадекватная оценка Циолковским работ Рябушинского вызвана, вероятно, тем, что ему была известна только

брошюра [2], в которой говорилось лишь о намерениях автора заняться проблемой космического полета. Пневматическая ракета, о возможном знакомстве Циолковского с которой говорят лишь косвенные данные, была непригодна для космического полета.

Литература

1. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами (переиздание работ 1903 и 1911 г. с некоторыми изменениями и дополнениями). – Калуга, 1926. – 128 с.
2. Рябушинский Д.П. Аэродинамический Институт в Кучине. – М., 1914. – 8 С.
3. Notes // Nature. – (May 28, 1914. – V. 93. – № 2326. – P. 326–330.
4. Отчет о торжественном заседании 27 апреля 1914 года в Аэродинамическом институте в Кучине, составленный секретарем заседания Ив. Смирновым. – М.: Типо-лит. Т-ва И.Н. Кушнерев и К^о, 1914. – 67 С.
5. Рябушинский Д. Теоретическое исследование о винтах. (Второе издание). – М.: Типо-лит. Т-ва И.Н. Кушнерев и К^о, 1912. – 11 С. Архив РАН. – Ф. 555. – Оп. 6. – Д. 55.
6. Извлечение из протоколов заседаний Московского математического общества // Математический Сборник, издаваемый Московским математическим обществом. Т. 30. Вып. 4.– М., 1918. – С. 558–561.
7. Riabouchinsky D.P. Théorie des fusées // Bulletin de l'Institute aérodynamique de Kouchino. – Part. 8. – Paris: R. Golicke & A. Wilborg, 1920. – P. 61–76.
8. Рынин Н.А. Работы Д.П. Рябушинского // Рынин Н.А. Ракеты и двигатели прямой реакции (История, теория и техника). Л.: Изд-во П.П. Сойкина, 1929. Гл. 5. – 111–130.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU:89.01.00

Мусатова Т.П.

Musatova T.P.

Союз журналистов Москвы

**МИХАИЛ ФЁДОРОВИЧ РЕБРОВ (1931-1998)
ПОПУЛЯРИЗАТОР КОСМОНАВТИКИ**

**MIKHAIL FEDOROVICH REBROV (1931-1998)
POPULARIZER OF COSMONAUTICS**

Аннотация. В докладе приводится биография М.Ф. Реброва и рассказывается о его вкладе в популяризацию космонавтики в нашей стране.

Ключевые слова: Михаил Федорович Ребров, космос, космический журналист.

Abstract. The report provides a biography of M.F. Rebrov and talks about his contribution to the popularization of cosmonautics in our country.

Keywords: Mikhail Fedorovich Rebrov, space, space journalist.

Отец, Ребров Федор Николаевич, участвовал в национально-революционной войне в Испании и был удостоен звания Героя Республики. Участвовал в Великой Отечественной войне. В 1968 году вышел в отставку в звании генерала-майора с должности заместителя начальника Главного ракетно-артиллерийского управления Министерства обороны [1, 2].

Михаил Федорович Ребров родился в Ленинграде 3 июля 1931 года. После окончания школы поступил в МВТУ им. Н.Э. Баумана на факультет «Ракетная техника», окончив первый курс перевелся в Военно-воздушную инженерную академию имени Н.Е. Жуковского, инженер по авиационному спецоборудованию. Окончил факультет журналистики и литературы Высшей партийной школы при ЦК КПСС, за два года при имеющемся высшем образовании. Около года служил инженером-лейтенантом в 49-м истребительном авиационном полку Московского округа ПВО в г. Кашире. Званием офицера М.Ф. Ребров дорожил, офицером по духу оставался всю жизнь, по воспоминаниям сослуживцев и коллег был замечательным человеком, порядочность которого была для них эталоном [3].

В 1957 году стал корреспондентом, затем редактором отдела журнала «Вестник воздушного флота» (с 1962 года - «Авиация и космонавтика»).

Из воспоминаний М.Ф. Реброва: «С чего все началось лично у меня? С полета Юрия Гагарина. В тот исторический апрельский день 1961 года мне довелось быть на одном из командных пунктов ВВС, куда выводилась информация о полете. Признаюсь: происходящее в

утренние часы 12 апреля воспринималось совсем иначе, чем даже самые грандиозные свершения нынешнего времени... 108 коротких минут гагаринского рейса, как бы стерли грань между фантастикой и действительностью... Потряс не только сам факт - человек полетел в космос, облетел свою планету, увидел совсем иные звезды и Землю с огромной высоты, но и то, что за этим стоит: в прошлом, настоящем и будущем» [4; 5].

Чтобы написать хороший текст, нужно грамотно, четко и понятно излагать свои мысли, смотреть на факты объективно, понимать суть вопроса, уметь выражаться кратко и интересно. Таким и был авторский стиль Михаила Реброва.

В 1963 году вышли первые книги М.Ф. Реброва «Дневник летчика-космонавта» и «Ждите нас, звезды!» - документальные очерки о летчиках-космонавтах В.В. Терешковой и В.Ф. Быковском, написанные в соавторстве с В. Песковым и под редакцией Н.П. Каманина. В 1964 году военный журналист М.Ф. Ребров был переведен на работу в газету «Красная звезда» редактором отдела науки, техники и космонавтики, научным обозревателем, в которой проработал до конца жизни. Его главной темой стал Космос, главными героями - космонавты и те, кто создавал ракетно-космическую технику. В 1964 году вышли еще две книги М.Ф. Реброва «Лунные старты ближе» в соавторстве с Н.А. Мельниковым и под редакцией Н.П. Каманина. и «Уходят в космос корабли» в соавторстве с А.Н. Киселевым

В 1965 году М.Ф. Ребров сам участвовал в испытаниях системы ручного управления при моделировании возвращения на Землю со второй космической скоростью спускаемого аппарата лунного облетного корабля «Союз 7К-Л1» 11Ф91 по программе «УР500К-Л1» [6]. С.П. Королев вынашивал идею о включении журналиста в состав одного из экипажей. Для прохождения медицинского обследования к космическому полету были отобраны три журналиста - Михаил Ребров («Красная звезда»), Ярослав Голованов («Комсомольская правда») и радиожурналист - Юрий Летунов. Успешно прошел обследование только один Михаил Ребров и, согласно заключению МВК по состоянию здоровья, был допущен к тренировкам и испытаниям [7]. После смерти С.П. Королева программа полета журналиста развития не получила. В 1965 году выходит следующая книга М.Ф. Реброва «Что делают автоматы на самолете?», в 1966 году – повесть в соавторстве с К. Телегиным «За опасной чертой» о жизни и работе советских летчиков-испытателей.

В 1967-1971 годах вышли книги М.Ф. Реброва: «На орбиту выводит "Радий"», «Сколько профессий у самолета?», «Уходят в космос корабли», «В шестнадцать мальчишеских лет...», «Я-Аргон», «ЭКС на орбите», «Семеро на орбите» и «Тысяча профессий спутника», «На работу!», «Тайны безмолвных следов», «Покорители космоса» в соавторстве с А. Киселевым.

В 1974-1982 годах – «Дом в космосе», два издания «Люди и космос», «Байконур на проспекте Мира», «Космонавты», «Путешествие в мир наук», детская книга «Космос: рабочая площадка», «Над планетой людей» «Космонавты СССР», «108 минут и вся жизнь», «Грани популяризации, или Пути к читателю», «СССР-Франция» На космических орбитах», сборник «Звездные пути человечества», посвященный 25-летию космической эры и книга «К звездам» (авторы-составители – В.А. Шаталов, М.Ф. Ребров, Э.А. Васкевич).

В 1983-1990 годах – книга «Москва-Космос» в соавторстве с А. Ткачевым. «Каждый год 12 апреля», «СССР-Индия, на космических орбитах», «Дом на берегу Вселенной», «Мосты сквозь время», «По звездному времени» - малоизвестные страницы из жизни конструкторов ракетно-космической техники.

В 1991-1993 годах – книга «Тени с острова Узедом» и «Космические катастрофы». «Исповедь знающего правду» - так определил сам М.Ф. Ребров жанр этой книги, ставшей откровением после долгих лет молчания и снятия запретов, журналистским долгом перед друзьями-космонавтами, живыми и ушедшими.

Михаила Федоровича Реброва не стало 24 апреля 1998 года. Похоронен он на Троекуровском кладбище в Москве.

А в 2002 году вышла его последняя книга «Сергей Павлович Королев. Жизнь и необыкновенная судьба». Книга построена на архивных материалах, воспоминаниях коллег С.П. Королева, и на впечатлениях автора, который был лично знаком с главным конструктором.

В 2018 году вдова Л.В. Реброва передала в Мемориальный музей космонавтики документы и письма мужа в редакцию газеты «Красная звезда», рукописи, статьи, фотографии [8]. У Л.В. Ребровой оставалась готовая к печати рукопись книги М.Ф. Реброва «Совет главных конструкторов».

Михаила Федоровича Реброва отличала поразительная работоспособность: им написана 41 книга и вышло более 1000 газетных и журнальных публикаций. М.Ф. Ребров был награжден

орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета» и Дружбы народов, а также двенадцатью медалями [9].

Литература

1. Олег Каминский. Ребров Федор Николаевич // Проза.ру: Сайт. URL: <https://proza.ru/2018/06/19/980?ysclid=mbc7x0k3vi79630991> (дата обращения: 29.05.2025)
2. Ребров Федор Николаевич // Центральный архив Министерства обороны РФ: Сайт. URL: <https://Ребров Федор Николаевич :: Память народа> (дата обращения 29.05.2025)
3. Михаил Захарчук. Летописец Космического почина // Красная Звезда (2 июля 2021 года): Сайт. URL: <http://redstar.ru/kosmicheskij-letopisets/> (дата обращения: 29.05.2025)
4. Михаил Ребров. Точка не поставлена // ASTROnote: Космическая энциклопедия. URL: <https://astronaut.ru/bookcase/books/neizkosm/text/45.htm> (дата обращения: 29.05.2025)
5. Михаил Ребров. Точка не поставлена // ASTROnote: Космическая энциклопедия. URL: <https://astronaut.ru/bookcase/books/neizkosm/text/45.htm> (дата обращения: 29.05.2025)
6. Михаил Ребров. Точка не поставлена // ASTROnote: Космическая энциклопедия. URL: <https://astronaut.ru/bookcase/books/neizkosm/text/45.htm> (дата обращения: 29.05.2025)
7. Михаил Федорович Ребров // Космический мемориал: Сайт. URL: <http://sm.evg-rumjantsev.ru/journalists/rebrov.htm> (дата обращения: 29.05.2025)
8. В Музее космонавтики прошел юбилейный пятый «День Дарителя» // Мемориальный музей космонавтики: Сайт. URL: <https://kosmo-museum.ru/news/den-daritelya-2018> (дата обращения 29.05.2025)
9. Ребров Михаил Федорович // Википедия: Свободная энциклопедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Ребров, Михаил Федорович](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ребров,_Михаил_Федорович) (дата обращения: 29.05.2025).

Секция 2
«ПРОБЛЕМЫ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ»

УДК 621.454.2

eLIBRARY.RU: 55.42+55.47+55.49

Алтунин В.А.

Altunin V.A.

доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева - КАИ», г. Казань

АНАЛИЗ РАБОТЫ СЕКЦИИ № 2 ЗА ПРОШЕДШИЕ 10 ЛЕТ

**ANALYSIS OF THE WORK OF SECTION #2 OVER
THE PAST 10 YEARS**

Аннотация. проведён анализ работы секции №2: «Проблемы ракетной и космической техники» за прошедшие 10 лет на Научных чтениях, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского.

Ключевые слова: ракетная и космическая техника, зондирование Земли, воздушные, аэрокосмические, гиперзвуковые и космические двигатели летательных аппаратов, исследование и промышленное освоение Луны и Марса, системы управления полётами, космические летательные аппараты с различными способами передвижения, космический мусор, космическая энергетика, тепловые процессы в космических летательных аппаратах.

Abstract. an analysis of the work of section No. 2: “Problems of Rocket and Space Technology” over the past 10 years was conducted at the Scientific Readings dedicated to the development of the scientific heritage and the development of the ideas of K.E. Tsiolkovsky.

Keywords: rocket and space technology, Earth probing, air, aerospace, hypersonic and space engines of aircraft, exploration and industrial development of the Moon and Mars, flight control systems, spacecraft with various modes of movement, space debris, space energy, thermal processes in spacecraft.

В период с 2015 по 2024 годы в Калуге проходили 50-е – 59-е научные Чтения памяти К.Э. Циолковского [1-11]. Все Программы заседаний секции были направлены на дальнейшее развитие идей великого К.Э. Циолковского.

Секция №2 – это пока единственная секция, руководители которой ежегодно выпускают Труды научных чтений памяти К.Э. Циолковского по секции №2, а также – сборник научных статей «Современные проблемы ракетной и космической техники», а затем, на следующих Чтениях, - вручают их всем участникам и рассылают в НИИ, КБ, вузы, центральные библиотеки РФ.

В работе секции сложились следующие научно-практические направления [1-11]: проблемы планирования и осуществления программ научных экспериментальных исследований на борту Международной космической станции (МКС); проблемы проектирования, создания и эксплуатации орбитальных космических станций (ОКС); проблемы проектирования, испытаний и эксплуатации малых, микро – и наноспутников; проблемы зондирования Земли и др. планет; проблемы аэрокосмических и космических транспортных систем; проблемы двигателестроения для аэрокосмических и космических летательных аппаратов (КЛА); проблемы систем контроля, управления и навигации аэрокосмических и космических непилотируемых и пилотируемых ЛА; проблемы надёжности и безопасности аэрокосмических и космических систем многоразового использования; проблемы создания тросовых космических систем и космических лифтов; проблемы разработки и создания космических систем очистки от орбитального мусора; проблемы создания роботизированных систем для выполнения различных бортовых задач и задач за бортом КЛА, ОКС; проблемы индустриализации космоса; проблемы использования энергии лазерного луча для осуществления движения транспортных систем в космосе; проблемы создания непилотируемых и пилотируемых КЛА для исследования дальнего космоса; проблемы создания и эксплуатации КЛА с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ); проблемы исследования и промышленного освоения Луны и Марса, а также подготовки одноразовых и постоянных экспедиций без космонавтов и с космонавтами на Луну и на Марс.

Все заседания секции проходили в обстановке научного вдохновения, научного творчества и изобретательского подъёма.

9 марта 2022 г. ушёл из жизни ветеран отечественной космонавтики и научных Чтений памяти К.Э. Циолковского, академик РАКЦ,

кандидат технических наук, один из основателей и главных руководителей нашей секции - Виктор Васильевич Балашов. Светлая память В.В. Балашову.

Мы, руководители секции №2, глубоко верим, что скоро наступит время, когда прекратятся различные межнациональные конфликты и локальные войны (в том числе и СВО на Украине), когда люди всех стран будут заниматься мировыми проблемами освоения космического пространства, т.к. это единственный путь сохранения человечества, о чём писал великий К.Э. Циолковский.

Литература

1. Алтунин В.А., В.В. Балашов, М.Ю. Беляев, Т.Н. Тян. Основные направления работы сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники» // Матер. докл. 50-ых Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. РАН. РАКЦ. Калуга: Изд-во «Эйдос», 2015. С. 98-102.
2. Тр. I чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники» (г. Калуга, 15–17 сентября 2015 г.). – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2016. 300 с.
3. Тр. II чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники» (г. Калуга, 20–22 сентября 2016 г.). – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2017. 210 с.
4. Тр. III чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники» (Калуга, 19–21 сентября 2017 г.). – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. 166 с.
5. Тр. IV чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники» (г. Калуга, 18–19 сентября 2018 г.). – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2019. 198 с.
6. Тр. V чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники» (г. Калуга, 17–18 сентября 2019 г.). – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2020. 152 с.
7. Тр. VI чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники» (г. Калуга, 15–16 сентября 2020 г.). – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2021. 214 с.

8. Современные проблемы ракетной и космической техники. Сб. статей, 2022. – Казань: редакционно-издательский центр «Школа», 2022. 212 с.
9. Современные проблемы ракетной и космической техники. Сб. статей, 2023. Казань: редакционно-издат. центр «Школа», 2023. 316 с.
10. Современные проблемы ракетной и космической техники. Сб. статей, 2024. Казань: редакционно-издат. центр «Школа», 2024. – 247 с.
11. К.Э. Циолковский: ключевые идеи и современные достижения космонавтики. Матер. 59-х Научных чтений, посвящ. разработке науч. наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Ч. 1. Калуга: Изд-во «Эйдос». 2024. С. 142-209.

УДК 629.7

eLIBRARY.RU: 55.42.49

Афони́на Е.В.

Afonina E.V.

ПАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королёва»

**ПРОБЛЕМЫ ДИНАМИКИ УПРАВЛЯЕМОГО ДВИЖЕНИЯ
ВЕРХНИХ СТУПЕНЕЙ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ И РАЗГОННЫХ
БЛОКОВ, СВЯЗАННЫЕ С ПОДВИЖНОСТЬЮ ЖИДКОГО
ТОПЛИВА В ТОПЛИВНЫХ БАКАХ**

**PROBLEMS OF CONTROLLED MOTION OF THE UPPER
STAGES DYNAMICS RELATED TO THE MOBILITY OF LIQUID
FUEL IN FUEL TANKS**

Аннотация. Обеспечение устойчивости движения ракеты невозможно без учета, наряду с упругостью корпуса ракеты и различных конструктивных элементов, подвижности больших масс компонентов жидкого топлива со свободными поверхностями. Также важно уделять особое внимание исследованию динамической устойчивости ракеты, так как неустойчивость такого вида уже становилась причиной аварийного завершения нескольких полетов ракет-носителей.

Ключевые слова: динамическая устойчивость, колебания жидкости, автомат стабилизации, подвижность компонентов жидкого топлива, разгонный блок.

Abstract. The stability of rocket movement is impossible without taking into account the mobility of large masses of liquid fuel components with free surfaces. It is also important to the study the dynamic stability of the rocket, since instability of this type has already caused the emergency termination of several launch vehicle flights.

Keywords: dynamic stability, fluid fluctuations, automatic stabilization, mobility of liquid fuel components, upper stage.

Введение

На сегодняшний день жидкостная ракета сохраняет свою популярность как удобное и надежное средство выведения космических аппаратов разного назначения. Однако проблема обеспечения устойчивости движения ракеты с жидкостным ракетным двигателем (ЖРД) остается важной и сложной задачей, требующей подробного рассмотрения [1]. Особенности конструкции определяют динамические характеристики ракет-носителей (РН). Но общим для всех современных передовых РН (РН «Протон-М», ракета космического назначения «Ангара А5») является то, что они несут большие массы жидкого топлива, подвижность которого оказывает существенное влияние на их динамические характеристики. Следует также отметить, что с выработкой топлива эти динамические характеристики меняются [2].

Уже на ракете Р-5 колебания масс жидкого топлива проявили опасный для устойчивости движения характер. А в ходе летно-конструкторских испытаний баллистической ракеты Р-7 была обнаружена неустойчивость, вызванная продольными и крутильными колебаниями упругого корпуса. Всё это подтолкнуло ученых на исследование различных аспектов динамической неустойчивости, характерной для жидкостных ракет. В создание и развитие динамики ракет с ЖРД с учетом подвижности жидкости в топливных баках внесли Нариманов Г.С., Охоцимский Д.Е., Рабинович Б.И., Моисеев Н.Н., Алексеев Л.И., Докучаев Л.В. и др. [1].

Материалы и методы

Обоснование необходимости учета влияния колебаний жидкого топлива в топливных баках на устойчивость движения ракеты возникло не сразу. Автомат стабилизации (АС) первых ракет Р-1 и Р-5 проектировался в предположении, что ракета – твердое тело. Но возникавшие автоколебания, связанные с подвижностью топлива, требовали уточнения математических моделей [1]. На рис. 1 можно видеть влияние учета жидкого наполнения топливных баков в уравнениях возмущенного движения разгонного блока (РБ) семейства

РБ типа Д на область коэффициентов АС, обеспечивающих устойчивое движение объекта. Здесь закон управления имеет вид [3]:

$$\delta_c = \sum_{j=1}^n k_{1j}q_j + k_jq_j, \quad (1)$$

где k_{1j} , k_j – коэффициенты усиления автомата стабилизации;

q_j , $j = 1, \dots, n$ – обобщенные координаты рассматриваемой системы.

Для исследования коэффициентов АС на устойчивость здесь применен метод Д-разбиения, суть которого заключается в построении в плоскости исследуемых параметров границы, разделяющей области с определенным распределением корней характеристического многочлена замкнутой системы, и таким образом на плоскости исследуемых параметров выделяются области их устойчивых значений [3].

Последовавшие вслед за обнаружением неустойчивости полета ракеты Р-5 первые корректировки параметров АС не дали должного результата: в процессе летно-конструкторских испытаний ракеты Р-16 случилась авария, связанная с использованием при настройке АС недостаточно точных значений гидродинамических характеристик объекта управления.

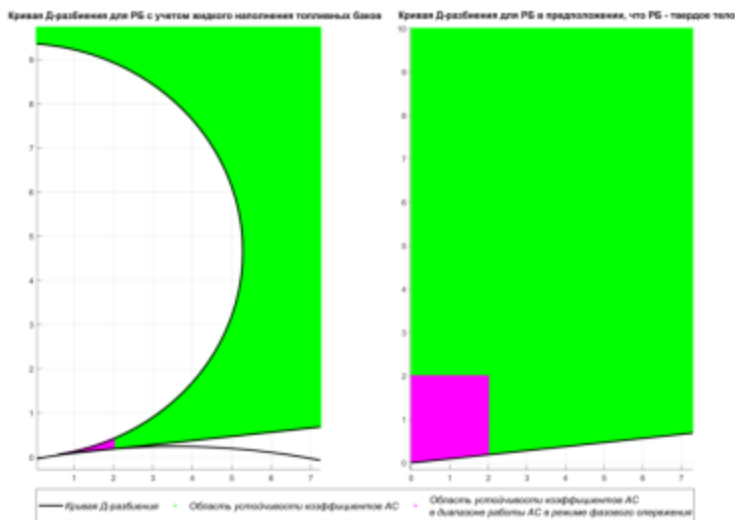


Рис. 1. Кривые Д-разбиения и области устойчивости коэффициентов АС

В это же время была обнаружена тонкая связь динамических свойств объекта и его конструктивных параметров, малые изменения которых резко меняли динамические характеристики объекта [1]. На сегодняшний день проблема точного определения гидродинамических параметров жидкости в топливных баках РБ сохраняет свою актуальность, особенно в условиях часто меняющихся компоновок РН и РБ.

Еще одной особенностью наличия больших масс жидкого топлива в топливных баках является их различное воздействие на корпус, и в какой-то момент времени для подавления колебаний жидкости в разных топливных баках к системе управления могут предъявляться противоречивые требования. В таком случае из-за подвода энергии системой управления возрастает амплитуда колебаний жидкости в топливных баках, и объект управления становится структурно неустойчивым [2, 4].

В докладе подробно показано проявление структурной неустойчивости и различные частоты колебаний в баках РН с ЖРД.

Возникновение структурной неустойчивости особенно свойственно верхним ступеням РН и РБ.

Также разгонным блокам характерно многократное включение маршевых двигателей для оптимизации энергетических затрат при выведении космических аппаратов, что тоже может оказывать негативное влияние на динамические характеристики РБ [2].

Литература

1. Докучаев Л.В. Нелинейная динамика летательных аппаратов с деформируемыми элементами. М., «Машиностроение», 1987, 232 с.
2. Бужинский В.А. Динамика и устойчивость движения ракет: Учебное пособие. – Королёв: Изд-во ФГУП ЦНИИмаш, 2017. 270 с.
3. Колесников К.С. Динамика ракет. М.: Машиностроение, 2003.
4. Рабинович Б.И. Введение в динамику ракет-носителей космических аппаратов. - М.: Машиностроение, 1975. 416 с

УДК: 629.783

eLIBRARY.RU: 89.15.02

Захаров А.С.
Zakharov A.S.
инженер НПО дальней радиолокации, г. Москва
Мацевич С.В.
Matseevich S.V.

ассистент кафедры искусственного интеллекта
факультета информационных технологий и
анализа больших данных Финансового Университета
при Правительстве РФ, г. Москва

Захарова Л.А.

Zakharova L.A.

инженер АО «Столичный-Юг», г. Балашиха

ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ МОНИТОРИНГА КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ПО ПОСТРОЕНИЮ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ПОРТРЕТОВ ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ

ASSESSING THE CAPABILITIES OF THE SPACE MONITORING RADAR STATION TO BUILD RADAR PORTRAITS OF ARTIFICIAL EARTH SATELLITES

Аннотация. В работе формализован показатель готовности аппаратуры к построению радиолокационных портретов при изменении точности определения координат искусственных спутников земли. Показатель отличается от известных учетом связи изменения амплитудно-частотного спектра отраженного от спутника сигнала и амплитудно-частотной характеристикой сигнала при изменении импульсного объема излучения.

Ключевые слова: радиолокационный портрет, столкновения в космосе, космическая безопасность, деструктивные факторы.

Abstract. The paper formalizes the indicator of readiness of the equipment to build radar portraits when the accuracy of determining the coordinates of artificial earth satellites changes. The indicator differs from the known ones by taking into account the relationship between the changes in the amplitude-frequency spectrum of the signal reflected from the satellite and the amplitude-frequency characteristic of the signal when changing the pulse volume of radiation.

Keywords: radar portrait, collisions in space, space security, disruptive factors.

Экспоненциальное повышение числа спутниковых аппаратов и увеличение количество единовременных (кластерных) запусков привело к скачкообразному росту вероятности столкновений

космических аппаратов. В настоящее время наблюдаются пролеты искусственных спутников Земли (ИСЗ) разных стран на метровой дистанции [1]. Также важной проблемой является прогнозирование и анализ поведения вышедших из строя или поврежденных аппаратов, поскольку стохастический сход с орбиты данных объектов может привести к возникновению опасной ситуации [2]. Для анализа параметров конструкции и ориентации ИСЗ, определения и систематического уточнения параметров орбит космических объектов (КО); обнаружения орбитальных манёвров КО и установления фактов разрушения и оценке характеристик фрагментации КО в современных радиолокационных станциях мониторинга космического пространства (РЛС МКП) применяется режим построения радиолокационных портретов (РЛП). Результатом работы режима являются графики зависимости интенсивности от дальности, угловых координат или доплеровского смещения.

Однако, на РЛС МКП при контроле космического пространства влияют деструктивные факторы, такие как помехи, тепловые процессы, стохастические ошибки в аппаратуре, а также переотражение сигнала от сторонних объектов [3, 4]. Деструктивные факторы изменяют функциональные характеристики, которые в свою очередь влияют на характеристики точности определения координат ИСЗ (точностные характеристики).

Также важной проблемой остается изменение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) приемных трактов, поскольку изменение усиления сигнала приведет к дальнейшей неправильной обработки радиолокационной информации. Существующие методы не учитывают связи АЧХ и амплитудно-частотного спектра (АЧС) отраженного сигнала [5]. Предлагается формализовать показатель готовности аппаратуры к режиму РЛП.

Определим импульсный объем РЛС МКП, в котором возможно ошибочное обнаружение космического аппарата, как:

$$\delta V = r^2 \delta r \delta \theta \delta \psi \quad (1)$$

где δr – точности измерения дальности; $\delta \psi$, $\delta \theta$ – точность измерения азимута и угла места

$$\delta r = \frac{c}{2B\sqrt{q}}, \delta \theta = \frac{\theta_{0,5}}{2\sqrt{q}}, \delta \psi = \frac{\psi_{0,5}}{2\sqrt{q}} \quad (2)$$

где c – скорость света, B – полоса пропускания, $\theta_{0,5}$ и $\psi_{0,5}$ – ширина диаграммы направленности по углу места и азимуту, q – отношение

сигнал/шум. Для учета неравномерности АЧХ прямо-передающего тракта H запишем отношение сигнал/шум q как [20]:

$$q = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{\left| \int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} H(\omega) S_{in}(\omega) e^{j\omega t} d\omega \right|}{\sqrt{\int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} |H(\omega)|^2 N(\omega) d\omega}} \quad (3)$$

где S_{in} – амплитудно-частотный спектр отраженного сигнала, $N(\omega)$ – спектральная мощность шума, ω_{\max} и ω_{\min} – верхняя и нижняя рабочие циклические частоты. Тогда формула для вычисления радиолокационного дискрета может быть представлена в следующем виде:

$$\delta V = \frac{r^2 c \theta_{0,5} \psi_{0,5}}{6B\sqrt{2\pi}} \frac{\left| \int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} H(\omega) S_{in}(\omega) e^{j\omega t} d\omega \right|}{\sqrt{\int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} |H(\omega)|^2 N(\omega) d\omega}} \quad (4)$$

Будем полагать, что оптимальные для построения РЛП значения полосы сигналов B определяются ранжированием данных АЧХ и АЧС с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Рангом называется порядковый номер значения в выборке. В общем виде коэффициент Спирмена определяется следующим образом:

$$\rho = 1 - \frac{\sum_i d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (5)$$

где d_i – разница между рангами в выборке, при этом коэффициент Спирмена изменяется от -1 до 1; n – число рангов. Тогда показатель можно представить как:

$$\bar{D} = \frac{r^2 c \theta_{0,5} \psi_{0,5}}{6B\sqrt{2\pi} \rho(H, S_{in})} \frac{\left| \int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} H(\omega) S_{in}(\omega) e^{j\omega t} d\omega \right|}{\sqrt{\int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} |H(\omega)|^2 N(\omega) d\omega}} \quad (6)$$

Представленный показатель готовности РЛС к РЛП определяет порядок действий при различных значениях показателя готовности, которые подробно показаны в докладе.

Литература

1. Шилин В.Д., Лукьянов А.П., Молотов И.Е., Агапов В.М., Колесса А.Е. Проблемы предупреждения об опасных ситуациях в околоземном космическом пространстве. Планы и возможности. Роль оптических наблюдений // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2013. № 4. С. 171-175.

2. Калюта А.Н. Глобальный мониторинг космической обстановки – важнейшее направление обеспечения военной безопасности Российской Федерации в воздушно-космической сфере // Военная мысль. – Москва: [б. и.], 2017. Вып. № 9. С. 5-11.
3. Пафилов Е.А., Тимошенко А.В., Захаров А.С. и др. Пространственно-временные характеристики сигналов радиолокационных станций с синтезированной апертурой с учетом отражения от целей и местных предметов // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2025. № 1. С. 120–137.
4. Захаров А.С., Шаманов В.В., Перлов А.Ю., Соколов К.С., Поздышев В.Ю. Многопараметрическая оптимизация процесса проектирования РЛС мониторинга космического пространства на основе онтологического анализа зависимостей функциональных характеристик от множества технических решений // Радиотехника. 2024. Т. 88. № 10. С. 110-117. DOI: <https://doi.org/10.18127/j00338486-202410-12>
5. Захаров А.С., Тимошенко А.В., Савчук А.М. и др. Оценка искажений диаграммы направленности радиолокационной станции при нестационарном воздействии тепловых процессов на малошумящий усилитель приемного тракта // Цифровая обработка сигналов. 2025. № 1. С. 23–27.

УДК 629.7

eLIBRARY.RU: 55.49.07

Комбаев Т.Ш.

Kombaev T.Sh.

кандидат технических наук

Филиал АО «НПО Лавочкина» в г. Калуга

Артёмов М.Е.

Artemov M.E.

кандидат технических наук

АО «НПО Лавочкина», г. Химки

МАЛЫЙ ПЕРЕЛЁТНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО САМОЛЁТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЗЛЁТА И ПОСАДКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАРСА

A SMALL CARRIER MODULE FOR AN UNMANNED VERTICAL TAKE-OFF AND LANDING AERIAL VEHICLE FOR MARS EXPLORATION

Аннотация. Проведена проектная проработка малого перелетного модуля с надувным тормозным устройством для доставки беспилотного летательного аппарата массой не более 5 кг на поверхность Марса. В перелетном модуле используется комбинированная двигательная установка – жидкостная для околоземного участка траектории и электроракетная для гелиоцентрического участка траектории.

Ключевые слова: малый перелетный модуль, беспилотный самолет, исследование Марса.

Abstract. A design study has been completed for a small carrier module with an inflatable braking device for delivering an unmanned aerial vehicle weighing no more than 5 kg to the surface of Mars. The carrier module uses a combined propulsion system - liquid for the near-Earth part of the trajectory and electric for the heliocentric part of the trajectory.

Keywords: small carrier module, unmanned aerial vehicle, Mars exploration.

В рамках предыдущих параметрических исследований беспилотного самолёта для исследования Марса была рассмотрена доставка самолета массой не более 6,5 кг на поверхность планеты в качестве дополнительной полезной нагрузки десантного модуля основной миссии [1]. Вместе с этим, целесообразно рассмотреть перелет к Марсу с использованием индивидуального малого перелетного модуля (МПМ) с использованием двигательной установки малой тяги и надувного тормозного устройства [2], обеспечивающего доставку полезной нагрузки массой не более 5 кг на поверхность планеты.

В настоящее время в космических программах многих стран приоритетное направление планетных исследований занимает Луна, существует проекты как по развитию исследований с помощью автоматических космических аппаратов, так и возобновлению пилотируемых полётов на Луну и созданию лунных баз.

Исходя из этого и для снижения стартовой массы МПМ, в качестве начальной стартовой орбиты МПМ для доставки самолета на поверхность Марса целесообразно рассмотреть траекторию перелета к Луне, на которую МПМ может выводиться в качестве попутной полезной нагрузки.

Схема перелета в таком случае будет состоять из следующих основных этапов:

- 1) попутный вывод МПМ на траекторию перелёта к Луне (высота перигея 340 км, высота апогея 400 000 км);
- 2) выход МПМ на гелиоцентрический участок траектории ($C_3 = 0$) с помощью жидкостной однокомпонентной двигательной установки тягой 1,1 Н с удельным импульсом 210 с. Данный этап необходим для быстрого выхода на гелиоцентрический участок траектории без многократного прохождения радиационных поясов и сокращении времени перелета. Необходимая масса рабочего тела 1 кг;
- 3) гелиоцентрический перелет МПМ с использованием электроракетного двигателя с тягой 2 мН с удельным импульсом 3000 с [3]. Необходимая масса рабочего тела 5,8 кг, продолжительность перелёта 987 суток;
- 4) выход на траекторию входа в атмосферу Марса и раскрытие надувного тормозного экрана [4];
- 5) отделение двигательной комбинированной двигательной установки от десантного модуля и вход в атмосферу Марса с использованием торможения с помощью надувного тормозного экрана;
- 6) отделение самолета на скорости 50 м/с, горизонтальный полет и вертикальная посадка в режиме мультикоптера.

После посадки самолета проводится заряд аккумуляторных батарей и далее самолет совершает перелеты на высоте 15 м на максимальную дальность 93 км.

При вертикальной скорости 1 м/с максимальная высота подъема и глубина спуска в кратер составляют около 190 м, предполагается, что самолет будет выполнять задачи мобильной малой исследовательской станции на поверхности Марса.

Суммарная масса МПМ в заправленном состоянии на стартовой орбите составляет 24 кг, масса самолета не более 5 кг.

Проект осуществляется при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 22-49-02047.

Литература

1. Карпович Е.А., Гуереш Д. Перспективный беспилотный самолет для исследования Марса: параметрические исследования // XLVII Академ.

чтения по космонавтике 2023. Сб. тез., посвящ. памяти ак. С.П. Королёва и др. выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства. – Москва. – 2023. С. 259-261.

2. Финченко В.С., Пичхадзе К.М., Ефанов В.В. Надувные элементы в конструкциях космических аппаратов – прорывная технология в ракетно-космической техник. – АО «НПО Лавочкина», 2019. 488 с.

3. Sara Spangelo, Derek Dalle, Benjamin Longmier. Integrated vehicle and trajectory design of small spacecraft with electric propulsion for earth and interplanetary missions // 29th Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites.

4. Успенский М.В., Харри А.М., Финченко В.С. и др. Надувной посадочный модуль MetNet для доставки научных метеорологических приборов на поверхность Марса // Актуальные вопросы проектирования автоматических космических аппаратов для фундаментальных и прикладных научных исследований. – АО «НПО Лавочкина». – 2015. С. 55-66.

УДК 629.7

eLIBRARY.RU: 55.49.07

Комбаев Т.Ш.

Kombaev T.Sh.

кандидат технических наук

Филиал АО «НПО Лавочкина» в г. Калуга

Артёмов М.Е.

Artemov M.E.

кандидат технических наук

АО «НПО Лавочкина», г. Химки

ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ РАСЧЁТА ЭФФЕКТОВ ОТ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ ФАКТОРОВ В БОРТОВОЙ АППАРАТУРЕ

AN ELECTRONIC MODEL OF A SPACECRAFT FOR CALCULATING THE EFFECTS FROM EXTERNAL INFLUENCING FACTORS IN ON-BOARD EQUIPMENT

Аннотация. Выработаны требования к универсальной расчетной модели космического аппарата, включаемой в состав конструкторской документации. Универсальная расчетная модель может использоваться для расчетов радиационной стойкости бортовой аппаратуры, эффектов

поверхностной и объемной электризации. Модель адаптирована для работы с инструментами библиотеки GEANT4 для моделирования прохождения элементарных частиц через вещество.

Ключевые слова: космический аппарат, электронная модель, GEANT4.

Abstract. Requirements have been developed for a universal simulation model of a spacecraft, included in the design documentation. The universal simulation model can be used to calculate the radiation tolerance of onboard equipment, the effects of surface and internal charging. The model is adapted to work with the GEANT4 library tools for simulation the passage of elementary particles through matter.

Keywords: spacecraft, electronic model, GEANT4.

Современные конструкторские модели космических аппаратов (КА) и бортовой аппаратуры (БА), создаваемые с помощью систем трехмерного моделирования состоят из нескольких тысяч деталей и в большинстве случаев в них отсутствуют атрибуты, отражающие физические свойства составных частей, необходимых для математического моделирования эффектов в БА и ЭКБ от внешних воздействующих факторов. В настоящее время такие электронные модели начинают вводиться в состав документации на КА.

Для проведения расчета эффектов от внешних воздействующих факторов в БА и ЭКБ необходимо создание расчетных моделей, связанных с исходной конструкторской моделью, но в необходимой степени отображающие характеристики существенные для проведения расчетов. Вместе с тем, необходимо чтобы расчетная модель была неотъемлемой частью документации и обновлялась в процессе создания КА и БА наравне с конструкторской моделью.

Расчетная модель КА и БА для расчетов радиационной стойкости должна иметь следующие атрибуты [1]:

- параметры траектории КА как материальной точки;
- упрощенная твердотельная 3D модель КА и БА;
- упрощенная модель ЭВТИ;
- материал деталей;
- массовая плотность деталей.

Для расчетов поверхностной и объемной электризации составных частей КА и БА расчетная модель должна дополняться следующими атрибутами:

- ориентация КА и условия освещения;
- электрические связи деталей между собой;

- электрофизические свойства материалов и покрытий КА;
- модель ЭВТИ.

Два типа расчетных моделей имеют значительную часть общих атрибутов и могут быть объединены в общую универсальную расчетную модель, включаемую в состав документации КА. Данная универсальная расчетная модель должна быть создана в форматах с доступной спецификацией (свободных форматах) для возможной передачи в различные смежные организации для проведения частных радиационных расчетов БА и расчетов объемной электризации внутри БА.

Схема работы с расчетной моделью выглядит следующим образом:

- 1) Создается упрощенная 3D модель, связанная с конструкторской моделью в единой среде;
- 2) Упрощенная 3D модель экспортируется в формат GDML [3] для работы с инструментами GEANT4 [4], моделирующими прохождение частиц через вещество;
- 3) Модель в формате GDML дополняется необходимыми атрибутами для создания расчетной модели;
- 4) Проведение расчетов радиационной стойкости в отдельном программном модуле на основе библиотек GEANT4;
- 5) Проведение расчетов поверхностной и объемной электризации составных частей КА в отдельном программном модуле на основе библиотек GEANT4 и уравнений, моделирующих растекание тока по составным частям КА и БА.

Создание универсальной расчетной модели КА уже на ранних стадиях проектирования позволит повысить достоверность расчета эффектов от внешних воздействующих факторов в БА и ЭКБ. На более поздних стадиях это позволит оперативно отслеживать изменения основных атрибутов расчетной модели, проходящие при создании КА, и выдавать достоверную информацию в смежные организации, участвующие в создании БА.

Литература

1. Комбаев Т.Ш., Артемов М.Е. Создание сложных трехмерных моделей для радиационных расчетов в GEANT4. Материалы XXV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева. В 2-х частях. Том Часть 2. Под общей редакцией Ю.Ю. Логинава. Красноярск, 2021.

2. B. Jeanty-Ruard et al. Internal Charging Analysis of a Space Instrument in PEO With a Dedicated Modeling Chain. IEEE Transactions on Plasma Science, 2019, 47 (8), pp.3699-3709.
3. Geant4. A simulation toolkit [Электронный ресурс]. URL: <https://geant4.web.cern.ch/> (дата обращения 31.07.2023).
4. Geometry Description Markup Language [Электронный ресурс]. URL: <http://gdml.web.cern.ch/GDML/> (дата обращения 31.07.2023).

УДК 681.5

eLIBRARY. RU: 50.03.03

Канушкин С.В.

Kanushkin S.V.

кандидат технических наук, доцент
доцент филиала военной академии
РВСН имени Петра Великого

Даньшин А.С.

Danshin A.S.

курсант филиала военной академии
РВСН имени Петра Великого

Осокин С.С.

Osokin S.S.

курсант филиала военной академии
РВСН имени Петра Великого

АЛГОРИТМ РОБАСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ С ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТЬЮ РУЛЕВОГО ПРИВОДА

ALGORITHM FOR ROBUST CONTROL OF A DYNAMIC SYSTEM WITH LIMITED STEERING DRIVE POWER

Аннотация. Предложен алгоритм робастного управления с контуром дополнительной обратной связи, который увеличивает скорость изменения сигнала управления, при этом сигнал не выходит на участок насыщения скоростной характеристики рулевой машины и не увеличивается вносимое запаздывание, что особо важно для аэродинамически неустойчивого объекта угловой стабилизации.

Ключевые слова: стабилизация, алгоритм, нелинейность, робастность, обратная связь.

Abstract. A robust control algorithm with an additional feedback loop is proposed, which increases the rate of change of the control signal, while the signal does not reach the saturation point of the speed characteristic of the steering machine and the introduced delay does not increase, which is especially important for an aerodynamically unstable object of angular stabilization.

Keywords: stabilization, algorithm, nonlinearity, robustness, feedback.

Константину Эдуардовичу Циолковскому принадлежит множество гениальных идей в области ракетно-космической техники. Он впервые предложил в 1898 году схему автопилота для дирижабля. По его идее автопилот или, как называл его К.Э. Циолковский, «автоматический регулятор горизонтального руля» предназначался для стабилизации продольной оси дирижабля [1, с.32 - 34].

В системах угловой стабилизации динамических объектов с ограниченной мощностью рулевых приводов скоростная характеристика имеет нелинейность типа «зона насыщения». Насыщение характеризует ограничение мощности рулевого привода и присутствует в любом реально существующем приводе. Нелинейная система может быть устойчивой «в малом» и неустойчивой в «большом». Насыщение скоростной характеристики приводит к неустойчивости движения системы при больших возмущениях или значениях фазовых координат [2].

Компенсация влияния насыщения скоростной характеристики привода исполнительного механизма возможна либо при использовании нелинейных характеристик с опережающими петлями на входе нелинейного элемента, либо путем изменения характеристик корректирующего контура в функции величины сигнала на нелинейной зоне, который будет представлять нелинейное корректирующее устройство системы стабилизации.

В нелинейных робастных системах малая чувствительность к различным вариациям математической модели объекта управления обеспечивается за счет дополнительного введения в алгоритм управления специальной статической нелинейной обратной связи. При этом даже для линейных объектов управления закон управления оказывается нелинейным.

Положительный эффект предложенного алгоритма достигается за счет того, что увеличивается скорость изменения сигнала управления, при этом сигнал не выходит на участок насыщения скоростной характеристики рулевой машины и не увеличивается вносимое

запаздывание, что особо важно для аэродинамически неустойчивого объекта угловой стабилизации [3].

Литература

1. Циолковский К. Простое учение о воздушном корабле и его построении / 2-е изд., - Калуга: Тип. Губ. правления, 1904. - 105 с.
2. Методы современной классической теории автоматического управления. Учебник в 5-ти томах. / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2004. -784 с.; ил.
3. Положительное решение по заявке на полезную модель № 2024123705 от 08.11.2024, приоритет от 13.08.2024. Система угловой стабилизации / Канушкин С.В., Даньшин А.С., Успенский А.В.(RU).

УДК 303.732.4

eLIBRARY. RU: 55.49.07

Левченко К.Д.

Levchenko K.D.

Аспирант

АО «Российские космические системы», г. Москва

Зеркин Д.Г.

Zerkin D.G.

кандидат технических наук, доцент

АО «Российские космические системы», г. Москва

АДАПТИВНО-СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫПОЛНЕНИЕМ ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

ADAPTIVE-SITUATIONAL MANAGEMENT OF THE IMPLEMENTATION OF EXPERIMENTAL DESIGN WORKS IN THE DEVELOPMENT OF SPACE SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF ENTERPRISE DIGITALIZATION

Аннотация. цифровизация предприятия заключается в цифровизации бизнес-процессов, одним из которых являются опытно-конструкторские работы (ОКР). ОКР предлагается считать составной частью инновационного проекта. В статье рассматривается управление выполнением ОКР, основанное на управлении по цели и формировании гибкой траектории достижения цели.

Ключевые слова: инновационный проект, жизненный цикл, факторы, управление по цели, гибкая траектория.

Abstract. Digitalization of an enterprise consists of digitalization of business processes, one of which is development work (R&D). It is proposed to consider R&D as an integral part of an innovation project. The article considers the management of R&D implementation based on management by goal and the formation of a flexible trajectory for achieving the goal.

Keywords: innovation project, life cycle, factors, management by goal, flexible trajectory.

Процесс развития экономики невольно требует решить вопрос цифровизации предприятий. АО «РКС» является наукоемким предприятием, производящим инновационный продукт космического назначения. Инновационный продукт — это результат инновационного проекта, который является комплексом мероприятий, направленных на создание продукта.

В научной литературе существуют различные подходы к определению инновационного проекта, но все они (определения А.К. Казанцева, Л.Э. Минделя, А.А. Румянцева [1, с. 518], В.А. Первушина [2, с. 205], Д.А. Профатилов [3, с. 218-222], К.В. Хомкина [4, с. 117]) сводятся, к тому, что это комплекс из: НИР, ОКР, организационных, производственных, финансовых и других мероприятий, увязанных по ресурсам, срокам и исполнителям, оформленных комплектом проектной документации и направленных на получение нового продукта.

ОКР — составная часть инновационного проекта, от которой зависит качество инновационного продукта.

Исследования, проведенные в дирекции ФЦНТП [5, с. 272-281], показали, что существуют факторы, увеличивающие продолжительность выполнения ОКР и это не обязательно зависит от финансирования (рис.1).

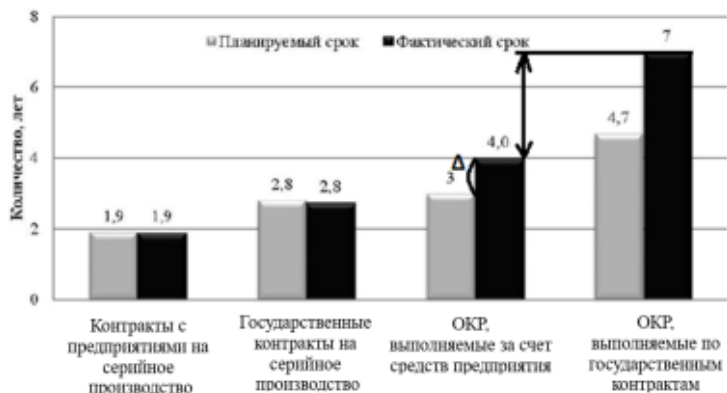


Рис. 1. Длительности проведения НИР, ОКР при различном финансировании

Длительность цикла инновационного проектирования зависит от состояния экономики [6, с. 340-343]. Практика подтверждает данный вывод (рис. 2).

Предлагается для повышения вероятности качественного выполнения проектов в установленные сроки разработать единый подход к планированию и мониторингу состояния проекта в течении его выполнения. Создание плана – основа планирования проектов, включающая в себя последовательность шагов, мероприятий или задач, направленных на достижение целей проекта.

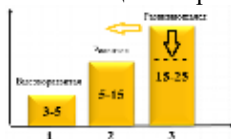


Рис. 2. Зависимость продолжительности инновационного проекта от состояния экономики

На сегодня общепринятым методом является сетевое планирование (рис. 3). В его основе лежит определение раннего и позднего времени начала выполнения работ-событий, резерва времени по каждому событию и критического пути.

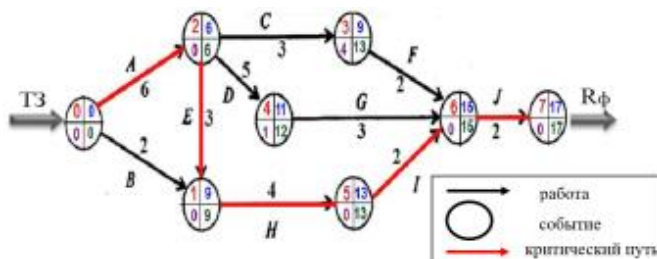


Рис. 3. Сетевое планирование

Так как ОКР является составной частью инновационного проекта, то к нему можно отнести и теоретические основы управления проектами. Каждая стадия ОКР имеет этапы планирования, выполнения и формирования отчета.

Зачастую возникает потребность в постоянной корректировке исходного плана, так как изначально невозможно учесть все факторы.

На ОКР, как на любую систему, могут оказывать влияние факторы как внутренние- $F_{вн}$, так и внешние- $F_{вн}$, которые формируют степень определенности системы.

Таким образом, каждый раз при планировании и корректировке планов нужно решать задачу с их учетом. Все факторы имеют свои методы решения.

В основе проводимых исследований лежит предположение о возможности управления ОКР с использованием гибких траекторий:

- план выполнения ОКР является одной из траекторий в трубке возможных;
- каждая из траекторий описывается математическим уравнением, основанным на принципе управления по цели;
- адаптивно-ситуационная корректировка плана выполнения работ – это переход на другую траекторию достижения цели, с определением необходимой степени обеспеченности и допустимого уровня риска.

Реализация данного подхода позволит осуществлять управление ОКР на математической основе. Формирование математической модели и ее анализ позволят сформировать гибкую траекторию достижения цели.

При принятии управленческого решения это позволит предотвратить выход на критические значения целевых показателей и достичь установленной цели.

Литература

1. Основы инновационного менеджмента. Теория и практика: учебник /Л.С. Барютин и др.; под ред. А.К. Казанцева, Л.Э. Минделя.-М. Экономика, 2013.-518 с.
2. Первушин В.А. Практика управления инновационными проектами: учеб. пособие / В.А. Первушин. – М.: Дело, 2012.-205с.
3. Профатилов Д.А. Инновационный проект: дискуссия в области понятийного аппарата / Д.А. Профатилов // Вектор науки ТГУ. – 2014. - №3 (29). – С. 218-222.
4. Хомкин К.В. Инновационный проект: подготовка для инвестирования / К.В. Хомкин. – М.: Дело, 2012. – 117 с.
5. Зинов В.Г., Шурматов К.В., Комаров А.В. Анализ практического опыта формирования комплексных научно-технических проектов: статья // Экономика науки. Т. 4. № 4. С. 272–281.
6. Максимов, Н. Н. Теоретические основы инновационной деятельности // Молодой ученый. — 2013. — № 10 (57). — С. 340-343.

УДК 629.787.523

eLIBRARY.RU: 80575782

Маленков М.И.

Malenkov M.I.

доктор технических наук, профессор
академик РАКЦ, главный научный
сотрудник АО НТЦ «Рокад»

Бармин И.В.

Barmin I.V.

член-корреспондент РАН, профессор
Президент РАКЦ
советник генерального директора
АО «ЦЭНКИ» по науке

Волов В.А.

Volov V.A.

кандидат технических наук
старший научный сотрудник
АО НТЦ «Рокад»

ПРЕДПРОЕКТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ ПАРКА МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ ЛУННОЙ СТАНЦИИ

SYSTEMATIC APPROACH TO SELECTING OPTIMAL DIRECTIONS FOR DESIGNING A MOBILE ROBOTICS PARK FOR A LUNAR STATION

Аннотация. В 2024 году в РФ вступило в силу Соглашение о создании Международной научной лунной станции (МНЛС) совместно с КНР. В докладе изложена концепция создания парка мобильной робототехники на базе интеллектуальных мобильных платформ (ИМП) - унифицированных самоходных автоматических шасси (САШ), оснащенных автоматическими стыковочно-сцепными устройствами (АССУ) и системами локальной навигации (СЛН). Специализация луноходов определяется навесным оборудованием ИМП.

Ключевые слова: самоходное автоматическое шасси (САШ), интеллектуальная мобильная платформа (ИМП), автоматическое стыковочно - сцепное устройство (АССУ), мобильный робототехнический комплекс (МРТК), луноход.

Abstract. In 2024, the Agreement on the Creation of the International Scientific Lunar Station (ISLS) jointly with China came into force in the Russian Federation. The report substantiates the concept of creating a fleet of mobile robotics based on intelligent mobile platforms (IMP) - unified self-propelled automatic chassis (SAP) equipped with automatic docking and coupling devices (ADCD) and local navigation systems (LNS). The specialization of the new generation of lunar rovers is determined by the attachments of the IMP.

Keywords: self-propelled automatic chassis (SAPCH), intelligent mobile platform (IMP), automatic docking and coupling device (ADCD), mobile robotic complex (MRTC), lunar rover.

Фрагменты отечественной истории разработки лунной станции

В общих чертах концепция и проектный облик долговременной лунной базы (ДЛБ) впервые в СССР были проработаны на инженерном уровне по предложению С.П. Королева, под руководством В.П. Бармина еще в 1960-х годах в ГСКБ Спецмаш. Затем работы продолжались в КБ ОМ [1] с привлечением ряда смежных предприятий, включая ВНИИ-100, где, по ТЗ Завода им. С.А. Лавочкина, были созданы самоходные шасси Лунохода-1 и 2. На наш

взгляд, до настоящего времени сохраняют актуальность идеи ДЛБ. Примерные параметры модулей ДЛБ: диаметр 4 м, длина 8 м, масса 18 т и сегодня не вызывают категорических возражений и вполне могут быть использованы для современных предпроектных исследований. Посадка на Луну предполагалась в вертикальном положении модуля, как и при взлете РН с космодрома на Земле. Сборка ДЛБ, в составе которой были предусмотрены шлюзовые камеры для входа и выхода, представляла соединение между собой герметичных модулей с помощью также герметичных переходов на предварительно выровненной поверхности.

В 1974 г. в ЦКБЭМ – (ныне – ПАО РКК «Энергия»), были разработаны «Технические предложения по лунному экспедиционному комплексу Звезда». Концепция лунных поездов не развивалась, но и не опровергалась [2].

Концепция создания парка мобильной робототехники МНЛС

Первыми задачами луноходов в технологической цепи создания МНЛС являются обследование предполагаемых районов строительства с целью изучения поверхности контактными методами для уточнения строительной документации и для выбора участка строительства [1-5].

В идеале эту работу лучше выполнять двумя луноходами: обзорные фото, измерения несущей способности грунта и характеристик рельефа местности может выполнить автомат типа Лунохода-1. Пилотируемая экспедиция необходима для выборочной проверки результатов работы автомата и окончательного выбора перспективных участков. Для этой цели вполне подходит луноход типа Lunar Roving Vehicle (LRV).

Однако при планировании и реализации программы строительства и эксплуатации МНЛС:

- необходим системный подход, выбор технических решений с учетом всей номенклатуры задач парка мобильной робототехники;
- подготовка территории под строительство МНЛС, прокладка дорог между её компонентами;
- доставка модулей МНЛС на Луну; разгрузка модулей МНЛС с борта КА на борт транспортного средства;
- доставка этих модулей от космодрома к месту строительства; монтаж станции и прокладка коммуникаций, и, наконец, исследование и освоение обширных территорий видимой и обратной сторон Луны, включая изыскания и добычу полезных ископаемых.

Оптимальным вариантом, на наш взгляд, в таком случае является концепция создания парка мобильной робототехники. Проводить её в жизнь необходимо с первых полетов, отрабатывая в каждом полете все

новые технические решения. В докладе подробно показаны конструктивные схемы и технические характеристики новой лунной техники и способы её предполётной проверки в земных условиях [1-5].

Литература

1. A.V. Egorov, I.B. Barmin. Long-term Lunar Base Project. Initial stage. 55th International Astronautical Congress, Vancouver, Canada, 3-7 October 2004. IAC-04-IAA.3.7.1.07.
2. Семенов Ю.П., Александров А.П., Алиев В.Г. и др. Лунный экспедиционный комплекс. РКК “Энергия” им. С. П. Королева. 1946–1996. Под ред. Семенова Ю.П. - М. 1996. - С. 281–286.
3. Маленков М.И., Волов В.А., Базилевский А.Т. и др. Разработка концепции интеллектуальных мобильных платформ для международной научной лунной станции. *Астрономический вестник*, 2025, том 59, №1, с. 3-26.
4. Basilevsky A.T., Krasilnikov S.S., Ivanov M.A. Potential lunar base on Mons Malapert: Topographic, geologic and trafficability considerations // *Sol. Syst. Res.* - 2019. V. 53. - № 5. P. 383–398.
5. Способ разгрузки цилиндрических модулей лунной станции с борта посадочного аппарата на транспортное средство и устройство для его реализации. Патент №2837430 (Россия). МПК В64G 4/00 (2006.01), В64G 1/16 (2006.01), В66F 11/00 (2006.01) Заявка № 2024120111 от 17.07.24 / Волов В.А., Маленков М.И., Богачев А.Н., Гусева Н.К., Лазарев Е.И. Акционерное общество Научно-Технический Центр «РОКАД».

УДК 523.34

eLIBRARY.RU: 41.19.25

Гусев А.В.

Gusev A.V.

кандидат физико-математических наук, доцент
Казанский федеральный университет (КФУ), г. Казань

Менг Ж.

Meng J.

доцент, Цзилинский университет, Китай

ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ X: 3D ПЕЩЕРЫ НА ЛУНЕ

EXPLORING OF THE MOON X: 3D CAVES ON THE MOON

Аннотация. В обзоре обсуждаются научно-технические, инфраструктурно-прорывные, промышленно-строительные проблемы освоения пещер на Луне.

Abstract. The review discusses scientific and technical, infrastructure and breakthrough, industrial and construction problems of developing caves on the Moon.

Keywords: Moon, Development, Breakthrough, Caves.

Реализация современных долгосрочных программ промышленного освоения Луны, Chang'E 1-8 (Китай), Chandrayaan 1- 4 (Индия), Artemis 1-4 (NASA, США), Луна 26-28 (РКА, Россия) направлены на создание долговременных лунных баз и геологическое освоение лунных недр. На Луне есть разнообразные полезные ископаемые в значительном количестве для коммерческой добычи и транспортировке их на Землю, в том числе и такие как редкие и редкоземельные металлы: платина, никель, кремний, кобальт и другие (до 14 млн тонн). Прогнозируемая интегральная стоимость лунных ресурсов достигает 16 квадриллионов долларов [1].

В настоящее время идут разработки методик промышленного получения металлов, кислорода и строительных материалов из лунного реголита; уточнение залежей водяного льда и инфраструктура пещер на Луне. Пещеры важны, поскольку они предоставляют записи геологической, метеорологической и экологической истории планетарных тел Солнечной системы. На Марсе это может включать доказательства прошлой или даже настоящей микробной жизни. Для Луны и Марса пещеры могут защитить исследователей-людей от вредной и негостеприимной поверхностной среды, космических лучей и вспышек на Солнце. За пределами Земли идентификация возможных пещер наиболее продвинута для Луны и Марса, с сотнями задокументированных потенциальных входов в пещеры и несколькими предложенными концепциями миссий по исследованию пещер [2].

На сегодняшний день научное сообщество каталогизировало 2660 пещер на восьми планетарных телах (исключая Землю) во всей Солнечной системе. Для систематического продвижения исследования планетарных пещер предлагается дорожная карта, состоящая из трех важных фаз: **1. Идентификация** (спин-орбитальные параметры), **2.**

Характеристики (топографические особенности) и **3. Исследования** (геофизические разведки).

1. Идентификация. До сих пор большинство входов в планетарные пещеры, световых люков и ям обрушения были обнаружены с помощью стандартной удаленной контекстной визуализации.

Сочетание этих методов с орбитальными подповерхностными геофизическими методами, включая радар, сейсмику и гравиметрию, может обеспечить оптимальные достижения в идентификации пещер. Однако для проведения более широкой инвентаризации входов в пещеры по всей Солнечной системе необходимы дополнительные орбитальные космические аппараты с датчиками, способными точно определять эти геологические особенности [3].

2. Характеристики. Перед выбором цели исследования необходимо тщательно оценить входы в пещеры-кандидаты на Луне. Для освоения лунных и марсианских пещер необходимо получить их изображения высоким разрешением и наклонным углом, систематически изучая эти изображения и ранжируя их особенности по научной и коммерческой важности. Список текущих и будущих проектов включает вертолетики типа Mars Ingenuity и Dragonfly компании Titan для исследования многочисленных пещер на планетах и лунах Солнечной системы: Тритон (3 пещеры), Харон (1), Титан (1297 пещер), Луна (221 пещера), Марс (1036 пещер), Энцелад (100 пещер), Плутон (пещеры) [3, 4].

3. Исследования. Исследование лунных пещер может быть использовано для подтверждения и/или изучения интересных с научной точки зрения термодинамики на месте. Полученные картированные пещерные архитектуры и опасности будут использоваться при планировании освоения Луны и помогут снизить риск лунных миссий.

Для исследования планетарных пещер требуются инвестиции в роботизированные технологии с длительным сроком разработки [5].

Посадка на высоте потребует либо новых точечных методов ПБВ, либо возможности совершать дальние переходы из низких к высотным областям исследования Марса [6]. Наука о планетарных пещерах имеет потенциал для значительного расширения в течение следующего десятилетия. Для Луны и Марса миссии в ближайшем будущем достижимы при условии соответствующих инвестиций в разработку робототехники [7].

Литература

1. Changa W., Meng Z.G, Gusev A. et al “Planing a lunar long-term research station in MARE SMYTHII” // Proc. of IEEE Int. Geoscience and Remote Sensing Symposium, Athens, Greece, 7-12 July, 2024, p.1-4.
2. Mei, L., Liu, C., Shi, Y., Cai, Z., Gusev, A., “Complex Deposits in Lacus Moritis Demonstrated by Ce-2 MRM Data. // Proc. of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS, 2024), Athens, Greece, 7-12 July, 2024, p. 6150–6153.
3. Horvath, T., Hayne, P. O., Paige, D.A. Thermal and illumination environments of lunar pits and caves: Models and observations from the Diviner Lunar Radiometer Experiment. // Geophysical Research Letters, V.49, 2022, e2022GL099710.
4. Meng, J.G. Sun H., Gusev F. et al., Thermophysical properties of surface deposits in Tsiolkovskiy crater and its geologic significance revealed by CE-2 MRM data. // Icarus, V.408, 15 Jan. 2024, P. 115808.
5. Гусев А.В., Менг Ж., Пинг З., Строительно-прорывное освоение Луны VIII: 3D печать на Луне. // Матер. 59-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Сек.№2: «Проблемы ракетной и космической техники», 17-19 сентября 2024 г. Калуга: Изд-во «Эйдос», 2024, с. 164-168.
6. Гусев А. В., Менг Дж, Пин Цз.. // Глобальные и локальные магнитные поля Луны. Материалы двадцать пятой международной конференции «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле» // ГЕОХИ РАН, ИГЕМ РАН, ИФЗ РАН и Борок, ИФЗ РАН, 30 сентября - 5 октября, 2024 г., Москва-Борок, 2024, с. 78-82.
7. Гусев А.В., Менг Ж., Пинг З., Лунное время и лунная навигация. «Современные проблемы ракетной и космической техники» // Сб. статей, Казань: редакционно-издательский центр «Школа», 2024. с. 115-124.

УДК 629.786.2

eLIBRARY.RU: 89.25.00

Худяков С.Н.

Khudyakov S.N.

АО «Государственный ракетный центр
им. академика В.П. Макеева»
г. Миасс, Челябинская обл.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛУННОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ РАЗГОННОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ СНАБЖЕНИЯ ЛУННОЙ БАЗЫ

ON THE USE OF A LUNAR ORBITAL ACCELERATING STATION TO INCREASE THE EFFICIENCY OF THE LUNAR BASE SUPPLY TRANSPORT SYSTEM

Аннотация. Показана целесообразность использования лунной орбитальной разгонной станции (ЛОРС) для спуска с орбиты станции на лунную поверхность многоразового буксира транспортной системы снабжения лунной базы вместо спуска буксира с использованием только его ракетной двигательной установки. ЛОРС осуществляет катапультный разгон буксира с помощью тросового разгонного устройства для полного гашения орбитальной скорости буксира.

Ключевые слова: лунная орбитальная разгонная станция.

Abstract. The advisability of using a lunar orbital accelerating station (LOAS) to lower a reusable tug of the lunar base supply transport system from the station's orbit to the lunar surface is demonstrated, instead of lowering the tug using only its rocket propulsion system. LOAS performs a catapult acceleration of the tug using a cable acceleration device to completely dampen the orbital velocity of the tug.

Keywords: lunar orbital accelerating station.

В соответствии с наиболее вероятной моделью транспортной системы снабжения (ТСС) лунной базы ТСС для участка «околоземная орбита - лунная поверхность» должна включать многоразовый межорбитальный буксир (МБ), многоцелевую лунную орбитальную станцию (ЛОС) и многоразовый лунный буксир (ЛБ), доставляющий полезную нагрузку (ПН) с орбиты ЛОС на лунную базу. ЛОС находится на круговой полярной орбите высотой 110 км [1, с. 294] и помимо решения научных задач обеспечивает приём и отправку МБ, ЛБ, пилотируемых межорбитальных кораблей.

Одним из энергозатратных звеньев ТСС лунной базы является участок спуска ЛБ с ПН с орбиты ЛОС на поверхность Луны. Так, для осуществления посадки на лунную поверхность с круговой орбиты высотой 110 км с использованием ракетной двигательной установки требуется характеристическая скорость примерно 1750 м/с [2, с. 332-333].

В связи с этим возникает необходимость в использовании безрасходных способов разгона ЛБ, в частности, катапультного разгона ЛБ, не требующего расхода ракетного топлива.

Для реализации этого способа разгона многоцелевая ЛОС массой порядка 65 т оснащается разгонным модулем массой 30 т и таким образом превращается в многоцелевую лунную орбитальную разгонную станцию (ЛОРС).

Разгонный модуль имеет два тросовых разгонных устройства (ТРУ), каждое из которых обеспечивает встречное ускоренное движение ЛОРС и разгоняемого тела.

В качестве привода каждого ТРУ используется маховик массой 3,5 т. Разрывная длина (удельная прочность) материала троса и маховика принята равной 2000 км.

Создание такого материала можно ожидать предположительно во второй половине XXI века.

Схема доставки ПН на лунную базу с использованием ЛОРС выглядит следующим образом. МБ массой 20 т доставляет на ЛОРС грузовой контейнер (ГК) массой 5 т и топливо для дозаправки ЛБ.

С помощью первого ТРУ ЛОРС производится разгон ЛБ с ГК относительно сборки «ЛОРС + МБ» в направлении, противоположном движению ЛОРС. При этом увеличивается орбитальная скорость сборки «ЛОРС + МБ» и полностью гасится орбитальная скорость ЛБ с ГК ($V = 1629$ м/с), вследствие чего сборка «ЛОРС + МБ» переходит с круговой на эллиптическую орбиту, а ЛБ с ГК опускается вертикально вниз и гасит только скорость, обусловленную его падением с высоты 110 км ($V = 580$ м/с).

С помощью второго ТРУ ЛОРС в перигее эллиптической орбиты производится разгон МБ относительно ЛОРС в направлении движения ЛОРС.

При этом уменьшается орбитальная скорость ЛОРС и увеличивается орбитальная скорость МБ, вследствие чего ЛОРС возвращается на исходную круговую орбиту и увеличивается апогей эллиптической орбиты МБ.

Представлены результаты численного моделирования разгона с помощью ЛОРС ЛБ с ГК до скорости 1629 м/с и последующего разгона МБ до скорости 623 м/с, обеспечивающего возвращение ЛОРС на исходную круговую орбиту высотой 110 км.

Показано, что использование ЛОРС для спуска ЛБ с орбиты позволяет уменьшить массу топлива ЛБ на 5 т по сравнению с ЛБ, совершающим спуск по обычной схеме, то есть с использованием

только его ракетной двигательной установки.

При оценке эффективности ТСС лунной базы принято, что при эксплуатации лунной базы с персоналом 3 – 4 человека необходимо ежегодно доставлять на неё три ГК массой по 5 т.

В одном из ГК на лунную базу доставляется запас топлива для дозаправки перед стартом с лунной поверхности ЛБ, осуществляющего смену персонала лунной базы.

В качестве ЛБ, осуществляющего транспортировку персонала, используется «грузовой» вариант ЛБ, оснащаемый при необходимости съёмной кабиной экипажа (персонала базы).

Спуск с орбиты такого ЛБ с экипажем производится без использования ТРУ ЛОРС.

Использование ЛОРС в составе ТСС лунной базы, реализуемое за счёт включения в состав ЛОС разгонного модуля массой 30 т, существенно повышает эффективность ТСС, поскольку по сравнению с обычной схемой доставки грузов позволяет уменьшить на 15 т ежегодную доставку на окололунную орбиту массы грузов, необходимых для функционирования ТСС.

При двадцатилетней эксплуатации лунной базы экономия доставляемой на окололунную орбиту массы превышает массовые затраты на реализацию ЛОРС (30 т) в 10 раз, при тридцатилетней эксплуатации – в 15 раз.

Литература

1. Левантовский В.И. Механика космического полёта в элементарном изложении. – М.: Наука, 1980. – 512 с.
2. Егоров В.А., Гусев Л.И. Динамика перелётов между Землёй и Луной. М.: Наука, 1980. – 544 с.

УДК 303.732.4

eLIBRARY.RU: 28.29.51

Пичугин С.Б.

Pichugin S.B.

доктор технических наук
ведущий научный сотрудник
ПАО «РКК «Энергия»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ СПУТНИКА С МЕЖСПУТНИКОВЫМИ ТРАКТАМИ

POWER CONSUMPTION AND DATA EXCHANGE MODELLING FOR ON BOARD EQUIPMENT OF A SATELLITE WITH INTERSATELLITE LINKS

Аннотация. Рассмотрены два варианта исполнения бортовой аппаратуры спутника низкоорбитальной спутниковой системы связи с межспутниковыми трактами радиодиапазона и оптического диапазона. Для обоснования выбора нужного варианта моделировалось энергопотребление бортовой аппаратуры, обеспечивающей работу межспутниковых трактов и трактов, обеспечивающих связь с абонентами, а также частотные сдвиги в межспутниковых трактах, возникающие в связи с взаимными перемещениями спутников в своей и в соседних орбитальных плоскостях.

Abstract. Two variants of build-up of on-board equipment of a satellite in low Earth orbit communications system with intersatellite links of radio frequency range and optical frequency range. For supporting of choosing proper variant, modelling of power consumption of the on-board equipment, which can provide intersatellite link and subscriber link operation, as well as frequency shift due to satellite reciprocal moves in neighbor and in its own orbital planes.

Ключевые слова: Межспутниковый тракт, оптический тракт, радиотракт, частотный сдвиг, энергопотребление бортовой аппаратуры.

Keywords: Intersatellite link, optical link, radiolink, frequency shift, on board equipment power consumption.

Во всех вариантах построения бортовой комплекс связи спутника включал 72 тракта радиодиапазона в направлении Земли для обеспечения связи с наземными абонентами и шесть межспутниковых трактов для связи со спутниками – с двумя соседями в своей орбитальной плоскости и по два на восток и на запад для связи с соседями в соседних орбитальных плоскостях. Пропускная способность каждого абонентского тракта составляла 38 Мбит/с (суммарно 2,7 Гбит/с). Пропускная способность каждого из шести межспутниковых трактов была задана величиной 2,5 Гбит/с.

Материал и методы

Моделирование частотного сдвига $F_{\text{допл}}$ для каждого варианта построения бортового комплекса связи спутника осуществлялась на основе соотношения из [1]:

$$F_{\text{допл}} = \frac{2VF_0 \cos(\alpha) \cos(\beta)}{c}, \quad (1)$$

где V – скорость СРФМ относительно абонента;

F_0 – частота несущей сигнала в межспутниковом тракте;

α – азимут СРФМ относительно абонента;

β – угол места, под которым абонент наблюдает СРФМ.

Моделирование энергопотребления осуществлялось по материалам [2]. Результаты моделирования энергопотребления приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Энергопотребление модели бортовой аппаратуры спутника в исследуемых вариантах реализации

| Вариант | Наименование платы / русский перевод | Число | Потребление, Вт |
|------------|---|-----------|-----------------|
| Радио | Quad STM-1e electrical / 4-х портовая плата электрического интерфейса 155 Мбит/с | 25 | 25,0 |
| | 34/45 Mbit/s electrical / 3-х портовая плата электрического интерфейса на скорости 34 Мбит/с или 45 Мбит/с | 27 | 20,0 |
| | Subrack / Стоечная полка | 7 | 106,5 |
| | | Всего, Вт | 1910,5 |
| Оптический | STM-16 Aggregate (ultra-long haul) / Плата оптического интерфейса 2,5 Гбит/с увеличенной дальности действия | 6 | 70,0 |
| | 34/45 Mbit/s electrical / 3-х портовая плата | 27 | 20,0 |

| Вариант | Наименование платы / русский перевод | Число | Потребление, Вт |
|---------|---|--------------|--------------------|
| | электрического интерфейса на скорости 34 Мбит/с или 45 Мбит/с | | |
| | Subrack / Стоечная полка | 4 | 106,5 |
| | | Всего, Вт | 1386,0 |

Результаты и обсуждение

Результаты исследования частотного сдвига и данные оценки энергопотребления сведены в единую таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты оценок вариантов исполнения межспутниковых трактов

| Вариант, межспутниковый тракт | Частотный сдвиг, кГц | Потребление, Вт |
|----------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Радиотракты | 762 | 1910,5 |
| Оптические тракты | 5718 | 1386,0 |

В процентном соотношении полученные результаты представлены в таблице 3.

Из таблиц 2 и 3 следует, что наибольший частотный сдвиг в ходе работы межспутникового тракта происходит, если для построения бортового комплекса связи спутника связи используется аппаратура оптического диапазона, но при этом, данный вариант построения наименее требователен к энергопотреблению.

Таблица 3 – Результаты оценок вариантов исполнения межспутниковых трактов

| Вариант, межспутниковый тракт | Частотный сдвиг, % | Потребление, % |
|----------------------------------|--------------------|----------------|
| Радиотракты | 13 | 100 |
| Оптические тракты | 100 | 73 |

Литература

1. Космические системы связи: Учеб. пособие [Электронный ресурс] В. Ф. Михайлов, В. И. Мошкин, И. В. Брагин: ГУАП. СПб., 2006. 174 с.

2. Nortel OPTera Metro 4200 Multiservice Platform, SDH Transmission, Document number 323-1233-100 / International Optical Networks Technical Documentation Group, Printed in England, Release 4 Standard November 2002, 346 pp.

УДК629.786

eLIBRARY.RU: 55.49.07; 55.49.45

Спирин А.И.

Spirin A.I.

главный специалист

по пилотируемым космическим комплексам

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»

г. Королёв, Моск. обл.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ СВЕРХМАЛОЙ УТЕЧКИ АТМОСФЕРЫ ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

LOCALIZATION ULTRA-LOW LEAKAGE FROM THE ATMOSPHERE MANNED SPACE COMPLEX

Аннотация. В докладе рассматривается проблема распознавания утечки атмосферы из жилых отсеков пилотируемых космических комплексов (ПКК). Особое внимание уделено методам и средствам локализации сверхмалых повреждений, путям совершенствования оборудования, необходимого для выявления сквозных дефектов в герметичных оболочках долговременных ПКК.

Ключевые слова: пилотируемый космический комплекс, разгерметизация, поиск утечки атмосферы, теченскатель, дефектоскоп.

Abstract. The report examines a problem of detecting atmospheric leaks from the living quarters of manned space complexes (MSC). Special attention is paid to methods and means of localization of ultra-small damages, ways to improve the equipment necessary to identify through defects in the sealed shells of long-term MSC.

Keywords: manned space complex, depressurization, search for atmospheric leakage, leak detector.

Атмосфера внутренних объемов орбитальных модулей, как элементов пилотируемых космических комплексов (ПКК), создает жизненное пространство для космонавтов, а ее параметры близки к

земной. Составной характер жилых объемов ПКК характеризуется наличием межмодульных люков, которые в основном открыты и закрываются для изоляции отдельных модулей/отсеков на период выполнения тех или иных полетных операций, а также в случае парирования аварийных ситуаций, тем самым повышая живучесть ПКК.

Поддержание стабильного давления в жилых отсеках обеспечивает комфортное и безопасное пребывание экипажа на борту ПКК. При снижении давления ниже заданного уровня бортовая автоматика формирует аварийное сообщение и экипаж выполняет действия в соответствии с эксплуатационной документацией [1].

В докладе раскрываются первоначальные действия экипажа при обнаружении падения давления атмосферы [2], а также поиск места течи в отсеке при разгерметизации [3].

Отличительная особенность разгерметизации ПКК заключается в том, что действия по ее устранению выполняются при продолжающемся спаде давления в ПКК и ограничиваются временем, именуемым резервным, величина которого определяется темпом спада. По исчерпанию резервного времени экипаж изолирует негерметичный отсек от смежных закрытием соответствующих люков.

Особым случаем разгерметизации является сверхмалая утечка, распознаваемая на общем объеме ПКК только аналитическими методами.

Она характеризуется неразличимым на фоне ежесуточных колебаний давления атмосферы ПКК низким темпом спада давления с потерей воздуха до нескольких килограммов в сутки и эквивалентным поперечным сечением сквозного дефекта в оболочке ПКК в доли миллиметра. Резервное время на преодоление подобной утечки не является критичной величиной, но ограничивается запасами сжатого воздуха на борту, а также возможностями по его доставке с Земли. Модуль/отсек признается негерметичным при кратно большей величине темпа спада давления из изолированного отсека по сравнению со статистической нормой утечки из общего объема ПКК.

Стратегия поиска места сверхмалой утечки в негерметичном модуле/отсеке основывается на анализе обстоятельств, предшествовавших ее появлению, конструктивных особенностей и режимов работы оборудования отсека, а также возможностей диагностического оборудования (дефектоскопов, течеискателей и др.). При этом также учитывается, что утечка может происходить через

несколько малоразмерных дефектов с проходным сечением меньшим, чем у одиночного дефекта.

Локализация сквозных дефектов в оболочке ПКК заключается в выполнении следующих действий:

- определяют по конструкторской документации и с помощью ультразвукового толщиномера местоположение приварных кронштейнов снаружи отсека;
- проверяют с помощью ультразвукового дефектоскопа наличие дефектов в оболочке вблизи внутренних и внешних приварных кронштейнов, а также в основных сварных швах оболочки отсека;
- определяют глубину обнаруженных дефектов с использованием вихретокового дефектоскопа;
- проверяют наличие утечки через выявленные дефекты установкой над ними герметичных куполов;
- нанесением герметика изолируют зоны вокруг тех дефектов, к которым отсутствует прямой доступ (под внутренними кронштейнами, трубопроводами и др.) в качестве превентивной меры их изоляции;
- контролируют места концентрации осажденных свободно взвешенных частиц на оболочку отсека, как признаков мест сквозных дефектов;
- контролируют по видеоинформации траектории движения маркеров в отсеке и по ускоренному их осаждению на оболочку определяют потенциальные места сквозных дефектов [4].

В докладе подробно изложено наиболее оптимальное решение проблемы локализации сверхмалой утечки в ПКК.

Создание средств локализации сверхмалых утечек на ПКК позволит сократить нерациональное расходование ресурсов при локализации дефектов в гермооболочках и обеспечить безопасное пребывание экипажа на ПКК.

Литература

1. Соловьёв В.А., Лысенко Л.Н., Любинский В.Е. Управление космическими полетами: в 2 ч.; под общ. ред. Л.Н. Лысенко. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, М., 2010, ч. 2. 426 с.
2. Спирин А.И., Николаева О.А. Методические подходы к парированию аварийных ситуаций на международной космической станции // Космическая техника и технологии – 2020 - №1 (28) - С. 48-59.
3. Спирин А.И. Выявление и локализация сверхмалой утечки атмосферы пилотируемого космического комплекса. 22-я Международ.

конф. «Авиация и космонавтика». 20-24 ноября 2023 года. Москва. М.: Изд-во «Перо», 2023. [Электронное издание], с. 226-227.

4. Способ определения на орбите места течи в корпусе пилотируемого космического аппарата: Патент 2813814 (Россия). С 2023.07.24. МПК G01M 3/04 (2023.08). Заявка 2023119527 от 2023.07.24 / Спирин А.И., Рулев Д.Н.; Публичное акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва».

УДК 629.78.03: 621.472

eLIBRARY.RU: 1304

Финогенов С.Л.

Finogenov S.L.

старший научный сотрудник

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет), г. Москва

Тузиков С.А.

Tuzikov S.A.

старший преподаватель

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет), г. Москва

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМА ПОЛЁТА
КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С СОЛНЕЧНЫМ
ТЕПЛОВЫМ АККУМУЛЯТОРОМ**

**FLIGHT REGIME IMPROVEMENT OF SPACECRAFT
WITH SOLAR THERMAL ENERGY STORAGE**

Аннотация: Предложена усовершенствованная схема выведения космического аппарата (КА) на геостационарную орбиту (ГСО), позволяющая существенно повысить энергобаллистическую эффективность перелета. Солнечный тепловой ракетный двигатель (СТРД) в составе КА содержит двухступенчатый тепловой аккумулятор (ТА) с высоким КПД, обеспечивая возможность значительного повышения полезной нагрузки (ПН) на ГСО при реализации перспективной схемы выведения. Представлены результаты математического моделирования СТРД с ТА, показаны их основные отличия от ранее рассмотренных КА с СТРД.

Ключевые слова: космический аппарат, солнечный тепловой ракетный двигатель, тепловой аккумулятор, геостационарная орбита, энергобаллистическая эффективность полета.

Abstract: The improved scheme of spacecraft (SC) injection into geostationary earth orbit (GEO) is presented. This scheme allows essentially raising energy-ballistic efficiency of low earth orbit to GEO mission. The solar thermal propulsion (STP) includes double-stage thermal energy storage (TES) of high thermal efficiency and provides the possibility of significant increase of payload on GEO with use of advanced delivery scheme. The peculiarities of SC with the TES compared with known SC with STPs are considered.

Keywords: spacecraft, solar thermal propulsion, thermal energy storage, geostationary earth orbit, energy-ballistics flight efficiency.

Использование энергии Солнца для развития космонавтики было предсказано К.Э. Циолковским. В настоящее время существует множество проектов, связанных с использованием солнечной энергии для космических полетов.

Материал и методы

В работах [1,2] и других проанализированы различные варианты КА с СТД, содержащим ТА, заряжаемым солнечной энергией за время пассивного полета с использованием множественных переходных траекторий, и разряжаемым за короткое время включения СТД в апсидальных областях орбит. Удельная тяга СТД [1,2] может достигать 870-900 с при тяге 100-500 Н в случае использования тугоплавкого энергоемкого теплоаккумулирующего материала (ТАМ). Одноступенчатые системы "светоприемник-ТА" обладают достаточно невысоким тепловым КПД вследствие высоких тепловых потерь, при этом точность такого приемника-аккумулятора не превышает значений параметра точности $\Delta\alpha=0,5-0,6^\circ$, условия ориентации системы "зеркальный концентратор-светоприемник-аккумулятор" (КПА) в динамическом режиме не могут превышать $\beta=0,8-1,1^\circ$ [1,3].

Результаты и обсуждение

Учитывая гауссовский характер распределения плотности светового потока по радиусу фокального светового пятна, для обеспечения высокой энергетической эффективности системы КПА возможным может являться применение двухступенчатого приемника-аккумулятора, при использовании не слишком точного концентратора (параметр $\Delta\alpha=0,9^\circ-1^\circ$) с упрощенной системой слежения за Солнцем ($\beta=1,5-1,65^\circ$). Двухступенчатая система КПА содержит

периферическую низкотемпературную ступень, содержащую энергоемкий ТАМ, и центральную высокотемпературную ступень в области наибольшей плотности лучистой энергии. Температура первой ступени ТА выбирается исходя из параметра точности солнечного концентратора, его угловой апертуры и размеров фокального светового пятна. Отношение радиальных размеров ступеней зависит от выбранных ТАМ: радиус центральной ступени может составлять до 30% от полного радиуса светоприемника-аккумулятора. Нагрев рабочего тела в ТА осуществляется последовательно для минимизации тепловых потерь.

Для выведения КА на ГСО представляется возможным сократить время перелета до 20-30 суток вместо 40-60 суток в зависимости от выбранной комбинации величин $\{I_{ед}; [p]\}$, где

$I_{ед} = t_{дв} \cdot P$ - единичный импульс тяги;

$t_{дв}$ - время каждого включения СТД, равное времени теплового разряда ТА;

P - тяга СТД;

$[p] = M_k / M_a$ - соотношение масс концентратора M_k и аккумулятора M_a .

Комбинация $\{I_{ед}; [p]\}$ определяет время перелета, массу ПН и габариты солнечного концентратора. Выбор соотношения времени работы СТД (теплового разряда ТА) и реактивной тяги для конкретной величины $I_{ед}$ осуществляется, в том числе, исходя из возможностей обеспечения тепловых процессов в ТА и минимизации характеристической скорости.

В процессе перелета происходит накопление тепловой энергии в системе КПА вначале за несколько витков вокруг Земли для обеспечения перигейных включений СТД, каждый раз вырабатывающего импульс тяги $I_{ед}$ с учетом частичного затенения переходных орбит. По мере увеличения эксцентриситета орбиты относительное время заряда ТА сокращается, и при достижении определенного “критического” радиуса апогея от 11500 до 25000 км, в зависимости от времени выведения при выбранной комбинации $\{I_{ед}; [p]\}$, достаточно половины одного витка для полного расплавления ТАМ. При этом более длительному перелету соответствует более высокий “критический” радиус апогея. С этого момента возможны попарные включения в перигее и апогее каждой переходной орбиты, что способствует сокращению времени перелета. При достижении окрестности ГСО осуществляются апогейные включения для окончательного формирования орбиты.

При проведении расчетов при начальной массе КА 8000 кг выбраны следующие исходные данные: $I_{ед}=180$ кН·с, параметр $[p]=0,35$ и параметр точности $\Delta\alpha=1^\circ$. Для времени перелета 30 суток масса ПН на ГСО составляет до 2100 кг при диаметре концентратора внеосевой схемы 17,1 м. В случае более продолжительного перелета масса ПН может достигать 2450-2500 кг. По сравнению с обыкновенно рассматриваемым режимом полета с солнечным двигателем увеличение массы ПН составляет до 400 кг.

Для сравнения можно отметить, в частности, что комбинированные двигательные системы, включающие химический разгонный блок “Фрегат-М” и маршевую электроракетную двигательную установку доведения на базе двигателя типа СПД-140Д, способны вывести на ГСО полезную массу около 1640 кг при времени перелета 60 суток [4].

Литература

1. Грилихес В.А., Матвеев В.М., Полуэктов В.П. Солнечные высокотемпературные источники тепла для космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1975. 248 с.

2. Pushkin V.I., Chechin A.V., Fomin G.E., Gurtov A.S., Filatov A.N., Koroteev A.S., Popov S.A., Akimov V.N., Arkhangel'skyi N.I. Kick Stages with Solar Heat Propulsion Systems for Increase of Middle Class Soyuz Launchers Competitiveness. // 6th International Symposium on Propulsion for Space Transportation: Propulsion for Space Transportation of the XXIst Century. Paper № S36.2. May 14-16, 2002. Versailles, France.

3. Gilpin M.R., Scharfe D.B., Young M.P., Webb R. Experimental Investigation of Latent Heat Thermal Energy Storage for Bi-Modal Solar Thermal Propulsion. // 12th International Energy Conversion Engineering Conference. Cleveland, OH, USA. July 28-30, 2014. AIAA Paper, 2014. № 2014-3832. URL: <https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/6.2014-3832> (дата обращения 2 марта 2025).

4. Белик А.А., Егоров Ю.Г., Кульков В.М., Обухов В.А. Анализ проектно-баллистических характеристик комбинированной схемы выведения космического аппарата на ГСО с использованием ракет-носителей среднего класса. // Авиационно-космическая техника и технология. 2011. № 4 (81). С.17-21.

УДК 629.786.2

eLIBRARY.RU: 89.25.15

Новиков А.В.
Novikov A.V.
Пеклевский А.В.

Peklevsky A.V.
Кандидат физико-математических наук
Прокопович С.П.
Prokovich S.P.
Краснов Н.О.
Krasnov N.O.
АО «ЦНИИмаш»

**О ВЛИЯНИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОГРАММЫ
НАУЧНО-ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА МКС
ФАКТОРА ПЕРЕРЫВОВ В БОРТОВОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РАБОТ**

**ON THE IMPACT ON THE EFFECTIVENESS OF THE PROGRAM
SCIENTIFIC AND APPLIED RESEARCH ON THE ISS DUE TO
INTERRUPTIONS IN ON-BOARD WORK**

Аннотация. В нормативно-технической документации отсутствует описание единого подхода к понятию эффективности по всей совокупности проводимых на борту МКС работ из состава долгосрочной программы научно-прикладных исследований (НПИ). Декомпозиция до уровня бортовой реализации КЭ и ЦР позволяет исключить разнородность целевой результативности работ и определяет фактор перерыва в бортовой реализации работ как наиболее существенный и влияющий на эффективность выполнения программы НПИ в целом. Даны численные оценки продолжительности перерывов (пауз) бортовой реализации (БР) работ на основе фактических данных и их графическая иллюстрация. Предложено ограничить возможность добавления новой научной аппаратуры для работ, находящихся на этапе БР.

Ключевые слова: Международная космическая станция, программа научно-прикладных исследований, эффективность программы, космический эксперимент, целевая работа.

Abstract. The regulatory and technical documentation does not describe a unified approach to the concept of efficiency for the entire set of work carried out on board the ISS from the long-term program of scientific and applied research (NPI). Decomposition to the level of on-board implementation of experiments makes it possible to eliminate the heterogeneity of the target performance of work and determines the factor of interruption in the on-board implementation of work as the most significant and affecting the effectiveness of the NPI program. Numerical

estimates of the duration of on-board implementation breaks (pauses) based on actual data and their graphical illustration are given. It is proposed to limit the possibility of adding new scientific equipment for work that is at the stage of on-board implementation.

Keywords: International Space Station, scientific and applied research program, program effectiveness, space experiment, targeted work.

Вопросы эффективности космических исследований всегда остаются актуальными ввиду их высокой стоимости и многообразия влияющих факторов.

Базовые понятия эффективности комплексов научного и народнохозяйственного назначения изложены в издании [1]. Показатели эффективности для космических систем ДЗЗ изложены в ГОСТ Р 70665-2023 [2].

Действующая система научно-прикладных исследований (НПИ) на пилотируемых космических комплексах (ПКК) описана в требованиях ГОСТ Р 52017-2023 [3].

Процесс наземной подготовки, бортовой реализации и анализ результатов космических экспериментов (КЭ) и целевых работ (ЦР), выполняемых на борту МКС в рамках долгосрочной программы НПИ и ЦР, подчиняется требованиям этого документа.

На борту МКС проводятся работы (КЭ и ЦР), существенно различающиеся по своей сути и целевому предназначению: научно-фундаментальные исследования, технические изыскания, практические задачи и образовательные мероприятия, коммерческие проекты, что, несомненно, создает сложность с пониманием единого подхода к понятию эффективности по всей совокупности разнородных работ и её численного определения. ГОСТ Р 52017-2023 не содержит описания эффективности программы НПИ.

Декомпозиция показателя эффективности процесса получения знания на ПКК до уровня бортовой реализации КЭ и ЦР позволяет исключить разнородность целевой результативности работ.

Рассмотрение эффективности реализации КЭ и ЦР на этапе БР в «производственном» контексте как результативности выполнения плана эксперимента или целевой работы из состава программно-методической документации на КЭ (ЦР) [3] относительно запланированного времени его выполнения определяет перерыв в бортовой реализации работ, не предусмотренный планом КЭ или ЦР, как наиболее существенный фактор, влияющий и на эффективность выполнения программы НПИ в целом.

В этой связи авторы работы поставили задачу получить численные оценки длительности перерывов в бортовой реализации работ, не предусмотренных их замыслом, в масштабах отдельной экспедиции МКС на реальных данных выполнения программы НПИ по 218 КЭ и ЦР за период МКС-1 ÷ МКС-73.

В результате анализа данных программы НПИ установлено, что за указанный период 96 КЭ и ЦР на этапе (в статусе) БР имели перерывы в бортовой реализации продолжительностью от одной отдельной пилотируемой экспедиции МКС и более. Среднее значение продолжительности перерыва бортовой реализации КЭ или ЦР по всей выборке составило 6,3 экспедиции МКС.

Программа НПИ на МКС перегружена проектами с большими сроками БР, что существенно влияет на возможность идеального планирования непрерывной бортовой реализации, ограничивая тем самым эффективность процесса БР и программы НПИ в целом. Большие сроки проведения экспериментов на МКС несут в себе также потенциальную потерю актуальности и научной значимости проводимых работ.

Анализ процесса реализации программы НПИ показал, что чаще всего большие паузы в реализуемых на борту работах связаны с добавлением новых задач и необходимостью изготовления НА, на что требуются большие временные затраты. Предложено ограничить возможность добавления новой научной аппаратуры для работ, находящихся на этапе БР, что обеспечит существенный прирост эффективности программы НПИ в целом.

Литература

1. Авдеевский В.С., Успенский Г.Р. Космическая индустрия. М.: Машиностроение, 1989. 568 с.
2. ГОСТ Р 70665-2023 Дистанционное зондирование Земли из космоса. Космические системы дистанционного зондирования Земли. Показатели эффективности. - Введ. 13.07.23. М.: Российский институт стандартизации, 2023. 11 с.
3. ГОСТ Р 52017-2023 Комплексы космические пилотируемые. Порядок подготовки и проведения космического эксперимента и целевой работы. – Взамен ГОСТ 52017-2003: Введ. 01.06.23. М.: Российский институт стандартизации, 2023. 44 с.

Воронин Ф.А.

Voronin F.A.

начальник сектора ПАО РКК «Энергия»

им. С.П. Королёва, г. Королёв

Скотников А.С.

Skotnikov A.S.

техник ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва, г. Королёв

Харчиков М.А.

Harchikov M.A.

ведущий инженер-программист

ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва, г. Королёв

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ
СИСТЕМЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ**

**AUTOMATION OF TESTING SOFTWARE OF THE
INFORMATION AND CONTROL SYSTEM OF THE
INTERNATIONAL SPACE STATION**

Аннотация. Большое количество космических экспериментов, проводимых на Российском сегменте Международной космической станции, обуславливает необходимость стандартизации и унификации подходов к управлению аппаратурой, для проведения космических экспериментов. Для решения задач управления и контроля научной аппаратурой на РС МКС функционирует информационно-управляющая система. Рассматриваются подходы, используемые для автоматизации тестирования информационно-управляющая система для повышения надёжности и сокращения время ввода новой научной аппаратуры в эксплуатацию.

Ключевые слова: информационно-управляющая система, международная космическая станция, программное обеспечение, автоматизация тестирования.

Abstract. A large number of space experiments conducted on the Russian segment of the International Space Station necessitate standardization and unification of approaches to equipment control for conducting space experiments. To solve the problems of control and monitoring of scientific equipment on the ISS RS, an information and

control system operates. Approaches used to automate testing of the information and control system to improve reliability and reduce the time of commissioning of new scientific equipment are considered.

Keywords: Information and control system, international space station, software, automatic testing.

В данном докладе рассматриваются вопросы автоматизации тестирования программного обеспечения информационно-управляющей системы (ИУС) РС МКС, основанные на многолетнем опыте эксплуатации системы и современных подходах к верификации сложных информационных систем [1, 2].

ИУС РС МКС представляет собой комплекс взаимосвязанных компьютерных и сетевых средств, обеспечивающих выполнение ключевых задач, включая управление научной аппаратурой (НА), передачу навигационных данных, синхронизацию по точному времени, а также дистанционный контроль и управление экспериментами с Земли в Центре управления полётами (ЦУП-М) [3, 4].

Основные аспекты автоматизации тестирования ИУС:

1. Структура и состав ИУС – анализ компонентов системы для разработки тестового покрытия [5].
2. Взаимодействие с научной аппаратурой – автоматизация проверки интерфейсов между ИУС и НА.
3. Жизненный цикл интеграции НА – применение автоматизированных тестов на этапах разработки, отладки и ввода в эксплуатацию [6].
4. Типовые алгоритмы управления НА – модульное и интеграционное тестирование ПО ИУС.
5. Автономное и комплексное тестирование – методы автоматизированной проверки функциональности НА как в изолированной среде, так и в составе ИУС.
6. Управление НА из ЦУП-М – автоматизация проверки командных и телеметрических каналов связи [7].

Особое внимание уделено инструментам и методикам автоматизированного тестирования, позволяющим повысить надежность ИУС и сократить время ввода новой научной аппаратуры в эксплуатацию [8].

Литература

1. Микрин Е.А. Бортовые комплексы управления космических аппаратов. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 242 с.
2. Воронин Ф.А., Дунаева И.В. Информационно-управляющая система для проведения научных экспериментов на международной

космической станции // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2017. № 1. С. 20–30.

3. Кульба В.В., Микрин Е.А., Павлов Б.В., Платонов В.Н. Теоретические основы проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов. М.: Наука, 2006. 579 с.

4. Микрин Е.А., Пелихов В.П. Система комплексной отработки программного обеспечения долговременных орбитальных станций // Материалы VIII международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». 2000. С. 350–351.

5. Воронин Ф.А., Пахмутов П.А., Сумароков А.В. О модернизации информационно-управляющей системы российского сегмента Международной космической станции // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2017. № 1. С. 109–122.

6. Пахмутов П.А., Скороход С.А., Бусарова Д.А. Концепция построения программного обеспечения бортовой цифровой вычислительной системы информационно-управляющей системы российского сегмента МКС // Труды РКТ. 2012. Серия 12. Выпуск 3. С. 7–11.

7. Микрин Е.А. Некоторые задачи синтеза оптимальных модульных систем обработки данных реального времени в АСУ Международной космической станции «Альфа» – М.: Автоматика и телемеханика, 2001. № 1. С. 178–183.

8. Микрин Е.А. Методология организации системы отладки при разработке программного обеспечения бортовой вычислительной системы российского сегмента МКС «Альфа» // Материалы шестой международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». ИПУ РАН. СПбГУ. 1999. С. 177–178.

УДК 629.786.2

eLIBRARY.RU: 89.25.21

Воронин Ф.А.

Voronin F.A.

начальник сектора ПАО РКК «Энергия»
им. С.П. Королёва, г. Королёв

Остапенков Л.Д.

Ostapenko L.D.

техник ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва, г. Королёв

Харчиков М.А.

Harchikov M.A.
ведущий инженер-программист ПАО РКК «Энергия»
им. С.П. Королёва, г. Королёв

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МКС
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СПЕКТРОМЕТРОМ «ДРИАДА» ДЛЯ
МОНИТОРИНГА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ТЕХНОЛОГИИ ЮНИТ-ТЕСТИРОВАНИЯ**

**DEVELOPMENT INFORMATION AND CONTROL SYSTEM ISS
SOFTWARE FOR CONTROLLING THE «DRIADA»
SPECTROMETER FOR THE GREENHOUSE GAS MONITORING
USING UNIT TESTING TECHNOLOGY**

Аннотация. для осуществления контроля и управления при проведении космических экспериментов на Российском сегменте Международной космической станции функционирует информационно-управляющая система. Рассматривается процесс разработки новой версии программного обеспечения информационно-управляющей системы для управления спектрометром «Дриада». Рассматривается применение технологии юнит-тестирования для разработанного программного обеспечения.

Ключевые слова: информационно-управляющая система, международная космическая станция, спектрометр «Дриада», программное обеспечения, юнит-тестирование.

Abstract. an information and control system functions to control and manage space experiments on the Russian segment of the International Space Station. The process of developing a new version of the information and control system software for controlling the «Driada» spectrometer is considered. The application of unit testing technology for the developed software is considered.

Keywords: information and control system, international space station, spectrometer «Driada», software, unit-testing.

В данном докладе рассмотрены вопросы проектирования и разработки программного обеспечения информационно-управляющей системы (ИУС) МКС для управления спектрометром «Дриада», предназначенного для мониторинга парниковых газов в атмосфере Земли с борта Российского сегмента Международной космической

станции (РС МКС) [1]. Особое внимание уделено современным подходам к автоматизации тестирования программного обеспечения, включая применение юнит-тестов [2].

Спектрометр «Дриада» представляет собой комплекс аппаратно-программных средств, обеспечивающих автоматическое измерение концентрации углекислого газа и метана в режиме реального времени. Программное обеспечение ИУС осуществляет управление спектрометром «Дриада», обработку получаемых данных и их передачу в Центр управления полётами [3].

В докладе изложены структура и состав программного обеспечения ИУС, его взаимодействие с бортовыми системами РС МКС [4]. На примере типового цикла измерений показаны алгоритмы работы ПО, включая калибровку оборудования, обработку спектральных данных и диагностику неисправностей [5].

Отдельно рассмотрены вопросы тестирования программного обеспечения, в том числе:

1. Применение модульных (юнит) тестов для проверки отдельных компонентов системы;
2. Комплексное тестирование взаимодействия спектрометра и ИУС [6-8].

Литература

1. Микрин Е.А. Бортовые комплексы управления космических аппаратов – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 242 с.
2. Воронин Ф.А., Дунаева И.В. Информационно-управляющая система для проведения научных экспериментов на международной космической станции // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2017. № 1. С. 20–30.
3. Кульба В.В., Микрин Е.А., Павлов Б.В., Платонов В.Н. Теоретические основы проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов. М.: Наука, 2006. 579 с.
4. Микрин Е.А., Пелихов В.П. Система комплексной отработки программного обеспечения долговременных орбитальных станций // Матер. VIII междунаро. конф. «Проблемы управления безопасностью сложных систем». 2000. С. 350–351.
5. Воронин Ф.А., Пахмутов П.А., Сумароков А.В. О модернизации информационно-управляющей системы российского сегмента Международной космической станции // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2017. № 1. С. 109–122.

6. Пахмутов П.А., Скороход С.А., Бусарова Д.А. Концепция построения программного обеспечения бортовой цифровой вычислительной системы информационно-управляющей системы Российского сегмента МКС // Труды РКТ. 2012. Серия 12. Выпуск 3. С. 7–11.
7. Микрин Е.А. Некоторые задачи синтеза оптимальных модульных систем обработки данных реального времени в АСУ Международной космической станции «Альфа» – М.: Автоматика и телемеханика, 2001. №1. С.178–183.
8. Микрин Е.А. Методология организации системы отладки при разработке программного обеспечения бортовой вычислительной системы российского сегмента МКС «Альфа» // Матер. шестой междунаро. конф. «Проблемы управления безопасностью сложных систем». ИПУ РАН. СПбГУ. 1999. С. 177–178.

УДК 629.78.054
eLIBRARY.RU: 89.25.47

Черников П.С.
Chernikov P.S.

ведущий конструктор
филиала АО «НПО Лавочкина», г. Калуга

Зефиров И.В.
Zefirov I.V.

кандидат технических наук, начальник сектора
АО «НПО Лавочкина», г. Химки

КРИТЕРИИ ОТБОРА СТОЙКИХ К ОДИНОЧНЫМ ЭФФЕКТАМ МИКРОСХЕМ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ МЕЖПЛАНЕТНОЙ МИССИИ К МАРСУ

CRITERIA FOR SELECTION OF SINGLE EFFECT HARDNESS MICROCIRCUITS FOR INTERPLANETARY MISSION TO MARS

Аннотация. Представлены результаты расчёта частоты и вероятности случайных одиночных эффектов, вызываемых ионизирующими излучениями космического пространства и радиоизотопными источниками, в радиоэлектронной аппаратуре на борту космического аппарата в период межпланетного перелёта к Марсу и функционирования на его поверхности. На основании анализа

полученных результатов определены критерии отбора сбое- и отказоустойчивых интегральных микросхем.

Ключевые слова: ионизирующее излучение космического пространства; одиночные отказы; интегральные микросхемы; радиоизотопные источники; нейтроны; радиоэлектронная аппаратура; космический аппарат.

Abstract. The results of calculation of the frequency or probability of random single effects caused by ionizing radiation of space and radioisotope sources in electronic equipment on board a spacecraft during the interplanetary flight to Mars and functioning on its surface. Based on the analysis of the obtained results, the criteria for selecting upsets- and failure-hardness integrated circuits are determined.

Keywords: ionizing space radiation; single failures; integrated circuits; radioisotope sources; neutrons; electronic equipment; spacecraft.

Одним из обязательных условий использования космических аппаратов (КА) для исследования планет Солнечной системы является обеспечение стойкости бортовой аппаратуры к деструктивному воздействию ионизирующего излучения космического пространства (ИИ КП), вызывающему дозовые ионизационные эффекты, случайные одиночные эффекты (ОЭ), структурные повреждения и т.п.

Для обеспечения теплового режима работы бортовой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) применяются радиоизотопные источники тепла – тепловые блоки (ТБ).

Мощные потоки нейтронов от них создают в РЭА, помимо дозовых эффектов, случайные одиночные эффекты (сбои и отказы), которые могут доминировать в качестве разрушающего фактора по сравнению с влиянием ИИ КП.

В работе представлены результаты расчета частоты одиночных эффектов в РЭА при воздействии высокоэнергетических протонов (ВЭП) и тяжёлых заряженных частиц (ТЗЧ) [1], а также нейтронов ТБ [2].

Расчёт ведётся с применением лицензированного программного комплекса НИИЯФ МГУ COSRAD для следующего сценария миссии: перелёт Земля – Марс занимает 8 месяцев, функционирование посадочного аппарата (ПА) на Марсе – один земной год.

Критерием стойкости РЭА к обратимым эффектам – одиночным сбоям (ОС) является следующее условие: она считается стойкой к ОС, если частота (число) сбоев при пиковых потоках частиц экстремальной солнечной вспышки, длящихся 12–24 часов, не превышает предельно

допустимую величину, при этом последствия сбоев должны устраняться программными средствами и не приводить к нарушению выполнения задачи полета КА.

Проведенные расчеты показывают, что для практически бессбойной работы приборов желательно использовать интегральные микросхемы (ИМС) со следующими параметрами сбое чувствительности:

$$L_0 \geq 3 \text{ МэВ}/(\text{мг} \cdot \text{см}^{-2}) \text{ и } \sigma_0 \leq 10^{-8} \text{ см}^2/\text{бит}, \quad (1)$$

где L_0 – пороговое значение линейной передачи энергии ОЭ; σ_0 – сечение насыщения ОС.

Расчет вероятности случайных одиночных отказов $P(t)$ производится на основе пуассоновского закона распределения по формуле:

$$P(t) = 1 - \exp(-vt) \quad (2)$$

где v – частота одиночных отказов (ОО) ИМС; t – время действия потока частиц.

Соответственно, вероятность безотказной работы (ВБР) рассчитывается по формуле, вытекающей из (2):

$$\text{ВБР} = 1 - P(t) = \exp(-vt)$$

Расчет показывает, что для РЭА условие $\text{ВБР} \geq 0,999$ выполняется при использовании ИМС со следующими характеристиками отказов чувствительности:

$$L_0 \geq 25 \text{ МэВ}/(\text{мг} \cdot \text{см}^{-2}), \sigma_0 \leq 10^{-2} \text{ см}^2/\text{ЭРИ}$$

Радиоизотопные тепловые блоки на основе диоксида плутония-238 создают мощный поток нейтронов в диапазоне энергий от 1 МэВ до 100 МэВ, вызывающий в аппаратуре ОЭ.

Согласно РД 134-0139-2005, расчёт частоты и числа одиночных эффектов проводится с использованием формул:

$$\begin{aligned} v &= \sigma_0 \times f_n (\geq E_0), \\ N &= \sigma_0 \times F_n (\geq E_0) \end{aligned}$$

где σ_0 – сечение насыщения ОЭ от нейтронов, см^2 ; $f_n (\geq E_0)$ и $F_n (\geq E_0)$ – интегральные энергетические спектры средней плотности потока

нейтронов ($\text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) и потока нейтронов (см^{-2}), соответственно; E_0 – пороговое значение энергии нейтронов, МэВ.

Расчеты частоты вызванных потоком нейтронов ОЭ в ИМС с применением типовых данных о сечениях насыщения, спектра нейтронов от диоксида плутония-238 и выхода нейтронов от ТБ показывают, что:

– для ИМС с уровнем сбоеустойчивости порядка (1) частота одиночных сбоев, создаваемая потоком нейтронов от сборки ТБ из 8 шт., а именно, 1 сбой за 4 суток полёта, существенно превышает частоту сбоев от ГКЛ (от 3 до 5 сбоев за примерно 2 года полета), но меньше, чем от солнечной вспышки (от 2 до 5 сбоев за 12 часов воздействия пиковых потоков), и парируется программными методами;

– при использовании ИМС с экспериментально определенными сечениями насыщения (от $10^{-10} \text{ см}^2/\text{ЭРИ}$ до $5 \cdot 10^{-10} \text{ см}^2/\text{ЭРИ}$) их ВБР лежит в диапазоне: $0,55 \leq \text{ВБР} \leq 0,89$, что явно недостаточно для выполнения требований по радиационной стойкости РЭА.

В докладе представлены основные методы парирования ОО, вызванных нейтронами ТБ.

Литература

1. Ионизирующие излучения космического пространства и их воздействие на бортовую аппаратуру космических аппаратов / под науч. ред. докт. техн. наук, проф. Г.Г. Райкунова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. 256 с.
2. Хамидуллина Н.М., Зефиров И.В., Черников П.С. Анализ одиночных эффектов, создаваемых потоком нейтронов от бортовых радиоизотопных источников в радиоэлектронной аппаратуре марсианских посадочных модулей // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2022. № 1. С. 26-31.

УДК 608(075.8)

eLIBRARY.RU: 89.25.00

Клюшников В.Ю.

Klyushnikov V.Yu.

доктор технических наук, главный учёный секретарь
ст. научный сотрудник АО «ЦНИИмаш», г. Королёв

ПРОЯВЛЕНИЕ ОБЩИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АВИАЦИИ И КОСМОНАВТИКЕ

DEMONSTRATION OF GENERAL REGULARITIES OF DEVELOPMENT OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS IN AVIATION AND COSMONAUTICS

Аннотация. Основные объективные закономерности развития технических систем были сформулированы в 1960-е годы в трудах создателя теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) Генриха Сауловича Альтшуллера [1]. Обычно к таким закономерностям относят (в терминах ТРИЗ) S-образное развитие технических систем, увеличение степени идеальности системы, неравномерность развития системы, переход в надсистему, переход с макро- на микроуровень [2] и др. Анализ проявления перечисленных закономерностей в авиационной и космической технике может послужить основой прогноза и планирования направлений развития летательных аппаратов различного назначения.

Ключевые слова: Техническая система, закономерности развития, средство выведения, космический аппарат, самолет.

Abstract. The main objective laws of development of technical systems were formulated in the 1960s in the works of the creator of the theory of inventive problem solving (TIPS) Genrikh Saulovich Altshuller. Usually, such laws include (in TIPS terms) the S-shaped development of technical systems, an increase in the degree of ideality of the system, dynamization, a through flow of energy, uneven development of the system, a transition to a supersystem, a transition from the macro- to the micro level, etc. Analysis of the manifestation of the listed laws in aviation and space technology can serve as a basis for forecasting and planning the directions of development of aircraft for various purposes.

Keywords: Technical system, development patterns, launch vehicle, spacecraft, aircraft.

Основные объективные закономерности развития технических систем были сформулированы в 1960-е годы в трудах создателя теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) Генриха Сауловича Альтшуллера [1]. Обычно к таким закономерностям относят (в терминах ТРИЗ) S-образное развитие технических систем, увеличение

степени идеальности системы, неравномерность развития системы, переход в надсистему, переход с макро- на микроуровень [2] и др.

Эволюцию ТС можно изобразить в виде логистической кривой, показывающей, как меняются во времени темпы её развития (рис. 1).

На заключительном этапе улучшение ТС становится проблематичным из-за несоразмерности требуемых для этого ресурсов или из-за достижения физических ограничений. В качестве примера можно привести завершение эры поршневой авиации и переход к реактивной.

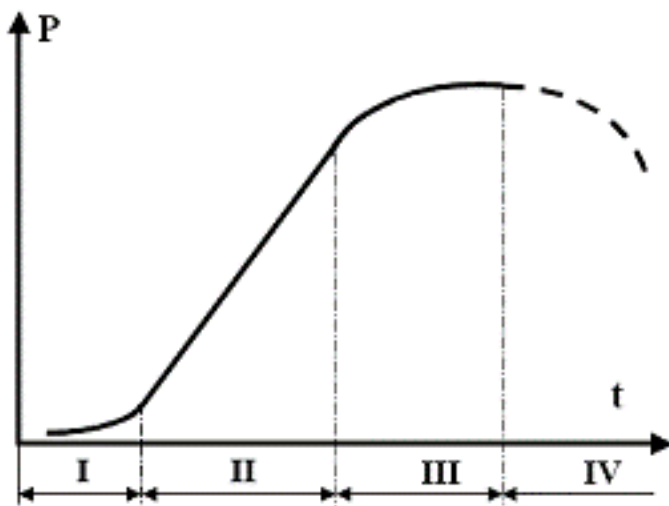


Рис. 1. Развитие технической системы:

P — показатель эффективности (совершенства, идеальности); t — время;

I — «зарождение» системы (появление идеи и опытных образцов),

II — промышленное изготовление системы и доработка системы в соответствии с требованиями рынка,

III — незначительное «совершенствование» системы, как правило, основные параметры системы уже не изменяются, происходят «косметические» изменения, чаще всего не существенные,

IV — ухудшение определенных параметров системы

В целом же развитие ТС изображается семейством логистических кривых (S-кривых), показывающих наступление так называемых технологических разрывов в ее развитии (см. рис. 2).

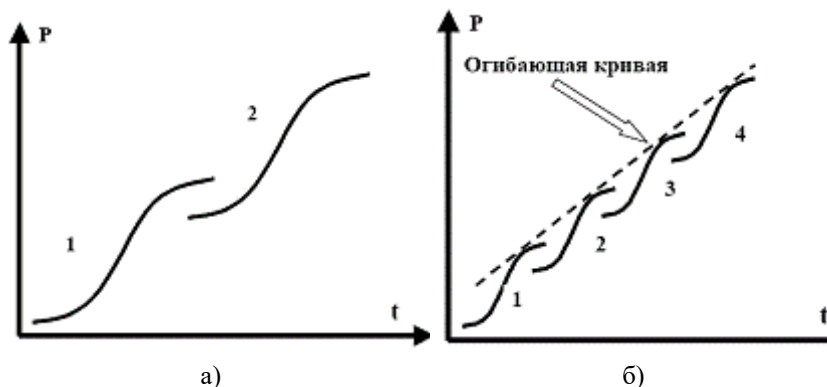


Рис. 2. Эволюция технической системы с учетом технологических разрывов: а) – технологический разрыв; б) – эволюция системы с учетом множества технологических разрывов

Развитие любой технической системы (ТС), в соответствии с известными закономерностями, происходит [3]:

- а) в направлении повышения уровня ее совершенства (по терминологии ТРИЗ – идеальности);
- б) неравномерно;
- в) через разрешение противоречий.

Так, например, эволюция энергодвигательных систем летательных аппаратов (ЛА - самолеты, ракеты-носители и космические аппараты) происходила в направлении увеличения тяги и удельного импульса тяги и опережала развитие других бортовых систем.

Периодически возникающее противоречие между потребностью во все более высокой энергетике ЛА и достигнутым уровнем технологического развития разрешалось через переход рабочего органа, непосредственно приводящего ЛА в движение, с макро- на микроуровень (терминология ТРИЗ).

Если таким рабочим органом первых поршневых самолетов являлся воздушный винт (макроуровень), то в реактивной авиации и в ракетной технике - молекулы продуктов сгорания топлива (микроуровень), а в

электроракетных двигателях космических аппаратов – ионы (микроуровень, но еще более низкий). В настоящее время эффективность (совершенство, идеальность) современных химических ракетных двигателей близка к теоретическому пределу, определяемому запасом химической энергии в топливе: любые изменения конструкции двигателя или появление нового ракетного топлива способны привести к увеличению удельного импульса тяги не более чем на 15 %.

При этом улучшалась такая характеристика ЛА, как конструктивное совершенство: отношение пассивной массы ЛА (сухой массы конструкции) к активной массе ЛА (начальной массе топлива). На сегодняшний день максимальное конструктивное совершенство имеет РН Falcon 9FT (SpaceX), – 20.

Объединение возможностей (преимуществ) авиационной и ракетной техники с целью дальнейшего совершенствования эффективности (идеальности) ЛА является проявлением закономерности перехода в надсистему. К примерам надсистем по отношению к ракете и самолету являются многообразные транспортные космические системы «Space Shuttle» и «Буран».

Анализ проявления общих закономерностей развития сложных технических систем в авиации и космонавтике позволяет сделать вывод о приближении технологического разрыва, диктующего необходимость перехода принципов построения ЛА, их конструкции в целом и, прежде всего, энергодвигательных систем, на новые физические принципы.

Литература

1. Альтшуллер Г.С. Основные этапы развития технических систем. – Альтшуллер Г.С. Дерзкие формулы творчества. / (Сост. А.Б. Селюцкий). Петрозаводск: Карелия, 1987. 269 с.
2. Петров В.М., Злотина Э.С. Теория решения изобретательских задач - основа прогнозирования развития технических систем. - Л.: Квант, - Братислава: ДТ ЧСНТО, 1989, 92 с.
3. Меерович М.И., Шрагина Л.И. Законы развития искусственных систем // Успехи современного естествознания, № 5, 2004, Прил. № 1. С. 241-243.

УДК: 629.783:519.876.5
eLIBRARY.RU: 89.25.47

Макаров Н.Ю.
Makarov N.Yu.

**МЕТОДИКА ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ
ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОРЕНИЯ ОКОЛОЗЕМНОГО
КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА И ОЦЕНКИ
ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ
РАЗМНОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА**

**METHOD OF LONG-TERM FORECASTING OF THE STATE OF
MAN-MADE POLLUTION OF NEAR-EARTH SPACE AND
ASSESSING THE POSSIBILITY OF DEVELOPING A CHAIN
REACTION OF SPACE DEBRIS MULTIPLICATION**

Аннотация. Проводится анализ и методика оценки техногенного засорения околоземного космического пространства, показаны предложения новых путей прогнозирования очистки космических орбит.

Ключевые слова: космическое околоземное пространство, космический мусор, число столкновений космических объектов, методики расчёта очистки орбит от космического мусора.

Abstract. An analysis and methodology for assessing man-made pollution of near-Earth space is conducted, and proposals for new ways to predict the cleaning of space orbits are presented

Keywords: near-Earth space, space debris, number of collisions of space objects, methods for calculating the clearance of orbits from space debris.

Долгосрочный прогноз техногенного засорения околоземного космического пространства (ОКП) представляет наибольший интерес с точки зрения возможности устойчивого развития космической деятельности. Накопление космического мусора (КМ) приводит к росту числа столкновений космических объектов в ОКП и выходу из строя функционирующих космических аппаратов (КА) и орбитальных станций [1].

В целях снижения засоренности ОКП и прогнозирования различных сценариев развития космической деятельности осуществляется моделирование долгосрочной эволюции космического мусора. При моделировании КМ учитываются новые фрагменты, образующиеся при запусках КА, при самопроизвольных взрывах и

взаимных столкновениях космических объектов (КО), а также в результате работы твердотопливных ракетных двигателей, отслоения материалов поверхности за счет действия внешних факторов и возможные другие эффекты [2, 3].

Наиболее распространенными зарубежными моделями КМ являются модель «MASTER» (ЕКА) и модель «ORDEM» (НАСА).

В Российской Федерации разработана модель космического мусора SDPA [3] для расчета пространственного распределения концентрации КО в области НОО и геосинхронных орбит, их скорости и рисков столкновений.

Модель MASTER [2] использует детерминированный подход в наиболее «чистом» виде. Она основана на «поштучном» прогнозировании движения каждого из КО с использованием известных начальных условий. В модели ORDEM [2] применяется комбинация детерминированного и стохастического подходов.

Отечественная аналитико-стохастическая модель SDPA разработана профессором А.И. Назаренко [4, 5] и представляет следующий шаг в направлении уменьшения роли детерминированного подхода. Вместо элементов орбит каждого из объектов в качестве исходных данных рассматриваются статистические нормированные распределения высоты перигея, эксцентриситета и наклонения.

В настоящей работе предлагается иной подход к определению убыли КО за счет аэродинамического торможения. В рамках разработанной модели вводится допущение, что КО эквивалентны упругим сферам одинакового размера, которые равномерно заполняют сферическую оболочку Ω , и равновероятно перемещаются в произвольном направлении. В результате взрывов и столкновений образуются новые фрагменты, которые имеют одинаковый размер и массу с инициирующими КО.

Последнее положение противоречит физическому смыслу, но принимается в целях моделирования как условие, которое является наиболее благоприятным для размножения КМ при столкновениях. Модель не учитывает распределение КМ по размерам, но оказывается полезной для оценки некоторых предельных ситуаций развития техногенного засорения ОКП.

В изложенных предположениях решается эволюционное уравнение, которое описывает изменение концентрации КО во времени, имеет вид, который подробно показан в докладе:

Научная новизна разработанной аналитической методики заключается в феноменологическом моделировании космического

мусора в сферической оболочке, которая отличается от известных аналитическим описанием процессов саморазмножения (цепной реакции размножения) космического мусора в ограниченной сферической области космического пространства, состоящем в решении эволюционного уравнения, описывающего концентрацию космических объектов с учетом их убывания и образования за счет взаимных столкновений и самопроизвольных взрывов.

Практическая значимость предложенной аналитической методики состоит в том, что с помощью неё может быть выполнен долгосрочный прогноз динамики популяции космического мусора в области НОО, при этом теоретически доказано, что условия для развития эффекта Кесслера в области НОО и, тем более, в других областях околоземного космического пространства отсутствуют.

Литература

1. Иванова В.А., Кисиленко В.С., Ключников В.Ю., Макаров Н.Ю., Яковлев М.В. Информационное обеспечение управления космическим движением. // Космонавтика и ракетостроение. 2022, № 4. С. 165 -177.
2. Flegel S., Krisko P., Gelhaus J., Wiedemann C., Mockel M., Vorsmann P., Krag H., Klinkrad H., Xu Y.-L., Horstman M.F., Opiela J.N., Matney M. - Modeling the Space Debris Environment with MASTER-2009 and ORDEM2010, PEDAS1-0012-10, January 2010.
3. Кисиленко В.С., Макаров Н.Ю., Марчук В.А., Яковлев М.В. Оценка информативности зарубежных данных о космическом мусоре. // Космонавтика и ракетостроение. 2021, № 6 (123). С. 87-97.
4. Назаренко А.И. Моделирование космического мусора. / Серия «Механика, управление и информатика». М: ИКИ РАН, 2013. 216 с.
5. Назаренко А. И. Построение высотно-широтного распределения объектов в околоземном космическом пространстве. Проблема загрязнения космоса (космический мусор) // Ин-т астрономии РАН. М.: Космосинформ.

УДК 621.45.015
eLIBRARY.RU: 55.42.43

Саттаров А.Г.
Sattarov A.G.

доктор технических наук
профессор КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
действительный член РАКЦ им. К.Э. Циолковского

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ В СИСТЕМАХ СОЗДАНИЯ РЕАКТИВНОЙ ТЯГИ ОРБИТАЛЬНЫХ КЛА

APPLICATION OF LASERS IN SYSTEMS FOR GENERATING JET THRUST FOR ORBITAL SPACECRAFT

Аннотация. В данной работе выполнен анализ характеристик лазеров, предназначенных для использования в системах создания реактивной тяги. Показано, что в лазерных ракетных двигателях для создания реактивной тяги наиболее эффективными, с точки зрения энергетических характеристик, КПД, и экономичности, являются волоконные лазеры. Разработана схема орбитального космического летательного аппарата (КЛА) на основе применения лазерных ракетных двигателей для разгонного блока и систем ориентации стабилизации и коррекции аппарата с ядерной установкой и генератором электрической энергии мощностью до 1,0 МВт и более, для обеспечения работы лазеров.

Ключевые слова: лазерный ракетный двигатель, непрерывный оптический разряд, волоконный лазер, реактивная тяга, орбитальный КЛА.

Abstract. In this paper, the characteristics of lasers intended for use in jet thrust generation systems are analyzed. It is shown that in laser rocket engines, for jet thrust generation, fiber lasers are the most effective in terms of energy characteristics, efficiency, and cost effectiveness. A scheme of an orbital spacecraft based on the use of laser rocket engines for the booster unit and systems for orientation, stabilization, and correction of the apparatus with a nuclear installation and an electric power generator with a capacity of up to 1,0 MW or more, to ensure the operation of lasers, is developed.

Keywords: laser rocket engine, continuous optical discharge, fiber laser, jet thrust, orbital spacecraft.

Анализ развития лазерной техники показывает, что в последние десятилетия мощности волоконных лазеров и их КПД достигли значительного уровня, который позволяет использовать их в системах создания реактивной тяги, например, в задачах ориентации, стабилизации и коррекции орбитальных КЛА.

В работе [1] предлагается для выполнения данных задач использовать орбитальные ретрансляторы, принимающие энергию лазерного излучения с наземного лазера.

Применение орбитальных ретрансляторов для выведения КЛА на целевые орбиты различного типа (геосинхронную, околоземные орбиты средних высот до 1000 км) наиболее целесообразно при использовании лазерного ракетного двигателя (ЛРД).

Жидкостный ракетный двигатель малой тяги и электрический ракетный двигатель, в случае решения задач ориентации, стабилизации и коррекции орбиты, являются менее эффективными, чем ЛРД. [1-6]. В докладе подробно показаны технические характеристики различных типов лазеров [1-6]. Анализ этих характеристик показывает, что наиболее эффективными для их использования в ЛРД для создания реактивной тяги, являются волоконные лазеры.

Выходная мощность промышленных волоконных лазеров, работающих в непрерывном режиме, достигла 100 кВт, а одномодовых – 10 кВт. Ресурсы работы мощных промышленных волоконных лазеров составляют десятки тысяч часов, а лазеров, предназначенных для телекоммуникаций – миллионы часов.

Наибольшее распространение в промышленных образцах получили следующие лазеры [3-6]:

- 1) на Yb - активированном волокне (более эффективные, чем на Nd - активированных), $\lambda = 1,04\text{--}1,08$ мкм;
- 2) на Er - активированном волокне, $\lambda = 1,56$ мкм с накачкой лазерными диодами $\lambda = 0,97$ мкм;
- 3) на Tm - активированном волокне, $\lambda = 1,8\text{--}2,1$ мкм с накачкой 1,56 мкм (эрбиевый волоконный лазер).

При использовании в качестве задающего лазера на Yb - активированном волокне оказывается возможным получить излучение с длинами волн в диапазоне «окон» прозрачности для атмосферы 1,1 - 1,7 мкм. Преимуществами волоконных лазеров являются малые габариты, небольшая масса, громадный гарантированный ресурс работы (50 000 ч), серийность производства, большой КПД (до 40 %). Интенсивное развитие волоконных лазеров, особенно в последние годы, позволяет приступить к разработке разгонных блоков и систем ориентации, стабилизации и коррекции с применением ЛРД для орбитальных КЛА с энергетическим модулем на основе ядерной установки для генерирования электрической энергии мощностью 1,0 МВт и более. Ранее проведенные эксперименты по созданию ЛРД с нагревом рабочего газа аргона плазмой, образованной непрерывным оптическим разрядом в камере поглощения, показали, что при подводимой лазерной энергии на длине волны 10,6 мкм мощностью 10 кВт развивается 4,85 [Н] реактивной тяги [2].

В дальнейшем, необходимо проведение экспериментов и модельных испытаний ЛРД с нагревом рабочего газа водорода плазмой, образованной непрерывным оптическим разрядом в камере поглощения с использованием волоконных лазеров мощностью 100 кВт и выше [1-6].

Литература

1. Космические двигатели: состояние и перспективы / Под ред. Л. Кейвни. Перевод с англ. М.: Мир, 1988. 454 с.
2. Саттаров А.Г. Расчетно-теоретическое и экспериментальное исследование характеристик лазерного ракетного двигателя на основе непрерывного оптического разряда / А.Ф. Дрегаллин, А.С. Черенков, А.Г. Саттаров, А.Р. Бикмучев, С.Н. Пислегин // Изв. вузов. Авиационная техника. 2010. № 4. С.39-45.
3. Саттаров А.Г., Сочнев А.В., Бикмучев А.Р., Зиганшин Б.Р. Оценка приращения скорости космического летательного аппарата на лазерной тяге // Тр. 54-ых Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Сек. №2: «Проблемы ракетной и космической техники». РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2019. С. 145-148.
4. Саттаров А.Г., Бикмучев А.Р., Сочнев А.В., Зиганшин Б.Р. Физическая модель распространения множественных импульсных приповерхностных оптических разрядов в цилиндрической камере импульсного лазерного ракетного двигателя // Сб. статей «Современные проблемы ракетной и космической техники». (Полные доклады 57-ых Научных чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского по сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». (21 сентября 2022 г., ГМИК, г. Калуга)). Казань: РИД «Школа», 2023. С. 249-259.
5. Саттаров А.Г., Бикмучев А.Р., Сочнев А.В., Зиганшин Б.Р. Система ориентации, стабилизации и коррекции КЛА с малой массой на основе импульсных лазерных ракетных двигателей // Матер. докл. 58-ых Научных чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». (19 - 21 сентября 2023 г., ГМИК, г. Калуга). РАН. РАКЦ. Калуга: Изд-во «Эйдос», 2023. Ч. 1. С. 218-220.
6. Саттаров А.Г. Анализ технико-экономических показателей и перспективы развития ракетносителей транспортных космических систем // Матер. 59-х Научных чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». РАН. РАКЦ. Калуга: Изд-во «Эйдос». 2024. Ч. 1. С. 191-195.

УДК 621.45.015
eLIBRARY.RU: 55.42.43

Саттаров А.Г.
Sattarov A.G.

доктор технических наук
профессор КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
действительный член РАКЦ им. К.Э. Циолковского

Бикмучев А.Р.
Bikmuchev A.R.

кандидат технических наук,
научный сотрудник ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина»)

Сочнев А.В.
Sochnev A.V.

кандидат технических наук
доцент КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
член РАКЦ им. К.Э. Циолковского

Зиганшин Б.Р.
Ziganshin B.R.

кандидат технических наук
начальник сектора отдела инновационной и интеллектуальной
деятельности КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
УДАРНОЙ ВОЛНЫ ОТ ИМПУЛЬСНОГО
ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ОПТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА
В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ ЛАЗЕРНОГО
РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

**NUMERICAL SIMULATION OF PROPAGATION OF A SHOCK
WAVE FROM A PULSED NEAR-SURFACE OPTICAL
DISCHARGE IN A CYLINDRICAL CHAMBER OF A LASER
ROCKET ENGINE**

Аннотация. В качестве альтернативного варианта для выполнения задач ориентации, стабилизации и коррекции можно рассматривать лазерный ракетный двигатель (ЛРД) на основе получения в цилиндрической камере импульсного приповерхностного оптического разряда (ИПОР) в среде рабочего газа, например, воздуха, азота,

водорода, аргона, гелия, и. т.д. ЛРД могут найти применение в качестве двигателя для ориентации, стабилизации и коррекции для малых космических аппаратов (МКА). В данной работе приведены результаты численного моделирования процесса распространения ударной волны от приповерхностного импульсного оптического разряда, образованного на торце передней стенки камеры ЛРД.

Ключевые слова: приповерхностный импульсный оптический разряд, интенсивность лазерного излучения, точечный взрыв, ударная волна, импульсный лазерный ракетный двигатель, микро-спутник

Abstract. As an alternative option for performing orientation, stabilization and correction tasks, a laser rocket engine (LRE) can be considered based on obtaining a pulsed near-surface optical discharge (PSOD) in a cylindrical chamber in a working gas environment, such as air, nitrogen, hydrogen, argon, helium, etc. LREs can find application as an engine for orientation, stabilization and correction for small spacecraft (SSC). This paper presents the results of numerical modeling of the process of shock wave propagation from a near-surface pulsed optical discharge formed at the end of the front wall of the LREE chamber.

Keywords: near-surface pulsed optical discharge, laser radiation intensity, point explosion, shock wave, pulsed laser rocket engine, micro-satellite.

Численная модель процесса распространения ударной волны от приповерхностного импульсного оптического разряда

В докладе проводится пример расчёта интенсивности лазерного излучения в зоне фокусировки с фокусным расстоянием $F = 50$ мм [1-8].

При интенсивностях $I = 2 \cdot 10^{11} \text{ Вт/см}^2$ лазерного излучения электронная температура в области фокуса с диаметром 0,1 мм достигает 1,0 млн. К, давление в ядре до 700 тысяч атм.

Импульсный оптический разряд можно рассматривать как мгновенное выделение энергии, что аналогично процессу точечного взрыва. Энергия сфокусированного лазерного излучения переходит в энергию ударной волны и излучения.

На основе экспериментальных работ выявлено, что в энергию ударной волны переходит до 25 % энергии вкладываемого в одиночный импульс лазерного излучения.

Для осуществления численного расчета рассчитывались входные параметры ударной волны при помощи уравнений теории точечного взрыва Седова-Тейлора.

В докладе проводится моделирование с момента, когда разница между давлением окружающей средой и давлением на ударной волне составляет 21,1 раз. Этот момент времени берется вследствие потери автомодельности, т.е. учитывает условие влияния среды на движение волны. Для численного моделирования использовалось программное обеспечение Ansys Fluent 17.2.

В результате моделирования получены параметры распространения ударной волны внутри цилиндрической камеры и газа за ударной волной.

На основе выполненных исследований [1-8] разработан рабочий макет микро-спутника с импульсным лазерным ракетным двигателем, предназначенным для ориентации, стабилизации и коррекции орбиты микро-спутника. Дальнейшие исследования характеристик импульсного лазерного ракетного двигателя необходимо проводить в вакуумной камере и в космических условиях.

Литература

1. Sattarov A.G., Ziganshin B.R., Sochnev A.V., Nagulin K.Y., Lapshin S.V. Numerical simulation of gas propagation process behind a shock wave during optical breakdown of air in a cylindrical channel. Journal of Physics: Conference Series, 2020, vol. 1687. DOI: 10.1088/1742-6596/1687/1/012004
2. Sattarov A.G., Sochnev A.V., Ziganshin B.R. Comparison of initial pressure distributions in shock wave simulation of optical breakdown on surface. Journal of Physics: Conference Series, 2021, vol. 1870. DOI:10.1088/1742-6596/1870/1/012008.
3. Саттаров А.Г. Расчетно-теоретическое и экспериментальное исследование характеристик лазерного ракетного двигателя на основе непрерывного оптического разряда / А.Ф. Дрегаллин, А.С. Черенков, А.Г. Саттаров, А.Р. Бикмучев, С.Н. Пислегин // Изв. вузов. Авиационная техника. 2010. № 4. С. 39-45.
4. Саттаров А.Г., Бикмучев А.Р., Сочнев А.В. Лазерный тепловой ракетный двигатель // Матер. докл. 52-ых Научных чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». РАН. РАКЦ. Калуга: Изд-во «Эйдос», 2017. С. 169-170.
5. Саттаров А.Г., Сочнев А.В., Бикмучев А.Р., Зиганшин Б.Р. Оценка приращения скорости космического летательного аппарата на лазерной тяге // Тр. 54-ых Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Сек. №2: «Проблемы ракетной и космической техники». РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2019. С. 145-148.

6. Саттаров А.Г., Бикмучев А.Р., Сочнев А.В., Зиганшин Б.Р. Физическая модель распространения множественных импульсных приповерхностных оптических разрядов в цилиндрической камере импульсного лазерного ракетного двигателя // Сб. статей «Современные проблемы ракетной и космической техники». Казань: Изд-во «Школа», 2023. С. 249-259.
7. Саттаров А.Г., Бикмучев А.Р., Сочнев А.В., Зиганшин Б.Р. Система ориентации, стабилизации и коррекции КЛА с малой массой на основе импульсных лазерных ракетных двигателей // Матер. докл. 58-ых Научных чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». (19 - 21 сентября 2023 г., ГМИК, г. Калуга). РАН. РАКЦ. Калуга: Изд-во «Эйдос», 2023. Ч. 1. С. 218-220.
8. Саттаров А.Г. Анализ технико-экономических показателей и перспективы развития ракетносителей транспортных космических систем // Матер. 59-х Научных чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». РАН. РАКЦ. Калуга: Изд-во «Эйдос». 2024. Ч. 1. С. 191-195.

УДК 537.528

eLIBRARY.RU: 29.27.51

Гайсин А.Ф.

Gaisin A.F.

доктор технических наук, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО
«Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

ПЛАЗМЕННО-ЖИДКОСТНАЯ СВАРКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

PLASMA-LIQUID WELDING OF ALUMINUM PRODUCTS FOR ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY

Аннотация. Исследованы электрические разряды между алюминиевым и электролитическим электродами в процессе сварки. Установлена типы и формы горения разряда, их электрофизические характеристики.

Ключевые слова: сварка, плазменно-жидкостные системы, детали и узлы машин, морфология поверхности, вольтамперные характеристики.

Abstract. Electric discharges between aluminum and electrolytic electrodes during welding investigated. Types and forms of discharge combustion, their electro physical characteristics are established.

Keywords: welding, plasma-liquid systems, machine parts and units, surface morphology, volt-ampere characteristics.

Развитие современных ракетных и космических систем требует применения конструкционных материалов с высокой удельной прочностью, коррозионной стойкостью и технологичностью. Алюминиевые сплавы, благодаря своей малой плотности и хорошим механическим свойствам, являются одними из основных материалов для изготовления баков, рам и других элементов конструкций летательных аппаратов. Однако традиционные методы сварки алюминия, такие как дуговая или лазерная, часто сопровождаются появлением дефектов — пористости, горячих трещин, непроваров — особенно при сварке тонкостенных изделий.

В данной работе рассмотрены электрофизические параметры нового плазменно-жидкостного метода сварки таких изделий [1-7].

ВАХ разряда характеризуется тремя участками (см. рис.1). До электроплазменный режим (40–150 В) характеризуется относительно плавным и почти линейным увеличением тока с ростом напряжения. На этом этапе преобладают электролитические процессы: в системе происходит электролиз, выделение газов (водорода и кислорода), а также постепенный нагрев поверхности электрода. Контакт между электролитом и электродом сохраняется плотным, и проводимость системы определяется в основном ионной проводимостью раствора. Этот участок аналогичен поведению обычной электрохимической ячейки.

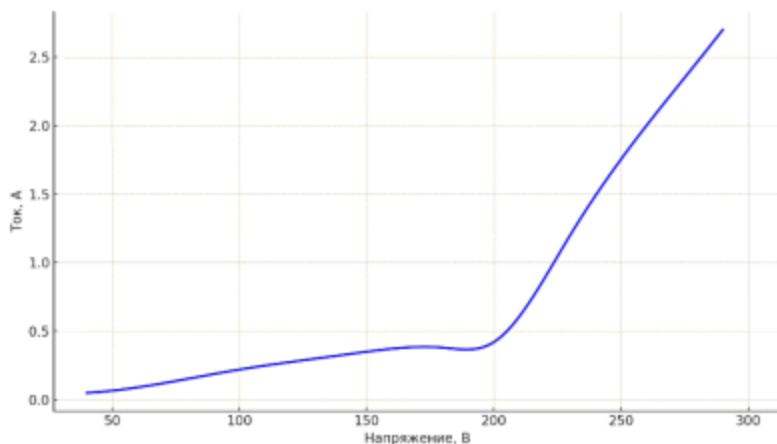


Рис.1. Вольтамперная характеристика (ВАХ) пароплазменных процессов между алюминиевым и электролитическим электродами

Переходный режим, (150–200 В) начинается с достижения порога, при котором интенсивный нагрев анода вызывает образование парогазовой оболочки. Эта оболочка изолирует электрод от жидкости, временно увеличивая сопротивление системы. На графике это проявляется в замедлении роста тока или даже временной его стабилизации. В этом режиме возможно возникновение микровспышек — локальных коротких разрядов, связанных с пробоем парогазового слоя. Физически это область нестабильного состояния между чисто электролитическим и плазменным режимами.

Электролитно-плазменный режим, (> 200 В) наступает, когда напряжение достигает уровня, при котором пробой парогазовой оболочки становится устойчивым, и в системе возникает стабильное плазменное горение. Это сопровождается интенсивным свечением, характерным звуком и резким увеличением тока. На графике участок представлен крутым подъёмом кривой. Плазма образуется в микрополостях и каналах, пробивающихся сквозь парогазовую оболочку, и поддерживается за счёт высокой температуры и локального ионизированного состояния среды.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-29-20147, <https://rscf.ru/project/25-29-20147/>.

Материалы доклада могут использоваться в перспективной отечественной авиационной и космической технике.

Литература

1. Гайсин А.Ф., Кашапов Н.Ф. Исследование физических процессов в зоне газового разряда между жидкими электродами // Прикладная механика и техническая физика. 2018. Т. 59, № 4(350). С. 19-22. DOI 10.15372/PMTF20180403.
2. Гайсин А.Ф., Сон Э.Е., Петряков С.Ю. Высокочастотный емкостной разряд с проточными жидкими электродами при понижении давления // Физика плазмы. 2017. Т. 43, № 7. С. 625-633. DOI 10.7868/S0367292117070058.
3. Gaisin A.F. Some particularities of development of high frequency capacitive discharge between a drop-jet electrolytic electrode and a flow-type electrolytic cell // High Temperature. 2013. Vol. 51, No. 6. P. 863-866. – DOI 10.1134/S0018151X13060096.
4. Гайсин А.Ф. Некоторые особенности развития высокочастотного емкостного разряда между капельно-струйным электролитическим электродом и проточной электролитической ячейкой // Теплофизика высоких температур. 2013. Т. 51, № 6. С. 945. DOI 10.7868/S0040364413060094.
5. Мустафин Т.Б., Гайсин А.Ф. Многоканальный разряд между струйным электролитическим анодом и твердым катодом // Теплофизика высоких температур. 2011. Т. 49, № 4. С. 634-640.
6. Gaysin A.F., Gil'mutdinov A.K., Mirkhanov D.N. Electrolytic-Plasma Treatment of the Surface of a Part Produced with the Use of Additive Technology // Metal Science and Heat Treatment. 2018. Vol. 60, No. 1-2. P. 128-132. DOI 10.1007/s11041-018-0250-1.
7. Gaysin A.F., Gil'mutdinov A.K., Son E.E. and et al. Spectral diagnostics of plasma discharge between a metal cathode and liquid anode // High Temperature. – 2017. – Vol. 55, No. 3. P. 457-460. DOI 10.1134/S0018151X17030087.

УДК 681.586.5

eLIBRARY.RU: 29.31.29

Закамский В.К.

Zakamsky V.K.

Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань

Казаков Н.А.

Kazakov N.A.

Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань

Аглиуллин Т.А.

Agliullin T.A.

кандидат технических наук, доцент

Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань

КОМБИНИРОВАННЫЙ АДРЕСНЫЙ ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА ФАБРИ-ПЕРО

COMBINED ADDRESSABLE TEMPERATURE SENSOR BASED ON A FABRY-PEROT FIBER INTERFEROMETER

Аннотация. Представлен комбинированный волоконно-оптический чувствительный элемент, включающий в себя интерферометр Фабри – Перо и адресную волоконную брэгговскую структуру, предназначенный для измерения температуры. При использовании соответствующих материалов такой датчик обладает повышенной чувствительностью и/или диапазоном рабочих температур, что делает его пригодным к применению в авиакосмической отрасли.

Ключевые слова: волоконный интерферометр Фабри – Перо, адресная волоконная брэгговская структура, комбинированные адресные интерферометрические структуры, датчик температуры.

Abstract. A combined fiber-optic sensing element comprising a Fabry-Perot interferometer and an addressable fiber Bragg structure for temperature measurement is presented. When using appropriate materials, such a sensor has increased sensitivity and/or operating temperature range, making it suitable for use in the aerospace industry.

Keywords: fiber Fabry – Perot interferometer, addressed fiber Bragg structure, combined addressed interferometric structures.

Измерение температуры с высокой точностью и разрешающей способностью является важной задачей в различных областях науки и техники, таких как авиакосмическая отрасль, химическая промышленность, биомедицинские приложения и др. Волоконно-оптические датчики температуры имеют ряд преимуществ перед классическими электронными, а именно: малый вес и площадь поперечного сечения, устойчивость к электромагнитным воздействиям,

отсутствие необходимости электропитания чувствительного элемента, возможность мультиплексирования датчиков и удаленного размещения регистрирующей аппаратуры.

Волоконно-оптические датчики температуры в настоящее время, как правило, строятся на основе волоконных брэгговских [1] или длиннопериодных решеток [2], эффектов флуоресценции [3], рамановского рассеяния [4], или интерферометров [5; 6]. Разработке интерферометрических датчиков, в том числе датчиков температуры, уделяется значительное внимание ввиду их высокой чувствительности и большого разнообразия конструктивных исполнений. Отдельный интерес представляют датчики с размещением чувствительного элемента на торце оптоволокна, функционирующих за счет изменения оптического пути вследствие изменения показателя преломления материала интерферометра Фабри – Перо (ИФП) под действием температуры и теплового расширения интерферометра. Следует отметить, что методы опроса таких датчиков зачастую не позволяют производить высокочастотные измерения динамических физических воздействий, либо отличаются сложностью и высокой стоимостью реализации [7].

Адресные волоконные брэгговские структуры (АВБС), напротив, разработаны с целью осуществления высокочастотных измерений с высокой разрешающей способностью и конструктивного упрощения системы опроса датчиков [8, 9]. Вместе с тем, АВБС имеют значительно большую длину чувствительного элемента по сравнению с ИФП ($\sim 6 - 10$ мм против $\sim 50 - 100$ мкм) и ограниченную чувствительность (~ 10 пм/°С против ~ 100 пм/°С или выше, в зависимости от материала) [10]. Создание комбинированных адресных интерферометрических волоконных структур (КАИВС) позволит объединить преимущества АВБС и ИФП на основе радиофотонных принципов опроса чувствительных элементов (см. рис. 1).

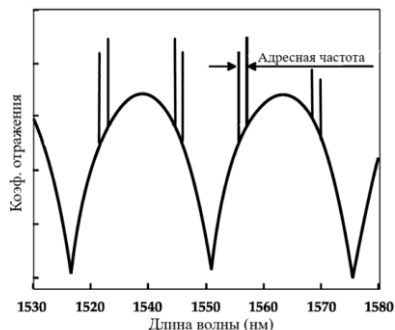


Рис. 1. Спектральный отклик КАИВС

Широкополосность и периодичность по длине волны спектрального отклика ИФП лежит в основе его использования в качестве фильтра с наклонной АЧХ для опроса АВБС.

Материалы доклада могут широко использоваться при дальнейшем развитии отечественной космонавтики.

Литература

1. Bhaskar C.V.N. Recent advancements in fiber Bragg gratings based temperature and strain measurement / C.V.N. Bhaskar, S. Pal, P.K. Pattnaik // *Results in Optics*. – 2021. – V. 5. – P. 100130.
2. High-sensitivity temperature sensor based on long-period fiber grating / J. Ruan [et al.] // *Optoelectronics Letters*. – 2008. – Vol. 4. – № 2. – P. 114-116.
3. Grattan K.T.V. Fiber Optic Fluorescence Thermometry / K.T.V. Grattan, Z.Y. Zhang // *Topics in Fluorescence Spectroscopy: Probe Design and Chemical Sensing: Topics in Fluorescence Spectroscopy* / ed. J.R. Lakowicz. – Boston, MA: Springer US, 1994. – P. 335-376.
4. Li J. Physics and applications of Raman distributed optical fiber sensing / J. Li, M. Zhang // *Light: Science & Applications*. – 2022. – Vol. 11. – № 1. – P. 128.
5. Lee C.E. Fiber-optic Fabry-Perot temperature sensor using a low-coherence light source / C.E. Lee, H.F. Taylor // *Journal of Lightwave Technology*. – 1991. – Т. 9. – № 1. – С. 129-134.
6. Interferometric fiber-optic temperature sensor with spiral polarization couplers / R. Cortés [et al.] // *Optics Communications*. – 1998. – Vol. 154. – № 5. – P. 268-272.

7. Liu Q, Peng W. Fast interrogation of dynamic low-finesse Fabry-Perot interferometers: A review // Microwave and Optical Technology Letters. 2021; 63: 2279–2291.
8. Application of Gaussian Function for Modeling Two-Frequency Radiation from Addressed FBG / R.R. Gubaidullin, T.A. Agliullin, I.I. Nureev [et al.] // 2020 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications, Moscow, 19–20 March 2020. – Moscow: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. – P. 9078587. – DOI 10.1109/IEEECONF48371.2020.9078587.
9. Mathematical modeling of the optical response from addressed fiber Bragg structure based on Lorentz function / T. A. Agliullin, R.R. Gubaidullin, O.G. Morozov, A.Z. Sakhabutdinov // Proc. of SPIE: Optical Technologies for Telecommunications 2019, Kazan, 19–21 November 2019. Vol. 11516. – Kazan: SPIE, 2020. – P. 1151614. – DOI 10.1117/12.2556726.
10. Overview of Addressed Fiber Bragg Structures' Development / T. Agliullin, G. Il'in, A. Kuznetsov [et al.] // Photonics. – 2023. – Vol. 10, No. 2. – P. 175. – DOI 10.3390/photonics10020175.

УДК 536.242

eLIBRARY. RU: 29.17.35

Алтунин К.В.

Altunin K.V.

доктор технических наук, доцент

КНИТУ-КАИ, г. Казань

Калмыков Ф.В.

Kalmykov F.V.

магистрант КНИТУ-КАИ, г. Казань

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ОСАДКООБРАЗОВАНИИ И ВНЕШНЕЙ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ ВОЗДУХА

RESEARCH OF HEAT TRANSFER AT LOCAL DEPOSIT FORMATION AND EXTERNAL FORCED CONVECTION OF AIR

Аннотация. В работе рассмотрена проблема осадкообразования в энергоустановках, тепловых двигателях и теплообменных аппаратах. Изучены некоторые углеродсодержащие и неуглеродсодержащие осадки. Основное внимание уделено локальным осадкам.

Представлены результаты экспериментального исследования с локальными солевыми осадками в условиях внешнего обдува рабочего участка потоком воздуха.

Ключевые слова: вынужденная конвекция, локальное осадкообразование, теплоотдача.

Abstract. It is paid attention to a problem of deposit formation in power plants, thermal engines, heat exchangers in this research. Some carbon-containing and non-carbon deposits were thoroughly observed. The main attention was devoted to local deposits. The new results of experimental study with local salt deposits at conditions of external air flow over a working heat transfer area are given here.

Keywords: forced convection, local deposit formation, heat transfer.

Известно, что осадкообразование - одна из актуальных проблем, сопровождающих эксплуатацию современных энергетических установок и тепловых двигателей в земных и космических условиях. В общем, углеродсодержащие отложения нарушают работу ключевых узлов топливоподачи и теплоотвода, уменьшают проходные сечения различных топливных каналов и распылителей форсунок, что может привести к серьёзным последствиям: снижению тяги реактивного двигателя, нестабильной работе системы подачи топлива или даже к аварийным ситуациям. Считается, что критической температурой начала появления углеродсодержащих осадков на нагретых металлических стенках в среде жидких углеводородных горючих и теплоносителей является $T = 373 \text{ K}$ [1].

Коэффициент теплопроводности углеродсодержащего осадка, образованного при кипении углеводородного горючего, для каждого топлива оказался незначительно зависимым как от времени наработки (в пределах первых 10 часов), так и от температуры стенки и составил: для РТ и Т-6 $\lambda_{oc} = 0,29 \text{ Вт/(м·K)}$, для парафиновых УВГ $\lambda_{oc} = 0,36 \text{ Вт/(м·K)}$ [2].

Пример изменения продольного распределения температуры поверхности трубки теплообменного аппарата по времени наработки и фотография микрошлифа образца, на котором хорошо виден толстый слой кокса, показаны на рис. 1 [3].

Другой автор получил следующие величины осадка: $\gamma = (1100 - 2000) \text{ кг/м}^3$; $C_p = (0,84 - 1,84) \text{ кДж/(кг·K)}$; $\lambda = (0,17 - 0,8) \text{ Вт/(м·K)}$; $a = 3,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ [4].

Проведен анализ неуглеродсодержащих осадков, появление которых приводит к нарушению расчетных теплообменных процессов,

к снижению ресурса систем подачи нагретой воды и растворов, к дополнительным материальным затратам.

При низких рабочих температурах, характерных, например, для конденсаторов турбин ТЭС и АЭС, а также теплообменному оборудованию, функционирующему в системе технического водоснабжения, соответствуют низкотеплопроводные отложения ($\lambda_{отл} < 1,0 \text{ Вт/(м·К)}$) с высокой пористостью (до 25 %). Однако возможны отложения и с $\lambda_{отл} > 1,0 \text{ Вт/(м·К)}$ [5].

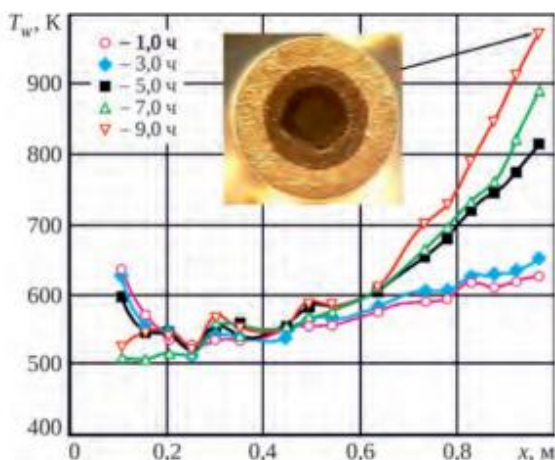


Рис. 1. Температуры поверхности трубки теплообменного аппарата при различной наработке и фотография слоя кокса на срезе образца [3]

Проведено экспериментальное исследование теплоотдачи к воздуху с поверхности рабочего участка, на котором искусственным путем размещались солевые осадки NaCl с пористостью $\Pi = 30 \%$. Получены новые результаты исследования.

В ходе обработки результатов экспериментов был применен критерий подобия осадкообразования [6]:

$$Os = \frac{\rho_{oc}}{T_w F_{oc} \lambda_{oc}} \left(\frac{m_{oc} z F_{De}}{\mu_f \tau} \right)^2, \quad (1)$$

где

ρ_{oc} – удельное электросопротивление слоя осадка, Ом·м;
 T_w – температура стенки, непокрытой слоем осадка, К;
 λ_{oc} – коэффициент теплопроводности слоя осадка, Вт/(м·К);
 F_{oc} – площадь детали (пластины, трубки), покрытая слоем осадка, м²;

m_{oc} – масса осадка, кг;
 z – максимальная валентность;
 F_{De} – электрохимическое число, Кл/моль;
 μ_f – молярная масса вещества, кг/моль;
 $\tau = 1$ с.

При скорости подачи воздуха $w = 2,5$ м/с и локальном размещении солевых осадков NaCl с $\Pi = 30$ % получено новое критериальное уравнение с применением числа Os :

$$\overline{Nu}_m = c Re_L^{0,5} Gr^{0,1} Os^{-0,2}, \quad (2)$$

где $\overline{Nu}_m = (6...132)$; $Re_L = (10823...14410)$; Gr – число Грасгофа, $Gr = (490986...4681384)$; Os – число осадкообразования;

эмпирические коэффициенты c составили следующие значения: $c = 0,13$ при $Os = (46...55)$, $c = 0,31$ при $Os = (55...61)$, $c = 0,40$ при $Os = (69...75)$;

Погрешность при применении уравнения (2) не превысила 23 %. В ходе экспериментального исследования доказано, что с увеличением площади, покрытой солевыми осадками, и их массы, снижается теплоотдача.

Разработана новая методика нахождения коэффициента теплоотдачи в условиях вынужденной конвекции, что может быть эффективно применено, к примеру, при выводе новых уравнений теплоотдачи для описания теплообмена внутри каналов подачи жидких углеводородных горючих в ВРД и ЖРД при локальном образовании углеродсодержащих осадков на нагретых стенках.

Намечены пути дальнейших экспериментальных и теоретических исследований.

Материалы доклада могут быть использованы при проектировании, расчётах и создании новой отечественной авиационно-космической техники одно – и многоразового использования.

Литература

1. Алтунин В.А. Исследование особенностей теплоотдачи к углеводородным горючим и охладителям в энергетических установках многоразового использования. Книга первая. – Казань: Изд-во

«Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина», 2005. 272 с.

2. Яновский Л.С., Иванов В.Ф., Галимов Ф.М., Сапгир Г.Б. Коксоотложения в авиационных и ракетных двигателях. Казань: Абак, 1999. 284 с.

3. Шлякотин В.Е., Шихман Ю.М. Эмпирические модели ресурсной наработки и динамики жидкофазных коксоотложений при нагреве авиационного керосина // Авиационные двигатели, 3(4), 2019. С. 57-62.

4. Kalghatgi G.T. Combustion chamber deposits in spark-ignition engines: a literature review // SAE. 1995. Paper No.: 952443.

5. Бубликов И.А. Научные принципы диагностирования и разработка методов снижения интенсивности образования отложений в теплообменном оборудовании тепловых и атомных электростанций: диссертация ... докт. техн. наук: 05.14.14. – Новочеркасск, 2004. 360 с.

6. Алтунин К.В. Разработка научных основ создания эффективных систем подвода для жидких и газообразных горючих и теплоносителей в тепловых двигателях и энергоустановках: диссертация ... докт. техн. наук: 1.3.14; 2.5.15. Казань, 2024. 707 с.

УДК 629.735.33.01

eLIBRARY.RU: 89.25.00+55.49.00+55.42.49+55.42.47+61.51.29

Алтунин В.А.

Altunin V.A.

доктор технических наук, профессор

Алтунин К.В.

Altunin K.V.

кандидат технических наук, доцент

Абдуллин М.Р.

Abdullin M.R.

аспирант

Пронин К.А.

Pronin K.A.

аспирант

Вахитова А.Р.

Vakhitova A.R.

студент

ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

**Яновская М.Л.
Yanovskaya M.L.**

кандидат технических наук, мл. научный сотрудник
ЦИАМ им. П.И. Баранова, г. Москва

**ВЛИЯНИЕ ВЫБОРА И ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБОВ БОРЬБЫ
С ОСАДКООБРАЗОВАНИЕМ НА СОЗДАНИЕ НОВЫХ
КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ТОПЛИВНЫХ ФОРСУНОК
РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

**FLUENCE OF THE CHOICE AND APPLICATION OF METHODS
OF COMBATTING SEDIMENTATION ON THE CREATION OF
NEW DESIGN SCHEMES OF FUEL INJECTORS OF AIRCRAFT
JET ENGINES**

Аннотация. рассмотрены проблемы осадкообразования в топливных форсунках реактивных двигателей летательных аппаратов, проанализированы существующие и перспективные способы борьбы с ним, показано влияние выбранных способов борьбы с осадкообразованием на создание новых конструктивных схем форсунок повышенных характеристик.

Ключевые слова: воздушно-реактивный двигатель, топливная форсунка, жидкое углеводородное горючее, осадкообразование и способы борьбы с ним, ресурс, надёжность, эффективность, безопасность, экологичность.

Abstract. the problems of sediment formation in fuel injectors of jet engines of aircraft are considered, existing and promising methods of combating it are analyzed, and the influence of the selected methods of combating sediment formation on the creation of new design schemes of injectors with improved characteristics is shown. problems of sediment formation in fuel injectors of jet engines of aircraft are considered, existing and promising methods of combating it are analyzed, and the influence of the selected methods of combating sediment formation on the creation of new design schemes of injectors with improved characteristics is shown.

Keywords: air-breathing engine, fuel injector, liquid hydrocarbon fuel, sediment formation and methods of combating it, resource, reliability, efficiency, safety, environmental friendliness.

Из-за осадкообразования ресурс топливных форсунок реактивных двигателей на жидких углеводородных горючих (УВГ) уменьшается в

несколько раз [1-9]. Из-за осадкообразования штатная форсунка, например, воздушно-реактивного двигателя (ВРД) марки НК-8-2У, полностью закоксовывается уже через 900 часов (циклов) работы. Частичное закоксовывание форсунок приводит к частичной потере тяги летательного аппарата (ЛА), полное закоксовывание – к полной потере тяги, с дальнейшим образованием течи, возникновением пожара и взрыва. Частичное закоксовывание даже только одной форсунки может привести к нерасчётному струйному распылу жидкого УВГ, к прогару жаровой трубы, к пожару и взрыву двигателя и всего ЛА.

В докладе подробно рассмотрены и проанализированы существующие и перспективные способы борьбы с осадкообразованием в двигателях летательных аппаратов. Показаны новые способы борьбы с этим негативным процессом, которые на основе экспериментальных исследований были разработаны авторами доклада и были включены в общую классификацию этих способов.

Рассмотрены пути возможного выбора одного или сразу нескольких способов борьбы с осадкообразованием, которые будут влиять на изменение конструктивных схем форсунок.

Подробно представлены новые и запатентованные форсунки [3-7], в которых применены существующие и перспективные способы борьбы с осадкообразованием: без влияния электростатических полей, с их влиянием, гибридно. Также показаны новые датчики и системы контроля за осадкообразованием, за его удалением, уменьшением, предотвращением и ограничением

Применение материалов доклада [1-9], патентов на изобретения, научных статей и монографий авторов доклада будет способствовать созданию новых отечественных форсунок повышенных характеристик по ресурсу, надёжности, эффективности, безопасности, экономичности и экологичности.

Литература

1. Алтунин К.В. Функционально - стоимостной анализ горелочных устройств и форсунок: монография. Казань: Изд-во КНИТУ – КАИ, 2020. 156 с.
2. Алтунин К.В. Разработка методики расчета температуры внутренней стенки мультитопливной форсунки с целью предотвращения осадкообразования и перегрева // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. № 6 (735). 2021. С. 37-47.
3. Алтунин В.А. Форсунка // Патент на изобретение РФ №2155910. Бюл. №25 от 10.09.2000 г.

4. Алтунин К.В. Форсунка. // Патент РФ на изобретение №2388966. Бюл. № 13 от 10.05.2010.
5. Алтунин К.В. Форсунка. // Патент РФ на изобретение №2447362. Бюл. № 10 от 10.04.2012 г.
6. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Абдуллин М.Р., Гортышов Ю.Ф., Пронин К.А., Яновский Л.С., Яновская М.Л. Форсунка с эффективной рубашкой охлаждения // Патент на изобретение РФ №2806710. Бюл. № 31 от 03.11.2023 г.
7. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Абдуллин М.Р., Гортышов Ю.Ф., Яновский Л.С., Яновская М.Л. Форсунка с наружной рубашкой охлаждения // Патент на изобретение РФ № 2810865. Бюл. №1 от 28.12.2023 г.
8. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Кореев Е.П., Пронин К.А., Алексенко И.В., Жиякова А.Е., Яновская М.Л. Пути увеличения ресурса и надёжности топливных форсунок авиационных двигателей семейства «НК» // Сб. матер. 2-го Всеросс. научно-технич. форума по двигателям и энергетическим установкам им. Н.Д. Кузнецова. Самара: Изд-во Самарского университета, 2024. С. 70-72.
9. Алтунин В.А., Абдуллин М.Р., Жиякова А.Е., Пронин К.А., Яновская М.Л. Разработка новых конструктивных схем форсунок повышенных характеристик для реактивных двигателей сверхзвуковых, гиперзвуковых и аэрокосмических летательных аппаратов // Сб. тез. 48-ых Академических чтений по космонавтике. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. Т. 2. 2024. С. 433-434.

УДК 621.454.2

eLIBRARY.RU: 55.42.49+55.49.07+61.51.59

Алтунин В.А.

Altunin V.A.

доктор технических наук, профессор

Абдуллин М.Р.

Abdullin M.R.

аспирант

Алексенко И.В.

Aleksenko I.V.

студент

Платонов Е.Н.

Platonov E.N.

кандидат технических наук, доцент

Мусеев Э.А.

Museev E.A.

магистрант

Юсупов А.А.

Yusupov A.A.

аспирант

ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ СПОСОБОВ БОРЬБЫ
С АНОМАЛЬНЫМИ ТЕПЛОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ
В РУБАШКЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО
ДВИГАТЕЛЯ ОДНО- И МНОГОРАЗОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

**ANALYSIS OF POSSIBLE WAYS TO COMBAT ABNORMAL
THERMAL PROCESSES IN THE COOLING JACKET OF A
SINGLE-USE AND REUSABLE LIQUID ROCKET ENGINE**

Аннотация. Проведён анализ возможных способов борьбы с аномальными тепловыми процессами в рубашке охлаждения жидкостного ракетного двигателя одно – и многоразового использования.

Ключевые слова: каналы рубашки охлаждения жидкостного ракетного двигателя, негативный процесс осадкообразования, термоакустические автоколебания давления, жидкие углеводородные горючие и охладители, электростатические поля.

Abstract. An analysis of possible methods for combating abnormal thermal processes in the cooling jacket of a single-use and reusable liquid rocket engine was conducted.

Keywords: liquid rocket engine cooling jacket channels, negative sedimentation process, thermoacoustic pressure self-oscillations, liquid hydrocarbon fuels and coolants, electrostatic fields.

В докладе подробно раскрываются аномальные тепловые процессы в рубашках регенеративного наружного охлаждения жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) одно - и многоразового использования (ЖРДМИ) на жидких углеводородных горючих (УВГ) и охладителях (УВО), а также результаты экспериментальных исследований [1-2, 4-5]:

- 1) негативный процесс осадкообразования;
- 2) термоакустические автоколебания (ТААК) давления.

Осадкообразование начинается после 2-3 минут после запуска ЖРД (ЖРДМИ) и происходит несанкционированно и очень быстро с образованием слоя твёрдых углеродистых отложений, как правило, в области критического сечения сопла. При этом значительно уменьшаются проходные сечения каналов рубашки охлаждения, нарушается расчётный тепловой режим, происходит перегрев и прогар стенки рубашки охлаждения с дальнейшим пожаром и взрывом всего двигателя.

ТААК давления также возникают неожиданно и несанкционированно в каналах рубашки охлаждения, при этом аномальном тепловом процессе происходят следующие позитивные и негативные процессы:

- а) увеличение коэффициента теплоотдачи к жидкому УВГ и УВО на 40 % - это позитивный процесс;
- б) откалывание твёрдых углеродистых отложений – это позитивный процесс (включён в классификацию способов борьбы с осадкообразованием, как новый и перспективный способ по удалению осадка);
- в) засорение каналов рубашки охлаждения и форсунок горячего отколовшимися частицами твёрдых углеродистых отложений – это негативный процесс;
- г) возникновение локально-чередующихся зон перегревов и прогаров стенок рубашки охлаждения с дальнейшим пожаром и взрывом всего двигателя – это негативный процесс.

Авторами доклада рассмотрены и проанализированы существующие и новые перспективные способы борьбы с этими негативными тепловыми процессами в рубашках охлаждения ЖРД и ЖРДМИ на жидких УВГ и УВО, а также на сжиженном метане, даны рекомендации для разработчиков новой техники [1, 5].

Рассмотрены и раскрыты особенности создания ЖРД и ЖРДМИ на сжиженном метане, показаны новые конструктивные схемы метановых ЖРД и ЖРДМИ, выявлены позитивные и негативные особенности тепловых процессов в топливно-подающих и охлаждающих системах при частичной конверсии сжиженного метана [1, 4, 5].

Показаны новые конструктивные схемы ЖРД и ЖРДМИ [1-5]:

- со сменными форсуночными головками;
- с системами защиты форсунок горячего от осадкообразования;

- с системами борьбы с ТААК давления и, наоборот, с их использованием;
- с системами улавливания частиц осадкообразования с дальнейшим их дожиганием в сопле ЖРД или выбросом в открытый космос;
- с системами защиты стенок баков и корпусов космических летательных аппаратов от тепловых ударов и лазерного оружия;
- с системами контроля за аномальными тепловыми процессами и за результатами борьбы с ТААК давления, с осадкообразованием, с тепловыми и лазерными ударами – с выводом данных в бортовой компьютер, на информационное табло лётчика – космонавта и наземного оператора.

Применение материалов доклада будет способствовать созданию новых отечественных ЖРД и ЖРДМИ двойного назначения и повышенных характеристик по ресурсу, надёжности, эффективности, неуязвимости, выживаемости, экологичности и экономичности.

Литература

1. Алтунин В.А., Платонов Е.Н., Абдуллин М.Р., Пронин К.А., Юсупов А.А. и др. Некоторые пути совершенствования жидкостных ракетных двигателей (100-летию со дня рождения академика В.Е. Алемасова – посвящается) // Современные проблемы ракетной и космической техники. Сборник статей, 2024. РАН. РАКЦ. Казань: редакционно-издательский центр «Школа», 2024. С. 125-133.
2. Алтунин В.А. Способ повышения надёжности ЖРД одно – и многократного использования // Патент на изобретение РФ № 2287715. Бюлл. № 32 от 20.11.2006 г.
3. Алтунин В.А. Способ защиты аэрокосмических систем от лазерного оружия // Патент на изобретение РФ № 2212364. Бюлл. № 26 от 20.09.2003 г.
4. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Платонов Е.Н., Коханова С.Я., Яновская М.Л. Разработка способов борьбы с термоакустическими автоколебаниями давления в топливно - охлаждающих каналах двигателей и энергоустановок летательных аппаратов наземного, воздушного, аэрокосмического и космического применения // Известия вузов. Машиностроение. 2017. № 10 (691). С. 77 – 90.
5. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Платонов Е.Н., Пронин К.А., Алексенко И.В., Юсупов А.А., Яновская М.Л. Особенности тепловых процессов в топливно-охлаждающих системах жидкостных ракетных двигателей одно – и многократного использования // Матер. междунаrod. научно-технич. конф. им. Н.Д. Кузнецова «Перспективы

развития двигателестроения». Самара: Изд-во Самарского университета, 2025. С. 1044 - 1047.

УДК 621.45.00.11.030

eLIBRARY.RU: 89.25.00+55.42.49+55.42.47

Алтунин В.А.

Altunin V.A.

доктор технических наук, профессор

Львов М.В.

Lvov M.V.

аспирант

Хабибуллин А.М.

Khabibullin A.M.

студент

ЩигOLEV A.A.

Shchigolev A.A.

соискатель учёной степени доктора технических наук

ФГБОУ ВО «Казанский национальный

исследовательский технический университет

им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

Яновская М.Л.

Yanovskaya M.L.

кандидат технических наук, мл. научный сотрудник

ЦИАМ им. П.И. Баранова, г. Москва

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДИК РАСЧЁТА ВЛИЯНИЯ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ТЕПЛОВЫЕ
ПРОЦЕССЫ В МОТОРНЫХ АВИАЦИОННЫХ МАСЛАХ
РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ
И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

**DEVELOPMENT OF NEW METHODS FOR CALCULATING THE
INFLUENCE OF ELECTROSTATIC FIELDS ON THERMAL
PROCESSES IN MOTOR AVIATION OILS OF JET ENGINES OF
AIRCRAFT AND AEROSPACE VEHICLES**

Аннотация. Показаны особенности тепловых процессов в моторных авиационных маслах, проведён анализ существующих формул расчёта теплоотдачи к ним и осадкообразования в них,

разработаны новые методики расчёта, которые основаны на результатах проведённых экспериментальных исследований при различных термодинамических условиях, которые возникают в системах смазки реальных двигателей летательных аппаратов воздушного и аэрокосмического назначения.

Ключевые слова: моторные авиационные масла, системы смазки двигателей летательных аппаратов, термодинамические условия, тепловые процессы, электростатические поля.

Abstract. The features of thermal processes in aviation motor oils are shown, an analysis of existing formulas for calculating heat transfer to them and sedimentation in them is carried out, new calculation methods are developed, which are based on the results of experimental studies under various thermodynamic conditions that arise in the lubrication systems of real engines of aircraft and aerospace purposes.

Keywords: motor aviation oils, lubrication systems of aircraft engines, thermodynamic conditions, thermal processes, electrostatic fields.

Моторные авиационные масла в системах смазки и охлаждения двигателей летательных аппаратов находятся в сложных термодинамических условиях, связанных с давлением, температурой, скоростью прокачки [1-4].

Из-за их нагрева в них происходят негативные процессы: ухудшение охлаждающих возможностей масла, ухудшение смазывающих способностей масла, процесс осадкообразования.

Правильное и точное нахождение коэффициента теплоотдачи к моторным авиационным маслам является важной задачей при проектировании, создании и эксплуатации авиационной и аэрокосмической техники одно – и многоразового использования.

В докладе проводится подробный анализ существующих формул различных авторов по расчёту теплоотдачи к моторным авиационным маслам в условиях их естественной и вынужденной конвекции. Показано, что расчёты по этим формулам дают различные результаты.

Ранее авторами доклада экспериментально было установлено [1-4], что электростатические поля (Е) интенсифицируют теплоотдачу к моторным авиационным маслам и предотвращают появление углеродистого осадка на нагреваемых деталях систем смазки.

Такие учёные, как Болога М.К., Бабой Н.Ф., Гросу Ф.П., Кожухарь И.А., Смирнов Г.Ф., Климов С.М., Майборода А.Н., Остроумов Г.А. и др., занимались исследованием (Е) в различных средах, также проводили эксперименты с различными жидкостями, в

том числе и с различными маслами (с касторовым, подсолнечным, трансформаторным), но в основном при их естественной конвекции при небольших давлениях и температурах, а их методики расчётов влияния (Е) на теплоотдачу являются разнотипными и труднодоступными для реальных и быстрых инженерных расчётов, кроме того, у них отсутствуют исследования (Е) в моторных авиационных маслах при их естественной и вынужденной конвекции, а также исследования по влиянию (Е) на негативный процесс осадкообразования.

Авторами доклада была создана экспериментальная база, которая позволила провести фундаментальные экспериментальные исследования с моторными авиационными маслами при различных термодинамических условиях, без применения (Е) и с их применением.

На основе результатов экспериментальных исследований были разработаны новые методики и новые формулы расчёта коэффициента теплоотдачи к моторным авиационным маслам, а также новые формулы расчёта осадкообразования и борьбы с ним без влияния (Е) и с их влиянием в условиях естественной и вынужденной конвекции.

Материалы доклада будут способствовать дальнейшему увеличению ресурса, надёжности и эффективности систем смазки отечественных летательных аппаратов воздушного и аэрокосмического базирования одно – и многократного использования.

Литература

1. Алтуниин В.А., Алтуниин К.В., Львов М.В., Щиголев А.А., Алиев И.Н., Яновская М.Л. Проблемы систем смазки авиационных двигателей // Тепловые процессы в технике. 2021. Т. 13. № 8. С. 357-384.
2. Алтуниин В.А., Львов М.В., Юсупов А.А., Щиголев А.А., Гортышов Ю.Ф., Кореев Е.П., Яновская М.Л. Результаты экспериментального исследования влияния электростатических полей на тепловые процессы в моторном авиационном масле марки МС-20 в условиях его вынужденной конвекции. Часть 1. // Инженерный журнал: наука и инновации, 2023, вып. 11. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2023-11-2317>.
3. Алтуниин В.А., Львов М.В., Юсупов А.А., Щиголев А.А., Кореев Е.П., Яновская М.Л. Анализ методик расчета теплоотдачи к моторному авиационному маслу марки МС-20 в условиях вынужденной конвекции в кольцевом канале с учетом их верификации с экспериментом // Инженерный журнал: наука и инновации, 2023, вып. 7. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2023-7-2293>.

4. Алтунин В.А., Львов М.В., Щиголев А.А., Юсупов А.А., Кореев Е.П., Яновская М.Л. Разработка методик расчёта коэффициента теплоотдачи к моторному авиационному маслу в условиях его вынужденной конвекции при влиянии электростатических полей для авиационных и аэрокосмических двигателей одно – и многоразового использования // Матер. 59-ых Научных чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Калуга: Изд-во «Эйдос». 2024. Ч. 1. С. 182-186.

УДК 536+537+621.45.00.11.030

eLIBRARY.RU: 55.49; 55.42.47; 55.42.49

Алтунин В.А.

Altunin V.A.

доктор технических наук, профессор

Юсупов А.А.

Yusupov A.A.

аспирант

Селянин К.А.

Selyanin K.A.

магистрант

ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВЛИЯНИЯ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ
В ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГОРЮЧИХ И МОТОРНЫХ
АВИАЦИОННЫХ МАСЛАХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ
И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

**DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL SETUP FOR
STUDYING THE POSSIBILITIES OF INFLUENCE OF
ELECTROSTATIC FIELDS ON HYDRODYNAMIC AND
THERMAL PROCESSES IN LIQUID HYDROCARBON FUEL
AND MOTOR AVIATION OILS OF ENGINES OF AIR
AND AEROSPACE VEHICLES**

Аннотация. Проводится обоснование необходимости создания экспериментальной установки по исследованию электростатических полей в жидких углеводородных горючих и моторных авиационных маслах в земных и космических условиях, показана конструктивная схема рабочего участка с системой рабочих электродов типа «Игла-игла» и сменными сеточными металлическими полотнами с различными размерами ячеек, показаны этапы проведения экспериментальных исследований.

Ключевые слова: жидкие углеводородные горючие, моторные авиационные масла, электростатические поля, теплофизические свойства, электрический ветер, осадкообразование, сетчатые металлические фильтры топливно-масляных систем двигателей летательных аппаратов.

Abstract. The paper substantiates the need to create an experimental setup for studying electrostatic fields in liquid hydrocarbon fuels and motor aviation oils in terrestrial and space conditions, shows a design diagram of a working section with a system of working electrodes of the “Needle-Needle” type and replaceable metal mesh sheets with different cell sizes, and shows the stages of conducting experimental studies.

Keywords: liquid hydrocarbon fuels, motor aviation oils, electrostatic fields, thermophysical properties, electric wind, sedimentation, mesh metal filters of fuel and oil systems of aircraft engines.

В докладе проведён обзор научных работ зарубежных и отечественных учёных, которые исследовали и исследуют

электростатические поля в различных жидких средах [1-5].

До сих пор неизвестно, как электростатические поля влияют на осадкообразование на металлических фильтровочных сетках с малоразмерными ячейками в жидких углеводородных горючих и в моторных авиационных маслах и как их будет преодолевать электрогидравлический факел электрического ветра. Это возможно исследовать только экспериментально, для чего необходимо создать экспериментальную установку.

Негативный процесс осадкообразования происходит как в земных, так и в космических условиях. Применение электростатических полей является новым и перспективным способом борьбы с осадкообразованием в двигателях и энергоустановках летательных аппаратов и наземной техники.

В докладе показана новая экспериментальная установка [2-5] по исследованию электростатических полей на предотвращение осадкообразования на металлических фильтровочных сетках с различными размерами ячеек, сторона которых составляет от 3 мм до 0,005 мм. Новый рабочий участок с электродами типа «Игла – игла» и сменной металлической фильтровочной сеткой между ними позволяет проводить исследования в жидких углеводородных горючих, в моторных авиационных маслах, а также в различных их смесях - при их естественной и вынужденной конвекции, при различных термодинамических условиях по давлению, температуре и скорости прокачки.

Результаты предстоящих экспериментальных исследований позволят определить границу применимости металлических фильтровочных сеток с очень малыми ячейками (менее, 0,5 мм) при использовании электростатических полей – для создания эффективных и надёжных топливных и масляных фильтров авиационных, аэрокосмических и космических отечественных двигателей летательных аппаратов и наземной техники одно – и многофазового использования.

Литература

1. Алтунин В.А., Алтунин К.В. и др. Способ определения конфигурации распространения силовых линий электростатических полей в жидких углеводородных средах // Патент на изобретение РФ №2504843. Бюлл. №2 от 20.01.2014 г.
2. Алтунин В.А., Юсупов А.А., Львов М.В. и др. Создание экспериментальной установки по исследованию влияния электростатических полей на тепловые и гидравлические процессы в

топливных и масляных фильтрах двигателей летательных аппаратов воздушного, аэрокосмического и космического базирования. // Сб. матер. 2-го Всеросс. научно-технич. форума по двигателям и энергетическим установкам имени Н.Д. Кузнецова. Самара. Изд-во Самарского университета, 2024, с. 170–172.

3. Алтунин В.А., Юсупов А.А., Львов М.В., Яновская М.Л. Разработка экспериментальной установки по исследованию электростатических полей в фильтрах двигателей летательных аппаратов // Сб. тез. докл. 49 Академических чтений по космонавтике. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. Т. 2. С. 143 - 144.

4. Алтунин В.А., Юсупов А.А., Львов М.В., Кореев Е.П., Жиликова А.Е., Яновская М.Л. Исследование возможности применения электростатических полей для борьбы с осадкообразованием на топливных и масляных металлических фильтрах двигателей летательных аппаратов и наземных энергоустановок // Матер. международ. научно-технич. конф. им. Н.Д. Кузнецова. Самара: Изд-во Самарского университета, 2025. С. 125 - 127.

5. Юсупов А.А., Жиликова А.Е. (Научный руководитель: д.т.н., проф. В.А. Алтунин). Разработка экспериментальной установки по исследованию электростатических полей в жидких углеводородных горючих и моторных авиационных маслах в земных и космических условиях // Матер. докл. XII Международ. молодеж. научно – технич. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов «Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы – 2025». Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева (Электронное издание). 2025. С. 529-530.

УДК 532.517.4: 536.24

eLIBRARY.RU: 55.47.29; 55.49.07

Лобанов И.Е.

Lobanov I.E.

доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Технологический университет имени
дважды Героя Советского Союза
летчика-космонавта А.А. Леонова»

Ткаченко Е.А.

Tkachenko E.A.

студент
ФГБОУ ВО «Технологический университет

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ИНТЕНСИФИЦИРОВАННОГО ТЕПЛООБМЕНА
В ТРУБАХ С ТУРБУЛИЗАТОРАМИ НА
ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ В ЛАМИНАРНОЙ,
ПЕРЕХОДНОЙ И ТУРБУЛЕНТНОЙ ОБЛАСТЯХ**

**MATHEMATICAL MODELING OF INTENSIFIED HEAT
TRANSFER IN PIPES WITH TRANSFORMER OIL
TURBULATORS IN LAMINAR, TRANSIENT AND
TURBULENT REGIONS**

Аннотация. Осуществлено математическое моделирование теплообмена в трубах с турбулизаторами при низких числах Рейнольдса, характерных для ламинарного ($Re = 10^2 \div 1,5 \cdot 10^3$), переходного ($Re = 1,6 \cdot 10^3 \div 10^4$) и турбулентного ($Re = 10^4 \div 4 \cdot 10^5$) режимов течений теплоносителей, которые ранее исследовались преимущественно экспериментально. Рассматривалось решение задачи о теплообмене для турбулизаторов потока полукруглого поперечного сечения на основе многоблочных вычислительных технологий, основанных на решении ФКОМ.

Ключевые слова: конвективный теплообмен, моделирование, поток, присоединение, труба, канал, турбулизатор, течение, ламинарный, турбулентный, переходный режимы.

Abstract. Mathematical modeling of heat transfer in pipes with turbulators at low Reynolds numbers, characteristic of laminar ($Re = 1,6 \cdot 10^3 \div 10^4$), transient ($Re = 1,6 \cdot 10^3 \div 10^4$) and turbulent ($Re = 10^4 \div 4 \cdot 10^5$) modes of coolant flows, which were previously studied mainly experimentally, is carried out. The solution of the heat exchange problem for semicircular flow turbulators based on multiblock computing technologies based on the CCF solution was considered.

Keywords: convective heat transfer, modeling, flow, connection, pipe, channel, turbulator, flow, laminar, turbulent, transient modes.

Метод исследования

Известным и очень хорошо апробированным на практике способом вихревой интенсификации теплообмена является нанесение периодических выступов на стенки омываемых поверхностей [1].

Исследование структуры интенсифицированного потока, в основном, проводится экспериментальными методами [1], в то время как современные расчётные работы используют только интегральные и приближённые подходы к данной проблеме.

Кроме экспериментального исследования, интенсификация теплообмена в переходных областях течения исследовалась теоретически для турбулизаторов потока полукруглого поперечного сечения на основе многоблочных вычислительных технологий, основанных на решении факторизованным конечно-объёмным методом (ФКОМ) уравнений Рейнольдса и уравнения энергии [1].

Численный расчёт показал, что интенсификация теплообмена будет иметь место с определённых чисел Рейнольдса, а для малых чисел Рейнольдса она незначительна. Также были рассчитаны линии токов для переходных условий течения, которые значительно различаются при увеличении числа Рейнольдса $Re = 2 \cdot 10^3 \square 10^4$, что обосновывает качественное увеличение интенсификации теплообмена [1].

Были проведены также численные исследования для более высоких чисел Рейнольдса для труб с турбулизаторами: $Re=10^4 \square 10^6$, а затем и для $Re=10^6 \square 10^{10}$. Успешное проведение математического моделирования для турбулентного и переходного режимов течения теплоносителя обосновывает применение этого метода для более низких чисел Рейнольдса, т.е. для ламинарной области, которая экспериментально исследовалась для трансформаторного масла в [2].

В данной работе исследовались также аналогичные течения и теплообмен для неньютоновских жидкостей [2], уровень интенсификации теплообмена который может превышать ньютоновские. В рамках данной работы проводилось математическое моделирование вышеуказанным методом ламинарного течения и теплообмена ньютоновской жидкости в трубах с турбулизаторами с параметрами: $Pr = 170 \square 320$; $d/D = 0,80; 0,86; 0,92$; $t/D = 0,33; 0,66; 1,22$; $Re = 10^2 \square 10^3 \square 1,5 \cdot 10^3$; температурный фактор: $1,07 \square 1,15$.

Данная область была опытным образом изучена в [2], где было установлено, что при $Re \approx 1600$ режим течения становится переходным, поскольку качественно меняется характер изменения гидравлического сопротивления [2]. Математическое моделирование режимов после $Re > 1600$ ($Re = 1,6 \cdot 10^3 \square 2 \cdot 10^3$) и далее вплоть до $Re = 2,4 \cdot 10^3$ и до $Re = 10^4 \square 4 \cdot 10^5$ проводилось как для турбулентных течений методом, реализованным в [1].

Результаты и обсуждение

1. В работе было проведено математическое моделирование

теплообмена в трубах с турбулизаторами полукруглого поперечного сечения при числах Рейнольдса, характерных для ламинарного ($Re = 10^2 \div 2 \cdot 10^3$) и переходного ($Re = 2 \cdot 10^3 \div 10^4$) и турбулентного ($Re = 10^4 \div 4 \cdot 10^5$) режимов течений, на основе многоблочных вычислительных технологий, основанных на решении факторизованным конечно-объёмным методом уравнений Рейнольдса и уравнения энергии и получена интенсификация теплообмена для относительно небольших чисел Рейнольдса $Re = 2 \cdot 10^3 \div 10^4$ в широком диапазоне чисел Прандтля что может быть актуально в каналах, но она меньше, чем для турбулентного режима течения.

2. Преимущество применённого в работе метода на основе метода контрольных объёмов над существующими состоит в том, что последние основывались на целом ряде приближений, например: приближения Галёркина, линеаризации уравнений, применения методов переменных направлений с последующей реализацией методов прогонки, применения метода переменных уравнений с последующей реализацией на основе методов прогонки и т.п.

3. Применённым методом ФКОМ были получены как локальные, так и осреднённые характеристики потока и теплообмена в трубах с турбулизаторами для ламинарного, переходного и турбулентного режимов течения теплоносителя и позволило детерминировать для этих режимов уровни интенсификации теплообмена.

Литература

1. Лобанов И.Е. Математическое моделирование интенсифицированного теплообмена при турбулентном течении в каналах: Дис... докт. техн. наук. М.: МАИ, 2005. 632 с.
2. Назмеев Ю.Г. Теплообмен при ламинарном течении жидкости в дискретно-шероховатых каналах. М.: Энергоатомиздат, 1998. 372 с.

УДК 629.7.062.3

eLIBRARY.RU: 55.47.05

Великанова Н.П.

Velikanova N.P.

доктор технических наук, профессор

Великанов П.Г.

Velikanov P.G.

кандидат физико-математических наук, доцент

Новожилов А.А.

Novozhilov A.A.

аспирант
Бернацкий В.С.
Bernatsky V.S.

студент
Алимов И.Н.
Alimov I.N.

студент
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ТУРБИНЫ АВИАЦИОННОГО ГТД

A PROBABILISTIC AND STATISTICAL APPROACH FOR ASSESSING THE DURABILITY OF TURBINE WORKING BLADE OF THE AVIATION GTE

Аннотация. Подход основан на анализе НДС рабочей лопатки (РЛ) турбины широко используемого авиационного ГТД и изменении НДС РЛ в процессе длительной эксплуатации в соответствии с особенностями работы двигателя. В работе рассматриваются статистические данные о механических характеристиках и долговечности материала РЛ — жаропрочного сплава на никелевой основе. Учитывается изменение характеристик материала в процессе длительной эксплуатации ГТД. Долговечность РЛ турбины прогнозируется на основе изменения статистического запаса прочности в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: турбина, рабочая лопатка, ресурс, долговечность, прочностная надежность, статистические данные, вероятностный критерий разрушения, критерий Биргера.

Abstract. The approach is based on the analysis of the stress-strain state of the turbine working blade of a widely used aviation gas turbine engine and the change in the stress-strain state of the turbine working blade during long-term operation in accordance with the characteristics of the engine. The paper considers statistical data on the mechanical characteristics and durability of the material of the working blades, a heat—resistant nickel-based alloy. The change in material characteristics during long-term operation of a gas turbine engine is taken into account. The durability of the

turbine working blade is predicted based on changes in the statistical safety margin during operation.

Keywords: turbine, working blade, resource, durability, strength reliability, statistical data, probabilistic criterion of destruction, Birger criterion.

Известно, что существующие и перспективные аэрокосмические системы могут состоять [1-5]:

- из индивидуального аэрокосмического летательного аппарата (воздушно – космического самолёта (ВКС));
- из ракеты-носителя и закреплённого на ней ВКС (по примеру системы «Энергия – Буран»);
- из самолёта – авиаматки с ВКС, где после набора самолётом высоты ВКС может стартовать: с его спины, из фюзеляжа из-под фюзеляжа (такие варианты запуска называют «воздушными стартами»);
- из экраноплана (ЭП) с ВКС на его спине, где при разгоне ЭП ВКС производит воздушный старт с дальнейшим выходом на космическую орбиту, а возвращается на Землю по-самолётному на морскую поверхность или на спину движущегося ЭП.

Надёжность, ресурс и долговечность аэрокосмических систем зависит, в первую очередь, от надёжности, ресурса и долговечности двигателей летательных аппаратов (ЛА) воздушного, аэрокосмического и космического базирования одно – и многоразового использования.

Рабочие лопатки (РЛ) турбин газотурбинных двигателей (ГТД), как авиационных, аэрокосмических, так и наземных, являются важнейшими деталями, от которых в значительной степени зависит получение высоких эксплуатационных параметров и долговечности двигателей. Разрушение РЛ турбины, как в полете, так и на газоперекачивающих станциях, обычно приводит к значительным повреждениям внутри силовой установки. Поэтому проблема точного прогнозирования долговечности РЛ, минимизации вероятности разрушения, всегда была и остается актуальной на всех этапах проектирования, доводки и эксплуатации двигателя.

В процессе длительной эксплуатации в результате деградиационных изменений (эрозия и коррозия лопаток, выработка уплотнений и др.) изменяются основные параметры работы двигателя, в частности, частота вращения ротора и температура газа в турбине, которые определяют напряженно-деформированное состояние (НДС) деталей ротора турбины.

В докладе подробно излагаются объекты, материалы и методы, используемые при проведении расчётов. Для характеристики длительной статической нагрузки РЛ рассматриваемого двигателя был использован двумерный вероятностный критерий разрушения, предложенный И.А. Биргером [1-5].

В результате проведенных исследований была определена долговечность РЛ авиационного двигателя. Эти расчетные значения долговечности критически важных деталей турбины в дальнейшем могут быть использованы для продления срока их службы. Разработанный подход для прогнозирования долговечности может быть успешно реализован также и для любых других критически важных деталей, изготовленных из альтернативных материалов, различных авиационных, аэрокосмических и наземных двигателей и энергоустановок, что может значительно расширить применимость и значимость результатов исследований.

Литература

1. Великанова Н.П., Великанов П.Г. Оценка долговечности рабочих лопаток турбин наземных газотурбинных установок на основе вероятностного подхода // Современные проблемы ракетной и космической техники. Сб. статей, 2022. Казань: редакционно - издательский центр «Школа», 2022. С. 126-135.
2. Великанова Н.П., Великанов П.Г., Алиев Р.Н.О. Анализ нагруженности дисков турбины авиационного ГТД и наземной ГТУ // Современные проблемы ракетной и космической техники. Сб. статей, 2022. Казань: редакционно-издательский центр «Школа», 2022. С. 114-125.
3. Великанова Н.П., Великанов П.Г. Сравнительный анализ долговечности рабочих лопаток турбин газогенераторов наземных газотурбинных установок для газоперекачивающих аппаратов на основе вероятностного подхода // Матер. 56-х Научных чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. 2022. С. 227-230.
4. Velikanov P.G., Velikanova N.P. Evaluation possibility of the turbine disks using of converted aircraft engines of the NK family. E3S Web of Conferences 402, 02002 (2023). Trans Siberia 2023.
5. Великанова Н.П., Великанов П.Г. Оценка долговечности дисков турбин авиационных ГТД семейства НК-8 на основе вероятностно-статистического подхода // Насосы. Турбины. Системы. 2024. № 2 (51). С. 72–82.

УДК 629.7.062.3
eLIBRARY.RU: 55.47.05

Великанова Н.П.
Velikanova N.P.

доктор технических наук, профессор

Великанов П.Г.
Velikanov P.G.

кандидат физико-математических наук, доцент

Новожилов А.А.
Novozhilov A.A.

аспирант

Бочков М.О.
Bochkov M.O.

студент

Афроськин В.Н.
Afroskin V.N.

студент

ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ
МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ С ПОМОЩЬЮ ВЕРОЯТНОСТНО-
СТАТИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДИСКА
ТУРБИНЫ КОНВЕРТИРУЕМОЙ НАЗЕМНОЙ ГТУ ДЛЯ ГПА**

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE DETAIL LEVEL OF
THE MODEL FOR ESTIMATING, USING A PROBABILITY-
STATISTICAL APPROACH, THE DURABILITY OF A TURBINE
DISK OF A CONVERTIBLE GROUND-BASED GTU FOR GCU**

Аннотация. Подход основан на анализе НДС (с разным уровнем детализации модели) диска турбины широко используемой конвертируемой наземной газотурбинной установки (ГТУ) для газоперекачивающего агрегата (ГПА) и изменении НДС диска в процессе длительной эксплуатации в соответствии с особенностями работы ГТУ для ГПА. В работе рассматриваются статистические данные о механических характеристиках и долговечности материала диска — жаропрочного сплава на никелевой основе. Учитывается

изменение характеристик материала в процессе длительной эксплуатации ГТУ для ГПА. Долговечность диска турбины прогнозируется на основе изменения статистического запаса прочности в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: турбина, диск, ресурс, долговечность, прочностная надежность, статистические данные, вероятностный критерий разрушения, критерий Биргера.

Abstract. The approach is based on the analysis of the stress-strain state (with different levels of model detail) of the turbine disk of a widely used convertible of ground gas turbine units (GTU) for gas compressor units (GCU) and the change in the stress-strain state of the disk during long-term operation in accordance with the specifics of the GTU for GCU. The paper considers statistical data on the mechanical characteristics and durability of the disk material, a heat-resistant nickel-based alloy. The change in the characteristics of the material during the long-term operation of the GTU for GCU is taken into account. The durability of the turbine disk is predicted based on changes in the statistical safety margin during operation.

Keywords: turbine, disk, resource, durability, strength reliability, statistical data, probabilistic criterion of destruction, Birger criterion.

В авиационных и аэрокосмических двигателях одно – и многофазового использования важную роль, как и другие детали, играют и диски турбин [1-4]. Диски турбин газотурбинных двигателей (ГТД) являются важнейшими деталями, от которых зависит получение высоких эксплуатационных параметров и долговечности двигателей. Разрушение диска турбины в полете авиационного или аэрокосмического летательного аппарата (ЛА) обычно приводит к значительным повреждениям внутри силовой установки. Поэтому проблема точного прогнозирования долговечности диска, минимизации вероятности его разрушения, всегда была и остается актуальной на всех этапах проектирования, создания, доводки и эксплуатации двигателя.

Деградационные изменения (коррозия и эрозия, изменение размеров и загрязнение проточной части и др.), происходящие в двигателях в процессе длительной эксплуатации, приводят к изменению параметров их работы (например, температуры газа в турбине и частоты вращения роторов), которые значительно влияют на напряженно-деформированное состояние (НДС) отдельных деталей и всего двигателя в целом. Применительно к двигателям большого ресурса, какими являются, например, наземные ГТУ для ГПА, при

прогнозировании долговечности ответственных деталей (на примере дисков турбин) в работе анализируется изменение их НДС с разным уровнем детализации модели диска.

Исходные механические свойства и долговечность материалов дисков турбин в связи с производственными факторами характеризуются определенным рассеянием. Они изменяются в процессе длительной эксплуатации вследствие температурного и деформационного старения, что требует при прогнозировании долговечности ответственных деталей ГТД использовать методы теории вероятности и математической статистики, а также вероятностные критерии разрушения.

В докладе подробно излагается метод исследования и расчёта диска ГТУ. Для характеристики длительной статической нагрузки диска рассматриваемой ГТУ был использован двумерный вероятностный критерий разрушения, предложенный И.А. Биргером [1-7]. В результате проведенных исследований была определена долговечность диска (с разным уровнем детализации модели диска) рассматриваемой ГТУ.

Материалы доклада будут способствовать проектированию и созданию отечественных двигателей одно – и многофазового использования наземного, воздушного, аэрокосмического и космического базирования повышенных характеристик по ресурсу, надёжности, безопасности, долговечности и эффективности.

Литература

1. Великанова Н.П., Великанов П.Г. Оценка долговечности рабочих лопаток турбин наземных газотурбинных установок на основе вероятностного подхода // Современные проблемы ракетной и космической техники. Сб. статей, 2022. Казань: редакционно - издательский центр «Школа», 2022. С. 126-135.
2. Великанова Н.П., Великанов П.Г., Алиев Р.Н.О. Анализ нагруженности дисков турбины авиационного ГТД и наземной ГТУ // Современные проблемы ракетной и космической техники. Сб. статей, 2022. Казань: редакционно-издательский центр «Школа», 2022. С. 114-125.
3. Великанова Н.П., Великанов П.Г., Алиев Р.Н. Сравнительный анализ нагруженности дисков турбины авиационного ГТД и наземной ГТУ для газоперекачивающего агрегата // Матер. 56-х Научных чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. 2022. С. 224-227.

4. Протасова Н.А., Великанова Н.П., Великанов П.Г., Ахмадеев А.А., Салих И.Ш.С. Исследование стабильности производства дисков турбин газоперекачивающих агрегатов по механическим свойствам // Известия вузов. Авиационная техника. 2019. № 4. С. 138-144.
5. Протасова Н.А., Великанова Н.П., Великанов П.Г., Ахмадеев А.А., Салих И.Ш.С. Закономерности снижения значений прочностных характеристик материала дисков турбины двигателей газоперекачивающих агрегатов после различных сроков эксплуатации // Известия вузов. Авиационная техника. 2020. № 2. С. 38 - 44.
6. Великанова Н.П., Великанов П.Г. Оценка долговечности дисков турбин авиационных ГТД семейства НК-8 на основе вероятностно-статистического подхода // Насосы. Турбины. Системы. 2024. № 2 (51). С. 72–82.
7. Великанова Н.П., Великанов П.Г., Протасова Н.А., Алиев Р.Н.О. Прогнозирование долговечности деталей турбин газогенераторов наземных ГТУ для ГПА семейства НК на основе вероятностного подхода // Авиационные двигатели. № 3 (20). 2023. С. 3-10.

УДК 536.24

eLIBRARY.RU: 55.37.29

Ильинков А.В.

Pyinkov A.V.

кандидат технических наук

доцент

Такмовцев В.В.

Takmvtsev V.V.

кандидат технических наук

доцент, доцент

Щукин А.В.

Shchukin A.V.

доктор технических наук

профессор, профессор

Любимов П.Е.

Lyubimov P.E.

студент

ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ КРИВИЗНЫ ВОГНУТОЙ ОХЛАЖДАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ТЕПЛООТДАЧУ В СФЕРИЧЕСКОЙ ВЫЕМКЕ ОТРЫВНОГО ТИПА

INFLUENCE OF THE LONGITUDINAL CURVATURE OF THE CONCAVE OF THE COOLED SURFACE ON HEAT TRANSFER IN A SPHERICAL RECESS OF THE BREAKAWAY TYPE

Аннотация. Представлены результаты экспериментального исследования теплоотдачи при обтекании вогнутой поверхности охладителем. Выполнение на исследуемой поверхности выемок отрывного типа сферической формы позволяет примерно в 1,3 раза увеличить среднюю теплоотдачу по сравнению с плоской стенкой при прочих равных условиях.

Ключевые слова: вогнутая теплообменная поверхность, продольная кривизна, теплоотдача, интенсификатор теплообмена, сферическая выемка, экспериментальное исследование.

Abstract. The results of an experimental study of heat transfer when a coolant streamlines a concave surface are presented. The implementation of spherically shaped breakaway-type recesses on the surface under study allows approximately 1.3 times increase in the average heat transfer compared to a flat wall, all other conditions being equal.

Keywords: concave heat exchange surface, longitudinal curvature, heat transfer, heat transfer intensifier, spherical notch, experimental study.

Совершенствование систем охлаждения различных элементов авиационной, ракетной и космической техники, включая двигательные установки различного назначения, а также системы жизнеобеспечения и научное оборудование, является актуальной проблемой аэрокосмонавтики. Сюда же относятся вопросы надежной работы лопаток высокотемпературных авиационных турбин.

Обсуждение проблем организации высокоэффективных поверхностных интенсификаторов воздушного охлаждения в высокотемпературных газотурбинных двигателях и установок идет уже много лет и этот вопрос становится все более актуальным, поскольку известно, что повышение температуры газа перед турбиной позволяет повысить удельную мощность двигателя. В связи с этим хорошо себя зарекомендовали пристенные интенсификаторы теплообмена. Важное их преимущество – это практически одинаковый прирост теплоотдачи и гидравлического сопротивления охлаждающего потока воздуха.

Причина этого в том, что возмущение потока охладителя пристенными интенсификаторами теплообмена происходит только в пристенном слое.

В полости сферических выемок отрывного типа со стороны участка ее выходной кромки в условиях диффузорного режима течения происходит образование возвратных токов. В результате самоорганизации вихревых структур, поочередно выходящих из полости выемки и присоединяющихся к исходно гладкой поверхности, за ней, происходит интенсификация теплообмена. Поскольку в реальных условиях работы систем охлаждения двигателей и энергоустановок имеются различные возмущающие факторы, по-разному влияющие на режим теплопереноса, то необходимо в методы их расчета включать пункты, позволяющие учитывать их воздействие.

Настоящий доклад посвящен исследованию влияния продольной кривизны обтекания вогнутой поверхности при выполнении в ней сферической выемки отрывного типа.

Как показали многочисленные публикации, математические модели для численного моделирования исследуемых физических процессов не могут с достаточной точностью анализировать исследуемые авторами режимы обтекания. Ведь, как показано выше, при обтекании отрывного типа сферической выемки генерируется нестационарный режим «переключения» двух крупномасштабных вихревых структур с одной половины выемки на другую (см. рис. 1).

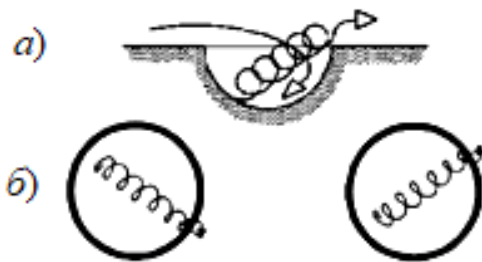


Рис. 1. Схема возвратного течения в продольном сечении (а) и чередующиеся самоорганизующиеся крупномасштабные вихревые структуры (б)

Эти вихри периодически выбрасываются в основной поток, взаимодействуя с пристенным течением.

В связи с большими, нередко непреодолимыми трудностями, которые возникают при построении математической модели изучаемых

процессов интенсификации теплоотдачи около вогнутой поверхности, было принято решение выбрать экспериментальный путь исследований.

В экспериментальной установке, на которой были получены опытные данные, предусмотрена модель сферической выемки отрывного типа, которая изготовлена из материала Х18Н10Т. Диаметр модели выемки в плане составляет $d = 50$ мм, глубина $h = 25$ мм, а ее толщина – 10 мм. На выпуклой и вогнутой поверхностях выемки установлены по 31 хромель-алюмелевых термопарных спаев. Плотность теплового потока определялась с помощью градиентного метода. Число Рейнольдса Re_d , изменялось в диапазоне $(6...60) \cdot 10^5$.

Сначала были проведены визуализационные эксперименты. Они продемонстрировали, что при переходе от обтекания плоской пластины к обтеканию пластины с вогнутой поверхностью в продольном направлении в выемке происходит дополнительная интенсификация выброса крупномасштабных вихрей из выемки на обтекаемую вогнутую исходно гладкую поверхность стенки. Причина этому – генерация радиальной составляющей пульсационной скорости потока, обтекающего поверхность полости сферической выемки отрывного типа. В результате при обтекании вогнутой поверхности теплоперенос дополнительно интенсифицируется в связи с потерей устойчивости вязкого подслоя на поверхности выемки [1, 2].

Полученные в экспериментах данные представлены на рис. 2. Из графика следует, что если установить сферическую отрывную выемку в стенку с вогнутой поверхностью, то средняя теплоотдача в ней возрастет примерно в 1,3 раза, по сравнению с плоской стенкой при прочих равных условиях.

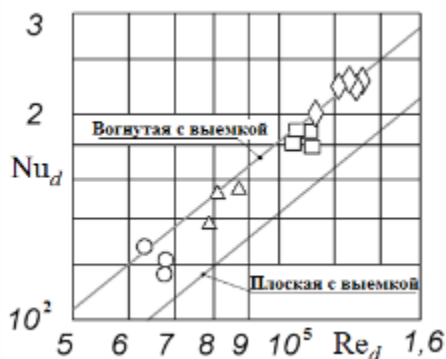


Рис. 2. Средняя теплоотдача в сферической выемке отрывного типа, установленной на вогнутой охлаждаемой поверхности
 $o - (\delta^{**}/R)_{\text{вогн}} = 0,4 \cdot 10^{-3}; \Delta - 0,8 \cdot 10^{-3}; \square - 1,2 \cdot 10^{-3}; \diamond - 1,5 \cdot 10^{-3}$

Сравнение с литературными данными об интенсификации теплообмена в выемке отрывного типа, установленной на выпуклой поверхности, можно заключить, что массовые силы, возникающие при обтекании вогнутой поверхности, примерно в 1,5 раза более интенсивны, чем при обтекании выпуклой поверхности, где реализуется консервативное воздействие центробежных массовых сил. Это связано с образованием дополнительного интенсифицирующего воздействия микровихрями Тэйлора-Гёртлера на вогнутой поверхности. Результаты исследований позволят применять более энергоёмкие горючие, а также создавать отечественные авиационные, аэрокосмические и космические двигатели и энергоустановки с увеличенными ресурсом, надёжностью и эффективностью.

Литература

1. Вихревые технологии для энергетики / А.В. Леонтьев, С.В. Алексеенко, Э.П. Волчков и др., под общей реакцией академика А.И. Леонтьева. – М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – 350 с.
2. Кикнадзе Г.И. Самоорганизация смерчеобразных струй в потоках вязких сплошных сред и интенсификация тепломассообмена, сопровождающая это явление / Г.И. Кикнадзе, И.А. Гачечиладзе, В.В. Алексеев. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 84 с.

УДК 536.24

eLIBRARY.RU: 55.37.29

Ильинков А.В.

Pyinkov A.V.

кандидат технических наук, доцент

Такмовцев В.В.

Takmoltsev V.V.

кандидат технических наук, доцент

Щукин А.В.

Shchukin A.V.

доктор технических наук, профессор

Любимов П.Е.

Lyubimov P.E.

ТЕПЛООТДАЧА В СФЕРИЧЕСКОЙ ВЫЕМКЕ ОТРЫВНОГО ТИПА ПРИ ОБТЕКАНИИ ВЫПУКЛОЙ ПОВЕРХНОСТИ

HEAT TRANSFER IN A SPHERICAL RECESS OF THE BREAKAWAY TYPE AT FLOW OVER A CONVEX SURFACE

Аннотация. Представлены результаты экспериментального исследования теплоотдачи при обтекании выпуклой поверхности охладителем. Выполнение на исследуемой поверхности выемок отрывного типа сферической формы приводит к снижению средней теплоотдачи, по сравнению с их использованием на плоской пластине, примерно на 20% при прочих равных условиях. Причина этого заключается в консервативном воздействии центробежных массовых сил.

Ключевые слова: выпуклая теплообменная поверхность, центробежные массовые силы, теплоотдача, сферическая выемка отрывного типа, экспериментальное исследование.

Abstract. The results of an experimental study of heat transfer when a coolant streamlines a convex surface are presented. The implementation of spherically shaped tear-type recesses on the surface under study leads to a decrease in the average heat transfer compared to their use on a flat plate, by about 20%, all other conditions being equal. The reason for this is the conservative effect of centrifugal mass forces.

Keywords: convex heat-exchange surface, centrifugal mass forces, heat transfer, spherical recess of detachment type, experimental study.

Различные элементы с выпуклой поверхностью, работающие в зоне высоких температур, находят широкое применение в аэрокосмонавтике. Разработка эффективных систем охлаждения таких поверхностей является актуальной задачей не только в ракетной и космической технике, но и в наземных газотурбинных и паротурбинных установках и двигателях. Применение различных интенсификаторов теплообмена позволяет находить решение данной задачи. В данном докладе рассматривается применение сферических выемок отрывного типа. Результаты исследований, описанные в

докладе, актуальны для многих гидродинамических процессов, происходящих в различных системах охлаждения теплотехники наземного и космического базирования. Дело в том, что при обтекании выпуклых поверхностей возникают массовые силы, которые противодействуют или способствуют увеличению конвективного теплопереноса между охлаждаемой стенкой и охлаждающим воздухом.

Как правило (см. [1]), в полости сферической выемки отрывного типа, выполненной в плоской стенке, поочередно – то в правой, то в левой половине выемки относительно продольной плоскости симметрии, самоорганизуются крупномасштабные вихревые структуры. Каждая из них поочередно выбрасывается из выемки на обтекаемую исходно гладкую поверхность, интенсифицируя перенос теплоты в ее пристенном слое. Поскольку скорость обтекания поверхности выемки отрывного типа ниже скорости основного потока в щелевом канале охлаждения, то теплоотдача на ее поверхности также ниже [2]. А поскольку площадь теплообменной поверхности в выемке превышает площадь гладкой поверхности, то в выемке больше и мощность теплового потока, по сравнению с покрывающей выемку исходно гладкой поверхностью. Получается, что в целом имеет место выигрыш от замены исходно гладкой поверхности на сферические выемки отрывного типа.

В докладе обсуждаются результаты опытных исследований теплоотдачи в такой выемке отрывного типа, у которой относительная глубина $h/d = 0,5$. Число Рейнольдса Re_d , рассчитанное по параметрам выемки, изменялось в экспериментах в диапазоне $(6...60) \cdot 10^5$, что свидетельствовало о турбулентном режиме обтекания выпуклой поверхности.

Как известно, при обтекании стенки с продольной выпуклой кривизной поверхности, возникают центробежные массовые силы. Они называются консервативными, поскольку снижают различного рода возмущения, подавляя процессы вихреобразования, пульсаций в потоке и др.

В выполненных экспериментах исследовалась средняя теплоотдача в выемке, имеющей диаметр $d = 50$ мм, глубину $h = 25$ мм и толщину стенки 10 мм. На внутренней и внешней поверхностях модели выемки из материала X18H10T установлены по 31 хромель-алюмелевой термопаре. Общий вид объекта исследования – модели сферической выемки отрывного типа показан на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид объекта исследования – модель сферической выемки отрывного типа

Для определения теплового потока по толщине стенки модели, был использован градиентный метод, который имеет относительную погрешность определения теплового потока 15...17%.

Поскольку в процессе обтекания выпуклой поверхности в потоке возникают центробежные массовые силы консервативного типа, то можно ожидать, что процессы самоорганизации крупномасштабных вихревых структур в сферической выемке отрывного типа также будут подчиняться консервативному воздействию массовых сил, снижая интенсивность переноса теплоты.

Как следует из рис. 2, в диапазоне изменения числа Рейнольдса Re_d от $6 \cdot 10^4$ до $15 \cdot 10^4$ влияние выпуклой продольной кривизны поверхности, на которую установлена сферическая выемка отрывного типа, проявляется в снижении средней теплоотдачи, по сравнению с этой моделью выемки, установленной на плоской пластине, примерно на 20%. Как указано выше, причина этого заключается в консервативном воздействии центробежных массовых сил.

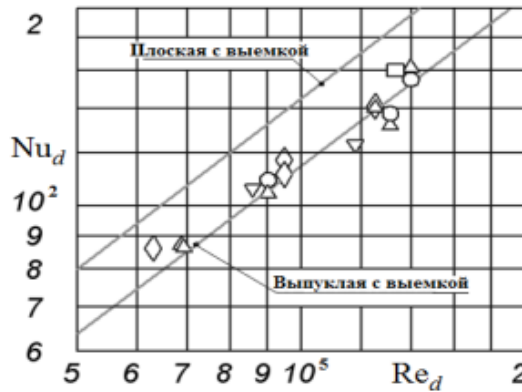


Рис. 2. Средняя теплоотдача в сферической выемке отрывного типа, установленной на выпуклой поверхности:

$$o - (\delta^{**}/R)_{\text{вып}} = 2,5 \cdot 10^{-3}; \Delta - 3,8 \cdot 10^{-3}; \square - 5,2 \cdot 10^{-3}; \diamond - 6,9 \cdot 10^{-3}$$

Выполненная визуализация течений в исследуемой модели выемки отрывного типа показала, что регулярный процесс переброски эпицентров самоорганизующихся крупномасштабных вихревых структур из одной половины выемки в другую снижает свою интенсивность, по сравнению с установкой выемки на плоской поверхности. Этот результат хорошо согласуется с полученными результатами экспериментов по исследованию средней теплоотдачи в выемке, установленной на выпуклой поверхности.

Материалы доклада будут способствовать проектированию и созданию новой отечественной техники наземного, воздушного, аэрокосмического и космического базирования повышенных характеристик по ресурсу, надёжности, эффективности и безопасности.

Литература

1. Кикнадзе Г.И., Гачечиладзе И.А., Алексеев В.В. Самоорганизация смерчеобразных струй в потоках вязких сплошных сред и интенсификация тепломассообмена, сопровождающая это явление. М.: Изд-во МЭИ, 2005. 84 с.
2. Щукин А.В., Ильинков А.В., Такмовцев В.В. и др. Теплофизика рабочих процессов в охлаждаемых лопатках газовых турбин: монография. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2020. 392 с.

УДК 612.821

eLIBRARY.RU: 19.00.03; 89.00.00

Поляниченко А.А.

Polyanichenko A.A.

младший научный сотрудник

ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г. Москва

Рюмин О.О.

Ryumin O.O.

кандидат медицинских наук

ведущий научный сотрудник – зав. лабораторией

ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г. Москва

Бубеев Ю.А.

Bubeev Yu.A.

доктор медицинских наук, профессор

зам. директора по научной работе

ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г. Москва

Бобков Д.Н.

Bobkov D.N.

кандидат медицинских наук

преподаватель кафедры Медико-биологических дисциплин

Университет Синергия, г. Москва

Поздняков С.В.

Pozdnyakov S.V.

кандидат медицинских наук

главный специалист

ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г. Москва

Савенко О.А.

Savenko O.A.

зав. лабораторией

ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г. Москва

Котов О.В.

Kotov O.V.

кандидат медицинских наук

зам. директора по научной работе

ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г. Москва

КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТОВ

KEY ASPECTS OF PSYCHOLOGICAL SUPPORT FOR THE EXTRAVEHICULAR ACTIVITIES OF ASTRONAUTS

Аннотация. Одним из наиболее ответственных направлений деятельности космонавтов в процессе реализации программы миссии являются операции, связанные с внекорабельной деятельностью (ВКД). Её необходимость вытекает как из решения научных задач в ходе проведения космических экспериментов, так и осуществления монтажных и ремонтно-восстановительных работ на внешней поверхности орбитальной станции. Такая деятельность является стрессовой и требует от всех обеспечивающих её наземных специалистов, включая психологов сопровождения экипажа, особого внимания и контроля.

Ключевые слова: космический полет, выполнение внекорабельной деятельности, психологическое сопровождение.

Abstract. One of the most responsible areas of astronauts' activity during the mission program implementation is operations related to extravehicular activity (EVA). The necessity of its performance arises from the solution of both scientific tasks during space experiments and implementation of installation and repair and recovery operations on the outer surface of the orbital station. Such activities are stressful and require special attention and control from all ground specialists providing them, including crew support psychologists.

Keywords: space flight, performance of extravehicular activities, psychological support.

Исследование космоса неразрывно связано с работой человека как внутри космических аппаратов, так и за их пределами. Такая деятельность является стрессовой и требует от всех обеспечивающих её наземных специалистов, включая психологов сопровождения экипажа, особого внимания и контроля. Первые непродолжительные шаги человека в открытый космос были сделаны 18 марта 1965 года, когда космонавт Алексей Архипович Леонов впервые в мировой истории вышел в открытый космос с борта корабля «Восход-2». Этот дебют длился всего 12 минут. С течением времени длительность

пребывания космонавтов в открытом космосе существенно возросла, достигнув её показателей до 7,5 часов [1].

Сегодня контроль за выходом в открытый космос осуществляется Группой Медицинского Обеспечения Главной Оперативной Группы Управления в Центре Управления Полетами. В состав этой группы входят специалисты-психологи, которые занимаются оценкой коммуникативного поведения космонавтов на Международной космической станции (МКС) [2].

Основная задача психологического мониторинга во время космического полёта заключается в проведении анализа состояния здоровья экипажа и установлении уровня его работоспособности на всех этапах, включая выход в открытый космос [3].

Все симптомы также подразделяются на абсолютные, даже единичные выраженные проявления которых служат основанием для запрета на выполнение внекорабельной деятельности, и второстепенные, некритичные по отдельности и служащие запрещающим признаком только в сочетании (2 и более) и устойчивом выраженном проявлении. Оценка выраженности симптомов осуществляется индивидуально на основании жалоб космонавтов, а также непосредственном наблюдении сотрудниками по сопровождению экипажа в полете. Например, выраженное головокружение, отмечаемое космонавтом – выраженный абсолютный симптом, в то время как некоторая преходящая сонливость – умеренно выраженный относительный симптом.

Анализ результатов ВКД во время работы экипажей МКС показывает, что применяемая в настоящее время методика оценки коммуникативно-поведенческого состояния обеспечивает необходимый уровень безопасности человека и позволяет обеспечивать и принимать обоснованные решения о его допуске к работе в открытом космосе. Тем не менее, на основании анализа результатов оценки коммуникативно-поведенческой сферы космонавтов в период подготовки и выполнения ВКД в ходе экспедиций (с 2022 по 2024гг.), а также оценки литературных данных была собрана таблица с перечислением абсолютных и относительных симптомов с разделением на 3 группы: соматоневрологические, речевые и поведенческие. Использование таблицы поможет облегчить работу специалиста и позволит выносить взвешенные заключения относительно возможности допуска космонавтов к выполнению работ за бортом космического корабля.

Работа выполнена в рамках Программы Фундаментальных научных исследований РАН FMFR-2024-0034.

Литература

1. Скиба И.А., Пешков Е.М. Особенности подготовки к первому выходу человека в открытый космос в условиях термобарокамеры (физиолого-гигиенические аспекты) / Очерки по истории авиакосмической медицины и космической биологии. Выпуск 2 // О.Г. Газенко, ред. – М.: Издательство ООО Фирма «Слово», 2002. С. 85-87.
2. Суполкина Н.С., Юсупова А.К., Рюмин О.О. Оперативное психологическое сопровождение экипажа в космическом полете: история становления, современное состояние, перспективы развития. Авиакосмическая и экологическая медицина. 2024; 58(3): 5-11. DOI: 10.21687/0233-528X-2024-58-3-5-11
3. Котов О.В., Поляков А.В., Ковачевич И.В., Поздняков С.В., Репенкова Л.Г. Совершенствование средств медицинского обеспечения внекорабельной деятельности. Авиакосмическая и экологическая медицина. 2024. Т. 58. № 2. С. 5-9. DOI: 10.21687/0233-528X-2024-58-2-5-9

Секция 10
«К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОБЛЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ»

УДК 37.013.77
eLIBRARY.RU: 15.81.21

Глушанкова Т.Г.
Glushankova T.G.
преподаватель кафедры психологии
Калужский институт (филиал)

**РАЗВИТИЕ СУБЪЕКТНОЙ ПОЗИЦИИ ЛИЧНОСТИ В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОТНОШЕНИЯ К БУДУЩЕМУ
У СТУДЕНТОВ ВУЗА**

**THE DEVELOPMENT OF A PERSONALITY'S SUBJECTIVE
POSITION DEPENDING ON THE ATTITUDE OF UNIVERSITY
STUDENTS TOWARDS THE FUTURE**

Аннотация. В данной статье рассматривается развитие субъектной позиции личности студентов вуза. Представлены теоретические аспекты проблемы, а также результаты эмпирического исследования развития субъектной позиции личности, в зависимости от отношения к будущему студентов вуза. Представлены результаты проведения тренинга, способствующего развитию субъектной позиции личности, ее компонентов, ввиду воздействия на отношение к будущему.

Ключевые слова: субъект учебно-профессиональной деятельности, субъектная позиция личности, период студенчества, студенты, отношение к будущему, тренинг.

Abstract. this article examines the development of the subjective position of the personality of university students. The theoretical aspects of the problem are presented, as well as the results of an empirical study of the development of the subjective position of a personality, depending on the attitude towards the future of university students. The results of the training are presented, which contributes to the development of the subjective position of the personality, its components, due to the impact on the attitude towards the future.

Keywords: subject of educational and professional activity, subjective position of personality, student period, students, attitude to the future, training.

С поступлением в вуз и началом обучения у студентов изменяется привычный образ жизни. Они осваивают учебно-профессиональную деятельность в рамках выбранной профессии, у них появляются новые учебные задачи. Перед студентами встает вопрос выбора сначала основной образовательной программы, затем в освоении дополнительных программ, элективных и факультативных модулей. Многие начинают трудовую деятельность, что предполагает совмещение с учебой, расстановку приоритетов и распределение времени, умение управлять своей деятельностью с ориентацией на будущее. Все это требует от студента определенных субъектных решений, наличия собственной позиции по отношению к действительности и своему месту в ней, студенту важно занять субъектную позицию.

Существуют понятия внутренняя позиция, жизненная, личностная позиция и многие другие. Л. И. Божович впервые ввела понятие внутренней позиции, определяет ее как систему внутренних факторов, детерминирующую отношение субъекта к своему положению в обществе [Божович, 1968]. Жизненную позицию впервые описывает в своих работах Д. А. Леонтьев. Автор говорит о трех измерениях жизненной позиции – осознанности, активности по отношению к собственной жизни и третье измерение – гармония с собственной жизнью. Понятие позиция личности раскрывается в системном взгляде Б. Г. Ананьева на психологию личности. По мнению автора, она представляет собой сложную систему отношений личности (к обществу в целом и общностям, к которым она принадлежит, к труду, людям и самому себе), установок и мотивов, которыми она руководствуется в деятельности, целей и ценностей, на которые направлена деятельность [1]. Рассмотрим понятие «субъектная позиция» личности. Л. В. Левицкая, кандидат психологических наук, в своем исследовании субъектной позиции личности как этапа на пути к профессиональной самореализации студенческой молодежи, говорит о субъектной позиции студента-первокурсника, как представляющую собой относительно устойчивую систему взаимодействия личности с образовательной деятельностью, выражающую степень авторства и самоконтроля учебно-профессиональной деятельности, при которой характерной особенностью жизневосприятия студента становится личная ответственность и осмысленность процесса учебно-профессиональной деятельности, а также выраженная непрерывная самоактуализация в деятельности [Левицкая, 2014]. М. А. Пахмутова в своих работах подчеркивает, что одним из основных условий,

определяющих компетентность и профессионализм современного специалиста, является сформированная субъектная позиция, т.е. способность активно, самостоятельно и осознанно регулировать свою профессиональную деятельность и совершенствовать собственную личность [Пахмутова, 2019].

Анализируя взгляды авторов и результаты исследований, мы видим, что субъектная позиция личности представляет собой отношение к окружающей среде и занятие собственной позиции во взаимодействии с ней, наличие собственных целей и осознанной активности для их реализации, авторство своей жизни. Проявление субъектной позиции осуществляется в осознанной деятельности и ее корректировке, ввиду учета своих ресурсов и возможностей. Несмотря на то, что субъектная позиция личности очень важна для будущих профессионалов и специалистов, она мало изучена, особенно в контексте отношения к будущему. Поэтому предметом исследования стало развитие субъектной позиции личности в зависимости от отношения к будущему, а именно открытости будущему, студентов вуза. Данное исследование состоит из двух частей: первая заключается в поиске взаимосвязи субъектной позиции личности студентов и открытости будущему, выявлении компонентов субъектной позиции, соотносящихся с открытостью будущему; вторая часть исследования, если взаимосвязь подтверждается, заключается в разработке тренинговой программы, способствующей развитию субъектной позиции личности с помощью влияния на отношение к будущему студентов вуза.

Термин отношение к будущему введен в психологию в 2018г. группой испанских исследователей под руководством Кристины Ботелло. Исследователи предположили, что признаками открытости будущему являются: уверенность в собственных силах при встрече с неопределенными ситуациями в будущем; принятие и открытость к тому, что может произойти в будущем; самоэффективность в отношении планов на будущее, уверенность в собственной способности строить планы и реализовывать их [6].

Для осуществления 1 части исследования, выявления особенностей развития субъектной позиции личности и отношения к будущему у студентов вуза, были подобраны следующие методики: «Уровень развития субъектности личности», автор М. А. Щукина [7]; «Шкала открытости будущему», автор К. Ботелло, адаптация А. С. Хегай [6]. Эмпирическое исследование проводилось в вузах: Калужский Государственный университет им. К. Э. Циолковского, Московский

гуманитарно-экономический университет Калужский филиал, Нижегородский Государственный университет имени Н. И. Лобачевского. Выборка составила 131 человек. В рамках проведенного исследования были выявлены следующие корреляционные взаимосвязи всех компонентов субъектности по М.А. Щукиной, которые мы взяли за критерии субъектной позиции личности с открытостью будущему (см. в Таблице 1). Корреляционный анализ проводился по критерию Ч. Спирмена.

Таблица 1

Корреляционные связи между компонентами субъектности и открытостью будущему (n = 131)

| компоненты субъектности | открытость будущему (значение r) |
|--------------------------------|---|
| Активность | 0,56** |
| Автономность | 0,46** |
| Целостность | 0,26** |
| Опосредствованность | 0,57** |
| Креативность | 0,62** |
| Самоценность | 0,58** |

** - Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя). $p < 0,01$

* - Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя). $p < 0,05$

На основе результатов исследования и подтверждения взаимосвязи компонентов субъектной позиции личности студентов, с открытостью будущему, был создан тренинг «Формирование и укрепление открытости будущему».

Для достижения цели тренинга важно разрешение следующих задач:

- формирование отношения к трудной ситуации как источнику позитивного опыта
- формирование уверенности в собственных силах при встрече с неопределёнными ситуациями в будущем
- формирование умения получать информацию от других людей для решения трудной жизненной ситуации

- обучение навыкам когнитивной оценки ресурсов и прогнозированию результатов деятельности

- обучение навыкам планирования будущих действий и дифференциации отдельных задач

Тренинг состоит из 4 встреч по 2 академических часа, в рамках которых студенты проходят обязательную входную и завершающую диагностику развития компонентов субъектной позиции личности, уровня открытости будущему. Результаты диагностики до тренинга и после представлены ниже (см. в Таблице 2).

Таблица 2

Результаты диагностики группы студентов перед и после тренинга
«Формирование и укрепление открытости будущему»

| компоненты субъектности | Результаты диагностики перед тренингом М | Результаты диагностики после тренинга М |
|--------------------------------|---|--|
| Общий уровень развития | 79,18 | 93,38 |
| активность | 18,00 | 14,25 |
| автономность | 14,27 | 13,50 |
| целостность | 10,73 | 12,13 |
| опосредствованность | 14,09 | 25,63 |
| креативность | 11,91 | 10,63 |
| самоценность | 10,18 | 17,25 |

При сравнении данных по критерию Т-Вилкоксона, значимые различия, после воздействия тренингом, произошли с переменными:

Общий уровень развития субъектной позиции личности $p = ,018$ ($p \leq ,05$)

Активность $p = ,050$ ($p \leq ,05$)

Опосредствованность $p = ,012$ ($p \leq ,05$)

Самоценность $p = ,017$ ($p \leq ,05$)

По результатам диагностики открытости будущему перед тренингом, было выявлено, что показатель открытости будущему участников находился на низком и среднем уровне, после тренинга уровень изменился (см. Рис. 1).

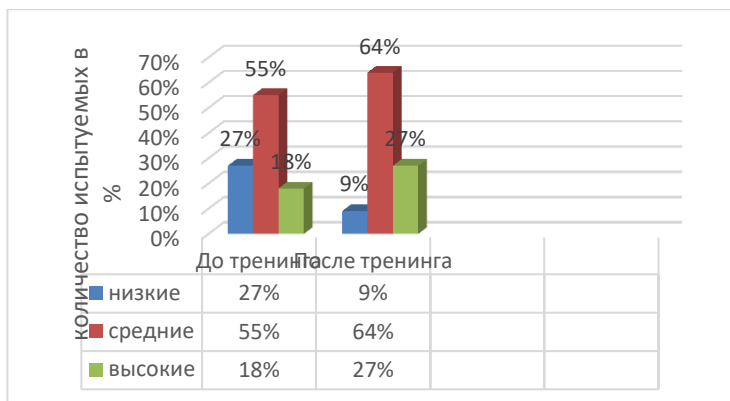


Рис. 1. Результат диагностики открытости будущему до и после тренинга

Проведенное исследование показало, что развитие субъектной позиции личности и ее компонентов взаимосвязано с открытостью будущему у студентов вуза. Разработанный и проведенный тренинг показал, вполне ожидаемый результат, который свидетельствует о том, что с помощью него можно способствовать развитию субъектной позиции личности студентов вузов, ее компонентов через непосредственное изменение отношения к будущему студентов. Данный тренинг позволяет влиять на развитие субъектной позиции личности студентов, не вмешиваясь в учебный процесс. Полученные результаты могут быть использованы психологическими службами, для осуществления консультативной поддержки студентов с проблемами развития субъектной позиции личности и неопределенным отношением к будущему.

Литература

1. Ананьев Б.Г. Человек как предмет познания. СПб.: Питер, 2001. 288 с.
2. Божович Л.И. Личность и ее формирование в детском возрасте. – М., 1968.
3. Брушлинский А.В. Психология субъекта/Отв.ред. проф. В.В. Знаков. – М.: Институт психологии РАН; СПб.:Алетейя, 2003 г. – 272с.
4. Левицкая Л. В. Субъектная позиция личности как этап на пути к профессиональной самореализации студенческой молодежи // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – Т. 20. – С. 4066–4070. – URL: <http://e-koncept.ru/2014/55078.htm>.

5. Пахмутова, М. А. Самоорганизация студентов: от структуры личности к проблеме субъектности / М. А. Пахмутова // Герценовские чтения: психологические исследования в образовании. – 2019. – № 2. – С. 477-483. – DOI 10.33910/herzenpsyconf-2019-2-59. – EDN UYYCVJ.
6. Шкала открытости будущему: русскоязычная адаптация и валидизация / А. С. Хегай, А. А. Золотарева, Т. А. Каштанова [и др.] // Консультативная психология и психотерапия. – 2023. – Т. 31, № 2(120). – С. 119-136. – DOI 10.17759/cpp.2023310206. – EDN WCLITO.
7. Щукина М. А. Опросник «Уровень развития субъектности личности (УРСЛ)». Руководство по применению: метод. пособие. Тюмень : Изд-во Тюмен. гос. ун-та, 2005 35 с.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

| | |
|----------------------|-------------------------|
| Abakumova N.A. | 4 |
| Abdullin M.R. | 249, 252 |
| Afonina E.V. | 174 |
| Afroskin V.N. | 269 |
| Agliullin T.A. | 242 |
| Aleksenko I.V. | 252 |
| Alexandrov S.V. | 157 |
| Alimov I.N. | 266 |
| Altunin K.V. | 245, 249 |
| Altunin V.A. | 171, 249, 252, 256, 259 |
| Andreev D.E. | 41 |
| Anikina E.D. | 27 |
| Artemov M.E. | 181, 184 |
| Artemyev O.G. | 115 |
| Arutyunyan D.A. | 26 |
| Barmin I.V. | 193 |
| Batchenko V.S. | 160 |
| Belov A.A. | 34 |
| Bernatsky V.S. | 266 |
| Bikmuchev A.R. | 235 |
| Blokhin V.V. | 79 |
| Bobkov D.N. | 281 |
| Bochkov M.O. | 269 |
| Bogachev S.A. | 22 |
| Bogatyi A.V. | 31 |
| Bogomolov A.V. | 34, 38 |
| Bogomolov V.V. | 34, 38 |
| Borovsky V.F. | 55, 59 |
| Bragina A.A. | 26 |
| Bubeev Yu.A. | 281 |
| Chernikov P.S. | 221 |
| Chuiko V.M. | 9 |
| Danilov N.D. | 51 |
| Danshin A.S. | 187 |
| Dmitriev A.O. | 44 |
| Druzhinin Yu.O. | 163 |
| Fedenev A.V. | 51 |

| | |
|------------------------|------------|
| Filatov V.V. | 51 |
| Finogenov S.L. | 209 |
| Gaisin A.F. | 238 |
| Garipov G.K. | 41 |
| Glushankova T.G. | 285 |
| Gubaidullin I.R. | 48 |
| Gusev A.V. | 196 |
| Harchikov M.A. | 216, 219 |
| Ilyinkov A.V. | 272, 277 |
| Iudin A.F. | 35, 38 |
| Kalegaev V.V. | 38 |
| Kalmykov F.V. | 245 |
| Kanushkin S.V. | 187 |
| Kavanosyan S.S. | 38 |
| Kazakov N.A. | 242 |
| Khabibullin A.M. | 256 |
| Khalyutin S.P. | 9 |
| Khorunzhiy A.V. | 70, 86, 96 |
| Khudyakov S.N. | 199 |
| Klimov P.A. | 35 |
| Klyushnikov V.Yu. | 224 |
| Kolinova S.A. | 134 |
| Kombaev T.Sh. | 181, 184 |
| Konyukhov I.V. | 42 |
| Korolev E.E. | 31 |
| Kotov O.V. | 282 |
| Krasnov N.O. | 213 |
| Kucherenko I.A. | 35 |
| Lazarev N.D. | 26 |
| Levchenko K.D. | 189 |
| Lobanov I.E. | 262 |
| Lvov M.V. | 256 |
| Lyubimov P.E. | 272, 277 |
| Makarov N.Yu. | 228 |
| Malenkov M.I. | 193 |
| Marchenko M.M. | 48 |
| Matseevich S.V. | 177 |
| Maximovskaya N.A. | 108, 130 |
| Medvedkov N.N. | 115 |
| Meng J. | 196 |

| | |
|--------------------|------------|
| Milyukov V.K. | 44 |
| Mironenko A.I. | 86 |
| Murashov A.S. | 35 |
| Musatova T.P. | 166 |
| Museev E.A. | 253 |
| Myrov D.O. | 51 |
| Nikolskaya T.V. | 59, 66 |
| Novikov A.V. | 212 |
| Novozhilov A.A. | 265, 269 |
| Nushtaeva V.S. | 51 |
| Osedlo V.I. | 38, 42 |
| Osokin S.S. | 187 |
| Ostapenko L.D. | 218 |
| Ovchinnikov M.Yu. | 22 |
| Paniotova T.S. | 82 |
| Panshin E.A. | 27 |
| Panteleimonov I.N. | 51 |
| Pasynkov V.V. | 55 |
| Peklevsky A.V. | 213 |
| Petrukovich A.A. | 6 |
| Pichugin S.B. | 202 |
| Platonov E.N. | 253 |
| Pogosyan S.I. | 41 |
| Polyanichenko A.A. | 281 |
| Pozdnyakov S.V. | 281 |
| Prokopovich S.P. | 213 |
| Pronin K.A. | 249 |
| Rachkin D.A. | 26 |
| Roy Yu.A. | 55, 59 |
| Rubin A.B. | 41 |
| Ryumin O.O. | 281 |
| Samburov S.N. | 115 |
| Sattarov A.G. | 231, 235 |
| Savenko O.A. | 281 |
| Selyanin K.A. | 259 |
| Shchigolev A.A. | 256 |
| Shchukin A.V. | 272, 277 |
| Shklyaruk A.D. | 26 |
| Shuvalov V.A. | 22, 38, 51 |
| Sitnikova M.V. | 96 |

| | |
|---------------------|------------|
| Skotnikov A.S. | 216 |
| Sochnev A.V. | 235 |
| Spirin A.I. | 206 |
| Sudakov V.S. | 134 |
| Sukhoi Yu.G. | 55, 59 |
| Suslov K.S. | 22 |
| Svertilov S.I. | 35, 38, 42 |
| Sysoev V.K. | 45 |
| Takmovtsev V.V. | 272, 277 |
| Tenenbaum S.M. | 26 |
| Tkachenko E.A. | 262 |
| Tokarev K.E. | 59, 62 |
| Tuzikov S.A. | 209 |
| Tverdokhlebova E.M. | 38 |
| Vakhitova A.R. | 249 |
| Velikanov P.G. | 265, 269 |
| Velikanova N.P. | 265, 269 |
| Vereshchagina T.G. | 26 |
| Volov V.A. | 193 |
| Voronin F.A. | 216, 218 |
| Vorontsov V.A. | 13 |
| Voskresenskov E.D. | 35 |
| Yakhin I.Kh. | 51 |
| Yanovskaya M.L. | 250, 256 |
| Yashin I.V. | 39 |
| Yudin A.D. | 45 |
| Yusupov A.A. | 253, 259 |
| Zakamsky V.K. | 241 |
| Zakharov A.S. | 177 |
| Zakharova L.A. | 178 |
| Zefirov I.V. | 221 |
| Zelenyi L.M. | 6 |
| Zerkin D.G. | 189 |
| Zheltnina T.N. | 121, 136 |
| Ziganshin B.R. | 235 |
| Абакумова Н.А. | 4 |
| Абдуллин М.Р. | 249, 252 |
| Аглиуллин Т.А. | 242 |
| Александров С.В. | 157 |
| Алексенко И.В. | 252 |

| | |
|-------------------------|-------------------------|
| Алимов И.Н. | 266 |
| Алтунин В.А. | 171, 249, 252, 256, 259 |
| Алтунин К.В. | 245, 249 |
| Андреев Д.Е. | 41 |
| Аникина Е.Д. | 27 |
| Артёмов М.Е. | 181, 184 |
| Артемьев О.Г. | 115 |
| Арутюнян Д.А. | 26 |
| Афоница Е.В. | 174 |
| Афроськин В.Н. | 269 |
| Бармин И.В. | 193 |
| Батченко В.С. | 160 |
| Белов А.А. | 34 |
| Бернацкий В.С. | 266 |
| Бикмучев А.Р. | 235 |
| Блохин В.В. | 79 |
| Бобков Д.Н. | 281 |
| Богатый А.В. | 31 |
| Богачёв С.А. | 22 |
| Богомоллов А.В. | 34, 38 |
| Богомоллов В.В. | 34, 38 |
| Боровский В.Ф. | 55, 59 |
| Бочков М.О. | 269 |
| Брагина А.А. | 26 |
| Бубеев Ю.А. | 281 |
| Вахитова А.Р. | 249 |
| Великанов П.Г. | 265, 269 |
| Великанова Н.П. | 265, 269 |
| Верещагина Т.Г. | 26 |
| Волов В.А. | 193 |
| Воронин Ф.А. | 216, 218 |
| Воронцов В.А. | 13 |
| Воскресенский Е.Д. | 34 |
| Гайсин А.Ф. | 238 |
| Гарипов Г.К. | 41 |
| Глушанкова Т.Г. | 285 |
| Губайдуллин И.Р. | 48 |
| Гусев А.В. | 196 |
| Данилов Н.Д. | 51 |
| Даньшин А.С. | 187 |

| | |
|------------------------|----------|
| Дмитриев А.О..... | 44 |
| Дружинин Ю.О. | 163 |
| Желнина Т.Н. | 121, 136 |
| Закамский В.К. | 241 |
| Захаров А.С. | 177 |
| Захарова Л.А. | 178 |
| Зелёный Л.М. | 6 |
| Зеркин Д.Г. | 189 |
| Зефилов И.В. | 221 |
| Зиганшин Б.Р. | 235 |
| Ильинков А.В. | 272, 277 |
| Июдин А.Ф. | 35, 38 |
| Каваносян С.С. | 38 |
| Казаков Н.А. | 241 |
| Калегаев В.В. | 38 |
| Калмыков Ф.В. | 245 |
| Канушкин С.В. | 187 |
| Климов П.А. | 35 |
| Клюшников В.Ю. | 224 |
| Колинова С.А. | 134 |
| Комбаев Т.Ш. | 181, 184 |
| Конюхов И.В. | 42 |
| Королев Е.Э. | 31 |
| Котов О.В. | 282 |
| Краснов Н.О. | 213 |
| Кучеренко И.А. | 35 |
| Лазарев Н.Д. | 26 |
| Левченко К.Д. | 189 |
| Лобанов И.Е. | 262 |
| Львов М.В. | 256 |
| Любимов П.Е. | 272, 277 |
| Макаров Н.Ю. | 228 |
| Максимовская Н.А. | 108, 130 |
| Маленков М.И. | 193 |
| Марченко М.М. | 48 |
| Мацеевич С.В. | 177 |
| Медведков Н.Н. | 115 |
| Менг Ж. | 196 |
| Милюков В.К. | 44 |
| Мироненко А.И. | 86 |

| | |
|-------------------------|------------|
| Мурашов А.С. | 35 |
| Мусатова Т.П. | 166 |
| Мусеев Э.А. | 253 |
| Мыров Д.О. | 51 |
| Никольская Т.В. | 59, 66 |
| Новиков А.В. | 212 |
| Новожилов А.А. | 265, 269 |
| Нуштаева В.С. | 51 |
| Овчинников М.Ю. | 22 |
| Оседло В.И. | 38, 42 |
| Осокин С.С. | 187 |
| Остапенков Л.Д. | 218 |
| Паниотова Т.С. | 82 |
| Пантелеймонов И.Н. | 51 |
| Паньшин Е.А. | 27 |
| Пасынков В.В. | 55 |
| Пеклевский А.В. | 212 |
| Петрукович А.А. | 6 |
| Пичугин С.Б. | 202 |
| Платонов Е.Н. | 252 |
| Погосян С.И. | 41 |
| Поздняков С.В. | 281 |
| Поляниченко А.А. | 281 |
| Прокопович С.П. | 213 |
| Пронин К.А. | 249 |
| Рачкин Д.А. | 26 |
| Рой Ю.А. | 55, 59 |
| Рубин А.Б. | 41 |
| Рюмин О.О. | 281 |
| Савенко О.А. | 281 |
| Самбуров С.Н. | 115 |
| Саттаров А.Г. | 231, 235 |
| Свертилов С.И. | 35, 38, 42 |
| Селянин К.А. | 259 |
| Ситникова М.В. | 96 |
| Скотников А.С. | 216 |
| Сочнев А.В. | 235 |
| Спирин А.И. | 206 |
| Судаков В.С. | 134 |
| Суслов К.С. | 22 |

| | |
|-------------------------|------------|
| Сухой Ю.Г. | 55, 59 |
| Сысоев В.К. | 45 |
| Такмовцев В.В. | 272, 277 |
| Твердохлебова Е.М. | 38 |
| Тененбаум С.М. | 26 |
| Ткаченко Е.А. | 262 |
| Токарев К.Е. | 59, 62 |
| Тузиков С.А. | 209 |
| Феденев А.В. | 51 |
| Филатов В.В. | 51 |
| Финогенов С.Л. | 209 |
| Хабибуллин А.М. | 256 |
| Халютин С.П. | 9 |
| Харчиков М.А. | 216, 218 |
| Хорунжий А.В. | 70, 86, 96 |
| Худяков С.Н. | 199 |
| Черников П.С. | 221 |
| Чуйко В.М. | 9 |
| Шклярук А.Д. | 26 |
| Шувалов В.А. | 22, 38, 51 |
| ЩигOLEв А.А. | 256 |
| Щукин А.В. | 272, 277 |
| Юдин А.Д. | 45 |
| Юсупов А.А. | 253, 259 |
| Яновская М.Л. | 250, 256 |
| Яхин И.Х. | 51 |
| Яшин И.В. | 39 |

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ 4

«60-Е НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ, ПОСВЯЩЕННЫЕ РАЗРАБОТКЕ
НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ И РАЗВИТИЮ ИДЕЙ
К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО. ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ» 4

Абакумова Н.А.

"60TH SCIENTIFIC READINGS DEDICATED TO THE
DEVELOPMENT OF THE SCIENTIFIC HERITAGE AND THE
ADVANCEMENT OF THE IDEAS OF K.E. TSIOLKOVSKY: HISTORY
AND MODERNITY"

Abakumova N.A.

60 ЛЕТ ПО ДОРОГЕ ОТКРЫТИЙ ИКИ АН СССР/РАН ВО ВРЕМЕНИ
И ПРОСТРАНСТВЕ 7

Зелёный Л.М., Петрукович А.А.

60 YEARS ALONG THE ROAD OF AS USSR/RAS IKI DISCOVERIES
IN TIME AND SPACE

Zelenyi L.M., Petrukovich A.A.

НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВИАЦИИ И ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ В
ИСТОРИЧЕСКОМ РАКУРСЕ 10

Чуйко В.М., Халютин С.П.

SCIENTIFIC CHALLENGES OF AVIATION AND AERONAUTICS
FROM A HISTORICAL PERSPECTIVE

Chuiko V.M., Khalyutin S.P.

ВПЕРВЫЕ В МИРЕ. АЭРОСТАТЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕНЕРЫ
(К 40-ЛЕТИЮ ПРОЕКТА «ВЕГА») 14

Воронцов В.А.

FOR THE FIRST TIME IN THE WORLD. BALLOONS FOR THE
STUDY OF VENUS. (TO THE 40TH ANNIVERSARY OF THE VEGA
PROJECT)

Vorontsov V.A.

**IX Симпозиум «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ
РОССИЙСКИХ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ИХ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ»..... 22**

УНИФИЦИРОВАННЫЙ МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ
ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТОСФЕРЫ
ЗЕМЛИ..... 22

Богачёв С.А., Суслов К.С., Шувалов В.А., Овчинников М.Ю.

UNIFIED SMALL SPACECRAFT FOR COMPREHENSIVE RESEARCH
OF THE EARTH'S MAGNETOSPHERE

Bogachev S.A., Suslov K.S., Shuvalov V.A., Ovchinnikov M.Yu.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ
ПРЕЦИЗИОННОГО ФЕРРОЗОНДОВОГО МАГНИТОМЕТРА
НА БОРТУ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА
ТИПА CUBESAT 27

Рачкин Д.А., Тененбаум С.М., Лазарев Н.Д., Верещагина Т.Г.,
Арутюнян Д.А., Шклярук А.Д., Брагина А.А., Аникина Е.Д.,
Паньшин Е.А.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF PLACING A PRECISION
FERROSONDE MAGNETOMETER ON BOARD A CUBESAT

Rachkin D.A., Tenenbaum S.M., Lazarev N.D., Vereshchagina T.G.,
Arutyunyan D.A., Shklyaruk A.D., Bragina A.A., Anikina E.D.,
Panshin E.A.

ЭЛЕКТРОРАКЕТНАЯ ДВИГАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА МАЛОЙ
МОЩНОСТИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МКА
ТИПА CUBESAT 32

Богатый А.В., Королев Е.Э.

LOW-POWER ELECTRIC PROPULSION SYSTEM FOR
CONTROLLING THE MOVEMENT OF A CUBESAT-TYPE
SPACECRAFT

Bogatyi A.V., Korolev E.E.

| | |
|--|----|
| НАБЛЮДЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ТРАНЗИЕНТОВ НА КОСМИЧЕСКОМ АППАРАТЕ «СКОРПИОН» ФОРМАТА КУБСАТ 16U..... | 35 |
|--|----|

Богомолов В.В., Белов А.А., Богомолов А.В., Воскресенсков Е.Д.,
Климов П.А., Кучеренко И.А., Мурашов А.С., Свртилов С.И.

OBSERVATIONS OF ELECTROMAGNETIC TRANSIENTS FROM THE EARTH ATMOSPHERE FROM 16U CUBESAT SPACECRAFT SCORPION

Bogomolov V.V., Belov A.A., Bogomolov A.V., Voskresenskov E.D.,
Klimov P.A., Kucherenko I.A., Murashov A.S., Svertilov S.I.

| | |
|--|----|
| РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ВАРИАЦИЙ ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОНОВ СУБ-РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭНЕРГИЙ, АСТРОФИЗИЧЕСКИХ И СОЛНЕЧНЫХ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ С ПОМОЩЬЮ АППАРАТУРЫ НА СПУТНИКАХ ГРУППИРОВКИ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА | 39 |
|--|----|

Свртилов С.И., Твердохлебова Е.М., Оседло В.И., Шувалов В.А.,
Каваносян С.С., Богомолов В.В., Богомолов А.В., Иудин А.Ф.,
Калегаев В.В., Яшин И.В.

RESULTS OF OBSERVATIONS OF SUB-RELATIVISTIC ELECTRON FLUX VARIATIONS, ASTROPHYSICAL AND SOLAR GAMMA RAY BURSTS WITH THE USE OF INSTRUMENTS ON BOARD MOSCOW UNIVERSITY CONSTELLATION SATELLITES

Svertilov S.I., Tverdokhlebova E.M., Osedlo V.I., Shuvalov V.A.,
Kavanosyan S.S., Bogomolov V.V., Bogomolov A.V., Iudin A.F.,
Kalegaev V.V., Yashin I.V.

| | |
|--|----|
| АСТРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ НА СПУТНИКЕ ФОРМАТА КУБСАТ «СКОРПИОН»..... | 42 |
|--|----|

Гарипов Г.К., Рубин А.Б., Погосян С.И., Андреев Д.Е., Конюхов И.В.,
Оседло В.И., Свртилов С.И.

ASTROBIOLOGY EXPERIMENT ONBOARD CUBESAT 16U SATELLITE SCORPION

Garipov G.K., Rubin A.B., Pogosyan S.I., Andreev D.E., Konyukhov I.V.,
Osedlo V.I., Svertilov S.I.

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКЗОСФЕРЫ ЛУНЫ
ТАНДЕМОМ МКА С ОПТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРОЙ 45

Дмитриев А.О., Милоков В.К., Сысоев В.К., Юдин А.Д.

COMPLEX STUDY OF THE MOON'S EXOSPHERE BY THE TANDEM
OF SMALL SATELLITE WITH OPTICAL EQUIPMENT

Dmitriev A.O., Milyukov V.K., Sysoev V.K., Yudin A.D.

ПРОБЛЕМЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
ДЗЗ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ..... 48

Марченко М.М., Губайдуллин И.Р.

PROBLEMS AND LIMITATIONS IN ENSURING THE
PRODUCTIVITY OF SMALL HIGH-RESOLUTION REMOTE
SENSING SPACECRAFT

Marchenko M.M., Gubaidullin I.R.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ПОСТРОЕНИЯ
ПЕРСПЕКТИВНОЙ МНОГОСПУТНИКОВОЙ ГРУППИРОВКИ
РЕТРАНСЛЯЦИИ ДАННЫХ ОТ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ НА НИЗКИХ ОРБИТАХ 52

Пантелеймонов И.Н., Шувалов В.А., Нуштаева В.С., Феденев А.В.,
Данилов Н.Д., Яхин И.Х., Мыров Д.О., Филатов В.В.

THE MAIN ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL MEASURES OF
THE SYSTEM DESIGN OF NETWORKS AND SATELLITE
COMMUNICATION SYSTEMS

Panteleimonov I.N., Shuvalov V.A., Nushtaeva V.S., Fedenev A.V.,
Danilov N.D., Yakhin I.Kh., Myrov D.O., Filatov V.V.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ
ИНФОРМАЦИОННОГО ОПТИЧЕСКОГО ПОЛЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ 55

Рой Ю.А., Пасынков В.В., Боровский В.Ф., Сухой Ю.Г.

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF BUILDING AN
INFORMATION OPTICAL FIELD USING SMALL SATELLITES

Roy Yu.A., Pasyнков V.V., Borovsky V.F., Sukhoi Yu.G.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КВАНТОВО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ УПРАВЛЕНИИ НИЗКООРБИТАЛЬНЫМИ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ..... 59

Рой Ю.А., Токарев К.Е., Боровский В.Ф., Сухой Ю.Г., Никольская Т.В.

FEATURES OF THE USE OF QUANTUM OPTICAL SYSTEMS IN THE CONTROL OF LOW-ORBIT SATELLITES

Roy Yu.A., Tokarev K.E., Borovsky V.F., Sukhoi Yu.G., Nikolskaya T.V.

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ПОСТРОЕНИЮ СЕТЕЙ КВАНТОВО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРБИТ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ 62

Токарев К.Е.

ANALYSIS OF REQUIREMENTS FOR BUILDING NETWORKS OF QUANTUM OPTICAL SYSTEMS FOR DETERMINING THE ORBITS OF SMALL SATELLITES

Tokarev K.E.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ 66

Никольская Т.В.

DETERMINATION OF CONTROLLED PARAMETERS OF SMALL SPACE SATELLITES USING OPTICAL SIGNALS

Nikolskaya T.V.

Секция 1. «ИССЛЕДОВАНИЕ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО И ИСТОРИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ»..... 70

ИСТОРИОГРАФИЯ СОЦИАЛЬНОЙ УТОПИИ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО. К ИСТОРИИ СЕКЦИИ № 1 ЧТЕНИЙ, ПОСВЯЩЕННЫХ РАЗРАБОТКЕ НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО 70

Хорунжий А.В.

HISTORIOGRAPHY OF THE SOCIAL UTOPIA OF K.E. TSIOLKOVSKY. ON THE HISTORY OF SECTION NO. 1 OF THE

READINGS DEDICATED TO THE DEVELOPMENT OF THE
SCIENTIFIC HERITAGE OF K.E. TSIOLKOVSKY

Khorunzhiy A.V.

ПЕРЕКЛИЧКА ИДЕЙ: ВЕЛЕМИР ХЛЕБНИКОВ И КОНСТАНТИН
ЦИОЛКОВСКИЙ..... 79

Блохин В.В.

A ROLL CALL OF IDEAS: VELEMIR KHLEBNIKOV AND
KONSTANTIN TSIOLKOVSKY

Blokhin V.V.

УТОПИЯ «КОСМИЧЕСКОЙ РАСЫ» Х. ВАСКОНСЕЛОСА:
ВЛИЯНИЕ ИДЕЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО? 82

Паниотова Т.С.

THE UTOPIA OF THE "SPACE RACE" BY JOSE VASKONSELOS:
THE INFLUENCE OF THE IDEAS OF K.E. TSIOLKOVSKY?

Paniotova T.S.

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО «ГЛАЗАМИ»
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА 86

Мироненко А.И., Хорунжий А.В.

THE SCIENTIFIC LEGACY OF K.E. TSIOLKOVSKY "THROUGH THE
EYES" OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Mironenko A.I., Khorunzhiy A.V.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИДЕЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В КИТАЕ:
К ПОСТАНОВКЕ ПРОБЛЕМЫ 96

Ситникова М.В., Хорунжий А.В.

THE DISSEMINATION OF K.E. TSIOLKOVSKY'S IDEAS IN CHINA:
TOWARDS THE FORMULATION OF THE PROBLEM

Sitnikova M.V., Khorunzhiy A.V.

«ГРЁЗЫ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ И ЭФФЕКТЫ ВСЕМИРНОГО
ТЯГОТЕНИЯ» (1895) В ТРЁХ ВЕКАХ. К 130-ЛЕТИЮ СО ВРЕМЕНИ
ИЗДАНИЯ 108

Максимовская Н.А.

«DREAMS OF EARTH AND SKY...» BY K.E. TSIOLKOVSKY
IN THREE CENTURIES ON THE 130TH ANNIVERSARY OF THE
PUBLICATION OF THE WORK

Maximovskaya N.A.

К ИСТОРИИ РАБОТЫ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО «ПАКЕТА В
КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО» (1924)..... 116

Артемов О.Г., Медведков Н.Н., Самбуров С.Н.

ON THE HISTORY OF THE WORK OF K.E. TSIOLKOVSKY
«THE ROCKET INTO SPACE» (1924)

Artemyev O.G., Medvedkov N.N., Samburov S.N.

«МОНИЗМ ВСЕЛЕННОЙ» (1925): ИСТОРИЯ НАПИСАНИЯ И
РАСПРОСТРАНЕНИЯ. К 100-ЛЕТИЮ СО ВРЕМЕНИ ИЗДАНИЯ. 121

Желнина Т.Н.

"MONISM OF THE UNIVERSE" (1925): THE HISTORY OF WRITING
AND DISTRIBUTION. ON THE 100TH ANNIVERSARY OF
PUBLICATION

Zheltnina T.N.

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И Б.Е. ТРЕЙВАС..... 130

Максимовская Н.А.

K.E. TSIOLKOVSKY AND B.E. TREYVAS

Maximovskaya N.A.

ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ РД-171 И РД-120 ДЛЯ РН
«ЗЕНИТ». К 40-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО ПУСКА 134

Судаков В.С., Колинова С.А.

HISTORY OF CREATION OF RD-171 AND RD-120 ENGINES FOR
ZENIT LV. TO 40TH ANNIVERSARY OF FIRST LAUNCH

Sudakov V.S., Kolinova S.A.

КНИГА ВАЛЬТЕРА ГОМАНА "DIE ERREICHBARKEIT DER
HIMMELSKÖRPER" (1925) В ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ. К 100-
ЛЕТИЮ СО ВРЕМЕНИ ИЗДАНИЯ 136

Желнина Т.Н.

THE BOOK OF WALTER HOHMANN "DIE ERREICHBARKEIT DER HIMMELSKÖRPER" (1925) IN THE HISTORY OF COSMONAUTICS. ON THE 100TH ANNIVERSARY OF THE PUBLICATION

Zhel'nina T.N.

С БОРТА НА БОРТ - СТЫКОВКА В КОСМОСЕ: РЕАЛЬНОСТЬ И ФАНТАСТИКА 158

Александров С.В.

EARTH-ORBITAL DOCKING: REALITY AND FANTASY

Alexandrov S.V.

«СОЮЗ» И «АПОЛЛОН» В ЛЕ-БУРЖЕ (МАЙ-ИЮНЬ 1973 г.)..... 161

Батченко В.С.

«SOYUZ» AND «APOLLO» IN LE BOURGET (MAY-JUNE 1973)

Batchenko V.S.

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И Д.П. РЯБУШИНСКИЙ:
К ИСТОРИИ НАУЧНЫХ КОНТАКТОВ 164

Дружнин Ю.О.

K.E. TSIOLKOVSKY AND D.P. RYABUSHINSKY: ON THE HISTORY OF SCIENTIFIC CONTACTS

Druzhinin Yu.O.

МИХАИЛ ФЁДОРОВИЧ РЕБРОВ (1931-1998)
ПОПУЛЯРИЗАТОР КОСМОНАВТИКИ 167

Мусатова Т.П.

MIKHAIL FEDOROVICH REBROV (1931-1998) POPULARIZER OF COSMONAUTICS

Musatova T.P.

Секция 2. «ПРОБЛЕМЫ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ»..... 171

АНАЛИЗ РАБОТЫ СЕКЦИИ № 2 ЗА ПРОШЕДШИЕ 10 ЛЕТ 171

Алтунин В.А.

ANALYSIS OF THE WORK OF SECTION #2 OVER THE PAST 10 YEARS

Altunin V.A.

ПРОБЛЕМЫ ДИНАМИКИ УПРАВЛЯЕМОГО ДВИЖЕНИЯ
ВЕРХНИХ СТУПЕНЕЙ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ И РАЗГОННЫХ
БЛОКОВ, СВЯЗАННЫЕ С ПОДВИЖНОСТЬЮ ЖИДКОГО
ТОПЛИВА В ТОПЛИВНЫХ БАКАХ 174

Афони́на Е.В.

PROBLEMS OF CONTROLLED MOTION OF THE UPPER STAGES
DYNAMICS RELATED TO THE MOBILITY OF LIQUID FUEL IN
FUEL TANKS

Afonina E.V.

ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ
МОНИТОРИНГА КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ПО
ПОСТРОЕНИЮ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ПОРТРЕТОВ
ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ 178

Захаров А.С., Мацеевич С.В., Захарова Л.А.

ASSESSING THE CAPABILITIES OF THE SPACE MONITORING
RADAR STATION TO BUILD RADAR PORTRAITS OF ARTIFICIAL
EARTH SATELLITES

Zakharov A.S., Matseevich S.V., Zakharova L.A.

МАЛЫЙ ПЕРЕЛЁТНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО
САМОЛЁТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЗЛЁТА И ПОСАДКИ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАРСА 182

Комбаев Т.Ш., Артёмов М.Е.

A SMALL CARRIER MODULE FOR AN UNMANNED VERTICAL
TAKE-OFF AND LANDING AERIAL VEHICLE FOR MARS
EXPLORATION

Kombaev T.Sh., Artemov M.E.

ЭЛЕКТРОННАЯ МОДЕЛЬ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ
РАСЧЁТА ЭФФЕКТОВ ОТ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ
ФАКТОРОВ В БОРТОВОЙ АППАРАТУРЕ 184

Комбаев Т.Ш., Артёмов М.Е.

AN ELECTRONIC MODEL OF A SPACECRAFT FOR CALCULATING
THE EFFECTS FROM EXTERNAL INFLUENCING FACTORS IN ON-
BOARD EQUIPMENT

Kombaev T.Sh., Artemov M.E.

АЛГОРИТМ РОБАСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ
СИСТЕМОЙ С ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТЬЮ
РУЛЕВОГО ПРИВОДА 187

Канушкин С.В., Даньшин А.С., Осокин С.С.

ALGORITHM FOR ROBUST CONTROL OF A DYNAMIC SYSTEM
WITH LIMITED STEERING DRIVE POWER

Kanushkin S.V., Danshin A.S., Osokin S.S.

АДАПТИВНО-СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫПОЛНЕНИЕМ
ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ
ПРЕДПРИЯТИЯ 189

Левченко К.Д., Зеркин Д.Г.

ADAPTIVE-SITUATIONAL MANAGEMENT OF THE
IMPLEMENTATION OF EXPERIMENTAL DESIGN WORKS IN THE
DEVELOPMENT OF SPACE SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF
ENTERPRISE DIGITALIZATION

Levchenko K.D., Zerkin D.G.

ПРЕДПРОЕКТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ
ПАРКА МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ ЛУННОЙ СТАНЦИИ. 194

Маленков М.И., Бармин И.В., Волов В.А.

SYSTEMATIC APPROACH TO SELECTING OPTIMAL DIRECTIONS
FOR DESIGNING A MOBILE ROBOTICS PARK FOR A LUNAR
STATION

Malenkov M.I., Barmin I.V., Volov V.A.

ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ X: 3D ПЕЩЕРЫ НА ЛУНЕ 197
Гусев А.В., Менг Ж.

EXPLORING OF THE MOON X: 3D CAVES ON THE MOON

Gusev A.V., Meng J.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛУННОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ РАЗГОННОЙ
СТАНЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ СНАБЖЕНИЯ ЛУННОЙ БАЗЫ..... 200

Худяков С.Н.

ON THE USE OF A LUNAR ORBITAL ACCELERATING STATION TO
INCREASE THE EFFICIENCY OF THE LUNAR BASE SUPPLY
TRANSPORT SYSTEM

Khudyakov S.N.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И
ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ
СПУТНИКА С МЕЖСПУТНИКОВЫМИ ТРАКТАМИ..... 203

Пичугин С.Б.

POWER CONSUMPTION AND DATA EXCHANGE MODELLING FOR
ON BOARD EQUIPMENT OF A SATELLITE WITH INTERSATELLITE
LINKS

Pichugin S.B.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ СВЕРХМАЛОЙ УТЕЧКИ АТМОСФЕРЫ
ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА 206

Спирин А.И.

LOCALIZATION ULTRA-LOW LEAKAGE
FROM THE ATMOSPHERE MANNED SPACE COMPLEX

Spirin A.I.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМА ПОЛЁТА КОСМИЧЕСКОГО
АППАРАТА С СОЛНЕЧНЫМ ТЕПЛОВЫМ АККУМУЛЯТОРОМ 209

Финогенов С.Л., Тузиков С.А.

FLIGHT REGIME IMPROVEMENT OF SPACECRAFT WITH SOLAR
THERMAL ENERGY STORAGE

Finogenov S.L., Tuzikov S.A.

О ВЛИЯНИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОГРАММЫ НАУЧНО-
ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА МКС ФАКТОРА
ПЕРЕРЫВОВ В БОРТОВОЙ РЕАЛИЗАЦИИ РАБОТ..... 213

Новиков А.В., Пеклевский А.В., Прокопович С.П., Краснов Н.О.

ON THE IMPACT ON THE EFFECTIVENESS OF THE PROGRAM
SCIENTIFIC AND APPLIED RESEARCH ON THE ISS DUE TO
INTERRUPTIONS IN ON-BOARD WORK

Novikov A.V., Peklevsky A.V., Prokopovich S.P., Krasnov N.O.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ
СИСТЕМЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ 216

Воронин Ф.А., Скотников А.С., Харчиков М.А.

AUTOMATION OF TESTING SOFTWARE OF THE INFORMATION
AND CONTROL SYSTEM OF THE INTERNATIONAL SPACE
STATION

Voronin F.A., Skotnikov A.S., Harchikov M.A.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МКС
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СПЕКТРОМЕТРОМ «ДРИАДА» ДЛЯ
МОНИТОРИНГА ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ТЕХНОЛОГИИ ЮНИТ-ТЕСТИРОВАНИЯ..... 219

Воронин Ф.А., Остапенков Л.Д., Харчиков М.А.

DEVELOPMENT INFORMATION AND CONTROL SYSTEM ISS
SOFTWARE FOR CONTROLLING THE «DRIADA» SPECTROMETER
FOR THE GREENHOUSE GAS MONITORING USING UNIT TESTING
TECHNOLOGY

Voronin F.A., Ostapenko L.D., Harchikov M.A.

КРИТЕРИИ ОТБОРА СТОЙКИХ К ОДИНОЧНЫМ ЭФФЕКТАМ
МИКРОСХЕМ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ МЕЖПЛАНЕТНОЙ
МИССИИ К МАРСУ 221

Черников П.С., Зефилов И.В.

CRITERIA FOR SELECTION OF SINGLE EFFECT HARDNESS
MICROCIRCUITS FOR INTERPLANETARY MISSION TO MARS

Chernikov P.S., Zefirov I.V.

ПРОЯВЛЕНИЕ ОБЩИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ
СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АВИАЦИИ
И КОСМОНАВТИКЕ 225

Клюшников В.Ю.

DEMONSTRATION OF GENERAL REGULARITIES OF
DEVELOPMENT OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS
IN AVIATION AND COSMONAUTICS

Klyushnikov V.Yu.

МЕТОДИКА ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ
ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОРЕНИЯ ОКОЛОЗЕМНОГО
КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА И ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТИ
РАЗВИТИЯ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ РАЗМНОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ
КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА 229

Макаров Н.Ю.

METHOD OF LONG-TERM FORECASTING OF THE STATE OF MAN-
MADE POLLUTION OF NEAR-EARTH SPACE AND ASSESSING THE
POSSIBILITY OF DEVELOPING A CHAIN REACTION OF SPACE
DEBRIS MULTIPLICATION

Makarov N.Yu.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ В СИСТЕМАХ СОЗДАНИЯ
РЕАКТИВНОЙ ТЯГИ ОРБИТАЛЬНЫХ КЛА 232

Саттаров А.Г.

APPLICATION OF LASERS IN SYSTEMS FOR GENERATING JET
THRUST FOR ORBITAL SPACECRAFT

Sattarov A.G.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
УДАРНОЙ ВОЛНЫ ОТ ИМПУЛЬСНОГО ПРИПОВЕРХНОСТНОГО
ОПТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ
ЛАЗЕРНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ 235

Саттаров А.Г., Бикмучев А.Р., Сочнев А.В., Зиганшин Б.Р.

NUMERICAL SIMULATION OF PROPAGATION OF A SHOCK
WAVE FROM A PULSED NEAR-SURFACE OPTICAL DISCHARGE
IN A CYLINDRICAL CHAMBER OF A LASER ROCKET ENGINE

Sattarov A.G., Bikmuchev A.R., Sochnev A.V., Ziganshin B.R.

ПЛАЗМЕННО-ЖИДКОСТНАЯ СВАРКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ
АЛЮМИНИЯ ДЛЯ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ... 238

Гайсин А.Ф.

PLASMA-LIQUID WELDING OF ALUMINUM PRODUCTS FOR
ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY

Gaisin A.F.

КОМБИНИРОВАННЫЙ АДРЕСНЫЙ ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ НА
ОСНОВЕ ВОЛОКОННОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА ФАБРИ-ПЕРО... 242

Закамский В.К., Казаков Н.А., Аглиуллин Т.А.

COMBINED ADDRESSABLE TEMPERATURE SENSOR BASED ON A
FABRY-PEROT FIBER INTERFEROMETER

Zakamsky V.K., Kazakov N.A., Agliullin T.A.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООТДАЧИ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ
ОСАДКООБРАЗОВАНИИ И ВНЕШНЕЙ ВЫНУЖДЕННОЙ
КОНВЕКЦИИ ВОЗДУХА..... 245

Алтунин К.В., Калмыков Ф.В.

RESEARCH OF HEAT TRANSFER AT LOCAL DEPOSIT
FORMATION AND EXTERNAL FORCED CONVECTION OF AIR

Altunin K.V., Kalmykov F.V.

ВЛИЯНИЕ ВЫБОРА И ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБОВ БОРЬБЫ
С ОСАДКООБРАЗОВАНИЕМ НА СОЗДАНИЕ НОВЫХ
КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ТОПЛИВНЫХ ФОРСУНОК
РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.... 250

Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Пронин К.А.,
Вахитова А.Р., Яновская М.Л.

FLUENCE OF THE CHOICE AND APPLICATION OF METHODS OF
COMBATting SEDIMENTATION ON THE CREATION OF NEW
DESIGN SCHEMES OF FUEL INJECTORS OF AIRCRAFT JET
ENGINES

Altunin V.A., Altunin K.V., Abdullin M.R., Pronin K.A., Vakhitova A.R.,
Yanovskaya M.L.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ СПОСОБОВ БОРЬБЫ С АНОМАЛЬНЫМИ
ТЕПЛОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ В РУБАШКЕ ОХЛАЖДЕНИЯ
ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ОДНО- И
МНОГОРАЗОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 253

Алтунин В.А., Абдуллин М.Р., Алексенко И.В., Платонов Е.Н.,
Мусеев Э.А., Юсупов А.А.

ANALYSIS OF POSSIBLE WAYS TO COMBAT ABNORMAL
THERMAL PROCESSES IN THE COOLING JACKET OF A SINGLE-
USE AND REUSABLE LIQUID ROCKET ENGINE

Altunin V.A., Abdullin M.R., Aleksenko I.V., Platonov E.N., Museev E.A.,
Yusupov A.A.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МЕТОДИК РАСЧЁТА ВЛИЯНИЯ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В
МОТОРНЫХ АВИАЦИОННЫХ МАСЛАХ РЕАКТИВНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ 256

Алтунин В.А., Львов М.В., Хабибуллин А.М., ЩигOLEV А.А.,
Яновская М.Л.

DEVELOPMENT OF NEW METHODS FOR CALCULATING THE
INFLUENCE OF ELECTROSTATIC FIELDS ON THERMAL
PROCESSES IN MOTOR AVIATION OILS OF JET ENGINES OF
AIRCRAFT AND AEROSPACE VEHICLES

Altunin V.A., Lvov M.V., Khabibullin A.M., Shchigolev A.A.,
Yanovskaya M.L.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВЛИЯНИЯ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ И
ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ
ГОРЮЧИХ И МОТОРНЫХ АВИАЦИОННЫХ МАСЛАХ
ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ 260

Алтунин В.А., Юсупов А.А., Селянин К.А.

DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL SETUP FOR STUDYING
THE POSSIBILITIES OF INFLUENCE OF ELECTROSTATIC FIELDS
ON HYDRODYNAMIC AND THERMAL PROCESSES IN LIQUID

HYDROCARBON FUEL AND MOTOR AVIATION OILS OF ENGINES
OF AIR AND AEROSPACE VEHICLES

Altunin V.A., Yusupov A.A., Selyanin K.A.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ИНТЕНСИФИЦИРОВАННОГО ТЕПЛООБМЕНА В ТРУБАХ С
ТУРБУЛИЗАТОРАМИ НА ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ В
ЛАМИНАРНОЙ, ПЕРЕХОДНОЙ И ТУРБУЛЕНТНОЙ
ОБЛАСТЯХ..... 263

Лобанов И.Е., Ткаченко Е.А.

MATHEMATICAL MODELING OF INTENSIFIED HEAT TRANSFER
IN PIPES WITH TRANSFORMER OIL TURBULATORS IN LAMINAR,
TRANSIENT AND TURBULENT REGIONS

Lobanov I.E., Tkachenko E.A.

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ДЛЯ ОЦЕНКИ
ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ ТУРБИНЫ
АВИАЦИОННОГО ГТД..... 266

Великанова Н.П., Великанов П.Г., Новожилов А.А., Бернацкий В.С.,
Алимов И.Н.

A PROBABILISTIC AND STATISTICAL APPROACH FOR
ASSESSING THE DURABILITY OF TURBINE WORKING BLADE OF
THE AVIATION GTE

Velikanova N.P., Velikanov P.G., Novozhilov A.A., Bernatsky V.S.,
Alimov I.N.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ
ДЛЯ ОЦЕНКИ С ПОМОЩЬЮ ВЕРОЯТНОСТНО-
СТАТИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДИСКА
ТУРБИНЫ КОНВЕРТИРУЕМОЙ НАЗЕМНОЙ ГТУ ДЛЯ ГПА..... 269

Великанова Н.П., Великанов П.Г., Новожилов А.А., Бочков М.О.,
Афроськин В.Н.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE DETAIL LEVEL OF THE
MODEL FOR ESTIMATING, USING A PROBABILISTIC-
STATISTICAL APPROACH, THE DURABILITY OF A TURBINE DISK
OF A CONVERTIBLE GROUND-BASED GTU FOR GCU

Velikanova N.P., Velikanov P.G., Novozhilov A.A., Bochkov M.O.,
Afroskin V.N.

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ КРИВИЗНЫ ВОГНУТОЙ
ОХЛАЖДАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ТЕПЛООТДАЧУ
В СФЕРИЧЕСКОЙ ВЫЕМКЕ ОТРЫВНОГО ТИПА 273

Ильинков А.В., Такмовцев В.В., Щукин А.В., Любимов П.Е.

INFLUENCE OF THE LONGITUDINAL CURVATURE OF THE
CONCAVE OF THE COOLED SURFACE ON HEAT TRANSFER IN A
SPHERICAL RECESS OF THE BREAKAWAY TYPE

Ilyinkov A.V., Takmoltsev V.V., Shchukin A.V., Lyubimov P.E.

ТЕПЛООТДАЧА В СФЕРИЧЕСКОЙ ВЫЕМКЕ ОТРЫВНОГО ТИПА
ПРИ ОБТЕКАНИИ ВЫПУКЛОЙ ПОВЕРХНОСТИ..... 277

Ильинков А.В., Такмовцев В.В., Щукин А.В., Любимов П.Е.

HEAT TRANSFER IN A SPHERICAL RECESS OF THE BREAKAWAY
TYPE AT FLOW OVER A CONVEX SURFACE

Ilyinkov A.V., Takmoltsev V.V., Shchukin A.V., Lyubimov P.E.

КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТОВ 282

Поляниченко А.А., Рюмин О.О., Бубеев Ю.А., Бобков Д.Н.,
Поздняков С.В., Савенко О.А., Котов О.В.

KEY ASPECTS OF PSYCHOLOGICAL SUPPORT FOR THE
EXTRAVEHICULAR ACTIVITIES OF ASTRONAUTS

Polyanichenko A.A., Ryumin O.O., Bubeev Yu.A., Bobkov D.N.,
Pozdnyakov S.V., Savenko O.A., Kotov O.V.

**Секция 10. «К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОБЛЕМЫ
ОБРАЗОВАНИЯ» 285**

РАЗВИТИЕ СУБЪЕКТНОЙ ПОЗИЦИИ ЛИЧНОСТИ В
ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОТНОШЕНИЯ К БУДУЩЕМУ У СТУДЕНТОВ
ВУЗА..... 2825

Глушанкова Т.Г.

THE DEVELOPMENT OF A PERSONALITY'S SUBJECTIVE
POSITION DEPENDING ON THE ATTITUDE OF UNIVERSITY
STUDENTS TOWARDS THE FUTURE

Glushankova T.G.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ 292

СОДЕРЖАНИЕ 300