

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

**К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ.
ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ**

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

Часть 1

Калуга, 2022

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

**K.E. TSIOLKOVSKY.
HISTORY AND MODERNITY**

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

Part 1

Kaluga, 2022

57-е Научные чтения, посвященные разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского 2022 г., проводятся при содействии Правительства Калужской области

Ответственные за выпуск:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ. ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ

Материалы 57-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»). 2022.

© Авторы докладов, 2022

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 629.78(091)
eLIBRARY RU: 15015415

Маров М.Я.
академик РАН

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ – ОСНОВОПОЛОЖНИК ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ КОСМОНАВТИКИ. К 165-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

K.E. TSIOLKOVSKY IS THE FOUNDER OF THEORETICAL COSMONAUTICS. TO THE 165TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH

Аннотация. К.Э. Циолковский – основоположник теоретической космонавтики. На его идеях выросла блестящая плеяда ученых и конструкторов, трудами которых была создана ракетно-космическая промышленность и обеспечены грандиозные достижения, по праву закрепившие за нашей страной статус великой космической державы.

Ключевые слова: ракетно-космическая промышленность, полет в космос, современная космонавтика.

Abstract. K.E. Tsiolkovsky is the founder of theoretical cosmonautics, a brilliant galaxy of scientists and designers grew up on his ideas, whose works created the rocket and space industry and provided grandiose achievements that rightfully secured the status of a great space power for our country.

Keywords: rocket and space industry, space flight, modern cosmonautics.

В 2022 г. исполнилось 165 лет со дня рождения нашего выдающегося соотечественника, основоположника теоретической космонавтики Константина Эдуардовича Циолковского.

Циолковский – явление поистине исключительное. Круг его научных интересов поражает своей широтой, его научное наследие огромно и многообразно. Своей пытливой мыслью он сумел коснуться самых разнообразных областей естествознания, техники, философии и социологии. Вызывает удивление и восхищение, как это многообразие интересов и оригинальность суждений могли сочетаться в творчестве одного человека. Об этих удивительных качествах замечательно сказал

в свое время академик А.Е. Ферсман: «Научное и литературное творчество неотделимо от личности и жизни его творца, и это положение особенно относится к трудам Циолковского, которые совершенно неотделимы от самой личности автора, от всей его целеустремленной фигуры с обращенным внутрь себя взором; для него нет оторванных от общих идей отдельных положений науки, все едино в его представлениях, все сливается в единые великие законы мира и человека...». К этой замечательной характеристике феномена Циолковского добавим его удивительный дар прозрения, способность отразить в своем мышлении на отдаленную перспективу открывающиеся для человечества грандиозные горизонты познания и возможности их воплощения в жизнь. Вот почему мы по праву говорим о непосредственной связи его трудов с современностью.

В жизни и деятельности Константина Эдуардовича можно выделить несколько периодов, различающихся особенностями восприятия его личности и творчества. В середине 30-х годов прошлого столетия его имя ассоциировалось со «знаменитым деятелем науки», ученым в области воздухоплавания, авиации и межпланетных полетов. В конце 50-х годов, после запуска в Советском Союзе первого искусственного спутника Земли, его называли выдающимся ученым в области ракетной техники и ракетодинамики. К середине 80-х годов за ним прочно укрепилась слава основоположника теоретической космонавтики. И наконец, на рубеже столетий, когда увидели свет его философские, социологические и мировоззренческие работы, многие из которых оставались до этого в рукописях, открылась еще одна сторона творчества Циолковского, и он был причислен вместе с рядом выдающихся российских ученых к основоположникам философии космизма.

Проблемы воздухоплавания и аэродинамики интересовали К.Э. Циолковского на протяжении всей его жизни. Особое внимание он уделял прикладным аспектам аэродинамических исследований, в первую очередь их использованию при создании самолетов и особенно дирижаблей. Он пытался установить определенные закономерности полетов в атмосфере, разрабатывал оригинальные схемы, строил макеты дирижаблей и простые аэродинамические установки собственной конструкции в своей мастерской, на которых проводил опыты. По заключению специалистов ВВИА им. Н.Е.Жуковского результаты этих исследований Циолковского представляют не только исторический, но и большой научно-прикладной интерес. Помимо дирижаблей, достаточно вспомнить, например, опубликованную им еще в 1894 году работу «Аэроплан или птицеподобная (авиационная)

летательная машина». В ней говорилось, в частности, о путях снижения аэродинамического сопротивления, перспективности использования на самолетах двигателей внутреннего сгорания и сплавов на основе алюминия, авиационного гироскопического автопилота и соосных тянущих винтов.

Но, конечно, главным и общепризнанным среди трудов Циолковского является его основополагающий вклад в разработку проблем космических полетов с использованием реактивной тяги. Его исследования в области ракетодинамики и космонавтики – это настоящий кладезь оригинальных идей, которые намного опередили свое время, и до сих пор сохраняют актуальность.

Проблемами создания ракет и освоения космоса Циолковский занимался с ранней юности и до последних дней жизни. «... Основные идеи и любовь к вечному стремлению туда – к Солнцу, к освобождению от цепей тяготения, – во мне заложены чуть не с рождения», – писал он в 1911 г. Мысль об использовании принципа реактивного движения для полетов в космос и об устройстве «поселений вне атмосферы» была высказана Константином Эдуардовичем еще в 1883 г., в самом начале его исследовательской деятельности в рукописи «Свободное пространство» (этим термином он пользовался, имея в виду отсутствие сил тяготения и сопротивления среды). В ней мы находим такие слова: «Вообще кривое – равномерное движение или прямолинейное неравномерное движение сопряжено в свободном пространстве с непрерывной потерей вещества (опоры)». Здесь же высказан ряд соображений о характере движения тела в свободном пространстве. Впервые высказана идея управления в космосе: «...дана бочка, наполненная сильно сжатым газом», движением которой Циолковский предлагает управлять с помощью шести «тончайших кранов». С позиций современных технологий это может показаться примитивным, но не надо забывать, что это был конец XIX века, автору было всего 25 лет, а практическая потребность в решении проблемы ориентации ИСЗ и КА возникла лишь спустя полвека, и сопла со сжатым газом – это в чистом виде воплощение идеи Циолковского.

Дальнейшее развитие идея Циолковского об освоении космического пространства получила в его научно-фантастической повести «Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения», опубликованной в 1895 г., где он высказал мысль о возможности создания искусственного спутника Земли, причем не в виде математического примера к закону всемирного тяготения, как у И. Ньютона, а в виде вполне реального объекта. Он пишет:

«Воображаемый спутник Земли, вроде Луны, но произвольно близкий к нашей планете, лишь вне пределов ее атмосферы, значит, верст за триста от ее поверхности, представляет, при очень малой массе пример среды, свободной от тяжести». Здесь нелишне вспомнить, что идея запуска спутника на орбиту пробивала себе дорогу с определенным трудом даже в конце 40-х - начале 50-х годов XX века, и что было немало скептиков (в том числе и среди ученых!), которые сомневались в самой возможности его запуска.

Циолковским были заложены основы теоретической космонавтики, которые он последовательно развивал, начиная с его ставшей классической работы «Исследование мировых пространств реактивными приборами», впервые опубликованной в 1903 г. и с многочисленными дополнениями в 1911-12 гг. Проанализировав и отвергнув предлагавшиеся ранее способы «вылета за пределы атмосферы», Циолковский предложил, по его определению, «...реактивный прибор, т.е. род ракеты, но ракеты грандиозной и особенным образом устроенной». «Мысль не новая, – писал он, – но вычисления, относящиеся к ней, дают столь замечательные результаты, что умолчать о них было бы большим грехом». Он упорно отстаивал возможность выхода в космос при помощи реактивной тяги с использованием химических топлив, убедительно полемизируя со скептиками, среди которых был, в частности, известный французский авиаконструктор Эсно-Пельтри, ошибочно утверждавший, что без использования атомной энергии осуществить полет человека в космическое пространство невозможно.

Замечательный результат получил К.Э. Циолковский, выведя и детально проанализировав простое соотношение, которое широко известно теперь как формула Циолковского. Она устанавливает зависимость конечной скорости ракеты при прямолинейном движении в свободном пространстве от скорости истечения продуктов сгорания и от отношения начальной массы ракеты к конечной (т.е., говоря современным языком, от конструктивно-энергетических параметров летательного аппарата). Тем самым был сделан вывод, что в свободном пространстве конечная скорость ракеты теоретически не ограничена, а значит, можно освободиться «от цепей тяготения».

Следует заметить, что почти одновременно с Циолковским обстоятельное исследование законов движения точки переменной массы провел в Санкт-Петербургском университете наш замечательный механик И.В. Мещерский, но, в отличие от Циолковского, он не увидел тех грандиозных перспектив, которые открывают эти соотношения перед ракетной техникой.

Из формулы Циолковского следует, что существуют только два способа увеличения конечной скорости ракеты: увеличение скорости истечения продуктов сгорания, и увеличение отношения начального веса ракеты к весу «сухой» ракеты вместе с полезной нагрузкой, т. е. уменьшение относительной массы конструкции. Как отметил академик Б.В. Раушенбах, «Величие Циолковского заключается вовсе не в том, что им выведена некая элементарно простая формула. Ее знали давно и многие, но Циолковский первый показал, что эта формула открывает путь в космос».

В дальнейшем Циолковский упорно и последовательно ищет способы облегчения практического достижения космических скоростей с целью приблизить время первых космических полетов. Проведенные им расчеты позволили ему высказать целый ряд предложений, принципиальных для создания ракетной техники, и практически все они раньше или позже были востребованы и нашли применение при конкретных разработках. Достаточно только выборочно перечислить, например, проблемы, включенные в планы работ ГИРД,а и РНИИ в 30-х годах прошлого века. Здесь мы находим применение жидкого кислорода в качестве окислителя в сочетании с различными горючими, прежде всего, с водородом и углеводородами; создание цельнометаллического ЖРД с проточным охлаждением одним из компонентов топлива; создание ЖРД с керамической теплоизоляцией внутренней поверхности камеры сгорания; разработка насосной подачи жидкого топлива; разработка ракетоплана с ЖРД и управляемой крылатой ракеты и многое другое.

Многочисленные расчеты привели Циолковского к заключению, что достижение космической скорости «одиночной» ракетой является проблемой технически чрезвычайно трудно разрешимой. Поэтому им было предложено использовать составные ракеты. Вначале он исследовал составную ракету с последовательным соединением ступеней (по его определению «ракетный поезд»). Хотя такая схема предлагалась ранее другими исследователями, именно Циолковский впервые разработал принципы построения и теорию полета таких ракет в работе «Космические ракетные поезда», опубликованной в 1929 г. Продолжая работать над идеей составных ракет, он пришел к мысли запускать одинаковые ракеты параллельно и назвал такой способ «эскадра ракет».

Он исследовал зависимость конечной скорости «последней» ракеты от числа ракет, скорости истечения газов, относительного веса топлива и эффективности, или, по его терминологии, «процента утилизации тепла». Число ступеней получилось слишком большим «для

блуждания, – как пишет Циолковский, – среди Солнц Млечного пути», но он добавляет, что «... главное – залететь за атмосферу Земли и укрепиться там в качестве ее спутника. Дальнейшее увеличение скорости можно достигнуть другими способами и гораздо легче, чем на Земле». Как сейчас не вспомнить о том, что межпланетные аппараты стартуют с промежуточной орбиты искусственного спутника Земли!

Не вызывает сомнения тот факт, что для развития ракетно-космической техники работы Циолковского по составным ракетам имели столь же принципиальное значение, как и его предложение об использовании жидкостного ракетного двигателя. Задача проектирования многоступенчатых ракет стала востребованной в конце 40-х – начале 50-х годов XX века. В нашей стране за основу была взята «эскадра ракет», и в результате применения схемы с параллельным соединением ступеней получилась наша великолепная «семерка», созданная выдающимся конструктором ракетно-космических систем и последователем идей К.Э. Циолковского академиком С.П.Королевым. В разнообразных модификациях успешно летает до сих пор. Другие наши конструктора и американцы сделали свой выбор в пользу «ракетных поездов», то есть схемы с последовательным расположением ступеней, а европейцы и китайцы также предпочли связки ракет.

Императивом творчества Циолковского была мысль о необходимости и неизбежности выхода человечества в космическое пространство «и далее к звездам», и он неустанно искал способ увеличить конечную скорость ракеты. Уже в работах, относящихся к 1911-12 годам, он задается вопросом, нельзя ли «...с помощью электричества придавать громадную скорость выбрасываемым из реактивного прибора частицам». Эта мысль была им развита позднее в работе «Космический корабль», где приведены рассуждения о возможности использования энергии частиц радиоактивного распада, давления солнечного света, катодных и анодных лучей и где он вплотную подходит к идее создания электрореактивных двигателей. Примерно в те же годы над этой проблемой работали Ф.А.Цандер и Ю.В.Кондратюк. Эти первые научные исследования подготовили базу для разработки двигателей малой тяги, которые в настоящее время широко используются в системах ориентации и коррекции орбит космических аппаратов. Захватывающие перспективы открывает использование таких двигателей для полетов к планетам и малым телам Солнечной системы. В частности, у нас разрабатываются, разрабатываются проекты космических аппаратов, оснащенных

двигателями малой тяги, для полетов к кометам и астероидам с доставкой на Землю образцов их пород, что имеет громадное научное значение.

Для путешествий в межпланетном пространстве Циолковский предложил использовать давление солнечного света, для чего «...устраивать огромные легкие зеркала, дающие возможность приобретать гораздо большие прибавочные скорости, и, таким образом, как он пишет, «...бесплатно путешествовать по всей Солнечной системе». По существу это идея о движении космического аппарата с помощью солнечного паруса, и в настоящее время предпринимаются попытки ее практической реализации. Разновидностью мысли Циолковского о фотонных ракетах было предложение о передаче космическому аппарату энергии с Земли в виде параллельного пучка электромагнитных лучей, которое он охарактеризовал его как «самый завлекательный способ приобретения скорости» и описал, как это можно осуществить. Пока еще это задача будущего, но ее разновидностью в значительно более близкой перспективе, служит передача на Землю электрической энергии с солнечных орбитальных электростанций.

Через все творчество Циолковского яркой нитью проходит мысль о полете в космическое пространство человека. Он рассмотрел основные проблемы, связанные с осуществлением таких полетов и высказал целый ряд идей, многие из которых уже реализованы. В своих ранних работах он представил «картину полета» так, как будто сам в нем участвовал и видел все своими глазами; описал условия существования человека в кабине космического корабля, предсказал проблемы, с которыми человек там столкнется и наметил способы их решения. В частности, он предложил замкнутый цикл системы жизнеобеспечения, двухслойную стенку корабля для защиты от перегрева и охлаждения и от ударов метеоритов. В качестве способа «спасения от усиленной тяжести» рассмотрел «футляр приблизительно такой формы и объема, как испытуемый субъект», заполненный водой, а для «борьбы с отсутствием тяжести» предложил создавать ее искусственно путем вращения космического аппарата.

Циолковский предсказал создание орбитальной станции «со всеми, – как он писал, – приспособлениями для существования разумных существ», которая «может служить базой для дальнейшего распространения человечества». Именно таким является сейчас магистральный путь развития пилотируемой космонавтики, начиная с наших первых орбитальных станций «Салют» и «Мир» к ныне функционирующей МКС. Он описал конструкцию воздушного шлюза

и скафандра для выхода в открытое космическое пространство. Он предвидел создание орбитальных сооружений, элементы которых выводятся в космос в сложенном виде, а затем раскрываются и монтируются на орбите, что давно уже практикуется, а в дальнейшем несомненно получит еще более широкое распространение.

Наиболее подробно Циолковский исследовал проблемы жизни в космическом пространстве. Он мечтал о распространении «человека в эфире», о заселении, как он пишет, «повсюду рассеянных масс, как астероиды и еще меньшие тела» и о том, что люди «со временем овладеют и планетами, но пока эта задача далекая, далекая и о ней даже рано еще говорить». Однако жизнь внесла свои коррективы: уже в начале 60-х годов С.П.Королев предложил проект тяжелого межпланетного корабля для пилотируемого полета к Марсу «по Циолковскому». Почти одновременно на Земле проводились эксперименты по автономному существованию группы людей в замкнутом пространстве («Биосфера»), а на орбите – эксперименты по выращиванию растений и с животными. В настоящее время полет людей на Марс поставлен на более реальную основу и рассматривается ведущими мировыми космическими агентствами в качестве важного элемента будущих программ освоения космоса.

Циолковский жил и работал в чрезвычайно тяжелых условиях. Это было время, когда над развитием «космической идеи» в разных странах трудились одиночки, зачастую даже не зная друг о друге, не говоря уже об обмене информацией. Официальная наука к идее космических сообщений относилась, мягко говоря, скептически. Тем большего уважения заслуживает подвижничество скромного и практически глухого калужского учителя, который около половины столетия работал, не покладая рук и не щадя себя, прекрасно понимая при этом, что его идеи рассчитаны на весьма отдаленную перспективу. Циолковский был величайшим гуманистом. «Основной мотив моей жизни, писал он в 1913 г., сделать что-нибудь полезное для людей, не прожить даром жизнь, продвинуть человечество хоть немного вперед... Я надеюсь, что мои работы может быть скоро, а может быть в отдаленном будущем, дадут обществу горы хлеба и бездну могущества». Главной задачей он считал совершенствование человеческого рода, создание новых условий жизни общества. По его убеждению, конечная цель освоения всего околосолнечного пространства – это возможность для человечества встать на гораздо более высокую ступень своего развития.

На закате жизни, обращаясь к своим единомышленникам в деле освоения космоса, он писал: «Пока это дело неблагодарное,

рискованное и безмерно трудное. Оно потребует не только чрезвычайного напряжения сил и гениальных дарований, но и жертв». И во многом оказался прав. «Думаю сыграть роль запевалы, – писал Циолковский в работе «Космический корабль». – Математики, более знающие и более сильные, dokonчат, может быть, решение поставленных мною задач. Знающие и опытные техники помогут им осуществить и самый космический корабль». «Сыграть роль запевалы» ему удалось в полной мере. И не только в своем отечестве: «Вы зажгли огонь, и мы не дадим ему погаснуть, но приложим все усилия, чтобы осуществилась величайшая мечта человечества», – писал в 1929 г. Циолковскому один из пионеров ракетной техники и космонавтики, известный немецкий ученый Герман Оберт.

У нас в стране на идеях К.Э.Циолковского выросла блестящая плеяда ученых и конструкторов, трудами которых была создана ракетно-космическая промышленность и обеспечены грандиозные достижения, особенно в начале космической эры, по праву закрепившие за нашей страной статус родины космонавтики и великой космической державы.

Высочайшую оценку трудам К.Э.Циолковского дал С.П.Королев: «Самое замечательное, смелое и оригинальное создание творческого ума Циолковского – это его идеи и работы в области ракетной техники. Здесь он не имеет предшественников и намного опередил ученых всех стран и современную ему эпоху». Свой доклад «О практическом значении предложений К.Э.Циолковского в области ракетной техники» на торжественном заседании, посвященном столетию со дня рождения ученого 17 сентября 1957 г., С.П.Королев закончил словами: «В настоящее время, видимо, еще невозможно в полной мере оценить все значение научных идей и технических предложений Константина Эдуардовича Циолковского, особенно в области проникновения в межпланетное пространство. Время иногда неумолимо стирает облики прошлого, но идеи и труды Константина Эдуардовича будут все более и более привлекать к себе внимание по мере дальнейшего развития ракетной техники. Константин Эдуардович был человеком, жившим намного впереди своего века, как и должно жить истинному и большому ученому».

Следует сказать, что эти слова Королева, как и его пионерские работы первого десятилетия космической эры, во многом повлияли на изменение оценки трудов Циолковского за рубежом, резко повысили интерес к его научному наследию. Среди пионеров космонавтики – Циолковского, Годдарда, Оберта – имя Циолковского всегда упоминается первым.

Вернер фон Браун, признавая первенство Циолковского в теоретической космонавтике, писал в своей книге в 1966 г.: «... русский ученый К.Э. Циолковский был первым, кто понял и решил идею о применении ракеты для космических полетов». А спустя три года, говоря о практическом значении идей Циолковского, он напишет: «Сведения о топливе, химии и реактивном движении стали для нас отправным моментом для создания двигателей, применяемых в ракете «Сатурн-5», использованной для полета космического корабля «Аполлон» на Луну.

Для знакомства с жизнью и трудами Циолковского в Калугу приезжали многие космонавты и астронавты, в том числе участники полета «Союз-Аполлон», приезжал, несмотря на свои 88 лет, Герман Оберт. А первый человек, ступивший на поверхность Луны, астронавт Нейл Армстронг во время сессии КОСПАР в Ленинграде в 1970 г. оставил свой автограф на книге Циолковского «Грезы о Земле и небе» следующего содержания: «Это было великой честью для меня принять участие в осуществлении его мечты – высадке человека на лунную поверхность в Море Спокойствия.».

С 1966 г., по инициативе С.П. Королева, в Калуге ежегодно проводятся Чтения, посвященные разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Они традиционно привлекают большое число участников, на них заслушивается много интересных докладов, открываются новые грани творчества нашего выдающегося соотечественника, которым по праву гордится Россия.

Незадолго до своей смерти, выступая по радио в 1935 г., Константин Эдуардович сказал: «Сорок лет я работал над реактивным двигателем и думал, что прогулка на Марс начнется лишь через много сотен лет. Но сроки меняются. Я верю, что многие из вас будут свидетелями первого заатмосферного путешествия». Его предвидение полностью сбылось, Юрий Гагарин совершил свой полет, когда еще были живы многие слышавшие выступление Циолковского.

Сегодняшний прогресс космонавтики поистине впечатляет, космос все глубже и осязаемее проникает в нашу повседневную жизнь, непрерывно расширяются горизонты познания, открываются сокровенные тайны природы. Мы верим, что в скором будущем начнет обживать Луна, что полет человека на Марс осуществится не через сотни, а через десятки лет, и его свидетелями будут наши дети и внуки.

Наша задача – сохранить в благодарной памяти будущих поколений основополагающую роль Циолковского в этом процессе, в освоении человечеством безграничных пространств за пределами

обитания на собственной планете, и одновременно гордость за свою страну, которая рождает таких великих сынов, каким был Константин Эдуардович Циолковский.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Поздняков С.С.
генеральный директор –
главный конструктор
АО НПП «Звезда»
имени академика Г.И. Северина
г. Люберцы, рп. Томилино

**НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЗВЕЗДА»
ИМЕНИ АКАДЕМИКА Г.И. СЕВЕРИНА.
ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ**

**SCIENTIFIC AND PRODUCTION ENTERPRISE "ZVEZDA"
NAMED AFTER ACADEMICIAN G.I. SEVERIN.
HISTORY AND MODERNITY**

Аннотация. Роль завода в осуществлении первого выхода человека в открытый космос. Совершенно новые элементы программы «Выход» – шлюзовая камера и выходной скафандр были целиком сделаны в Томилино. В рамках национальной программы исследования Луны на «ЗВЕЗДЕ» были созданы первые скафандры полужесткого типа, которые позже были адаптированы для работы в составе станций «Салют» и «Мир».

Ключевые слова: высотные скафандры, лунные скафандры, противоперегрузочные костюмы, защитные шлемы, катапультные кресла.

Abstract. The role of the plant in the implementation of the first human spacewalk. Completely new elements of the Exit program – the airlock and the exit suit were entirely made in Tomilino. As part of the national lunar exploration program, the first semi-rigid spacesuits were created on ZVEZDA, which were later adapted to work as part of the Salyut and Mir stations.

Keywords: high-altitude spacesuits, lunar spacesuits, anti-overload suits, protective helmets, ejection seats.

2 октября 1952 года вышел приказ Министра авиационной промышленности М.В. Хруничева о создании завода № 918 (впоследствии – АО «НПП «ЗВЕЗДА»). Руководителем завода был назначен известный советский авиаконструктор С.М. Алексеев. Основные направления работ завода включали разработку опытных образцов высотных скафандров, противоперегрузочных костюмов, защитных шлемов, катапультных кресел и других средств, связанных с обеспечением жизнедеятельности и безопасности экипажа самолета. В тематике работ КБ важное место заняли космические задачи. С 1956 г. на базе первых высотных скафандров завод взялся за создание изделий, которые стали прототипами «Гагаринского» скафандра. Но еще до этого в 1953-54 годах коллектив участвовала в обеспечении программы высотных полетов животных (собак) на ракетах типа Р-2А. Были разработаны специальные скафандры для обеспечения жизнедеятельности подопытных собак. Собаки в этих скафандрах располагались на катапультных тележках, которые после покидания ракеты приземлялись на парашюте. Вскоре важнейшей задачей коллектива стала подготовка полета человека в космос. Разработанное катапультное кресло для корабля «ВОСТОК» было одновременно и рабочим местом космонавта в течение всего полета, и системой покидания корабля перед парашютированием. Одновременно создавался скафандр СК-1 для первого космонавта. В итоге результаты работы завода позволили обеспечить успешное выполнение первого в мире полета нашего соотечественника в космос.

Роль завода в осуществлении первого выхода человека в открытый космос была решающей. Совершенно новые элементы программы «Выход» – шлюзовая камера и выходной скафандр были целиком сделаны в Томилино.

В рамках национальной программы исследования Луны на «ЗВЕЗДЕ» были созданы первые скафандры полужесткого типа, которые позже были адаптированы для работы в составе станций «Салют» и «Мир».

Космические скафандры – общий термин для оборудования, обеспечивающего защиту космонавтов от внешней среды и их жизнеобеспечение во время какой-либо части космического полета и включающего собственно оболочку скафандра и элементы СОЖ, размещенные на ней. Космические СК подразделяются на:

– **спасательные скафандры**, которые используются для защиты космонавтов внутри герметичной кабины космического корабля в случае ее разгерметизации или нарушения работы бортовой СОЖ. Эти скафандры нацелены на безопасность и спасение космонавтов в

дополнение к защите, обеспечиваемой системами кабины космического корабля. Они в основном зависят от бортовых систем по расходным материалам и имеют, как правило, минимальную массу. Спасательные скафандры позволяют экипажу заниматься своей профессиональной деятельностью (управление кораблем и т.п.) как при штатном полете, так и в аварийной ситуации. К скафандрам этого типа относятся скафандры кораблей Восток, Союз (типа СОКОЛ) и Буран (СТРИЖ).

– **скафандры ВКД** (для внекорабельной деятельности, EVA), которые предназначаются для работы за пределами станции или транспортного корабля в условиях нулевой гравитации. Эти скафандры полностью или почти полностью автономны в эксплуатации и рассчитаны на высокую подвижность под избыточным давлением и обеспечение полной защиты человека в открытом космосе. К скафандрам этого типа относятся российские скафандры БЕРКУТ (Восход-2), ЯСТРЕБ (Союз) и ОРЛАН.

– **лунные скафандры** – это автономные скафандры для ВКД в условиях Луны. К скафандрам этого типа относятся скафандры КРЕЧЕТ и ОРЕЛ. Для работы на других планетах могут использоваться так называемые планетарные.

Пришло время, когда скафандры стали необходимы для регулирования эксплуатации орбитальных станций, многоцветных космических транспортных кораблей и других ЛА. Основной отличительной особенностью этих скафандров является многократное их применение на протяжении нескольких лет. Поэтому на первый план наряду с улучшением подвижности скафандров выдвигаются также вопросы повышения их ресурса, как ремонтпригодности и надежности. Другой тенденцией в развитии современных космических скафандров, которая будет способствовать повышению эффективности работы человека вне ЛА, является поиск путей сочетания конструкции скафандров с оборудованием, которым пользуется космонавт.

Сегодня НПП «ЗВЕЗДА» им. академика Г.И. Северина современное высокотехнологичное предприятие, продукция которого широко известна не только в России, но и далеко за ее пределами.

За последние полтора десятилетия «ЗВЕЗДА» превратилась из многопрофильного научно-производственного предприятия с развитыми конструкторскими отделами, выполнявшими научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, в опытно-серийное предприятие, которое не только проектирует и испытывает системы и изделия, но и серийно их производит, внедряет эти изделия в эксплуатацию и занимается их послепродажным обслуживанием.

Александров А.П.
доктор технических наук
лётчик-космонавт СССР
дважды Герой Советского Союза

**С ЗАВЕТАМИ К. ЦИОЛКОВСКОГО К РАЗВИТИЮ
БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ С ЖРД В КОНСТРУКТОРСКОМ
БЮРО № 7. ПОСВЯЩАЕТСЯ 120-ЛЕТИЮ
СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ М.И. НЕДЕЛИНА**

**WITH THE PRECEPTS OF K. TSIOLKOVSKY TOWARDS
THE DEVELOPMENT OF BALLISTIC MISSILES
WITH THE LRE IN THE DESIGN BUREAU NO. 7.
DEDICATED TO THE 120TH ANNIVERSARY
OF THE BIRTH OF M.I. NEDELIN**

Аннотация. Презентация на LVII научных Чтениях К.Э. Циолковского историко-технической монографии «КБ-7, конструкторское бюро №7».

Ключевые слова: группа изучения реактивного движения, жидкостный ракетный двигатель.

Abstract. Presentation at the LVII scientific Readings of K.E. Tsiolkovsky of the historical and technical monograph "KB-7, Design Bureau No. 7".

Keywords: the jet propulsion research group, liquid rocket engine.

Фундаментальная работа Константина Эдуардовича «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903) вызвала в двадцатые – тридцатые годы XX века горячий интерес к этой теме у студенческой и технически образованной молодежи в молодой Советской социалистической республике. В образованном в 1927 году ОСОАВИАХИМе, в Бюро авиационной техники появляется группа изучения реактивного движения, которая инициирует публичные лекции для граждан по теме межпланетных путешествий на ракетных аппаратах. С 1933 года Группа изучения реактивного движения (ГИРД) ведет практическую работу по проектированию ЖРД и ракет. Взлетает первая отечественная ракета «09», а в 1934 году по инициативе командования РККА организуется первый ракетный НИИ (РНИИ).

В силу различных обстоятельств, также по результатам работы двух научных конференций по изучению стратосферы, в 1935 году решением заместителя Наркома обороны маршала М.Н. Тухачевского, в интересах АУ РККА организуется конструкторское бюро по строительству ракет на жидком топливе для стрельбы на дальность до 250 км. Эта организация, подчиненная Наркомату боеприпасов с названием Конструкторское бюро № 7 вела разработку баллистических ракет на кислородно-спиртовых ЖРД, как вида артиллерийского вооружения для РККА.

Книга повествует о творческой работе коллектива, проводившего поиск лучших, по эксплуатационным характеристикам, кислородно-спиртовых ЖРД и ракет для полета на большие расстояния и высоты.

Вторая часть книги представлена в виде репринтной копии раздела V технического отчета ЦИАМ № 3772, выполненного сотрудниками НИИ -1 МАП по результатам проведенных в 1935 – 1938 г.г. работ коллективом КБ-7. В разделе, посвященном воспоминаниям участников описываемых событий, читатель узнает о современниках, кто с горячим энтузиазмом и верой в успех своего дела закладывал основу будущей ракетно-космической отрасли страны

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

УДК

eLIBRARY.RU: 629.78

Бирюкова М.В.

Кургузов А.В.

Васиков Д.В.

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

**РАЗРАБОТКА МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В СККБ
«ИСКРА» МОСКОВСКОГО АВИАЦИОННОГО ИНСТИТУТА**

**DEVELOPMENT of small spacecraft in the SKKB "ISKRA" of the
MOSCOW AVIATION INSTITUTE**

Аннотация. В докладе представлены текущие разработки СККБ «Искра» МАИ в области малых космических аппаратов.

Ключевые слова кубсат, малый космический аппарат

Abstract. The report presents the current developments of small spacecraft at the Iskra Design Bureau of the Moscow Aviation Institute.

Keywords: CubeSat, small satellite.

Московский авиационный институт является создателем первого в мире студенческого спутника («Радио-2», 1978 г.) и имеет непрерывный опыт проектных работ в области МКА с момента создания студенческого КБ «Искра» в 1967 году. Практика работы СКБ показала высокую эффективность проектно-конструкторской подготовки специалистов в рамках реальных проектов создания спутников [1].

Базируясь на полученном опыте, уже более 30 лет в МАИ создаются прикладные МКА различных классов и назначения.

Актуальными разработками СККБ «Искра» являются МКА стандарта CubeSat, обладающие повышенными эксплуатационными характеристиками. Базовый вариант платформы 3U обеспечивает возможность отработки перспективных технических решений

перспективных КА за счет использования варианта отработанного бортового комплекса управления ДОКА-Б (разработки НИЛАКТ ДОСААФ) и достаточной энерговооруженностью. Предполагается с использованием данной базовой платформы провести обработку резервной системы ориентации КА на основе тепловых датчиков [2], системы аэродинамического увода КА с орбиты [3,4] и обработку тросовых технологий [5].

Перспективной разработкой является МКА ДЗЗ формата 12U, обеспечивающий необходимые характеристики по разрешению и производительности съемки и построенный на базе отечественных бортовых служебных и целевых систем. В частности, МАИ создан задел по ключевым системам для маневрирования МКА (двигатели, исполнительные органы системы ориентации) и стендовой базе для их отработки [6].

Другой разработкой СККБ «Искра» является МКА с РСА, варианты которого имеют массу от 150 до 300 кг. Разработка основана на опыте МАИ в создании малогабаритных радиолокаторов для различных типов ЛА [7].

Литература

1. Алифанов О.М., Оделевский В.К., Фирсюк С.О. Использование результатов космической деятельности в образовании // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2011. № 4. С. 157-165.
2. Ненарокомов А.В., Чебаков Е.В., Крайнова И.В., Моржухина А.В., Ревизников Д.Л., Титов Д.М. Геометрическая обратная задача радиационного теплообмена применительно к разработке резервных систем ориентации космических аппаратов // Инженерно-физический журнал. 2019. Т. 92. № 4. С. 979-987.
3. Пичхадзе К.М., Сысоев В.К., Фирсюк С.О., Юдин А.Д. Анализ конструкции устройства аэродинамического торможения спутников CUBESAT для увода с низких околоземных орбит // Инженерный журнал: наука и инновации. 2020. № 5 (101). С. 6.
4. Кульков В.М., Юн С.У., Фирсюк С.О. Метод управления движением малых космических аппаратов типа CUBESAT с использованием надувных тонкопленочных шаров для торможения при орбитальном полете до входа в атмосферу и в верхних её слоях // В книге: 18-я Международная конференция «Авиация и космонавтика – 2019». Тезисы. Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2019. С. 140-141.
5. Кульков В.М., Егоров Ю.Г., Тузиков С.А., Фирсюк С.О. Особенности построения малоразмерных космических

электродинамических тросовых систем // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2019. № 3. С. 52-67.

6. Кульков В.М., Медведский А.Л., Терентьев В.В., Фирсюк С.О., Шемяков А.О. Моделирование динамики углового движения космических аппаратов с магнитной системой ориентации на основе экспериментальных исследований и динамического подобия. // Доклады Академии наук. – 2017 – Т.477 - № 4. – С. 421-424.

7. Канащенков А.И., Ананенков А.Е., Охотников Д.А., Аверина А.Р. Семейство малогабаритных радиолокационных систем нового поколения для вертолетов, БЛА и других носителей // В книге: Навигация, наведение и управление летательными аппаратами. Тезисы докладов. 2019. С. 183-184.

УДК 629.783

eLIBRARY.RU: 55.49.31

Майорова В. И.

доктор технических наук

профессор

Рачкин Д.А.

Тененбаум С.М.

Мельникова В.Г.

Лазарев Н.Д.

Лябзина В.Е.

Егорочкин К.А.

Зайчкин И.Н.

Коцур О.С.

Захаркин В.С.

Жданова К.А.

Головин А.А.

Дмитриев А.А.

МГТУ им. Н.Э. Баумана

г. Москва

МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ НА БАЗЕ CUBESAT ПО ОЦЕНКЕ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

CUBESAT-BASED SMALL SPACECRAFT FOR GREENHOUSE GAS EMISSION MONITORING

Аннотация. Малый космический аппарат «АЕР» предназначен для дистанционного зондирования Земли. Аппарат оснащен

малогобаритным динамическим Фурье-спектро радиометром. Прибор позволяет проводить химический анализ состава атмосферы Земли, а именно определять концентрацию кислорода и углекислого газа в столбе воздуха по линии визирования прибора при освещении отраженным солнечным светом. Получаемая информация может использоваться для исследования углеродного баланса экосистем.

Ключевые слова: наноспутник, малый космический аппарат, углеродный след, ДЗЗ, Фурье-спектро радиометр, Приоритет-2030.

Abstract. The «AER» is a small spacecraft designed for the Earth remote sensing. It is equipped with a small-sized dynamic Fourier spectroradiometer. The device makes Earth's atmosphere chemical analysis: determine the oxygen and carbon dioxide concentration in the air column along the nanosatellite sight line when it illuminated by reflected sunlight. This information can be used to study the ecosystems carbon balance.

Keywords: nanosatellite, CubeSat, carbon footprint, Earth remote sensing, Fourier spectroradiometer, Priority-2030.

Актуальной задачей является создание углеродного калькулятора, позволяющего проводить оценку экологического следа технологий. Антропогенные выбросы парниковых газов происходят из очень большого числа точечных источников (включая нефтегазовые объекты, угольные шахты, свалки, очистные сооружения и животноводство). Технологии наземного обнаружения, применяемые в настоящее время, способны улавливать газы на низких порогах обнаружения, но они ограничены в плане частоты применения и территориального охвата. Спутниковый мониторинг может способствовать быстрому и достаточно точному определению проблемных выбросов парникового газа. Ограничения по времени наблюдения со спутников могут быть разрешены посредством запуска большого числа спутников в комплексе (созданием группировки).

Малый космический аппарат (МКА) «АЕР» предназначен для дистанционного зондирования Земли. Аппарат оснащен малогобаритным динамическим Фурье-спектро радиометром, разрабатываемый Центром прикладной физики МГТУ им. Н.Э. Баумана. Прибор позволяет проводить химический анализ состава атмосферы Земли, а именно определять концентрацию кислорода и углекислого газа в столбе воздуха по линии визирования прибора при освещении отраженным солнечным светом. Получаемая информация может использоваться для исследования углеродного баланса экосистем. Возможна доработка прибора для определения иных газовых составляющих в атмосфере.

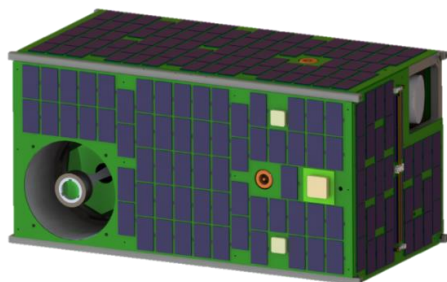


Рис. 1. МКА «АЕР» с Фурье-спектрометрией

Спутник и установленные на нем научные приборы должны обеспечивать изображение наземной цели и спектроскопическую информацию о содержании целевых газов: первый канал O_2 (0,75 – 0,8 мкм) и второй канал CO_2 (2 – 2,2 мкм). Отличительной особенностью по сравнению с другими миссиями является сочетание высокого пространственного разрешения и высокого спектрального разрешения (2 см^{-1}) в компактном объеме (масса прибора не более 10 кг).

Таблица 1. Технические характеристики МКА

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Габариты (типоразмер) | 226× 226 × 454 мм (CubeSat 16U) |
| Габариты полезной нагрузки | 226 × 226 × 270 мм |
| Масса | 21 кг |
| Параметры орбиты | 500-600 км, ССО |
| Суточная мощность (средняя орбитальная) | 10 Вт |
| Скорости передачи данных по радиоканалам: - S (полудуплекс) - УКВ (полудуплекс) - X (в направлении Борт-Земля) | до 4 Мбит/с 9600 бит/с 1 Гбит/с |
| Объем хранения данных на борту | 32 Гб |
| Система ориентации | Трехосная: двигатели-маховики с разгрузкой магнитными катушками |
| Погрешность ориентации (3σ) по всем осям | не более $0,4^\circ$ |

| | |
|---|--------------------------------------|
| Погрешность стабилизации (3 σ) по всем осям | не более 0,01 °/сек |
| Двигательная установка | Электрическая абляционная импульсная |

Разработка проекта осуществляется в рамках программы «Приоритет 2030».

Литература

1. Рачкин Д.А., Тененбаум С.М., Мельникова В.Г., Майорова В.И. Разработка МКА типоразмера CubeSat – опыт МГТУ им. Н.Э. Баумана // К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОГРЕСС НАУКИ И ТЕХНИКИ В XXI ВЕКЕ. материалы 56-х научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Калуга. – 2021. – С. 24-27.
2. Живило Е.Д., Лазарев Н.Д., Мельникова В.Г., Неровный Н.А., Рачкин Д.А., Тененбаум С.М., Шаповалов А.В. Проектный облик студенческих наноспутников «Ярило» №3 и №4 // XLV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства сборник тезисов: в 4 т. Москва. – 2021. – С. 267-269.

ДК 629.783

eLIBRARY.RU: 89.15.71

Белоконов И.В.

доктор технических наук

профессор

главный научный сотрудник НИЛ-102

Самарского университета

г. Самара

Болгов Е.А.

младший научный сотрудник НИЛ-102

Самарского университета

г. Самара

Елисов Н.А.

кандидат технических наук

младший научный сотрудник НИЛ-102

Самарского университета

г. Самара
Ломака И.А.
кандидат технических наук
младший научный сотрудник НИЛ-102
Самарского университета
г. Самара
Николаев П.Н.
научный сотрудник НИЛ-102
Самарского университета
г. Самара
Шафран С.В.
младший научный сотрудник НИЛ-102
Самарского университета
г. Самара

НАНОСПУТНИКОВАЯ ПЛАТФОРМА SAMSAT ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

SAMSAT NANOSATELLITE PLATFORM FOR INVESTIGATION OF EARTH'S IONOSPHERE

Аннотация. Для решения научно-технических задач по исследованию околоземного пространства в Самарском университете создана наноспутниковая платформа SamSat формата CubeSat3U. Первоочередной областью применения платформы стала создание линейки наноспутников исследования ионосферы Земли. Конструкция платформы предоставляет возможность размещения ряда датчиков, в том числе датчика параметров плазмы, навигационного приёмника и средств радиопросвечивания ионосферы. Конструктивными особенностями наноспутниковой платформы SamSat являются одностековая компоновка бортовых систем и оригинальные решения по раскрытию выносных элементов конструкции.

Ключевые слова: наноспутник, CubeSat, трансформируемые конструкции, ионосфера, трансформируемые конструкции.

Abstract. To solve scientific and technical problems related to the study of near-Earth space, the SamSat nanosatellite platform of the CubeSat3U format was created at Samara University. The primary area of application of the platform was the creation of a line of nanosatellites for the study of the Earth's ionosphere. The design of the platform makes it possible to place a plasma parameter sensor, a navigation receiver, and ionospheric radio translucence equipment. The design features of the SamSat nanosatellite

platform are a single-stack layout of onboard systems and original solutions for deploying remote structural elements..

Keywords: nanosatellite, CubeSat, deployment system, ionosphere, deployable structures.

Активное развитие электронной компонентной базы и ее миниатюризация привели к появлению класса малых космических аппаратов (МКА). В настоящее время, с помощью МКА решаются такие научно-технические задачи, как дистанционное зондирование Земли, мониторинг околоземного пространства, астрономические исследования, изучение ионосферы Земли и другие [1-3]. При разработке МКА широкое распространение получил формат CubeSat [4], имеющий форму прямоугольного параллелепипеда с размерами в сечении 100x100 мм и длиной от 113 до 340 мм (1U-3U соответственно).

В работе приводится конструктивно-компоновочная схема наноспутниковой платформы SamSat, которая может решать вышеупомянутые научные и технические задачи.

Материал и методы

Конструктивно-компоновочная схема SamSat представляет собой плотную одностековую компоновку бортовых систем, которая занимает 1,5U (Рис. 1).

В состав обеспечивающих систем входят приемопередатчик, БЦВМ, СУД, СЭП, двухчастотный приёмник навигационных сигналов системы ГЛОНАСС, приёмно-передающий комплекс, разработанные и изготовленные в Самарском университете. На основе статистического моделирования (было проведено 1000 моделирований) было получено среднее значение генерируемой мощности панелями солнечных батарей СЭП, равное 4,8 Вт. СЭП состоит из четырех АКБ формата 18650, соединенных последовательно, емкостью 3400 мАч. Для обеспечения требуемого температурного режима батарей ($50\text{ }^{\circ}\text{C} > T > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) в плате АКБ установлены датчики температур и нагревательные резисторы [5].

Управление угловым движением платформы SamSat осуществляется с помощью магнитных катушек, установленных по главным осям, рабочее положение спутника – гравитационно-ориентированное. Разработана оригинальная комбинированная система ориентации и стабилизации движения. Использование высокопроизводительных процессоров в БЦВМ позволяет оценивать пространственную ориентацию с погрешностью не хуже $0,25^{\circ}$ с использованием фильтра Калмана, обеспечивать высокоточную пространственно-временную

привязку научных измерений и возможность автономного функционирования на протяжении двух недель.

Приемопередатчик работает в полудуплексном режиме в радиоловительском диапазоне на частоте 433 МГц с использованием частотной манипуляции. В качестве формата передачи кадров был выбран АХ.25. Скорость передачи данных приемной и передающей частей составляет не более 9600 бит/с. Платформа обладает повышенной радиационной стойкостью и обеспечивает защиту бортовой радиоэлектронной аппаратуры от воздействия протонов с энергией до 3.8 МэВ, и от электронов с энергией до 0.118 МэВ.

Результаты и обсуждение

По результатам разработки наноспутниковой платформы SamSat в Самарском университете создан МКА SamSat-ION для изучения ионосферы Земли. Полезной нагрузкой МКА SamSat-ION являются датчик параметров плазмы, разработанный совместно с ИПФ РАН, навигационный приёмник для изучения верхней ионосферы и выносной магнитометр. Также на базе платформы создаётся МКА SamSat-МАЯК с научной аппаратурой разработки ИКИ РАН для изучения нижней ионосферы методом радиопросвечивания. Запуск МКА запланирован, соответственно, на 2023 и 2024 гг. Это будут первые спутники университетской группировки, создаваемые консорциумом российских вузов и научных организаций.

Литература

1. Duann Y., Chang L.C., Chao C.-K., Chiu Y.-C., Tsai-Lin R., Tai T.-Y., Luo W.-H., Liao C.-T., Liu H.-T., Chung C.-J., Duann R., Kuo. C.-L., Liu J.-Y., Yang Z.-M., Gagal G.F., Chandran A., Priyadarshan H., Verma A., Fang T.-W., Srivastava S. IDEASSat: A 3U Cubesat mission for ionospheric science // *Adv. Space Res.* – 2020. – V. 66. – № 1. – P. 116-134.
2. Baddock M.C., Bryant R.G., Acosta M.D., Gill T.E. Understanding dust sources through remote sensing: Making a case for CubeSats // *J. Arid Environ.* – 2021. – V. 184. – № 104335. – P. 1-11.
3. Cannistra A.F., Shean D.E., Cristea N.C. High-resolution CubeSat imagery and machine learning for detailed snow-covered area // *Remote Sens Environ.* – 2021. V. 258.
4. Villela T., Costa C.A., Brandao A.M., Bueno F.T., Leonardi R. Towards the thousandth CubeSat: a statistical overview // *Int. J. Aerosp. Eng.* – 2019. – V. 2019. – P. 1-13.
5. Болтов Е.А., Елисов Н.А., Кумарин А.А., Ломака И.А., Шафран С.В. Проектирование системы обеспечения теплового режима модуля

аккумуляторных батарей наноспутника формата CubeSat // Космические аппараты и технологии. – 2022. – Вып. 6. – № 39, С. 29-37.

УДК 621.314.5
eLIBRARY.RU 89.00.00

Потюпкин А.Ю.

доктор технических наук
главный научный сотрудник

Тимофеев Ю.А.

кандидат технических наук
начальник центра

Волков С.А.

кандидат технических наук
ведущий научный сотрудник

АО «Российские космические системы»

г. Москва

ФОРМИРОВАНИЕ РАБОЧИХ СТРУКТУР МНОГОСПУТНИКОВОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

FORMATION OF WORKING STRUCTURES OF MULTI- SATELLITE ORBITAL GROUPING BY USING FUZZY LOGIC

Аннотация. Рассматривается алгоритм формирования рабочих орбитальных структур космических аппаратов для реализации целевых эффектов многоспутниковой орбитальной группировки. Алгоритм основан на решении задачи многокритериального выбора локальных орбитальных структур на избыточном множестве космических аппаратов с использованием нечёткой логики. Приведена формализация алгоритма в терминах теории нечётких множеств.

Ключевые слова: алгоритм, многоспутниковая орбитальная группировка, управление, функции принадлежности..

Abstract. The algorithm for the formation of spacecraft working orbital structures for the implementation of the target effects of a multi-satellite orbital grouping is considered. The algorithm is based on solving the problem of multi-criteria selection of local orbital structures on an excessive set of space-craft using a using fuzzy logic. The formalization of the algorithm in terms of the fuzzy sets theory is given.

Keywords: algorithm, multi-satellite orbital grouping, management, control, membership functions.

Управление многоспутниковой орбитальной группировкой (МОГ) рассматривается на системном уровне как управление системным эффектом, который в свою очередь предполагает управление целевыми эффектами (ЦЭ) системы, орбитальной структурой, состоянием МОГ и системой информационного обмена [1, 2].

Задача управления МОГ рассматривается как задача множественного выбора локальных орбитальных структур (ОС) на избыточном множестве КА для реализации заданных потребителем ЦЭ, исходя из ресурсных ограничений. Учитывая множество ограничений, связанных с баллистическим построением МОГ, ресурсом отдельных КА, поставленная задача может быть решена одним из методов решения многокритериальных задач, например, методом главного критерия или последовательных уступок.

Общее правило принятия решения выглядит следующим образом:

Если КА находится в орбитальной позиции, соответствующей нужному целевому эффекту и его локальной орбитальной структуре, зарегистрирован в орбитальной соте, обладает требуемой технической готовностью и не находится в состоянии конфликта с другими КА,

То он может быть активирован для реализации системного эффекта.

Рассматриваемая задача относится к классу задач, решаемых в условиях неопределённости, и, в связи с отсутствием достаточной статистики, неопределённости нестохастической. Для решения подобных задач нашли применение методы нечёткой логики, позволяющие математически оперировать со смысловым содержанием слов человека. В связи с этим правило выбора КА для реализации заданных ЦЭ представляется набором правил нечеткого условного вывода с заданием соответствующих функций принадлежности условий выбора и выходного результата [3].

Приведена математическая формализация алгоритма вывода в терминах теории нечетких множеств, рекомендации по заданию функций принадлежности условий выбора. Рассмотрен пример реализации алгоритма для многоспутниковой системы дистанционного зондирования Земли.

Литература

1. Потюпкин А.Ю., Волков С.А., Пантелеймонов И.Н., Тимофеев Ю.А. Управление многоспутниковыми орбитальными группировками //

Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2020, т. 7, вып. 3, С. 61–70.

2. Потюпкин А.Ю., Волков С.А., Тимофеев Ю.А. Групповое управление многоспутниковой орбитальной группировкой на основе концепции режимов совместного функционирования // Ракетно - космическое приборостроение и информационные системы, 2021, т. 8, вып. 3, С. 11–19

3. Штовба С.Д. Проектирование нечётких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007.-288с.

УДК 621.314.5

eLIBRARY.RU: 89.25.39

Пантелеймонов И.Н.

начальник лаборатории

научно-технического центра космических систем

ФГУП НИИР

г. Москва

Захаров А.А.

кандидат технических наук

заместитель генерального директора по науке

ФГУП НИИР

г. Москва

**МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА
С МНОГОСПУТНИКОВЫМИ ГРУППИРОВКАМИ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО
УСТАНОВЛЕНИЯ СВЯЗИ**

**A MODEL OF INFORMATION EXCHANGE WITH MULTI-
SATELLITE GROUPINGS OF SPACECRAFT USING
AUTOMATIC COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Аннотация. Предложена модель информационного обмена с многоспутниковыми группировками космических аппаратов. Разработаны функциональные схемы и алгоритмы автоматического установления связи с космическими аппаратами, которые могут послужить основой создания систем информационного обмена с многоспутниковыми группировками.

Ключевые слова: космический аппарат, спутник ретранслятор, остронаправленная антенна, малонаправленная антенна, бортовая навигационная система, бортовая аппаратура, низкоскоростная абонентская линия связи, высокоскоростная абонентская линия связи.

Abstract. A model of information exchange with multi-satellite groupings of spacecraft is proposed. Functional schemes and algorithms for automatic communication with spacecraft have been developed, which can serve as the basis for creating information exchange systems with multi-satellite groupings.

Keywords: spacecraft, satellite repeater, pointed antenna, low-directional antenna, on-board navigation system, on-board equipment, low-speed subscriber communication line, high-speed subscriber communication line.

Информационный обмен с космическим аппаратом (КА) осуществляется с целью обеспечения управления полетом КА, приема целевой информации (ЦИ) и нуждается в управлении процессом установления связи между космическим аппаратом и спутником-ретранслятором (СР) или между космическим аппаратом и земной станцией (ЗС). Для реализации сеансов связи и управления (ССУ) дежурная смена (ДС) центра управления полетом (ЦУП) и ДС центра управления сетью (ЦУС) осуществляют заблаговременное планирование работы КА, СР и ЗС, а сформированная программа работы записывается в запоминающие устройства (ЗУ) соответственно, КА, СР и ЗС. Это приводит к невозможности оперативного получения, например, ЦИ от КА дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [1 – 3].

Количественное увеличение состава орбитальных группировок (ОГ) КА приведет к коллапсу СИО, следовательно, требуется также разработка новых подходов к организации информационного обмена Земного сегмента космической системы с её орбитальной составляющей [1 – 3].

Вместе с тем, все существующие современные системы связи позволяют абонентам автоматически устанавливать многостанционные соединения в любой момент времени без участия человека и без заблаговременного планирования. Однако, технологии сетей наземной подвижной связи (СПС) и сетей подвижной персональной спутниковой связи (СППСС) не учитывают специфики орбитальных абонентов, которыми являются космические аппараты и поэтому для организации бесперебойного информационного обмена с

КА требуется разработка комплекса методик автоматического установления связи.

Предлагаемые технологии установления связи в системах информационного обмена (СИО) с КА многоспутниковых орбитальных группировок (МГ) требуют качественно новых подходов к организации связи и соответственно к составу КА, СР и ЗС [1].

В линиях связи КА–СР–ЗС и КА–ЗС высокоскоростная связь осуществляется в высокоскоростной абонентской линии связи (ВАЛС) на остронаправленные антенные системы (ОНА), а низкоскоростная связь осуществляется в низкоскоростной абонентской линии связи (НАЛС) на малонаправленные антенные системы (МНА). При установлении связи КА с СР (или с ЗС) вначале происходит установление связи в НАЛС, выполняющей функции служебного канала связи.

Технология установления связи КА с СР (или с ЗС) заключается последовательном выполнении следующих действий [1]:

1) КА осуществляет определение оптимального СР (или с ЗС) для установления связи [2].

2) КА отправляет запрос на регистрацию в СР (или в ЗС), в котором сообщает приоритет информации и её получателя [3].

3) СР (или в ЗС), получив от КА запрос на регистрацию, определяет наличие свободного ресурса бортового ретрансляционного комплекса (БРТК) СР (или – радиотехнического комплекса (РТК) ЗС). Если ресурсов БРТК (или РТК) достаточно, то СР (или ЗС) переходит к процедуре аутентификации, а если – недостаточно, то СР (или ЗС) сравнивает приоритеты информации и получателей информации ранее зарегистрированных КА и КА, устанавливающего соединение. При этом, если приоритеты информации и получателей информации ранее зарегистрированных КА выше соответствующих приоритетов КА, устанавливающего соединение, то СР (или ЗС) отправляет ему отказ в регистрации. Если приоритет информации и получателей информации хотя бы одного из ранее зарегистрированных КА ниже соответствующих приоритетов КА, устанавливающего соединение, то СР (или ЗС) разрывает соединение с КА, более низкого приоритета и инициирует процедуру аутентификации с КА, отправившим запрос.

4) СР (или ЗС) осуществляет процедуру аутентификации КА [3]. Если КА не прошел аутентификацию, то он получает отказ в установлении соединения, а если КА прошел аутентификацию и у СР (или ЗС) есть в наличии запрашиваемый ресурс БРТК (или РТК), то для КА назначается канал связи в НАЛС и отправляется приглашение на установлении соединения.

- 5) КА, получив приглашение на установлении соединения, переходит на работу в назначенном канале связи НАЛС.
- 6) Если КА требуется работа в ВАЛС, то КА отправляет на СР (или на ЗС) запрос на предоставление ВАЛС.
- 7) СР (или ЗС) назначает для КА канал связи в ВАЛС и сообщает об этом КА.
- 8) СР (или ЗС) и КА переходят к процедуре взаимного наведения ОНА.

Применение отмеченной выше технологии автоматического установления связи с КА позволит создать систему информационного обмена с КА многоспутниковых группировок обладающей следующими преимуществами:

- возможность установления связи с любым КА МГ в режиме реального времени;
- оперативность доставки целевой информации потребителю в режиме реального времени;
- уменьшение численного состава задействованного технического персонала центра управления полетом и центра обработки специальной информации.

Отмеченные направления развития систем информационного обмена с КА соответствуют современным тенденциям развития систем связи и информационного обеспечения.

Литература

1. Мырова Л.О., Пантелеймонова А.В., Пантелеймонов И.Н., Потюпкин А.Ю., Филатов В.В. Модель перспективной системы управления полетом космических аппаратов // Космонавтика и ракетостроение. 2019. Вып. 6 (111), С. 68–82.
2. Пантелеймонов И.Н., Пантелеймонова А.В., Кузенков А.Н., Баринов А.В, Назаров Н.Г., Алешин В.С. Способ выбора низкоорбитального спутника-ретранслятора для регистрации абонентским терминалом в системе персональной спутниковой связи. Патент на изобретение № 2660114 от 29.09.17.
3. Пантелеймонов И.Н., Белозерцев А.В., Монастыренко А.А., Боцва В.В., Наумкин А.В. Методы аутентификации и шифрования информации в сетях связи на основе динамично изменяющихся матриц ключей и матриц алгоритмов. // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2020. Т. 7. Вып. 1. С. 84-94.

Чекунов И.В.

начальник управления спецпроектов
ПНППК, г. Пермь

Петров С.Д.

кандидат физико-математических наук
доцент кафедры астрономии СПбГУ
г. Санкт-Петербург

Усачев В.А.

кандидат технических наук
начальник отдела Управления
научной и инновационной деятельности
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Смирнов С.С.

ведущий инженер
СПбГУ, г. Санкт-Петербург

Трофимов Д.А.

старший преподаватель кафедры
астрономии СПбГУ, г. Санкт-Петербург

ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

PROBLEMS OF DESIGNING TIME-FREQUENCY SUPPORT FOR SPACE ROCKET COMPLEXES

Аннотация. Для построения систем частотно-временного обеспечения в ракетно-космических комплексах разработан малогабаритный блок хранения времени и частоты высокой точности [1][2]. Основу составляет математическая модель формирования и хранения шкалы времени с учетом шумовой фликкерной составляющей [3][4]. Создан макет системы частотно-временного обеспечения высокой точности, обеспечивающий сетцентрическое управление группировкой роботизированных объектов. Разработанное программно-алгоритмическое обеспечение является основой построения системной шкалы времени мобильного наземного автоматизированного комплекса управления для малых космических аппаратов.

Ключевые слова: шкала времени системы, математическая модель шкалы времени, автономное хранение шкалы времени, оптимальная

фильтрация нестационарных процессов, группирование шкал времени, генератор управляемый напряжением.

Abstract. A small-sized high-precision time and frequency storage unit has been developed to build time-frequency support systems in space rocket complexes. The basis is a mathematical model of the formation and storage of the time scale, taking into account the noise flicker component. A scale model of a high-precision frequency-time support system has been created, providing network-centric control of the grouping of robotic objects. The developed software and algorithmic support is the basis for constructing a system time scale of a mobile ground-based automated control complex for small spacecraft.

Keywords: time scale of the system, mathematical model of the time scale, autonomous storage of the time scale, optimal filtering of non-stationary processes, grouping of time scales, voltage-controlled generator.

Материал и методы

Материал для данной работы аккумулировался в процессе создания системы единого времени (СЕВ) стартового комплекса (СЕВ-СК), технического комплекса ракеты-носителя (СЕВ РН), технического комплекса космических аппаратов (СЕВ КА) и Восточного командно-измерительного пункта (СЕВ-ВКИП) космодрома Восточный (КЦ «Восточный» ФГУП «ЦЭНКИ») в течение 2015-2016 годов. В результате были отработаны автономные, комплексные, летные испытания. Зафиксированы моменты регистрации сигналов контакт-подъема (КП) с комплексов СЕВ-СК и СЕВ-ВКИП при старте ракет-носителей и при снятии телеметрической информации с борта ракеты носителя.

Результаты и обсуждение

Как следует из результатов летных испытаний основные проблемы частотно-временного обеспечения заключаются в переходе от аналоговых систем управления стартом ракет-носителей к цифровым технологиям управления стартом и полетом. Применение протокола ETHERNET не соответствует полетным заданиям по точности, оперативности и устойчивости. Необходима разработка протоколов режима реального времени, обеспечивающих синхронность и синфазность циклограмм распределенных средств наземного комплекса управления с средствами малых космических аппаратов.

Литература

1. Петров С.Д., Смирнов С.С., Чекунов И.В., Хегай Д.К. Компактный групповой автономный стандарт времени и частоты // Труды Института прикладной астрономии РАН. - 2016. - № 36. - С. 35-40.
2. Петров С.Д., Чекунов И.В. Создание малогабаритных бортовых прецизионных аппаратно-программных хранителей времени и частоты (БХВЧ) на основе структурного анализа // XLI Академические чтения по космонавтике. Сборник тезисов чтений, посвященные памяти академика С.П. Королева и других выдающихся отечественных ученых – пионеров освоения космического пространства. - 2017. С. 290-291.
3. Петров С.Д., Чекунов И.В., Усачев В.А., Топорков А.Г., Корянов В.В. Формирование шкал времени устройств частотно-временного обеспечения методом структурного анализа // Инженерный журнал: наука и инновации. - 2019. Т. 92,- № 8. - С. 7.
4. Петров С.Д., Чекунов И.В., Мовсесян П.В., Усачев В.А. Нормализация бортовой шкалы времени навигационного космического аппарата методом структурного анализа // XLIV Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых - пионеров освоения космического пространства. сборник тезисов: в 2 т. - 2020. - Т. 1. С. 727-729.
5. Теория и практика эксплуатации объектов космической инфраструктуры. Том 1. Объекты космической инфраструктуры. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. - 400 с.
6. Экспертное заключение от 14.03.2014 года № 275-14/ГГЭ-8997/03 «Проектная документация и результаты инженерных изысканий «Космодром «Восточный». Строительство стартового комплекса РН «Союз-2» Площадка 1С».
7. Mills D.L. Computer network time synchronization: the network time protocol. CRC Press, 2006. - 304 с.
8. Eidson J.C. Measurement, Control and Communication Using IEEE 1588. Springer, 2006. - 284 с.
9. ITU Recommendations G.8262: Timing characteristics of a synchronous Ethernet equipment slave clock, ITU, 2010.
10. Пояснительная записка Эскизного проекта Книга 1. 373 УС41 СЕВ Информационные и телекоммуникационные системы и комплексы. Часть 1. Анализ существующих способов частотно-временного обеспечения полигонов и космодромов.

11. Техническое задание на СЧ ОКР «Участие в создании системы единого времени космодрома Восточный». Шифр: СЧ ОКР «НКИ-Восток РИРВ» п. 3.1.1.2

12. Техническое задание на СЧ ОКР «Участие в создании системы единого времени космодрома Восточный». Шифр: СЧ ОКР «НКИ-Восток РИРВ» п. 3.2.1.4

УДК 621.7

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Клюшников В.Ю.

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

ОРБИТАЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ ФАБРИКА ПО ПРОИЗВОДСТВУ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

DIGITAL ORBITAL FACTORY FOR THE PRODUCTION OF SMALL SATELLITES

Аннотация. Орбитальная цифровая фабрика для производства малых космических аппаратов предусматривает пространственное распределение процессов проектирования, изготовления, тестирования и запуска наноспутников, центральная роль в котором принадлежит орбитальной производственной площадке, совмещенной с космодромом на орбите.

Ключевые слова: орбитальная цифровая фабрика, малый космический аппарат, производство, разгонный блок.

Abstract. An orbital digital factory for the production of small satellites provides for the spatial distribution of the processes of designing, manufacturing, testing and launching nanosatellites. The basis of the orbital factory is the orbital production site, combined with the spaceport in orbit.

Keywords: orbital digital factory, small satellite, production, booster upper stage.

В настоящее время развитие малых космических аппаратов (МКА) сдерживает не только относительно высокая стоимость их создания, но и сложности вывода на орбиту. Разработчикам МКА приходится месяцами, а то и годами, ждать попутного запуска с групповым

выведением нескольких космических аппаратов различного назначения. Между тем, уже сейчас рынок востребованных пусковых услуг по оперативному запуску МКА оценивается в миллиарды рублей.

Создание орбитальных цифровых фабрик (ОЦФ) способно изменить саму парадигму создания, производства и выведения на заданные орбиты космических аппаратов вообще и МКА в частности.

Концепция ОЦФ заключается в размещении на околоземной орбите орбитальной станции, оснащенной роботизированными высокотехнологичными производственными линиями, проверочно-пусковой аппаратурой и средствами выведения, способной в автоматическом или автоматизированном режиме производить, тестировать и запускать МКА. При этом проектированием самих МКА должны заниматься конструкторские бюро на Земле. После завершения расчетных и проектных работ цифровой двойник МКА передается по радиоканалу на борт ОЦФ. На ОЦФ, с применением современных технологий, производится изготовление комплектующих, настройка (программирование) стандартных (готовых) узлов и систем, сборка и проверочные испытания МКА. Готовый к запуску МКА передается для стыковки с разгонным блоком (возможно многоразовым). С Земли в бортовой компьютер разгонного блока вводится полетное задание, МКА выводится на заданную орбиту и передается на управление Заказчику.

При таком подходе предоставляется возможность существенно уменьшить затраты на производство и выведение на орбиту МКА, за счет исключения этапа запуска с земной поверхности, сопровождающегося большими перегрузками, снизить требования к прочности силовой конструкции спутника.

Важной предпосылкой создания ОЦФ можно считать запуск в 2019 г миссии Orbital Factory 2 (OF 2) Техасского университета (США) представляющую собой 1U CubeSat [1], предназначенный для тестирования задач аддитивного производства в открытом космосе в условиях вакуума, пониженной гравитации и экстремальных температур.

В 2021 г Военно-космическими силами США запущена программа «Orbital Prime», ориентированная на сервисное обслуживание, сборку и производство на орбите и включающая в себя широкий спектр технологий для ремонта и дозаправки существующих спутников, удаления орбитального мусора и создания новых возможностей в космосе [2].

Создание в России ОЦФ по производству малых космических аппаратов способствовало бы появлению нового сектора рынка, связанного с производством и целевым использованием МКА.

Литература

1. Joel Quintana, Perla Perez, Angel Flores-Abad, Jack Chessa, and Ahsan Choudhuri. Orbital Factory 2: A 1U CubeSat for Additive Manufacturing Tasks in Low Earth Orbit. 33rd Annual AIAA/USU Conference on Small Satellites, 2019 // URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Orbital-Factory-2%3A-A-1U-CubeSat-for-Additive-Tasks-Quintana-Perez/44fad385c886fb75b1b76c2914a38881e5464b4c> (Дата обращения 11.06.2022).
2. Space Force launches ‘Orbital Prime’ program to spur market for on-orbit services, by Sandra Erwin — November 4, 2021 // URL: <https://spacenews.com/space-force-launches-orbital-prime-program-to-spur-market-for-on-orbit-services/> (Дата обращения 11.06.2022).

УДК 621.7

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Клюшников В.Ю.

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

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ И ВОСПОЛНЕНИЯ КЛАСТЕРА МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ИНФОРМАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

SMART AUTOMATICALLY SUPPLEMENT FLOCK OF SMALL SATELLITES FOR INFORMATION PURPOSE

Аннотация. Интеллектуальная система автоматического поддержания работоспособного состояния кластера (многоспутниковой группировки) малых космических аппаратов информационного назначения реализует функции мониторинга целевой эффективности кластера, принятия решения о его выполнении, а также – оперативных автоматических запусков новых спутников кластера взамен вышедших из строя при помощи ракет-

носителей сверхлегкого класса, находящихся в постоянной стартовой готовности.

Ключевые слова: многоспутниковая система, малый космический аппарат, восполнение, ракета-носитель сверхлегкого класса.

Abstract. The smart system for automatic supplement of a multi-satellite system of small satellites for information purpose implements the functions of monitoring the target efficiency of the system, making a decision on its maintenance and replenishment, and prompt automatic launches of new satellites of the system using ultra-light launch vehicles that are in constant launch readiness.

Keywords: multi-satellite system, small satellite, flock of small satellites, supplement, ultralight launch vehicle.

Интеллектуальная система автоматического поддержания и выполнения кластера (многоспутниковой группировки), состоящего из малых космических аппаратов (МКА) информационного назначения, должна функционировать в полностью автоматическом режиме, включая решение задач восполнения и наращивания кластера. «Мозгом» системы является матричная (облачная) распределенная вычислительная система, образованная бортовыми вычислительными комплексами отдельных МКА и наземных средств управления, связанными друг с другом по радио- и/или оптическим каналам связи.

В части автоматического поддержания работоспособного состояния кластера МКА вычислительная система решает следующие задачи:

- оценка и прогноз целевой эффективности кластера, в соответствии с текущим и прогнозируемым потоком заявок и результатами их выполнения;
- идентификация и исключение из состава кластера отказавших МКА;
- формирование команды на увод отказавших КА в плотные слои атмосферы;
- принятие решения по восполнению / наращиванию кластера МКА;
- формирование команды на пуск ракет-носителей сверхлегкого класса, находящихся в постоянной стартовой готовности, выводящих на орбиту МКА для замены отказавших спутников в кластере;
- включение МКА, выведенных на орбиту, в состав кластера.

Для устойчивого функционирования описанной системы необходимо иметь на Земле наряд ракет-носителей сверхлегкого класса (РН СЛК) с собранной и установленной на ракете космической головной частью с МКА. РН СЛК должны быть готовы к пуску в течение 10-15 минут после получения команды от вычислительной

системы кластера. Подготовка к пуску (необходимые проверки, заправка и т.д.) и сам пуск РН СЛК должны производиться в автоматическом режиме.

УДК 629.7800.14

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Лизунов С.А.

директор проекта

АО «ВПК «НПО машиностроения»

г. Реутов

Лизунов А.А.

ведущий научный сотрудник

АО «ВПК «НПО машиностроения»

г. Реутов

Маслов А.И.

заместитель руководителя службы качества

АО «ВПК «НПО машиностроения»

г. Реутов

Шишурин А.В.

начальник отдела

НИТУ «МИСиС»

г. Реутов

Лизунова А.С.

практикантка в АО «Корпорация «ВНИИЭМ»

**ОРГАНИЗАЦИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО
ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ
И НЕСТАБИЛЬНОСТИ ПОСТАВОК КОМПЛЕКТУЮЩИХ**

**MANAGEMENT OF MACHINE-BUILDING PRODUCTION IN
THE CONDITIONS OF UNCERTAINTY AND INSTABILITY
OF COMPONENT SUPPLIES**

Аннотация. Современная концепция организации машиностроительного производства отдельных систем и приборов для изготовления малых космических аппаратов (МКА) дистанционного зондирования земли базируется на следующих основных принципах: унификация, модульность, модернизируемость и взаимозаменяемость. При проектировании и изготовлении составных частей МКА необходимо обеспечить устойчивое функционирование производства в условиях санкций и нестабильности поставок электро-радио-изделий

импортного производства, входящих в комплектации составных частей и, как следствие, организовать опережающее импортозамещение, которое позволит оптимизировать издержки предприятия при наличии рисков в условиях неопределенности и нестабильности функционирования производства.

Ключевые слова: организация производства, космический аппарат, импортозамещение, машиностроение, электро-радио-изделия.

Abstract. Modern concept for the management of machine-building production of individual systems and devices for manufacturing of small Earth's remote sensing spacecraft is based on the following basic principles: unification, modularity, modernizability and interchangeability. When designing and manufacturing the components of small spacecraft, it is necessary to ensure the stable operation of production in the conditions of sanctions and instability of foreign supplies of electrical and radio components and, as a result, to organize advanced import substitution, which will optimize costs for the enterprise in the presence of risks in conditions of uncertainty and instability of production.

Keywords: production management, spacecraft, import substitution, machine building, electrical and radio components.

Анализ проблем и специфики производства на машиностроительном заводе, а также работоспособность уже изготовленных изделий в составе МКА показал, что актуальными задачами с точки зрения стабильного функционирования производства являются четыре основные задачи:

- разработка модели управления промышленной мощностью производства; [3]
- определение оптимального объема оснащения производства сырьем, материально-техническими и компонентными комплектующими отечественного и импортного происхождения в условиях санкционных рисков и импортозамещения;
- применение инвариантного планирования (совмещение методов экспертных оценок, корреляционного моделирования, единой методики прогнозирования и т.п.) по всем ключевым этапам реализации проекта; [2]
- систематизирование ключевых этапов с ключевыми факторами, то есть объединение различных инструментов (типовые графики, метод сбора и анализа данных, аналоговый метод и т.п.). [1]

Результат полученный в процессе реализации проекта «Кондор-ФКА»:

1. Сокращение времени на разработку, изготовление и испытание изделия и возможность построения унифицированных космических платформ, соответствующих по своим тактико-техническим характеристикам целевому назначению проектируемых на их основе МКА, из набора надёжных, отработанных, имеющих лётную квалификацию, блоков и устройств;

2. Построение изделия из отдельных, функционально обособленных элементов – модулей, разработка, изготовление и испытания которых могут идти независимо друг от друга, в первую очередь выделяют модуль полезной нагрузки и модуль служебных систем, на следующем этапе каждая система строится из отдельных модулей, блоков, приборов и т.д., соответствующих назначению и характеристикам данной системы;

3. Заложённая в изделие способность к наращиванию его характеристик в соответствии с текущими потребностями путем замены отдельных компонентов без полной переработки изделия в целом.

Литература

1. Ю.Г. Котиева Систематизация инструментов для поддержки процессов управления проектами по этапам создания космической техники //, г. Москва, 2016. С. 205-206;
2. Дубчак В.С. Эндогенное расширенное воспроизводство и рентабельное сочетание экстенсивного и интенсивного роста // Москва 2015, С. 200-201;
3. Л.А. Глаголева, И.М. Разумов, А.В. Проскуряков, М.И. Ипатов, С.Г. Пуртов, М.С. Муравьев, И.А. Муравьев Сборник задач по курсу «Организация и планирование производства на машиностроительных предприятиях» //, издание 2-е, переработанное и дополненное, Москва, 1969. С. 14-16.

УДК 004.891.2
eLIBRARY.RU 28.29.00

Денисов А.Ю.
аспирант
АО «Российские космические системы»
г. Москва

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО - КОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА РЕАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ

IMPROVING TECHNOLOGICAL PREPARING ROCKET-SPACE DEVICE PARTS PRODUCTION WITH USING A REAL MANUFACTURING ENVIRONMENT DIGITAL TWIN

Аннотация. Рассматривается технологическая подготовка производства (ТПП) изделий приборостроения для оборудования с ЧПУ. Автоматизация процесса ТПП возможна с использованием специализированной базы знаний, построенной на принципах нечёткой логики и отражающей опыт специалистов – операторов и наладчиков технологического оборудования.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, автоматизация, цифровой двойник, база знаний, нечёткая логика.

Abstract. Technological preparing rocket-space device parts production in context digital twin technology. Specialist-developer's project working automation is possible with specialized knowledge base fuzzy logic methods based, which included a production specialists experience.

Keywords: process planning, automation, digital twin, knowledge base, fuzzy logic.

Технологические процессы механической обработки (ТП) проектируются с применением технологии цифрового двойника (ЦД): проектирование ТП выполняется с помощью системы САПР ТП, разработка и валидация управляющих программ (УП) для оборудования с ЧПУ ведётся в среде САМ. Исходными данными для разработки УП и ТП является аннотированная 3D модель детали.

ЦД производства основан на цифровой модели, служащей для представления состояния, условий работы, конфигурации продукта и состояния ресурсов. [0] Для расчётов используются идеальные модели производственного оснащения, не отражающие свойств реальной системы станок-приспособление-инструмент-деталь, что может сказаться на качестве системы ТПП и отразиться в несоблюдении заданных сроков изготовления продукции. Поэтому, при внедрении разработанных УП, необходимо корректировать параметры процесса обработки и вносить изменения в технологическую документацию. Необходимость корректировок может быть вызвана рекомендациями

специалиста – наладчика оборудования по результатам предварительной экспертной оценки.

Проблемный вопрос системы ТПП состоит в низкой производительности труда специалистов – проектировщиков ТП и в риске несвоевременного выпуска продукции. Поскольку автоматизация является эффективным способом повышения производительности труда, создание адекватного ЦД фактических производственных условий (ЦДФ) – перспективное направление повышения качества ТПП. ЦДФ должен быть представлен в виде специализированной базы знаний (БЗ) и содержать параметры, с достаточной степенью точности характеризующие возможности технологического оснащения и отражающие опыт занятых на производстве специалистов [0].

Наиболее сложен здесь процесс формализации знаний, опыта и творческой составляющей деятельности специалистов. Для решения подобных задач нашли применение алгоритмы нечёткой логики, позволяющие математически оперировать со смысловым содержанием слов человека. [0] Для принятия решений по вопросам проектирования используется комплекс лингвистических переменных. Выбор наиболее подходящего решения происходит с учётом значения функции принадлежности на основе заранее сформулированных правил.

Литература

1. ПНСТ 429-2020 (Предварительный национальный стандарт РФ. Умное производство. Двойники цифрового производства. – Срок действия с 01.01.2021. до 01.01.2024. – М.: Стандартинформ, 2020 – 12 С.)
2. Денисов А.Ю. Проблемные вопросы технологической подготовки производства изделий ракетно-космической техники в контексте современной тенденции цифровой трансформации предприятия. // Тр. 64-й Всероссийской научной конференции МФТИ «Аэрокосмические технологии». 2021. – С. 137-138.
3. Штовба С.Д. Проектирование нечётких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. -288с.

УДК 629.78
eLIBRARY,RU:89.25.15

Корбушин Д.В.
кандидат политических наук
начальник отделения АО «ЦНИИмаш»

Сергеев В.Е.
ведущий инженер АО «ЦНИИмаш»
Шаповалов Р.В.
кандидат технических наук
главный научный сотрудник АО «ЦНИИмаш»

**КОНЦЕПЦИЯ ОТОБРАЖЕНИЯ ОБСТАНОВКИ
В ОКОЛОЗЕМНОМ КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ
В ТРУДАХ КОСМОНАВТА-ИСПЫТАТЕЛЯ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
БУРДАЕВА НИКОЛАЯ МИХАЙЛОВИЧА**

**THE CONCEPT OF DISPLAYING THE SITUATION IN NEAR-
EARTH SPACE IN THE WORKS OF TEST COSMONAUT
DOCTOR OF TECHNICAL SCIENCES
BURDAEV NIKOLAY MIKHAILOVICH**

Аннотация. Резкое увеличения числа космических объектов различных стран в околоземном космическом пространства, различные цели и задачи этих объектов, повышают требования к контролю космической обстановки и к скорости принятия решений по реакции на изменения обстановки в ОКП, связанной с необходимостью реализации управления космическим движением, выдачи команд на космические объекты различного назначения и другими оперативными решениями.

В трудах космонавта-испытателя доктора технических наук Михаила Николаевича Бурдаева есть предложения по повышению скорости обработки информации о баллистическом состоянии многоэлементных орбитальных космических группировках. Например, техническое решение защищенное патентом № 2461016.

Ключевые слова: отображение, малые космические аппараты, МКА, контроль, космическое пространство, технология.

Abstract. A sharp increase in the number of space objects of various countries in the near-Earth space, different goals and objectives of these objects, increase the requirements for monitoring the space situation and for the speed of decision-making in response to changes in the situation in the NES, associated with the need to implement space traffic control, issuing commands on space objects for various purposes and other operational solutions. In the works of the test cosmonaut, Doctor of Technical Sciences Mikhail Nikolayevich Burdaev, there are proposals for increasing the speed of processing information about the ballistic state of multi-element orbital

space constellations. For example, a technical solution protected by patent No. 2461016.

Keywords: display, small spacecraft, small spacecraft, control, outer space, technology.

Все больше государств, международных межправительственных организаций и неправительственных субъектов используют околоземную орбитальную космическую среду, которая является истощимым ресурсом. Засорение космического пространства, усложнение космических операций, появление крупных спутниковых систем и повышение риска столкновения и создания помех функционированию космических объектов может сказаться на долгосрочной устойчивости космической деятельности. Решение вопросов, связанных с этими обстоятельствами и рисками, требует международного сотрудничества государств и международных межправительственных организаций ради недопущения нанесения ущерба космической среде и безопасности космических операций и разработки новых средств наземной инфраструктуры.

В рамках решения задачи совершенствования контроля космического пространства возникает задача когнитивно-графического представления информации в наземных станциях командно-измерительных систем.

Так в области образного анализа данных, диагностики сложных систем на основе графических образов рассмотрена разработка образа для группировки космических аппаратов. [1].

В научных трудах Михаила Николаевича Бурдаева, доктора технических наук, профессора, действительного члена РАКЦ, космонавта-испытателя 4-го набора ВВС (1967) есть предложения по повышению скорости обработки информации о баллистическом состоянии многоэлементных орбитальных космических группировках. Например, перспективное техническое решение защищенное патентом № 2461016. «Способ отображения баллистического состояния орбитальной группировки космических аппаратов». [2].

Изобретение относится к области ракетно-космической техники и может быть использовано для повышения эффективности работы систем наблюдения за космической обстановкой. Технический результат – расширение функциональных возможностей за счет повышения надежности и оперативности восприятия информации и скорости принятия оператором решения в задачах контроля космического пространства. Для достижения данного результата движение космического аппарата в орбитальной группировке

представляют в аналитическом и геометрическом виде относительно сопровождающей его условной орбитальной системы координат (УОСК). При этом взаимное расположение круговых орбит и привязка движений УОСК по времени соответствуют характеристикам орбитальной структуры группировки космических аппаратов, прогнозируемым на момент времени, относительно которого осуществляется контроль. Причем для космических аппаратов, движущихся в одной плоскости, вводится единая круговая орбита, на которой движение космического аппарата отмечают идентифицирующей меткой.

Способ отображения баллистического состояния орбитальной группировки космических аппаратов, заключается в обработке координат космических аппаратов для оперативного контроля и управления в системе контроля космического пространства, таким образом, что параметры движения космического аппарата в орбитальной группировке представляют в аналитическом и геометрическом виде относительно сопровождающей его условной орбитальной системы координат, движущейся по круговой орбите с радиусом, равным средней расчетной величине большой полуоси орбит всех космических аппаратов орбитальной группировки и привязанной к исходному времени и аргументу широты, а взаимное расположение круговых орбит, по которым движутся условные орбитальные системы координат, и привязка движений условных орбитальных систем координат по времени соответствуют расчетным теоретическим характеристикам орбитальной структуры группировки космических аппаратов, прогнозируемым на момент времени, относительно которого осуществляется контроль, причем для космических аппаратов, движущихся в одной плоскости, вводится единая расчетная круговая орбита, на которой движение космического аппарата отмечают идентифицирующей меткой, а для одновременного представления космических аппаратов, движущихся в разных плоскостях, условные орбитальные системы координат этих космических аппаратов совмещают для отображения в единой космической обстановке на экране оператора.

Способ предусматривает, что при отображении космической обстановки на экран оператора выводят выборку отображений контролируемых космических аппаратов, имеющих расчетные и фактические параметры плоскостей орбиты и орбитального движения.

Сейчас мировыми технологическими лидерами управления многоспутниковыми группировками являются американские компании, но основой их успехов является развитая наземная

инфраструктура. Например, частная компания Planet использует 12 площадок со станциями на разных континентах в США, Великобритании, Новой Зеландии, Германии, Австралии. Россия также наращивает сеть наземных станций по мере развития своих группировок, однако понимание перспективы подталкивает к более креативным подходам в управлении космическими аппаратами.

Литература

1. Бурдаев М.Н., Емельянова Ю.Г., Хачумов В.М. Когнитивная машинная графика в системах космического и медицинского назначения. URSS. 2019 с. ISBN 978-5-9710-5844-1
2. Бурдаев М.Н., Сергеев В.Е. Патент № Ru 246101 С1 «Способ отображения баллистического состояния орбитальной группировки космических аппаратов».

УДК 629.78

eLIBRARY,RU:89.00.00

Твердохлебова Е.М.

кандидат технических наук

заместитель начальника Центра АО «ЦНИИмаш»

Шаповалов Р.В.

кандидат технических наук

главный научный сотрудник АО «ЦНИИмаш»

Сергеев В.Е.

ведущий инженер АО «ЦНИИмаш»

КОНЦЕПЦИЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОРЕНИЯ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА СПОСОБОМ ЛИКВИДАЦИИ ОТРАБОТАННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ В ЗАДАнные СРОКИ

THE CONCEPT OF PREVENTION OF MAN-MADE POLLUTION OF NEAR-EARTH SPACE BY THE METHOD OF LIQUIDATION OF USED SPACE EQUIPMENT IN THE SET TIME

Аннотация. Реализуется и прогнозируется дальнейшее резкое увеличение количества МКА в околоземном космическом пространстве. Возникает проблема повышения нагрузки на системы

контроля космического пространства в условиях техногенного засорения космического пространства. Предлагается концепция предотвращения техногенного засорения околоземного космического пространства способом ликвидации отработанной космической техники в заданные сроки.

Существо концепции заключается в том, что по окончании срока активного существования КА его элементы переводят в газообразное состояние под воздействием факторов космического пространства. С этой целью элементы КА изготавливают из материалов со свойством сублимации под воздействием указанных факторов. Возможная реализация концепции рассматривается на примере технического решения защищенного патентом № 2 698 608.

Ключевые слова: Космический мусор, малые космические аппараты, МКА, контроль, космическое пространство, технология, удаление.

Abstract. A further sharp increase in the number of small spacecraft in near-Earth space is being implemented and predicted. There is a problem of increasing the load on the control systems of outer space in the conditions of technogenic clogging of outer space. A concept is proposed to prevent technogenic contamination of near-Earth outer space by the method of eliminating spent space technology within a specified period. The essence of the concept lies in the fact that at the end of the active existence of the spacecraft, its elements are transferred to a gaseous state under the influence of space factors. For this purpose, spacecraft elements are made from materials with the property of sublimation under the influence of these factors. A possible implementation of the concept is considered on the example of a technical solution protected by patent No. 2 698 608.

Keywords: Space debris, small spacecraft, small spacecraft, control, outer space, technology, removal.

В настоящее время реализуется и прогнозируется дальнейшее резкое увеличение количества МКА в околоземном космическом пространстве. Возникает проблема повышения нагрузки на системы контроля космического пространства в условиях техногенного засорения космического пространства. Предлагается концепция предотвращения техногенного засорения околоземного космического пространства способом ликвидации отработанной космической техники в заданные сроки.

Существо концепции заключается в том, что по окончании срока активного существования КА его элементы переводят в газообразное состояние под воздействием факторов космического пространства. С

этой целью элементы КА изготавливают из материалов со свойством сублимации под воздействием указанных факторов. Возможная реализация концепции рассматривается на примере технического решения защищенного патентом №Ru 2 698 608.

Группа изобретений по данному патенту относится к изготовлению и эксплуатации конструкции и оборудования космического аппарата (КА), преимущественно ИСЗ. По окончании срока активного существования КА его элементы переводят в газообразное состояние под воздействием факторов космического пространства. С этой целью элементы КА изготавливают из материалов со свойством сублимации под воздействием указанных факторов. При этом создают условия ускоренной сублимации, удаляя защитную пленку с элементов КА и/или нагревая их. Потерю массы элементов обеспечивают в заданном порядке, не допускающем образования обломков и отделяющихся частей. Предлагаемое устройство содержит блок самоуничтожения КА по программе запуска активизации ускоренной сублимации элементов КА. Предусмотрен радиоканал получения команды на самоуничтожение КА с наземного центра управления. Технический результат заключается в повышении эффективности предотвращения техногенного засорения околоземного космического пространства элементами космического мусора.

Способ ограничения срока пассивного существования космического аппарата в околоземном космическом пространстве за счет перевода его элементов в газообразное состояние после окончания срока активного существования космического аппарата, заключается в том, чтобы элементы космического аппарата изготавливают из материалов, обладающих свойством сублимации под воздействием факторов космического пространства, причем после окончания срока активного существования космического аппарата активизируют фазовый переход элементов космического аппарата из твердого состояния в газообразное, для чего создают условия ускоренной сублимации этих элементов, обеспечивая потерю их массы в заданном порядке, не допускающем образования обломков и отделяющихся частей.

Возможным решением может быть вариант при котором после окончания срока активного существования космического аппарата на элементах космического аппарата удаляют пленку, защищающую эти элементы от воздействия факторов космического пространства, например, электрохимическим воздействием и обеспечивают ускоренную потерю массы этих элементов.

В рамках концепции возможно использование способа при котором после окончания срока активного существования космического аппарата элементы космического аппарата нагревают до температуры ускоренной сублимации этих элементов и поддерживают ее для потери массы элементов за счет перехода в газообразное состояние.

Для реализации предлагаемой концепции разрабатывается устройство предназначенное для ограничения срока пассивного существования космического аппарата, в котором блок управления космическим аппаратом подключен к блоку самоуничтожения космического аппарата, в память которого введена модель уничтожения космического аппарата с программой очередности и времени запуска механизмов активизации перевода в газообразное состояние элементов космического аппарата, электрически связанному с механизмами запуска активизации ускоренной сублимации аппарата, механизмами запуска нагрева элементов космического аппарата и связанному со счетчиком времени активного существования космического аппарата, выдающим команду на самоуничтожение космического аппарата после окончания заданного ресурса, причем блок самоуничтожения космического аппарата через канал радиосвязи и блок управления космическим аппаратом связан с наземным центром управления для получения команды на самоуничтожение при нештатной потере работоспособности космического аппарата.

Литература

1. Национальный стандарт ГОСТ Р 52925-2018 «Изделия космической техники. Общие требования к космическим средствам по ограничению техногенного засорения околоземного космического пространства», 2018 г.
2. «Руководящие принципы Комитета по использованию космического пространства в мирных целях по предупреждению образования космического мусора», А/АС.105/C.1/L.260, https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/space_debris.shtml.
3. Патент № 2698608 «Способ ограничения срока пассивного существования элементов космического аппарата в околоземном космическом пространстве и устройство для его осуществления».

УДК 629.73.064.5(075.8)
eLIBRARY.RU: 89.25.21

Никифоров В.Е.

кандидат технических наук

научный сотрудник

Института земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук

г. Москва, г. Троицк

**РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВОЛЬТАМПЕРНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК СЕКЦИОНИРОВАННЫХ СОЛНЕЧНЫХ
БАТАРЕЙ ДЛЯ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЛЫХ КА**

**CALCULATION OF VOLT-CURRENT CHARACTERISTICS OF
SECTIONED SOLAR PANELS FOR CHANGING OPERATION
CONDITIONS OF SMALL SPACECRAFT**

Аннотация. Проведен анализ применяемых методов имитации и расчетов электрических параметров секционированных солнечных батарей. Представлена универсальная аналитическая модель солнечной батареи на основе экспоненциальной аппроксимации вольтамперных характеристик с использованием электрических параметров солнечных батарей в трех характерных точках. Модель многократно апробировалась на различных объектах, в том числе малых космических аппаратах.

Ключевые слова: математическая модель солнечной батареи, вольтамперная характеристика, электрические параметры, малый космический аппарат.

Abstract. The analysis of the applied methods of simulation and calculation of the electrical parameters of sectioned solar batteries was carried out. A universal analytical model of a solar battery is presented based on an exponential approximation of the current-voltage characteristics using the electrical parameters of the solar battery at three characteristic points. The model has been repeatedly tested on various objects, including small spacecraft.

Keywords: mathematical model of a solar battery, current-voltage characteristic, electrical parameters, small spacecraft.

Солнечные батареи (СБ) используются в качестве генераторов электроэнергии практически на всех малых (пико-, нано-, микро-, мини,...) космических аппаратах (МКА) различного назначения. Совместно с буферными химическими батареями (БХБ) они

обеспечивают длительное и надежное электроснабжение служебных и целевых систем МКА в течение всего срока их активного существования на низких, средних и высоких, в том числе геостационарных, околоземных космических орбитах. Изменение электрических параметров солнечных батарей в процессе эксплуатации, в том числе деформация их расчетных вольтамперных характеристик в условиях воздействия различных внешних условий и факторов космического пространства, а также изменений текущего напряжения аккумуляторных батарей при электроснабжении потребителей, существенно влияет на энергетическую эффективность согласования параметров основных элементов СЭС – генераторов электроэнергии СБ, буферных накопителей БХБ и нагрузки и степень обеспечения энергобаланса на борту МКА.

Поэтому предъявляемые требования к точности расчетов электрических параметров солнечных батарей при создании систем электроснабжения (СЭС) МКА достаточно высоки. Существующие математические модели и способы задания основных параметров солнечных батарей во всем диапазоне изменения внешних условий эксплуатации: интенсивности освещения, уровней и конфигурации затенения панелей, их температуры, и т.д., достаточно трудоемки, зачастую требуют для их верификации специального дорогостоящего оборудования, проведения дополнительных многократных натуральных экспериментов, и занимают достаточно много времени и средств.

На практике используются различные модели фотоэлектрических преобразователей (ФЭП), масштабируемые затем на полносборные секции и панели солнечных батарей МКА. При этом для имитации ВАХ СБ могут, например, использоваться табличные методы представления характеристик с использованием, в зависимости от требуемой точности, иногда до нескольких тысяч точек измерения и наборов ВАХ, что не всегда практично. Наиболее приемлемым является представление ВАХ СБ в аналитическом виде, например, на основе построения вольтамперных характеристик по измеренным значениям тока короткого замыкания $I_{кз}$, напряжения холостого хода $U_{хх}$, а также тока и напряжения в точке максимальной мощности $R_{опт}$. ($I_{опт}$ и $U_{опт}$) при определенных значениях внешней среды. Однако, погрешность данной модели во многом зависит от точности измерения параметров СБ в оптимальной точке, что не всегда возможно выполнить с требуемой точностью.

Математическая модель солнечной батареи на основе экспоненциальной аппроксимации вольтамперной характеристики по значениям тока и напряжения СБ в рабочей точке P_0 (I_0 , U_0) на любом

участке кривой в окрестностях точки максимальной мощности Ропт. (в идеальном случае – в самой точке) является наиболее удобной, приемлемой для практического использования и описывается в следующем виде:

$$I = I_k \left[1 - \left(1 - \frac{I_0}{I_k} \right)^{\frac{U - U_{xx}}{U_0 - U_{xx}}} \right]$$

Определение численных значений параметров конкретных секций, панелей, батарей в их точках максимальной мощности можно получить из следующего выражения:

$$\left(1 - \frac{I_0}{I_k} \right)^{\frac{U_{\text{опт}}}{U_0 - U_{xx}}} \left[\ln \left(1 - \frac{I_0}{I_k} \right)^{\frac{U_{\text{опт}}}{U_0 - U_{xx}}} + 1 \right] = \left(1 - \frac{I_0}{I_k} \right)^{\frac{U_{xx}}{U_0 - U_{xx}}},$$

из которого можно определить напряжение $U_{\text{опт}}$.

Получив зависимости изменения параметров I_k , U_{xx} , I_0 , U_0 от освещенности и температуры для каждой отдельной секции, панели, батареи можно определить положение рабочей точки на вольтамперной характеристике каждого из отдельных генераторов многосекционной солнечной батареи МКА.

Данная модель ВАХ СБ неоднократно использовалась при расчетах параметров систем электроснабжения КА с использованием различных типов конструктивного исполнения СБ – корпусных, откидных, в том числе на «сотах», «струнах», на различного рода подложках с разными теплопроводными характеристиками. Погрешность расчетов генерируемой мощности не превышала нескольких процентов, что подтверждено летными испытаниями.

УДК 629.78: 621.311.6
eLIBRARY.RU: 89.25.21

Никифоров В.Е.

кандидат технических наук
научный сотрудник

Институт земного магнетизма, ионосферы
и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН
г. Москва, г. Троицк

**СРАВНЕНИЕ И ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО ВАРИАНТА
РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ СЕКЦИОНИРОВАННЫХ**

СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ КА

COMPARISON AND SELECTION OF AN EFFICIENT OPTION FOR REGULATION OF THE POWER OF SECTIONED SOLAR PANELS IN POWER SUPPLY SYSTEMS OF SMALL SPACECRAFT

Аннотация. Проведено сравнение вариантов регулирования генерируемой мощности секционированных солнечных батарей для традиционных и малых космических аппаратов. Показано, что применение экстремального регулирования мощности солнечных батарей не всегда оптимально по массе, габаритам, срокам создания и стоимости для малых КА. Эффективность применения регуляторов избыточной мощности шунтового типа для систем электроснабжения малых КА в ряде случаев превосходит аналогичные показатели регуляторов мощности других типов.

Ключевые слова: регуляторы мощности, секции солнечных батарей, шунтовой регулятор, малый космический аппарат.

Abstract. A comparison is made of the options for regulating the generated power of sectioned solar batteries for traditional and small spacecraft. It is shown that the use of extreme power control of solar batteries is not always optimal in terms of mass, dimensions, time of creation and cost for small spacecraft. The efficiency of using shunt-type excess power regulators for power supply systems of small spacecraft in some cases exceeds similar indicators of other types of power regulators.

Keywords: Power Regulators, Solar Panel Sections, Shunt Regulator, Small Spacecraft.

Технологии проектирования и создания малых космических аппаратов (МКА) существенно отличаются от технологий создания традиционных КА. В первую очередь это касается системы электроснабжения (СЭС), являющейся основной служебной системой МКА. Использование известных технических решений и наработок по структурам (последовательная, параллельная, параллельно-последовательная), элементам и составным частям СЭС традиционных КА не всегда обеспечивает необходимые требования по удельным характеристикам, массе, габаритам, срокам и стоимости создания систем электроснабжения и их составных частей для малых космических аппаратов.

В частности, при выборе регуляторов мощности для согласования

электрических характеристик солнечных и аккумуляторных батарей из числа регуляторов последовательного, параллельного, вольтодобавочного, вольтоверсивного или параллельного (шунтового) типов, применяемых в традиционных КА, предпочтение зачастую отдается одному из первым трех типов, что позволяет реализовать режим максимальной мощности солнечных батарей. Однако, данное решение не всегда является оптимальным для малых космических аппаратов разных типоразмеров, уровней их энергопотребления и условий эксплуатации, что требует индивидуального подхода к созданию СЭС и МКА в целом.

Обычно в МКА используются секционированные солнечные батареи, содержащие отдельные секции, размещенные на корпусе объекта, а также откидные панели (секции). Площадь и конфигурация секций и отдельных фотоэлектрических преобразователей могут существенно отличаться друг от друга, что влияет на изменение генерируемой мощности каждой из секций во времени, например, вследствие вращения МКА, неравномерности освещения секций, затенения их отдельных участков, различной теплопроводности подложек секций, и т.д. При этом движение рабочих точек на вольтамперных характеристиках секций не синхронизированы по времени и не соответствует максимумам мощности каждой из них при работе на общий буферный накопитель. При этом для обеспечения работы в точках максимальной мощности каждой секции требуется ставить на каждую из секций свой индивидуальный модуль экстремального регулятора, что не всегда является оптимальным вариантом с точки зрения обеспечения требований по массе, габаритам, надежности, стоимости. Поэтому предпочтительным оказывается вариант применения регулятора избыточной мощности (РИМ) шунтового типа.

Учитывая, что удельные мощностные, массогабаритные и надежность показатели РИМ значительно превосходят аналогичные показатели других регуляторов мощности, данное техническое решение позволяет создавать высоконадежные универсальные подсистемы регулирования генерируемой мощности секций солнечных батарей для аппаратуры регулирования и контроля систем электроснабжения МКА различного типа и назначений в короткие сроки.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 89.25.15

Юн Сон Ук
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
Фирсюк С.О.
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
Кульков В.М.
Научно-исследовательский институт
прикладной механики и электродинамики МАИ

**ПРОЕКТНО-БАЛЛИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ
МИССИИ CUBESAT С ЭЛЕКТРОРАКЕТНЫМИ
ДВИГАТЕЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ ДЛЯ ПЕРЕЛЕТА
ЗЕМЛЯ–ЛУНА**

**analysis of earth-moon transfer for the CubeSat missions using electric
propulsion system**

Аннотация: В докладе представлена оценка возможности обеспечения перелета малого космического аппарата типа Cubesat к Луне для применения его в лунной миссии с учетом характеристик электроракетной двигательной установки. Приведены области рационального применения электроракетных двигателей разных типов в составе малого космического аппарата Cubesat.

Ключевые слова: кубсат, малый космический аппарат, электроракетная двигательная установка, перелет к Луне, проектно-баллистический анализ

Abstract: This paper presents the estimation of possibility of providing the transfer to the Moon with a Cubesat to applicate it in a lunar mission, considering the characteristics of the electric propulsion system. Application areas of various types of electric propulsion as a part of the Cubesat are given.

Keywords: Cubesat, small spacecraft, electric propulsion system, transfer to the Moon, ballistic analysis

Актуальность применения малых космических аппаратов (МКА) типа «Cubesat» для лунных или межпланетных миссий с течением времени возрастает. Для успешного выполнения транспортной операции Cubesat в миссии за пределы околоземной орбиты необходимо преодолеть ряда технических сложностей: адаптация бортовых систем (система электропитания, система управления

ориентации и стабилизации, двигательная установка и т.д.) в рамках массо-габаритных ограничений стандарта Cubesat. В 2018 году два МКА Cubesat «MarCO», которые являются первыми запущенными к Марсу в истории развития Cubesat, продемонстрировали возможности системы связи в реальном времени и навигационной системы в глубоком космосе при перелете в межпланетном пространстве [1]. Лунная пилотируемая миссия «Artemis I» включает 13 малых космических аппаратов класса CubeSat 6U (<14 кг) [2], которые будут запущены с помощью сверхтяжелой ракеты-носителя SLS (Space Launch System).

Для обеспечения перелета МКА типа CubeSat между околоземной и окололунной орбитами рассматривались электроракетные двигательные установки (ЭРДУ) во многих работах [3,4]. Высокий удельный импульс ЭРДУ позволяет снизить требуемые затраты топлива, однако малая тяга ЭРДУ приводит к существенному увеличению длительности перелета к Луне. В связи с этим, возникает необходимость проведения анализа зависимости длительности перелета (или затрат рабочего тела) МКА CubeSat от характеристик ЭРДУ (тяга и удельный импульс). Кроме того, величина электрической мощности, доступной для питания ЭРДУ на борту МКА CubeSat, пропорциональна тяге и скорости истечения. Поэтому при использовании ЭРДУ с фиксированной потребляемой электрической мощностью может возникнуть необходимость увеличения площади солнечных батарей (СБ) в рамках ограничений стандарта Cubesat, т.е. требуется установить дополнительные СБ.

Целью работы является оценка возможности обеспечения перелета МКА типа Cubesat к Луне для применения его в лунной миссии с учетом характеристик электроракетной двигательной установки. Приводится пример траектории перелета МКА Cubesat к Луне с ЭРДУ и анализируется зависимость длительности перелета и требуемых затрат топлива от различных характеристик ЭРДУ. Для вычисления основных параметров траекторий и нахождения режимов управления вектором тяги ЭРДУ на траектории перелета к Луне используется программное обеспечение, построенное на основе применения принципа максимума и метода продолжения, приведенное в [5]. Представлены области рационального применения электроракетных двигателей разных типов в составе ЭРДУ МКА Cubesat для обеспечения транспортной операции к Луне.

Литература

1. J. Schoolcraft, A.T. Klesh, T. Werne MarCO: Interplanetary Mission Development On a CubeSat Scale, 14th International Conference on Space Operations, AIAA 2016-2491, 2016, 8 p.
2. S.D. Creecha, K.F. Robinson, R.Cox NASA's Space Launch System: Deep Space Access for CubeSats, 69th International Astronautical Congress, IAC-19, В4,5,5,x51284, 2019, 11 p.
3. R. Pritchett, K.C. Howell, D.C. Folta Low-Thrust Trajectory Design for a Cislunar CubeSat Leveraging Structures from the Bicircular Restricted Four-Body Problem, 69th International Astronautical Congress, IAC-19-C1.1.10, 2019, 19 p.
4. D. Folta, D. Dichmann, P. Clark, A. Haapala, K. Howell Lunar Cube Transfer Trajectory Options, 25th AAS/AIAA Space Flight Mechanics Meeting, AAS 15-353, 2015, 20 p.
5. S.W. Yoon, V.G. Petukhov, A.V. Ivanyukhin Minimum-Thrust Lunar Trajectories, 72nd International Astronautical Congress, IAC-21-C1.4.3, 2021, 10 p.

УДК

eLIBRARY.RU: 629.764.7

Юров А.М.
Лопатин С.С.
Фирсюк С.О.

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ СВЕРХЛЕГКОГО КЛАССА ПОД ЗАДАННУЮ СТОИМОСТЬ

EXPERIENCE OF design to cost ULTRA-LIGHT space launch vehicle

Аннотация. В докладе представлены результаты исследования рационального облика перспективной малой РН для запуска МКА. Рассматриваются варианты схемных решений, двигательных установок и размерности РН для обеспечения минимальной стоимости заказного запуска МКА.

Ключевые слова: ракета-носитель, малый космический аппарат, рынок пусковых услуг.

Abstract. The theses present the results of a study of the rational appearance of a promising small rocket for launching microsattellites.

Consider the design options, propulsion systems and the size of the LV to ensure the minimum cost of custom launch microsattelites.

Keywords: launch vehicle, small satellite, launch services market.

Рынок пусковых услуг, ориентированный на заказной запуск МКА, переходит от состояния «проектной лихорадки» различных стартапов [1] к стандартному функционированию в условиях пары равнозначных предложений (РН Electron и Astra NLV). Это говорит, с одной стороны, об устойчивости спроса на подобные услуги и, с другой стороны, будет стимулировать развертывание все более многочисленных эксплуатационных систем МКА за рубежом.

В России ниша запуска МКА длительное время закрывалась использованием конверсионных ракет (в основном РН «Днепр»), однако на сегодня этот ресурс практически исчерпан.

Необходимость создания отечественной РН СЛК становится все более очевидной. Проекты таких ракет создаются как государственными компаниями в структуре Роскосмоса, так и рядом частных компаний [2,3,4,5,6]. При этом крайне важно для успеха проекта удержать стоимость пусковой услуги в приемлемом диапазоне (сопоставимой с попутным запуском на отечественных РН), особенно с учетом ориентации на растущий, но все же ограниченный внутренний спрос.

В Московском авиационном институте в течение нескольких лет ведется проработка рациональных вариантов РН СЛК. Основными особенностями проектов являются:

- построение РН по двухступенчатой схеме без использования разгонного блока;
- оптимизация для выведения ПН на солнечно-синхронные орбиты высотой 500...700 км;
- использование освоенных доступных компонентов топлива;
- обеспечение ограниченно-мобильного старта с возможностью перевозки автотранспортом по дорогам общего пользования (в первую очередь для приведения в существующие поля падения отделяемых элементов РН).

В докладе рассматриваются различные альтернативные варианты легкой РН, оптимизированной для выведения ПН на ССО. Особое внимание уделено требованиям к двигательным установкам первой и второй ступеней РН.

Рассмотрена возможность использования верхней ступени РН как основы платформы МКА при определенном составе ее двигательной установки, что может обеспечить ряд преимуществ [7].

Литература

1. Афанасьев И., Воронцов Д. Легкие ракеты-носители тенденции рынка // Взлет – 2016.– № 6. – С. 58–63.
2. Козедра П.А., Матвеев Ю.А., Позин А.А., Чикачева Ю.В., Шершаков В.М. Оценка возможностей проектов ракет-носителей сверхлёгкого класса для формирования спутниковых группировок // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2019. № 9. С. 20-27.
3. Бакушин О.С., Гераськин А.М., Каширин А.Д., Ключников В.Ю., Медведев А.А. Обоснование характеристик наземного комплекса сверхлёгкой ракеты-носителя в обеспечение оперативного развёртывания и восполнения орбитальной группировки малых космических аппаратов // Космонавтика и ракетостроение. 2018. № 1 (100). С. 9-18.
4. Давыдов П.А., Кузнецов Ю.Л. Проектно-баллистический анализ характеристик ракет-носителей сверхлёгкого класса, создаваемых на базе снимаемых с вооружения твердотопливных ракет, и разработка основных требований к их облику // Космонавтика и ракетостроение. 2016. № 1 (86). С. 57-63.
5. Давыдов П.А., Кузнецов И.И., Медведев А.А., Мухамеджанов М.Ж. Универсальный космический ракетный комплекс с ракетой-носителем сверхлёгкого класса - демонстратор инновационных технологий // Космонавтика и ракетостроение. 2019. № 3 (108). С. 120-127.
6. Космодемьянский Е.В., Нагиев А.В., Изратов Д.Ю., Кирпичев В.А., Давыдов П.А., Маркарова А.А., Козлова И.В., Окутин А.Ю., Пустовалов А.Ю. Проект космического ракетного комплекса на базе ракеты-носителя сверхлёгкого класса // Онтология проектирования. 2018. Т. 8. № 4 (30). С. 523-536.
7. Кульков В.М. Исследование проектных параметров и анализ эффективности применения унифицированных платформ с электроракетными двигателями в составе малых космических аппаратов // Вестник Московского авиационного института – 2012 – Т. 19. – № 2. – С. 18–28.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 89.25.15

Бергер Де Соуза Тирза Охана

студент

Самарский университет

г. Самара
Ломака И.А.
кандидат технических наук
младший научный сотрудник НИЛ-102
Самарский университет
г. Самара

**ПРОЕКТ НАНОСПУТНИКА ДЛЯ ОТРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ
ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ ИЗ КОСМОСА
ОПТИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ**

NANOSATELLITE PROJECT FOR OPTICAL COMMUNICATION

Аннотация. Проведены проектные исследования по созданию наноспутника, способного передавать информацию оптическим методом. Технический результат достигается установкой на борт наноспутника мощных светодиодов. Передача информации осуществляется на основе азбуки Морзе. Проведены исследования по оценке возможной звездной величины, создаваемой светодиодами при полете наноспутника на высоте 400 км. Создан программный комплекс, позволяющий моделировать видимость наноспутника в зависимости от параметров орбиты и координат наблюдателя. Произведены оценки потребной мощности системы электропитания наноспутника. Результаты расчетов подтвердили практическую реализуемость проекта.

Ключевые слова: наноспутник, проектирование, освещенность, математическая модель орбитального движения, система электропитания.

Abstract. A study is conducted on the creation of a nanosatellite capable of transmitting information by optical methods. The technical result is achieved by installing high-power LEDs on board the nanosatellite. Information is transmitted on the basis of international Morse code. Research is carried out to estimate the possible values of the LEDs' apparent magnitude for an orbital altitude of 400 km. A software package to simulate the visibility of a nanosatellite depending on its orbital parameters and coordinates of the observer has been created. An estimation of the required power of the nanosatellite power supply system has been made. Results have confirmed the practical feasibility of the project.

Keywords: nanosatellite, design, illuminance, mathematical model of orbital motion, power supply system.

Введение

Идея проекта основывается на результатах миссии японского наноспутника (НС) FITSAT-1 [1]. Этот НС формата 1U CubeSat был запущен с борта международной космической станции 21 июля 2012 года. Его полет доказал, что НС формата 1U, оснащенный светодиодами, можно обнаружить с помощью малых наземных оптических телескопов. Предлагаемый проект фокусируется на дальнейшем развитии этой идеи. НС может использовать светодиоды в качестве системы передачи основных данных путем кодирования данных на вспышках светодиодов. Телеметрия, служебная информация и информация о состоянии НС могут быть переданы в наземные обсерватории в случае отказа основной системы радиочастотной связи (что происходит, применительно к НС в 20% случаев [2]), временного отключения или даже в случае ошибки наведения направленной передающей антенны на Землю.

Текущий прогресс в области оптоэлектроники позволяет оснастить НС такими светодиодами, которых будет достаточно для наблюдения НС невооруженным глазом. Основной целью проекта является отработка технологии передачи информации за счет использования азбуки Морзе. Предполагается использование НС формата 3U с высотой орбиты порядка 400 км.

Материал и методы

Расчет видимости НС основывается на оценке его звездной величины m [3]. Звездная величина рассчитывается по следующим соотношениям:

$$m = -14 - 2,5 \cdot \lg(E_a), E_a = \frac{I}{l^2} \tau_a, \quad (1)$$

где E_a – освещенность объекта;

I – сила света источника;

l – расстояние между НС и наблюдателем;

$\tau_a = 0,9$ – коэффициент пропускания атмосферы.

Сила света источника рассчитывается по следующим соотношениям:

$$I = \frac{\Phi_{ce}}{\Omega}, \Omega = 2\pi(1 - \cos(\varphi)) \quad (2)$$

где Φ_{ce} – световой поток источника;

Ω – телесный угол;

φ – угол половинной яркости источника.

На основе соотношений (1) и (2) была получена зависимость, позволяющая, связывающая параметры светодиода, высоту орбиты и получаемую звездную величину.

Было установлено, что потребный световой поток составил 12000 лм. Таким характеристикам удовлетворяет светодиод производства OSRAM модель LE CG P2AQ. Светодиод имеет следующие характеристики: напряжение питания – 14 В, максимальный ток в импульсном режиме – 12 А, диапазон рабочих температур от -40 до 85 °С.

Было проведено моделирование орбитального движения НС для оценки реализуемой звездной величины. Динамика движения центра масс НС описывалась уравнениями [5]. В результате моделирования (наблюдатель находится в Самаре) были вычислены значения звездной величины, получаемые при пролете НС над наблюдателем. Показано, что за трое суток состоится 15 сеансов оптической связи, при этом в двух случаях НС можно будет наблюдать невооруженным глазом. Среднее время видимости НС невооруженным глазом составляет 2 минуты, среднее время наблюдения НС с помощью оптических средств составляет порядка 6 минут.

Основным параметром, влияющим на передачу информации азбукой Морзе, является длительность знака «точка». В проекте принято допущение, что при съемке пролетающего НС знак «точка» должен занимать не менее 10 пикселей на матрице камеры. Исходя из этого условия для камеры разрешением 1920x1080 пикселей длительность «точки» составила порядка 0,3 с.

Вывод

Проведенные проектные расчеты показали возможность реализации предлагаемого проекта. Наноспутник, оснащенный выбранным светодиодом, возможно наблюдать с поверхности Земли. Результаты могут быть применены для создания образовательного студенческого наноспутника для обмена сообщениями оптическими методами.

Работа выполнена в рамках проекта 0777-2020-0018, финансируемого из средств государственного задания победителям конкурса научных лабораторий образовательных организаций высшего образования, подведомственных Минобрнауки России.

Литература

1. Kawamura Y., Tanaka T. Transmission of the LED light from the space to the ground // AIP Advances. – 2013. – V.3 – 102110

2. Swartwout, M. The First One Hundred CubeSats, A Statistical Look // JoSS – 2013. – V. 2. – №. 2. – P. 213–233.
3. Тымкул В.М., Тымкул Л.В., Фесько Ю.А., Кудряшов К.В., Луговских С.В. Методика расчета звездной величины международной космической станции // Приборостроение. – 2013. – №5.
4. Тымкул В.М., Тымкул Л.В., Фесько Ю.А., Кудряшов К.В., Луговских С.В. Методика расчета звездной величины международной космической станции // Приборостроение. – 2013. – №5.
5. Мантиров А.И. Механика управления движением космических аппаратов: Учеб. пособие / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2003. 62с.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 89.25.21

Тютюнник Н.Н.

аспирант

МГТУ им. Н.Э. Баумана

г. Москва

О ПРОЕКТИРОВАНИИ СТЫКОВОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА БАЗЕ ОТКРЫТОЙ МОДУЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

DESIGNING A DOCKING DEVICE FOR SPACECRAFT BASED ON AN OPEN MODULAR ARCHITECTURE

Аннотация. В настоящей работе показаны недостатки разных компоновочных схем космических аппаратов на базе открытой модульной архитектуры. Проведено сравнение компоновочных схем на базе центрального и углового стыковочных устройств. Показаны пример спроектированного стыковочного андрогинного агрегата, схема работы стыковочного узла и результаты компьютерного моделирования в пакетах ANSYS и NX Motion Simulation. Рассмотрены вопросы эффективности применения данного стыковочного агрегата в разных компоновочных схемах космических аппаратов на базе открытой модульной архитектуры.

Ключевые слова: открытая модульная архитектура, стыковочное устройство, космический аппарат, модуль, компоновочная схема.

Abstract. This paper shows the disadvantages of various layout schemes for spacecraft based on an open modular architecture. The layout schemes based on the central and corner docking devices are compared. An example of a designed docking androgynous device, a scheme of the docking device operation and the results of computer simulation in the ANSYS and NX Motion Simulation are shown. The issues of the effectiveness of the use of this docking device in various layout schemes of spacecraft based on an open modular architecture are considered.

Keywords: open modular architecture, docking device, spacecraft, module, layout scheme.

В настоящее время в космической индустрии возникли проекты построения космических аппаратов и орбитальных группировок на базе открытой модульной архитектуры (ОМА) [1,2,3]. ОМА позволяет решить ряд проблем, связанных с построением, ремонтом и обслуживанием большого количества космических аппаратов на орбите. Эффективность и функциональность компоновочной схемы КА на базе ОМА напрямую зависит от выбора типа стыковочного устройства, механизма его работы, универсальности применения, прочностных и динамических характеристик и т.д. [1]. В данный момент применяют компоновочные схемы с центральными и распределенными андрогинными стыковочными узлами [2]. Модальный и прочностной анализ космических систем на базе ОМА показали, что центральные андрогинные стыковочные узлы обладают существенными недостатками по сравнению с угловыми андрогинными узлами, а именно небольшой величиной осевого момента сопротивления изгибу и низкими частотами собственных колебаний и, как правило, большей величиной собственной массы. Распределенные андрогинные узлы позволяют добиться большей жесткости и прочности стыка, снижения массы системы, а также более простой бортовой программой самоцентрировки и стопорения модулей относительно друг друга.

В настоящей работе приведены пример спроектированного и запатентованного распределенного стыковочного андрогинного агрегата, схема работы узла и результаты динамического и прочностного анализов данного устройства в пакетах ANSYS и NX Simulation. Показан пример стыковки-отстыковки модулей [1] одной системы на базе ОМА с использованием данного стыковочного андрогинного агрегата. Рассмотрены вопросы эффективности применения данного узла в компоновочных схемах.

Литература

1. Салиев Е.Р., Тютюнник Н.Н., Щеглов Г.А. Концепция построения обслуживаемой группировки малых космических аппаратов на основе открытой модульной архитектуры // Космонавтика и ракетостроение. 2020. №3(114), С.105-115
2. iBOSS – A game-changing space system interface [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iboss.space/wp-content/uploads/2019/11/IAC-19-Presentation.pdf> (Дата обращения: 01.05.2022).
3. NovaWurks - About HiSat [Электронный ресурс]. URL: <https://www.novawurks.com/services/about-hisat/>

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 89.25.15

Шаповалов А.В.

аспирант кафедры

«Аэрокосмические системы»

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

МАЛЫЙ РАЗГОННЫЙ БЛОК НА ГАЗООБРАЗНОМ ТОПЛИВЕ

SMALL UPPER STAGE ON GASEOUS PROPELLANT

Аннотация. В докладе отражен облик малого разгонного блока на газообразных компонентах топлива «кислород-метан». Малый разгонный блок предполагается использовать в составе РН «Союз-Фрегат», перспективной РН сверхлегкого класса и орбитальной станции «РОСС». Обоснован выбор газообразных компонентов топлива и приведены сценарии эффективного использования.

Ключевые слова: малый разгонный блок, сверхлегкая ракета-носитель, Орбитальная станция, кластерный запуск, газообразные компоненты топлива.

Abstract. In the paper the small upper stage on the Oxygen-Methane gaseous propellant appearance is shown. The small upper stage is supposed to be used as part of the Soyuz-Frigate launch vehicle, the ultralight launch vehicle and the ROSS Orbital Station tug. The choice of gaseous propellant is justified and scenarios of effective use are given.

Keywords: Small Upper Stage, ultralight launch vehicle, orbital station, megacuster launch, gaseous propellant.

На смену единичным КА и группам КА пришли системы из большого числа (более сотни штук) КА: рои, созвездия, мегагруппировки ИСЗ. Тенденция к увеличению количества КА связана с тенденцией к уменьшению размера единичного КА. От аппаратов массой 250...100 кг переходят к аппаратам массой 25...10 кг с тенденцией уменьшения до 1 кг и менее. При этом наиболее активно эксплуатируются РН, ориентированные на запуск КА порядка 1000 кг.

В настоящее время в мире сформирован новый класс маневрирующих космических аппаратов – малые разгонные блоки (МРБ) МРБ Vigoride [1, 2], SHERPA [3] и ION [4]. Они решают проблему адекватности средств выведения существующему уровню развития КА.

В рамках доклада представлены результаты работы команды МГТУ им. Н.Э. Баумана над проектом МРБ «БОТ» (бауманский орбитальный тягач), который вошел в число победителей конкурса Аванпроектов, организованного АНО «Аналитический Центр «Аэронет» при поддержке фонда НТИ в 2022 г.

Проведенный функционально-стоимостной анализ показал, что наиболее эффективен вариант МРБ «БОТ» с ДУ на газообразных компонентах «кислород-метан». Преимущества использования газообразных компонентов топлива:

- самовытесняемые компоненты топлива;
- отсутствие «плескания» и связанного с этим перемещения центра масс;
- простота запуска маршевой двигательной установки;
- высокая допустимая частота включения маршевых двигателей;
- длительное хранение МРБ в заправленном состоянии.

Основные компоновочные элементы МРБ «БОТ» показаны на рис. 1. МРБ снаружи покрыт экранно-вакуумной теплоизоляцией (на рис.1 условно не показана), на днище может быть размещена панель солнечных батарей.

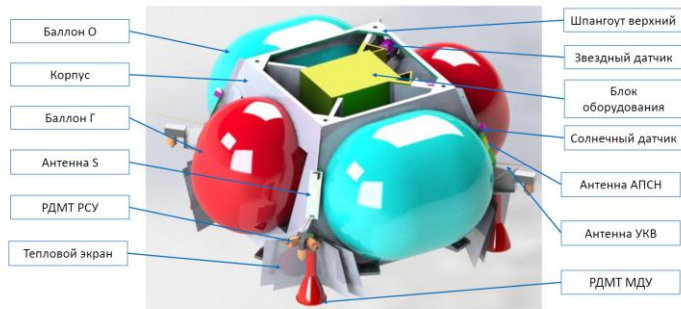


Рис. 1. Основные компоновочные элементы МРБ «БОТ».

МРБ стартовой массой 80 кг позволяет доставить с опорной круговой орбиты высотой 500 км ПН массой 150 кг на компланарную круговую орбиту высотой 800 км. МРБ стартовой массой 116 кг позволяет доставить ПН массой 114 кг на круговую орбиту высотой 1500 км. В модифицированном варианте возможно доставить наноспутник типа CubeSat 6U на отлетную траекторию к Луне.

Литература

1. Momentus reveals plans for Vigoride Extended Line service. URL: <https://spacenews.com/momentus-vigoride-extended-line/> (дата обращения 24.06.2022)
2. What We Do Last-Mile In-Space Delivery URL: <https://momentus.space/services> (дата обращения 24.06.2022)
3. SHERPA Rideshare Mission. URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/sherpa> (дата обращения 24.06.2022)
4. D-Orbit S.p.A., a Market Leader in Space Logistics, to Combine with Breeze Holdings Acquisition Corp. and Become a Publicly Listed Company URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/d-orbit-spa-a-market-leader-in-space-logistics-to-combine-with-breeze-holdings-acquisition-corp-and-become-a-publicly-listed-company-301469586.html> (дата обращения 24.06.2022)

УДК 629.782

eLIBRARY.RU: 55.49.07

Денисов М.А.
студент МГТУ им. Н.Э. Баумана

Майорова В.И.
научный руководитель
доктор технических наук
профессор

АНАЛИЗ И ВЫБОР КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ ПОСАДКИ МАЛОГО СПУСКАЕМОГО АППАРАТА

ANALYSIS AND SELECTION OF LANDING SYSTEM FOR A SMALL LANDER VEHICLE

Аннотация. Приведены особенности условий функционирования и посадки малого спускаемого аппарата. Выбраны основные методы посадки, проанализирован метод авторотации и использования управляемого и неуправляемого парашюта, сделаны выводы о применимости каждой из рассмотренных систем для использования в качестве средства посадки и гашения скорости на дозвуковом участке спуска.

Ключевые слова: малый спускаемый аппарат, биологические грузы, авторотация, парашют, комплекс средств посадки.

Abstract. Possible means of landing a small descent vehicle are analyzed. The features of functioning and landing conditions of such a descent vehicle are given, the method of autorotation and the use of controlled and uncontrolled parachute are analyzed, conclusions about the applicability of each of the considered systems for use as a landing and speed damping means in the subsonic section of the descent are made.

Keywords: small descent vehicle, biological cargoes, autorotation, parachute, complex of landing means.

На сегодняшний момент на МКС проводится значительное число биологических экспериментов, однако существующие средства доставки грузов с орбиты не позволяют учёным в полной мере воспользоваться результатами данных исследований. Возможности возврата грузов с орбиты ограничены. Зачастую за время посадки, поисково-спасательных операций и всех проверок биологические материалы приходят в негодность и теряют ценность.

В связи с этим актуальным является создание аппарата, способного оперативно доставлять научные грузы, в том числе, биологической природы, с заданной точностью посадки на Землю независимо от существующего грузопотока.

Предлагаемыми методами аэродинамического торможения для данного аппарата являются;

- Управляемый или неуправляемый парашют;
- Система посадки, основанная на эффекте авторотации;
- Набор управляющих поверхностей.

Такой выбор средств гашения скорости продиктован требованиями, предъявляемыми как со стороны полезного груза аппарата, так и со стороны безопасности экипажа на орбитальной станции.

В рамках работы были проведены расчеты – по оценочным методикам и уточненные – комплекса средств посадки для парашютов (управляемого и неуправляемого) и на основе эффекта авторотации. Для аппарата была оценена нагрузка на винт и рассчитаны минимальные скорости вертикального спуска (рисунок 1) [1, 2]. Для парашютной системы в рамках приближенного метода оценена установившаяся скорость спуска на основе данных [3] и решении дифференциального уравнения движения аппарата. Вид поверхности, показывающий изменение установившейся скорости спуска от массы аппарата и площади парашюта, показан на рисунке 2. Для полного обоснования выбора системы требуется также проведение дальнейших оценок динамики спуска при использовании как для эффекта авторотации, так и для парашютного спуска – использование метода дискретных вихрей для оценки параметров спуска на парашюте, а также построение модели динамики спуска на авторотирующем винте [4].

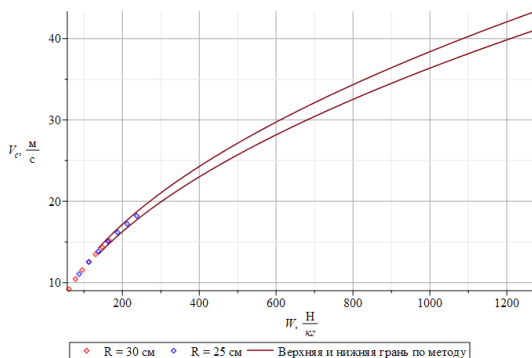


Рис. 1. Диапазон скоростей спуска V_c , $\frac{M}{c}$ при вертикальном планировании с использованием эффекта авторотации в зависимости от нагрузки на винт W , $\frac{H}{кг}$.

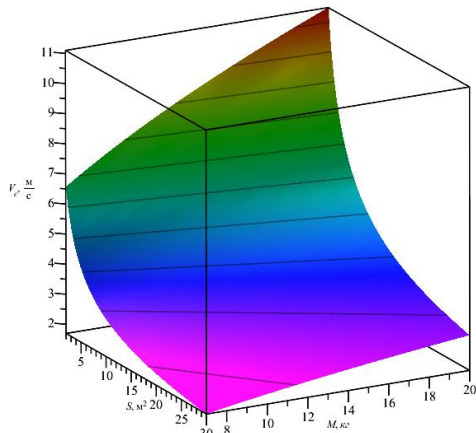


Рис. 2. Поверхность, характеризующая скорость спуска на парашюте в зависимости от массы аппарата и площади парашюта

Литература

1. Leishman, J.. (2004). Development of the Autogiro: A Technical Perspective. *Journal of Aircraft - J AIRCRAFT*. 41. 765-781. 10.2514/1.1205.
2. Таамаллах, Скандер. “A Qualitative Introduction to the Vortex-Ring-State, Autorotation, and Optimal Autorotation.” (2010).
3. Плосков С. Ю. Современный подход к проектированию иностранных десантных парашютных систем // *Инженерный журнал: наука и инновации*. 2020. №8 (104). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyy-podhod-k-proektirovaniyu-inostrannyh-desantnyh-parashyutnyh-sistem> (дата обращения: 29.06.2022).
4. Nikolsky, A.A., & Seckel, E. (1949). An Analytical Study of the Steady Vertical Descent in Autorotation of Single-Rotor Helicopters.

УДК: 629.78 : 614.84
eLIBRARY.RU: 89.57.25

Карелин А.В.

доктор физико-математических наук, доцент
главный научный сотрудник АО «ЦНИИмаш»

Кузьмин Ю.А.

кандидат технических наук

начальник сектора АО «ЦНИИмаш»

Твердохлебова Е.М.

кандидат технических наук

заместитель начальника Центра АО «ЦНИИмаш»

Томшин А.С.

заместитель начальника отдела АО «ЦНИИмаш»

Шувалов В.А.

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

ведущий научный сотрудник АО «ЦНИИмаш»

Яковлев А.А.

кандидат технических наук

заместитель начальника отделения АО «ЦНИИмаш»

ГРУППИРОВКИ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ МИНИ- МИКРОСПУТНИКОВ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УСКОРЕННОГО СОЗДАНИЯ КА

GROUPINGS OF HELIOGEOPHYSICAL AND HYDROMETEOROLOGICAL MINI-MICROSATELLITES AND ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL PROBLEMS OF ACCELERATED DEVELOPMENT OF SC

Аннотация. В докладе рассматриваются технологические, технико-экономические и организационные предпосылки создания и эксплуатации группировок микроспутников (МКА) гидрометеорологического назначения на низких орбитах. Предлагается комплекс задач решаемых низкоорбитальной группировкой. Рассмотрены необходимые условия для создания маломассогабаритной целевой аппаратуры (ЦА). Обоснованы организационно-технологические, технико-экономические и эксплуатационные принципы ускорения производства МКА и повышение эффективности эксплуатации группировок мини-микроспутников.

Ключевые слова: малые космические аппараты (МКА), группировки мини- микроспутников, целевая аппаратура (ЦА), управление группировками, эффективность эксплуатации группировок минимикроспутников.

Abstract. The report discusses the technological, technical, economic and organizational prerequisites for the creation and operation of constellations of microsatellites for hydrometeorological purposes in low

orbits. A set of tasks to be solved by a low-orbit constellation is proposed. The necessary conditions for the creation of low-mass-size target equipment are considered. The organizational-technological, technical-economic and operational principles of accelerating the production of small satellites and increasing the efficiency of operating constellations of mini- microsattellites are substantiated.

Keywords: small spacecraft, constellations of mini-microsatellites, target equipment, constellation control, operational efficiency of constellations of mini- microsattellites.

Анализ практического опыта по созданию, применению и эксплуатации МКА показал наличие определённого ресурса в развитии этой технологии. Известно, что общепромышленные тенденции направлены на оптимизацию и снижение материальных затрат производства привели к созданию в космической отрасли маломассогабаритной целевой и служебной аппаратуры, основанной на достижениях микроэлектроники, миниелектромеханических систем (МЭМС-технологий), материалов. Кроме того, как показали статистические исследования, затраты на создание одного килограмма массы МКА (то есть удельная стоимость единицы массы) значительно меньше этого показателя для «традиционных» КА, оснащённых аппаратным комплексом, включающим многочисленные и разнородные приборы, каждый из которых требует заданных условий по ориентации, наведению, стабилизации [1]. На этапах создания, испытаний, подготовки к запуску «тяжёлых» КА неисправность одного прибора приводит к срыву готовности всего комплекса и смещению времени запуска КА на более поздний срок. Более того, такие обстоятельства приводят к необходимости коррекции программы запусков других КА и, следовательно, дополнительные затраты.

Новые возможности открываются при использовании малых КА, в том числе в формате «прибор – микроспутник», что уже продемонстрировано в работах МГТУ, НИИЯФ МГУ, РКС и др., где показано, что низкоорбитальные группировки МКА позволяют решать задачи гелиогеофизики, гидрометеорологии, климатологии и т.д. [2]. Удельная стоимость создания МКА типа Кубсат будет в пределах 0,1 – 0,2 млн. дол./кг, при этом сократится время создания, появятся предпосылки организации серийного производства космических средств мониторинга и т.д. В докладе показано, что для увеличения эффективности реализации программ создания и эксплуатации МКА для мониторинга гелиогеофизической и гидрометеорологической

обстановки необходимо организовать серийное производство компонентов мини-микроспутников (платформ МКА, целевой аппаратуры, рациональных средств запуска, связи и управления группировками МКА).

Литература

1. А.В. Карелин, Ю.А. Кузьмин, Е.М. Твердохлебова, В.А. Шувалов, А.А. Яковлев Некоторые особенности создания и эксплуатации низкоорбитальных группировок малых космических аппаратов // К.Э. Циолковский и прогресс науки и техники в XXI веке. Материалы 56-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 1. Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»). 2021. –356 с.
2. Д.А. Рачкин, С.М. Тененбаум, В.Г. Мельникова, В.И. Майорова Разработка мка типоразмера Cubesat – опыт МГТУ им. Н.Э. Баумана // К.Э. Циолковский и прогресс науки и техники в XXI веке. Материалы 56-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 1. Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»). 2021. –356 с.

УДК 629.735.3

eLIBRARY.RU: 1790-9860

Перлюк В.В.

кандидат технических наук, доцент

Небылов А.В.

доктор технических наук, профессор

Аристов А.А.

аспирант

Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ ГРУППЫ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ МИКРОСПУТНИКОВ

DISTRIBUTED NAVIGATION AND FLIGHT CONTROL SYSTEM FOR A GROUP OF INTERACTING MICROSATELLITES

Аннотация. Рассматривается создание системы радиосвязи на основе орбитальной группировки микроспутников для управления

удаленными объектами расположенного в труднодоступных районах с центрального наземного поста. Предлагается использовать методы технического зрения для обработки изображений с видеокамер, установленных на соседних микроспутниках в группе. Результаты математического моделирования, а также натурный эксперимент подтвердили эффективность предложенного метода.

Ключевые слова: группировка микроспутников, траекторное управление на орбите, пространственная ориентация, методы технического зрения.

Abstract. The creation of a radio communication system based on an orbital constellation of microsatellites for controlling remote objects located in hard-to-reach areas from a central ground post is considered. It is proposed to use technical vision methods for processing images from video cameras installed on neighboring microsatellites in a group. The results of mathematical modeling, as well as a full-scale experiment, confirmed the effectiveness of the proposed method.

Keywords: a constellation of microsatellites, trajectory control in orbit, spatial orientation, methods of technical vision.

Научно-техническая задача проекта

В ближайшие годы планируется создание новых группировок микроспутников, позволяющих путем взаимных перестроений гибко подстраиваться под быстро меняющиеся текущие задачи. [1]

Основной прикладной задачей данного проекта является создание системы радиосвязи для управления удаленными объектами с центрального наземного поста, использующего оперативно реконфигурируемые спутниковые информационные каналы связи. Это потребовало разработки нового метода определения ориентации отдельных микроспутников путем обработки изображений, полученных с видеокамер, установленных на соседних микроспутниках группировки. Для этого был использован метод Efficient-Perspective-n-points. Он позволяет определять положение спутника в трехмерном пространстве по его двумерному изображению [2]. Для определения положения спутника относительно камеры требуется три и более маркера, закрепленных на вершинах куба микроспутника типа CubeSat. Для определения углов ориентации используется следующее уравнение:

$$s \times p = A \times [C \times |t|] \times P_w, \quad (1)$$

где: s – произвольное масштабирование проективного преобразования (не зависит от параметров камеры);

p – координаты $[u, v, 1]$ пикселя в плоскости изображения;

A – внутренняя матрица камеры;

C – поворот системы координат относительно мировой системы координат;

t – смещение системы координат относительно мировой системы координат;

P_w – точка в пространстве, выраженная относительно мировой системы координат.

Внутренняя матрица камеры имеет следующую структуру:

$$A = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где f_x, f_y — фокусные расстояния камеры по двум осям;

c_x, c_y — главные точки (ближе к центру изображения).

Для обеспечения заданной точности измерений, параметры камеры рассчитываются в соответствии со следующими уравнениями:

$$\begin{bmatrix} u_i \\ v_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x \left(\frac{X_{c_i}}{Z_{c_i}} \cdot \frac{1+k_1r_i^2+k_2r_i^2+k_3r_i^2}{1+k_4r_i^2+k_5r_i^2+k_6r_i^2} + 2p_1 \frac{X_{c_i}Y_{c_i}}{Z_{c_i}^2} + p_2 \left(r_i^2 + 2 \left(\frac{X_{c_i}}{Z_{c_i}} \right)^2 \right) + s_1r_i^2 + s_2r_i^4 \right) + c_x \\ f_y \left(\frac{Y_{c_i}}{Z_{c_i}} \cdot \frac{1+k_1r_i^2+k_2r_i^2+k_3r_i^2}{1+k_4r_i^2+k_5r_i^2+k_6r_i^2} + p_1 \left(r_i^2 + 2 \left(\frac{Y_{c_i}}{Z_{c_i}} \right)^2 \right) + 2p_2 \frac{X_{c_i}Y_{c_i}}{Z_{c_i}^2} + s_3r_i^2 + s_4r_i^4 \right) + c_y \end{bmatrix} \quad (3)$$

где i — номер индекса (всего 3 и более);

X_w, Y_w, Z_w – координаты i -й отметки в мировой системе координат;

X_c, Y_c, Z_c – координаты i -й отметки в системе координат, связанной с камерой;

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ — коэффициенты радиальной дисторсии в зависимости от камеры;

p_1, p_2 — зависящие от камеры коэффициенты тангенциальной дисторсии;

s_1, s_2, s_3, s_4 — зависящие от камеры коэффициенты призматической дисторсии;

g^2 — отношение квадрата расстояния между пикселем маркера на изображении и началом координат изображения и расстоянием до маркера.

Таким образом, две координаты маркера на изображении несут информацию о трех координатах маркера в пространстве, что позволяет определить положение фотографируемого спутника. В случае увеличения количества маркеров или их иного расположения математическая модель усложняется, но используемые принципы сохраняются.

Литература

1. Небылов А.В., Перлюк В.В. Ху Сяоян Опыт разработки бортовых систем макетов микроспутников в рамках международных научно-образовательных программ. Изв. Вузов, Приборостроение, 2018, т.61, N8, стр. 685-690.
2. Небылов А.В., Перлюк В.В., Леонтьева Т.С. Исследование технологии взаимной навигации и ориентации малых космических аппаратов в группе. Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение, 2019, т.18, N1, стр 88-93.

УДК 629.783

eLIBRARY.RU: 89.25.15

Щеглов Г.А.

доктор технических наук

профессор кафедры

«Аэрокосмические системы»

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Жданова К.А.

сотрудник КБ «ПроКИТ»

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

БОРТОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ СВЕРХМАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА КЛАССА CUBESAT ONBOARD COMPUTING MODULE FOR ULTRA-SMALL CUBESAT SPACECRAFT

Аннотация. Рассматривается инновационный подход к решению актуальных экологических проблем - производство информации на

орбите. Представлены результаты разработки вычислительного модуля на базе одноплатного многоядерного микрокомпьютера. Описана реализация программного комплекса для взаимодействия вычислительного модуля и бортового компьютера спутника. Приведены результаты вакуумных испытаний по определению тепловых режимов вычислительного модуля. Показана интеграция вычислительного модуля в наноспутники Ярило №3 и №4 МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Ключевые слова: бортовой вычислительный модуль, наноспутник, CubeSat, производство информации, тепловое загрязнение, космическая информация, дата-центры.

Abstract. The paper deals with an innovative approach to solving urgent environmental problems - the production of information in orbit. The results of the development of a computing module based on a single-board multi-core microcomputer are presented. The implementation of the software package for the interaction of the computing module and the onboard computer of the satellite is described. The results of vacuum tests to determine the thermal regimes of the computing module are presented. The integration of the computing module into the Yareelo 3 and Yareelo 4 nanosatellites, developed at Bauman Moscow State Technical University, is shown.

Keywords: onboard computing module, nanosatellite, CubeSat, information production, thermal pollution, space information, data centers.

Сегодня дата-центры стали крупнейшими потребителями энергии и источниками отработанного тепла, которое способствует тепловому загрязнению атмосферы [1]. Новым подходом может стать производство информации на орбите. Идея состоит в том, чтобы перенести дата-центры и суперкомпьютеры в космос и запитать их от космических солнечных электростанций построив орбитальный инфокоммуникационный территориально-производственный комплекс [2].

В качестве первого шага предлагается реализовать модель подобного комплекса на сверхмалых космических аппаратах предназначенную для проведения орбитального вычислительного эксперимента. В качестве экспериментального суперкомпьютера спроектирован бортовой вычислительный модуль для наноспутника класса CubeSat. Аппаратная часть данного модуля состоит из одноплатного четырёхъядерного микрокомпьютера Raspberry Pi, печатной платы и системы охлаждения процессора.

Созданный программный комплекс обеспечивает работу модуля в составе спутника и осуществляет связь с бортовым компьютером. Для тестирования модуля разработан ряд ресурсоемких вычислительных задач, позволяющих определить производительность микрокомпьютера в ГФлопс.

В докладе представлены результаты вакуумных испытаний, позволяющие определить тепловые режимы и основные зависимости работы бортового вычислителя в условиях сниженного конвективного теплообмена.

Вычислительный модуль расположен во втором юните служебных систем наноспутников «Ярило №3» и «Ярило №4» МГТУ им. Н.Э. Баумана (рис 1).

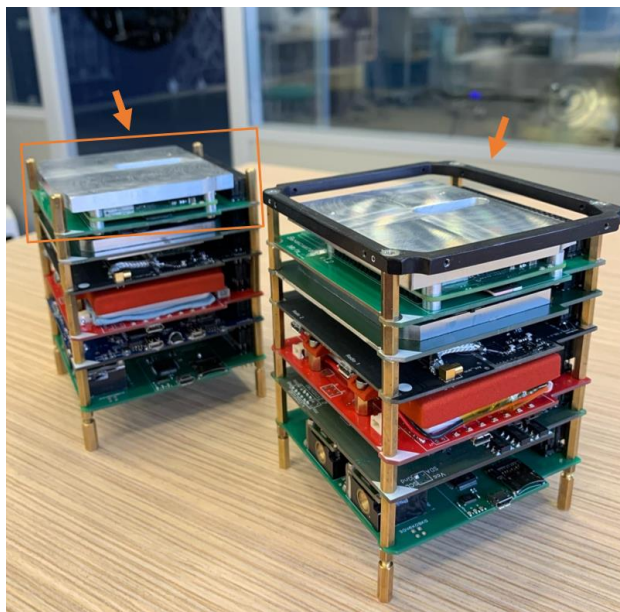


Рис. 1. Вычислительный модуль в составе наноспутников «Ярило №3» и «Ярило №4»

В настоящее время две летные модели вычислительного модуля разработаны, отлажены и подготовлены для проведения наземных испытаний в составе спутника. Запуск наноспутников запланирован в 2022 году.

Литература

1. Pärssinen M., Wahlroos M., Manner J., Syri S. Waste heat from data centers: An investment analysis // Sustainable Cities and Society. – 2019. – 44. – P. 428—444.

2. Щеглов Г. А. Экологические аспекты использования космических солнечных электростанций для производства информации на орбите. // Научно-практический рецензируемый журнал «Экология и промышленность России». – 2020. – 24(10). – С.50-56.

УДК 629.7.036.53.

eLIBRARY.RU: 89.25.25

Щеглов Г.А.

доктор технических наук

профессор кафедры

«Аэрокосмические системы»

МГТУ им. Н.Э. Баумана

г. Москва

Мордовский А.В.

студент

МГТУ им. Н.Э. Баумана

г. Москва

ПРОТОТИП ГАЗОСТРУЙНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ НАНОСПУТНИКА ФОРМАТА CUBESAT

PROTOTYPE OF A COLD GAS PROPULSION SYSTEM FOR A CUBESAT NANOSATELLITE

Аннотация: Представлен проект прототипа наноспутника с двигательной установкой на сжатом газе, которая позволяет наноспутнику формата CubeSat совершать орбитальные маневры. Приведены основные конструкторские решения для двигательной установки. Разработана новая форма бака давления, а также описаны его преимущества. Рассмотрены орбитальные маневры, которые может осуществить аппарат.

Ключевые слова: наноспутник, газоструйный ракетный двигатель, сжатый азот, бак давления, топологическая оптимизация, орбитальный маневр.

Abstract: The project of a prototype nanosatellite with a compressed gas propulsion system, which allows a CubeSat nanosatellite to perform orbital maneuvers, is presented. The main design solutions for the propulsion system are given. A new form of pressure tank has been developed, and its advantages are described. The orbital maneuvers that the device can carry out are considered.

Keywords: nanosatellite, CubeSat, cold gas propulsion system, compressed nitrogen, pressure tank, topological optimization, orbital maneuver

В настоящее время наноспутники форм-фактора CubeSat активно используются для решения множества целевых задач на низких околоземных орбитах [1]. Особенно эффективны большие группировки таких аппаратов, однако фазирование наноспутников требует установки на них сверхмалых двигательных установок [2]. Подобные двигательные установки сейчас активно разрабатываются и поиск новых технических решений является актуальной задачей.

Предлагается вариант газоструйной двигательной установки для управления движением центра масс наноспутника формата CubeSat, использующей в качестве рабочего тела сжатый газ азот. Хотя такой двигатель имеет малый удельный импульс, он отличается простой конструкцией, надежностью и достаточно высокой тягой, что позволяет выполнять перелеты за минимальное время. Запаса характеристической скорости у двигательной установки, представленной в данной работе, хватает на гашение действия воздействия атмосферы и продления срока службы аппарата на высоте 450 км на 40%, либо выполнение маневра фазирования, а также понижения или повышения высоты орбиты КА.

Двигательная установка вписывается в габариты формата 1.5U, что позволяет использовать ее в спутниках формата 3U и более, размещаемых в стандартных контейнерах типа P-Pod. Установка состоит из трех блоков: баллона высокого давления, блока клапанов и блока из четырех сопел, что позволяет управлять вектором тяги. К особенностям конструкции относятся: интегральная компоновка, в которой заправка проводится через сопла с помощью съемного заправочного устройства, что позволяет избежать лишней арматуры; баллон высокого давления, рассчитанный на внутреннее давление в 100 атмосфер, имеет кубическую форму. Конструктивная схема подкрепления баллона, изготавливаемого методом селективного лазерного спекания, получена методом топологической оптимизации. Указанные особенности позволяют снизить массу установки и

увеличить запас рабочего тела на 10-30% по сравнению с имеющимися аналогами [3].

Литература

1. Zheng You, In Micro and Nano Technologies, Space Microsystems and Micro/nano Satellites, Butterworth-Heinemann, 2018
2. Жумаев З.С. Повышение производительности созвездия кубсатов за счёт быстрого фазирования в созвездии с использованием СЭДУ // К.Э. Циолковский и прогресс науки и техники в XXI веке материалы 56-х научных чтений, посв. разраб. научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Калуга, 2021 С. 85-88
3. Прохоренко И. С. Каташов А.В. Каташова М. И. Газовая двигательная установка коррекции для наноспутников // Вестник МАИ, 2021. Т.28, №2 С.152-165

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.
кандидат исторических наук
доцент кафедры истории России
РУДН
г. Москва

«ИДЕАЛЬНЫЙ СТРОЙ ЖИЗНИ» К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО
В КОНТЕКСТЕ СТАДИАЛЬНОГО ПОДХОДА
К ИСТОРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

"THE IDEAL ORDER OF LIFE" BY K.E. TSIOLKOVSKY
IN THE CONTEXT OF THE STAGE APPROACH
TO THE HISTORY OF MANKIND

Аннотация. В статье предложено выделение стадий в истории человечества (аграрное, индустриальное и информационное общество) по зонам риска для выживания человека как вида; дана характеристика адаптивных механизмов для каждой стадии, затрагивающих все стороны жизни человечества – от социального устройства до норм морали и нравственности; проведено сравнение меритократии «Идеального строя жизни» Циолковского с требованиями информационного общества

Ключевые слова: Циолковский, утопия, стадийный подход, аграрное общество, информационное общество, адаптивные механизмы.

Abstract. The article proposes the allocation of stages in the history of mankind (agrarian, industrial and information society) by risk zones for the survival of man as a species; the characteristics of adaptive mechanisms for each stage, affecting all aspects of human life - from the social structure to the norms of morality and morality are given; comparison of the meritocracy of Tsiolkovsky's "Ideal Life System" with the requirements of the information society.

Keywords: Tsiolkovsky, utopia, stage approach, agrarian society, information society, adaptive mechanisms.

Данная статья продолжает тему изучения социальных проектов К.Э. Циолковского в контексте стадийного подхода к истории человечества, начатую в 2021 г. на 56-х Чтениях К.Э. Циолковского. В предыдущей статье было доказано, что проект «Идеального строя жизни» Циолковского, предлагающий два основных условия достижения гармонии на Земле – устранение социальной ригидности и установление меритократии – во многом превосходит основные требования к человеческим ресурсам, характерные для стадии информационного общества, в которую уверенно вступает человечество на планете. В этом проявились нормативная, конструктивная и прогностическая функция социальной утопии Циолковского [1].

Одновременно в указанной статье было впервые предложено определять стадии развития человечества не по вторичным признакам – главному сектору экономики, в котором занято наибольшее количество трудоспособного населения, и т.п. – а по основному риску для выживания человека как вида, определяемому уровнем развития человеческой технологии. Именно эти зоны риска и соответственно, требования к обеспечению выживания вида, определяют адаптивные механизмы, используемые человечеством для митигации этих рисков. На разных этапах развития человечества (аграрное, индустриальное и информационное общество) и в разных стартовых условиях того, что принято называть «вмещающим ландшафтом», эти механизмы будут различаться. Как существо биосоциальное человек реализует меры по адаптации, в том числе, и через свои социальные институты - от норм нравственности и морали, философских доктрин и учений до востребованности тех или иных форм организации общества. В том числе, предложенных в утопических проектах, таких, как «Идеальный строй жизни» Циолковского [1].

Развернувшаяся на предыдущих Чтениях дискуссия подтвердила актуальность данной темы, а также необходимость более подробной аргументации предложенного подхода к стадиям развития человечества.

Рассмотрим адаптивные механизмы человечества на примере аграрного общества. Низкий уровень развития технологий и отсутствие науки как механизма быстрого и уверенного приращения знаний [2, с. 100] привели к тому, что основным риском для выживания как небольших человеческих групп, так и целых

государств стал именно риск голода как следствие неудачи хозяйственной деятельности человека. При этом накопление знаний шло – в силу указанных выше причин – крайне медленно, путем проб и ошибок. Чем крупнее было государство и сложнее – природные условия, тем выше и фатальнее была цена таких ошибок. Можно сказать, что достижение гомеостаза в аграрном обществе было оплачено кровью и жизнями людей, поэтому оно и выработало адаптивные механизмы, направленные против любых экспериментов и изменений, чреватых неурожаем и голодом. Неудивительно, что одной из характеристик такого общества стало определение «традиционное», а одной из основных задач государства в таком обществе стало как раз поддержание неизменности порядка обработки земли и проведения мелиорационных работ как гарантии выживания больших масс населения и сохранения государственности как таковой [подробнее см. 3]. История человечества знает множество примеров крупных хозяйственных неудач, имевших фатальные последствия для целых стран. Это и Смутное время в истории нашего государства, начавшееся с нескольких неурожайных лет, с его известными последствиями. Это и события эпохи Троецарствия в Древнем Китае, где государство перестало выполнять свою контрольно-регламентирующую функцию, что привело к неурожаю, голоду, социальным волнениям, еще большему неурожаю и далее, и далее – и в конечном счете, к тому, что всего за 60 лет с 220 по 280 г. н.э. население Китая сократилось на 40 миллионов человек только по официальной переписи!

В таких условиях адаптивные механизмы, как можно заметить, будут направлены, прежде всего, на сохранение неизменности достигнутого тем или иным обществом гомеостаза, с учетом локальных факторов, влияющих на выживание человека (пример – сходство гигиенических требования и пищевых запретов иудаизма и ислама, оформившихся в рамках практически идентичного «вмещающего ландшафта»). При этом, чем жестче будут условия окружающей среды, чем больше усилий будет требовать поддержание гомеостаза человеческого сообщества, тем жестче будут требования и нормативы, зафиксированные в социальных институтах того или иного государства.

Главный риск аграрного общества, как уже отмечалось – не суметь произвести достаточного количества продовольствия, чтобы накормить свое население. Соответственно, главные ценности в таком обществе будут связаны с получением продовольствия. Условно говоря, это земля плюс те, кто ее обрабатывает. А все адаптивные

механизмы будут направлены на поддержание гомеостаза, подчиняясь двум требованиям: «не измени процесс» и «обеспечь урожай», то есть, сохрани землю и тех, кто на ней работает. В устройстве общества это выразится в механизмы социальной ригидности и тенденции к прикреплению обработчиков (крестьян) к земле, тем более сильной, чем сложнее природные условия в данном государстве. В идеологии, философии и религии – в проповеди неизменности, противодействии любым изменениям. В отношении трудовых ресурсов (тех самых, которые обеспечивают урожай) – с одной стороны, в минимальных требованиях к уровню знаний, ибо основными тут будут выступать физические кондиции этих людей. А с другой стороны – пусть и в минимальных, но требованиях к обеспечению сохранности этих ресурсов как гарантии получения урожая.

Индустриальное общество практически сняло риск голода как фатального бедствия, но поставило государства в зависимость от возможности своевременно произвести наиболее современное оружие и защитить жизни своих граждан, свою целостность и независимость [1]. Основной задачей становится уже не обеспечение неизменности, а своевременная модернизация промышленности. То есть, общество из традиционного превращается в модернизационное. Основными ценностями становятся средства материального производства и занятые на производстве трудовые ресурсы. Адаптивные механизмы направлены на обеспечение этой поступательной модернизации – в области трудовых ресурсов это – обеспечение их возможно более быстрого перетока в передовые отрасли и возможность минимального освоения новых технологий. Отсюда замена социальной ригидности на социальную мобильность, «открепление» бывших крестьян от земли, упор на физические качества рабочей силы и исчезновение минимальных социальных гарантий аграрного общества. Но и появление требования минимального начального образования для возможности работы с новым оборудованием. В области идеологии и философии – неудержимое прославление прогресса, критика религиозных доктрин, оформившихся в аграрном обществе, попытки заменить религию рационалистическими учениями. Нетрудно заметить, что и Циолковский, как носитель идеологии российской интеллигенции – проводника идей индустриальной модернизации в России - также выступал в своих мировоззренческих трудах с аналогичными взглядами.

Однако предвидение ученого охватывало гораздо более масштабный период истории человечества и предвосхитило многие требования (адаптивные механизмы) присущие уже не

индустриальному, а информационному обществу, становление которого происходит на наших глазах. В информационном обществе практически не стоит вопрос «можно ли произвести тот или иной объект материального производства»? Вопрос, скорее, в том, как сделать это максимально эффективно и экономично, как обеспечить процесс постоянного совершенствования и улучшения, как добиться получения наилучших результатов? То есть, речь идет о постоянных изменениях и постоянном обновлении информации. Достигнутое вчера сегодня уже устаревает, не давая возможности «почивать на лаврах» до наступления следующего этапа технологической модернизации, как в индустриальном обществе [4]. Из модернизационного общество превращается в инновационное, то есть находящееся в процессе постоянного изменения, как говорят в ИТ-индустрии, *continuous delivery*. Основной ценностью становится информация и, соответственно, те, кто может максимально эффективно ее обрабатывать. А адаптивные механизмы нового этапа¹ предполагают изменение требований к трудовым ресурсам на преимущественную ориентацию на их интеллектуальный потенциал, возможность создавать новые знания, а не на их физические кондиции, что порождает общественные механизмы, призванные в перспективе обеспечить равные возможности в получении образования вне зависимости от имущественного положения и состояния здоровья (инклюзивность, гранты и т. п). Или же, пользуясь словами Циолковского, извлечь «самых дорогих для человечества людей», «поддержать лучших, возвысить, облегчить им высокий путь» «воспользоваться гениальными людьми, размножить их, усовершенствовать и наполнить ими мир» [5; 6; 7].

Таким образом, «Идеальный строй жизни» Циолковского, основные положения которого были сформулированы в стране второго (догоняющего) эшелона модернизации индустриального общества в самый разгар перехода от аграрного общества к индустриальному, сумел предвосхитить существенные характеристики уже следующей стадии развития человечества – информационного общества. Этот факт заставляет под новым углом зрения рассматривать научное

¹ Не все тенденции информационного общества уже проявились в полной мере, однако, например, в области философии и идеологии становится все более выраженной ориентация на вариативность и относительность любых концепций как реакция на все возрастающий поток информации, вынесенная в массовое сознание концепция *multiverse*.

наследие Циолковского и делает изучение его творчества, казалось бы, за последние десятилетия рассмотренного «вдоль и поперек», еще более актуальным.

Литература

1. Хорунжий А.В. Меритократия в трудах К.Э. Циолковского в контексте становления информационного общества // К.Э. Циолковский и прогресс науки и техники в XXI веке. Материалы 56-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 1. – Калуга: Эйдос, 2021. – С. 100-108.
2. Ясперс К. Смысл и назначение истории. – М.: Политиздат, 1991. – 571 с.
3. Кульпин Э.С. Человек и природа в Китае. - М.: Наука, 1990. - 247 с. Переходы и катастрофы : Опыт соц.-экон. - М.: Изд-во МГУ, 1994. - 188 с.
4. Циолковский К.Э. Горе и гений. - Калуга, 1916.
5. Циолковский К.Э. Идеальный строй жизни. 25 апреля 1917 г. - 20 февраля 1930 г. // Архив РАН. - Ф. 555. - Оп. 1. - Д. 379. - Л. 1-33, 66-67, 163.
6. Циолковский К.Э. Мысль и изобретение, 23 февраля 1919 г. // Архив РАН. - Ф. 555. - Оп. 1. - Д. 399. – Л. 1-6.
7. Циолковский К.Э. Общественный строй. 1917 г. - июль 1918 г. // Архив РАН. - Ф. 555. - Оп. 1. - Д. 387. - Л. 1-204.

УДК 93/94

eLIBRARY.RU: 03.23.00

Хорунжий А.В.

кандидат исторических наук
доцент кафедры истории России
РУДН
г. Москва

**ЭВОЛЮЦИЯ УТОПИЧЕСКОГО ДИСКУРСА
В РОССИИ В XX В. – НАЧАЛЕ XXI В.:
ОТ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО И ЕГО СОВРЕМЕННОКОВ
ДО РАСЦВЕТА «ПОПАДАНЧЕСТВА»
(К ПОСТАНОВКЕ ПРОБЛЕМЫ)**

**THE EVOLUTION OF UTOPIAN DISCOURSE
IN RUSSIA IN THE 20TH - EARLY 21ST CENTURIES:
FROM K.E. TSIOLKOVSKY AND HIS CONTEMPORARIES
TO THE HEYDAY OF «SUMMONED TO THE PAST» NOVELS
(TO PROBLEM STATEMENT)**

Аннотация. Эволюция утопического дискурса в России XX – начала XXI вв. разбита на 5 основных периодов, дана характеристика преобладающих утопических предпочтений и жанровой специфики для каждого из них; сделан вывод о том, что в начале XXI в. утопический дискурс в России сместился из социально-политических трактатов и научной фантастики в жанр «попаданчества»; утопиологические исследования рассмотрены в разрезе «лингвистического поворота», микроистории и новых методов исторического исследования.

Ключевые слова: Циолковский, Замятин, утопический дискурс, лингвистический поворот, методология истории, жанр «попаданчества».

Abstract. The evolution of utopian discourse in Russia in the 20th - early 21st centuries is divided into 5 main periods, the characteristic of the prevailing utopian preferences and genre specificity for each of them is given; concluded that at the beginning of the XXI century. utopian discourse in Russia has shifted from socio-political treatises and science fiction to the genre of "summoned to the past" novels; utopiological studies are considered in the context of the "linguistic turn", microhistory and new methods of historical research.

Keywords: Tsiolkovsky, Zamyatin, utopian discourse, linguistic turn, methodology of history, genre of "summoned to the past" novels.

Цель данной статьи - сформулировать проблематику и вытекающие из нее задачи по дальнейшему изучению социального проекта К.Э. Циолковского в контексте современных тенденций в исторической науке и смежных гуманитарных дисциплинах. Исследование общественно-политических взглядов ученого в рамках Чтений Циолковского выявило обширную источниковую базу,

позволяющую реконструировать проект ученого по достижению «Идеального строя жизни» [1]. Было доказано, что данный проект является литературно-теоретической утопией, относящейся к светским технократическим утопиям реконструкции. По способу полагания идеала проект можно причислить к критически-социалистическим. По локализации идеала и его ориентации по шкале исторического времени «Идеальный строй...» относится к прогрессистским ухрониям, то есть к утопиям, которые располагают идеальное общество не на отдельно взятом острове или в недоступной автору, но современной ему стране, а где-то в далеком будущем, подразумевающим поступательное позитивное развитие человечества [2]. В отличие от них, консервационистские утопии предполагают, что идеал развития человечества достигнут здесь и сейчас. К примеру, в общественном сознании США 1970-х – 1980-х годов было широко распространено представление о жизни в реализовавшейся утопии [3], что даже позволило некоторым исследователям с известной долей серьезности объявить о «конце истории» [4]. А уж количество реакционистских утопий, принадлежащих разным временам, культурам и авторам, в которых утверждалось, что «золотой век» человечества был достигнут в прошлом, будет затруднительно подсчитать.

Уместным будет напомнить в контексте данной статьи, что термины «прогрессистская», «реакционистская» или «консервационистская» в отношении утопий применяются – по предложению Э.Я. Баталова – чтобы не привносить оценочную контаминацию в определение исторического времени утопии (в отличие от более привычных, но несущих явную оценку терминов «прогрессивный», «реакционный» и т. д.) [5].

Принято выделять народные, административные и литературно-теоретические утопии. Последние являются наиболее массовыми, тесно взаимодействуя как с народной, так и с административной утопией. Например, артикулируя тот набор идеалов и ожиданий, который в неявном виде сформировался в народной утопии. Которая, в свою очередь, зачастую испытывает сильное влияние административной утопии и/или пропаганды ценностей, ставших наиболее распространенными на данном историческом этапе в литературно-теоретической утопии. Ведь любой автор утопического проекта, выбирающий произвольные, то есть, близкие именно ему основания для конструирования социального идеала, на самом деле всегда выражает идеи своей референтной группы; или, как говорил К. Маннгейм, утопию, созданную одним конкретным человеком,

«...можно с полным правом отнести к тому слою, чьи коллективные интересы были конформны идеям этого индивида» [6, р. 186].

Таким образом, социальные утопии различных типов, рассмотренные одновременно в своем своеобразии и во взаимовлиянии, становятся важным историческим источником, позволяющим провести своего рода ретроспективный «социологический опрос» - ведь реализуемые в них критическая, конструктивная и компенсаторная функции утопии дают значительный материал для выяснения взглядов, предпочтений и «болевых точек» широких социальных страт. Это позволяет значительно расширить и обогатить инструментарий направления микроистории и Школы Анналов в целом (см., например, [7]) и делает исследование утопических проектов Циолковского еще более актуальными – в том числе, и в историко-методологическом аспекте.

В частности, было доказано, что – несмотря на своеобразную манеру изложения и самобытность терминологии, утопия Циолковского характерна для европейской утопической традиции и при этом отражает взгляды российской технократически настроенной интеллигенции рубежа XIX-XX вв. с её запросом на «модернизацию большинства аспектов социальной жизни ...» [8, с. 8], торжество техники и вычисление идеального устройства общества на строго научной основе [1; 9]. Одни – как Е. Замятин – видели в этой модернизации серьезные опасности для человечества и пытались предотвратить наступление такого будущего, другие – как Циолковский и большинство его современников – верили в безусловную полезность и прогрессивность такого будущего; но все оказывались носителями одного и того же менталитета, сформированного позитивистскими представлениями в науке и пропагандой идей народничества в общественно-политическом дискурсе последней трети XIX в. [10].

Дальнейшие исследования «Идеального строя жизни» Циолковского в рамках Чтений идут по таким направлениям, как: исторический контекст формирования взглядов ученого [11]; сравнительно-исторический анализ утопических и антиутопических проектов отечественных и зарубежных современников Циолковского [9; 10; 12]; реализация в проекте основных функций утопии [13; 14]; и – утопия Циолковского в контексте российского утопического дискурса XX -XXI вв.

Данная тема в рамках Чтений появилась сравнительно недавно. Однако это направление исследований является весьма актуальным как в русле современных исследований отечественных ученых

(достаточно вспомнить только что защищенную в июне 2022 г. диссертацию одного из участников работы Чтений М.А. Романенко [15]), так и в контексте гуманитарных наук в целом (имея в виду «лингвистический поворот», свидетелями которого мы все являемся последние десятилетия). Учитывая же и то существеннейшее влияние, которое «лингвистический поворот» оказал как на возникновение «новой интеллектуальной истории», так и на расширение набора исследовательских инструментов историка в целом, можно констатировать, что и здесь тематика работы Чтений является весьма актуальной и современной.

Представляется, что ближайшей целью исследователей данного направления должна стать эволюция утопического дискурса в России XX-XXI вв. в целом, и выраженного в литературно-теоретической утопии в частности, включая место в нем утопии Циолковского, а также влияние его работ на современников и потомков. Для достижения этой цели предстоит выполнить целый ряд исследовательских задач, наиболее важными из которых представляются на данном этапе следующие:

А) Дальнейший анализ историографии данного вопроса в современной отечественной и зарубежной науке;

Б) Сбор источниковой базы, которая была бы репрезентативной для проведения анализа литературно-теоретической, административной и народной утопий, относящихся к хронологическим рамкам исследования;

В) Выделение периодов эволюции утопического дискурса в России на основе анализа собранных источников;

Г) Типологизация преобладающих жанровых предпочтений каждого из выделенных периодов, а также социологического содержания и основных характеристик доминирующих в этом периоде социальных предпочтений;

Д) Определение места и роли в этой эволюции «Идеального строя...» Циолковского.

В качестве рабочей гипотезы, сделанной на основе первичного анализа имеющейся историографии вопроса и источниковой базы, автор данной статьи предлагает рассмотреть следующую периодизацию эволюции утопического дискурса и типологизацию предпочтений каждого их них:

I период - с 1900-х до начала 1930-х гг.: расцвет литературно-теоретической утопии критически-социалистического толка. Основные жанры: социально-политические и философские трактаты, художественные произведения (преимущественно – фантастические

романы), научно-популярные публикации. Доминирует технократическая прогрессистская утопия (ухрония) реконструкции, тот есть, преобразования существующего общества путем эволюционного воплощения некоей научно обоснованной программы для достижения идеала, который расположен здесь, но не сейчас, а в будущем.

II период – начало 1930-х – середина 1950-х гг.: доминирует административная утопия критически-социалистического, а затем – и коммунистического толка, постепенно формирующая и народную утопию (то есть, не всегда четко артикулированные, но широко распространенные ожидания, связанные с наступлением идеального строя в будущем), литературно-теоретическая утопия по известным причинам представлена крайне слабо. Доминирует технократический прогрессистский идеал – ухрония катастрофы (то есть, достижения будущего коммунистического идеала, выросшего на руинах старого мира после глобальной катастрофы или же мировой революции). По направленности критического действия это – все так же утопия реконструкции.

III период – вторая половина 1950-х – середина 1980-х гг.: литературно-теоретическая утопия возрождается в жанре научной фантастики «дальнего прицела», артикулируя потребность в идеале светлого коммунистического будущего, сформированную народной утопией. Наиболее известными примерами становятся мир «Великого Кольца» И.А. Ефремова и мир «Полудня» братьев Стругацких. Футурология в нашей стране этого периода играет в утопическом дискурсе гораздо меньшую роль, чем в других странах с развитой утопической традицией. Технократическая прогрессистская ухрония реконструкции. Социокультурный идеал - коммунистического толка. По типу предполагаемого развития общества вновь возвращается утопия эволюции.

IV период – середина 1980-х – начало 2000-х гг.: бегство от утопии. Точнее, пользуясь названием одного из произведений А. и Б. Стругацких, «Попытка к бегству». Административная утопия объявлена несостоятельной и выведена из обращения. Идеологической альтернативы не предложено. Народная утопия вначале переключается на технократическую консервационистскую утопию капиталистического толка (то есть, установить за «500 дней» или иной конечный промежуток времени идеальные капиталистические отношения, как в других т.н. «развитых странах» - и счастье для всех будет доступно здесь и сейчас»). По итогам реальной социальной практики массовые предпочтения начинают эволюционировать в

сторону социального идеала, расположенного в недалеком прошлом (СССР разных периодов расцвета административной утопии). В литературно-теоретической утопии происходит массовый отказ от идеалов предыдущего периода. Поколение носителей утопического сознания – фантастов, выросших на идеалах мира «Полудня» Стругацких - пытается спорить с мэтрами. Наиболее показательный пример – С. Лукьяненко, доводящий основы мира «Полудня» - систему наставничества и прогрессорство в отношении отставших цивилизаций – до абсурда [16]. Или все же до логического завершения, ведь еще Платон в своей утопии показал, что любое утопическое государство, в конечном счете, «функционирует как огромная казарма» [17, с. 251]. Ирония в том, что мэтры к этому моменту уже отказались от своего идеала и перешли на явно антиутопические позиции (антиутопия предполагает, что построение идеального общества всеобщей справедливости невозможно в принципе). Сами же спорящие с ними и выросшие на их произведениях авторы так и остаются утопистами, который в лучшем случае пишут из-под пера которых, в основном, выходят сильные и часто интересные в художественном плане дистопии (в отличие от антиутопии, дистопия предполагает, что построение идеального общества возможно, но критикует вот этот конкретный проект, показывая, к каким ужасным последствиям может привести его реализация). В их предпочтениях по-прежнему технократическая утопия реконструкции, направленная в неопределенно далекое будущее, хотя появляются и варианты, связанные с утопией бегства (при которой идеальный строй оказывается реализован «не здесь», понимая под этим как другие планеты нашей вселенной, так и другие измерения, вселенные и т. п. – то, что в последние годы все чаще принято обозначать как мультиверсум или мультивселенная). Однако ни одно из подобных произведений не находит широкого отклика у аудитории. В целом, ощущается вакуум социальных идеалов у наиболее активной части населения страны.

У период – начало 2000-х гг. – по н. вр.: Вакуум идеалов у поколения, для которого они составляли значительную часть каркаса личности, приводит к тому, что в народной утопии происходит разворот в сторону реакционистского (направленного назад по шкале исторического времени) идеала социалистического толка. Постепенно этот запрос осмысливается и артикулируется литературно-теоретической утопией и выражается в расцвете литературы т.н. «попаданческого» жанра (в рамках которого главный герой переносится в иное время или в иной мир либо сознанием, либо в

своем физическом теле) в различные периоды истории нашей страны, представляющиеся авторам таких произведений ключевыми для выбора того или иного пути развития России, и меняющий это развитие в лучшую, по мнению данных авторов, сторону.

Жанр, называемый в отечественном литературоведении «попаданчеством», известен давно, как минимум, с книги М. Твена 1889 г. «Янки из Коннектикута при дворе короля Артура» [18]. Справедливости ради следует отметить, что и раньше он изредка использовался авторами ухроний, переносивших, например, своего героя на 500 лет вперед, в мир торжествующего господства пролетариата и передовой науки [19]. Но чаще этот жанр использовался как литературная форма для произведений в жанре фэнтези и (почти) научной фантастики, носящей, как правило, компенсаторную функцию личностного характера.

В России периода Перестройки и пост-Перестройки данный жанр стал востребован в новом качестве – поиска новой идентичности практически в понимании «Возвышенного исторического опыта» Ф.Р. Анкерсмита, который подчеркивал, что потребность в формировании новой идентичности преимущественно формируется травмой от потери прежней идентичности [20]. «Попаданцы» этого периода пытались «отреагировать» болевые точки отечественной истории, ранее пребывавшие в латентном состоянии, а в рассматриваемый период вынесенные в топ общественного внимания: переигрывали события 22 июня 1941 г.; используя знания и технологии конца XX в. меняли итоги Гражданской войны; присоединяли, наконец, Черноморские проливы; и т. д. (см., например, серию романов В. Звягинцева «Одиссей покидает Итаку» [21]). В целом, можно сказать, все так же выполняли компенсаторную функцию, но уже «закрывая гештальты» общественного сознания в поисках новой идентичности.

С начала 2000-х годов ситуация в этом жанре отечественной литературы начинает заметно меняться, так как жанр «попаданчества» становится востребован литературно-теоретической утопией. Как отклики на запрос народной утопии (и слабо артикулированные, но широко распространенные запросы широких социальных групп), появляется новое доминирующее направление в утопическом дискурсе. Теперь по жанру это «попаданческий роман» (автор статьи осознанно разделяет научную фантастику и указанное направление в литературе, весьма слабо ориентированное на научные доказательства и причинно-следственные связи, но зато активно отвечающее на существующий спрос широкой читательской аудитории). Доминирует

технократическая регрессистская ухрония (как правило, направленная в различные периоды существования СССР) критически-социалистического толка. Действительно, если проанализировать, например, «Энциклопедию попаданцев», которую уже не первый год составляет А. Вязовский, можно заметить существенную долю произведений, которые можно объединить под общим названием одного из циклов – «Спасти СССР» [22]. По сути, это классические утопии бегства, в которых действие происходит в альтернативных мирах, которые удастся сделать лучше и справедливее, сохранив от распада СССР и лучшие его достижения. При этом оценка того, что же входило в число этих лучших достижений, у различных авторов часто является противоположно направленной.

В целом, можно констатировать, что несмотря на существенное изменение ориентации на шкале исторического времени и направленности критического действия, ряд характерных черт утопических проектов рассматриваемого периода остался неизменным. В частности, это касается технократической направленности всех утопий, веры в силу науки и научного знания (не путать с «послезнанием» главных героев попаданческих романов). Здесь можно проследить преемственность с работами современников Циолковского, как и с работами самого ученого, подчеркивавшего: «Страшная ошибка человечества не отдавать половину или треть своих богатств на поддержку изобретателей, мыслителей и науки», ибо «мысль должна править человечеством, мысль должна почитаться, от мысли спасение, небо и победа истины» [23, л. 4].

Подводя итог, можно констатировать, что изучение социальной утопии К.Э. Циолковского в контексте эволюции утопического дискурса в России XX – начала XXI вв. является актуальным и логически обоснованным как в рамках логики работы Чтений, так и в контексте передовых направлений отечественной и мировой исследовательской школы. Дальнейший анализ источниковой базы исследования позволит либо подтвердить репрезентативность уже использованного корпуса источников, либо расширить их круг и существенно уточнить предложенную в рамках данной рабочей гипотезы периодизацию и характеристики отдельных периодов. В обоих случаях данные исследования, как подчеркивалось выше, дают весьма существенный дополнительный материал для исследования широкого круга социальных групп российского общества рассматриваемого периода. То есть данное исследование будет служить как непосредственному приращению позитивного знания, так и совершенствованию методологического инструментария

исторических и социологических исследований. Это, в свою очередь, позволяет говорить о непреходящей актуальности дальнейшего изучения научного наследия ученого в рамках работы Циолковских Чтений!

Литература

1. Хорунжий А.В. «Идеальный строй» К.Э. Циолковского как стержень личности и зеркало эпохи // Открывая современность заново. – М.: РУДН, 2011. – С. 438 – 467.
2. Хорунжий А.В. Классификация социальной утопии К.Э. Циолковского // Идеи К.Э. Циолковского и проблемы космонавтики. – Калуга, 2006. – С. 26-28.
3. Баталов Э.Я. Русская идея и американская мечта. – М.: Прогресс-Традиция, 2009. – 382 с.
4. Фукуяма Ф. Конец истории и последний человек. – М.: АСТ, 2007. – 588 с.
5. Баталов Э.Я. В мире утопии. – М.: Политиздат, 1989. – 317 с.
6. Mannheim K. Ideologie und Utopie. – Bonn: Cohen, 1929. – 250 p.
7. Ле Руа Ладюри Э. Монтайю, окситанская деревня (1294-1324). – Екатеринбург: Изд-во Ур. ун-та, 2001. – 541 с.
8. Шульц Э.Э. Русская революция и проблема модернизации // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: История России. – 2015. – № 3. – С. 7-17.
9. Хорунжий А.В. Утопия и антиутопия в наследии российских ученых – современников К.Э. Циолковского // Научное наследие и развитие идей К.Э. Циолковского. – Часть 1. – Калуга, 2019. – С. 275-279.
10. Хорунжий А.В. Антиутопия в творчестве современников Циолковского: к 100-летию романа Е.И. Замятина «Мы» // Научное наследие К.Э. Циолковского и его современное значение: Материалы 55-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга: «Эйдос», 2020. – С. 106-115.
11. Хорунжий А.В. Социальная утопия К.Э. Циолковского: Построение меритократии // Исследование научного творчества К.Э. Циолковского. – Калуга, 2007. – С. 212-237.
12. Герасина А.Ю., Хорунжий А.В. Социальные проекты пионеров космонавтики: к 100-летию публикации работ «Горе и гений» К.Э. Циолковского и «Построение счастья» В. Куассака// Идеи К.Э. Циолковского в инновациях науки и техники. – Калуга, 2016. – С. 38 – 41.

13. Хорунжий А.В. «Идеальный строй жизни» К.Э. Циолковского – утопия и тоталитарное государство // К.Э. Циолковский и этапы развития космонавтики. - Калуга, 2015. - С. 50-52.
14. Хорунжий А.В. Оценка К.Э. Циолковским современного ему человеческого общества // Идеи К.Э. Циолковского и проблемы космонавтики. – Калуга, 2006. – С. 32 – 34.
15. Романенко М.А. Культурная память в контексте советского утопического дискурса: автореф. дисс. ... канд. философских наук. – Ростов-на-Дону: ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет, 2022. - 23 с.
16. Лукьяненко С.В. Звезды-холодные игрушки. - М.: АСТ, 1997. - 475 с.
17. 50/50: Опыт словаря нового мышления. - М.: Прогресс, 1989. – 557 с.
18. Твен М. Янки из Коннектикута при дворе короля Артура. - Куйбышев: Кн. изд-во, 1986. – 300 с.
19. Итин В.А. Страна Гонгури. - Канск: гос. изд., 1922. - 86 с.
20. Анкерсмит Ф.Р. Возвышенный исторический опыт / Франклин Рудольф Анкерсмит. - М.: Европа, 2007. - 609 с.
21. Звягинцев В.Д. Одиссей покидает. - Ставрополь: Кн. изд-во, 1990. - 490 с.
22. Вязовский Алексей, Гарик. Полная энциклопедия попаданцев в прошлое. 26-я редакция [Электронный ресурс]. URL: http://samlib.ru/i/isaew_a_w/popadanec26.shtml (дата обращения: 11.08.2022)
23. Циолковский К.Э. Мысль и изобретение. 23 февраля 1919 г. // Архив РАН. - Ф. 555. - Оп.1. - Д. 399. – Л. 1-6.

УДК: 1.091.470

Лыткин В.В.

доктор философских наук
профессор КГУ им. К.Э. Циолковского

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ТРИ ПОКОЛЕНИЯ КАЛУЖСКИХ КОСМИСТОВ

TSIOLKOVSKY K.E. AND THREE GENERATIONS OF KALUGA'S COSMISTS

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы методологии и истории определения понятия космизма, отталкиваясь от идеи всеединства («широкое» понимание космизма) и от идеи освоения космического пространства, проникновения в него («узкое» понимание космизма). Изучаются и формулируются возможные классификации основных направлений космизма, в зависимости от его идейного и мировоззренческого содержания (научно-эволюционный космизм; религиозно-нравственный космизм; космизм в искусстве), и в зависимости от времени возникновения (ранний – Н.Ф. Федоров, классический – «Космическая философия» К.Э. Циолковского, поздний – теория А.Л. Чижевского). Жизнь и творчество трех поколений космистов была связана с Калужской землей.

Ключевые слова: космизм, понятие космизма, классификация космизма, Н.Ф. Федоров, «Космическая философия», К.Э. Циолковский, А.Л. Чижевский.

Abstract. This article is discussed the issues of methodology and history of cosmism, building on the idea of Unity ("broad" understanding of cosmism) and the idea of space exploration ("narrow" understanding of cosmism). Examines and makes possible classification of cosmism, according to his ideological and philosophical content (scientific and evolutionary cosmism; religious-moral cosmism; cosmism in art), and depending on the time of it existance (early -N.F. Fedorov, classic – "Cosmic philosophy" of K.E. Tsiolkovsky, later – A.L. Tchijevsky`s theory). Three generations of cosmism philosophy were linked with Kaluga`s Land.

Keywords: Russian cosmism, the notion of cosmism, classification of cosmism, N.F. Fedorov, "Cosmic philosophy", K.E. Tsiolkovskiy, A.L. Tchijevsky.

Уточняя понятие космизма, можно определить, что космизм это – такое понимание человеком своего места в мире, когда роль человечества вообще и каждого человека в отдельности рассматриваются в зависимости от процессов их совместного развития с космосом. Это обоснование того, что судьбы человечества и человека неразрывно связаны с судьбами Земли и космоса. Космизм обосновывает закономерную неизбежность проникновения человечества в космос, что является закономерным этапом в развитии человечества, вообще разума во вселенной. [3, с. 9; 4, с. 11]. Таким образом, с этой точки зрения, теория всеединства является своеобразным фундаментом, основанием, на котором происходило становление и развитие философии космизма как таковой. Тончайшие

силы взаимодействий пронизывают космос, связывая в единый организм всю живую и неживую материю. Теория космизма, т. е. космизированный вариант концепции всеединства, наполнена глубочайшим эвристическим и нравственным потенциалом, большим гносеологическим зарядом. Ведь по части можно познавать и целое, познавая особенное прикасаться к познанию всеобщего, изучая земные законы бытия экстраполировать их на вселенную. Для нас особенно важным и интересным кажется то, что именно в России идея космизма обрела четкую концептуальную форму, став основой для начала практических работ в этом направлении. Имеется в виду «космическая философия» К.Э. Циолковского и его теория межпланетных путешествий. Мы стоим у самого начала эпохи освоения космического пространства. Является ли космонавтика только чем-то случайным в развитии человеческой культуры, или же это нечто более глубинное и закономерное, детерминированное всем ходом эволюции человечества? Не менее замечательно и то, что три поколения космистов так или иначе были связаны с Калужской землей. Одновременно, в чисто рабочих целях мы разработали дополнительную периодизацию космизма, и в дальнейшем так же постоянно будем прибегать к ней. В этой периодизации мы отталкиваемся от идеи того, что «Космическая философия», разработанная К.Э. Циолковским, будучи наиболее полным и законченным вариантом теории космизма, теоретической космонавтики, может по праву называться классическим учением космизма. В этом выводе мы опираемся на поддержку В.В. Казютинского, полагающего, что в космической философии К.Э. Циолковского: «...Сочетаются все ...интерпретации космизма... Ценностные ориентации космической философии оказали наибольшее воздействие на современные концепции космонавтики... Ценностный аспект философской концепции основоположника космонавтики зримо присутствует в современных дискуссиях о перспективах космической деятельности, ее влиянии на общество» [2, с. 408]. Необходимо лишь добавить, уточнить, что в космической философии К.Э. Циолковского присутствуют все основные элементы, позволяющие говорить о ней как о философской системе: онтология, космология, гносеология, этика, социология, антропология и, наконец, практическая часть, в виде теоретической космонавтики, что принципиально отличает систему взглядов К.Э. Циолковского от иных космизированных теорий и концепций.

На основании этого мы считаем целесообразным, основываясь на принципе историзма (времени возникновения того или иного учения,

теории, концепции, и т. д.), выделить космическую философию К.Э. Циолковского как классическую, т. е. занимающую центральное, ведущее положение в ряду аналогичных теорий. В этом случае, теории, появившиеся до космической философии К.Э. Циолковского (т. е. до 1903 г.) мы будем называть «ранними» (ранний космизм), а те, что появились позднее, «поздними» (поздний космизм).

Начиная с М. Ломоносова и А. Радищева, русская философская мысль была близка к глобальной проблематике, попытке осознать место человека и его роль во вселенной. Не случайно, что именно в России появились первые попытки создания общетеоретических, общетеоретических работ в этом направлении. Именно здесь, в бурном котле российской жизни, кипевшем различными идеями, учениями и теориями, родилась еще одна, «русский космизм». Предшественниками этой теории («ранними космистами») были В.Ф. Одоевский, В.С. Соловьев; основоположниками - Н.Ф. Федоров, К.Э. Циолковский (прежде всего), В.И. Вернадский; последователями и яркими представителями, П.А. Флоренский, А.Л. Чижевский и многие другие.

В то же время, космизм не есть лишь российское явление, мы с уважением говорим об О. Шпенглере, П. Тейяре де Шардене, Дж. О. Нейле и многих других выдающихся зарубежных ученых и философов, объективно принадлежавших к традиции космизма. Русские мыслители лишь ненамного опередили своих западных коллег, они были более глобальны, духовны и философичны в своих рассуждениях и подходах к проблеме взаимодействия человека и космоса. Тогда как западные ученые - более «естественнонаучны» и «гносеологичны». Оценивая ситуацию, сложившуюся в это время в духовной жизни России, Н.А. Бердяев писал: «Когда в XIX в. в России зародилась философская мысль, то она стала, по преимуществу, религиозной, моральной и социальной. Это значит, что центральной темой была тема о человеке, о судьбе человека в обществе и в истории» [1, с. 118]. Начинается эпоха, получившая название «Серебряный век» Русской культуры.

Это можно проследить в творчестве Ф.М. Достоевского, создавшем своим гением образ «кающегося интеллигента», внешне идеалам ортодоксального православия. Об этом же можно говорить, отмечая высочайшие, классические традиции 60-70-х годах XIX в. в искусстве (Флавицкий, Поленов, Маковский). В музыке наиболее яркими представителями этой традиции был А. Рубинштейн. В эту эпоху идеи либерализма неуклонно расшатывали стан консерваторов. Наиболее характерный пример здесь личность Ивана Аксакова, горячего

публициста, славянофила, поборника свободы слова и воинствующего националиста.

В то же время в России совершаются замечательные приобретения в области естествознания (Д.И. Менделеев, И.М. Сеченов, В.С. Ковалевский). В литературе блистают, наряду с Ф.М. Достоевским такие титаны как И.С. Тургенев и Л.Н. Толстой. Но появляется и то, что позднее получит название «нигилизма». Его первым провозвестником был, несомненно, Д.И. Писарев, который в «Русском слове», основываясь на материализме Бюхнера, однажды высказал свое кредо: «Для самого себя каждое живое существо есть центр и смысл всего мироздания». Мощную литературно-пропагандистскую деятельность вел Чернышевский, а из-за границы неустанно звонил «Колокол» Герцена.

Таким образом, на духовной и общественной сцене России появились совершенно новые лица – интеллигенция, народники-разночинцы. Их наиболее яркие выразители в литературе: Некрасов, Успенский, в живописи, передвижники во главе с Крамским и его «Христом в пустыне», в музыке – Бородин, Мусоргский. Начинается массовое «хождение в народ» в 1873 -1874 гг.

Где-то в середине прошлого века, в пестром калейдоскопе всяческих теорий и философских систем, принимавших подчас форму мировоззрения той или иной группы русской интеллигенции, появляется и оформляется еще одна, связанная с пониманием закономерностей земной жизни как частных проявлений бытия космоса. Это направление философской мысли и получило название «космизм». С 60-х гг. XIX в. начинает работать над «Философией общего дела» и Н.Ф. Федоров, мыслитель, одним из первых создавший стройную систему взглядов, в основе которой лежала космизированная идея «супраморализма», «природорегуляции», воскрешения умерших поколений и расселения их в космосе.

Уникально то, что традиция русского космизма практически не прерывалась, породив, в конечном итоге, сначала теоретическую, а затем и практическую космонавтику. Не менее уникальным и необычным является и тот факт, что именно с Калужской землей связано творчество трех крупнейших представителей традиции русского космизма – Н.Ф. Федорова, К.Э. Циолковского и А.Л. Чижевского. Являясь непосредственными со-преемниками традиции космизма, они в разные годы жили и работали на Калужской земле.

Тот факт, что уже в середине прошлого века Н.Ф. Федоров предпринял попытку создать некую более или менее стройную

систему космизма, в которой идея единства Земли и вселенной является определяющей, показывает, что уже в то время существовала определенная общественная потребность представить земную жизнь как проявление жизни космоса. В учениях более поздних мыслителей эта идея принимает большую конкретность и стройность. Н.Ф. Федоров по праву считается автором одного из первых серьезных обобщающих трудов в области теории космизма, «Философия общего дела». Для нас Н.Ф. Федоров интересен еще и тем, что он является не только непосредственным предшественником К.Э. Циолковского, представителем раннего космизма, но и мыслителем, оказавшим, в свое время, большое влияние на творчество основоположника космонавтики в эпоху становления его мировоззрения. Не поняв основных моментов в творчестве Федорова, нам трудно будет оценить некоторые идеи, присутствующие в работах К.Э. Циолковского, прежде всего идею достижения счастья путем расселения в космическом пространстве и овладения силами природы. При этом мы должны помнить, что около 1,5 лет Н.Ф. Федоров работал учителем в Боровском уездном училище. Специфическая заслуга «русского космизма» заключается в том, что он впервые попытался на высоком философском уровне осмыслить и объединить в себе различные, подчас, взаимно исключаящие явления духовной культуры, так или иначе, в том или ином виде заключающие в себе идеи космизма. Более того, «русский космизм», в лице таких мыслителей как Н.Ф. Федоров, К.Э. Циолковский, В.И. Вернадский впервые попытался не только создать более или менее стройную философскую концепцию, но и предпринял попытку найти пути к ее претворению в жизнь. Одна из важнейших проблем, поставленных представителями «русского космизма», усиление значимости гуманистического начала в системе «человек – космос». Для них основополагающим, начальным моментом всех событий и целью бытия является именно человек, его интересы и потребности, их удовлетворение. Вся система их исследований строится, исходя из интересов человечества и отдельной человеческой личности. Цели таких размышлений могут быть самые разнообразные. Так, у Н.Ф. Федорова в его работе «Философия общего дела», это религиозно - этическая утопия, целью которой является достижение человечеством всеобщего счастья через создание системы природорегулирования (влияния на природные процессы в нужную для человечества сторону) и индивидуальное совершенствование, через воскрешение всех предков и расселение их в космическом пространстве [5, с. 5-6].

Философская система К.Э. Циолковского, являющаяся по своей

сути социально-технократической и антропологической утопией-проектом, ставит перед собою, в целом, аналогичные задачи. Этические, социальные и антропологические идеалы (достижение счастья человеком и человечеством, а, через это, достижение счастья для всего космоса) являются для К.Э. Циолковского доминирующими во всем его творчестве. Он, подобно Н.Ф. Федорову, видит средства реализации своих идеалов в овладении природными силами, в способности, в конечном итоге, воздействовать на все процессы, происходящие во Вселенной. В то же время, в отличие от Н.Ф. Федорова с его мистической идеей «воскрешения праотцов», К.Э. Циолковский предлагал для решения проблемы сугубо научные, позитивные средства, а именно, реактивный летательный аппарат, при помощи которого можно будет изучить и освоить ближний космос, затем дальний, а вслед за этим осуществить дерзновенный план освоения космического межгалактического пространства, в целях окончательного познания законов вселенной и их необходимого изменения в интересах человечества. При этом большую часть своей жизни и все научные работы, философские исследования он провел на Калужской земле.

Тот факт, что уже в середине XIX века Н.Ф. Федоров предпринял попытку создать некую более или менее стройную систему космизма, в которой идея единства Земли и вселенной является определяющей, показывает, что уже в то время существовала определенная общественная потребность представить земную жизнь как проявление жизни космоса. В учениях более поздних мыслителей эта идея принимает большую конкретность и стройность («космическая философия» К.Э. Циолковского, учение о ноосфере В.И. Вернадского, теория А.Л. Чижевского о солнечно – земных связях). Несколько позднее идеи космизма разрабатывал А.Л. Чижевский, переведя их более в естественнонаучную плоскость, посвятив себя изучению закономерностей солнечно-земных связей. Знакомясь с основными трудами академика В.И. Вернадского и А.Л. Чижевского, необходимо всесторонне обосновать то, что идеи, высказанные в исследованиях этих ученых - естествоиспытателей, значительно расширили научную и мировоззренческую базу космизма, его общеполитическую теорию. Объективно это свидетельствует об углублении космизации общественного и естественно-научного сознания в середине XX века, проникновении идей космизма в новые области науки и техники, в жизнь русского общества.

Именно К.Э. Циолковский, задавшись вопросом о возможности достижения счастья для всего человечества, сделал вывод о том, что

это достижимо через познание законов, управляющих жизнью Вселенной, а значит, и жизнью человека. Отсюда же ученым был сделан и вывод о том, что первый шаг к познанию космоса лежит в начале его непосредственного изучения, путь к нравственному идеалу пролегает через практическую деятельность человечества в области космонавтики. Иными словами, земная цивилизация должна стать космоцивилизацией (а затем и астроцивилизацией). Именно исходя из этих основополагающих идей, К.Э. Циолковский, в самом конце XIX века, приступает к разработке математической теории космонавтики, а в 1926 году предлагает практический план реализации своих теоретических построений, план освоения космического пространства, состоящий из 16 пунктов [6, с. 25-26].

Таким образом, мы с полным правом можем говорить о феномене «космической философии» К.Э. Циолковского в рамках «русского космизма», как явления мировой культуры. «Космическая философия» К.Э. Циолковского является своеобразной «квинтэссенцией», энциклопедией «русского космизма». В ней сосредоточены и систематизированы все основные направления этого оригинального мировоззрения и его философского стержня. В «космической философии» К.Э. Циолковского есть, в том или ином виде, все основные идеи и положения, присутствующие в самых разнообразных течениях «русского космизма». «Космическую философию» ученого можно по праву назвать философской систематикой идей «русского космизма». Более того, заслуга К.Э. Циолковского заключается в том, что он сумел разработать практические меры по претворению в жизнь своих теоретических построений. Он увидел в конкретном научно-техническом средстве (реактивный летательный аппарат) реальное средство для воплощения своих самых смелых, фантастических, абстрактных теорий. Связав воедино нравственный и технический прогресс человечества, объединив в единую диалектическую систему человека и Вселенную, обосновав идею космической антропологии и социального космизма, К.Э. Циолковский этим, по сути дела, встал у истоков антропного принципа в самом современном его понимании.

Литература

1. Бердяев Н.А. Русская идея. Основные проблемы русской мысли XIX века и начала XX века. О России и русской философской культуре. - М.: Наука, 1990. – 528 с.
2. Казютинский В.В. Космическая философия К.Э. Циолковского в контексте русского космизма. К.Э. Циолковский. Космическая философия. Ред. В.С. Авдучевский. РАН, УРСС. - М.: 2001. – 478 с.

3. Лыткин В.В. Философия космизма как явление мировой культуры. Учебно-методическое пособие. – Калуга: Калужский государственный педагогический университет им. К.Э. Циолковского, 2001. – 52 с.
4. Лыткин В.В. Космические альтернативы человечества. Социально-философские, антропологические и религиозные проблемы русского космизма. Монография. – СПб.: ООО «Книжный дом», 2012. – 208 с.
5. Федоров Н.Ф. Философия общего дела. – Т. 1. - Верный, 1906. – 514 с.
6. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами. - Калуга, 1926. – 27 с.

УДК: 069(091)

eLIBRARY.RU: 13.00.00

Желнина Т.Н.

Комиссия РАН по разработке
научного наследия К.Э. Циолковского

**ИВАН СТЕПАНОВИЧ КОРОЧЕНЦЕВ:
МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ КАК СУДЬБА
(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)**

**IVAN STEPANOVICH KOROCHEV:
MUSEUM OF THE HISTORY OF COSMONAUTICS AS FATE
(TO THE 100TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH)**

Аннотация. Ветеран войны и труда, заслуженный работник культуры Российской Федерации, кавалер ордена «За заслуги перед отечеством» II степени (1997), Почетный гражданин города Калуги (1997) И.С. Короченцев - один из создателей музея истории космонавтики имени К.Э. Циолковского в Калуге - первого в мире космического музея, которому он отдал сорок пять лет своей жизни. Руководимый И. С. Короченцевым музей неоднократно отмечался Дипломами, Почетными Грамотами Министерства культуры РСФСР и СССР. В 1977 году ГМИК был награжден орденом Трудового Красного Знамени, а в 1978 году переведен в разряд научно-исследовательских учреждений.

Ключевые слова: Короченцев, Калуга, музей истории космонавтики.

Abstract. Veteran of war and labor, Honored Worker of Culture of the Russian Federation, holder of the Order "For Services to the Fatherland" II

degree (1997), Honorary Citizen of Kaluga (1997) I.S. Korochentsev is one of the creators of the Museum of the History of Cosmonautics named after K.E. Tsiolkovsky in Kaluga - the world's first space museum, to which he gave forty-five years of his life. Led by I. S. Karachentsev, the museum has been repeatedly awarded Diplomas, Certificates of Honor from the Ministry of Culture of the RSFSR and the USSR. In 1977, the GMIK was awarded the Order of the Red Banner of Labor, and in 1978 it was transferred to the category of research institutions.

Keywords: Korochentsev, Kaluga, Museum of the History of Cosmonautics.

Иван Степанович Короченцев родился 5 февраля 1922 года в Воронежской области в семье крестьянина. В 1930-е годы семья переехала на шахты в Ростовскую область, где Иван с отличием окончил среднюю школу и поступил в авиатехническое училище. Как и многие юноши его поколения, он бредил авиацией, мечтая строить самолеты и летать на них. Иван подал заявление о приеме в Военно-воздушную академию имени Н.Е. Жуковского. Но когда пришел вызов из Москвы, Короченцев был уже в школе летчиков. Началась война, и он рвался на фронт, чтобы сражаться за родину. Однако встретиться с врагом в небе не удалось. Во время зачетного полета отказал двигатель. Курсанту удалось совершить посадку, но самолет перевернулся. Иван получил тяжелые травмы, стал хуже видеть, и продолжил военную службу авиатехником, готовившим к полету боевые самолеты своих товарищей.

Война закончилась для Короченцева в Конотопе. Здесь он женился на замечательной девушке Елене, которая родила ему двоих дочерей. Говорят, мужчина силен женщиной, которая рядом с ним. Елена Михайловна Короченцева была из тех женщин, которые безоговорочно становятся надежным тылом своим мужьям. Она обладала не только яркой природной красотой, но и особой женской мудростью, которая подсказывала ей верить, отбросив всякие сомнения, в талант и способности мужа и поддерживать его во всех начинаниях, окружив заботой и семейным теплом. С Еленой Михайловной Ивану Степановичу был обеспечен уют и мир в доме.

В первые годы после войны Иван Степанович руководил работой станции юных техников при Управлении железной дороги. Заниматься с детьми ему нравилось, и он поступил в Учительский институт, стал сталинским стипендиатом. Высшее педагогическое образование Короченцев получил в Калуге, куда переехал с семьей в 1954 году и где закончил Педагогический институт. Несколько лет Иван

Степанович преподавал физику и математику, был завучем, а потом директором 25-й средней школы.

Переломной вехой в биографии Короченцева в 1964 году стало предложение Калужского горкома партии занять должность заместителя директора музея истории космонавтики (ГМИК) – музея, который еще не был построен и коллектив которого только складывался. Так Иван Степанович стал музейным работником и правой рукой директора музея Алексея Тимофеевича Скрипкина, обаятельного человека, талантливого организатора, тоже прошедшего войну и имевшего большой административный и педагогический опыт. Ветераны музея вспоминали, что поначалу сотрудники встретили Ивана Степановича с некоторой прохладой. Дело в том, что он пришел на место заместителя директора по научной работе, которое до него занимал Алексей Вениаминович Костин, внук К.Э. Циолковского, любимец коллектива. Но вскоре сотрудники смогли убедиться в правильности решения Скрипкина. Костин оказался более полезен в должности заведующего Домом-музеем К.Э. Циолковского и славно послужил ему в течение почти трех десятилетий.

А темперамент Ивана Степановича требовал быстрых действий, мгновенной отдачи духовных и физических сил, масштабных свершений. Строительство музея, оснащение его новейшим техническим оборудованием – японским планетарием, полиэкранной установкой, электронным космическим календарем, динамическими стендами, - создание экспозиции - первой в мире музейной экспозиции космического профиля, - решение этих задач как нельзя лучше соответствовало мощной, неутомимой, крепкой натуре Короченцева.

Как рассказывали ветераны музея, весь предпусковой период Иван Степанович провел за рулем старенькой служебной «Победы». В своем неизменном синем берете он сновал, подобно челноку, между Калугой и Москвой, между строившимся музеем и Министерством культуры. Был еще один адрес в Москве, который быстро стал для Короченцева «своим» - Институт истории естествознания и техники Академии наук СССР (ИИЕТ). Там, в секторе истории авиации и космонавтики под руководством Виктора Николаевича Сокольского, сложилось сотрудничество между музеем и академическими учеными – видными отечественными историками ракетной техники и космонавтики, которые в течение нескольких десятилетий консультировали музейных работников по вопросам содержания экспозиции. Это сотрудничество способствовало высокому научному уровню экспозиции, который тогда стал характерной приметой калужского музея. Разработанный под руководством Короченцева

тематико-экспозиционный план претворился в уникальную для своего времени экспозицию. Кстати, эта экспозиция за прошедшие почти шесть десятилетий не канула в прошлое. Многие ее разделы в несколько дополненном и немного измененном виде можно увидеть и сегодня в, так называемом, «историческом здании» музея.

День открытия музея 4 октября 1967 года стал праздником для калужан и звездным часом для главных его создателей – Скрипкина и Короченцева.

Впрочем, строительная тема тогда еще не была исчерпана. В 1968 году под руководством Ивана Степановича была проведена реконструкция Дома-музея К.Э. Циолковского с полной предварительной разборкой его здания. В самом Доме-Музее была полностью воссоздана прижизненная обстановка, включающая 80% подлинных экспонатов.

В 1974 году после тяжелой болезни скончался первый директор музея А.Т. Скрипкин, и И.С. Короченцев по праву стал его преемником. «Строг, но справедлив», – это и про Короченцева-директора. При этом диктаторская система управления ему совсем не была свойственна. Он отвечал в музее за все, но не замыкал систему на себе. Напротив, Иван Степанович способствовал созданию работающей системы, в которой сотрудники трудятся самостоятельно, без постоянного контроля, руководствуясь чувством причастности к большому делу, возможностью самореализации, ощущением творческой свободы. Но и в другую крайность он не уходил, не делал из сотрудников музея друзей, соблюдал дистанцию. Любители по-свойски нашептывать директору на коллегу что-то нелicenseприятное при Короченцеве остерегались это делать.

Музей, как и любую другую организацию, определяют люди. Короченцев формировал в музее атмосферу единомыслия, в которой ради решения общих задач объединяются все, даже те, кто в принципе не способен объединяться. Преданность делу, побуждающая ради общего успеха переступить через личные амбиции, для Ивана Степановича – достоинство и важнейшее качество личности. Так же, как и увлеченность работой. «Желаю Вам стать фанатиком. Мы все здесь немного фанатики - фанатики космонавтики, фанатики музейной работы», - сказал он мне, когда в июне 1975 года принимал на работу. И я благодарна ему по сей день за именно этот вектор развития, приданный мне в мой первый день в музее.

Возводить стены и наполнять их содержанием – труд ответственный и нелегкий. Но не меньшей ответственности и, пожалуй, больших усилий требует организация деятельности уже

построенного и открывшегося музея. Да еще такого, который сразу вошел в число самых привлекательных, популярных и посещаемых мест в Калуге.

Наша космонавтика в 1960-е - 1980-е годы развивалась стремительно, почти каждый день приходили новости об очередных победах советского народа в области освоения космоса. Все космические события тотчас находили отражение в экспозиционной, экскурсионной и лекционной работе. В повседневную жизнь музея вошли, так называемые, выставки-интервенции, которые демонстрируются параллельно с традиционными экспозициями, а также экспресс-выставки, откликающиеся на запуски очередных космических аппаратов. Наши внемузейные выставки сначала осваивали городские и межобластные площадки, а потом дело и до международных. Выставки из Калуги побывали в Монгольской Народной республике, в Германской Демократической Республике (в округе Зуль), в Польской Народной республике. Размещенная в залах исторического музея в центре столицы Кувейта экспозиция «СССР - космическая держава» была оставлена там на вечное хранение.

А какие устные журналы «выдавали» мы в Калуге и по области! Названия страничек говорят сами за себя: «От штурма Зимнего – до штурма космоса», «Космонавтика в 10-х пятилетке», «Космос – сельскому хозяйству», «Космические исследования и экономика», «Космонавтика и религия», «Космонавты в Калуге», «Атеистические взгляды К.Э. Циолковского», «Союз-Аполлон – программа сотрудничества», «Ради счастья человека», «О прогрессивных калужанах, помогавших К.Э. Циолковскому», «К.Э. Циолковский, Красная армия и оборонные общества», «Дирижабль – вчера, сегодня, завтра», и, конечно, «Есть ли жизнь на Марсе».

Мы тогда постоянно и неустанно учились - не столько по книгам (книг по космонавтике было в те времена еще очень мало), сколько в процессе общения со специалистами - историками из ИИЕТ и сотрудниками космических фирм, а также с журналистами, писавшими на космические темы. Иван Степанович всячески поощрял в нас это стремление к росту и расширению своих знаний. Он и сам учился вместе с нами. Потребность в самообразовании, в саморазвитии составляла стержень его личности. Двадцать лет назад на своем восьмидесятилетнем юбилее он сформулировал лейтмотив своей жизни: «Кто я был? Простой учитель. Я сам себя сделал». Да, сделал. Потому что был человеком незаурядным, целеустремленным и очень талантливым.

«Уделялось значительное внимание повышению идейно-политического уровня и углублению научных знаний сотрудников, регулярно проводилась производственная учеба» – эта фраза в одном из годовых отчетов музея в Министерство культуры тогда не была пустым звуком. Мы действительно работали популяризаторами космической науки и техники, понимая свою ответственность за каждое произнесенное слово.

Потому что азы популяризаторской деятельности в области истории космонавтики мы постигали, руководствуясь требованием Короченцева идейной и фактической безупречности содержания наших экскурсий и лекций. Мы шлифовали их тексты до знаков препинания, взвешивая буквально каждое слово и исключая из них все лишнее и случайное и не допуская словесных вольностей, ошибок и искажения исторических фактов.

Уже в середине 1970-х годов нам стали заметны пробелы в экспозиции музея. Экспозиция, созданная на уровне знаний середины 1960-х годов, стала отставать от нашего восприятия исторической действительности десять лет спустя. Нужно было учиться восполнять эти пробелы новыми документами и новыми музейными предметами. Уже недостаточно было оставаться популяризаторами космонавтики и ее истории. Предстояло становиться историками, источниковедами, архивистами. Научно-исследовательская работа поднялась на качественно новую ступень: серьезные исследования, вводившие в научный и культурный оборот новые научные знания и факты, стали теснить компиляции. Мы осваивали пополнявшие фонды музея личные архивы творцов советской ракетной техники и космонавтики, тщательно изучали рукописное наследие К.Э. Циолковского в архиве Академии наук СССР и в других архивохранилищах. Иван Степанович относился к этой деятельности с огромным уважением, признанием и высокой оценкой. Его мечтой был научно-исследовательский музей. И она исполнилась: в 1978 году ГМИК был переведен в разряд научно-исследовательских учреждений. Это было наше общее достижение и личная победа Короченцева. С годами музей стал одним из ведущих научных центров по исследованию творческого наследия К.Э. Циолковского, активным пропагандистом идей основоположника теоретической космонавтики и достижений отечественной науки и техники в области освоения космического пространства.

Можно по-разному рассказывать о достижениях возглавляемого тобой коллектива. Иван Степанович, подводя итоги работы музея на Чтениях Циолковского, нами гордился. Лицо директора не подменяло образ музея. Или, говоря словами моего незабвенного учителя Алексея

Васильевича Манакина, Короченцев был из тех людей, кто любил музей в себе, а не себя в музее.

Для меня Короченцев ассоциируется прежде всего с неустанным стремлением к новому, еще не достигнутому и не покоренному. Многие годы он вынашивал проект второй очереди музея. Да-да, идея предприятия, реализация которого началась в 2015 году, была высказана, обоснована и усиленно продвигалась Иваном Степановичем за тридцать пять лет до этого события! Настолько глубоко понимал он необходимость создания ресурса развития музея на долгую перспективу.

Кстати, и Музей-квартира К.Э. Циолковского в Боровске, открытый десять лет спустя после ухода Короченцева с поста директора ГМИК, - его детище.

Особой заботой Короченцева была организация комплектования фондов музея образцами ракетно-космической техники. Он сумел установить прочные контакты с космонавтами, с руководителями фирм и производств, на которых создавались космические аппараты и ракетные двигатели, других организаций, работающих на космонавтику. Многие из них стали его друзьями. Работники фондов музея рассказывают, что эти контакты сохранились до наших дней и по-прежнему позволяют пополнять музейные запасники уникальными памятниками истории космонавтики.

Один из них космическая ракета-носитель «Восток», установленная рядом с музеем. Ее подъемник Короченцев, как правило, обслуживал сам. Эти дни осенью, когда ракету нужно было опустить, и весной, когда она поднималась, были и для нас, сотрудников музея, особенными. Мы всегда собирались на балконе музея и с замиранием сердца смотрели, как Иван Степанович на большой высоте пробирался в кабину установщика и управлял положением ракеты.

У Короченцева действительно было много друзей из тех, с кем его свела работа в музее. Один из них Рольф Хенкель, директор народной обсерватории имени К.Э. Циолковского в городе Зуле в ГДР. Сначала между музеем и обсерваторией завязалось деловое сотрудничество: кроме экспонировавшейся в Зуле выставки из Калуги, подготовленной на немецком языке, научный сотрудник музея Э.М. Радская консультировала Хенкеля и его коллег, готовивших издание на немецком языке одной из первых работ Циолковского по теоретической космонавтике. Деловое общение со временем переросло в настоящую мужскую дружбу, распространившуюся и на семьи: Рольф с женой Фридель гостил у Короченцевых, Иван Степанович навещал Хенкелей в Зуле.

Музей истории космонавтики в Калуге быстро стал центром притяжения для массовых посетителей со всех концов нашей страны. А уж люди, посвятившие свою жизнь работе по осуществлению идеи космического полета, а также энтузиасты космонавтики считали и считают своим долгом посетить калужский музей. Вести экскурсии для «высоких» гостей Иван Степанович обычно поручал старшим научным сотрудникам. Но «самых высоких» экскурсантов он всегда сопровождал сам – радушно, с достоинством, без тени заносчивости и подобострастия.

Иван Степанович стоял у истоков Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского, решение о проведении которых ежегодно в сентябре в Калуге было принято в 1966 году группой советских ученых совместно с руководством музея. До 1987 года Короченцев входил в состав Оргкомитета Чтений и отвечал за решение всех организационных вопросов, связанных с их калужской программой. Кроме того, Иван Степанович в течение десяти лет входил в состав руководства первой секции «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского» (1974-1975; 1981-1990).

Еще одно направление работы музея - издательская деятельность - сложилось в 1970-е годы также по инициативе Короченцева. Под его руководством и при его непосредственном участии были изданы многочисленные буклеты, проспекты, путеводители, такие книги, как научная биография К.Э. Циолковского «Гражданин Вселенной», «Впереди своего века», «Идеи Циолковского и проблемы космонавтики», «Циолковский в воспоминаниях современников», автобиография ученого «Черты из моей жизни», альбом «Калуга космическая» и др. Особое место в этой работе занимало редактирование и подготовка к печати Трудов Чтений Циолковского и их издание.

Руководимый И.С. Короченцевым музей неоднократно отмечался Дипломами, Почетными Грамотами Министерства культуры РСФСР и СССР. В 1977 году ГМИК был награжден орденом Трудового Красного Знамени. Это была очень высокая и заслуженная награда.

Человек активный и влиятельный, Иван Степанович не один раз избирался депутатом калужского городского Совета, возглавлял постоянную комиссию по охране природы.

Кроме музея у Короченцева было еще две страсти - любимая пасека и не менее любимый автомобиль. А еще Иван Степанович никогда не забывал свою малую родину. Каждое лето ездил в край донских казаков и шахтеров.

В 65 лет Короченцев ушел на пенсию. Начиналась перестройка, казалось, пришло время молодых строителей новой жизни. Руководители пенсионного возраста вдруг оказались не у дел. Иван Степанович решил, что занимает чужое место и сам уступил свою должность своему заместителю. Но без музея он уже жить не мог и, поскучав немного дома, возвратился на работу в качестве инженера по эксплуатации уникального музейного здания.

Ивана Степановича не стало 28 сентября 2011 года. До своего 90-летнего юбилея Короченцев, ветеран войны и труда, заслуженный работник культуры Российской Федерации, кавалер ордена «За заслуги перед отечеством» II степени (1997), Почетный гражданин города Калуги (1997), не дожил чуть более четырех месяцев.

И.С. Короченцева можно без преувеличения назвать *легендарным* директором ГМИК. Приданная им, совместно с А.Т. Скрипкиным, динамика развития позволила музею в течение почти трех десятилетий после ухода Ивана Степановича с поста директора, вести научно-экспозиционную, научно-исследовательскую и научно-массовую работу, используя мощный, накопленный в 1964-1987 годах, творческий и организационный потенциал.

В этом месте, наверное, полагается сказать, что дело всей жизни нашего героя продолжается. Конечно, продолжается. Музею вот-вот исполнится пятьдесят пять лет, да и правнуки Ивана Степановича подрастают.

Но я хочу оглянуться назад. В той нашей жизни, которая прошла в музее вместе с Короченцевым и под его руководством, осталась романтика. Романтикой, противопоставленной «серым будням», оптимизмом и мечтательностью была тогда пронизана наша музейная действительность. Так и хочется сказать: «Верните мне прошлое, там было такое замечательное будущее».

Со столетним юбилеем Вас, Иван Степаныч! Мы любим Вас, очень. Всегда.

УДК: 929.5

eLIBRARY.RU: 03.00.00

Желнина Т.Н.

Комиссия РАН по разработке
научного наследия К.Э. Циолковского

РОДОСЛОВИЕ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО: ИСТОРИОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ²

К.Е. TSIOLKOVSKY'S GENEALOGY: HISTORIOGRAPHICAL ASPECT

Аннотация. Прослеживается история изучения родословия К.Э. Циолковского; описываются освоенные исследователями основные комплексы исторических источников и использованные научные методы; анализируется собранная генеалогическая информация; обсуждаются спорные, решенные и нерешенные вопросы; ставятся задачи дальнейших исследований генеалогии ученого.

Ключевые слова: Циолковский, родословие, историография.

Abstract. The history of the study of K.E. Tsiolkovsky's genealogy is traced; the main complexes of historical sources mastered by researchers and the scientific methods used are described; the collected genealogical information is analyzed; controversial, resolved and unresolved issues are discussed; the tasks of further research of the scientist's genealogy are set.

Keywords: Tsiolkovsky, genealogy, historiography.

К.Э. Циолковский родился 05/17.09.1857 в семье Эдуарда Игнатьевича Циолковского и его жены Марии Ивановны, урожденной Юмашевой, повенчанных 19.01.1849 в Алабинской церкви Пронского уезда Рязанской губернии. Его родословие – это история польского рода Циолковских, происходивших из Плоцкого воеводства Речи Посполитой и переселившихся на Волынь, вошедшую в результате Третьего раздела Польши в состав России, и русского рода Юмашевых, проживавших в Спасском, Пронском, Раненбургском и Ряжском уездах Рязанской губернии.

Циолковские. К моменту рождения Константина документированная история рода его отца Эдуарда Игнатьевича насчитывала 160 лет. Этот факт, о котором исследователи узнали лишь в 1964 году, самому ученому, по-видимому, так и остался неизвестен. Константин Эдуардович неоднократно подчеркивал, что знал «

² Приношу самую сердечную благодарность за помощь при работе над темой И.Д. Батиной (Мемориальный Музей С.П. Королева в Житомире), А.В. Осиповой (заведующей Архивом Боровского района Калужской области), Е.А. Потехиной (доктору наук, заведующей отделом славянского языкознания Института восточнославянской филологии Варминско-Мазурского университета в Ольштыне).

семейных делах и родственниках» лишь «немногое» [1, л. 1об.], поясняя: «В детстве и молодости меня это нисколько не интересовало, и я ничего о том не узнавал. Потом, еще и глухота тому помешала <...> Значение наследственности я прежде и не понимал» [2, л. 1об.-2].

Циолковский знал лишь, что его отец имел польские корни. Об этом он писал в автобиографиях, например, «Отец был чистокровный поляк <...>» [3, л. 1]. А также отвечая на вопрос Тадеуша Банахевича, профессора астрономии и директора обсерватории в Кракау, «Насколько верно предположение, что Ваша семья родом из Польши» [4]: «Мой отец действительно поляк и католик из Волыни. Но юношеское воспитание он получил в СССР, где и женился на русской» [5]. Примечательно, что на вопрос о его собственной национальности ученый давал ответ: «Русской» [6].

Если бы Константин Эдуардович расспросил отца, тот, наверняка, рассказал бы сыну о нескольких поколениях их польских предков, о которых знал не понаслышке, а из исторических документов. Эдуард Игнатьевич сам собрал их в 1857 году (незадолго до рождения Константина) для представления в Рязанское Дворянское депутатское собрание с тем, чтобы подтвердить свое дворянское происхождение и обосновать право на внесение своего имени и имен своих старших сыновей в родословную книгу Рязанской губернии. Документы собирались по переписке с Волынским Дворянским депутатским собранием, поскольку местом рождения Э.И. Циолковского был Ровенский уезд Волынской губернии. Впоследствии они отложились в Государственном архиве Рязанской области (ГОРязО). Выявленные впервые неутомимым калужским исследователем С.И. Самойловичем в 1964 году, они составили первый пласт в источниковой базе, на основе которой началось изучение истории рода Циолковских по линии Константина Эдуардовича [7-8].

Второй этап генеалогических разысканий Самойловича относится к 1973 году. Он был отмечен выявлением в Центральном Государственном историческом архиве Ленинграда (ныне Санкт-Петербурга) еще одного комплекса родословных документов, представленного в феврале 1834 года отцом Эдуарда Игнатьевича – Игнатием Фомичем – в Герольдию с двоякой целью: 1) получения свидетельств, подтверждающих дворянское происхождение его сыновей и сыновей его брата Станислава Фомича; 2) перенесения записи о Циолковских из первой части родословной книги Волынской губернии в шестую часть, где упоминались наиболее древние роды. Поскольку данные материалы должны были не просто доказать дворянское звание Циолковских, но и отразить их древнюю родовую

историю, в их составе были выписи из метрических и градских книг, делопроизводственная документация, купчие сделки, а также свидетельства участия представителей рода в таких событиях, как выборы польских королей.

Написанные по этим материалам работы [9-13] стали последним исследованием Самойловича, заложившего документальную основу для разработки родословия Циолковского по линии его отца. К сожалению, Самойлович опубликовал лишь некоторые результаты своих ранних генеалогических исследований, да и то в локальной прессе [14]. Основные его работы остались в рукописях и в свое время не получили широкой известности.

С.И. Самойловичем были впервые восстановлены родовые и семейно-брачные связи Циолковских на протяжении девяти поколений с 1697 года, а также приведены сведения о местах рождения и проживания, датах рождения или крещения, о служебной деятельности многих представителей рода. В том числе, были впервые названы полные даты рождения детей Эдуарда Игнатьевича; полные даты рождения и смерти детей Константина Эдуардовича [7].

Вообще же работа по разысканию биографических сведений отдельных представителей рода Циолковских была начата в 1953 году кировским краеведом В.Г. Пленковым [15]. Именно он выявил тогда первые документальные материалы о служебной деятельности Э.И. Циолковского в Вятке, а также представил документы об учебе братьев Иосифа, Константина и Игнатия Циолковских в Вятской мужской гимназии. Эта информация, введенная в научный оборот Пленковым, вызвала потрясение у Любови Константиновны Циолковской, отказывавшейся ей верить, настолько все в семье Константина Эдуардовича были убеждены в том, что он не посещал никакого учебного заведения.

В 1977 году Пленков обобщил результаты своих архивных разысканий в докладе на XII Чтениях Циолковского [16]. На основе выявленных им в Кировских архивах документов - аттестата Эдуарда Игнатьевича Циолковского (01.06.1878), формулярных списков его родного брата Нарциза Игнатьевича и двоюродного брата Николая Станиславовича он впервые привел неизвестные ранее сведения об их служебной деятельности, уточнил некоторые биографические даты.

Эстафета изучения истории пребывания Циолковских на Вятской земле в 1980-е годы перешла от В.Г. Пленкова к Е.Д. Петряеву и В.А. Бердинских [17; 18], которые пополнили краеведческую и биографическую литературу неизвестными ранее подробностями о

местах проживания в Вятке семьи Эдуарда Игнатьевича и о его служебной деятельности.

В конце 1960-х – начале 1970-х годов к изучению истории своей семьи приступил А.В. Костин, внук Константина Эдуардовича, дополнивший известные сведения о детях ученого новыми сюжетами [19; 20]. Большой интерес представляет и его более поздняя работа о сыне Константина Эдуардовича Александре [21].

В 1970-е годы новыми данными, почерпнутыми из документов, отложившихся в ГАРязО, информацию об Эдуарде Игнатьевиче и его сыновьях пополнил первый директор Музея К.Э. Циолковского в Ижевском А.И. Коваль [22]. Он же, основываясь на устном рассказе племянницы Константина Эдуардовича Елены Иосифовны Сквородкиной, привел впервые в литературе достаточно подробные сведения об Иосифе Эдуардовиче и его семье.

К началу 1980-х годов относится статья В.Н. Кочеткова [23]. Она была написана, в основном, по вторичным источникам – записям, сделанным, в свое время, С.П. Наумовым в процессе знакомства с архивными материалами. Новизной она не отличалась, зато ошибок и неточностей содержала немало. К сожалению, все они были перенесены и на страницы книги [24].

Важной вехой в изучении истории рода Циолковских стала работа М.А. Галанзовского и Р.В. Засса [25]. Они впервые исследовали отложившиеся в Государственном архиве Ровенской области (ГАРовО) комплексы документов, которые отразили делопроизводственную деятельность Ровенского земского суда (1829), Ровенского уездного суда (1836-1844), Ровенской гимназии (1851), Ровенского уездного казначейства (1898-1905), а также ревизские сказки дворян Ровенского уезда (1811 и 1816) и материалы, зафиксировавшие действия власти по наказанию участников польского восстания 1863-1864 годов. Основываясь на них, они сообщили новые подробности о деде Константина Эдуардовича - Игнатии Фомиче - и членах его семьи; ввели в научный оборот аттестат Игнатия Фомича (03.09.1841).

Следующий шаг в генеалогических разысканиях - масштабная работа М.Н. Ефремова и А.В. Костина, выполненная на основе как уже известных, так и новых документов, выявленных в ГАРязО, ГАРовО и ГАКиРО, а также материалов, обнаруженных в Государственном архиве Житомирской области (ГАЖО) и в Государственном архиве Оренбургской области (ГАОО) [26]. Ефремов и Костин впервые обобщили уже известную и новую, выявленную ими самими, генеалогическую информацию и представили ее в виде схемы, которая

сопровождалась более или менее обстоятельными биографическими справками. Многие данные, приводившиеся в них, отличались новизной, например, о членах семей Игнатия Фомича и Станислава Фомича - деда и двоюродного деда К.Э. Циолковского, а также о сестре Константина Эдуардовича Марии. Достаточно малоизвестными для читателей биографической литературы о Циолковских были и приведенные Ефремовым и Костиным сведения о старшем брате Константина Эдуардовича Александре, предоставленные им воронежским краеведом А.Н. Акиньшиным.

М.Н. Ефремов и А.В. Костин исправили ряд неточностей, допущенных С.И. Самойловичем, например, исключили из генеалогического древа Циолковских Павлину Нарцизовну Трубникову, которая считалась дочерью Нарциза Игнатьевича [7, л. 3], и Станислава, считавшегося предком Константина Эдуардовича во втором колене [7, л. 4]; уточнили имя сына племянника Константина Эдуардовича Павла Иосифовича – «Владимир» [26, с. 69], а не «Андрей» [7, л. 3].

Вместе с тем, в работе М.Н. Ефремова и А.В. Костина встречается немало ошибок, из которых одни автоматически перешли к ним из материалов С.И. Самойловича, например, год смерти Эдуарда Игнатьевича ошибочно датировался «1880» (надо 1881), а другие были сделаны вопреки документально подтвержденным данным, к тому времени уже введенным в научный оборот другими исследователями. Например, год рождения единокровной сестры Эдуарда Игнатьевича Корнелии - 1832, а не «1831»; смерть Игнатия Фомича последовала не ранее апреля 1844 года, а не в «1832 году»; год рождения его отца Томаша-Адама (прадеда Константина Эдуардовича) 1841, не «1847»; год смерти Игнатия Эдуардовича - 1876, а не «1874»; дата крещения Витольда Игнатьевича 13.06.1818, а не «13.11.1818»; его полное имя Павлин-Людомир-Витольд а не «Павлин-Людвиг-Витольд»; Магдалена Циолковская (урожденная Ласковская) не могла родиться в «1784 году», поскольку это подтверждающийся документами год рождения ее старшего сына Игнатия Фомича; дата смерти Томаша-Адама - после 1795 года, а не «1795 год»; даты 18.11.1784 и 08.12.1786 были датами крещения, а не рождения Игнатия Фомича и Станислава Фомича; местом рождения Игнатия Фомича и Станислава Фомича не был «г. Коростянин» [26, с. 61, 62] (здесь явно имела место путаница с селением «Коростятин» в Ровенском уезде Волынской губернии, который был местом рождения Нарциза Игнатьевича, Витольда Игнатьевича и Эдуарда Игнатьевича).

Приведенные примеры ошибок, допущенных М.Н. Ефремовым и А.В. Костиным, свидетельствуют о существенных недостатках, свойственных методу их работы – во-первых, они не очень хорошо ориентировались во всей совокупности накопленных до них генеалогических сведений и не соотносили с ними собственные выводы, во-вторых, они допускали иногда поспешные утверждения, не углубляясь в необходимое источниковедческое исследование. Данное обстоятельство следует иметь в виду при знакомстве с опубликованными ими генеалогическом древе Циолковских и комментариями к нему.

В 2006 году в работу по изучению рода Циолковских включилась Т.Н. Желнина [27; 28]. Первая задача, которая была мною поставлена, касалась преодоления существенных различий и ошибок в воспроизведении польских имен. Предок Константина Эдуардовича в первом колене звался в литературе «Матвей» [7, л. 4], «Мафей» [24, с. 145], «Мацей» [26, с. 68]. Предок во втором колене звался «Яковом» [7, л. 4; 24, с. 145; 25, с. 135] и «Якобом» [26, с. 68]. Отец Константина Эдуардовича в литературе именовался «Эдуард» и «Эдвард» [26, с. 69]. Дядя звался «Игнатий» [7, л. 4], «Иван-Дукли-Игнатий» [7, л. 14]; «Игнатий Иван Гонорат» [24, с. 146], «Ян-Игнатий-Гонорат» [26, с. 69]. Другой дядя - «Карл Леонард Нарциз» [7, л. 14], «Карл Леонард Нарцыз» [24, с. 146], «Наркиз» [25, с. 152], «Карол-Леонард-Наркиз» [26, с. 69]. Еще пример противоречий при русификации польских имен – разное чтение отчества деда Константина Эдуардовича – Игнатия его брата Станислава: «Тимофеевич» [26, с. 69] и «Фомич» [25, с. 152]. Вторая задача заключалась в анализе и обобщении известной информации, сопоставлении сведений, введенных в научный оборот разными авторами, выявлении противоречий и ошибок и их исправлении. Третья задача предполагала внести дополнения в наши знания о Циолковских на основе малоизученных или неизвестных ранее архивных документов.

Таковыми документами, существенно дополнившими сложившуюся на сегодняшний день источниковую базу генеалогических исследований, стали: 1) две генеалогические схемы на польском и русском языках «Genealogia Domu 1010: Ciolkowskich» [29] и «Циолковские № д 45-й» [30], составленные Игнатием Игнатьевичем Циолковским, дядей Константина Эдуардовича; 2) «Указ его Императорского Величества Самодержца Всероссийского из Герольдии...», утвердивший в 1834 году решение Волынского Дворянского депутатского собрания о признании в дворянском достоинстве Игнатия Фомича и Станислава Фомича Циолковских и их

сыновей [31]; 3) «Свидетельство», выданное в июле 1832 года Волынским Депутатским дворянским собранием в подтверждение того, что Игнатий Фомич Циолковский в соответствии с дворянским званием исполнял «разные дворянству приличные должности» [32]; 4) «Справка», отправленная в июле 1872 года из Волынского Дворянского депутатского собрания в Оренбургское Дворянское депутатское собрание и подтверждавшая дворянское звание Нарциза Игнатьевича Циолковского [33]; 5) малоизученные ранее автобиографические записи К.Э. Циолковского [34].

Основным итогом проведенного мною исследования стала уточненная и дополненная генеалогическая роспись, отразившая родственные и семейно-брачные связи Циолковских по прямой линии Константина Эдуардовича. Чтобы избежать путаницы и разночтений, генеалогическая роспись была выполнена мною по двуязычному принципу, согласно которому польские имена переданы как в оригинале, так и в русскоязычных аналогах, которых сами Циолковские, обрусев за годы жизни на территории Украины и России, придерживались: «Мацей», «Яков», «Макар-Эдуард-Эразм» (в общении «Эдуард»), «Иван-с-Дукли-Игнатий-Гонорат» (в общении «Игнатий»), «Карл-Леонард-Нарциз» (в общении «Нарциз»). Отдельного изучения требовал вопрос о воспроизведении на русском языке имени прадеда Константина Эдуардовича «Tomasz Adam». Его русскоязычная транскрипция «Томаш» встречается только в одном из изученных документов: «Свидетельство» о служебной деятельности деда ученого, датированное 30.07.1832, начиналось обращением: «Волынской губернии Ровенского уезда помещику Игнатию Томашову сыну Циолковскому <...>» [32]. Во всех остальных имеющихся в нашем распоряжении документах, датированных 11.07.1832, 1834 и 25.07.1872, прадед К.Э. Циолковского именуется «Фомой», а его сыновья Игнатием Фомичем и Станиславом Фомичем [31; 33; 35]. Поэтому упомянутые выше встречающиеся в литературе варианты «Игнатий Тимофеевич» [26, с. 61-63] и «Станислав Тимофеевич» [16, с. 115] (в обоих случаях без ссылки на источник) представляются либо опиской, допущенной писарем в источнике, либо неточным прочтением текста данного документа.

Стало возможным пополнить генеалогическое древо Циолковского новыми представителями. В число старших братьев Константина Эдуардовича включены Иван и Нарциз, упомянутые ученым в автобиографических записях [34] и умершие, по-видимому, в младенчестве. В число детей его двоюродного деда Станислава Фомича включен старший сын Петр. Установлено имя жены

Станислава Фомича – Татьяна Петровна Крашенинникова. Уточнены даты жизни некоторых польских предков ученого.

Циолковские – польский дворянский род герба Ястржембец. Род появился примерно в 1640-е годы. Его основателем был некто Масіеу (Мацей). У Мацея было два сына: Якуб и Валериан. Во владении Циолковских находились селения Большое Циолково (Ciołkowo Wielkie), Малое Циолково (Ciołkowo Małe) и Снегово (Śniegowo) в Плоцком повете Плоцкого воеводства. В 1697 году помещики Плоцкого воеводства братья Якуб и Валериан Циолковские участвовали в выборах польского короля Августа Сильного. В дальнейшем документ, подтверждавший это участие, служил одним из доказательств принадлежности Циолковских к дворянству. Константин Циолковский является потомком Якуба.

В конце XVII века начался глубокий кризис и распад Речи Посполитой, род Циолковских обеднел. В 1777 году (через пять лет после первого раздела Польши), прадед К.Э. Циолковского Томаш-Адам продал имение Большое Циолково³ и переехал в Бердичевский повят в Киевском воеводстве на правобережной Украине. Семейное положение Томаша-Адама в то время неизвестно. Но если учитывать, что его сыновья Игнатий и Станислав родились соответственно семь и девять лет спустя после переезда из Плоцкого воеводства в Киевское, то логично предположить, что их отец менял место жительства будучи холостым и что женился он на Магдалине из Лясковских уже обустроившись на Киевщине. Там в местечке Белополье (Bielopole) юго-восточнее местечка Бердичева (Berdyzew) вблизи границы с Волынской губернией и появились на свет его сыновья, у одного из которых семьдесят три года спустя на рязанской земле родился внук – будущий основоположник теоретической космонавтики, на весь мир прославивший свой род. Рубежным в жизни и судьбе прямых предков Константина Эдуардовича стал 1793 год, когда его прадед Томаш-Адам, дед Игнатий и двоюродный дед Станислав стали россиянами. По-видимому, к тому времени семья Томаша-Адама Циолковского уже перебралась в Житомирский повят в Волынском воеводстве. Согласно 9-й ревизской сказке о дворянах по Житомирскому уезду Волынской губернии в октябре 1795 года они проживали в селении Великое Романово, и, судя по всему, Томаш-Адам был вдов. В начале нового века жизненные пути братьев Игнатия и Станислава разошлись. Станислав пошел в военные, дослужившись до чина генерал-майора и

³ Ныне деревня Ciołkowo Мазовецкого воеводства Плоцкого уезда общины Раджаново (Gmina Radzanowo).

осев в Оренбургской губернии, где и завел семью. Из всех Циолковских Станислав Фомич сделал самую большую служебную карьеру. Игнатий остался на Волини, где пополнил ряды беспоместного служивого дворянства. С 1804 года он занимал место адвоката Волынского главного суда гражданского департамента, а с 1816 года служил в Ровенском уездном суде – сначала адвокатом, затем писарем и подсудком. Вышел в отставку по болезни в возрасте 57 лет в чине губернского секретаря. Чин губернского секретаря соответствовал 12-му классу табели о рангах (всего 14 классов). Так что Игнатий Фомич занимал куда более низкую ступень на социальной лестнице, чем его младший брат Станислав Фомич, получивший в 1834 г. чин генерал-майора, который соответствовал гражданскому чину действительного статского советника (4-й класс табели о рангах). Был дважды женат. От обоих браков имел четырех сыновей и двух дочерей. Все они родились на Ровенщине и, как их родители и предки, были римо-католического вероисповедания. Младший сын Игнатия Фомича от первого брака Макарей-Эдвард-Эразм (в общении Эдуард), родившийся в селении Коросьцятин (или Коростятин) Ровенского уезда Волынской губернии⁴, – отец Константина. Константин Эдуардович - представитель восьмого поколения рода.

Со стороны Циолковских у Константина Эдуардовича:

- четыре пращур - Maciey/Мацей (1640-е годы); Jakub/Якуб; Walenty/Валентий; Felicjan/Фелициан (р. 1705);
- прадед Tomasz-Adam/Томаш-Адам (руссифицированное имя: Фома) (1741-после 1795), жена Laskowska Magdalena/Ласковская Магдалена, имел с ней сыновей Игнатия и Станислава;
- двоюродный прадед Иосиф;
- дед Ignacy/Игнатий Фомич (1784-после 1844), первая жена Sendsimirszka Anna/Сендзимиржская Анна (1794-не п. 1830), имел с ней дочь Аделаиду и сыновей Яна с Дукли-Игнатия-Гонората, Карола-Леонарда-Нарциза, Павлина-Людомира-Витольда, Макарея-Эдварда-Эразма, вторая жена Jurkowska Pawlina/Юрковская Павлина Антоновна, имел с ней дочь Корнелию;
- двоюродный дед Stanislaw/Станислав Фомич (1786-после 1832), боевой русский офицер, генерал-майор, кавалер орденов Св.

⁴ С 1964 года село Малиновка в Гошанском районе Ровенской области (по данным Википедии). На карте Волынской губернии Коросьцятин не значится, зато северо-восточнее от Ровно легко найти местечко Тучин. В метрических книгах Тучинского прихода и было зарегистрировано крещение Макарея-Эдварда-Эразма, родившегося 02.01.1820.

Владимира 3-й степени, Св. Анны 2-й степени с алмазами, имел Знак отличия беспорочной службы за 15 лет и медаль за 1812 год, в Оренбургской губернии ему было Всемиловнейше пожаловано две тысячи десятин земли, жена Татьяна Петровна Крашенинникова, владела в деревне Чекаловке Оренбургской губернии родовым имением (девятисто две ревизские души) и в Андреевке той же губернии пятьюдесятью восемью душами и пятью десятинами земли, приобретенными в 1821 году, их дети - Петр, Мария, Анна, Витолис, Феликс, Николай, Любовь;

- отец - Makarey-Edward-Edasm/Макарей-Эдвард-Эразм (Эдуард Игнатьевич) (02.01.1820-09.01.1881), титулярный советник, жена - Юмашева Мария Ивановна (1824-1870), дети - Иван, Нарциз, Александр, Дмитрий, Иосиф, Борис, Константин, Игнатий, Мария, Екатерина;
- семь братьев – Иван, Нарциз, Александр (24.08.1850-04.12.1909), Дмитрий (18.07.1851-1869), Иосиф (23.01.1854-07.05.1916), Борис (04.01.1855-15.07.1855), Игнатий (28.11.1858-07.11.1876);
- две сестры - Мария (14.05.1865-03.03.1825), Екатерина (06.03.1868-1875);
- четыре сына – Игнатий (02.08.1883-02.12.1902), Александр (21.11.1885-00.06.1923), Иван (01.08.1888-05.10.1919), Леонтий (28.06.1892-08.08.1893)
- три дочери – Любовь (30.08.1881-21.08.1957), Мария (30.09.1894-12.12.1964), Анна (07.12.1897-22.01.1922);
- три дяди - Jan z Dukli-Ignacy-Honorat/Ян с Дукли-Игнатий-Гонорат (Игнатий Игнатьевич) (кр. 13.07.1813-после 1855), Karol-Leonard-Narczyz/Карол-Леонард-Нарциз (Нарциз Игнатьевич) (кр. 13.11.1814-после 1872), Pawlin-Ludomir-Witold/Павлин-Людомир-Витольд (Витольд Игнатьевич) (кр. 13.06.1818-после 1831);
- две тети – родная Аделаида (р. 1811), сводная Корнелия (1831-1898);
- два двоюродных брата – сыновья дяди Игнатия Игнатьевича - Людвиг-Сикстус-Мариан (р. 1851), Феликс (р. 1856);
- одна двоюродная сестра - дочь дяди Игнатия Игнатьевича - Юлия-Олимпия (р. 1853);
- племянники - дети брата Иосифа – Екатерина (1888-1964), Борис (1898-1968), Павел (1901-1967), Елена (1908-1984);
- четыре двоюродных дяди и три тети - дети двоюродного деда Станислава Фомича - Петр, Мария, Анна, Витолис, Феликс, Николай, Любовь;

- четыре троюродных брата и одна сестра - дети двоюродного дяди Петра Станиславовича – Мартин, Павел, Стефан, Иоганн, Агрипшина;
- двоюродные внуки - внуки брата Иосифа – Нина Борисовна (по мужу Андреек) (дочь Бориса Иосифовича) (р. 1927), Владимир Павлович (сын Павла Иосифовича) (р. 1930).⁵

Восстанавливая историю рода К.Э. Циолковского, нельзя обойти вниманием семейную легенду о родственных связях предков ученого с Северином Наливайко, казацким предводителем, казненным за бунтарскую деятельность в конце XVI в. Эту легенду сообщил сам ученый [2, л. 1-2], которому она, вероятно, очень импонировала. Но вопрос, как казак Наливайко мог стать дворянином Циолковским, не только не нашел отражения в известных документах, но и не получил внятного и достаточно аргументированного гипотетического ответа. Предположение С.И. Самойловича, согласно которому предки Наливайко служили предкам Циолковских и последние дали первым за особые заслуги свое имя и свой герб «Ястребец», неубедительно [10, л. 46, 48]. Поэтому рассказ Циолковского о своем «предке» Наливайко остается семейным преданием и не учитывается в генеалогической росписи.

Всего в роду Циолковских семьдесят один носитель фамилии, из них тридцать семь мужчин. Исходя из сегодняшних знаний, можно констатировать, что мужская линия рода оборвалась в десятом поколении. Последний известный Циолковский – Владимир Павлович, родной внук Иосифа Эдуардовича и двоюродный внук Константина Эдуардовича. Вполне возможно, однако, что ее носят потомки Станислава Фомича, завершившего свой жизненный путь на оренбургской земле, и потомки Игнатия Игнатьевича, жившего в Ровно на Вольни. Не исключено, что она продолжается по линии Витольда Игнатьевича, чей след затерялся где-то на Киевщине, конечно, при условии, что он отказался от своего намерения принять

⁵ Еще несколько двоюродных внуков К.Э. Циолковского – дети его племянницы Екатерины Иосифовны (в замужестве Маловой): Маловы Федор Федорович, Юрий Федорович, Николай Федорович, Анатолий Федорович, а также племянницы Елены Иосифовны (в замужестве Сковородкиной): Сковородкины Александр Александрович и Владимир Александрович. Семь родных внуков Константина Эдуардовича – дети его дочери Марии (в замужестве Костиной): Костины Вера Вениаминовна, Всеволод Вениаминович, Вениамин Вениаминович, Мария Вениаминовна, Евгений Вениаминович, Алексей Вениаминович, а также дочери Анны (в замужестве Киселевой): Киселев Владимир Ефимович.

монашество. Вообще в собранной генеалогической информации обращает на себя одна особенность, присущая роду Циолковских: на двадцать четыре брака ими заключенными, приходится четыре бездетных.

Юмашевы. Начало изучения истории рода Юмашевых было положено архивными разысканиями А.И. Ковалева в 1970-е – 1980-е годы [22; 36]. Основываясь на Дворянской родословной книге Рязанской губернии, метрических книгах церкви Пронского, Спасского и Раненбургского уездов Рязанской губернии, формулярных списках деда Константина Эдуардовича Ивана Ивановича Юмашева и его сына Николая, а также на других документах из ГАРязО, Коваль установил биографические данные двух поколений этой семьи. Среди них особенно важны сведения о дате рождения и месте крещения матери Константина Эдуардовича Марии Ивановны.

В конце 1990-х годов научная литература о Юмашевых пополнилась работой Л.П. Майоровой [37]. На основе найденных в Государственном архиве Калужской области (ГАКалО) неизвестных ранее документов она рассказала много нового о семье двоюродного брата Константина Эдуардовича Георгия Васильевича Юмашева. Особую ценность имеет ее находка в библиографическом отделе Калужской областной библиотеки имени В.Г. Белинского – брошюра К.Э. Циолковского «Простое учение о воздушном корабле и его построении», когда-то подаренная ученым своему двоюродному племяннику с автографом: «Родственнику моему Василию Георгиевичу Юмашеву от автора. К. Циолковский. 7 февр. 1913 г.».

В 2008 году Л.П. Майорова ввела в научный оборот новые сведения о семье двоюродной сестры Константина Эдуардовича Феодосьи Николаевны Юмашевой (в замужестве Лихачевой) [38].

Долгое время наши представления о Юмашевых исчерпывались четырьмя поколениями этой семьи. Во второй половине 2000-х годов был совершен настоящий «генеалогический прорыв», связанный с исследованиями рязанских генеалогов М.Б. Оленева и И.Ж. Рындина [39; 40]. Составленные ими алфавитный Список помещиков Рязанской губернии с принадлежавшими им селениями и Список дворянских родов, внесенных в Дворянскую родословную книгу Рязанской губернии, позволили расширить родословие Юмашевых до двенадцати поколений.

Древний рязанский дворянский род Юмашевых восходит к концу XVI века. Род разделился на пять ветвей; Мария Ивановна Юмашева принадлежала к первой ветви. Всего в ней 116 мужчин, 18 из которых составляют прямую линию родства с матерью Константина

Эдуардовича и с ним. Первое историческое лицо рода – некий Богдан, владевший помещьем в Ряжском уезде Рязанской губернии. Наиболее ранняя дата упоминания Юмашевых – 1658 год.

Со стороны Юмашевых у Константина Эдуардовича:

- семь пращуров - Богдан (ум. в 1663 году), владел помещьем в Ряжском уезде; Тимофей, в 1658 году за ним состояло поместье в Ряжском уезде; Федот, в 1658 г. за ним с братьями состояло поместье в Ряжском уезде; Артемий; Семен; Терентий; Иона, подпрапорщик.
- прадед – Иван Ионович, капитан, 18.04.1758 начал службу в Нарвском пехотном полку; 18.03.1773 вышел в отставку, в 1773 году за ним состояло 3 души в Ряжском уезде, был женат на Марии Дементьевне, имел с ней детей Анну и Ивана.
- дед – Иван Иванович (1785-1861), боевой русский офицер, вышедший в отставку 17.01.1823 в чине капитана; за ним состояло 10 мужских и 10 женских душ в селении Никольское Раненбургского уезда и 19 душ в деревне Долгое Пронского уезда, был женат на вдове коллежского секретаря Фекле Евгеньевне, по первому мужу - Николиной (1794-1866), за ней приданое: 36 мужских и 30 женских душ в деревне Долгое Пронского уезда, имел с ней детей Николая, Евдокию, Марию, Василия, Екатерину, Дмитрия, Константина, Анну;
- двоюродная бабушка Анна, сестра деда;
- мать Мария Ивановна (13.02.1824-1870), муж титулярный советник Эдуард Игнатьевич Циолковский (1820-1881), имела с ним детей Ивана, Нарциза, Александра, Дмитрия, Иосифа, Бориса, Константина, Игнатия, Марию, Екатерину;
- четыре дяди – Николай (27.12.1821-1873), Василий (04.04.1825-1869), Дмитрий (р. 04.02.1829), Константин (р. 20.01.1837);
- три тети - Евдокия (в замужестве Кузовлева) (р. 14.02.1823), Екатерина (05.10.1827-после 02.08.1888), Анна (в замужестве Высотская);
- три двоюродных брата - Иван Васильевич (р. 22.08.1845), Георгий Васильевич (01.01.1847-после 1905), Н Лукич Высотский (р. 1865);
- пять двоюродных сестер - Мария Николаевна, Феодосья Николаевна, Мария Васильевна (р. 11.03.1848), Вера Васильевна (р. 13.09.1852), Татьяна Васильевна (р. 12.01.1855);
- двоюродные племянники и племянницы – дети Георгия Васильевича Анна (р. 01.12.1871- после 1905), Ольга (в замужестве

Анкудинова) (р. 22.06.1874), Василий (р. 1878-после 1905), Сергей, Александр (р. 1884), Евгения (р. 1891)⁶.

По выявленным к настоящему времени документам история рода остановилась на двенадцатом поколении. К нему относятся последние известные нам мужчины Юмашевы - двоюродные племянники Константина Эдуардовича Александр, Сергей и Василий. Сохранились сведения о наличии ребенка только у одного из них – Сергея, но установить его пол пока не удалось. Относительно потомства двух других братьев вообще нет никаких данных. Так что не исключено, что мужская линия и Юмашевых прервалась.

Работа, проделанная исследователями в течение почти семи десятилетий по изучению родословия К.Э. Циолковского, огромна. Выявлено и изучено около ста пятидесяти документов, отложившихся в четырнадцать российских и двух украинских архивах. Собрана генеалогическая информация о ста пятидесяти четырех лицах, состоявших в родственных и семейно-брачных связях. Составлены генеалогические древа Циолковских и Юмашевых, выяснено происхождение этих родов, изучались контакты Константина Эдуардовича с родственниками. Работа не лишена ошибок и пробелов, так что перед будущими исследователями бескрайнее поле деятельности.

Какими видятся ближайшие перспективы исследований родословия К. Э. Циолковского? Интересные открытия могут принести исследования в польских архивах, где вполне возможно выявить документы, содержащие сведения о женских линиях, пересекшихся с Циолковскими: Сендзимирских (к ней относится бабушка Константина Эдуардовича Анна), Ласковских (прабабушка Магдалена), Ростковских (пра-прабабушка Марта), Секлюцких (пра-прабабушка Иоганна). Необходимо продолжить работу по

⁶ Еще восемь двоюродных племянников Константина Эдуардовича – дети его двоюродной сестры Феодосьи Николаевны (в замужестве Лихачевой): Лихачевы Николай Матвеевич, Ольга Матвеевна, Алексей Матвеевич, Мария Матвеевна, Елизавета Матвеевна, Анна Матвеевна, Владимир Матвеевич, Порфирий Матвеевич. В.М. Лихачев (1901-1975) – советский военачальник, генерал-полковник артиллерии, кавалер трех орденов Ленина, четырех орденов Красного Знамени, ордена Кутузова 1-й степени, ордена Суворова 2-й степени, ордена Красной Звезды, медалей «За оборону Сталинграда», «За освобождение Варшавы», «За взятие Берлина», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг.», польских наград – ордена «Крест Грюнвальда» 3-й степени, медалей «За Варшаву 1939-1945», «За Одру, Нису и Балтику» достойно продолжил ратные традиции своих юмашевских предков.

изучению документов, отложившихся в Житомирском и Ровенском архивах, не исключено, что по ним удастся, в частности, установить точную дату смерти деда Константина Эдуардовича – Игнатия Фомича и обнаружить сведения о возможных потомках его старших сыновей Игнатия и Витольда. Представляется важным продолжить поиск генеалогической информации в Оренбурге, где можно проследить историю ветви двоюродного деда Константина Эдуардовича – Станислава Фомича. Увлекательным может быть поиск родовых связей между Наливайками и Циолковскими. Все-таки, семейная легенда о том, что «как будто у отца была родственная связь с известным Наливайко, и род отца даже носил прежде эту фамилию» [2, л. 2] должна была иметь под собой какие-то основания. Уверена, что в Рязанском архиве нас еще ждут документы, в которых скрывается девичья фамилия бабушки Константина Эдуардовича – Феклы Евгеньевны Юмашевой. Предстоит выяснить судьбу последних известных нам мужчин Юмашевых, а с ней и судьбу всего рода, так как вопрос о том, продолжается ли он или прервался – открыт.

Как известно, изучение родословия позволяет оценить некоторые особенности личности, ее психические и физиологические особенности с точки зрения наследственности. К сожалению, несмотря на обилие накопившегося генеалогического материала, мы не располагаем объективными данными, позволяющими установить происхождение черт характера Константина Эдуардовича и элементов его психической конституции из наследственных факторов генеалогии. Непреложен только один факт – Константин Эдуардович остается единственным представителем Циолковских и Юмашевых, достигшим высот в мировой науке.

Литература

1. Циолковский К.Э. Краткая автобиография. 12.05.1932 // Архив РАН (АРАН). Ф. 555. Оп. 2. Д. 6. Л. 1-4а.
2. Циолковский К.Э. Черты из моей жизни. <1934-январь 1935 года> // АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 14. Л. 1-29об.
3. Циолковский К.Э. Ответ на отношение Г<о>с<ударственного> Издат<ельства> от 5 марта 1933 г. <Не р. 05.03.1933> // АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 10. Л. 1-5.
4. Банахевич Т.А. Циолковскому К.Э. 04.06.1931 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 75. Л. 1-3.
5. Циолковский К.Э. Банахевичу Т.А. 10.06.1931 // Bialoborski Eustachy. Raketen, Satelliten, Raumschiffe. Urania-Verlag, Leipzig/Jena 1958. S. 74.

6. Циолковский К. Э. <Ответы на вопросы анкеты при поступлении на должность консультанта БОСЭД>. 23.07.1931 // АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 5. Л. 1.
7. Самойлович С.И. Родословная К.Э. Циолковского. 26.05.1964 // Фонды Государственного музея истории космонавтики имени К.Э. Циолковского (ГМИК). Ф. 4. Оп. 1. Д. 226. Л. 15-20.
8. Самойлович С.И. Родословная К.Э. Циолковского. 02.10.1968 // Фонды ГМИК. Ф. 4. Оп. 1. Д. 304. Л. 1-6.
9. Самойлович С.И. Предки К.Э. Циолковского. 13.07.1972 // Фонды ГМИК. Ф. 4. Оп. 1. Д. 354. Л. 2-15.
10. Самойлович С.И. Генеалогия К. Э. Циолковского. 16.03.1973 // Фонды ГМИК. Ф. 4. Оп. 1. Д. 300. Л. 36-58.
11. Самойлович С.И. Перечень документов, послуживших источником обоснования родословной К.Э. Циолковского с 1697 года. 18.07.1973 // Фонды ГМИК. Ф. 4. Оп. 1. Д. 367. Л. 46-49.
12. Самойлович С.И. Генеалогия К. Э. Циолковского. 31.08.1973 // Фонды ГМИК. Оп. 1. Д. 367. Л. 22-32.
13. Самойлович С.И. «Родословие меня нисколько не интересовало...». <1973> // Фонды ГМИК. Ф. 4. Оп. 1. Д. 367. Л. 34-45.
14. Самойлович С.И. История фамилии К.Э. Циолковского // Знамя (Калуга). 21.06.1964. № 146. С. 3.
15. Пленков В.Г. Архивные документы о пребывании К. Э. Циолковского в Вятке // Кировская правда. 14.08.1953. № 161. С. 4.
16. Пленков В.Г. Родственники К.Э. Циолковского в Вятке // Труды XI-XII Чтений К.Э. Циолковского. Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история авиации и космонавтики». М., 1980. С. 115-119.
17. Петряев Е.Д. Вятские книголюбы. Киров, Волго-Вятское книжное изд-во, Кировское отделение, 1986. 223.
18. Бердинских В.А. Константин Циолковский в Вятке // Труды XXI-XXII Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (Калуга, 1987, 1988 г.). Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история авиации и космонавтики». ИИЕТ АН СССР. М., 1988. С. 144-153.
19. Костин А.В. Л.К. Циолковская - верный помощник отца // Труды Четвертых Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (Калуга, 17-19 сентября 1969 г.). Секция «Исследование научного творчества К. Э. Циолковского». М., 1970. С. 56-66.

20. Костин А.В. Новое о семье К.Э. Циолковского // Труды Седьмых Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (Калуга, 14-18 сентября 1972 г.). Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского». М., ИИЕТ, 1973. С. 59-68.
21. Костин А.В. Из семьи Циолковских // Знамя. 12.12.1985. № 286. С. 3.
22. Коваль А.И. Некоторые дополнения к истории семьи Циолковских // Труды VIII Чтений К.Э. Циолковского. Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского». М., 1974. С. 107-111. Здесь с. 110-111.
23. Кочетков В.Н. Заметки к родословной К.Э. Циолковского // Труды XIII-XIV Чтений К.Э. Циолковского. Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история авиации и космонавтики». М., 1982. С. 145-148.
24. Кочетков В.Н. Золотая подкова. М., 1994. С. 5-14.
25. Галанзовский М.А., Засс Р. В. Род К.Э. Циолковского на Украине (по материалам Ровенского областного государственного архива) // Труды XIII-XIV Чтений К.Э. Циолковского. Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история авиации и космонавтики». М., 1982. С. 149-155.
26. Ефремов М.Н., Костин А.В. Новые материалы о родословной К.Э. Циолковского // Труды XVIII Чтений К.Э. Циолковского. Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история авиации и космонавтики». М., 1986. С. 59-74.
27. Желнина Т.Н. К изучению родословия К.Э. Циолковского // Идеи К.Э. Циолковского и проблемы космонавтики. Материалы XLI Научных Чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга, 2006. С. 21-25
28. Желнина Т.Н. К изучению родословия К.Э. Циолковского // Костин А. В. К.Э. Циолковский известный и неизвестный (из записок внука К.Э. Циолковского). М., РБОФ «Гелиос», 2007. С. 242-253.
29. Genealogia Domu 1010: Ciolkowskich. <№ р. 1829> // Государственный архив Житомирской области (ГАЖО). Ф. 146. Оп. 1. Д. 6384. Л. 2.
30. Циолковские № д 45-й. <№ р. 22.08.1868> // ГАЖО. Ф. 146. Оп. 1. Д. 6384. Л. 1.
31. Указ его Императорского Величества, Самодержца Всероссийского из Герольдии Волынскому Дворянскому депутатскому Собранию. 1834 // ГАЖО. Ф. 146. Оп. 1. Д. 6384. Л. 45, 45об., 46, 46об.

32. Свидетельство. Волынской губернии Ровенского уезда помещику Игнатию Томашову сыну Циолковскому... 30.07.1832 // ГАЖО. Ф. 146. Оп. 1. Д. 6384. Л. 24.
33. Справка. Из дела видно, что значащиеся в настоящем отношении Оренбургского Дворянского Депутатского Собрания... 25.07.1872 // ГАЖО. Ф. 146. Оп. 1. Д. 6384. Л. 95.
34. Циолковский К.Э. <Автобиографические заметки>. <Первая половина 1930-х годов> // АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 54. Л. 5.
35. Формулярный список о службе и достоинстве находящегося при Оренбургском Военном Губернаторе и Командире отдельного Оренбургского корпуса Генерал Адъютанте графе Суателене 2-м для особых поручений состоящего армии полковника Циолковского. Выписан из годовых отчетов за 1931 год. 11.07.1932 // ГАЖО. Ф. 146. Оп. 1. Д. 6384. Л. 25, 25об., 26, 26об., 27, 27об., 28, 28об., 29.
36. Коваль А. И. Новые материалы о семье Юмашевых // К.Э. Циолковский - научное творчество и биографические материалы. Труды XV-XVII Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (Калуга, 1980, 1981, 1982 гг.). Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история авиации и космонавтики». М., 1983. С. 71-75.
37. Майорова Л.П. К вопросу о пребывании Юмашевых на калужской земле // Труды XXXI Чтений К.Э. Циолковского. Секция «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского». М.: ИИЕТ РАН, 1999. С. 105-110.
38. Майорова Л.П. Из рода Юмашевых (к изучению родословной К.Э. Циолковского по материнской линии) // К.Э. Циолковский: исследование научного наследия. Материалы XLIII Научных Чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга, ИП Кошелев А.Б. (Издательство «Эйдос»), 2008. С. 52-55.
39. Оленев М.Б. Алфавитный список помещиков Рязанской губернии с принадлежавшими им селениями по данным сборников статистических сведений 1882-1888 гг. Составлен в 2006 году // <<https://62info.ru/history/node/2672>>
40. Рындин И.Ж. Список дворянских родов, внесенных в Дворянскую родословную книгу Рязанской губернии (по материалам М.П. Лихарева). 2010 // <<https://62info.ru/history/node/11732>>

УДК 523.4.852+523.4.854
eLIBRARY.RU: 41.19.21

Дружинин Ю.О.

кандидат технических наук
старший научный сотрудник
Института проблем управления им.
В.А. Трапезникова РАН
г. Москва

**НАУЧНО-ФАНТАСТИЧЕСКАЯ ПОВЕСТЬ
К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО «ВНЕ ЗЕМЛИ» И ИССЛЕДОВАНИЯ
ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ
В РОССИИ ДО 1918 ГОДА**

**K.E. TSIOLKOVSKY'S SCIENCE FICTION NOVEL
"BEYOND THE EARTH" AND THE EXPLORATION
OF THE PLANETS OF THE SOLAR SYSTEM
IN RUSSIA BEFORE 1918**

Аннотация. Рассматриваются работы отечественных ученых по физике планет, которые велись в годы работы К.Э. Циолковского над повестью «Вне Земли». Приводятся примеры работ по атмосфере и магнитному полю планет, поиску жизни на них. Показано, что К.Э. Циолковский, работавший без связи с другими учеными, хотя и избежал допущенных ими ошибок, но не смог воспользоваться и их достижениями.

Ключевые слова: исследование планет, атмосфера, магнитное поле, внеземная жизнь.

Abstract. We consider the works of domestic scientists on planetary physics, which were carried out during the years of K.E. Tsiolkovsky's work on the story "Out of the Earth". Examples of works on the atmosphere and magnetic field of planets, the search for life on them are given. It is shown that K.E. Tsiolkovsky, who worked without contact with other scientists, although he avoided the mistakes they made, was unable to take advantage of their achievements either.

Keywords: planetary exploration, atmosphere, magnetic field, extraterrestrial life.

К.Э. Циолковский в научно-фантастической повести «Вне Земли» [1], начатой им в 1896 г. и законченной после перерыва в 1917 г., в художественной форме изложил свой план первого этапа освоения космоса. В ней, подробно описав полет на Луну и к поясу астероидов, он, однако, не отправил своих героев на Марс. Это можно объяснить, в том числе, и недостаточностью его знаний об этой планете.

Что же знали о планетах Солнечной системы отечественные ученые – современники К.Э. Циолковского?

Исследованием состава и температуры планет занимался физик Евгений Александрович Роговский (1855–1911) [2-3]. Он вычислял температуры планет, используя кинетическую теорию газов, но из-за ошибочно принятой величины температуры космического пространства ($-143\text{ }^{\circ}\text{C}$) полученные им значения хуже согласуются с современными данными, чем температуры, вычисленные К.Э. Циолковским.

В повести, кстати, ничего не говорится о голубом цвете Земли, видимой из космоса, хотя Гавриил Адрианович Тихов (1875–1960) уже установил этот факт по пепельному свету Луны [4].

Исследованием магнитных полей планет занимался геофизик и метеоролог Эрнест Егорович Лейст (1851–1918). Он пришел к выводу, что ближайšie к Земле планеты до Юпитера включительно имеют магнитные поля [5]. В наше время существование магнитного поля подтверждено только у Юпитера.

Предпринимались попытки найти признаки жизни на планетах Солнечной системы. Так К.А. Тимирязев увидел в опубликованных Ловеллом спектрах Урана и Нептуна полосу, характерную для хлорофилла. Однако В. Арциховский объяснил ее появление неравномерной спектральной чувствительностью фотопластинок [6].

Таким образом, результаты проводившихся в России по инициативе отдельных ученых исследований физических характеристик планет, даже если бы они стали известны К.Э. Циолковскому, лишь в малой степени помогли бы ему создать достоверную в научном плане картину природы планеты Солнечной системы.

Литература

1. Циолковский К.Э. Вне Земли. – Калуга: Калужское общество изучения природы и местного края, 1920. – IX+115 с.
2. Роговский Е. О строении земной и планетных атмосфер // Известия Русского астрономического общества. 1906. – Вып. XI. – № 8-9. С. 311-344.
3. Роговский Е. О температуре небесного пространства // Метеорологический вестник. – 1909. – № 8–9. – С. 287-293.
4. Журнал общего собрания Русского астрономического общества 9 мая 1913 г. // Известия Русского астрономического общества. 1914. – Вып. XIX. – № 8. – С. 238-239.

5. Лейст Э.О. влиянии планет на наблюдаемые явления земного магнетизма. – М.: Тип. М.Г. Волчанинова, 1897. – 123 с.
6. Арциховский В.О. Слайферовских спектрограммах больших планет в связи с вопросом о присутствии на планетах хлорофилла // Известия Русского астрономического общества. – 1912. – Вып. XVIII. – № 6. – С. 227-242.

УДК 93/94.

eLIBRARY.RU: 03.00.00

Царев С. С.

магистр исторических наук
аспирант ФГСН РУДН
г. Москва

**К ВОПРОСУ О НАУЧНОМ И ФИЛОСОФСКОМ ВЛИЯНИИ
К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО НА Д.И. БЛОХИНЦЕВА**

**ON THE QUESTION OF THE SCIENTIFIC
AND PHILOSOPHICAL INFLUENCE
OF K.E. TSIOLKOVSKY ON D.I. BLOKHINTSEV**

Аннотация. Предпринята попытка вернуться к проблеме влияния как трудов, так и личности К.Э. Циолковского на формирование мировоззрения Д.И. Блохинцева. Проведен анализ опубликованных дневников Д.И. Блохинцева (1955–1975). Сделан акцент не только на прямых упоминаниях Циолковского, но и на косвенном влиянии его идей на Блохинцева. Особое внимание уделено известным исследованиям данной проблемы, а также актуализации полученных выводов на основе новых данных.

Ключевые слова: К.Э. Циолковский, Д.И. Блохинцев, философия К. Э. Циолковского, научное творчество К.Э. Циолковского.

Abstract. This article attempts to return to the problem of the influence of both the works and the personality of K.E. Tsiolkovsky on the formation of D.I. Blokhintsev's worldview. For this purpose, the diaries of D.I. Blokhintsev for 1955-1975 were analyzed. The emphasis is made not only on direct references to K.E. Tsiolkovsky, but also on the indirect influence of his ideas on Blokhintsev. The article pays special attention to the previous studies of this problem, as well as to the updating of the conclusions obtained based on new data.

Keywords: K.E. Tsiolkovsky, D.I. Blokhintsev, philosophy of K.E. Tsiolkovsky, scientific work of K.E. Tsiolkovsky.

В XX веке в науке утвердился междисциплинарный подход. Именно в рамках такого подхода стало возможным рассмотреть научные проблемы с разных сторон и прийти к более целостным выводам. В контексте рассматриваемой в статье проблемы нельзя не отметить, что взаимодействие между Константином Эдуардовичем Циолковским и Дмитрием Ивановичем Блохинцевым выходит за рамки личного общения и в целом может быть охарактеризовано даже как взаимообмен двух зарождающихся научно-философских направлений: космизма и теоретической физики.

Кроме того, подспорьем для изучения данного взаимодействия послужило особое положение общественной мысли в отечественной науке, в частности в исторической. С точки зрения отечественной исторической науки, в общественной мысли XX века (наряду с идеями марксизма-ленинизма) значительное внимание уделяется идеям освоения Космоса. Концепция «Русского Космизма», базирующаяся на идеях К. Э. Циолковского, находила отражение не только в сознании современников, но и в отечественной науке [3; 4].

А.Г. Портяной, Е.Н. Сердунь, Ю.В. Фролов в своем исследовании «о влиянии трудов К.Э. Циолковского на формирование мировоззрения Д.И. Блохинцева...» пришли к выводу о том, что «именно от Циолковского юный Дмитрий Блохинцев воспринял тот дух русской науки начала XX века, который выражался не только в стремлении к достижению конкретных научных результатов, но и в создании целостного гармонического мировоззрения» [2]. Действительно, это подтверждают и дневники Блохинцева. Например, Блохинцев, прослеживая единую творческую линию от Циолковского до Эйнштейна писал, что «всегда будет узкая каста – Богом меченные приверженцы религиозного отношения к науке... Людей, преклоняющихся перед тайной красотой мира, жаждущих опьяниться ею, молиться ей и понять ее. Людей, относящихся к природе не как хвастливый любовник, а как преклоняющийся перед ее красотой и тайной рыцарь» [1, с. 164]. Таким образом, во взглядах Блохинцева прослеживается присущее Циолковскому гармоничное отношение к природе и науке как неотъемлемой ее части.

Литература

1. Блохинцев Д.И. Дневники. 1955-1975 / Под общ. ред. Т.Д. Блохинцевой. – Дубна: ОИЯИ, 2022.

2. Портяной А.Г., Кабанов Р.И., Мальцев В.Г., Сердунь Е.Н. Роль Д.И. Блохинцева в разработке ядерных ракетных двигателей (к 100-летию со дня рождения) // К.Э. Циолковский: исследование научного наследия. Материалы XLIII Научных Чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга, ИП Кошелев А.Б. (Издательство «Эйдос»), 2008. С. 79-80.
3. Хорунжий А.В. «Идеальный строй» К.Э. Циолковского как стержень личности и зеркало эпохи // Открывая современность заново. – М.: РУДН, 2011. – С. 438-467.
4. Хорунжий А.В. Новая проблематика в курсах отечественной истории: утопическая традиция и коммунитарный эксперимент в первой трети XX в. // Преподавание отечественной (национальной) истории в вузе: новые подходы, концепции, методы. Материалы Четвертой международной конференции. Москва, 29 октября 1999 г. – М.: РУДН, 1999. – С. 176-187.

УДК008.001.14
eLIBRARY.ru 13.00.00

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

КОСМИЗМ И СЦИЕНТИЗМ В СОВЕТСКОЙ НАУЧНОЙ ФАНТАСТИКЕ

COSMISM AND SCIENTISM IN SOVIET SCIENCE FICTION

Аннотация. Научная фантастика – специфический культурный феномен, возникший для осознания все возрастающей роли науки и техники в XIX-XX веке. Поэтому фантастика находится на стыке науки и художественной культуры, многие авторы НФ произведений сами были учеными. В это же время среди ученых и деятелей культуры (особенно в России) активно развивались идеи космизма. Поэтому среди представителей отечественной научной фантастики есть те, кто подобные идеи развивал, не отказываясь при этом от сциентистских установок, в целом характерных для научной фантастики. В статье дается обзор творчества этих авторов.

Ключевые слова: космизм, сциентизм, научная фантастика, романтизм, наука, Ж. Верн, Г. Уэллс, И.А. Ефремов, К.Э. Циолковский, А.Н. Толстой, С. Павлов, П. Амнуэль

Abstract. Science fiction is a specific cultural phenomenon that arose to realize the ever-increasing role of science and technology in the XIX-XX century. Therefore, fiction is at the intersection of science and art culture, many authors of SF works were scientists themselves. At the same time, among scientists and cultural figures (especially in Russia) the ideas of cosmism were actively developing. Therefore, among the representatives of Russian science fiction there are those who have developed such ideas, while not abandoning the scientific attitudes that are generally characteristic of science fiction. The article gives an overview of the creativity of these authors.

Keywords: cosmism, scientism, science fiction, romanticism, science, J. Verne, G. Wells, I.A. Efremov, K.E. Tsiolkovsky, A.N. Tolstoy, S. Pavlov, P. Amnuel

В последние полвека тема космизма является одной из активно разрабатываемых и изучаемых. При этом исследовались самые разные ракурсы космизма – общефилософские и частнонаучные проблемы, персональные исследования, сопряженность космизма с мифом, утопией, сциентизмом и антисциентизмом, космизм религиозный, естественнонаучный и художественный. Тем не менее, глубина феномена космизма позволяет находить новые области для изучения, поднимать новые вопросы, ранее остававшиеся вне поля зрения исследователей или же затрагивавшие лишь их отдельные аспекты.

К числу таких недостаточно изученных вопросов космизма относится его связь с научной фантастикой. До сих пор исследователей привлекали лишь конкретные фигуры, космические взгляды которых анализировались и сравнивались с другими представителями космизма. В советской научной фантастике такой бесспорно привлекательной и достаточно хорошо изученной фигурой является И.А. Ефремов. Но в целом научная фантастика как феномен, связанный с космизмом, практически не изучалась. Конечно, далеко не каждый писатель-фантаст, как и не каждое НФ произведение выражает идеи космизма. Но в развитии жанра НФ в целом вполне можно проследить развитие космических идей. При этом в силу специфики жанра идеи космизма в нем связаны одновременно с линиями естественнонаучного и художественного космизма.

Научная фантастика – это специфический культурный феномен эпохи господства сциентизма в мировоззрении. Ее «родителями»

стали: со стороны науки – очевидные успехи естествознания в XIX веке, породившие сциентизм как таковой; со стороны художественной культуры – романтизм, бегущий от грубой и унылой действительности мира победившей буржуазии и капитализма в мир Мечты, построенный человеком-героем.

Итак, именно XIX век стал временем, когда наука (прежде всего естествознание) наглядно продемонстрировала свои возможности, радикально меняя жизнь человечества, решительно ускоряя темпы общественного развития. Так, в начале XIX века можно назвать лишь одно изобретение – паровой двигатель, что задало дальнейшее развитие науки и техники и дало название целой эпохе – «век железа и пара». К началу XX века таких фундаментальных изобретений было сделано много – двигатель внутреннего сгорания, радио, электрическое освещение и телеграф, телефон, телевидение, авиация, серьезные успехи в химической промышленности (не только оружие, но и фармацевтика, красители и т.д.). Мир менялся прямо на глазах, становился быстрым, непонятным, угрожающим, и во многом делали его таким наука и техника. Поэтому так важно было осмыслить новую роль науки и техники в культуре, осознать как те преимущества, которые они могут дать, так и те угрозы, которые они несут.

В художественной культуре первой трети XIX века господствовал романтизм – не только художественный стиль, но и философское направление, появившееся на фоне кризиса просветительских идей XVIII века. Рационалистическая просветительская утопия исходила из заблуждения, что именно разум является сущностью человека и поэтому если разумного по природе человека научить, каким должно быть разумно устроенное государство и общество, он сам охотно проведет все необходимые преобразования для достижения идеала. Великая французская революция с ее реками крови показала всю иллюзорность этих надежд, а ее лозунги «Свобода, Равенство, Братство» создали новое общество, власть в котором находилась в руках буржуа, продолжалась эпоха первоначального накопления капитала с нищетой большинства народа и все растущим отчуждением человека во всех сферах. Романтизм и стал реакцией на эти господствующие тенденции в культуре, пытаясь противостоять им и либо призывая к противостоянию с этим миром (революционный романтизм), либо убегая от него в придуманные авторами-романтиками миры. Эти миры могли находиться в прошлом (так родился жанр исторического романа), в далеких экзотических уголках Земли (романы путешествий и приключений), в будущем или вообще не на Земле (фантастические романы).

Чем большие успехи демонстрировала наука, тем больше сами ученые, философы, а также деятели литературы и искусства размышляли о роли науки. В XIX веке в основном продолжали господствовать рационалистические установки, характерные для западной культуры эпохи модерна, они лишь сменили свой вектор. Если в XVIII веке их результатом стало появление просветительской идеологии, ориентированной на социально-философские и социально-политические утопии, то век XIX сместил акценты и стал считать науку (прежде всего, естествознание) способом решения всех проблем, результатом чего и стало формирование сциентистского мировоззрения. Поэтому достижениями науки восхищались, публичные лекции и опыты (например, дискуссия Пуше – Пастера, в ходе которой была опровергнута концепция самозарождения жизни) привлекали множество зрителей, а от ученых ждали решения вначале частных проблем (накормить человечество, дать необходимые материальные блага, продлить жизнь), а затем и глобальных – дать рецепт всеобщего счастья. Научная фантастика, безусловно, отреагировала на этот запрос множеством книг, в которых ученые и инженеры предлагали такие решения. Самой крупной и значимой фигурой среди авторов подобных произведений следует считать Жюль Верна (1828-1905), книги которого исполнены веры в могущество человеческого разума и его талант создателя. Таковы его герои – инженер Сайрус Смит из «Таинственного острова», доктор Франсуа Саразен из «Пятисот миллионов бегумы», путешественник Мишель Ардан из романа «Из пушки на Лугу» и многие другие персонажи его книг [3]. Популярность писателя была огромной, целые поколения выросли на его книгах, мечтая стать инженерами и учеными. В полной мере это относится и к России, ведь практически все книги писателя сразу же переводились на русский язык и выдерживали множество изданий. И, конечно, появилось множество последователей и подражателей – на рубеже XIX-XX века в России более сотни авторов опубликовали свои НФ книги, но, к сожалению, художественные достоинства их были невысоки, поэтому их имена, как и названия их книг известны лишь немногим исследователям.

Но Ж. Верн предлагал решение частных проблем, поэтому вряд ли можно говорить о космических идеях в его творчестве. А вот для русской НФ литературы изначально было свойственно чувство будущего, вера в необходимость совместных усилий и труда всего народа (человечества) для его достижения. Идеи, невозможные для индивидуалистской западной культуры.

На рубеже XIX-XX веков многие философы и культурологи заговорили о кризисе европейской культуры, все чаще его причиной называя господство рационализма в европейском мировоззрении, поэтому рядом с господствующим сциентизмом начинают звучать антисциентистские идеи, показывающие, что наука не только может решать многочисленные проблемы человечества, но и с легкостью создавать новые. Научная фантастика не могла не отреагировать на этот вызов. Принял его Герберт Уэллс (1866-1946), который своим творчеством сделал шаг от в основном популяризаторской научной фантастики, где необычная идея была главной, к фантастике философской, в которой необычная идея или изобретение, лежащая в основе сюжета, исследовалась с точки зрения ее влияния на человека и общество. Поэтому главные романы писателя, вышедшие в период с 1895 по 1905 годы, не только предвосхитили многие открытия XX века, сформулировали темы НФ произведений, но и показали оборотную сторону научно-технического прогресса, те социальные потрясения, которые они неизбежно принесут [10]. Поэтому общий тон его произведений достаточно мрачный, разбивающий сциентистские иллюзии читателей.

В отечественной НФ первой половины XX века больше представлена сциентистская линия, хотя и опасения от возможных последствий научных открытий в ней также присутствуют. Это «Жидкое солнце» А.И. Куприна [7], «Властелин мира», «Продавец воздуха» А.Р. Беляева [2]. Начинают наши авторы размышлять и о глобальных проблемах – будущее человечества, освоение космоса и его последствия, тем самым встраиваясь в общее направление русского космизма, активно развивающегося в это время. Тем более что один из основоположников этого направления, К.Э. Циолковский, сам писал НФ произведения [11]. Конечно, их художественные достоинства невелики, да и сам автор рассматривал их как форму популяризации научных идей, но космический вектор в отечественной НФ ими был задан. И позже многие авторы явно (как А. Беляев) или неявно (как авторы – шестидесятники) будут следовать за Циолковским.

Для Циолковского выход человечества в космос был не просто научным экспериментом или выполнением условий спора, как в романе Ж. Верна «Из пушки на Луну» [3], но способом осуществления гораздо более грандиозных задач, о которых ученый размышлял в своих философских статьях. Ведь он видел миссию человечества в том, чтобы способствовать обретению каждым атомом разума, что возможно только в телах совершенных (добродетельных,

высокоморальных и высокоразумных) людей, которые, покинув «колыбель человечества», станут распространять эти атомы по всей Вселенной, замещая путем «гуманного» оставления бесплодными все «несовершенные виды» [11]. Для этого ему и нужно было освоение космоса.

Другие писатели 1920-1940 годов (А. Беляев, А. Казанцев [6]) столь глобальных целей не ставили, хотя идеи космизма у некоторых можно найти. Это А.Н. Толстой и его замечательная «Аэлита» [9]. Тема космического полета в этой книге не главное, хотя автор и пытается объяснить, как движется космический аппарат, придуманный инженером Лосем. Идеи космизма в нем присутствуют в связи с легендой об Атлантиде, которой автор дал новую интерпретацию, сделав атлантов предками марсиан и рассматривая космическую экспансию в качестве закономерного этапа развития цивилизации.

В целом же в 1930-1840 годы в советской фантастике идет спад, связанный с жесткой цензурой и запретом мечтать о чем-то далеком и глобальном. Мечты должны были быть близкими, доступными в ближайшем времени, результатом стало резкое сокращение НФ произведений в целом, а оставшиеся немногие авторы писали фантастику «ближнего прицела».

Поэтому революционным стало появление знаменитого романа И.А. Ефремова «Туманность Андромеды» [4], в котором автор смело, широкими мазками нарисовал далекое коммунистическое будущее человечества, в котором каждый человек становился Творцом, работающим на благо всего общества. При этом выход в космос становится для Ефремова признаком зрелости цивилизации, а она, в свою очередь, наступает только при достижении коммунизма, для которого равно нужны как новые социальные структуры (различные варианты Советов), так и по-новому воспитанный человек. Об этом автор много размышляет в своем романе. Только тогда человечество сможет выйти в большой космос и вступить в контакт с другими цивилизациями. В отсутствие подлинной гармонии человека и общества, возможной только при коммунизме, выход в большой космос невозможен. Об этом Ефремов прямо говорит в своем романе «Час быка» [5].

Вслед за Ефремовым в литературу пришло целое поколение замечательных писателей-шестидесятников - Г. Мартынов, Г. Альтов, В. Журавлева, С. Гансовский, А. Громова, А. Днепров, Е. Войсунский и И. Лукодянов, Е. Парнов, О. Ларионова, бр. Стругацкие и др. Но тема космоса была основной лишь у Г. Мартынова, Г. Альтова и А. Казанцева, причем говорить о космизме в их творчестве не

приходится. Их увлекала романтика звездных путешествий, и они искренне верили, что светлое космическое (и непременно коммунистическое) будущее человечества не за горами. Так что своим творчеством они продолжали пропагандировать сциентистские идеи.

Ситуация в советской НФ стала меняться с конца 1970 годов, когда была проиграна Лунная гонка, технические трудности все росли, а в стране наступила эпоха застоя. На этом фоне в культуре и обществе стали расти антисциентистские настроения, поэтому космической фантастики стали писать гораздо меньше, а некоторые авторы стали размышлять над темами рисков, связанных с освоением космоса, выходя при этом и на проблемы космизма.

Это, прежде всего, дилогия «Лунная радуга» С. Павлова [8], в которой автор показывает, что окно в космос, прорубленное человечеством, не только расширяет возможности человеческой цивилизации, но и сталкивает ее с возможным действием различных космических факторов, которые могут изменить саму природу человека. Правда, автор настроен достаточно оптимистично, считая возможным не только дальнейшую эволюцию человека, приспособляющую его к условиям космоса, но и мирное сотрудничество двух биологических видов человека.

Не менее интересны размышления П. Амнуэля, который в своем рассказе «Через двадцать миллиардов лет после конца света» [1] очень необычно обыгрывает концепцию Большого взрыва, связывая ее с гибнущей с того момента разумной Вселенной, которая всеми силами пытается сохранить жизнь и разум хотя бы в одной своей точке – на планете Земля. В рассказе мы найдем глубокие философские размышления о связи человечества и космоса, что позволяет отнести автора к числу представителей космизма.

1990 годы вместе с разрушением Советского Союза больно ударили и по научной фантастике, которая в чистом виде практически исчезла, уступив место развлекательной фантастике, фэнтези, альтернативной истории. Да, есть интересные авторы, хорошие произведения, но космос в них – не более чем место действия, поэтому об идеях космизма в них говорить не приходится. Да и в целом тема космоса сегодня на периферии интересов как авторов, так и читателей. И чтобы научная фантастика возродилась, нужны радикальные прорывы в науке, в освоении космоса. Без этого вряд ли писатели и читатели вернуться к космической теме.

Литература

1. Амнуэль П. Через двадцать миллиардов лет после конца света // Уральский следопыт. 1984. № 5.
2. Беляев А.Р. Собрание сочинений в 8 томах. М.: Мол. гвардия, 1963-1964.
3. Верн Ж. Собрание сочинений в 12 томах. М.: Гос. изд-во худ. лит-ры, 1954-1957.
4. Ефремов И.А. Туманность Андромеды // Собрание сочинений. Т. 3. М.: Советский писатель, 1993. С. 6-310
5. Ефремов И.А. Час Быка // Собрание сочинений. Т. 5. М.: Советский писатель, 1993. – 448 с
6. Казанцев А.П. Пылающий остров. М.: Сов. Россия, 1962. – 504 с.
7. Куприн А.И. Жидкое солнце // Русская фантастическая проза XIX – начала XX века. М.: Правда, 1989. 476 с.
8. Павлов С.И. Лунная радуга. М.: Армада, 1993. – 624 с.
9. Толстой А.Н. Аэлита. М.: Гос. изд-во худ. лит-ры, 1958. – 143 с.
10. Уэллс Г. Собрание сочинений в 15 томах. М.: Правда, 1964.
11. Циолковский К.Э. Вне Земли. М.: ООО «Луч», 2008. – 368 с.

УДК: 008

eLIBRARY.RU: 02.15.51

Мурадян О.А.

кандидат философских наук

доцент кафедры

Теории культуры, этики и эстетики

ИФиСПН ЮФУ

Ростов-на-Дону

ОБРАЗОВАНИЕ И ТВОРЧЕСТВО В ФОРМИРОВАНИИ РЕБЕНКА (В КОНТЕКСТЕ ИДЕЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО)

EDUCATION AND CREATIVITY IN THE FORMATION OF A CHILD (IN THE CONTEXT OF K.E. TSIOLKOVSKY'S IDEAS)

Аннотация. Анализируются взгляды К.Э. Циолковского на образование детей, а также его представления о роли творчества в процессе формирования личности. Данные идеи, включаются в современное представление о воспитании ребенка нового поколения и

его оформления как полноценного участника общественного организма.

Ключевые слова: образование, творчество, личность, поколение Альфа, К.Э. Циолковский.

Abstract. The theses present a brief analysis of K.E. Tsiolkovsky's views on issues related to the education of a child, as well as the role of creativity in the process of personality formation. These ideas are included in the modern idea of raising a child of a new generation and its design as a full-fledged participant in the social organism.

Keywords: education, creativity, personality, Alpha generation, K.E. Tsiolkovsky.

Становление личности – это сложный процесс взаимодействия различных факторов, влияющих как на психологическое состояние человека, так и на его восприятие необходимых для жизни навыков и умений, что направлено прежде всего на практическую составляющую. Необходимо создать те максимально эффективные условия существования и развития, которые позволят состояться человеку как личности в общественном организме в целом и в сфере приложения своих данных, профессии. В этом ключе, образование и творчество способствуют этому формированию, начиная с раннего возраста, когда сознание максимально восприимчиво и не затуманено стандартизацией, мешающей раскрытию потенциала. Однако, здесь же скрывается и противоречие этих понятий, ведущее к сложности их соединения. Творчество максимально открыто новому, необычному, а образование, в классической схеме, вводит каждый предмет изучения в рамки. Как тогда стоит объединить эти две составляющие одного процесса?

Современные дети особенные, так как мир сегодняшнего дня изменил не только взрослое поколение, которое подстраивается под новые реалии, но и создал новое поколение «цифровых младенцев», а затем уже и «цифровых школьников». Это поколение Альфа, по оценке социологов, педагогов имеет особое значение для будущего, так как его роль состоит «в подготовке к смене парадигм образования» [1, с. 42]. Вспоминается Т. Кун и его научные революции, К. Мангейм с анализом поколений и становится ясно, что разговоры о формировании человека должны вестись с позиции нынешней ситуации. Сегодня адаптируются все, происходит явный слом, трансформация социокультурной реальности. Сложность еще и в том, что ребенок Альфа (рожденные после 2010 года и до 2025 года), получая информацию из цифрового носителя, считает ее нормой,

учителям же приходится перестраивать свое мышление и демонстрировать не дюжие творческие навыки восприятия и воображения чтобы не просто не отстать, но еще и перенять новый цифровой язык, новый тезаурус для объяснения материала. Поэтому, если о критическом и креативном мышлении ранее мы говорили, рассматривая более высокую ступень образовательной системы, то теперь все глубже опускаемся в детство, в рамки начальной школы и дошкольного периода, и даже слышим, что «после трех уже поздно».

Зарубежные авторы, работающие в сфере философии образования, социологии, говорят, прежде всего, о развитии необходимых навыков для активного и эффективного будущего каждого ребенка. Подход к этим навыкам демонстрирует соединение как прагматической основы, так и философской: «6 C – это ключевые навыки, которые помогут всем детям стать мыслителями и предпринимателями» [2, с. 17], сделают их жизнь полноценной. «6 C» это: общение (communication), сотрудничество (collaboration), критическое мышление (critical thinking), содержание (content), творчество, уверенность (confidence). Отсюда возникает потребность формирования практических навыков и, конечно, самого мышления, позволяющего соединить информацию «внутри» и «снаружи». Становится очевидным, что необходимо нечто формирующее это мышление, способность головы выстраивать логические связи, адекватные всем ситуациям, в которые попадает человек, а чем лучше он с этим научится справляться в детстве, тем больше это принесет ему пользы в будущем. Подобные идеи в современном мире особенно актуальны, когда речь заходит о Soft или метапредметных навыках и Hard skills в рамках «четвертой промышленной революции» [3] и представлениях о компетенциях в образовании и выходе в профессию. Вот здесь и становится понятным как соотносятся образование и творчество сегодня: они неразрывно связаны, так как именно творческое мышление и рефлексивный взгляд на различные ситуации, позволяют обращать внимание на изучаемый материал, видеть в нем значимость и развивать все те навыки, которые необходимы в жизни. Поэтому, учитель должен не просто научить, а ввести в курс, обозначить проблемные моменты, заинтересовать, а также практически применить полученные с учениками навыки. В то же время, подходя к точке зрения К.Э. Циолковского, мы видим, что «школы не умеют пока делать из средних людей Ньютонов, Платонов, Марксов, Лапласов, Гельмгольцов, Ломоносовых, Уаттов, Райтов и т.д. Они неизвестным образом самозарождаются в народе» [4], пишет он в одной из социологических работ, и это несмотря на то, что сам был учителем в течение сорока лет, способным заинтересовать учеников,

но возможности самой школы при этом мыслитель ограничивал. Думаю, именно поэтому им была написана утопическая, по его собственным словам, статья «Какой тип школы желателен», отвечающая на основные вопросы об идеальном образовании ребенка. В обучении должны сочетаться желания и системность, движение по нарастающей от простого к сложному, что приведет человека к умению жить. В этом смысле автором выделяется пять основных системных элементов любой школы, идущие параллельно в процессе обучения ребенка и включающие: основы мышления, математику, общие науки, описательные науки и науки жизни – искусства [5]. Ключевыми являются общие науки, дающие основу восприятия и продвижения индустрии. «Надо дать как можно больше свободы и самостоятельности как учащим, так и их ученикам» [5]. Важно дополнение о том, что «творческая деятельность не может быть предметом школы, но орудия и благоприятные условия для нее могут предоставляться обществом» [5] тоже ценно, так как показывает разведение обучения и творчества, но в то же время дает возможность объяснить предыдущий тезис о том, что гении вырастают не на школьной скамье. В то же время, мы видим, что «утопический» взгляд Циолковского, по своей сути, вписывается в современные реалии, так как демонстрирует именно целостный подход к формированию как универсальных, так и профессиональных компетенций ребенка уже в рамках школьного обучения.

Что же позволяет совершать открытия и создавать новое? Здесь автор приходит к роли воображения в жизни человека, той способности, максимально отражающей творческую активность, позволяющей человеку жить как в реальном мире, так и мире, являющимся «подобием вселенной» [6]. Позднее, в «Двигателях прогресса» Циолковский обращается к понятию «восприятие», что вносит дополнительную корректировку и обращает внимание к приоритетным для него точным наукам. Однако, здесь автор и показывает параллель выбора человеком своего пути в будущее, в «прогресс», так как «восприимчивыми» являются ученые, а первооткрывателями те, кто менее восприимчив, но максимально творчески активен. Можно предположить, что тут как раз и находится место воображению, о котором шла речь ранее. Этих личностей мы не сможем определить с помощью экзаменационной схемы, в то время как первые поддаются оценке, но работают вероятнее в зоне трансляции опыта, а не генерации знания. Иными словами, за пределами зоны восприятия, «находится зона риска, но главное условие, при котором происходит развитие личности - выход за

пределы зоны комфорта в зону риска» [7]. Этим и отличается тот, кого можно назвать гением, он выходит в эту зону используя критическое мышление, креативность и способность к нестандартному решению задач.

Мы затронули в тезисах вопросы связанные с построением преподнесения знаний и роли педагогов, на плечах которых лежит этот основной груз ответственности за то, как усвоится материал, как он поможет в жизни ребенку и как он сможет приумножить эти знания в будущем и приложит их на конкретной почве в профессиональной среде. Вот здесь как раз и работает формула Циолковского, представленная им в «Планах преподавания арифметики и геометрии на 1892/93 учебный год» о том, что нужно смотреть на результаты слабейших в классе [8], ведь они главный показатель общего усвоения и желая учиться всей группы. Таким образом, мы должны сохранять творчество в образовании, которое в свою очередь должно наполнять деятельность самих учителей и сопровождать ту программу, которая направлена не на поглощение материала, а на его реальное усвоение и применение. Данный подход прослеживается в применении индивидуальных траекторий в образовании, поднимающих мотивационную активность, создании специализированных центров обучения талантливой молодежи, практикующих проектную работу, использование ТРИЗ-педагогике и других форм, позволяющих соединить творчество и образование в развитии и формировании личности ребенка.

Литература

1. Мухаметзянова Ф.Г., Степанова К.И. Размышления о новых поколениях, обучающихся и особенности поколения Альфа в глобальном образовании // Глобальная экономика и образование, 2021; 1 (2): с. 42-50
2. Голинокфф, Роберта Михник. Знать или уметь? 6 ключевых навыков современного ребенка/ Роберта Михник Голенкофф, Кэти Хирш-Пасек; пер. с англ. И. Матвеевой. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2018. – 368 с.
3. Шваб К. Четвертая промышленная революция / Клаус Шваб. — Москва: Эксмо, 2018. – 285 с.
4. Циолковский К.Э. Руководители человечества // URL: <https://www.tsiolkovsky.org/ru/kosmicheskaya-filosofiya/rukovoditeli-chelovechestva/>(дата обращения: 01.08.2022).

5. Циолковский К.Э. Какой тип школы желателен // URL: <https://www.tsiolkovsky.org/ru/kosmicheskaya-filosofiya/kakoj-tip-shkoly-zhelatelen/> (дата обращения: 01.08.2022).
6. Циолковский К.Э. Воображение (или цена мысли) // URL: <https://traumlibrary.ru/book/ciolkovskiy-schit-nauch-very/ciolkovskiy-schit-nauch-very.html#s010005> (дата обращения: 01.08.2022).
7. Ивонина А.И., Чуланова О.Л., Давлетшина Ю.М. Современные направления теоретических и методических разработок в области управления Ивонина А.И., Чуланова О.Л., Давлетшина Ю.М. Современные направления теоретических и методических разработок в области управления: роль soft-skills и hard skills в профессиональном и карьерном развитии сотрудников // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/90EVN117.pdf> (дата обращения: 01.08.2022).
8. Циолковский К.Э. Планы преподавания арифметики и геометрии в Калужском уездном училище на 1892/93 учебный год. <Не р. 04.02.1892> // Государственный Архив Калужской области. Ф. 165. Оп. 2. Д. 1597. Л. 1-1об., 2-2об., 126-128, 129-129об. - К.Э. Циолковский. Документы и материалы. 1879-1966 гг. Калуга, 1968. С. 28-31.

УДК: 908
eLIBRARY.ru: 13.00.00

Максимовская Н.А.
Союз журналистов РФ

**ДОМ НА ГЕОРГИЕВСКОЙ:
К ИСТОРИИ ОДНОГО ИЗ ПАМЯТНЫХ МЕСТ
К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В КАЛУГЕ**

**HOUSE ON GEORGIEVSKAYA: TO THE HISTORY
OF ONE OF THE MEMORABLE PLACES
OF K.E. TSIOLKOVSKY IN KALUGA**

Аннотация. Воссоздается история дома № 16 по ул. Георгиевской в Калуге. В этом доме с августа 1893 г. по март 1902 г. снимала квартиру семья К.Э. Циолковского. Здесь им был написан первый в мире труд по теоретической космонавтике «Исследование мировых пространств реактивными приборами» и десятки других важных работ, а также была построена первая в России аэродинамическая труба с открытой рабочей частью, на которой Циолковский проводил

многочисленные эксперименты. В свете проблемы сохранения этого знакового объекта культурного наследия рассматриваются предпринимаемые в этом направлении действия.

Abstract. The report provides information on the history of the house No. 16 on Georgievskaya St. in Kaluga. The family of the great scientist Konstantin Eduardovich Tsiolkovsky rented an apartment in this house from August 1893 to March 1902. Here he wrote the world's first work on theoretical cosmonautics "Exploration of World Spaces by jet devices" and dozens of other important works, and the first wind tunnel in Russia with an open working part was built, on which Tsiolkovsky conducted numerous experiments. In the light of the problem of preserving this iconic object of cultural heritage, the actions taken in this direction are considered.

Ключевые слова: дом № 16 на улице Георгиевской, дом Е.А. Сперанской в Калуге, в Калуге отреставрируют дом Циолковского.

Keywords: house No. 16 on Georgievskaya, E.A. Speranskaya's house in Kaluga, Tsiolkovsky's house will be restored in Kaluga.

В начале 1892 года Константин Эдуардович Циолковский переехал со своей семьей из Боровска в Калугу, где жил и работал до конца своих дней. Тема настоящего доклада – история и проблема сохранения важного объекта культурного наследия (далее ОКН), дома № 16 по ул. Георгиевской в Калуге. Здесь семья Циолковского снимала квартиру с августа 1893 г. по март 1902 г. Это строение сохранилось до наших дней, хотя и пребывает в удручающем состоянии.

Дом № 16 на Георгиевской представляет собой деревянное одноэтажное строение с кирпичным цоколем и светелкой. Исследователи считают датой его постройки первую четверть 19-го века. Хотя в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН) в качестве даты постройки указан 1892 год. Расположен дом на углу внутриквартального проезда, соединяющего улицу Пушкина с улицей Георгиевской. В период проживания Циолковских в этом доме он принадлежал калужанке Е.А. Сперанской, в 1901 году дом приобрел в собственность некий П.А. Победин; тогда же новым хозяином здесь был начат капитальный ремонт.

В этом доме Циолковский продолжил эксперименты по изучению сопротивления воздуха – сначала на простейших аэродинамических приборах, а затем на аэродинамической трубе, созданной в 1897 г. и ставшей первой в России аэродинамической трубой с открытой рабочей частью.

Здесь была написана научно-фантастическая повесть «Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения», опубликованная в 1895 г. В 1896 г. Константин Эдуардович начал писать наиболее известную и любимую космонавтами научно-фантастическую повесть «Вне Земли» о космическом полете группы ученых из разных стран, законченную позднее и вышедшую впервые отдельным изданием в 1920 г.

В доме № 16 по ул. Георгиевской Циолковским была написана его основная работа по авиации «Аэроплан, или птицеподобная (авиационная) летательная машина» (опубликована в 1894 г.), опередившая развитие авиации примерно на четверть века. К периоду жизни ученого на Георгиевской № 16 относятся написание и публикация ряда его статей, посвященных вопросам развития воздухоплавания и проекту цельнометаллического дирижабля с оболочкой переменного объема разработанной им системы: «Железный управляемый аэростат на 200 человек длиною с большой морской пароход», «Вопросы воздухоплавания (по поводу трудов по воздухоплаванию VII отдела Русского технического общества за период 1895-1900 гг.)», «Успехи воздухоплавания в XIX веке».

Но подчеркнем самое главное. Именно в этом доме в 1896 г., знакомом для Константина Эдуардовича, в результате долгих поисков и размышлений, он пришел к открытию ракеты как средства преодоления земного тяготения и выхода за пределы атмосферы и приступил к расчетам в области ракетодинамики. Из нескольких десятков написанных здесь работ, да и в целом из всего творческого наследия ученого, наиважнейшей является его научная статья «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (часть 1) – первый в мире труд по теоретической космонавтике (основные расчеты и выводы относятся к 1896-1898 гг., а общее время работы над ним – 1896-1902 гг.). Статья была опубликована в пятом номере журнала «Научное обозрение» за 1903 г., уже после переезда семьи Циолковских в несохранившийся до нашего времени дом на Лебедянецкой улице. Чрезвычайно важным является то, что Циолковский привел в этой работе выведенную им формулу конечной скорости ракеты (с двигателем на жидком топливе) – тем самым ученый дал научное, математическое обоснование возможности полета в космос и своими расчетами заложил основы теории космического полета. Благодаря этой знаменитой работе Циолковского наша Россия имеет приоритет в области космонавтики. Исток теоретической космонавтики, да и мировой космонавтики в целом, находится именно здесь, в том месте, где стоит дом под сегодняшним номером 16 на

улице Георгиевской в Калуге. Один только этот, неопровержимый факт побуждает задуматься над проблемой первостепенной важности – проблемой сохранения данного ОКН.

На фасаде дома № 16 по ул. Георгиевской висит мемориальная доска, требующая реставрации, а лучше - ее замены, со следующими словами (приводятся с сохранением пунктуации): «В ЭТОМ ДОМЕ С АВГУСТА 1893 ГОДА ПО МАРТ 1902 ГОДА ЖИЛ ВЕЛИКИЙ РУССКИЙ УЧЕНЫЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ ЗДЕСЬ ОН ИЗОБРЕЛ И ПОСТРОИЛ АЭРОДИНАМИЧЕСКУЮ ТРУБУ РАБОТАЛ НАД ПРОБЛЕМАМИ ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ И АВИАЦИИ СОЗДАЛ КАПИТАЛЬНЫЙ ТРУД «ИССЛЕДОВАНИЕ МИРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ РЕАКТИВНЫМИ ПРИБОРАМИ» ЗАЛОЖИВШИЙ ОСНОВЫ РАКЕТОДИНАМИКИ И КОСМОНАВТИКИ». Текст составлен в духе 1960-х годов и, объективности ради, в нем следует сместить акцент с аэродинамической трубы на «капитальный труд» Циолковского.

Дом № 16 по ул. Георгиевской получил статус ОКН регионального значения на основании Решения исполнительного комитета Калужского областного Совета депутатов трудящихся от 7.04.1978 г. № 249. Данный объект включен в единый государственный реестр объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на основании приказа Министерства культуры Российской Федерации от 16.12.2016 № 65012-р. В перечне объектов культурного наследия регионального значения этот дом числится под номером 12.

Долгое время дом находился в частной собственности.⁷ После ухода из жизни последних домовладельцев это ветхое, частично прогнившее строение перешло в собственность города. Согласно постановлению Городской Управы муниципальное жилое помещение дома в виде двух комнат общей площадью 52,7 кв. м было признано в 2017 г. непригодным для проживания. В настоящее время в доме никто проживает.

В последние годы дом был заброшен, запущен, замусорен и никак не защищен от доступа в него и обитания там лиц без определенного места жительства. Разбитые окна, закрытая на палку, а порою открытая наружная дверь, разбросанные возле дома бутылки – все это вызывало обеспокоенность калужан. А мусорные баки, установленные впритык к не достойному столь откровенного позора объекту

⁷ Городская Управа не предпринимала действий относительно ремонта дома, опираясь на закон, согласно которому реставрация или ремонт ОКН возлагается на собственника.

культурного наследия, давно уже выглядят как надругательство над Циолковским и издевательство над нашей историей и культурой.

Периодические всплески возмущения в социальных сетях практически ничего не давали. В 2017-2019 гг. было несколько письменных обращений от директора ГМИК им. К.Э. Циолковского (далее: ГМИК), руководства рабочей группы по сохранению исторической памяти при губернаторе Калужской области (далее: раб. группа) и представителей ВООПИИК в Городскую Управу и Управление по охране объектов культурного наследия по дому № 16 по ул. Георгиевской относительно защиты, ремонта и необходимости сохранения этого объекта. Однако эти обращения не имели ответных практических действий. Правда, по тревожным сигналам несколько раз вставлялись стекла в разбитые окна дома, и была забита входная дверь.

Вопрос о сохранении дома № 16 по ул. Георгиевской поднимался в докладах Научных чтений памяти К.Э. Циолковского (2017 г.) и круглого стола, организованного раб. группой, по теме «Калуга. Строя новое, не потерять историческое» (2019 г.). На заседаниях раб. группы и краеведческих мероприятиях не раз говорилось о необходимости сохранения данного ОКН и о целесообразности его передачи ГМИК с созданием в этом доме экспозиции. Специалисту музейного дела, без сомнения, понятно, что возможных тем для экспозиции может быть немало, что некоторые из них лежат на поверхности и что материалов для ее организации в фондах ГМИК предостаточно - дело только в энтузиазме музейщиков, желании сохранить знаковое калужское место и сделать его филиалом большого «музея космоса». Огорчает бездействие потомков ученого по отношению к этой культурно-исторической ценности, в частности уважаемый ветеран музейного дела, правнучка ученого Е.А. Тимошенко в интервью журналистке К. Коробовой, ярой противнице сохранения данного ОКН (2018 г.) отметила: «Мы к этому дому отношения не имеем. Дом не был собственностью семьи Константина Эдуардовича, это было съемное жилье. Тем не менее это дом значительный для творчества Циолковского... по сути, такие постройки наполнять нечем... И в то же время за то, что сейчас представляет собой этот дом, безумно стыдно». В конце 2010-х годов директор ГМИК Н.А. Абакумова выразила готовность взять дом на баланс музея; предложение было одобрено его ученым советом. Для передачи дома музею Городская Управа, как собственник данного объекта, должна была произвести в нем ремонтно-реставрационные работы. Это условие, однако, не было выполнено. В результате этой, практически бездейственной политики

Министерство культуры РФ и ГМИК официально отказались осенью прошлого года взять данный объект культурного наследия в федеральную собственность.⁸

В последние годы прокуратура, взявшая восстановление дома под контроль, неоднократно вносила представления Городскому Голове в связи с тем, что Горуправа не производит ремонт в доме № 16 по ул. Георгиевской. Но штрафы размером порядка 50-ти тыс. рублей не решали проблему. Главной причиной задержки с ремонтно-реставрационными работами, после перехода этого ОКН в муниципальную собственность, было отсутствие на него средств.

С приходом нового губернатора ситуация несколько изменилась. Весной прошлого года на данном объекте был организован субботник, в котором участвовали Губернатор Калужской области В. Шапша, Городской Голова Д. Денисов и начальник областного Управления по охране объектов культурного наследия Е. Чудаков. Была произведена зачистка крыши, уборка территории от мусора, вырубка кустарника, очистка мемориальной доски.

Из сообщений журналистов в апреле 2021 г. следовало, что областная и городская власть четко определили дальнейшую судьбу дома и наметили этапы работ с данным ОКН. Было принято решение разработать проект реставрации и капитально отремонтировать и отреставрировать его. Причем, разработка полноценного проекта реставрации ставилась во главу угла. После этого предполагалось рассмотрение вопроса передачи дома в федеральную собственность и затем, как возможность, его передачи в пользование ГМИК. Конечной целью работ являлось сохранение дома как одной из достопримечательностей калужской земли и включение его в туристическую составляющую города. На прошлогоднем апрельском заседании регионального правительства губернатор В. Шапша дал следующие указания Городскому Голове Д. Денисову касательно проекта реставрации: «...Нам в ближайшее время нужно получить проект по реконструкции этого дома, он должен приобрести тот вид, в котором он был, когда Константин Эдуардович там жил и работал. Это будет очень важный объект для Калуги. И с исторической точки зрения, и с эстетической. Мы должны сделать это в ближайшее время».

Некоторые нюансы задуманной реставрации. По словам Е. Чудакова из его интервью телерадиокомпании «Ника» (апрель 2021 г.),

⁸ В случае передачи данного объекта ФГБУК «ГМИК им. К.Э. Циолковского» необходимо будет изменить статус данного ОКН регионального значения на федеральный.

реставрация объекта будет проводиться на основе исторических документов; пристройки советского периода, скорее всего, подвергнутся демонтажу; предстоит замена конструктивных элементов строения, прогнивших элементов сруба; полностью будет усилен фундамент; кровельное шиферное покрытие, не характерное для периода жизни в этом доме Циолковских, должно быть заменено на кровлю железом с фальцевым соединением как классический вариант для ОКН.

Осенью прошлого года дом был наглухо обнесен рабицей со всех сторон, кроме стороны фасада. Тогда же калужские депутаты приняли решение выделить 200 тыс. рублей на ремонт дома (?!). На этом прошлогодние мероприятия по дому № 16 по ул. Георгиевской закончились. Однако после последнего судебного процесса в начале 2022 года в отношении невыполненных Городской Управой мер по сохранению дома № 16 по ул. Георгиевской были предприняты конкретные действия. А именно: положено начало разработке проекта реставрации дома, которая должна быть завершена до конца текущего года. По неофициальной информации весной Горуправой были, якобы, «найжены» средства, которых достаточно для проведения на данном объекте срочных аварийно-спасательных работ. Пока они не проводятся. К борьбе за сохранение дома Циолковского летом этого года подключились интернет-ресурсы и телевидение, отреагировавшие на заброшенное состояние дома, разбитые окна в нем, разорванную рабицу и снова открытую дверь, а на канале ГТРК «Калуга» прошел видеосюжет с участием членов рабочей группы Н.А. Максимовской и Н.Н. Брокмиллера.

Такова затянувшаяся история по спасению не прошедшего, согласно закону, консервацию и пока погибающего объекта культурного наследия.

Представленное исследование основано на анализе публикаций, в т. ч. интернет-источников, и материалов переписки организаций с учетом результатов деятельности раб. группы, ВООПИИК и собственных инициатив автора доклада в этом направлении.

УДК 73.027.1:7.071.1:(7.041.2+7.041.5):629.765
eLIBRARY.RU: 18.31.21

Мусатова Т.П.
союз журналистов Москвы

**ИЗ ИСТОРИИ ПАМЯТНИКА К.Э. ЦИОЛКОВСКОМУ
В СКВЕРЕ МИРА В КАЛУГЕ**

**FROM THE HISTORY OF THE MONUMENT
TO K.E. TSIOLKOVSKY
IN THE PEACE SQUARE IN KALUGA**

Аннотация. Обсуждение 3-х разных макетов памятника К.Э. Циолковскому на художественно-экспертных советах по монументальной скульптуре Министерства культуры СССР. Макеты представлял А.П. Файдыш-Крандиевский. Он же выполнил памятник вместе со своей матерью, скульптором Н.В. Крандиевской. Макет памятника Циолковского с ракетой был создан калужским скульптором-монументалистом А.Н. Ребровым. На Калужском турбинном заводе в конце 1960-х начале 1970-х годов начали производить сувенирную продукцию в виде памятника К.Э. Циолковского с ракетой.

Ключевые слова: макеты памятника К.Э. Циолковскому, художественно-экспертные советы, Министерство культуры СССР, А.П. Файдыш-Крандиевский, Н.В. Крандиевская, А.Н. Ребров, Калужский турбинный завод, сувенир.

Abstract. 3 different models of the monument to K.E. Tsiolkovsky was discussed at the artistic expert councils on monumental sculpture of the USSR Ministry of Culture. The models were presented by A.P. Faydysh-Krandievsky. He also created the monument together with his mother Krandievskaya, who was also a sculptor. The model of the monument to Tsiolkovsky with a rocket was created by Kaluga monumentalist A. N. Rebrov. The production of souvenirs in the form of a monument to Tsiolkovsky with a rocket was launched at the Kaluga Turbine Plant at the end of 1960-1970.

Keywords: models of the monument to K.E. Tsiolkovsky, artistic expert councils, Ministry of Culture of the USSR, A.P. Faydysh-Krandievsky, N.V. Krandievskaya, A.N. Rebrov, Kaluga Turbine Plant, souvenir.

Главному управлению изобразительных искусств Казиятко А.Г. было дано распоряжение спроектировать в 1956 году памятник К.Э. Циолковскому для установки в г. Калуге. А Главному управлению по производству фильмов (тов. Федорову А.С.) создать полнометражный художественный биографический фильм «Циолковский», а также выпустить к юбилейным дням документальный фильм о К.Э. Циолковском [1]. В 1957 году, в канун

100-летия со дня рождения К.Э. Циолковского, на экраны страны вышел первый цветной художественный научно-популярный фильм «Дорога к звездам» киностудии «Леннаучфильм» режиссера постановщика П.В. Клушанцева, операторами были А.В. Лаврентьев и М.А. Гальпер, авторами сценария Б.В. Ляпунов и В.И. Соловьев. Премьера фильма состоялась в Красном уголке управления Московско-Киевской железной дороги. В Калуге 25 декабря 1957 г. областным управлением культуры и дирекцией кинотеатра «Ударник» был организован «общественный просмотр кинофильма «Дорога к звездам» с участием режиссера Л.И. Пресняковой, оператора М.А. Гальпера и директора кинокартины Штейнберга».

Скульпторы эскизы проектов памятника К.Э. Циолковскому начали представлять уже с 1953 года, готовясь к грандиозной дате со дня рождения великого гения, выдающегося теоретика космонавтики, впервые математически обосновавшего использование ракет для полетов за пределы земной атмосферы, а также автора ряда оригинальных идей – многоступенчатой ракеты (названной им «ракетным поездом»), орбитальных станций, космического лифта. И в 1897 г. получившего свою знаменитую формулу, устанавливавшую зависимость между скоростью ракеты в любой момент, скоростью истечения газов из сопла, массой ракеты и массой топлива.

Художественно-экспертные советы по монументальной скульптуре начали рассматривать проект памятника К.Э. Циолковскому для г. Калуги 16 января 1956 года и обсуждения шли более полутора лет. Из стенограмм заседаний художественно-экспертного совета по монументальной скульптуре можно понять, что в 1956 году рассматривались уже прошедшие отбор три представленных варианта памятника К.Э. Циолковскому, причем один эскиз был на бумаге в чертеже – К.Э. Циолковский с ракетой.

Члены художественно-экспертного совета по монументальной скульптуре в 1956 году: Сысоев П.М., Мотовилов Г.И., Манизер М.Г., Томский Н.В., Зотов А.И., Замошкин А.И., Федоров В.А, Цигаль В.Е, Бондаренко П.И., Заварзин А.А., Аллахвердянц А.С., Вучегич Е.В., Орлов С.М.

П.И. Бондаренко (1917-1992), скульптор, 1 октября 1956 года: «У меня симпатия к фигуре с палкой в левой руке» [2].

А.П. Файдыш-Крандиевский (1920-1967), скульптор-монументалист, 25 декабря 1956 года: «На днях были представители Института истории и техники. Они нашли в композиции какую-то взлетную площадку. Ракета поднимается в воздух. Они заинтересовались этим потому, что им звонят из Обкома Калуги и

беспокоятся. Им этот вариант понравился, и они будут его поддерживать» [3].

А.С. Аллахвердянц (1904-1985), скульптор, график, 1 октября 1956 года: «В этой вещи большая монументальность. Второй и третий макет – случайная форма, в большом - он хочет куда-то добраться, но не дошел» [2].

А.А. Заварзин (1900-1980), архитектор и градостроитель, 25 декабря 1956 года, практически на последнем заседании по обсуждению и выбору макета памятника: «Авторы сделали круг. Сейчас эта вещь наиболее приближается к первому предложению, которое было сделано в чертеже. Авторы прошли через ряд проб и в конце концов пришли к прежней идее [3].

В протоколе заседания художественно-экспортного совета от 17 апреля 1957 года обсуждалась представленная скульптура размером в 2 метра. Рекомендовано рабочую модель памятника К.Э. Циолковского увеличить. «Выполненную модель скульптор обязан сдать: в глине - 25 июля 1957 года, в гипсе - 15 ноября 1957 года. Скульптор - А.П. Файдыш-Крандиевский, помощник - Крандиевская Н.В.» [4].

Макет памятника К.Э. Циолковскому с ракетой был создан калужским скульптором-монументалистом, учившимся в 6-й школе среди первых учеников 3-й группы II ступени у К.Э. Циолковского и впоследствии хорошим его знакомым, Ребровым Анатолием Николаевичем, который был освобожден после репрессий в середине 1952 года, а в 1953-м участвовал в конкурсе на создание памятника великого ученого [5]. Скульптор бывал дома у К.Э. Циолковского, беседовал с ним о космосе и ракете. Ребров А.Н., также, как и сам К.Э. Циолковский, опередил время; до сих пор этот монумент актуален и соответствует нынешним тенденциям.

Макет для памятника был выбран калужанами, Обкомом г. Калуги, поддержан художественно-экспертным советом по монументальной скульптуре Министерства культуры СССР, затем гениально воплощен в жизнь А.П. Файдыш-Крандиевским, вместе с Н.В. Крандиевской, т. к. кандидатура самого Реброва, ввиду недавних репрессий, не рассматривалась.

В конце 1960-х - начале 1970-х годов на Калужском турбинном заводе наладили производство сувенирной продукции в виде памятника К.Э. Циолковского с ракетой. Выпускали партиями по 500-1000 штук. У истоков продукции народного потребления, сувенирной продукции, стоял В.М. Талдыкин. Эти сувениры вручались космонавтам, иностранным гостям, заслуженным людям государства,

посещающим Калугу, Государственный музей истории космонавтики им. К.Э. Циолковского, Дом-музей К.Э. Циолковского. В 2007 году к 150-летию со дня рождения К.Э. Циолковского по распоряжению заместителя директора Рухова Н.Н., бывшего начальника отдела по товарам народного потребления КТЗ, возобновили выпуск сувенира. Скульптурное изображение К.Э. Циолковского отливали из чугуна, а ракету - из алюминия. В Центральном доме авиации и космонавтики ДОСААФ России г. Москвы на ул. Красноармейской, д.4 у главного хранителя музея В.А. Яценко в экспозиции подарков и призов на видном месте стоят два сувенира. Еще один сувенир находится на столе в кабинете директора с автографами космонавтов.

На Международном кинофестивале программ и фильмов о космосе «Циолковский», который проводится с 2020 года в г. Калуге, и главной площадкой кинофестиваля является Государственный музей истории космонавтики им. К.Э. Циолковского, существуют разные награды и призы, и среди них есть приз в виде Циолковского с ракетой, мини-копия памятника, стоящего в сквере Мира г. Калуги.

Литература

1. Архив Министерства культуры СССР. Ф. 1. Оп. 8. Л. 110.
2. Стенограмма заседания художественно-экспортного совета по монументальной скульптуре. 1 октября 1956 г. // РГАЛИ. Ф. 2329. Оп. 4. Д. 533.
3. Стенограмма заседания художественно-экспертного совета по монументальной скульптуре от 25 декабря 1956 г. // РГАЛИ. Ф. 2329. Оп. 4. Д. 543.
4. РГАЛИ. Ф. 2329. Оп. 5. Д 10. С. 34.
5. Мусатова Т.П. Художник-скульптор монументалист Ребров А.Н. – М.: Компания Спутник+, 2008. – 40 с.

УДК 629.7

eLIBRARY.RU: 55.42.49

Рахманин В.Ф.

кандидат технических наук
ветеран АО «НПО Энергомаш
им. академика В.П. Глушко»

Судаков В.С.

главный специалист
АО «НПО Энергомаш»

Колинова С.А.

**АКАДЕМИК В.П. ГЛУШКО – НАЧАЛЬНИК И ГЛАВНЫЙ
КОНСТРУКТОР ОКБ-456 (КБ ЭНЕРГОМАШ),
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ КОНСТРУКТОР НПО «ЭНЕРГИЯ»:
ЧЕРТЫ ХАРАКТЕРА**

**ACADEMICIAN V.P. GLUSHKO – HEAD AND CHIEF DESIGNER
OF OKB-456 (ENERGOMASH DESIGN BUREAU), GENERAL
DESIGNER OF NPO ENERGIA:
CHARACTER FEATURES**

Аннотация. Валентин Петрович Глушко вошел в историю отечественной ракетно-космической техники в качестве основоположника ракетного двигателестроения. Апофеозом творческого подвига В.П. Глушко стала разработка до сих пор не превзойденной по мощности ракеты-носителя «Энергия». В.П. Глушко прожил долгую, временами трудную, но в целом счастливую жизнь. Он успешно преодолел крутые повороты в его жизни, ощутил восторг звездных взлетов и горечь драматических утрат. Он многого достиг благодаря своей врожденной одаренности, включая не только выдающиеся интеллектуальные способности, но и такие черты характера как целеустремленность, упорство, переходящее порою в упрямство для достижения цели, честолюбие как мотивированность для решения поставленной задачи, стремление к самосовершенствованию, способность успешно воспринимать положительный опыт выдающихся исследователей науки, а также умение сплотить вокруг своих научных идей единомышленников и вдохновить их на осуществление еще никому не известных научно-технических достижений.

Ключевые слова: ракетно-космическая техника, история, черты характера, ракетный двигатель, ракета-носитель.

Abstract. Valentin Petrovich Glushko entered in history of Russian rocket and space technology as founder of rocket engine building. Development of Energy launch vehicle, which has not yet been surpassed in power, was apotheosis of V. Glushko's creative feat. V. Glushko lived a long, sometimes difficult, but generally happy life. He successfully overcame sharp turns in his life, felt delight of stellar ups and bitterness of dramatic losses. He achieved a lot thanks to his innate giftedness, including not only outstanding intellectual abilities, but also such character features as

purposefulness, perseverance, sometimes turning into stubbornness to achieve a goal, ambition as motivation to solve a task, desire for self-improvement, ability to successfully perceive positive experience of outstanding researchers of science, as well as ability to rally around their scientific ideas of like-minded people and inspire them to implement scientific and technical achievements that are not yet known to anyone.

Keywords: rocket and space technology, history, character features, rocket engine, launch vehicle.

Постоянные в течение многих лет успехи в создании ЖРД коллективом ОКБ под руководством Глушко связаны с выполнением ряда неписанных правил.

К первому из них следует отнести наличие творческого актива, своеобразной научно-технической элиты КБ, составляющей ближний круг главного конструктора. Кроме плановых работ они выполняли личные поручения Глушко по проведению расчетных оценок перспективных проектов. Эта группа руководящих работников пользовалась доверием главного конструктора, они имели право в рамках своей компетенции самостоятельно принимать технические или организационные решения. Результаты таких решений бывали разные, случались и ошибочные. В таких случаях Глушко на специально проводимом совещании выяснял причины принятия ошибочного решения. И если допущенная ошибка была следствием творческого поиска или выходила за пределы имеющегося опыта проведения аналогичных работ, Глушко предлагал автору ошибочного решения более внимательно относиться к своим обязанностям, при этом называл неудачника *коллега*. Это вполне безобидное слово у Глушко приобретало иронический смысл, все понимали, что оно используется вместо более подходящего в этом случае «крепкого» выражения из области «производственной» терминологии или уличной лексики.

Если же выяснялось, что ошибка являлась следствием нерадивости, неорганизованности, технической безграмотности, желания отличиться – виновный получал по заслугам. В таких случаях Глушко был беспощаден. Он не опускался до употребления уличной брани, а глядя в упор на проштрафившегося негромким голосом произносил, казалось бы, безобидную фразу: «С вами невозможно работать». Но эта фраза - приговор оказывала на виновного сильное воздействие, т. к. означала, что он выпадает из круга доверенных лиц и впредь Глушко не будет с ним контактировать.

Вторым фактором, обеспечивающим устойчивость успешной работы ОКБ Глушко, следует признать организацию оценки

творческой работы и формы принятия технических решений. Каждый разработанный вариант конструкции проходил последовательное ступенчатое обсуждение в группе, секторе, отделе, рассматривался у заместителя главного конструктора. Завершающим этапом было совещание у Главного конструктора. Надо отметить, что совещания у Глушко составляли важную часть производственного процесса, к ним готовились серьезно, заместитель главного конструктора заранее согласовывал с Глушко тему и время проведения совещания, он же определял состав участников. Высказываемые по ходу совещания предложения Глушко воспринимал с непроницаемым выражением лица, реагируя, разве лишь на совсем уж одиозные, которые редко, но случались. Так что предугадать, какому предложению заранее отдает предпочтение Глушко, не представлялось возможным.

Так бывало при обсуждении рядовых производственных вопросов. Однако, в случае возникновения принципиальной технической проблемы Глушко в споре с псевдонаучными оппонентами или инакомыслящими чиновниками соответствующего уровня настолько твердо отстаивал свое мнение, что многие считали его поведение проявлением упрямства. Впрочем, это так и было. Этой чертой характера он был наделен в достаточной мере и в процессе его многолетней практической деятельности подобные способы ведения споров до победного конца случались неоднократно и, как правило, приводили к успеху.

Иногда после совещания Глушко делал пометки в своей маленькой карманной записной книжечке о дате и исполнителе принятого решения. Это был его личный контроль исполнительной дисциплины. Исполнитель был обязан без дополнительного согласования в указанный срок доложить о выполнении принятого решения. В случае невозможности выполнения поручения в назначенный срок, исполнитель должен был заранее обосновать необходимость продления срока. Глушко детально, до мельчайших подробностей разбирался в причинах срыва назначенного срока и только убедившись, что исполнителем были предприняты все меры для выполнения работы в срок, соглашался на более поздний срок завершения работ.

При всей своей занятости, Глушко внимательно следил за появлением новых научно-технических публикаций. На его рабочем столе постоянно находились свежие отечественные и иностранные научные журналы, и вновь поступившие технические бюллетени. После просмотра этой литературы некоторые издания Глушко направлял для изучения работникам расчетно-теоретического и

конструкторских отделов. Такая, казалось бы, превышающая человеческие возможности трудоспособность являлась следствием чрезвычайной организованности своего личного времени и умения выделить из «*моря дел*» (так любил говорить о своей занятости Глушко) главные и первостепенные.

В процессе подписания писем Глушко проявлял повышенную требовательность не только к их смысловому содержанию, но и к грамматическому изложению текста, причем это требование распространялось на любое письмо независимо от адресата, будь это письмо в адрес министра или канцелярская «отписка» по хозяйственным делам.

Требовательность соблюдать русский литературный язык распространялась и на разговорную речь в общении с ним. Глушко негативно воспринимал используемые сотрудниками КБ в своих выступлениях или докладах на совещаниях привычные им, но недопустимые, по его мнению, к употреблению в нашей речи вульгаризмы и производственный жаргон.

Б.Е. Черток так охарактеризовал стиль работы Глушко: «Почти ежедневные непосредственные контакты убедили меня, что кажущаяся придирчивость в действительности есть настойчивая требовательность делать свою работу чисто, четко и тщательно. Он не терпел небрежности ни в технических идеях, ни в документах, даже бюрократические отписки требовал формулировать хорошим русским языком».

Всем работающим с Глушко была хорошо известна его повышенная требовательность к соблюдению производственной дисциплины, в частности ко времени начала назначенного им совещания. Оно начиналось минута в минуту, опоздание не допускалось, и если Глушко уже занял свое рабочее место во главе стола, то лучше было в кабинет не входить.

Однажды начальник комплекса огневых испытаний В.Л. Шабранский, по независимым от него причинам опоздал к началу совещания у Глушко на 3-4 минуты. Войдя в кабинет, он извинился и хотел объяснить причину опоздания, но Глушко не стал его слушать, а спокойным ровным голосом перебил: «Виталий Леонидович! Мы уже работаем и успешно продолжим без вашего участия».

Реакция Глушко на нарушение существующего порядка выглядит рядовым случаем, только вот опоздавший был не рядовым работником. Глушко выставил за дверь В.Л. Шабранского - Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской премии, доктора

технических наук, ветерана-казанца, с семьей которого семья Глушко состояла в дружеских отношениях.

Этим поступком Глушко подтвердил, что соблюдение дисциплины является принципиальным требованием и распространяется на всех работников предприятия.

Следующий случай принятия Глушко принципиального решения, определившего его дальнейшую жизнедеятельность, произошел в 1974г. Секретарь ЦК КПСС по военно-промышленным вопросам Д.Ф. Устинов в мае 1974г предложил В.П. Глушко возглавить развертывание работ по новой космической программе. Глушко предлагалось сделать еще один неординарный шаг, на этот раз наиболее значимый в его творческой биографии.

Глушко понимал, что ему предлагается вернуть утраченную СССР роль лидера в мировой космонавтике после провала проекта Н-1. Предстоящие технические и организационные трудности работы в должности, предложенной Устиновым, и личная ответственность за успешное решение поставленной задачи не смущали Глушко, и он принял предложение Устинова.

Один из технических руководителей разработки МКС «Энергия-Буран» Ю.П. Семенов так оценил значение и вклад В.П. Глушко в создание этого комплекса: «Валентин Петрович Глушко был наш великий соотечественник, великий ученый, великий гражданин нашей страны. У него было одно беспокойство, чтобы наша страна была мощной, и чтобы создаваемые им изделия превосходили все аналогичное, что создавалось за рубежом. О его активной деятельности можно сказать, что без Валентина Петровича не было бы ни того двигателя, который вынес на орбиту мощную ракету «Энергия», аналогов которой и сегодня нет во всем мире, ни самой «Энергии». Его настойчивость, упорство и упрямство при отстаивании технической идеи дали возможность успешно завершить работу. Нужно честно признать, что без Глушко комплекс «Энергия-Буран» не был бы создан».

Техническое наследие Глушко продолжает эффективно использоваться в конструкции реальных двигателей нашего времени.

Пожизненные награды и звания уходят вместе с кончиной человека, а память о нем остается потомкам в земных и небесных мемориалах, в его трудах и книгах... Память о В.П. Глушко – нашем соотечественнике и патриоте Родины, пионере и творце ракетной техники, основоположнике ракетного двигателестроения в нашей стране, обеспечившим прорыв человечеству в космос, сохранится в веках...

УДК 531.8
eLIBRARY.RU: 30.01.09

Базанчук Г.А.
Гартиг Е.Б.
Кураков С.В.
кандидат технических наук
доцент
Шкапов П.М.
доктор технических наук
профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Штрихи биографии Н.Е. Жуковского
(ПО материалАМ личного дела УЧЕНОГО
в Императорском Московском
Техническом Училище)**

**STROKES OF N.E. ZHUKOVSKY'S BIOGRAPHY
FROM ARCHIVAL MATERIALS
OF HIS PERSONAL FILE OF THE IMPERIAL
MOSCOW TECHNICAL SCHOOL**

Аннотация. На основе архивных материалов из личного дела Н.Е. Жуковского даются основные фактические сведения о начале и дальнейшей его работе в Императорском Московском Техническом Училище (затем МВТУ). Отмечено неразрывное единство с работой в Императорском Московском Университете, других учебных заведениях. Показана связь исследований Н.Е. Жуковского с последующим развитием ракетостроения и космонавтики.

Ключевые слова: Николай Егорович Жуковский, Императорское Московское Техническое Училище, личное дело, музей МГТУ имени Н.Э. Баумана.

Abstract. On the basis of archival materials from the personal file of N.E. Zhukovsky the basic factual information about the beginning and further his work at the Imperial Moscow Technical School (then MVTU) is given. An inseparable unity with his work at the Imperial Moscow University and other educational institutions is noted. The connection of N.E. Zhukovsky's researches with the further development of rocket engineering and cosmonautics is shown.

Keywords: Nikolay Yegorovich Zhukovsky, Imperial Moscow Technical School, personal file, Bauman Moscow State Technical University Museum.

17 января 2022 году отмечалась знаменательная дата – 175 лет со дня рождения великого русского ученого, механика, математика, создателя прикладной аэродинамики и гидромеханики как наук, основателя российской школы авиации Николая Егоровича Жуковского. Таким его знает большинство соотечественников и весь научный мир.

В музее МГТУ им. Н.Э. Баумана есть уникальный экспонат-подлинник – личное дело Н.Е. Жуковского, формулярный список [1], состоящий из 247 страниц как рукописного, так и печатного текста. Пожелтевшие страницы, старательно пронумерованные педантичным служащим, а за ними – период жизни, связанный с Высшим техническим училищем, длиною в 49 лет.

Жизнь нашего великого соотечественника широко освещена в многочисленных биографических изданиях, написанных как по воспоминаниям знавших его соратников и учеников, так и профессиональных историков науки. Значительное место в этих изданиях занимают работы представителей МГТУ им. Н.Э. Баумана, [2-5].

К юбилею Николая Егоровича Жуковского в 2017 году в серии «Интеллектуальное наследие отечественной инженерной школы» было выпущено репринтное издание одной из его самых известных работ, опубликованной в 1885 году, но оказавшейся очень актуальной и востребованной много позже с развитием ракетной техники [6]. В декабре 2021 года в МГТУ им. Н.Э. Баумана проводилась конференция FARM-2021, которая была посвящена 175-летию со дня рождения Н.Е. Жуковского [7].

Литература

1. Личное дело Н.Е. Жуковского // Музей МГТУ им. Н.Э. Баумана. Ф. Н.Е. Жуковского. Оп. 1. КП. 667. 247 л.
2. Веселовский И.Н. Очерки по истории теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1974.
3. Анцупова Г.Н. МГТУ глазами историка. Издание второе, исправленное и дополненное, М., изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.
4. Научные школы Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана. История развития / Под редакцией

И.Б. Федорова и К.С. Колесникова. Изд. второе, доп. М., изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.

5. Шкапов П.М. О создании кафедры теоретической механики и одноименной научно-педагогической школы в Императорском Московском Техническом Училище (к 170-летию со дня рождения Николая Егоровича Жуковского) // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.– № 12. (<http://technomag.neicon.ru/doc/852649.html>)

6. Жуковский Н.Е. О движении твердого тела, имеющего полости, наполненные однородной каплевой жидкостью / Н.Е. Жуковский. – Репр. Изд. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 158 с. (Интеллектуальное наследие отечественной инженерной школы).

7. Международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные задачи механики FARM-2021», Москва, 7–10 декабря 2021 г. Материалы конференции. В двух частях // Инженерный журнал: наука и инновации, №5(125)/2022, раздел «Научные конференции». DOI: 10.18698/2308-6033-2022-5-2182

УДК: 929

eLIBRARY.RU: 03.00.00

Лосицкий В.П.
Генеральный директор
Фонда поддержки
детского технического творчества
имени летчика-космонавта СССР
Героя Советского Союза
А.А. Сереброва

**К ИСТОРИИ АРЕСТА
И.Т. КЛЕЙМЕНОВА И Г.Э. ЛАНГЕМАКА
СОТРУДНИКАМИ ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НКВД**

**ON THE HISTORY OF THE ARREST
OF I.T. KLEIMENOV AND G.E. LANGEMAK
BY EMPLOYEES OF THE MAIN DIRECTORATE
OF STATE SECURITY OF THE NKVD**

Аннотация. В начале ноября 1937 года органами НКВД были арестованы директор НИИ-3 И.Т. Клейменов и главный инженер НИИ-3 Г.Э. Лангемак. Эхо тех событий продолжает отзываться и сегодня. На основе многочисленных малоизвестных архивных документов автор предпринимает попытку установить реальную последовательность произошедших тогда событий и разносторонне изучить их причины и последствия.

Ключевые слова: Клейменов, Лангемак, Глушко, Королев, НИИ-3, репрессии.

Abstract. In early November 1937, the NKVD arrested the director of the Research Institute-3 I.T. Kleimenov and the chief engineer of the Research Institute-3 G.E. Langemak. The echo of those events continues to echo today. On the basis of numerous little-known archival documents, the author attempts to establish the real sequence of events that occurred then and comprehensively study their causes and consequences.

Keywords: Kleimenov, Langemak, Glushko, Korolyov, Research Institute-3, repression.

В докладе освещается одна из многих историй незаконных репрессий в СССР в предвоенные 1937-1938 годы - арест руководителей НИИ-3 (Реактивного Научно-Исследовательского института) И.Т. Клейменова и Г.Э. Лангемака, а также сотрудников института В.П. Глушко и С.П. Королева.

В Российском историческом обществе нет документально подтвержденного материала, свидетельствующего о конкретных виновных в уничтожении руководящего состава НИИ-3, что приводит к недостоверной трактовке роли отдельных участников тех далеких от нас событий.

Для объективного анализа фактов, связанных с арестом руководящего состава НИИ-3, приводятся в хронологической последовательности ключевые даты проведения следствия в отношении И.Т. Клейменова и Г.Э. Лангемака. Всесторонне изучены хранящиеся в архиве ФСБ России документы:

следственное дело № 13630 И.Т. Клейменова, протоколы допросов И.Т. Клейменова от 15.12.1937 и 16.12.1937, обвинительное заключение по следственному делу № 13630 по обвинению И.Т. Клейменова в преступлениях, предусмотренных ст. ст. 58-6, 58-7, 58-8, 58-11 УК РСФСР, приговор Военной Коллегии Верховного Суда СССР от 10.01.1938, согласно которому И.Т. Клейменов подлежал высшей мере наказания - расстрелу с конфискацией всего лично ему принадлежавшего имущества;

следственное дело № 3284 Г.Э. Лангемака, заявление Г.Э. Лангемака на имя Генерального комиссара Государственной безопасности от 14.11.1937, протокол допроса Г.Э. Лангемака в декабре 1937 года, обвинительное заключение от 20.12.1937 по следственному делу № 13630 по обвинению Г.Э. Лангемака в преступлениях, предусмотренных ст. ст. 58-6, 58-7, 58-8, 58-11 УК РСФСР, приговор на Г.Э. Лангемака Военной Коллегии Верховного Суда СССР от 11.01.1937, согласно которому Г.Э. Лангемак подлежал высшей мере наказания - расстрелу с конфискацией всего лично ему принадлежащего имущества.

Также изучены материалы следствия по архивно-следственным делам И.Т. Клейменова и Г.Э. Лангемака, проведенного в 1955 году Военной Коллегией Верховного Суда СССР.

В ходе ознакомления с названными документами особое внимание уделено вопросу о виновных в арестах И.Т. Клейменова, Г.Э. Лангемака, В.П. Глушко и С.П. Королева.

Отмечено, что следствие, проведенное в 1955 году, подошло необъективно к оценке роли следователей Луховицкого и Шестакова в ведении следственных дел И.Т. Клейменова и Г.Э. Лангемака. Если в отношении бывшего работника НКВД Луховицкого, допустившего необъективное расследование дела Клейменова, в результате чего Клейменов был неосновательно осужден к высшей мере наказания, следствие просило Военную Коллегию Верховного Суда СССР вынести частное определение, то в отношении Шестакова вообще ничего не было заявлено. Думаю, что столь лояльное отношение следствия к Шестакову было обусловлено тем, что на момент допроса в 1955 году он был действующим начальником 1-го отдела Главного Управления КГБ при Совете Министров СССР.

В связи с большим объемом архивных дел дальнейшее изучение данной темы продолжается и возможные новые исторические факты станут предметом пристального изучения автора.

УДК 629.7

eLIBRARY RU: 29748378

Кацунова Л.Н.
ученый секретарь
ГМИК им. К.Э. Циолковского

**ПЕРВОПРОХОДЦЫ НЕИЗВЕСТНОСТИ
ИЛИ ЗАБЫТЫЕ ГЕРОИ:
ПОДВИГ ПЕРВЫХ ИСПЫТАТЕЛЕЙ
СОВЕТСКОЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ
(1953-1963)**

**PIONEERS OF THE UNKNOWN OR FORGOTTEN HEROES:
THE FEAT OF THE FIRST TESTERS
OF SOVIET ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY
(1953-1963)**

Аннотация. История научно-экспериментальных исследований по определению пределов возможностей человеческого организма.

Ключевые слова: Институт авиационной и космической медицины, испытатель космической техники, школа младших авиационных специалистов, система медико-биологического обеспечения жизнедеятельности человека в космическом полете.

Abstract. The history of scientific and experimental research to determine the limits of the capabilities of the human body.

Keywords: Institute of Aviation and Space Medicine, a space technology tester, a school of junior aviation specialists, a system of medical and biological support for human life in space flight.

Рассказ о работе испытателей открывает еще одну неизвестную страницу истории великих свершений покорителей космоса.

Для конструирования пилотируемой космической техники к началу 50-х годов начинаются исследования по изучению пределов человеческого организма. Научно-исследовательский испытательный институт авиационной медицины ВВС (НИИИ АМ ВВС) – единственный научный центр в СССР, которому разрешено проводить испытания на людях (в н. время – НИИЦ авиационной, космической медицины и военной эргономики ЦНИИ ВВС Министерства обороны России).

30 июня 1953 г. Главкомом ВВС СССР П. Ф. Жигаревым издан приказ о создании на базе института отряда испытателей. Под грифом «совершенно секретно» формируется уникальное подразделение из солдат и сержантов срочной службы, отобранных из авиационных частей и школ младших авиационных специалистов (ШМАС) в соответствии с требованиями по здоровью, предъявляемыми к летному составу истребительной и дальней авиации, а затем и к кандидатам в космонавты.

Командиром первого отряда испытателей назначен полковник медицинской службы А. Карпов, который стал потом первым командиром первого отряда космонавтов.

В конце июля 1953 года в первый отряд ИАМ прибывают выпускники Подольской ШМАС. Это были рядовые Владимир Горобец, Иван Ананевич, Владимир Костюк, Николай Завгородний (все из Белоруссии), москвичи – младший сержант Анатолий Кузнецов и рядовой Альберт Афанасьев. Все они были бортстрелками-радистами.

Одновременно из ШМАС Вапнярки Прикарпатского военного округа в отряд испытателей зачислены прибористы: младшие сержанты Анатолий Баннов и Алексей Воробьев, рядовые Николай Ильченко (из Харькова), Зия Рахманкулов, Виктор Кинякин. Они-то, «ветераны», и встречают пополнение 1-го отряда – парней своего же 1952 года призыва, только успевших после ШМАС послужить в авиаполках: ефрейтора Ивана Удодова (из Караганды), рядовых Владимира Сучко, Петра Скоблика, Владимира Сосновских и Виктора Клещенко (оба из Ирбита) и Леонида Бобкова [2].

Численность штатных испытателей в разные годы варьировалась от 10 до 70-80 человек (например, в 1961 году в испытаниях участвовали 83 человека). Общее число штатных испытателей, многократно участвовавших за эти годы в испытаниях, составляет примерно 970 человек. По некоторым сообщениям СМИ, в 60-е годы около 200 штатных испытателей имели различные отклонения физического плана (цифра вызывает сомнения и документально не подтверждена). Кроме штатных испытателей в экспериментах участвовали и нештатные испытатели – добровольцы – военные инженеры и медики [3].

Испытатели принимают непосредственное участие в многочисленных научно-экспериментальных исследованиях по определению пределов возможностей человеческого организма.

В разработанном институте «Положении о порядке проведения исследований и испытаний с участием человека» определены основные направления испытаний:

– воздействие ускорений (пилотажные перегрузки, ударные перегрузки, вестибулярные воздействия), невесомости в параболических полетах, длительной гипокинезии (ограниченной подвижности);

– воздействие резких изменений барометрического давления (декомпрессия, разреженная атмосфера) и плавных изменений барометрического давления и давления в системе дыхания;

- воздействие высоких и низких температур, повышенной влажности, тепловой радиации;
- воздействие вибраций и шумов;
- воздействие малых доз ионизирующих излучений;
- воздействие химических веществ;
- экспериментальное изучение летной деятельности в реальном полете, на пилотажных тренажерах и специальных стендах в условиях воздействия экстремальных психофизиологических факторов, в том числе с имитацией аварийных ситуаций;
- длительная изоляция (исследования в сурдокамере), сильные психические и/или информационные воздействия, пребывание в условиях, нарушающих нормальный отдых;
- испытания спецснаряжения летных экипажей, образцов полетной одежды космонавтов, технического состава;
- испытания продовольственных и питьевых рационов;
- испытания средств спасения и выживания в различных экстремальных ситуациях [2].

Из года в год, самостоятельно, добровольно и без какого-либо принуждения испытатели первыми входят в барокамеры, надевают новые космические скафандры, садятся в кресло катапульты, отрабатывая все этапы космического полета на Земле, чтобы на орбите космонавты себя чувствовали себя уверенно [1]. Оставаясь в тени эпохальных событий космонавтики, под завесой строгой секретности, испытатели прокладывают путь в космос.

Что прошли эти люди уже никто и никогда не будет повторять. Ими был определен предел того, что может вынести человек в космосе и при этом остаться живым [1].

Впервые в мире сотрудниками института разработана система медико-биологического обеспечения жизнедеятельности человека в космическом полете, которая позволила первой шестерке космонавтов успешно выполнить программу полета и благополучно вернуться на Землю.

Литература

1. Румянцев Е.А. Космонавты отряда № 0. – М.: Просветитель, 2011. – С.3
2. Бычковский Б.И. Наземные космонавты–первопроходцы космических трасс. 1953-2004. – М.: ООО «Миттель Пресс», 2011. – С.4.
3. <https://astronaut.ru/exper/detachment/niiam/glav0.htm>.

Кацунова Л.Н.
ученый секретарь
ГМИК им. К.Э. Циолковского

**«СОКОЛЬ» И «БЕРКУТ» УХОДЯТ В КОСМОС.
К 60-ЛЕТИЮ ПОЛЕТА КОРАБЛЕЙ
«ВОСТОК-3» И «ВОСТОК-4»**

**"SOKOL" AND "BERKUT" GO INTO SPACE.
TO THE 60TH ANNIVERSARY OF THE FLIGHT OF THE
VOSTOK-3 AND VOSTOK-4 SPACECRAFT**

Аннотация. В августе 2022 года исполняется 60 лет со времени осуществления первого группового полёта космических кораблей «Восток-3» и «Восток-4», который явился первым шагом на пути решения задачи сближения и стыковки космических аппаратов на орбите.

Ключевые слова: космический корабль, групповой полет, невесомость, радиосвязь.

Abstract. August 2022 marks the 60th anniversary of the first group flight of the «Vostok-3» and «Vostok-4» spacecraft, which was the first step towards solving the problem of rendezvous and docking of spacecraft in orbit.

Keywords: spacecraft, group flight, weightlessness, radio communication.

В наше время уже стали привычными запуски космических кораблей, но мы с восхищением и уважением вспоминаем пионеров покорения космоса.

60 лет назад в СССР впервые в истории стартовал грандиозный космический проект, доказавший всему человечеству возможность осуществления групповых пилотируемых полетов [1].

11 августа 1962 г. с космодрома Байконур стартовал корабль «Восток-3» с А. Николаевым, а через сутки — корабль «Восток-4» с П. Поповичем. Впервые в истории космонавтики был осуществлен групповой полет, который продолжался трое суток. Благодаря большой точности в выведении на орбиту обоих кораблей параметры

их орбит практически совпадали, максимальное сближение кораблей составило 6,5 км.

Дальнейшее увеличение относительного расстояния между кораблями не сказывалось на качестве радиосвязи. Этот эксперимент имел решающее значение для будущих пилотируемых полетов кораблей с экипажем из нескольких человек.

Особое внимание было приковано к А. Николаеву, которому предстояло выполнить четырехсуточный полет. Однако никаких неприятных ощущений и расстройств космонавт не ощущал. П. Попович тоже чувствовал себя хорошо на всем протяжении полета. Это был очень важный результат, так как он подтверждал надежность используемых методик тренировки.

На четвертом витке полета А. Николаев впервые освободился от привязной системы и начал свободно плавать в кабине корабля. Эксперимент прошел успешно, хотя высказывались и опасения в том, сможет ли космонавт в условиях невесомости вернуться в свое кресло. Сейчас эти опасения вызывают улыбку у современного человека, но в те времена выход космонавта из кресла воспринимался как серьезный научный эксперимент. В течение полета А. Николаев 4 раза освобождался от подвесной системы и «наплавал» 3,5 часа, П. Попович — 3 раза (около 3 часов).

В ходе полета впервые в истории человечества жители СССР и ряда стран Европы по каналам советского телевидения через системы «Интервидение» следили за «плаванием» космонавтов внутри кабин в реальном режиме времени, демонстрировалась их работа на орбите.

15 августа космонавты благополучно вернулись на Землю, выдающийся эксперимент был завершен.

Задачами совместного группового полета явились:

- отработка основных систем кораблей-спутников в реальных условиях полета;
- установление непосредственной радиосвязи между космическими объектами;
- координированные действия летчиков-космонавтов при групповом полете в космос;
- влияние одинаковых полетных условий на человеческие организмы.

Полет Николаева продолжался 94 часа 09 минут 59 секунд, а Поповича - 70 часов 43 минуты 48 секунд. Продолжительность первого в мире группового полета двух космонавтов составила 70 часов 23 минуты 38 секунд, а дальность этого полета - 1 миллион 975 тысяч 200 километров [1].

За осуществление первого в мире группового полета в космос на кораблях-спутниках «Восток-3» и «Восток-4» звание Героя Советского Союза с вручением ордена Ленина и медали «Золотая Звезда» было присвоено летчикам-космонавтам майору А. Николаеву и подполковнику П. Поповичу.

Успешное выполнение программы полета позволило решить вопросы:

- увеличения продолжительности космических полетов;
- подготовки операций по встрече и стыковке кораблей;
- создания долговременных орбитальных станций

Групповой полет А. Николаева и П. Поповича ФАИ (Международная авиационная федерация (Fédération Aéronautique Internationale, FAI) был признан как выдающееся достижение в освоении космоса.

Никогда еще человечество не ощущало приход космической эры так зримо, как в дни полета советских космонавтов А. Николаева и П. Поповича.

Литература

1. <https://ria.ru> 11.08.2012
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Восток-4>.
3. <https://visitvolga.ru/about/people/andriyannikolaev>
4. Л. Лебедев, Б. Лукьянов, А. Романов Сыны голубой планеты. – М.: изд-во Политической литературы, 1973.– С. 66-86.

УДК: 069.4

eLIBRARY.ru: 13.00.00.

Кутузова Л.А.
заместитель директора
главный хранитель
ГМИК им. К.Э. Циолковского

**АРХИВЫ ВЕТЕРАНОВ, КАК ИСТОЧНИК ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ИСТОРИИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ
(ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ ФОНДОВ
ГМИК ИМ. К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО, ПОСВЯЩЕННЫХ
65-ЛЕТИЮ ЗАПУСКА 1 ИСЗ)**

**ARCHIVES OF VETERANS AS A SOURCE FOR STUDYING THE
HISTORY OF ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY
(REVIEW OF THE MATERIALS OF THE FUNDS
OF THE TSIOLKOVSKY STATE MUSEUM OF FINE ARTS
DEDICATED TO THE 65TH ANNIVERSARY
OF THE LAUNCH OF THE 1ST ISS)**

Аннотация. За прошедшие годы в Государственном музее истории космонавтики имени К.Э. Циолковского сложился наиболее оптимальный вариант предметов коллекции ракетно-космической техники, который позволил построить экспозицию второй очереди.

Ключевые слова: музей, экспозиция, архивные документы, первый спутник.

Abstract. Over the past years, the State Museum of the History of Cosmonautics named after K.E. Tsiolkovsky has developed the most optimal variant of the objects of the collection of rocket and space technology, which made it possible to build an exposition of the second stage.

Keywords: museum, exposition, archival documents, the first satellite.

Государственный музей истории космонавтики имени К.Э. Циолковского, как первое в мире государственное учреждение культуры, основными задачами которого стали сбор, хранение и пропаганда достижений космонавтики, был открыт в десятую годовщину запуска первого ИСЗ. Основой коллекции послужили предметы, поступившие при создании музея от предприятий космического профиля.

За прошедшие годы в музее сложился наиболее оптимальный вариант предметов коллекции ракетно-космической техники с точки зрения полноты представления различных разделов космической темы, что дает хорошую возможность для проведения экспозиционной, научной и просветительской деятельности, которое позволило построить экспозицию второй очереди.

Благодаря разработчикам и создателям космической техники, непосредственным участникам событий, чьи документальные

материалы отложились в музейном собрании, мы можем говорить о комплексе взаимосвязанных и взаимодополняющих друг друга источников.

Предлагаемое сообщение рассказывает о комплексе музейных предметов, связанных с запуском 1 ИСЗ. Мы не претендуем на полное освещение вопроса, тем более, что об этом много написано. Целью данного сообщения является обзор материалов, собранных научным составом музея, которых нет в других музеях и архивах. Тем более, что первым экспонатом, с которого началось «космическое» собирание музея, стал технологический образец 1 ИСЗ, поступивший 24 апреля 1958.

История создания спутника – это история создания первого в мире аппарата, выведенного на орбиту, и история создания ракеты космического класса.

Истоки и одного, и другого – в работах К.Э. Циолковского. И запуск ИСЗ – это начало воплощения идея ученого о проникновении в космическое пространство.

У Циолковского слово «спутник», как рукотворного тела, появляется в повести «Грезы о Земле и небе», увидевшей свет в 1895 г: «...Воображаемый спутник Земли, вроде Луны, но произвольно близкий к нашей планете, лишь вне пределов ее атмосферы, значит верст за 300 от земной поверхности, представит, при очень малой массе, пример среды, свободной от тяжести...»

Позднее, в работе 1926 г. «Исследование мировых пространств реактивными приборами» уже совсем определено: «Первый великий шаг человечества состоит в том, чтобы вылететь за атмосферу и сделаться спутником Земли».

Мы разбили документы хронологически на 3 этапа:

- 1930-1940-ые гг.
- 1941-1946 гг.
- 1946-1957 гг.

В первом и третьем этапе можно тематически выделить следующие направления работ: это собственно работы по созданию ракетной технике, подготовка кадров для будущей отрасли и пропаганда необходимости и неизбежности выхода человечества в космос.

Первый этап связан с созданием и деятельностью первых организаций ракетного профиля, общественных, а затем и государственных. Основные, материалы которых имеются в музее, это ГДЛ, ГИРД, РНИИ. Это документы ветеранов ракетно-космической техники И.А. Меркулова, Е.К. Мошкина, Ю.А. Победоносцева, А.В. Палло, М.К. Тихонравова, Л.К. Корнеева и др.

Второй этап представлен единичными документами, отложившимися в личных фондах И.А. Меркулова, Ю.А. Победоносцева, А.В. Палло, В.И. Кузнецова. Это период войны 1941-45 гг. и период знакомства и изучения немецкой трофейной техники в Германии. Здесь наиболее интересные документы имеются в личном фонде Ю.А. Победоносцева, в том числе не звучавшее до сих пор письмо С.П. Королева Ю.А. Победосцеву в Германию.

Третий этап начинается с постановления Совета Министров СССР от 13 мая 1946 г., подписанного Председателем Совета министров И.В. Сталиным о создании ракетостроительной отрасли промышленности. Мы его завершаем датой 4 октября 1957 г., запуском 1 ИСЗ. Материалы, о которых мы предполагаем рассказать, представлены отдельными документами в коллекции документов ракетно-космической техники, а также в личных фондах И.А. Меркулова, Е.К. Мошкина, А.В. Палло, Ю.А. Победоносцева, А.А. Космодемьянского, А.И. Нестеренко, М.К. Тихонравова и др.

Надеемся нашим сообщением внести маленькую частичку в изучение истории отечественной космонавтики и подчеркнуть лишний раз основную функцию музея, как собирателя и хранителя истории космонавтики.

УДК 629.78:94
eLIBRARY.RU: 81.01.08

Чеснов В.М.

кандидат технических наук
ведущий научный сотрудник
Института истории естествознания и
техники им. С.И. Вавилова РАН
Москва

**КОСМОНАВТИКА И ГИДРОСФЕРА ЗЕМЛИ:
ТОЧКИ КОНТАКТА И ПРОСТРАНСТВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
(ИСТОРИКО-НАУЧНЫЙ ОБЗОР)**

**SPACE AND HYDROSPHERE OF THE EARTH:
POINTS OF CONTACT AND SPACE OF INTERACTION
(HISTORICAL AND SCIENTIFIC REVIEW)**

Аннотация. Земную гидросферу и космическое пространство разделяет не менее ста километров. Тем не менее космические

аппараты выступают в роли одного из основных методов и средств в лимнологии, океанологии, потамологии, гляциологии и других разделов гидрологии. Водная же оболочка Земли служит полигоном для размещения пусковых комплексов, систем слежения и сбора информации с орбиты, а также местом «приземления» спускаемых аппаратов и ступеней носителей. Собственно, вода также используется и как рабочая компонента, например, в электрореактивных двигателях и в обеспечении функционирования стартовых комплексов.

Ключевые слова: история космонавтики, гидросфера, космическая гидрология, космический флот, стартовый комплекс, морской старт.

Abstract. The Earth's hydrosphere and outer space are separated by at least one hundred kilometers. Nevertheless, orbital devices act as one of the main methods and tools in limnology, oceanology, potamology, glaciology, and other branches of hydrology. The water shell of the Earth serves as a testing ground for placing launch complexes, tracking systems and collecting information from orbit, as well as a place for "landing" descent vehicles and carrier stages. Water itself is also used as a working component, for example, in electric jet engines and in ensuring the functioning of launch complexes.

Keywords: history of cosmonautics, hydrosphere, space hydrology, space fleet, launch complex, sea launch.

Материал и методы

Методологической основой работы являются основные принципы исторического исследования: прежде всего научная объективность, историзм и системность. Принцип историзма означает подход к явлениям, который включает в себя не только исследование их возникновения, но и тенденций их развития, Предполагается не простая фиксация всех изменений объекта, а выделение тех, при которых формируются их специфические свойства, сущность. Принцип объективности предполагает рассмотрение лишь фактической составляющей объекта анализа. Системный подход позволяет выявить и связать воедино отдельные историко-научные события и процессы.

Историко-сравнительный метод позволил соотнести цели способы их достижения отдельными исследователями и научными организациями. Принцип детерминизма был использован при рассмотрении взаимодействий, многие из которых не имеют явного причинного характера [1].

Анализ истории влияния новых научных методов и инструментов на развитие научной отрасли науки предполагает использование массива исторических и научных источников (в том числе, специальной

литературы и баз данных, а также материалов, размещенных на сайтах важнейших и организаций EUMETSAT, NOAA, World Meteorological Organization и специализированных департаментов космических национальных центров NASA, ESA, JAXA, CNES, Роскосмос и др.). Эти составили методологическую и информационную основу работы [2].

Результаты и обсуждение

Космические методы в гидрологии позволяют решать фундаментальных задач гидрологии, в частности, водообмена. Они позволяют вскрывать глубинные закономерности процессов взаимодействия различных оболочек геосферы недоступные при измерениях традиционными приемами «in situ» не менее точно, чем наземными инструментами. Также обеспечивается территориальное единство исследований, предоставляя возможность изучения гидрологических изменений в глобальном масштабе.

Важной особенностью современного этапа развития космических исследований Земли вообще и ее гидросферы, в частности, является растущий интерес и информированность населения по этой теме. Во многом этому способствуют интернет-сервисы, на которых для открытого просмотра выкладываются спутниковые изображения. Примером наиболее развитого интернет-сервиса по результатам космической съемки является проект Google Earth. Кроме того, данные, полученные со спутников системы EOS (Earth Observation System), а также некоторые другие данные, представляющие высокую научную ценность, находятся в открытом доступе для свободного использования, что способствует вовлечению в процесс их исследования широкого круга исследователей.

Преимущества морского космодрома реализуются в наибольшей степени при доставке ракеты-носителя на экватор, где обеспечиваются наиболее выгодные условия для запуска на экваториальную орбиту). Первый такой космодром итальянский «Сан-Марко» функционировал в 1964—1988 г. в кенийских территориальных водах. Однако малая полезная нагрузка (около 200 кг) вынудила прекратить его эксплуатацию после 22-х пусков.

В 1995 г. Boeing, РКК «Энергия», КБ «Южное», ПО «Южмаш» и норвежская Kvaerner образовали компанию «Морской старт» для запуска ракет «Зенит-3SL» в акватории Тихого океана острова Рождества. В 2009 г. после 33-х успешных стартов (3 аварии, 1 частично успешный пуск) компания объявила о своем банкротстве. С 2018 г. «Морской старт» принадлежит российским владельцам, перебазирован в порт Славянка вблизи Владивостока, а сам проект заморожен на неопределенный срок.

К концу 1950-х гг. советские наземные измерительные пункты контролировали космический аппарат на орбите лишь, когда он находился над территорией СССР. В 1959 г. было решено использовать корабли для связи и управления. Для ускорения работ для этих целей были переоборудованы три сухогруза, которые в 1960 г. в акватории Тихого океана принимали участие в испытаниях межконтинентальных баллистических ракет, а в 1961 г. обеспечивали полет Ю.А. Гагарина.

Для решения энергетических проблем, обеспечения помехозащищенности оборудования, удержания судна в заданной точке в 1967 г. были построены первые пять специальных «космических» кораблей, а сам флот был передан в ведение Академии Наук СССР. Всего в Службе космических исследований Отдела морских экспедиционных работ работали 17 научно-исследовательских судов.

Построенный в 1987 году «Маршал Крылов» на сегодняшний день остается единственным действующим кораблем измерительного комплекса в России. «Космонавт Виктор Пацаев» с 2001 г. стоит на причале у причала готовится стать частью экспозиции (вместе легендарным «Витязем») Музея мирового океана в Калининграде. Судно внесено в единый государственный реестр объектов культурного наследия народов России федерального значения.

Морским «космическим» флотом обладали также США, СССР, Франция и Китай.

Неотъемлемой частью стартового стола пускового комплекса являются газоотводы. Они существенно отличаются конструкциями. В американской практике наиболее часто используют насыпной стартовый стол с орошаемыми водой газоотводами на уровне земли. Вода смягчает ударную волну и снижает температуры на стенах. Стартовый комплекс LC-39 космического центра Кеннеди, был переоборудован для запуска космических челноков «Space Shuttle». В целях предотвращения воздействия акустического удара работающих двигателей была построена система, разбрызгивающая большое количество воды (1135 т) под двигателями непосредственно до их запуска. Для обеспечения системы рядом располагался бак с воды [3].

В конце 1940-х гг. один из основоположников нового научного направления – химии ракетных топлив, Н.Г. Чернышев выдвинул идею создания электрореактивного двигателя, работающего на воде. Такие двигатели в настоящее время считаются очень перспективными. Над их созданием работают отечественные (РКК «Энергия») и зарубежные специалисты [4, с. 121].

Использование воды в качестве топлива Н.Г. Чернышев предложил в 1948 г. в проекте стартового устройства для космической ракеты. Вода

подается на вершину горы или специального сооружения, откуда стекает по желобу, вдоль которого проложены токопроводящие рельсы. По ним ракета начинает наклонный старт, захватывая воду из желоба и доводя ее до высокотемпературного пара с помощью электроэнергии, которой она запитывается через рельсы. Пар поступает в сопло, разгоняя ракету до требуемой скорости [4, с. 123].

Литература

1. Карнап Р. Философские основания физики. М., Прогресс. 1971. 392 с.
2. Bolin B. A History of the Science and Politics of Climate Change. Cambridge. 2007. 277 p.
3. Launch Complex 39-A & 39-B. NASA. [Электронный ресурс]. Архивировано 15 июня 2017 года. URL: <https://science.ksc.nasa.gov/facilities/lc39a.html>.
4. Кантемиров Б.Н. Николай Гаврилович Чернышев, 1906-1953. М., Наука, 2012. 172 с.

УДК: 93/94

eLIBRARY.RU: 03.00.00.

Александров С.В.
НЦИ «КосмоПоиск»

КОСМОНАВТИКА И ЕЕ ИСТОРИЯ НА СТРАНИЦАХ ЖУРНАЛА «ТЕХНИКА-МОЛОДЕЖИ»

COSMONAUTICS AND ITS HISTORY IN «THE TECHNIKA-MOLODEZHI» MAGAZINE

Аннотация. Работы по созданию ракетной и космической техники в нашей стране были и остаются в значительной степени секретными. Для рассказа о них журналу «Техника-Молодежи» пришлось привлекать видных ученых и квалифицированных инженеров, не участвующих в этих работах непосредственно.

Ключевые слова: боевая ракетная техника, космонавтика, секретность, ученый, писатель, популяризатор.

Abstract. Works on creation of the rocket and space equipment in our country were and remain substantially secret. The Tekhnika-Molodyozhi magazine had to attract the prominent scientists and the qualified engineers who aren't participating in these works directly to the story about them.

Keywords: military rocket techniks, cosmonautics, secret (privacy),

scientist, writer, popularizer.

При освещении проблем исследования и освоения космоса советской прессе приходилось решать сложнейшую творческую задачу. С одной стороны, интерес общества, и тем более – читателей периодических научно-популярных изданий к теме космонавтики (и шире – к штурму неба) был огромным. С другой стороны, космонавтика в нашей стране (да и на Земле в целом) стала прямым развитием боевой ракетной техники. Первые искусственные спутники Земли и пилотируемые космические корабли буквально заменили собою ядерные боевые части на межконтинентальных баллистических ракетах (МБР). А их создание в Советском Союзе было важнейшей стратегической задачей, определяющей возможностью физического выживания страны, а значит – окружено плотной завесой секретности.

Окончательно такое положение сложилось после принятия 13 мая 1946 г. постановления Совета Министров СССР «Вопросы ракетной техники», однако и ранее работы по ракетной технике были сосредоточены на оборонной тематике.

Журнал «Техника-молодежи» - ровесник Реактивного научно-исследовательского института, при создании которого все работы по ракетной технике окончательно сосредоточились в военном ведомстве, и попал в такое положение с самого начала. Задача была решена путем привлечения квалифицированных специалистов, тем не менее, за редким исключением не имевших прямого отношения к созданию МБР и космической техники. Основными авторами журнала по космической тематике стали выдающийся популяризатор науки Я.И. Перельман, один из пионеров космонавтики (и придумавший само слово «космонавтика») А.А. Штернфельд, профессор Военно-воздушной инженерной академии им. Н.Е. Жуковского Г.И. Покровский. Из непосредственных участников работ по ракетной технике в журнале публиковался конструктор 3-й бригады ГИРДа (о чем, однако, стало известно гораздо позже) И.А. Меркулов.

Кроме того, авторами многих материалов были профессиональные журналисты, опирающиеся на доступные труды по ракетной технике и космонавтике. В их числе — известный популяризатор науки и техники Б.В. Ляпунов и будущий многолетний главный редактор «Техники-Молодежи», писатель В.Д. Захарченко.

УДК 93/94

eLIBRARY.RU: 03.23.55

Батченко В.С.
кандидат исторических наук
научный сотрудник
Институт российской истории РАН
Москва

**НАЧАЛО МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА
СССР И ИНДИИ В СФЕРЕ
КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**THE BEGINNING OF INTERNATIONAL COOPERATION
BETWEEN THE USSR AND INDIA
IN THE FIELD OF SPACE RESEARCH**

Аннотация. Активное формирование международных отношений в сфере мирного использования космоса пришлось на 1960-е годы, в том числе и начало сотрудничества между СССР и Индией. Оно заключалось в участии работы индийского экваториального полигона, созданного под эгидой ООН, совместном запуске искусственных спутников Земли и обмене научными сотрудниками.

Ключевые слова: космонавтика, международное сотрудничество, ракетный полигон, космические исследования, Тхумба.

Abstract. The active formation of international relations in the peaceful use of space occurred in the 1960s, including the beginning of cooperation between the USSR and India. It consisted in the participation of the Indian equatorial polygon, created under the auspices of the UN, the joint launch of artificial Earth satellites and the exchange of scientific staff.

Keywords: cosmonautics, international cooperation, rocket polygon, space research, Thumba.

На территории Индии под эгидой ООН в 1964-1965 гг. был создан Международный экваториальный научно-исследовательский ракетный полигон [1] – Тхумба (Thumba). Это место, расположенное в районе геомагнитного экватора, на равном расстоянии от магнитных полюсов Земли, было наиболее удобно для запуска зондирующих и метеорологических ракет.

В январе 1964 г. группа экспертов от ООН, в составе представителей от США, Аргентины, Бразилии, Швеции, Японии и СССР, посетила Индию с целью обследования международного полигона на соответствие принципам, установленным ООН и

«вынесения рекомендации об установлении эгиды ООН над полигоном» [2]. Кроме полигона, делегации от ООН показали Институт фундаментальных исследований в Бомбее и высокогорную солнечную обсерваторию Кодайканал, основанную еще на рубеже XIX-XX веков.

13 января 1964 г. между СССР (Гидрометеослужба СССР) и Индией (Государственный департамент по атомной энергии Индии) был подписан меморандум о сотрудничестве в исследованиях высоких слоев атмосферы с помощью зондирующих и метеорологических ракет и проведении совместных экспериментов [3].

В свою очередь, индийская сторона для совместного проведения исследований обеспечивала наличие необходимых наземных средств для приема телеметрических данных с ракет, помещения, энергоснабжение и технический персонал [4]. Общая программа исследований двух стран состояла из работ по исследованию состава верхней атмосферы Земли, температуры, давления и ветра на больших высотах и процессов «диффузии и переноса в верхней атмосфере» [5], в том числе опыты со светящимися облаками. Меморандум также предусматривал, что в рамках нового полигона для проведения мирных исследований верхних слоев атмосферы оборудованием СССР и Индии могли пользоваться и другие страны.

В начале 1960-х гг. на полигоне в Индии исследовательские работы по изучению верхней атмосферы проводили ученые США, Франции, СССР, с 1964 г. сотрудничеством заинтересовалась Япония, планировавшая «осуществить совместно с Индией ряд экспериментов» [6].

К середине 1960-х гг. между индийскими и американскими учеными уже имелись определенные договорные отношения, по которым американцы могли использовать территорию Индии для приема сигналов со своих спутников, а индийские ученые могли «в течение года использовать материалы, полученные при регистрации сигналов для своих научных работ» [7], после чего все эти материалы становились собственностью «американских ведомств» [8]. В Индии существовала физическая исследовательская лаборатория, которая к тому времени уже размещала свои приборы на американских спутниках. В начале 1966 г. профессора этой лаборатории обратились в Сибирский ИЗМИРАН с просьбой установить на советских спутниках индийские приборы по исследованию интенсивности космических лучей с возможностью пользования информацией, получаемой с их помощью и передачи этих материалов СССР [9]. В том же году в ИЗМИРАН по плану научного обмена приняли четырех

индийских специалистов из Индийского национального управления по космическим исследованиям [10].

10 мая 1972 г. АН СССР и Индийская организация космических исследований подписали соглашение о запуске первого индийского искусственного спутника Земли [11, с. 373].

Литература

1. Российский государственный архив научно-технической документации (РГАНТД). Ф. 213. Оп. 6-6. Д. 71. Л. 70.
2. РГАНТД. Ф. 213. Оп. 6-6. Д. 71. Л. 22.
3. РГАНТД. Ф. 213. Оп. 6-6. Д. 71. Л. 27-29.
4. РГАНТД. Ф. 213. Оп. 6-6. Д. 71. Л. 28.
5. РГАНТД. Ф. 213. Оп. 6-6. Д. 71. Л. 28.
6. РГАНТД. Ф. 213. Оп. 6-6. Д. 71. Л. 26.
7. РГАНТД. Ф. 213. Оп. 6-6. Д. 133. Л. 50.
8. РГАНТД. Ф. 213. Оп. 6-6. Д. 133. Л. 50.
9. РГАНТД. Ф. 213. Оп. 6-6. Д. 133. Л. 49.
10. РГАНТД. Ф. 213. Оп. 6-6. Д. 133. Л. 48.
11. Советская космонавтика. М.: Машиностроение, 1981. 454 с.

УДК 355/359

eLIBRARY.RU: 06.73.02

Исаченко А.М.

полковник запаса

член Военно-исторического общества РФ

корреспондент газеты

«Малоярославецкий край»

К ВОПРОСУ О ПРАКТИЧЕСКОЙ КОСМОНАВТИКЕ НА КАЛУЖСКОЙ ЗЕМЛЕ

TO THE QUESTION OF PRACTICAL ASTRONAUTICS ON THE KALUGA LAND

Аннотация. Тезисы представляют структуру и этапы развития ВКС как отдельного рода войск. Автор рассказывает о задачах, научных и экономических функциях космических войск, раскрывает особенность частей управления КА и виды деятельности. Показана дислокация войсковых частей в Малоярославецком районе в разные периоды. В заключении сказано об участии и вкладе личного состава

войсковой части 34122 в общественную жизнь Малоярославецкого района и ее участия в военно-патриотическом воспитании молодежи.

Ключевые слова: Калужская область, Малоярославецкий район, Космические войска, Кудиново, войсковая часть.

Abstract. Theses present the structure and stages of development of the Aerospace Forces as a separate branch of the military. The author talks about the tasks, scientific and economic functions of the space forces, reveals the features of the spacecraft control units and the types of activities. The deployment of military units in the Maloyaroslavets region in different periods is shown. In conclusion, it is said about the participation and contribution of the personnel of military unit 34122 to the public life of the Maloyaroslavetsky district and its participation in the military-patriotic education of youth.

Keywords: Kaluga region, Maloyaroslavetsky district, Space Forces, Kudinovo, military unit.

Калужане по праву гордятся своим земляком Константином Эдуардовичем Циолковским и тем, что Калужская область является родиной теоретической космонавтики. Гораздо менее известно, что наш регион имеет отношение и к космонавтике практической.

После Второй мировой войны в СССР начались интенсивные работы по ракетостроению, связанные с тем, что у вероятного противника США была атомная бомба и средства ее доставки – стратегическая авиация. В 1955 г. началось строительство ракетного полигона запуска Байконур в Казахстане. 4 октября 1957 г. отсюда был запущен первый в мире искусственный спутник земли (эта дата отмечается как День космических войск), а 12 апреля 1961 г. стартовал первый космонавт Земли Юрий Гагарин. Отряд космонавтов формировался из военных летчиков и традиционно входил в Военно-воздушные силы.

Но помимо широко известных в нашей стране и мировом масштабе космонавтов в Советской армии действовала мощная космическая структура, которая первоначально входила в состав Ракетных войск стратегического назначения и несколько раз меняла названия: ЦУКОС (образован в 1964 г., начальник генерал-лейтенант А.Г. Карась, в октябре 1941 г. воевал на территории Малоярославецкого района в составе 12-го гв. полка реактивной артиллерии), с 1970 г. – ГУКОС, с 1986 г. УНКС, в 1992 г. Военно-космические силы РФ. В 1997 г. ВКС как отдельный род войск были упразднены, а космические части вновь вошли в состав РВСН. Примечательно, что управление ВКС дислоцировалось в Москве рядом со станцией метро Калужская.

В 2001 г. были образованы Космические войска, которые в дальнейшем стали частью Воздушно-космических сил. Помимо военных задач они выполняют и ряд важнейших экономических и научных функций: связи, разведки полезных ископаемых, мониторинга пожаров, лесных вырубок, посевов, навигации (морской, авиационной, автомобильной), погоды, картографии и пр.

ВКС состояли из объединения и соединений запуска космических аппаратов (космодромы Байконур, Плесецк и в Амурской области строился космодром Свободный), 153-го Главного центра по управлению космическими аппаратами, арсенала космического вооружения в Тамбове, Военного инженерно-космического университета им. Можайского в Петербурге, НИИ в Московской области, а также частей спецвойск и тыла.

Мне довелось служить в частях управления КА, которые дислоцировались по всей территории СССР от Красного Села (Ленинградская обл.) до Камчатки. С обратной стороны Земли управление КА осуществлял 9-й ОМ КИК – эскадра из кораблей.

Особенность частей управления КА заключалась в том, что они все разные по штатам и средствам управления. И самое главное - в мирное время выполняют военные задачи по основному предназначению. Управление заключается в трех видах деятельности:

- командно-программные радиопередачи;
- снятие телеметрии (данные о состоянии космического аппарата);
- радиоконтроль орбиты.

В 1987 г. были образованы три территориальных центра по управлению космическими частями: в Крыму, в Енисейске и Улан-Удэ (дивизии).

После распада СССР сотрудничества в космосе с Украиной не получилось, и управление европейского центра было переведено в пос. Кудиново Малоярославецкого района. Здесь находился Центр командно-измерительных комплексов, который стал моим последним местом службы. На заключительном этапе в состав ЦКИК входило восемь частей от Красного Села в Ленинградской области до Енисейска в Красноярском крае. Непосредственно в Малоярославецком районе дислоцировались:

- Управление Центра - войсковая часть 11439 (1992-1998), начальники: полковники Н.Б. Щербаков и С.В. Доброродный.
- Войсковая часть 01123 - 733-й передающий радиопередатчик, первый сеанс радиосвязи состоялся в 1981 г. Первым командиром части был подполковник Г.В. Костенко, последним подполковник А.Е. Пикулев.

В 1998 г. часть была расформирована и частично вошла в состав в/ч 34122;

– Войсковая часть 34122 развернута около дер. Хрустали в 1993 г. на базе сокращенного полка ПВО. Основой ее стал подвижный комплекс управления КА «Фазан». Первым командиром был назначен полковник С.А. Кузьмич (1958-2002). Некоторые станции части находились на техтерритории в/ч 01123. Первый сеанс управления КА был выполнен 30 сентября 1994 г. Это была единственная космическая часть, где для караульной службы использовались сторожевые собаки. После сокращений в 1998 г. часть оставила Хрустали и передислоцировалась в Кудиново на территорию в/ч 01123. Ее командиром был назначен полковник С.П. Никулин. В настоящее время командир - подполковник В.Н. Яковлев. В 2015 г. в части был открыт бюст второго космонавта планеты Германа Титова.

– Сельскохозяйственное предприятие «Родина» с центральной усадьбой в дер. Панское - в 1995-2012 гг. входило тыл ВКС. Оно было ведущим в районе и обеспечивало свежими овощами, мясом, хлебом, молоком воинские части, академию им. Можайского, 150-й центральный военный госпиталь, космодром Плесецк.

Личный состав названных космических частей не только выполнял задачи по основному предназначению, но и активно участвовал и участвует в общественной жизни Малоярославецкого района и военно-патриотическом воспитании молодежи.

Сокращения:

ВКС – Военно-космические силы России

ЦУКОС – Центральное управление космических орбитальных средств.

ГУКОС – Главное управление космических орбитальных средств.

УНКС – Управление начальника космических средств.

9-й ОМ КИК – 9-й отдельный морской командно-измерительный комплекс.

Литература

1. Иванов В. Л. Повседневная жизнь командующего ВКС России. М.: Молодая гвардия, 2006.

2. Максимов А.А. Дороги в космос: воспоминания ветеранов ракетно-космической техники и космонавтики. В 2 т. М.: Изд-во МАИ, 1992. С. 110-117.

3. Сиробаба Я.Я. История Командно-Измерительного Комплекса управления космическими аппаратами от истоков до Главного Испытательного Центра имени Г. С. Титова. — М.: ЗАО СП «Контакт-РЛ», 2006.

4. Шлыков Н.Ф. Дороги в космос: воспоминания ветеранов ракетно-космической техники и космонавтики. В 2 т. Изд-во МАИ. 1992. С. 198-227.

УДК 613.693, 57.08, 57.042
eLIBRARY 89.00.00

Лекай Л.Л.

кандидат географических наук
ГНЦ РФ ИМБР РАН
Москва

Морозова Л.Н.

ГМИК им. К.Э. Циолковского
отдел «Дом-музей А.Л. Чижевского»

«ЗЕМНОЕ Эхо космических бурь».

А.Л. Чижевский и О.Г. Газенко

**«THE TERRESTRIAL ECHO OF COSMIC STORMS».
ALEXANDER CHIZHEVSKY AND OLEG GAZENKO**

Аннотация. Два великих ученых двадцатого века – Александр Леонидович Чижевский и Олег Георгиевич Газенко посвятили свою научную деятельность изучению влияния факторов космического пространства на жизнь и деятельность человечества. В 1976 году была издана книга «Земное эхо солнечных бурь» А.Л. Чижевского с предисловием О.Г. Газенко. Рукопись книги с рабочими заметками академика Газенко из архива ИМБП РАН является ценным историческим источником в изучении истории космической биологии и медицины.

Ключевые слова: космическая медицина, музей, экспозиция, история космонавтики, история науки и техники.

Abstract. Two great scientists of the twentieth century - Alexander Chizhevsky and Oleg Gazenko devoted a part of their scientific career to studying the influence of the space factors on the life and activities of mankind. The book titled «The Terrestrial Echo of Solar Storms» by A.L. Chizhevsky was published with a foreword by O.G. Gazenko in 1976. The manuscript of the book with the working notes of Ac. Gazenko from the archive of the IMBP RAS is a valuable primary source for the history of space biology and medicine.

Keywords: space medicine, museum, exposition, history of cosmonautics, history of science and technology.

В собрании исторических документов Института Медико-биологических проблем хранится уникальный источник по истории космической медицины – машинописный экземпляр рукописи книги А.Л. Чижевского «Эпидемии и электромагнитные пертурбации внешней среды» – первой фундаментальной монографии по гелиобиологии [1].

Рукопись, состоящую из двух «тетрадей», принесла в Институт медико-биологических проблем вдова А.Л. Чижевского Нина Вадимовна Чижевская-Энгельгардт, которая и подготовила к печати этот вариант книги. Н.В. Чижевская-Энгельгардт пишет: «Глубокоуважаемый Олег Георгиевич! Мне очень жаль, что мне не удалось увидеть Вас. Позволю себе оставить у Кондратия Владимировича Смирнова рукопись Александра Леонидовича, которую я сейчас через МОИП сдаю в печать. Я бы очень просила Вас ознакомиться с ней и, если Вы найдете возможным, может быть согласились бы написать к ней предисловие...» [2].

Актуальность монографии не вызывала сомнений – ранее эта работа была опубликована в 1930 году (300 экземпляров «на правах рукописи») на русском языке под названием «Эпидемические катастрофы и периодическая деятельность Солнца» [3] и в 1938 году на французском языке, она оказала большое влияние на все последующее изучение воздействия космической среды на человека и человечество. Быстро развивающаяся космонавтика требовала прогрессивного развития не только технических средств, но и знаний в области космической медицины. Обширный многолетний фактический материал, содержащийся в книге не мог не привлечь внимание ведущих специалистов направления, в том числе директора Института медико-биологических проблем академика Олега Георгиевича Газенко.

Олег Георгиевич не только написал достаточно обширное предисловие к книге, которое начиналось словами: «Жизнь подчас дарит встречи с интересными людьми. Много лет назад мне выпала честь и большое удовольствие познакомиться с одним из основоположников отечественной космической биологии – автором настоящей книги...» [4], но и способствовал изданию большим тиражом в издательстве «Мысль». Книга вышла под названием «Земное эхо солнечных бурь».

Сравнительный анализ рукописи «Эпидемии и электромагнитные пертурбации внешней среды» [1] и изданной «Земное эхо солнечных бурь» [4] – это возможность проследить генезис научной мысли в области гелиобиологии и космической медицины.

Литература

1. Чижевский А.Л. Эпидемии и электромагнитные пертурбации внешней среды // Архив ИМБП РАН. Оп. 5. Д. 12. Л. 1–431.
2. Письмо Н.В. Чижевской к О.Г. Газенко // Архив ИМБП РАН. Оп. 5. Д. 12. Л. 432.
3. Чижевский А.Л. Эпидемические катастрофы и периодическая деятельность Солнца. М., 1930.
4. Отзывы о книге А.Л. Чижевского «Эпидемии и электромагнитные пертурбации внешней среды». Машинопись // Архив ИМБП РАН, Оп. 5. Д. 12. Л. 433 – 436.
5. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1976. С. 5-20.

УДК 523.98:629.78
eLIBRARY 89.00.00

Губка О.А.
кандидат исторических наук
г. Днепр, Украина

ЦИКЛЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ (ТЕОРИЯ А.Л. ЧИЖЕВСКОГО)

CYCLES OF SOLAR ACTIVITY IN SOCIAL PROCESSES (THEORY OF ALEXANDER CHIZHEVSKY)

Аннотация. Рассмотрена теория, выдвинутая А.Л. Чижевским в начале XX столетия, о соотношении между периодической деятельностью солнца и синхроничной ей периодичностью колебаний всемирно-исторического процесса. Проанализированы события в течение последних 2,5 циклов солнечной активности.

Ключевые слова: цикл солнечной активности, А.Л. Чижевский, исторический процесс, солнечные пятна, гелиобиология.

Abstract. The theory put forward by A.L. Chizhevsky at the beginning of the XX century, about the ratio between the periodic activity of the sun and synchronous for it periodicity of fluctuations of the world historical process was examined at the report. The events during the last 2.5 cycles of solar activity were analyzed.

Keywords: solar activity cycle, A.L. Chizhevsky, historical process, sun spots, heliobiology.

Чижевский Александр Леонидович (1897 – 1964) – советский ученый-биофизик, основатель гелиобиологии, а также философ, поэт и художник. Он был почетным президентом I Международного конгресса по биофизике (1939), действительным членом нескольких академий мира и почетным профессором университетов Европы, Америки, Азии [1].

В науке Чижевский занимался не только экспериментальными исследованиями, но и глубоко проникал в философские вопросы, размышлял над проблемами новой системы познания – космического мышления [2, с. 42].

Главная мысль, на которой строится теория познания Чижевского, заключалась в следующем: все земные явления, природные и социальные, необходимо рассматривать в контексте взаимодействия Земли и Космоса. Ученый обратил пристальное внимание на космический ритм, являющийся причиной исторического ритма земного человечества. «...И в самом деле, нельзя ли установить полнейшую зависимость биологических и психических процессов, совершающихся в человеке, от периодов колебаний электромагнитного пространства и выяснить ритм исторических событий в жизни человечества» [3]. Эту свою смелую мысль он потом подтвердил наблюдениями и фактами, оставившими след в исторических источниках многих веков.

А.Л. Чижевский исследовал 11-летний ритм солнечной активности. В этом цикле он нашел 4 этапа: 1) Период минимума; 2) Период увеличения активности; 3) Период максимума; 4) Период деградации [4].

Он начал вести исследования, и пришел к заключению, что «количество массовых движений во всех странах возрастает по мере возрастания активности Солнца и достигает максимума в годы максимума солнечной деятельности. Затем это количество начинает убывать и в годы низкой солнечной деятельности достигает своего минимума. Эти циклические колебания всемирно-исторического

процесса были обнаружены мною во всех странах и во всех столетиях начиная с 500 года до нашей эры» [5].

В данной работе была сделана попытка рассмотреть и проанализировать с точки зрения теории Чижевского основные военно-политические события в период примерно двух с половиной последних циклов солнечной активности (1989–2022 гг.). Основная часть выборки для анализа – около 40 событий и явлений, произошедших на территории стран бывшего Советского Союза, а также несколько резонансных мировых событий. В результате выявлены определенные закономерности, отмеченные в докладе.

Литература

1. Некрасов С.И., Некрасова Н.А. Философия науки и техники: тематический словарь-справочник. Учебное пособие. – Орел, ОГУ, 2010. – 289 с. Здесь с. 107–108.
2. Шапошникова Л.В. Космизм Серебряного века в России // Культура и время. – № 4. – 2013.
3. Чижевский А.Л. Основное начало мироздания: Система космоса. 4. Проблемы // Духовное созерцание. – 1997. – № 1-2. – С. 125.
5. Чижевский А.Л. Физические факторы исторического процесса. Переиздание: Калуга, 1924.

СЕКЦИЯ 2 «ПРОБЛЕМЫ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ»

СВЕТЛОЙ ПАМЯТИ ВИКТОРА ВАСИЛЬЕВИЧА БАЛАШОВА - ПОСВЯЩАЕТСЯ...

*«...Жаль того огня,
Что просиял над целым мирозданием,
И в ночь идёт и плачет, уходя...»*

Афанасий Фет

9 марта 2022 г. на подмосковной даче ушёл из жизни наш друг и товарищ Виктор Васильевич Балашов.

Родился Виктор Васильевич 8 мая 1940 г. в Москве в семье рабочих: отец Балашов Василий Матвеевич, мать Балашова Софья Николаевна. В 1957 г. в подмосковной Малаховке закончил школу с золотой медалью и поступил в МВТУ им. Н.Э. Баумана. После окончания второго курса МВТУ, перевёлся на третий курс МАИ им. Серго Орджоникидзе на факультет летательных аппаратов.

В 1963 г. окончил МАИ по специальности «Управление полётом и динамика летательных аппаратов», по распределению был направлен в ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского, где и проработал непрерывно до августа 2013 г.

После окончания заочной аспирантуры ЦАГИ в 1971 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Оптимальные перелёты Земля-Марс-Земля космических аппаратов большой тяги с торможением в атмосфере планет».

В стенах ЦАГИ Виктором Васильевичем были проведены работы по следующим темам: исследование оптимальных траекторий космических аппаратов (КА); оптимизация параметров ступенчатых ракетных систем; исследование законов управления и траекторий КЛА при выведении на орбиту и спуске в атмосфере; анализ проектных параметров перспективных ЛА; математическое моделирование сложных операций с участием авиационных и космических средств; исследование и прогнозирование развития авиатранспортной сети и пассажирских авиаперевозок в России; исследование возможности безопасного возвращения КА в случае возникновения нештатных ситуаций на этапе выведения и т.д. Виктор Васильевич автор более двухсот научных публикаций.

Кроме «обязательной» научной деятельности Виктор Васильевич активно участвовал в работе Научных Чтений по космонавтике, посвященных выдающимся отечественным ученым-пионерам освоения космического пространства (К.Э. Циолковскому, Ф.А. Цандеру, С.П. Королеву и многим другим), но «душой и телом» он всегда был в Калуге с Циолковскими Чтениями. Впервые Виктор Васильевич выступил с докладом «К анализу ступенчатых систем с использованием функционала, зависящего от веса конструкции» на VIII Научных чтениях (1973 г.), посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского, затем ежегодно принимал участие в этих Чтениях.

Начиная с XI Чтений К.Э. Циолковского (1976 г.) Виктор Васильевич становится ученым секретарем секции № 2 «Проблемы ракетной и космической техники» и включается в работу в качестве члена Оргкомитета Чтений. С XVI Чтений (1981 г.) Виктор Васильевич уже соруководитель секции № 2.



Виктор Васильевич Балашов (слева) с участниками Чтений на открытии памятника К.Э. Циолковскому. Боровск, Калужская обл., 2007 г.

По инициативе Виктора Васильевича начиная с XXXIV Чтений (1999 г.) Сборники Трудов секции № 2, содержащие полные тексты докладов участников Чтений, ежегодно издаются соруководителем секции № 2 Алтуниным В.А. в г. Казани. Виктор Васильевич до последнего дня занимался редактированием докладов, представленных на LVI Чтениях (2021 г.) в Калуге.

Виктор Васильевич сумел создать особую атмосферу в ходе работы секции. Все заседания проходили в обстановке научного вдохновения, научного творчества и изобретательского подъёма. Докладчиками являлись студенты, аспиранты, молодые и опытные учёные, конструкторы, преподаватели вузов, представители ведущих организаций авиационно-космической отрасли Российской Федерации и иностранные специалисты из Германии, Китая, Японии и других стран.

Виктор Васильевич стоял у истоков создания Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского (РАКЦ), которая зародилась именно на Научных чтениях К.Э. Циолковского в Калуге в 1991 году. Виктор Васильевич прошёл яркий путь от Советника до Академика РАКЦ.

В молодости Виктор Васильевич много путешествовал по стране. На байдарках и плотах под Андреевским флагом, сшитым в походе из полотенца и голубой рубашки, исходил Карелию, Кольский полуостров, Алтай, сложные горные реки Саян. Успел пройти по Енисею рядом со строящейся грандиозной ГЭС. Уже в походах с сыном нашёл лучшее место на Земле – низовья Волги – от Волгограда до Каспия с их простором, солнцем, щедрой рыбалкой.

В поздние годы Виктор Васильевич переключился на культпоходы - побывал в крупнейших художественных музеях западной Европы. Он хорошо знал классическую музыку и литературу.

Он очень любил науку, очень любил Калугу, очень любил жизнь...

УДК 629.78
eLIBRARY.RU: 55.49.07

Бронников С.В.
кандидат технических наук
начальник отделения
ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева»
г. Королев

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

THE INFORMATION MODEL OF THE MANNED SPACECRAFT AUTOMATED MONITORING SYSTEM

Аннотация. Информационная модель представляет собой процесс циркуляции информации в автоматизированной системе контроля. Целью работы является разработка методики проектирования информационной модели. Основными элементами информационной модели являются: блок переработки информации, информационный массив, интерфейс «человек-машина», линия связи. Представлены структура персонала и структура информационной модели пилотируемого космического аппарата.

Ключевые слова: автоматизированная система контроля, пилотируемый космический аппарат, группа анализа, информационная модель.

Abstract. An information model is a process of information circulation in an automated monitoring system. The main elements of the information model are: information processing unit, information array, human-machine interface, communication line. The structure of the analysis group - the personnel of the automated monitoring system of the manned spacecraft, the structure of the information model is presented.

Keywords: manned spacecraft, automated monitoring system, analysis group, information model.

Под автоматизированной системой контроля (АСК) пилотируемого космического аппарата (ПКА) в данной работе понимается человеко-машинная система, осуществляющая процесс контроля полета КА и включающая в себя персонал – оперативную смену и средства деятельности операторов: рабочие места, включающие средства отображения информации, конструкторскую документацию, математическое обеспечение, массивы данных, каналы связи и интерфейсы операторов. [1, с.199].

Система автоматизированного контроля (АСК) пилотируемого космического аппарата (ПКА) является подсистемой АСУ КА [2, с.13], которая в свою очередь является составной частью космического комплекса (КК) [2, с.1]. Персонал АСК, выполняющий контроль полета, называется группой анализа (ГА) бортовых систем ГА входит в состав главной оперативной группы управления (ГОГУ) [3, с.82] и

работает в непрерывном сменном режиме. В состав смены ГА пилотируемого КА входит 2-х (иногда 3-х) уровневая иерархическая структура операторов, во главе со сменным руководителем ГА (СРГА).

Смена обеспечивает процесс оперативного управления полетом. Кроме нескольких оперативных смен, работающих по графику, разрабатываемому руководителем ГА, в состав ГА входит группа специалистов неоперативного контура.

В оперативном контуре смена ГА является управляемым органом, СРП – управляющим органом. СРП определяет цели и задачи смены. Смена в лице СРГА докладывает результаты работы. Временная циклограмма оперативного контура определяется программой полета, регламентом работы ГОГУ, решениями СРП.

Руководство ГА контролирует работу смены таким образом, чтобы не нарушать временную циклограмму процесса управления полетом, контролирует готовность каждого оператора и смены в целом, выдает заключение о готовности АСК к работе. Руководство ГА определяет состав смены, график тренировок и работы смены, контролирует качество работы смены, выявляет возможные отклонения в деятельности смены, разрабатывает и реализует мероприятия по предотвращению отклонений. Мероприятия включают в себя, в общем случае, корректировку эксплуатационной документации, программу подготовки и сертификации операторов, модернизацию аппаратных и программных средств деятельности операторов ГА. Кроме того, специалисты неоперативного контура участвуют в работах, имеющих длительный цикл решения, которые не могут быть решены в течении работы оперативной смены. К таким работам относятся обеспечение эксплуатации ПКА, исследование сложных нештатных ситуаций, разработка/корректировка эксплуатационной документации ГА.

Информационная модель, представляющая собой процесс циркуляции информации в АСК, является основой разработки АСК. Основными элементами информационной модели являются: блок переработки информации, информационный массив, интерфейс «человек-машина» (ИЧМ), связь.

Структура информационной модели описывается графом, вершинами которого являются блоки переработки информации, ИЧМ и информационные массивы. Дугами графа являются связи между вершинами. Описание функционирования информационной модели состоит из описания функций, выполняемых в вершинах графа, и описания процесса циркуляции информации. Процессы контроля имеют циклический характер. Поэтому циркуляция информации в информационной модели может быть описана в пределах одного цикла

с распространением этого описания на все последующие. Кроме того, структуры информационных моделей у различных операторов АСК имеют большую степень общности, т.к. у операторов совпадают источники информации, структура решаемых задач, средства деятельности, внешние технические средства и организации, с которыми они взаимодействуют. Поэтому при разработке АСК достаточно разработать обобщенную типовую информационную модель оператора АСК. Информационная модель каждого конкретного оператора будет являться незначительной вариацией обобщенной модели. Информационная модель АСК будет получена комплексированием необходимого количества типовых моделей оператора в соответствии со структурой персонала ГА.

Информационную модель можно представить в виде:

$$G = \{S, B, M, I, P\},$$

где S - множество внешних источников информации, поступающей в информационную модель АСК;

B - множество блоков переработки информации, используемой в АСК;

M - множество информационных массивов, используемых в процессе контроля;

I - множество интерфейсов «человек-машина» (ИЧМ) оператора АСК;

$P = \{\pi_i, X_i, Y_i\}$ - множество связей между элементами информационной модели, каждой связи π_i ставится в соответствие пара X_i, Y_i , где X_i - источник информации для связи π_i ; Y_i - получатель информации, поступающей по связи π_i ; X_i, Y_i определяют, как направление перемещения информации, так и вершины графа информационной модели, связанные связью π_i .

Множество информационных массивов, используемых в процессе контроля:

$$M = \{M_{i,j,k}\},$$

где $i = \{\text{ТМИ, ЦИ, ГИ, КД КК, КД СМОАСК, результаты СМОАСК}\}$ - идентификатор типа массива,

ТМИ - телеметрическая информация,

ЦИ - цифровые изображения (фото, видео),

ГИ - голосовая информация (переговоры персонала АСУ КА),

КД - конструкторская документация,

КК - космический комплекс,

СМОАСК - специальное математическое обеспечение АСК, предназначенное для автоматизации процесса контроля;

$j = \{I_1, \dots, I_F\}$ - идентификатор источника, F - количество j -х источников;

$k = \{\text{сеанс, полет, операция и т. п.}\}$ - идентификатор временных рамок массива.

Множество ИЧМ:

$$I = \{I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8, I_9\}$$

где I_1 – интерфейс с СМОАСК. В СМОАСК должны быть объединены методы теории и опыт практики управления и представлены в форме, позволяющей использовать технические средства автоматизации передачи, приема, накопления, переработки информации для поддержки деятельности специалистов группы анализа ГОГУ. Основой построения СМОАСК являются математические модели бортовых систем ПКА, алгоритмы, осуществляющие обработку информации о состоянии ПКА и представление ее операторам ГА;

I_2 – интерфейс для получения ТМИ;

I_3 – интерфейс для обмена ГИ с персоналом ГОГУ, экипажем;

I_4 – интерфейс для получения цифровых изображений (фото, видео);

I_5 – интерфейс для обмена данными с массивами результатов работы ГОГУ (загрузка результатов контроля, получение баллистико-навигационной информации, программы полета, радиogramм на борт, результатов моделирования и т.п.);

I_6 – интерфейс с конструкторской документацией КК и СМОАСК;

I_7 – интерфейс взаимодействия с организациями-разработчиками КК;

I_8 – интерфейс взаимодействия с организацией-разработчиком СМОАСК;

I_9 – интерфейс результатов работы СМОАСК.

В таком представлении информационной модели содержится формализованная схема прохождения информации по АСК.

Детализация описаний элементов множества M до каждого параметра информационного массива дает полную картину состава информации (входящей, внутренней и выходящей), которая подвергается обработке или формируется в результате такой обработки в процессе контроля. Неформализованными остаются описания процессов, осуществляющих переработку информации, представленные множеством B . Их формализация является задачей этапа построения математической модели АСК.

Литература

1. Бронников С.В. Проектирование системы контроля полёта пилотируемого космического аппарата // Материалы 56-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (Калуга, 2021 год), часть 1, с.197 - 201.

2. ГОСТ Р 53802-2010. Системы и комплексы космические. Термины и определения. М.: Стандартиформ, 2011. 28с.

3. Соловьев В.А., Лысенко Л.Н., Любинский В.Е. Управление космическими полётами (в 2-х ч.): Учебное пособие. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. Часть 1 – 476 с. Часть 2 – 426 с.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 55.49.07

Бронников С.В.

кандидат технических наук

начальник отделения

Рожков А.С.

главный специалист

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»

г. Королёв

КОМПЛЕКС СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

SPACE VEHICLE CREW ACTIVITY SUPPORT COMPLEX

Аннотация. Комплекс средств поддержки деятельности экипажа (КСПЭ) – автономные (не входящие ни в одну из бортовых систем) технические средства, предназначенные для повышения эффективности деятельности и проведения досуга экипажа. История применения. Место в составе пилотируемого космического аппарата. Критерии проектирования. Типовой состав комплекса для космической станции, для транспортного пилотируемого КА. Создание КСПЭ на базе коммерческих готовых изделий. Особенности летной сертификации КСПЭ.

Ключевые слова: пилотируемый космический аппарат, комплекс средств поддержки экипажа, сертификация, коммерческое изделие.

Abstract. Space vehicle crew activity support complex (CASC) - autonomous (not included in any of the on-board systems) technical means used to increase the crew activities efficiency and spend crew leisure time. Usage history. Place in the manned spacecraft. Design criteria. Typical composition of the CASC for a space station, for a transport manned spacecraft. CASC creation on the basis of commercial finished products. Features of CASC flight certification.

Keywords: manned spacecraft, crew activity support complex, certification, commercial product.

Современный человек использует для работы и проведения досуга множество различных технических устройств, гаджетов. Космонавты не являются исключением. Во время первых пилотируемых полетов космонавты использовали карандаши, ручки, часы, секундомеры, фотоаппараты, кинокамеры. В 70-х годах с увеличением длительности космических полетов к ним добавились средства психологической поддержки [1, с.331]– аудио магнитофон, видео магнитофон (1977 г.). В 80-х годах космонавтами стали использоваться бортовые электронные тренажеры, персональные компьютеры (1988 г.), фото и видео камеры для работы в открытом космосе - вне отсеков орбитальной станции (1988 г.) [2, с.183; 3. с.58; 4, с.192; 5, с23]. В 2000 г. на международной космической станции была создана компьютерная сеть экипажа. Планшетные компьютеры впервые начали применяться на МКС в 2012 г., на транспортных кораблях «Союз» - в 2015 г.

До середины 80-х годов средства поддержки деятельности экипажа не входили в состав пилотируемых космических аппаратов (КА) и доставлялись на нерегулярной основе по инициативе космонавтов. На станции МИР впервые появился комплекс психологической поддержки экипажа, который вошел в состав оборудования станции. На МКС в состав бортовых систем введен комплекс средств поддержки экипажа (КСПЭ) - автономные (не входящие ни в одну из бортовых систем) технические средства, предназначенные для повышения эффективности деятельности и проведения досуга.

Задачи КСПЭ:

- обеспечение информационной поддержки экипажа;
- психологическая поддержка экипажа;
- создание привычной среды обитания для работы и для отдыха;
- автоматизация деятельности

Вначале средства поддержки деятельности экипажа разрабатывались независимо друг от друга. Затем, в 90-х годах начались процессы их унификации и интеграции. В настоящее время элементы КСПЭ интегрируются путем создания единой информационной среды экипажа, базирующейся на компьютерных сетях экипажа, файл-серверах поддержки экипажа, ресурсах бортовых и наземных систем. КСПЭ являются относительно автономными средствами. Они имеют односторонние интерфейсы с бортовыми системами, т.е. могут только получать необходимую информацию, но

не могут выдавать управляющие воздействия в бортовые системы. Таким образом, при сбое работы средств КСПЭ, исключается внесение случайных возмущений, помех в работу бортовых систем.

КСПЭ имеет следующие интерфейсы с бортовыми системами КА:

- электрический: подключение к электропитанию, зарядка аккумуляторов устройств КСПЭ;
- информационный: получение информации из бортовых систем, главным образом, системы управления;
- механический: хранение, крепление в момент применения.

Основным критерием проектирования КСПЭ является эффективность деятельности экипажа. Частные критерии: надежность работы, затраты времени, вероятность ошибочных действий, напряженность деятельности, сложность деятельности экипажа.

Применение КСПЭ приводит к автоматизации деятельности и приводит к сокращению трудозатрат на выполнение полетных процедур. Поэтому в качестве критерия может использоваться показатель, характеризующий снижение среднего времени, затрачиваемого экипажем на выполнение процедур:

$$\mathcal{E}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N_{np}} f_i t_i - \sum_{i=1}^{N_{np}} f_i t'_i}{\sum_{i=1}^{N_{np}} f_i t_i},$$

где f_i – частота выполнения i -ой процедуры в соответствии с данной программой полета;

t_i, t'_i – среднее время выполнения i -ой процедуры, соответственно, без и с использованием КСПЭ.

Особенностью оборудования КСПЭ является то, что экипаж его использует почти каждый день многократно, т.е. f_i – является большой величиной, вследствие чего эффективность также является значительной величиной.

Ошибка экипажа, как правило ведет к ущербу в виде выходу из строя бортовых систем, ухудшению функционального состояния экипажа, дополнительных затрат рабочего времени экипажа, наземного персонала, сверхнормативного расхода бортовых ресурсов (рабочего тела, электроэнергии). Применение КСПЭ приводит также к повышению надежности работы экипажа за счет оперативного представления достоверной информации. В качестве критерия при проектировании КСПЭ может использоваться показатель, характеризующий снижение ожидаемых средних потерь (L) вследствие ошибок экипажа:

$$L = \sum_{i=1}^{N_{\text{ош}}} (P_i - P'_i) L_i,$$

где P_i, P'_i - вероятность возникновения i -ой ошибки, соответственно, без использования и с использованием КСПЭ;

L_i - потери вследствие i -ой ошибки.

Основным показателем эффективности КСПЭ как средства досуга могут быть приведенные затраты на КСПЭ, т.е. затраты на создание (приобретение) и эксплуатацию, приведенные к расчетному году эксплуатации:

$$C_m = C_o + \frac{1}{T_{\text{жс}}} (C_c + C_{\text{оп}}),$$

где C_o – затраты на эксплуатацию, техническое обслуживание, ремонты (поддержание в работоспособном состоянии) в период использования по назначению;

$T_{\text{жс}}$ – длительность жизненного цикла;

C_c – цена изделия, включая затраты на проектирование, покупку комплектующих, изготовление, сертификацию, транспортировку и монтаж, а также затраты на утилизацию в конце срока службы;

$C_{\text{оп}}$ – затраты на обучение членов экипажей и другой персонал, обеспечивающий эксплуатацию.

В 60-х и 70-х годах средства КСПЭ разрабатывались в ходе ОКР из электронных компонентов. Стоимость этих средств была очень высокой. В настоящее время большинство средств КСПЭ разрабатываются на базе коммерческих готовых изделий, что приводит к существенному снижению их стоимости. Конкретная модель коммерческого изделия для включения в состав КСПЭ отбирается путем сравнительных испытаний. Критерий выбора – степень доработки коммерческого продукта, которая определяется по результатам испытаний. К наиболее частым доработкам, которые требуются коммерческому продукту для его применения на КА относятся следующие:

- Корпус – усиление конструкции;
- Блок питания – доработки конструкции и электрической схемы для обеспечения ЭМС;
- Система теплосъема – обеспечение отвода тепла в условиях отсутствия конвекции.

Как и любое техническое устройство, входящее в состав КА на каждый элемент КС должен быть получен сертификат безопасности, выпускаемый уполномоченными организациями ГК Роскосмос, свидетельствующий, что КСПЭ соответствует требованиям к

бортовому оборудованию данного КА. Подобные требования входят в состав конструкторской документации на КА. Для получения сертификата безопасности КСПЭ необходимо проведение следующих исследований и испытаний:

- санитарно-гигиенические исследования;
- анализ пожарной безопасности;
- испытания на электромагнитную совместимость (ЭМС);
- испытания электрических интерфейсов;
- испытания аккумуляторных батарей;
- испытания информационных интерфейсов;
- испытания конструкции на нагрузки при выведении;
- испытания на пониженное давление;
- климатические испытания;
- верификация программного обеспечения.

Выводы

Практика использования КСПЭ показала возможность и полезность их применения. Применения КСПЭ одобрено экипажами, специалистами управления полетом.

Рекомендуется внести изменения в нормативную документацию ГК Роскосмос с целью регламентации порядка приобретения, доработки и эксплуатации (применения) коммерческих изделий в составе космических комплексов.

Литература

1. Bronnikov S.V., Nechaev A.P., Myasnikov V.I., Stepanova S.I., Isaev G.F. Some aspects of psychophysiological support of crewmember's performance reliability in space flight // Acta Astronautica. 2004. T.54. №10. с. 749-754.
2. Бронников С.В., Рожков А.С., Смирнов И.Ю. Применение первых персональных компьютеров на орбитальном комплексе Мир // XXXVIII Научные чтения посвященные памяти К.Э. Циолковского (Калуга, 16-18 сентября 2003 года), Тезисы докладов, с.182.
3. Бронников С.В., Рожков А.С., Смирнов И.Ю. Автономный видео комплекс космонавта «Глиссер-М» на международной космической станции // XXXVII Научные чтения, посвященные разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (Калуга, 17-19 сентября 2002 года), Тезисы докладов, с.57.
4. Бронников С.В., Рожков А.С., Сидоров С.В. «Особенности использования профессиональной видеоаппаратуры на пилотируемых космических станциях» // XXXVIII Научные чтения посвященные

памяти К.Э. Циолковского (Калуга, 16-18 сентября 2003 года), Тезисы докладов, с.191.

5. Васильев В.И., Сохин И.Г., Бронников С.В., Васильева Н.В., Гордиенко О.С. Визуально-инструментальные наблюдения с борта международной космической станции экипажами российского сегмента и основные принципы подготовки к их выполнению // Пилотируемые полеты в космос №2(7), 2013, с.23-29, ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина».

УДК 629.786.2

eLIBRARY.RU: 55.49.29

Волков О.Н.

Монахов М.И.

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»

г. Королёв

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ МАЛОИНЕРЦИОННЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ МКС ПО
ВИДЕОИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ТРЕКИНГА
ТЕСТОВЫХ ТОЧЕК ИЗОБРАЖЕНИЯ**

**RESEARCH OF VIBRATIONS
OF THE ISS LOW-INERTIA STRUCTURAL UNITS
USING VIDEO INFORMATION BASED ON THE METHOD OF
TEST IMAGE POINTS TRACKING**

Аннотация. В статье описан способ определения в рамках космического эксперимента «Среда МКС» колебаний малоинерционных элементов конструкции (антенны, теплообменники, солнечные батареи и т.п.) орбитального комплекса МКС с применением видеосъемки через иллюминаторы из модулей РС МКС имеющейся на борту станции фотоаппаратурой Nikon D5. Приведены результаты применения предложенного способа для обработки выполненных экипажем РС МКС съемок.

Ключевые слова: микровозмущения, колебания, трекинг, малоинерционные элементы конструкции, видеосъемка.

Abstract. The article describes a method for determination, within the framework of the «ISS Environment» space experiment, of vibrations of the structural low-inertia units (antennas, heat exchangers, solar arrays, etc.) of the ISS orbital complex, using video shooting through the windows from

the ISS RS modules with Nikon D5 photo equipment available at the station. The results of the application of the proposed method for processing of the shooting performed by the ISS RS crew are presented.

Keywords: micro-disturbances, vibrations, tracking, low-inertia structural units, video shooting.

Работа выполнена в рамках космического эксперимента «Среда МКС» (постановщик эксперимента – РКК «Энергия»), в котором изучаются динамические характеристики орбитального комплекса МКС как технической среды для проведения различных исследований. В данной работе предложен основанный на анализе видеoinформации способ [1,2] определения колебаний и возможных деформаций элементов конструкции комплекса МКС в процессе её орбитального полета.

Для получения видеoinформации используется имеющаяся на борту РС МКС фотоаппаратура Nikon D5. Фотоаппаратура жестко закрепляется на внутренней стороне одного из иллюминаторов РС МКС посредством специального кронштейна, после чего выполняется видеосъемка запланированного объекта – внешнего элемента конструкции комплекса МКС. Результаты съемки в виде файлов пересылаются по радиоканалу на Землю для обработки.

Способ обработки основан на использовании специализированного программного обеспечения, позволяющего отслеживать треки выбранных тестовых точек в картинной плоскости изображения, получаемого в процессе видеосъемки. Таким образом, числовые характеристики треков выражаются в горизонтальных и вертикальных координатах пикселей трека в кадре видео.

Характер треков позволяет судить о наличии и особенностях колебательных движений объектов съемки на интервале наблюдения. Особенный интерес представляет собой возможность исследовать поведение периферийных и малоинерционных элементов конструкции [3], поскольку характер их колебаний не определяется бортовыми акселерометрами, размещенными внутри модулей МКС.

Показано, что зрительная информация о колебаниях внешних элементов конструкции станции позволяет получить содержательные количественные характеристики этих колебаний.

Литература

1. Беляев М.Ю., Волков О.Н., Монахов В.В. Способ определения деформации корпуса космического аппарата в полёте // Патент на изобретение № 2605232 от 25.11.2016. Заявка на изобретение №

2015122901 от 15.06.2015.

2. Беляев М.Ю., Волков О.Н., Монахов М.И. Отработка методики определения деформаций корпуса МКС фотографическим методом // Труды LI Научных чтений К.Э. Циолковского. Секция «Проблемы ракетной и космической техники» г. Калуга, 20-22 сентября 2016г., Казань, 2017г., с. 64-71.

3. Беляев М.Ю., Беклемишев Н.Д., Богуславский А.А., Волков О.Н., Сазонов В.В., Соколов С.М., Софинский А.Н. Исследование колебаний элементов конструкции космической станции по видеоинформации // Космические исследования. 2021. Т. 59. № 3. С. 218-234.

УДК 532.525.2:533.915
eLIBRARY.RU: 55.49.29

Криволапова О.Ю.

Лалетина Е.А.

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»
г. Королёв

**ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО
ЭКСПЕРИМЕНТА «РАДИОЛОКАТОР» И ИНТЕГРАЦИИ
НАУЧНОЙ АППАРАТУРЫ «РЛ-022» В СОСТАВ РС МКС**

**FEATURES OF CARRYING OUT THE SPACE EXPERIMENT
"RADIOLOCATOR" AND INTEGRATION OF SCIENTIFIC
EQUIPMENT "RL-022" INTO THE ISS RS**

Аннотация. В докладе представлены особенности проведения космического эксперимента «Радиолокатор», состав аппаратуры и проблемы, связанные с интеграцией научной аппаратуры в состав комплекса целевых нагрузок НЭМ, габаритно-массовых характеристик, требований сопряжения с бортовыми системами модуля Российского сегмента Международной космической станции и размещения внешних блоков аппаратуры на поверхности РС МКС, а также проблемы связанные с получением, передачей и обработкой научной информации, получаемой в процессе проведения эксперимента.

Ключевые слова: космический эксперимент, РС МКС, интеграция, радиолокатор, валидация.

Abstract. The report presents the features of the space experiment "Radiolocator", the composition of the equipment and the problems

associated with the integration of scientific equipment into the complex of payloads of the NEM, overall weight characteristics, requirements for interfacing with the onboard systems of the Russian Segment module of the International Space Station and placement of external units of equipment on surface of the ISS RS, as well as problems associated with the receipt, transmission and processing of scientific information obtained in the course of the experiment.

Keywords: space experiment, ISS RS, integration, radar, validation.

Научная аппаратура «РЛ-022» создается для дальнейшего использования при проведении космического эксперимента «Радиолокатор» целью которого является разработка методов дистанционного зондирования Земли для получения новой информации о морском волнении и определении скорости ветра над поверхностью Мирового океана в канале вблизи надирного зондирования. Данные будут использоваться для разработки программ ассимиляции новых данных в метеорологические и океанологические модели, благодаря построению которых океанологи будут иметь возможность развивать региональные и глобальные модели волнового климата.

В докладе представлены планируемые рабочие места блоков научной аппаратуры, выбранные исходя из возможностей РС МКС и обеспечивающие поля зрения аппаратуры, и механические и электрические интерфейсы необходимые для решения целевых задач КЭ.

Важнейшей проблемой при подготовке и проведении космического эксперимента «Радиолокатор» является валидация тематической информации, полученной в процессе космического эксперимента, требующая проведения следующих мероприятий:

1. Разработать, изготовить и провести испытания подводного акустического волнографа. Разработать алгоритмы обработки.
2. Для проведения валидации тематической информации установить прибор на морском полигоне на Черном море
3. Обеспечить непрерывное функционирование прибора и сделать его данные доступные для ученых.

На рис. 1 показан пример трека МКС, проходящего через Черное море. В данном случае Черное море является оптимальным местом для размещения морского полигона.



Рис. 1. Пример трека МКС, проходящего через Черное море (красная кривая)

Космический эксперимент позволит выполнить полномасштабное тестирование новой техники и оптимизировать параметры прибора под решение поставленных задач. проверка работоспособности радиолокатора с АФАР для двух режимов работы: 1) измерение дисперсии наклонов крупномасштабного волнения и 2) измерение высоты значительного волнения.

В ходе данного эксперимента будут исследованы возможности радиолокационной аппаратуры канала вблизи надирного исследования и решены следующие задачи:

- проведено тестирование в космических условиях первого российского радиолокатора с АФАР, обеспечивающей сканирование веерной диаграммой направленности в направлении, перпендикулярном направлению полета. Полученная информация будет использована при разработке радиолокатора для перспективного российского скаттерометра океанографического КА КК «Метеор-МП»;
- проведены измерения в режиме измерения высоты волнения и в режиме измерения дисперсии наклонов и отработаны процедуры записи, предварительной обработки и передачи данных;
- проведены совместные измерения в канале наклонного зондирования (американский модуль) и вблизи надирного зондирования (российский модуль) и разработаны алгоритмы тематической обработки и совместного анализа радиолокационных данных.

В результате выполнения КЭ будут накоплены необходимые наборы данных, развиты модели и алгоритмы, отработаны методики проведения измерений, калибровки и валидации экспериментальных данных. Тематическая информация будет передаваться пользователям для разработки программ ассимиляции новых данных в метеорологические и океанологические модели. Информация является уникальной и будет востребована потребителями не только в России.

В результате проведения КЭ будет сокращено до минимума время от начала функционирования скаттерометра до поступления данных потребителям, а также проведено тестирование в космических условиях радиолокатора с АФАР.

Литература

1. Мешков Е., Караев В.Ю. Определение параметров морского волнения по доплеровскому спектру радиолокационного СВЧ сигнала, отраженного водной поверхностью // Известия ВУЗов, сер. Радиофизика, 2004, 47, N3, 231-244.
2. Караев В., Коваленко А. Панорамный радиолокационный способ определения параметров состояния приповерхностного слоя океана со спутника. Патент на изобретение N 2449312, зарегистрирован 27/04/2012.
3. Караев В., Каневский М., Мешков Е. Восстановление параметров поверхностного волнения по результатам радиолокационных измерений // Исследование Земли из Космоса, 2008, N 1, 44-55.
4. Караев В., Панфилова М., Баландина Г., Чу К. Восстановление дисперсии наклонов крупномасштабных волн по радиолокационным измерениям в СВЧ-диапазоне // Исследование Земли из космоса, 2012, N 4, 62-77.

УДК 523.9 / 52-75
eLIBRARY.RU: 41.21.25

Махмутов В.С.
Филиппов М.В.
ФГБУН ФИАН, г. Москва
Гайфутдинова А. Г.
Промтова С.С.
ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева»
г. Королев

ИЗМЕРЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА борту Международной Космической станции

SOLAR TERAHERTZ EMISSION MEASUREMENTS on board of International Space Station

Аннотация. В работе кратко описаны цели и задачи планируемого космического эксперимента «СОЛНЦЕ-ТЕРАГЕРЦ» на борту Российского сегмента МКС, направленного на изучение Солнца в неисследованном терагерцовом диапазоне на частотах от 0,4 ТГц до 12,0 ТГц (от 750 до 25 мкм), получение новых данных о поведении солнечных активных областей и природе солнечных вспышек. Эти данные необходимы для выяснения физической природы солнечной активности, определения физического механизма ускорения заряженных частиц на Солнце во время солнечных вспышек и на других астрофизических объектах. Приведены конструктивные особенности научной аппаратуры. Представлены результаты согласования расчётных и экспериментально подтверждённых характеристик научной аппаратуры для регистрации терагерцового излучения Солнца. Сделан вывод о готовности аппаратуры к проведению эксперимента.

Ключевые слова: Солнце, солнечные вспышки, терагерцовое излучение, МКС.

Abstract. Target and tasks are briefed in the present paper of planned space investigation named «Solntse–Terahertz» to be performed onboard the ISS Russian Segment. The experiment is aimed on studying of uninvestigated solar electromagnetic emission in the terahertz domain at frequencies from 0.4 THz until 12 THz (that is from 750 μm until 25 μm), and on obtaining new data on solar active region emission including solar flare emission. These data are necessary to clarify the nature of solar activity and construct physical model of charged particle acceleration in active regions during solar flares and other astrophysical objects. Design of scientific payload for the investigation is presented. Results of simulations and comparison with the experimental verification of obtained characteristics are presented for the scientific payload. It is concluded that hardware part is ready to investigation conduct.

Keywords: Sun, solar flares, terahertz emission, ISS.

В настоящее время на борту российского сегмента МКС готовится к реализации космический эксперимент «СОЛНЦЕ-ТЕРАГЕРЦ», главная цель которого получение новых данных о терагерцовом

излучении Солнца, солнечных активных областей и солнечных вспышек. Эти данные позволят продвинуться на пути изучения природы солнечной активности, определить физический механизм ускорения заряженных частиц на Солнце во время солнечных вспышек и на других астрофизических объектах, получить новые знания о жизни Солнца и звёзд. В практическом приложении это позволит получить знания по выбору материалов для космических кораблей и станций, по обеспечению безопасности их экипажей и т.д.

Объектом исследования космического эксперимента «СОЛНЦЕ-ТЕРАГЕРЦ», полное наименование которого звучит как «Регистрация электромагнитного излучения Солнца в терагерцовом диапазоне для исследования процессов ускорения и взаимодействия заряженных частиц в солнечной атмосфере», являются электромагнитные излучения спокойного и активного Солнца и фоновое излучение от окружающего пространства. Предполагается, что измерения фонового излучения будут преимущественно проводиться на теневой стороне Земли, а в остальное время будут производиться измерения электромагнитного излучения от солнечного диска.

Перечень задач, возлагаемых на исследователей в рамках эксперимента, включает:

- исследование активных нестационарных процессов на Солнце, физических механизмов и условий ускорения электронов, протонов и ядер на различных фазах развития солнечных вспышек;
- измерение энергетических и временных характеристик излучения поверхности спокойного Солнца;
- измерение энергетических и временных характеристик электромагнитного излучения солнечных вспышек;
- измерение характеристик фонового излучения из разных направлений небесной сферы.

Для выполнения перечисленных задач предполагается провести спектральные и временные измерения излучений в терагерцовом диапазоне, исследовать в этом диапазоне фоновую обстановку и выделить из общего потока электромагнитного излучения ту часть, которая сформирована за счёт солнечных вспышек.

Реализация эксперимента возлагается на научную аппаратуру «СОЛНЦЕ-ТЕРАГЕРЦ», разработка и изготовление которой ведётся в рамках кооперации, включающей ПАО «РКК «Энергия» имени С. П. Королёва» и Физический институт РАН имени П. Н. Лебедева (ФИАН), Специальное конструкторское бюро Института радиотехники и электроники РАН (СКБ ИРЭ).

Научная аппаратура включает блок из восьми независимых детекторов, каждый из которых предназначен для регистрации терагерцового излучения в заданном частотном диапазоне. Детектор состоит из чувствительного элемента (оптоакустический приёмник - Ячейка Голея), телескопа системы Кассегрена, полосовых фильтров, оптического прерывателя.

Научная аппаратура будет осуществлять регистрацию потоков электромагнитного излучения, обусловленных активными нестационарными процессами на Солнце, а также получение энергетических спектров и временных профилей потоков излучения солнечных вспышек для последующего сравнения с результатами измерений на действующих солнечных обсерваториях в радио-, рентген- и гамма- диапазонах. Сравнение полученных в ходе эксперимента результатов будет производиться также с результатами теоретических моделей развития солнечных вспышек, для проверки достоверности последних. Таким образом, на настоящий момент научная аппаратура «СОЛНЦЕ–ТЕРАГЕРЦ» готова к выполнению задач в интересах космического эксперимента.

Литература

1. Калинин Е.В., Филиппов М.В., Махмутов В.С., Максумов О.С., Стожков Ю.И., Квашнин А.А., Измайлов Г.Н., Озолин В.В. Исследование характеристик детектора терагерцового излучения для научной аппаратуры «СОЛНЦЕ-ТЕРАГЕРЦ» // Космические исследования, 2021, том 59, № 1, с. 3–8.
2. Квашнин А.А., Логачев В.И., Филиппов М.В., Махмутов В.С., Максумов О.С., Стожков Ю.И., Калинин Е.В., Орлов А.А., Озолин В.В., Измайлов Г.Н., Криволапова О.Ю., Гайфутдинова А.Г. Оптическая система прибора для измерения солнечного терагерцового излучения // Космическая техника и технологии, 2021, № 4 (35), с. 27–34.

УДК 533.9.08

eLIBRARY.RU: 55.49.31

Лапшинова О.В.

ведущий инженер

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»

г. Королёв

Фролов А.В.

ведущий инженер АО «НПО ИТ»

г. Королёв

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ РС МКС

INVESTIGATION OF ELECTRIC FIELDS NEAR THE ISS RS SURFACE

Аннотация. При движении КА в ионосфере вблизи его поверхности возникают переменные электрические поля и токи. Постоянные колебания параметров ионосферы, а также их возмущение движущимся КА приводят к достаточно интенсивным колебаниям электрофизических параметров вблизи его поверхности. Для их диагностики в КЭ использовались датчики разработки НПО ИТ. Обсуждаются результаты измерений и возможности использования датчиков в разного рода прикладных задачах, включая контроль за параметрами ионосферы, за зарядовым состоянием КА, а также контроль за выходом плазмы в летных испытаниях плазменных и ионных двигателей.

Ключевые слова: космический аппарат, электрические поля и токи, ионосфера, ионосферные аномалии, плазменная инжекция.

Abstract. When the spacecraft moves in the ionosphere, variable electric fields and currents arise near its surface. Constant fluctuations in the parameters of the ionosphere, as well as their perturbation of the moving spacecraft, lead to sufficiently intense fluctuations in the electrophysical parameters near its surface. For them diagnose in the SE sensors developed by NPO IT were used. The results of measurements and the possibility of using sensors in various applications are discussed, including monitoring the parameters of the ionosphere, the charge state of the spacecraft, as well as monitoring the plasma output in flight tests of plasma and ion engines

Keywords: spacecraft, electric fields and currents, ionosphere, ionospheric anomalies, plasma injection.

Объем полученных данных и методы измерения

В настоящей работе использовались данные измерений, полученных на СМ МКС при проведении КЭ «Импульс (1 этап)». Одной из задач КЭ стояла задача исследования квазипостоянных и переменных, до 2 кГц, электрических полей вблизи поверхности МКС в условиях полета в ионосфере. Измерения выполнялись в период 12.02.2010–21.01.2011 гг. и включали более 170 телеметрических сеансов, из которых девяносто сеансов длились по 90–135 мин каждый, т.е. от 1 до 1.4 витка. В двенадцати случаях проводились непрерывные измерения на

протяжении более 4 часов, то есть в течении более 2.8 витков. Всего получено более 16000 измерений амплитуд токов натекания и квазипостоянных электрических полей с дискретностью 1с и привязкой УТ к каждой точке измерения.

Измерения проводились с помощью датчиков разработки НПО ИТ, представляющих собой гальванометр для измерения тока в цепи между плоской пластиной, изолированной от корпуса датчика, и корпусом датчика. Преобразователь осуществляет усиление, фильтрацию и детектирование сигналов, пропорциональных измеряемому току в разных частотных полосах. Ток в цепи зависит как от тока натекания (стекания) на пластину, так и от внешнего электрического поля, индуцирующего на поверхности датчика электрический заряд.

Разделение двух переменных производится за счет выбора сопротивления и емкости входной цепи $\tau_{вх}=R \cdot C$, где R и C – сопротивление и емкости пластины датчика относительно корпуса. В полосе от 2,0 Гц до 2,0 кГц проводится измерение переменного электрического поля. В полосе от 10 до 300 Гц – токов натекания.

Для измерения постоянных по времени полей используется датчик вибрационного типа. В этих датчиках экранирующий электрод колеблется в измеряемом поле под действием электромагнитного возбудителя, обуславливая модуляцию поля на поверхности измерительного электрода.

Результаты измерений

1. При измерениях тока натекания на чувствительный элемент датчиков и электрических полей выявлены существенные колебания амплитуды в зависимости от координат движения МКС по орбите (широты и долготы), как с отрицательным, так и положительным знаками (рис.1). Диапазон измеряемых токов находился в пределах от 1,0 до 13,0 нА. За положительное направление тока принято направление противоположное направлению стекающих электронов. Диапазон измеряемых полей E оценивался как $TME = kE$, где k – приборный коэффициент, TME – телеметрическая единица в вольтах. Известно, что в ионосфере E достигает 100 и более мВ/м, однако в приповерхностной зоне поле может иметь и большее значение, создаваемое возмущением параметров ионосферы МКС при орбитальном движении.

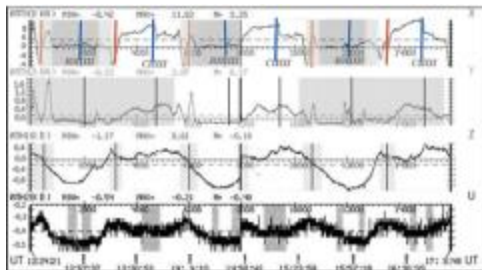


Рис. 1. Общий вид измеряемых токов натекания (панель X, Y) и электрических полей (панель Z, U).

2. Колебания амплитуды токов и электрического поля в основном повторяются от витка к витку, при этом на каждом витке выделяются похожие области отдельных всплесков амплитуды токов натекания в течение до 200-400 секунд, а также более медленные значительные изменения электрических полей до 40 минут со сменой знака (рис.1).
3. При выбросах со станции продуктов жизнедеятельности (срабатывание двигателей, дренажные выбросы), а также при выбросах плазмы с установленного для проведения активного КЭ импульсного плазменного инжектора наблюдаются характерные области колебания измеряемых величин в течении времени активного воздействия на внешнюю среду вблизи поверхности МКС (рис.2, 3).

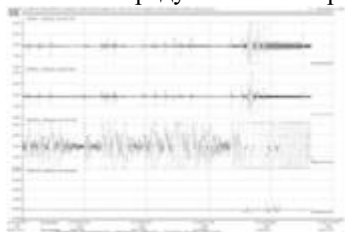


Рис. 2. Изменение токов натекания и электрических полей при срабатывании двигателей ориентации

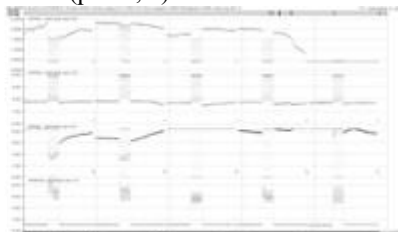


Рис. 3. Изменение токов натекания и электрических полей при инъекции импульсов плазмы

Результаты анализа измерений

1. Выявлена зависимость колебаний амплитуды измерений от прохождения МКС известных ионосферных пространственно-временных структур, характеризующихся изменением плотности частиц в ионосфере (Экваториальная аномалия, Главный ионосферный провал, геомагнитный экватор, субавроральная область [1]).

2. Выброс продуктов жизнедеятельности и искусственной плазмы также создают временное резкое перераспределение частиц ионосферы с изменением ее плотности, влияющее на электрофизические параметры вблизи поверхности КА (рис.2 и 3).

Выводы

1. Представленный анализ позволяет сделать вывод, что относительно простой прибор, предназначавшийся для диагностики приповерхностной заряженной компоненты окружающей МКС среды в активном КЭ, может быть использован для мониторинга структурных особенностей ионосферы и контроля параметров ионосферы.

2. Резкие повышения амплитуды электрического поля вблизи поверхности КА может приводить к резкому изменению потенциала его поверхности и возможным локальным разрядам, особенно в объеме диэлектрических покрытий. Такие разряды могут влиять на показания чувствительных измерительных приборов, а также на деградацию материалов покрытия поверхности КА, снижая сроки их службы. В этой связи датчики могут быть использованы в качестве контроля за электропомеховым состоянием внешней среды КА.

3. Представленные в настоящей работе датчики могут быть использованы также для контроля за расходом рабочего тела при использовании в составе КА электрореактивных установок, в том числе при экспериментальном исследовании перспективных импульсных плазменных инжекторов и ионных двигателей.

Литература

1. Лисаков Ю.В., Лапшинова О.В., Пушкин Н.М., Коношенко В.П., Матвеев Н.В., Яшина Л.С. Измерение токов натекания и квазистационарного электрического поля в приповерхностной зоне РС МКС в ионосфере Земли // Космическая техника и технологии. 2021. № 4. С.5-21.

УДК 544.45

eLIBRARY.RU: 31.15.01

Пичугин С.Б.

кандидат технических наук

ведущий научный сотрудник

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»

г. Королёв

Исследования горения жидких, газообразных и твёрдых тел на борту Международной Космической станции

Investigation of combustion of liquid, gaseous and solid bodies on board of International Space Station

Аннотация. Приводятся результаты экспериментов, посвящённых изучению процессов горения в условиях невесомости в рамках программы совместных российско-американских исследований. Отмечается ценность полученных результатов для разработки двигательных установок и иных технических устройств, связанных с горением и предназначенных для работы в условиях невесомости и микрогравитации, для борьбы с пожарами на борту космических аппаратов, а также для разработки будущих разработок и эксплуатации огневых экспериментальных установок на борту перспективных космических станций.

Ключевые слова: горение, процессы горения, оборудование для исследований, космические технологии.

Abstract. Results of investigations are presented, related to processes of combustion in weightlessness and microgravity. Value of the results received is outlined for developing engines and other installations used for combustion in weightlessness and microgravity, and for distinguishing fires on board of space vehicles, and also for developing and maintaining combustion experimental installations in the future for perspective space stations.

Keywords: combustion, combustion processes, equipment for investigations, space technology.

В период с 2017 по 2021 год проводились эксперименты, посвящённые изучению процессов горения в условиях невесомости и микрогравитации. Базой для таких экспериментов служила многофункциональная стойка для экспериментов с горением (CIR), модульное построение которой позволяло перенастраивать её для исследования процессов горения жидкостей, газов и твёрдых тел.

Особенности исследований процессов горения на борту МКС

Главной особенностью исследования процессов горения на борту МКС является то, что, они проводятся в условиях невесомости, практически не ограниченной по времени, в отличие от земных условий, где невесомость может быть только кратковременной. С этим связан устойчивый интерес учёных разных стран к организации

соответствующих экспериментов. Экспериментальная база на борту МКС должна также, гарантировать безопасность экипажа станции, а также обеспечивать многократное применение в совокупности с простой и оперативной перенастройкой, компактностью исполнения и малыми массой и энергопотреблением. Всё это реализовано в стойке CIR, модульное строение которой позволяет изменять состав компонентов горючего и окислителя заменой баллонов, содержащих жидкие или газообразные компоненты топлива, а также заменой модуля, в котором размещаются горелки для жидких, газообразных или твердотельных компонентов топлива. Кроме того, в целях безопасности исследовались так называемые холодные пламёна, с температурой существенно ниже обычных пламён.

В табл. 1 приведены некоторые сведения об экспериментах в рамках программы совместных российско-американских исследований по изучению процессов горения в условиях невесомости и микрогравитации.

Таблица 1. Сведения об экспериментах в рамках программы совместных российско-американских исследований по изучению процессов горения в условиях невесомости и микрогравитации

| Группа экспериментов | Характеристики эксперимента | | |
|----------------------|-----------------------------|---|--|
| | Наименование эксперимента | Цель эксперимента | Горючее |
| Горение жидкостей | Зарево | Изучение горения капель углеводородов в условиях микрогравитации | н-додекан ($C_{12}H_{26}$) |
| Горение газов | Диффузионное пламя | Изучение ламинарного диффузионного пламени в спутном потоке горючего и окислителя | метан (CH_4), этилен (C_2H_4) |
| Горение газов | Электрическое пламя | Изучение влияния электрических полей на диффузионное пламя | метан (CH_4), этилен (C_2H_4), ацетилен (C_2H_2) |
| Горение газов | Сферическое пламя | Исследование сферически симметричного диффузионного пламени | водород (H_2), метан (CH_4), этилен (C_2H_4) |

| | | | |
|---------------------|----------|--|--|
| Горение газов | Фламенко | Исследование горючести конденсированных пожароопасных материалов в условиях микрогравитации | метан (CH ₄), этилен (C ₂ H ₄) |
| Горение газов | Адамант | Исследование сферических диффузионных пламён – при подаче горючего в атмосферу окислителя и наоборот | метан (CH ₄), этилен (C ₂ H ₄), ацетилен (C ₂ H ₂) |
| Горение твёрдых тел | Джел | Изучение горения твёрдых горючих материалов | шар из полиметил-метакрилата |

Основные результаты, полученные в ходе исследований

К настоящему времени завершено выполнение экспериментов с горением жидкостей и газов. Планируется к выполнению эксперимент с горением твёрдых тел.

Основными результатами экспериментов являются данные о влиянии на образование и устойчивость пламени следующих основных параметров:

- давление и температура в экспериментальной камере;
- скорость потока газа/жидкости;
- концентрация компонентов топливной смеси;
- напряжённость электрического поля.

В ходе исследований получены данные о характеристиках горения:

- размеры стабилизированного пламени;
- границы возникновения пульсирующих неустойчивостей пламени;
- температура пламени;
- сажеобразование в процессе горения;
- пределы существования пламени во времени и пространстве.

Определены также некоторые типичные отказы экспериментальных установок, реализующих горение в условиях невесомости, связанные с подачей топлива (в экспериментах, связанных с исследованием жидких топлив), разгерметизацией при подаче газовой смеси (при исследовании горения газовых смесей), выходом из строя устройств поджига (запальников), отказами органов управления.

Затраты времени российского экипажа на настройку аппаратуры и подготовку её к работе составили более 70 часов полётного времени.

В подготовке и проведении ЦР с российской стороны участвовали АО «ЦНИИМаш», как постановщик ЦР. Участниками ЦР являлись ПАО «РКК «Энергия», ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина», ФГБУН ФИЦ ХФ РАН им. Н. Н. Семенова, ФГБУН ФИАН им. П. Н. Лебедева, ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого и ФГАОУ ВО ДВФУ.

Литература

1. Новицкий О.В., Пеклевский А.В., Пичугин С.Б., Фролов С.М., Дитрих Д., Уильямс Ф., Уитсон П. Совместный эксперимент «Зарево» и оборудование МКС для его проведения // Материалы XII международной научно-практической конференции «Пилотируемые полёты в космос» 24–26 октября 2017 года, Звёздный городок, Центр подготовки космонавтов, 2017, с. 85-87.
2. Пичугин С.Б., Артемьев О.Г., Прокопьев С.В., Кононенко О.Д., Новицкий О.В., Фролов С.М. Эксперименты на МКС по горению газовых смесей. Некоторые результаты и наработанный технический опыт // Материалы XIII международной научно-практической конференции «Пилотируемые полёты в космос» 13-15 ноября 2019 года, Звёздный городок, Центр подготовки космонавтов, 2017, с. 114-115.
3. Пичугин С.Б., Самсонов Д.С., Фролов С.М., Коробейничев О.П., Шмаков А.Г. Эксперименты с пламёнами на борту МКС // Материалы отраслевой научно-практической конференции «Космонавтика XXI века» 12 и 14 мая 2021 г., г. Королёв, 2021, с. 219-221.

УДК 303.732

eLIBRARY.RU: 28.29.51

Пичугин С.Б.

кандидат технических наук
ведущий научный сотрудник

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»
г. Королёв

АБОНЕНТСКАЯ СВЯЗЬ В НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ «ММО»

SUBSCRIBER COMMUNICATIONS IN LEO SATELLITE SYSTEM USING MIMO TECHNOLOGY

Аннотация. Исследуется применение технологии «ММО» при связи абонентов через спутники в перспективной низкоорбитальной системе связи, позволяющей повысить скорость передачи абонентской информации или повысить надёжность её доставки. В исследовании учтён характер взаимодействия спутников и абонента, существенно отличающийся от характера взаимодействия в наземных сотовых сетях связи. Предложена аналитическая модель позволяющая описать взаимодействие абонента и спутников перспективной низкоорбитальной системы связи. Приведены результаты моделирования для ряда сценариев функционирования низкоорбитальной спутниковой системы.

Ключевые слова: технология ММО, пространственно–временное блочное кодирование, низкоорбитальная спутниковая система, коммутация на борту спутника, канал связи, матричная модель.

Abstract. Application of MIMO technology is investigated for prospective LEO Communication System, which could raise baud rate for subscriber data transfer or raise reliability of the data delivery. In the investigation main specific features for LEO systems are taken into account, the ones substantially different from ground cellular systems.

Keywords: MIMO technology, space-time block coding, communications channel, LEO satellite system, on-board switching, matrix model.

В перспективной низкоорбитальной системе связи (НОСС) предполагается, что зоны её спутников-ретрансляторов с функцией маршрутизации (СРФМ) перекрываются. Для такого случая предлагается использовать технологию «ММО» (multiple input – multiple output), применяемую в наземных системах сотовой связи и основанной на многолучевом распространении сигнала с применением пространственно-временного блочного кодирования [1, 2]. В таком случае, абонент, находясь в зоне обслуживания одного СРФМ, способен видеть их сразу несколько СРФМ, и с каждым из них установить связь, используя многолучевую антенну и соответствующее кодирование данных. Это позволяет, обеспечить

абоненту не один, а несколько каналов связи, увеличивая скорость передачи информации, либо повышая надёжность её доставки.

Требуется разработать методику, позволяющую оценить возможное увеличение скорости передачи информации или надёжности её доставки для абонента НОСС при связи с несколькими СРФМ с использованием технологии «ММО».

В зависимости от того, какая схема баллистического построения НОСС выбрана, и какова кратность перекрытия зон обслуживания СРФМ, число спутников, видимых абонентом, будет различаться. В данной работе рассматривается НОСС с гексагональной схемой построения, обеспечивающей двукратное резервирование межспутниковых трактов и двукратным перекрытием зон обслуживания СРФМ, позволяющее обеспечить абонента связью при отказе СРФМ в его зоне обслуживания.

На рис. 1 и 2 показано, сколько СРФМ окажутся в наилучшем случае в поле зрения абонента, при условии двукратного перекрытия зон обслуживания при гексагональной схеме баллистического построения НОСС и штатном режиме её функционирования.

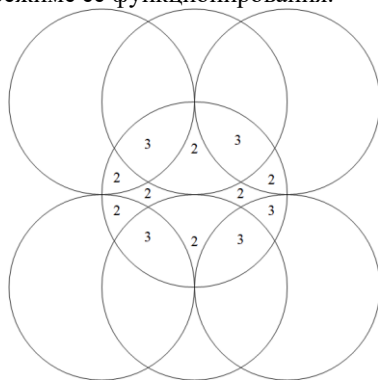


Рис. 1. Двукратное покрытие в НОСС с гексагональной схемой построения

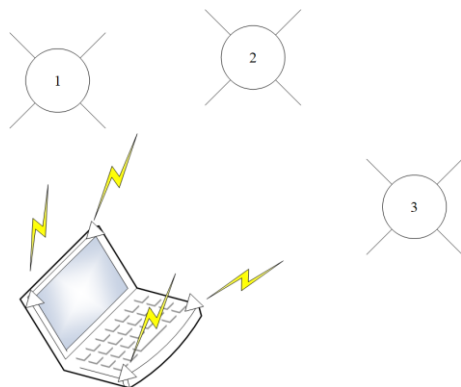


Рис. 2. Работа абонентского ММО-терминала в НОСС на рис. 1.

Символами 1-3 обозначены СРФМ, видимые абоненту.

Для исследования функционирования технология «ММО» в НОСС, предложено использовать матричную модель.

Для удобства вычислений время прохождения СРФМ над зоной обслуживания разделено на семь интервалов, а зона обслуживания пространственно разделена также на семь полос. Также, для удобства вычислений принято, что зона обслуживания является кругом с центром в подспутниковой точке, а перемещение СРФМ производится параллельно диаметру зоны обслуживания.

С учётом указанных допущений пространственно-временная модель взаимодействия «абонент – НОСС» была представлена в виде квадратной матрицы 7×7 , соответственно, для ортогональной или гексагональной схем (рис. 3а). Столбцы матрицы соответствуют интервалы времени, а её строки – полосы зоны обслуживания. Было отмечено, что данная матрица является симметричной как по горизонтали, так и по вертикали, что, соответственно, даёт возможность оперировать в дальнейшем с её четвертью размерности 4×4 (рис. 3б). В общем случае размерность матрицы может быть изменена.

Чтобы найти нагрузку, которую абонент может генерировать, находясь в текущем временном интервале и в заданной полосе зоны обслуживания СРФМ, перемножают матрицу, характеризующую число СРФМ, видимых абоненту и матрицу, характеризующую нагрузку абонента.

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 2 & 2 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 3 & 2 & 2 & 2 & 3 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 3 & 2 & 2 & 2 & 3 & 2 \\ 0 & 3 & 2 & 2 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Рис. 3а. Число СРФМ, видимых абонентом в зоне обслуживания одного СРФМ на рис. 1 - пространственно-временная модель в виде квадратной матрицы

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 2 & 3 & 0 \\ 2 & 2 & 3 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 2 \end{pmatrix}$$

Рис. 3б. Пространственно-временная модель в виде сокращённой матрицы N размерности 4×4

Матрица, характеризующая нагрузку от абонентов на СРФМ, соответствует потоку заявок, поступающих от абонентов на борт СРФМ, который характеризуется интенсивностью λ . Пороговые значения интенсивности для случаев простейшего и марковского модулированного потоков рассмотрены в работе [3], где входной поток от сообщества абонентов представлен матрицей Λ условных интенсивностей входящего потока. Для рассматриваемого случая такая матрица имеет вид, приведенный на рис. 4.

$$\begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_4 \end{pmatrix}$$

Рис. 4. Матрица Λ интенсивностей входящего потока

Вид данной матрицы учитывает прохождение СРФМ над зоной обслуживания. В общем случае размерность матрицы может быть изменена.

Величины пороговых значений интенсивностей для идеализированного и реального (учитывающим влияние взаимосвязи передач абонентов и вариации длительности их сообщений) случаев, полученные в работе [3], позволили задать пороговые значения для каждого из сценария – идеализированного и реального.

Для идеализированного случая величина λ_i по величине не превысит порог $\lambda/\mu = 25\%$, где μ - пропускная способность тракта, а учёт взаимосвязи передач абонентов и вариации их сообщений по длительности снижает этот порог до $18,3\%$.

Проведенные расчёты позволяют получить зависимости нагрузки, отправляемой на видимые им СРФМ, или, (по принципу зеркальности

приёма и передачи), на вход терминала абонента от видимых им СРФМ, от числа выходящих из строя СРФМ в НОСС. Рассмотрен также вариант построения НОСС с ортогональной схемой построения и двукратным перекрытием зон обслуживания СРФМ. Проведен сравнительный анализ результатов, полученных для обоих вариантов.

Литература

1. Рашич А.В. Сети беспроводного доступа WiMAX: учеб. пособие / Рашич А. В.— СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. — 179 с.
2. Модуляция, кодирование и моделирование в телекоммуникационных системах. Теория и практика: учебное пособие / Голиков А.М. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2016. – 516 с.
3. Пичугин С.Б., Лапин А.В. Марковские модулированные потоки в исследовании низкоорбитальной системы связи // Материалы 56-х Научных Чтений К.Э. Циолковского 21 – 23 сентября 2021 г., в г. Калуге, ч. 1, с. 212-216.

УДК 629.786.2:629.7.069
eLIBRARY.RU: 89.25.35

Рулев Д.Н.

кандидат физико-математических наук
главный научный сотрудник
ПАО «РКК «Энергия» им. С П. Королева»
г. Королев

Калери А.Ю.

инструктор-космонавт-испытатель 1 класса
ПАО «РКК «Энергия» им. С П. Королева»
г. Королев

РАЗРАБОТКА ЛЕТАЮЩЕГО РОБОТА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВНУТРИ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

DEVELOPMENT OF A FLYING ROBOT FOR OPERATION INSIDE THE SPACE STATION

Аннотация. Описывается подготовка создания летающего робота для эксплуатации внутри герметичного отсека Российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС). Работы выполняются в рамках подготовки реализации космического

эксперимента «Пилотаж», направленного на отработку и исследование позиционирования и управления при решении целевых задач летательным аппаратом на РС МКС. В качестве системы движителей робота используется двигательная установка с пропеллерами. Отрабатываемые в эксперименте технологии могут быть востребованы на перспективной российской космической станции.

Ключевые слова: летательный аппарат, робот, двигательная установка с пропеллерами, герметичный отсек космической станции.

Abstract. Preparation to the development of flying robot for operation inside the pressurized compartment of the Russian Segment (RS) of the International Space Station (ISS) is described. The activities are implemented as part of the space experiment “Pilotage”, which is directed at verification and research of positioning and control by an aircraft on the ISS RS. A propulsion system with propellers is used as a system of propulsors for the robot. The technologies that are being verified within the experiment, may be applied on the Advanced Russian space station.

Keywords: aircraft, robot, propulsion system with propellers, pressurized compartment of the space station.

В настоящее время осуществляется подготовка создания летающего робота для эксплуатации внутри герметичного отсека Российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС). Работы выполняются в рамках подготовки реализации космического эксперимента (КЭ) «Пилотаж». Цель КЭ - отработка и исследование позиционирования и управления при решении целевых задач летательным аппаратом на РС МКС. Решаемыми задачами КЭ являются:

- разработка и испытание средств позиционирования летательного аппарата (летающего робота), в том числе с использованием технического зрения, для их применения при решении целевых задач на РС МКС;
- отработка технологии использования средств позиционирования летательного аппарата на РС МКС при различных режимах управления летательным аппаратом, в том числе при управлении бортовым оператором через средства дистанционного управления и голосовыми командами, наземным оператором в режиме телеуправления, в автоматических режимах;
- отработка технологии использования средств позиционирования летательного аппарата на РС МКС при решении различных целевых задач, в том числе проведения видеосъемки, поиска объектов, позиционирования относительно РС МКС и космонавта,

позиционирования присоединенной полезной нагрузки, реализации различных сценариев образовательных занятий с использованием управляемых летательных аппаратов на РС МКС;

– разработка технических предложений по созданию средств локального позиционирования летательного аппарата для применения на внешней поверхности РС МКС, в том числе в условиях внекорабельной деятельности космонавтов.

Основные зарубежные исследования в данном направлении представлены летающими роботами-спутниками для запуска внутри американского сегмента МКС: SPHERES (Synchronized Position, Hold, Engage, and Reorient Experimental Satellite), Astrobee (реализуются NASA), Int-Ball (Internal Ball Camera, реализуется JAXA), CIMON (Crew Interactive MOBILE CompanioN, реализуется ESA).

В качестве системы движителей для использования в условиях герметичного отсека РС МКС будет использоваться двигательная установка с пропеллерами (такие установки применяются на аппаратах Astrobee, Int-Ball, CIMON). В качестве систем навигации и позиционирования для разрабатываемого летательного аппарата рассматриваются средства автономной навигации, реализованные на базе современных датчиков, основанных на микро-электромеханических системах, средства позиционирования по маякам (ультразвуковая, инфракрасная, ультраширокополосная технологии) и визуальным ориентирам и системы на базе технического зрения.

Опыт использования ультразвуковой и инфракрасной систем позиционирования в условиях РС МКС получен при отработке научной аппаратуры «СКПФ-У» и «СКП-И» в рамках выполнения на РС МКС КЭ «Визир» [1, 2]. Особый интерес представляют системы позиционирования по визуальным ориентирам и на базе технического зрения, поскольку для работы данных систем не требуется дополнительного размещения на станции стационарных датчиков-маяков, при этом область, в которой будет использоваться летательный аппарат досконально известна, что позволит построить необходимую для применения технологии технического зрения ее цифровую модель.

Отрабатываемые в КЭ «Пилотаж» технологии могут быть востребованы на перспективной российской космической станции. С помощью летающих роботов в условиях пилотируемой станции могут решаться задачи мониторинга окружающей обстановки, поиска объектов, перемещения и позиционирования различной полезной нагрузки, в том числе для поддержки деятельности космонавтов при проведении работ на космической станции, а также задачи проведения

образовательных занятий. При этом малоразмерный летательный аппарат (летающий робот) рассматривается как вспомогательный аппарат, который может решать свою целевую задачу как под управлением космонавта, находящегося непосредственно на борту станции, так и под управлением с Земли или в автоматическом режиме.

Литература

1. Способ ориентирования перемещаемого в пилотируемом аппарате прибора и система для его осуществления. Патент RU 2531781 (Россия) С2 2014.10.27 МПК F41G 3/00 (2006.01) B64G 1/66 (2006.01) Заявка № 2012134959/11 от 2012.08.16 / Бронников С.В., Рожков А.С., Караваев Д.Ю., Рулев Д.Н., Рулин О.С., Калифатиди А. К., Городецкий И.Г.; ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева».

2. Способ определения положения объекта преимущественно относительно космического аппарата и система для его осуществления. Патент RU 2600039 (Россия) С1 2016.10.20 МПК B64G 1/36 (2006.01) G01C 21/00 (2006.01) Заявка № 2015121470 от 2015.06.04 / Бронников С.В., Рожков А.С., Поздняков П.А., Рулев Д.Н., Волоховский Д.А., Привалов Ю.А., Набок А.А.; ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева».

УДК 621.45.00.11.030

eLIBRARY.RU: 89.25.00+55.42.49+55.42.47

Алтунин В.А.

доктор технических наук, профессор
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

Львов М.В.

аспирант, КНИТУ-КАИ
им. А.Н. Туполева
г. Казань

Щиголев А.А.

соискатель учёной степени доктора
технических наук, КНИТУ-КАИ
им. А.Н. Туполева
г. Казань

Юсупов А.А.

соискатель учёной степени кандидата
технических наук, КНИТУ-КАИ
им. А.Н. Туполева, г. Казань

Кореев Е.П.
студент, КНИТУ-КАИ
им. А.Н. Туполева
г. Казань

Яновская М.Л.
кандидат технических наук
мл. научный сотрудник
ЦИАМ им. П.И. Баранова
г. Москва

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ АВИАЦИОННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

EXPERIMENTAL STUDY OF THERMAL PROCESSES UNDER FORCED CONVECTION OF AIRCRAFT MOTOR OILS

Аннотация. Показаны результаты экспериментальных исследований тепловых процессов при вынужденной конвекции авиационных моторных масел. Найдены зависимости коэффициента теплоотдачи к моторному авиационному маслу марки МС-20 от скорости прокачки и давления без влияния и с влиянием электростатических полей. Определены условия возможного применения электростатических полей для предотвращения осадкообразования. Результаты исследования будут способствовать созданию новых систем смазки двигателей летательных аппаратов воздушного и аэрокосмического назначения одно – и многократного использования повышенных характеристик.

Ключевые слова: системы смазки воздушно-реактивных двигателей, моторные авиационные масла, электростатические поля, осадкообразование, способы борьбы с осадкообразованием, ресурс, надёжность, эффективность.

Abstract. The results of experimental studies of thermal processes under forced convection of aviation motor oils are shown. The dependences of the heat transfer coefficient to the MS-20 brand aviation engine oil on the pumping speed and pressure are found without and with the influence of electrostatic fields. The conditions for the possible use of electrostatic fields to prevent precipitation are determined. The results of the study will contribute to the creation of new lubrication systems for engines of aircraft for air and aerospace purposes, single-use and reusable with enhanced performance.

Keywords: Air jet engines, motor aircraft oils, electrostatic fields, sedimentation, methods of combating sedimentation, resource, reliability, efficiency.

В системах смазки двигателей летательных аппаратов (ЛА) воздушного и аэрокосмического назначения из-за нагрева моторного авиационного масла происходят негативные процессы: ухудшение охлаждающих возможностей масла, ухудшение смазывающих способностей масла, процесс осадкообразования [1-3].

Для более глубоких знаний этих процессов была создана экспериментальная установка и проведены экспериментальные исследования при различных значениях давления и скорости прокачки моторного масла марки МС-20. Первый этап исследований осуществлялся без включения электростатических полей, второй этап – при их включении.

Получены важные результаты по возможности моторного авиационного масла эффективно смазывать и охлаждать осевые подшипники двигателей ЛА различного базирования и назначения – без влияния и с влиянием электростатических полей. Создан банк экспериментальных данных, разработаны методики расчёта коэффициента теплоотдачи к моторному авиационному маслу, а также – методики борьбы с осадкообразованием.

Результаты исследований будут способствовать созданию новой и перспективной отечественной техники воздушного и аэрокосмического базирования одно – и многоразового использования повышенных характеристик по ресурсу, надёжности, безопасности, эффективности и экономичности.

Доклад сопровождается новыми запатентованными конструктивными схемами систем смазки различных двигателей ЛА.

Литература

1. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Щиголов А.А., Юсупов А.А. Исследование возможности применения магнитных и электростатических полей для борьбы с осадкообразованием в авиационных моторных маслах двигателей, энергоустановок и техносистем наземного, воздушного и аэрокосмического базирования // «Известия вузов. Машиностроение». № 3 (684). 2017 г. С. 76-88.
2. Алтунин В.А., Львов М.В., Каськов А.С., Щиголов А.А., Яновская М.Л. Проблемы осадкообразования в системах смазки двигателей летательных аппаратов // Матер. докл. 56-ых Научных чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э.

Циолковского: «Циолковский и прогресс науки и техники в 21 веке». Сек. №2: «Проблемы ракетной и космической техники». РАН. РАКЦ. Калуга: Изд-во «Эйдос», 2021. Ч. 1. С. 220-224.

3. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Львов М.В., Щиголов А.А., Алиев И.Н., Яновская М.Л. Проблемы систем смазки авиационных двигателей // Тепловые процессы в технике. 2021. Т. 13. № 8. С. 357-384.

УДК 523.34:629.735.33.01

eLIBRARY.RU: 41.19.25+89.25.00+55.49.00+55.42.49+55.42.47

Алтунин В.А.

доктор технических наук

профессор

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

г. Казань

Алтунин К.В.

кандидат технических наук

доцент

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

г. Казань

Абдуллин М.Р.

аспирант

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

г. Казань

Щиголов А.А.

соискатель учёной степени доктора

технических наук

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

г. Казань

Жилякова А.Е.

студент

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

г. Казань

Баданов Н.С.

аспирант

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

г. Казань

Кореев Е.П.

студент

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ЛУННЫХ
ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ И ЭНЕРГОУСТАНОВОК РАЗЛИЧНОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

**ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF USING LUNAR ENERGY
CARRIERS FOR AIRCRAFT ENGINES AND POWER PLANTS
FOR VARIOUS PURPOSE**

Аннотация. Проведён анализ возможности производства различных энергоносителей на Луне. Показаны возможные пути применения водорода, кислорода и метана для обеспечения работы двигателей летательных аппаратов и других энергоустановок.

Ключевые слова: кислород, водород, метан, вода, реголит, Гелий – 3, жидкостные ракетные двигатели, артиллерийские системы различного назначения, летательные аппараты, энергоустановки.

Abstract. An analysis was made of the possibility of producing various energy carriers on the Moon. Possible ways of using hydrogen, oxygen and methane to ensure the operation of aircraft engines and other power plants are shown.

Keywords: oxygen, hydrogen, methane, water, regolith, Helium-3, liquid-propellant rocket engines, artillery systems for various purposes, aircraft, power plants.

Анализ научно-технической литературы [1, 2] показывает, что предстоящее промышленное освоение Луны связано с добычей из лунного грунта (реголита) Гелия-3, который предполагается использовать на Земле для эффективного и безопасного обеспечения энергетикой после истощения запасов нефти и газа. Совсем недавно на Луне обнаружили водяной лёд не только на полюсах этой планеты, но и в других местах, в том числе, и в среде реголита. Существуют доказательства, что на Луне возможно добывать не только реголит, но и кислород, водород и даже метан, а также различные металлы, в том числе, титан, и редкоземельные металлы.

Многие публикации отечественных и зарубежных учёных по данной тематике связаны с утверждением, что на Луне возможно создавать не только заводы по переработке реголита (для добычи Гелия-3), но и для создания ракет и ракетных двигателей (в том числе, и для полётов на Марс и др. планеты), где будут широко

использоваться в качестве ракетного топлива, добываемых на Луне, водород и (или) метан – в качестве горючего, кислород – в качестве окислителя. Кроме того, существуют утверждения, что Луна станет промежуточной стартовой площадкой при полётах на Марс.

В настоящее время уже начата международная гонка за освоение Луны, за захват Лунных территорий и природных ресурсов этой самой близкой к нам планеты. Учитывая агрессивность многих передовых и развитых стран современного мира в Земных условиях (например, при борьбе за арктический шельф), следует отметить, что возникает необходимость в охране и обороне перспективных территорий и промышленных объектов РФ на Луне.

В докладе показаны возможные пути создания различных энергоустановок для производства электроэнергии и тепла для обеспечения жизнедеятельности россиян в Лунных поселениях и промышленных объектах, а также космодромах, которые будут использовать энергию Солнца, а также энергию добываемых водорода, кислорода и метана [1-5].

Авторами также разработаны новые конструктивные схемы беспороховой (электромагнитной, жидкостной и газовой) космической артиллерии, которая будет применяться не только для обороны нашей территории на Луне, но и для других целей [3, 4]: при добыче грунтовых и горных пород (реголита); при экстренном и кратковременном освещении объектов; при подаче световых и звуковых сигналов различного назначения; при выводе на окололунную орбиту спутников – разведчиков и спутников – ретрансляторов; при быстрой и необходимой переброске медикаментов, продуктов и зарядных устройств (батарей) на десятки километров (для учёных и геологов, находящихся в экспедициях) – в экстренных ситуациях и др.

Доклад сопровождается новыми запатентованными схемами наземной и космической артиллерии.

Литература

1. Гусев А.В., Бахтин А.И., Косов А.И. и др. Научное, геологическое и коммерческое освоение Луны // Тр. 55 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.). РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского университета, 2021. С. 161-176.

2. Багров А.В., Леонов В.А. Проблемы перехода от исследований Луны к её освоению // Воздушно-космическая сфера. 2022. №3. С. 22-23.
3. Алтунин В.А. и др. Разработка конструктивных схем жидкостной и газовой артиллерии // Тр. 45 чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». (г. Калуга, 14-16 сентября 2010 г.). РАН, РАКЦ. Казань: Изд-во «Центр оперативной печати», 2011. С. 211-226.
4. Алтунин В.А., Демиденко В.П. и др. Некоторые пути развития космической артиллерии // Тр. 49-ых чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники» (г. Калуга, 16-18 сентября 2014 г.). РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского университета, 2015. С. 87-104.
5. Бакулин В.Н., Брещенко Е.М. и др. Газовые топлива и их компоненты. Свойства, получение, применение, экология: справочник. М.: Изд-во «Издательский дом МЭИ», 2009, 614 с.

УДК 536+537; 621.452+621.454; 621.4+629.7+662.767+665.723
eLIBRARY.RU: 89.25.00+55.42.47+55.42.49+55.49.01+ 55.49.05

Алтунин В.А.

доктор технических наук

профессор

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

г. Казань

Давлатов Н.Б.

Докторант

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

г. Казань

Зарипова М.А.

доктор технических наук

профессор

ТТУ им. ак. Осими

г. Душанбе

Кореев Е.П.

студент

КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева

г. Казань

Яновская М.Л.

кандидат технических наук

младший научный сотрудник
ЦИАМ им. П.И. Баранова
г. Москва

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА УВЕЛИЧЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ
ПОЛЁТА ВОЗДУШНЫХ, АЭРОКОСМИЧЕСКИХ,
ГИПЕРЗВУКОВЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ**

**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR INCREASING THE
FLIGHT RANGE OF AIR, AEROSPACE, HYPERSONIC AND
SPACE VEHICLES**

Аннотация. На основе проведённых экспериментальных исследований с чистым гидразином и его смесями с чистыми сухими углеродными наночастицами – фуллеренами разработан способ увеличения дальности полёта воздушных, гиперзвуковых, аэрокосмических и космических летательных аппаратов различного назначения.

Ключевые слова: гидразин, фуллерены, теплофизические свойства, дальность полёта летательных аппаратов

Abstract. On the basis of experimental studies with pure hydrazine and its mixtures with pure dry carbon nanoparticles - fullerenes, a method has been developed to increase the flight range of air, hypersonic, aerospace and spacecraft for various purposes.

Keywords: hydrazine, fullerenes, thermophysical properties, flight range of aircraft.

В докладе рассмотрены различные способы увеличения дальности полёта летательных аппаратов (ЛА). Установлено, что одним из способов является способ повышения эффективности жидких горючих путём внедрения в них металлических и неметаллических веществ [1-8]. Одним из перспективных способов повышения эффективности горючих является способ внедрения неметаллических веществ - чистых сухих фуллеренов (углеродных наночастиц). Авторами [2] такой способ подробно был описан и предложен для жидких углеводородных горючих. Авторами доклада исследовано влияние чистых сухих фуллеренов марок C_{60} , C_{70} , C_{84} на изменение теплофизических свойств (ТФС) жидкого чистого гидразина. Для обеспечения проведения всесторонних экспериментальных

исследований были созданы экспериментальные установки и рабочие участки, разработана методика проведения этих исследований [3-6].

Первая часть экспериментов была проведена непосредственно с жидким чистым гидразином в условиях его естественной конвекции. Также были рассмотрены и уточнены существующие формулы расчёта ТФС жидкого чистого гидразина при различных термодинамических условиях [3-8]. На основе результатов экспериментальных и теоретических исследований были разработаны новые экспериментальные формулы расчёта ТФС жидкого чистого гидразина, были даны рекомендации по использованию уже существующих формул [6-10]. Созданная экспериментальная и теоретическая база данных о ТФС жидкого чистого гидразина позволила авторам перейти ко второй части исследований. Вторая часть экспериментов была проведена непосредственно с жидким чистым гидразином в условиях его естественной конвекции, но при внедрении в него чистых сухих фуллеренов марок C_{60} , C_{70} , C_{84} .

Первая группа исследований осуществлялась с фуллеренами марки C_{60} , вторая группа – с C_{70} , третья – с C_{84} . В ходе экспериментов было установлено, что через 10 минут после внедрения фуллеренов этих марок в жидкий чистый гидразин они полностью растворялись в нём, увеличивая его плотность и другие ТФС. Создана экспериментальная база данных по новым значениям ТФС жидкого чистого гидразина при внедрении в него фуллеренов при различных концентрациях. Экспериментально установлено, что при добавлении в жидкий чистый гидразин фуллеренов марки C_{60} , C_{70} , C_{84} плотность гидразина может быть увеличена на 2,5 % [3-10].

Это возможно использовать для увеличения массы заправки гидразинового горючего в баки различных летательных аппаратов (ЛА): гиперзвуковых ЛА (ГЛА), аэрокосмических и космических ЛА (КЛА), что будет увеличивать их дальность и время полёта, а также увеличит ресурс базовых и вспомогательных двигателей и энергоустановок, а также число их включений [11].

Материалы доклада будут способствовать повышению ресурса и эффективности различных перспективных отечественных ЛА одно – и многозарядного использования.

Литература

1. Алемасов В.Е., Дрегаллин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей: учебник для вузов. (Под ред. В.П. Глушко). М.: Изд-во «Машиностроение», 1989, 464 с.

2. Бакулин В.Н., Дубовкин Н.Ф., Котова В.Н. и др. Энергоёмкие горючие для авиационных и ракетных двигателей / Под ред. Л.С. Яновского / М.: Изд-во «ФИЗМАТЛИТ», 2009, 400 с.
3. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Платонов Е.Н., Яновская М.Л. Способы повышения эффективности теплофизических и термодинамических свойств жидких углеводородных и азотосодержащих горючих для двигателей и энергоустановок космического применения // Матер. 53-их Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Сек. №2: «Проблемы ракетной и космической техники». (г. Калуга, 17-20 сентября 2018 г.). РАН. РАКЦ. Калуга: Изд-во АКФ «Политоп», 2018. С. 121-122.
4. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Платонов Е.Н., Яновская М.Л. Способы повышения эффективности теплофизических и термодинамических свойств жидких углеводородных и азотосодержащих горючих для двигателей и энергоустановок космического применения // Тр. 53 науч. чтений, посвящ. памяти К.Э. Циолковского. Сек. №2: «Проблемы ракетной и космической техники». (Калуга, 18-19 сентября 2018 г.). РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского университета, 2019. С. 135-145.
5. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Абдуллин М.Р., Давлатов Н.Б., Платонов Е.Н., Яновская М.Л. Некоторые пути повышения эффективности жидких и газообразных углеводородных и азотосодержащих горючих для двигателей летательных аппаратов // Тепловые процессы в технике. 2019. Т. 11. № 10. С. 453-479.
6. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Алиев И.Н., Яновская М.Л. Экспериментальная база и методики проведения исследований теплофизических свойств жидкого чистого гидразина и его смесей с неметаллическими добавками – фуллеренами // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2019. № 3. С. 30-38.
7. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Алиев И.Н., Яновская М.Л. Экспериментальное исследование теплофизических свойств жидкого чистого гидразина при различных температурах и давлениях. // Инженерный журнал: наука и инновации, 2019, вып. 10 (94). Электронный журнал. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2019-10-1922>. DOI 10.18698/2308-6033-2019-10
8. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Алиев И.Н., Яновская М.Л. Экспериментальное исследование плотности и теплоёмкости жидкого чистого гидразина // Инженерный журнал: наука и инновации, 2019, вып. 11 (95). Электронный журнал. DOI: 10.18698/2308-6033-2019-11-1934.

9. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Алиев И.Н., Яновская М.Л. Экспериментальное исследование плотности и теплоёмкости жидкого чистого гидразина при введении в него чистых сухих фуллеренов // Инженерный журнал: наука и инновации, 2020, вып. 2. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2020-2-1957>.

10. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Алиев И.Н., Яновская М.Л. Результаты экспериментальных исследований и методика расчёта теплофизических свойств гидразина и его смесей с фуллеренами // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2019. № 3. С. 39-51.

11. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Гортышов Ю.Ф., Алиев И.Н., Яновский Л.С., Яновская М.Л. Способ повышения эффективности воздушных, гиперзвуковых, аэрокосмических и космических летательных аппаратов одно – и многоразового использования на жидком азотосодержащем горючем // Патент на изобретение РФ № 2738300. Бюлл. № 35 от 11.12.2020 г.

УДК 523.34

eLIBRARY.RU: 41.19.25

Гусев А.В.

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник
доцент

Казанский федеральный университет (КФУ)
г. Казань

Менг Ж.

доцент

Цилинский университет
Китай

Пинг З.

профессор

Национальная астрономическая обсерватория
Китай

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ III: ВОДА

GEOLOGICAL EXPLORATION OF THE MOON III: WATER

Аннотация. В обзоре обсуждаются 1) результаты лабораторных исследований реголита Луны в рамках китайской миссии Чанг'Е-5, 2)

оценка концентрации воды в связанном состоянии лунных пород, 3) загадка долговременной генерации мощного теплового бюджета Луны.

Ключевые слова: Луна, реголит, вода, лунный тепловой бюджет.

Abstract. Review discusses 1) the results of lunar regolith laboratory studies for the Chinese mission Chang'E-5, 2) the estimation of water concentration in bound state of lunar rocks, 3) the mystery of powerful thermal budget generation for the Moon.

Keywords: Moon, regolith, water, lunar thermal budget.

Все возрастающий коммерческий интерес и транспортная доступность Луны для космических аппаратов возбуждает вопрос о поисках и добыче минерального ценного сырья на естественном спутнике Земли [1]. С Луной связаны значительные ресурсы важных полезных редкоземельных ископаемых, которые в лунных породах могут встречаться в концентрациях больших, чем в их земных аналогах [2]. В геологическом строении лунной поверхности наибольшее значение имеют породы габбро-анортозитового состава, морские базальты, а также места выхода на поверхность пород промежуточного между мантией и корой слоя KREEP-пород. Совместное нахождение в лунных породах широкого спектра ценных металлов является важным качеством, которое может способствовать возрастанию ценности сырья в силу его комплексности. Обнаружение в лунных породах гематита, образование которого связано с процессами окисления, позволяет пересмотреть взгляды на геохимию и особенности минерал образования в условиях лунной безвоздушной поверхности и при ее бомбардировки метеоритами [3].

В 2021г китайская миссия Chang'E-5 извлекла и привезла на Землю образцы грунта с видимой стороны Луны весом 1731 грамм, которые стали первыми новыми лунными образцами на Земле за более чем 45-летний период времени. Миссия Chang'E-5 по забору лунного грунта увенчалась грандиозным научно-техническим успехом и лабораторные исследования привезенных лунных образцов проливают новый свет на геологическую эволюцию Луны. Исследования, проведенные в научном коллективе Института геологии и геофизики Китайской академии наук (ИГГ КАН, г. Пекин, Китай), были представлены в трех статьях самого престижного научного журнала Nature в 2021г. [4, 5, 6].

Китайские геологи изучили лунный грунт и датировали самый молодой привезенный лунный образец возрастом около 2 миллиардов лет, что отодвинуло активный период лунного вулканизма на 900 миллионов лет позднее, чем ранее утверждалось в теории эволюции Луны. Самая молодая датированная ранее лунная порода из миссий

американской программы Аполлона (1969-1972гг) и советской лунной программы: АМС “Луна-16”, “Луна-20”, “Луна-24” (1970-1976гг) - была возрастом около 2,8–2,9 миллиарда лет [4, 5]. Однако для полноты выборки требовалось исследовать возраст лунного грунта в новых геологически интересных районах (KREEP породы), и одна из задач китайской миссии Чанъэ-5 было исследовать самую молодую магматическую активность в северном полушарии Луны [6].

Лунная поверхность, испещрённая кратерами, образовалась под воздействием бомбардировки многочисленными астероидами и кометами в течение миллиардов лет. Например, Море Смита представляет собой особый район, который является одним из древнейших морских бассейнов с относительно молодыми морскими базальтами и высокой плотностью трещиноватого дна кратеров.

Основываясь на численном моделировании теории переноса излучения отметим важные результаты: 1) температура субстрата у моря Смита довольно высока и обеспечена особой температурной структурой; 2) существует не выявленное месторождение в верхнем слое реголита с сильной термопоглощающей способностью; 3) результаты имеют сильную корреляцию с особенностями недр, полученными по данным лунного радиолокационного зонда и гребнями на поверхности [7, 8].

В более древних каменистых регионах Луны с течением времени появилось больше разнообразных по конфигурации наложенных ударных кратеров, а в регионах с более молодыми породами образовалось меньшее количество кратеров и меньшей разнообразности [9]. Используя хронологический метод, известный как подсчет кратеров, китайские ученые пришли к выводу, что Океан Бурь, место посадки миссии Chang'E-5, скорее всего, был свидетелем одного из последних извержений магмы вулканов на Луне. Китайские исследователи откалибровали результаты подсчета кратеров с помощью радиоизотопно датированных образцов. Радиоизотопное датирование работает по принципу постоянной скорости распада радиоактивных элементов. Измеряя относительное содержание родительских и дочерних изотопов, исследователи определяют, как долго продолжался распад данного лунного образца [4].

С помощью микроскопа китайские коллеги вручную выделили фрагменты горных пород из 3-граммовых лунных капсул. Большинство этих минералов, подходящих для датировки, имеют размер лишь одну двадцатую толщины волоса. В общей сложности китайская команда проанализировала 47 различных фрагментов горных пород, извлеченных из образцов материалов, и датировала

возраст самой молодой породы на Луне 2,03 миллиарда лет. Новая эра в познании Луны продлевает жизнь лунного вулканизма на 900 миллионов лет дольше, чем это было известно ранее!!! [4].

Луна составляет всего около одного процента массы Земли. При таком маленьком размере она должна была полностью остыть и затвердеть в быстром темпе за короткое по геологическим меркам времени. Возникает проблема: почему вулканическая активность на Луне продолжалась так долго, нарушая основы общепринятой теории образования и эволюции Луны?

Селенофизики сосредоточились на KREEP породах, аббревиатуре, образованной из букв К (для калия), REE (для редкоземельных элементов) и Р (для фосфора), который является отличительным геохимическим компонентом некоторых лунных пород. Широко принятая стандартная теория эволюции Луны состоит в том, что радиоактивные элементы (U, Th и K) обеспечивали тепловой мощный бюджет, необходимый для поздней вулканической активности [5].

Главная трудность исследований заключается в том, что в небольшом размере обломков базальта в лунных образцах сложно получить изотопные отношения морского базальта Чань 'Е-5. Базальт Chang'Е-5, как самый молодой базальт, датированный на Луне, произошел из истощенного мантийного источника с компонентом KREEP, составляющим менее 0,5 процента по весу. Маловероятно, что компоненты KREEP в мантии Луны поставляли тепло, необходимое для поздней вулканической активности. Поэтому проблема генерации, сохранения и функционирования долговременного теплового бюджета

Луны остается нерешенной и остро актуализируется [5].

Еще одна возможная причина вулканической активности на Луне в столь позднем возрасте заключается в том, что мантийный источник мог содержать воду, чтобы снизить ее температуру плавления. Содержание воды в мантии Луны - ключевой вопрос для исследования Луны, поскольку она обеспечивает критические ограничения на формирование Луны. Поскольку вода может значительно снизить температуру плавления горных пород, понимание ее содержания важно для понимания истории лунного вулканизма [6].

Большое расхождение в оценках водонасыщения мантии Луны можно объяснить тем, что образцы Аполлона и лунные метеориты в целом довольно старые. Большинство предыдущих лунных образцов с измеренным содержанием воды датируются 3 миллиардами лет или раньше. Такие старые породы могли претерпевать серьезные изменения за долгое время под воздействием астероидов и частиц с Солнца. Образцы, извлеченные ЧаньЕ-5, были из одного базальтового

потока лавы. Таким образом, при такой простой и ясной геологической обстановке образцы дают возможность ответить на вопрос, был ли мантийный резервуар на 2 миллиарда лет назад мокрый или сухой. [6]

Исследовательский коллектив проанализировал содержание воды и изотопов водорода в карманах расплава, сохранившихся в некоторых минералах, а также в минеральном апатите, который может содержать воду из базальтов Чань'Е-5. Китайские коллеги использовали наноразмерный ионный зонд под названием nanoSIMS, вторичный ионный масс-спектрометр с ионным пучком диаметром до 50 нанометров. Относительное содержание двух изотопов водорода (дейтерия [D] и водорода [H]) служит «отпечатком пальца» для отслеживания резервуаров воды и вовлеченных в них магматических процессов. Результаты показали, что мантийный источник базальтов Чань'Е-5 был более сухим, чем предполагаемое содержание воды, основанное на образцах Аполлона и лунных метеоритах [6]. Это исключает возможность того, что высокое содержание воды в мантийном источнике было причиной долговременного извержения лунных вулканов и наполнения теплового бюджета Луны. Тайну поздней лунной вулканической активности предстоит еще разгадать [10].

Литература

1. Гусев А.В., Бахтин А.И., Косов А.С., Ханада Х., Менг Ж., Пинг Дж, Сунгатуллин Р.Х., Хасанов Р.Р. Научное, геологическое и коммерческое освоение Луны” // Труды 55-ых Научных чтений К.Э. Циолковского. РАН - РАКЦ. Секция «Проблемы ракетной и космической техники”, (г. Калуга, 15-17 сентября 2020г), 2021, Изд-во КФУ, Казань. С.161-176.
2. Гусев А.В., Менг Ж., Пинг Дж, Ханада Х., Хасанов Р.Р. Геологическое освоение Луны II: реголит, летучие и редкие элементы // Труды 56-ых Научных чтений К.Э. Циолковского. РАН - РАКЦ. Секция «Проблемы ракетной и космической техники”, (г. Калуга, 21-23 сентября 2021г), 2022, Изд-во КФУ, Казань, С.1-19 (в печати).
3. Li S., Lucey P.G., et. al., Widespread hematite at high latitudes of the Moon // Science Advances, 2020, v. 6, Is. 36.
4. Qiu-Li Li et al., // Two-billion-year-old volcanism on the Moon from Chang'e-5 basalts, Nature, 2021, V.600, P. 54-58.
5. Heng-Ci Tian et al., // Non-KREEP origin for Chang'e-5 basalts in the Procellarum KREEP Terrane, Nature, 2021, V.600, P. 59-63.
6. Sen Hu et al., // A dry lunar mantle reservoir for young mare basalts of Chang'e-5, Nature, 2021, V.600, P. 49-53.

7. Li J, Meng Z, Gusev A., Recent Advances in Lunar Exploration Using Radar and Microwave Techniques” // Advances in Astronomy, V.2019, 2 Art. № 479425816.
8. Cai Liu, Liansheng Mei, Zhiguo Meng, Member, Yongzhi Wang, Weiming Cheng, Zhanchuan Cai, Jinsong Ping, Alexander Gusev. // Special Thermophysical Features of Basaltic Deposits in Mare Smythii Revealed by CE-2 CELMS. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 2021, V.14, P.8135 - 8143.
9. Meng Zhiguo, Heya Qiu, Yanxiang Shi, Jinsong Ping, Zhanchuan Cai, Alexander Gusev. // Identifying a composition-related TB anomaly in Copernicus crater using CE-2 MRM data”, International Geoscience and Remote Sensing Symposium - IGARSS 2022, July 17-22, 2022, Kuala Lumpur, Malaysia, # 2004, 4 pages (in press).
10. Gusev A., Hanada H., Petrova N., et al., // Rotation, physical librations and interior structure of the active and multi-layer Moon, 2015, Monograph, Kazan University Publishing Co., Kazan, 328pp. (Russian+English).

УДК 621.45.015
eLIBRARY.RU: 55.42.43

Саттаров А.Г.

доктор технических наук
профессор КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

Бикмучев А.Р.

кандидат технических наук
научный сотрудник
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»
г. Москва

Сочнев А.В.

кандидат технических наук
доцент
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

Зиганшин Б.Р.

аспирант
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

**ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
МНОЖЕСТВЕННЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ
ОПТИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ
ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

**PHYSICAL MODEL OF THE PROPAGATION OF MULTIPLE
PULSED NEAR-SURFACE OPTICAL DISCHARGES IN A
CYLINDRICAL CHAMBER OF A PULSED LASER ROCKET
ENGINE**

Аннотация. В работе представлены результаты исследования распространения импульсного приповерхностного оптического разряда в цилиндрической поглощающей камере импульсного лазерного ракетного двигателя (ИЛРД) шлирен-методом.

Ключевые слова: приповерхностный импульсный оптический разряд, лазерное излучение, оптический пробой.

Abstract. The paper presents the results of a study of the propagation of a pulsed near-surface optical discharge in a cylindrical absorption chamber of a laser rocket engine using the Schlieren method.

Keywords: surface pulsed optical discharge, laser radiation, optical breakdown.

В данной работе проведены исследования явления импульсного приповерхностного оптического разряда (ИОПР) в цилиндрической камере и для скорости движения ударной волны рабочего газа, возникающей в результате распространения импульсного оптического разряда в цилиндрической камере ИЛРД.

Проводились эксперименты для изучения распространения ударной волны, вызванной ИОПР с использованием высокоскоростной камеры и шлирен-метода. при давлениях 5, 10, 25, 50 и 101,3 кПа в различные моменты времени и по результатам исследования выполнена физическая картина этапов развития рабочего процесса в камере ИЛРД.

Отличие распространения ударной волны в цилиндрическом канале от распространения на пластине будет заключаться в том, что при достижении боковой стенки ударная волна будет распространяться вдоль канала по направлению к границе с внешней средой, а в случае распространения на пластине ударная волна будет двигаться до вырождения в звуковую волну.

Начиная с энергии импульса 0,297 Дж (интенсивность излучения $3,78 \cdot 10^9$ Вт/см²) наблюдался множественный ИПОР. С повышением энергии лазерного импульса наблюдался рост количества очагов оптического разряда (с 3-4 при энергии 0,297 Дж до 7 при энергии 0,472 Дж). При этом пороговое значение порога пробоя воздуха при атмосферном давлении составляет $8 \cdot 10^{10}$ Вт/см², значение при вакууме составляет $2 \cdot 10^{11}$ Вт/см². В процессе экспериментальных исследований одиночного лазерного импульса с длительностью 10 нс в рабочем газе (воздух) наблюдался множественный оптический разряд.

Возникновение множественного ИПОР можно объяснить самофокусировкой лазерного излучения, явления, открытого советским физиком Аскарьяном. Получение 3-х и более очагов лазерной плазмы при испытаниях экспериментального ИЛРД показали, что множественные разряды существенно, до 37,5 %, увеличивают энерговыход лазерного излучения в рабочий газ, что приводит к значительному росту КПД ИЛРД.

В результате выполненных исследований установлено, что при атмосферном давлении скорость распространения ударной волны D от ИОПР составляет 900 м/с, скорость газа за фронтом ударной волны V2 650 м/с. При снижении давления в вакуумной камере до 10 кПа (приближение к условиям работы ИЛРД в космосе) скорость распространения ударной волны D увеличивается до 1300 м/с, а скорость газа за фронтом ударной волны V2 возрастает до 1000 м/с.

Литература

1. Саттаров А.Г., Сочнев А.В., Бикмучев А.Р., Зиганшин Б.Р. Оценка приращения скорости космического летательного аппарата на лазерной тяге // Труды 54-ых Научных чтений К.Э. Циолковского. Секция №2: «Проблемы ракетной и космической техники». РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2019. С. 145-148.

УДК 532.517.4:536.24

eLIBRARY.RU: 55.47.29; 55.49.07

Лобанов И.Е.

доктор технических наук

ведущий научный сотрудник

ФГУП «Московский авиационный институт»

г. Москва

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ПРЯМЫХ КРУГЛЫХ ТРУБАХ С ПЕРИОДИЧЕСКИ РАСПОЛОЖЕННЫМИ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ТУРБУЛИЗАТОРАМИ ПОТОКА ПОЛУКРУГЛОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ КАК ФУНКЦИЯ КРИТЕРИЯ ПРАНДТЛЯ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ

THEORETICAL STUDY OF HEAT TRANSFER IN STRAIGHT ROUND PIPES WITH PERIODICALLY ARRANGED SURFACE TURBULATORS OF A SEMICIRCULAR CROSS-SECTION FLOW AS A FUNCTION OF THE PRANDTL CRITERION IN A WIDE RANGE OF ITS VARIATION FOR VARIOUS GEOMETRIC AND REGIME PARAMETERS

Аннотация. Расчётным методом исследована зависимость от числа Прандтля в самом широком диапазоне его изменения ($Pr \sim 10^{-3} \div \sim 10^{+5}$): распределения интегрального теплообмена при турбулентной конвекции в трубе с периодическими полукруглыми выступами на основе численного решения системы уравнений Рейнольдса, замыкаемых с помощью модели переноса сдвиговых напряжений Ментера, и уравнения энергии на разномасштабных пересекающихся структурированных сетках. Минимум относительного теплообмена для увеличенных чисел Прандтля наблюдаются при высоких числах Рейнольдса для высоких выступов с большим шагом между ними, а для уменьшенных — при средних для высоких выступов с большим шагом между ними.

Ключевые слова: теплообмен, моделирование, турбулизатор, канал, труба, критерий Прандтля.

Abstract. Abstract: The dependence on the Prandtl number in the widest range of its variation is investigated by the computational method ($Pr \sim 10^{-3} \div \sim 10^{+5}$): the distribution of integral heat transfer during turbulent convective heat exchange in a pipe with a sequence of periodic projections of semicircular geometry based on the numerical solution of a system of Reynolds equations closed using the Menter shear stress transfer model, and energy equations on multi-scale intersecting structured grids. The minimum values of relative heat transfer for increased Prandtl numbers are observed at high Reynolds numbers for high turbulators with a large step between them, and for reduced Prandtl numbers — at average Reynolds numbers for high turbulators with a large step between them.

Keywords: heat transfer, modeling, turbulator, channel, pipe, Prandtl 's criterion.

Разработанный и используемый в данном исследовании метод расчёта, основанный на решении конечно-объёмным методом уравнений Рейнольдса, замыкаемых с помощью моделью переноса сдвиговых напряжений Менгера и уравнения энергии на разномасштабных пересекающихся структурированных сетках позволил с приемлемой точностью провести расчёты относительного теплообмена в трубах с полукруглыми кольцевыми турбулизаторами для теплоносителей с различным числами Прандтля [1]. В исследовании был проведён анализ полученных расчётных зависимостей относительного теплообмена от числа Прандтля Pr при различных значениях относительной высоты турбулизатора h/D , относительного шага между турбулизаторами t/D , при различных значениях числа Рейнольдса Re , при прочих равных условиях, который показал качественные и количественные изменения рассчитываемых параметров.

Проведённые в работе расчёты показали, что с увеличением числа Прандтля при малых числах Рейнольдса сначала имеет место заметное увеличение относительного теплообмена, а потом относительный теплообмен изменяется меньше, причём для малых шагов имеет место его увеличение, для средних — почти стабилизация, для больших — незначительное снижение. При больших числах Рейнольдса происходит снижение относительного теплообмена с увеличением числа Прандтля при дальнейшей его стабилизации. Полученные в работе теоретические данные детерминировали закономерности относительного теплообмена в широком диапазоне чисел Прандтля, в том числе в тех областях, где ещё не существует экспериментального материала. Для увеличенных ($Pr > 1$) чисел Прандтля максимальное увеличение относительного теплообмена, которое может быть довольно ощутимым и происходит, в основном, при малых числах Рейнольдса, средних относительных высотах турбулизаторов, малых относительных шагах между турбулизаторами; а для уменьшенных ($Pr < 1$) числах Прандтля — для больших чисел Рейнольдса, больших относительных высот турбулизаторов, больших относительных шагов между турбулизаторами. Минимальные значения относительного теплообмена для увеличенных чисел Прандтля наблюдаются при высоких числах Рейнольдса для высоких и средних турбулизаторов с большим и средним шагом между ними, а для уменьшенных чисел Прандтля — при средних числах Рейнольдса для высоких

турбулизаторов с большим шагом между ними.

Литература

1. Дрейцер Г.А., Исаев С.А., Лобанов И.Е. Расчёт конвективного теплообмена в трубе с периодически расположенными поверхностными турбулизаторами потока [Текст] // Теплофизика высоких температур. — 2005. — Т. 43. — № 2. — С. 223—230.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 55.49.31

Кислицкий М.И.

кандидат технических наук
старший научный сотрудник

Балтийского государственного технического
университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
г. Санкт-Петербург

О ПОСТРОЕНИИ ОРБИТАЛЬНЫХ ГРУППИРОВОК МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АПЕРТУРЫ

ON THE CONSTRUCTION OF CONSTELLATIONS OF SMALL SPACECRAFT FOR THE FORMATION OF A DISTRIBUTED APERTURE

Аннотация. Для решения ряда целевых задач (связь, дистанционное зондирование Земли-ДЗЗ) перспективно создание на орбитах формаций из множества малых космических аппаратов (МКА) с целью получения эффекта распределенной апертуры (РА). Такая формация должна иметь определенную форму и размеры и быть устойчивой. Представлены возможные варианты создания такой формации на основе баллистически связанных групп МКА, в которых конфигурация формации остается постоянной или изменяется по известному закону. Рассмотрены особенности функционирования МКА в составе отдельных баллистически связанных групп.

Ключевые слова: малый космический аппарат, формация, распределенная апертура, баллистически связанная группа, орбитальная группировка.

Abstract. To solve a number of target tasks (communications, remote sensing of the Earth-RSE), it is promising to create formations in orbits

from a variety of small spacecraft (SS) in order to obtain the effect of a distributed aperture (DA). Such a formation should have a certain shape and size and be stable. Possible options for creating such a formation on the basis of ballistic coupled groups of SS in which the configuration of the formation remains constant or changes according to a known law are presented. The features of the functioning of the ICA as part of separate ballistic related groups are considered.

Keywords: small spacecraft, formation, distributed aperture, ballistic associated group, constellation.

Для космических средств (КСр) ДЗЗ в целях повышения чувствительности и разрешающей способности требуется создавать все более крупногабаритные телескопы. Для КСр связи также требуются все более крупногабаритные антенны. Это приводит к росту массы и стоимости аппаратуры и вызывает серьезные технические трудности. Известна концепция распределенной апертуры, которая позволяет заменить крупногабаритные телескопы и антенны конфигурациями из множества малых приемников (приемопередатчиков), если суммировать и определенным образом обрабатывать полученные ими сигналы. Это дает возможность значительно снизить массу и стоимость устройства в целом по сравнению с вариантом создания одной большой антенны или телескопа, обладающих аналогичными выходными параметрами. Данная технология в настоящее время применяется в наземных устройствах, в частности, радиотелескопах. Целесообразно применить технологию распределенной апертуры в космосе, где особенно важна минимизация массы и стоимости технических средств.

Постановщики целевых задач считают данное направление перспективным, однако в настоящее время не готовы четко сформулировать конкретные требования к необходимой для РА конфигурации. Тем не менее, известно, что для решения любого типа задач, требующих РА, необходимо сформировать на орбите плоскую поверхность («решетку») из приемников, в качестве носителей которых в нашем случае выступают МКА. Нормаль к этой плоскости в случае решения задач, связанных с земной поверхностью, должна быть направлена в местный надир, а при наблюдении источников электромагнитного излучения, находящихся в космическом пространстве, нормаль направляется в зенит.

Для решения указанных целевых задач нужно, чтобы данная формация была стабильной или изменялась в приемлемых пределах по хорошо известному закону. Чтобы выполнить это условие, МКА

должны иметь возможность управлять своим орбитальным движением. Анализ научно-технической литературы показывает, что в настоящее время разрабатываются маломассогабаритные двигательные установки, их прогнозируемые параметры позволят решить эту задачу. Множество МКА, обладающее свойством поддерживать заданное взаимное положение на орбите, будем называть баллистически связанной группой (БСГ).

В научно-технической литературе имеется ряд работ, рассматривающих управление БСГ (в англоязычной литературе – формациями) МКА, например, [1-3]. По нашему мнению, для формирования РА целесообразно рассмотреть два следующих варианта построения БСГ.

Вариант 1 – «многоугольник». В качестве минимально возможной БСГ здесь рассматривается группа из семи МКА, способных управлять параметрами своей орбиты. Из них один – центральный (ЦМКА). Остальные разнесены, образуя в проекции на поверхность Земли шестиугольник, в центре которого находится ЦМКА. Поскольку МКА движутся по геоцентрическим орбитам (примем их для простоты круговыми), постоянное расстояние между МКА (продольную базу) можно обеспечить лишь вдоль орбиты (ЦМКА-МКА1, ЦМКА-МКА2). Для решения большинства целевых задач необходимо иметь базу измерений также в поперечном направлении (перпендикулярно плоскости орбиты). Плоскость орбиты КА проходит через центр Земли. Поэтому обеспечить постоянное расстояние между МКА в направлении, перпендикулярном плоскости орбиты, невозможно. Чтобы создать поперечную базу измерений предлагается развести одну пару МКА (МКА3 и МКА4) по наклонению вправо и влево от плоскости орбиты на равные углы, а вторую пару (МКА5 и МКА6) аналогично развести вправо и влево по долготе восходящего узла. Тогда расстояние между МКА3 и МКА4 будет равно нулю на экваторе и достигать максимума на широте, равной наклонению орбиты. Расстояние между МКА5 и МКА6, наоборот, будет равно нулю на широте, равной наклонению орбиты и достигать максимума на экваторе. В результате общая поперечная база измерений, обеспечиваемая данной группой МКА, будет пульсировать, изменяясь по линейному закону в пределах 50-100% от максимального значения, с двойной орбитальной частотой.

Данная конфигурация является минимально возможной. Можно увеличить число МКА и разнести по орбите точки их разведения. Углы разведения тоже могут быть разными. БСГ будет выглядеть как вложенные друг в друга многоугольники вокруг центрального МКА.

Тогда может быть получен более гладкий закон изменения поперечной базы и увеличено ее минимальное значение.

Вариант 2 – проекционная круговая орбита («хоровод»). Здесь также имеется ЦМКА, вокруг которого строится БСГ. Остальные МКА выводятся на круговые орбиты, близкие к орбите ЦМКА, и параметры их орбит подбираются таким образом, что в проекции на поверхность Земли МКА выглядят вращающимися вокруг ЦМКА по круговым орбитам. Такое построение БСГ исследовалось в [4] применительно к паре МКА. Предлагается обобщить решение, представленное в [4], на случай многих МКА. Минимальный состав такой БСГ – один ЦМКА в центре, а вокруг него вращаются по проекционной орбите не менее четырех МКА. Нарращивание структуры РА производится путем увеличения количества концентрических проекционных орбит («хороводов») и количества размещенных на них МКА.

ЦМКА в составе БСГ во всех вариантах выполняет функции управления БСГ, сбора целевой информации от периферийных МКА и передачи на наземные пункты приема. Также возможен вариант организации электроснабжения периферийных МКА от ЦМКА с достаточно мощной системой электропитания путем передачи энергии лазерной установкой.

Орбитальная группировка в целом будет представлять собой совокупность баллистически связанных групп МКА, размещенных на орбитах в таком количестве и таким образом, чтобы удовлетворять требованиям к космической системе по периодичности обзора и диапазону наблюдаемых широт.

Литература

1. Godard and K.D. Kumar. Fault Tolerant Reconfigurable Satellite Formations Using Adaptive Variable Structure Techniques. *Journal of Guidance, Control and Dynamics*, Vol. 33, No. 3, May–June 2010, pp. 969-984.
2. Prasenjit Sengupta', Srinivas R. Vadali, and Kyle T. Alfriend. Fault Tolerant Reconfigurable Satellite Formations Using Adaptive Variable Structure Techniques. *The Journal of the Astronautical Sciences*, Vol. 52, Nos. 1 and 2, January-June 2004, pp. 149-168.
3. Sessa S. Vaddi, Srinivas R. Vadali, and Kyle T. Alfriend. Formation Flying: Accommodating Nonlinearity and Eccentricity Perturbations. *Journal of Guidance, Control and Dynamics*, Vol. 26, No. 2, March–April 2003, pp.214-223.

4. Jesse Koovik Eyer. A dynamics and control algorithm for low Earth orbit precision formation flying satellites. Graduate Department of Aerospace Science and Engineering. University of Toronto. 2009. 215 pages.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 55.49.31

Кислицкий М.И.

кандидат технических наук
старший научный сотрудник

Балтийского государственного технического
университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
г. Санкт-Петербург

КОММЕРЧЕСКИЙ МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ РАЗГОННЫЙ БЛОК ДЛЯ БЫСТРЫХ ПЕРЕЛЕТОВ

THE COMMERCIAL SMALL SPACE TUG FOR FAST INTERORBITAL FLIGHTS

Аннотация. Космическим рынком востребованы малые космические разгонные блоки (МРБ) для довыведения и расстановки на орбитах малых космических аппаратов (МКА). Эта потребность в настоящее время не удовлетворена. Представлены результаты формирования технического облика коммерческого МРБ класса «микро», предназначенного для осуществления быстрых межорбитальных перелетов. Применение такого МРБ обеспечит возможность быстрого развертывания и восполнения орбитальных группировок МКА. Обоснован выбор для МРБ ракетного двигателя на газообразных кислороде и водороде тягой 100 Н. Рассматривается способ повышения эффективности МРБ путем его дальнейшего использования в качестве космического аппарата после завершения транспортной миссии. Для этого предлагается размещение на МРБ дополнительной целевой аппаратуры в пределах его имеющейся недогрузки.

Ключевые слова: коммерческий малый космический разгонный блок, малый космический аппарат, ракетный двигатель, космический рынок, дополнительная целевая аппаратура.

Abstract. The space market is in demand for small space tugs (SST) for the interorbital transportation and placement in orbits of small spacecraft (SS). This need is currently not met. The results of the formation of the

technical appearance of a commercial SST of the "micro" class designed for fast interorbital flights are presented. The use of such an SST will provide the possibility of rapid deployment and replenishment of the SS constellations. The choice of a rocket engine powered by gaseous oxygen and hydrogen with a thrust of 100 N is justified for the SST. The method of increasing the efficiency of the SST by its further use as a spacecraft after the completion of the transport mission is considered. To do this, it is proposed to place additional target equipment on the SST within its existing underload.

Keywords: commercial small space tug, small spacecraft, rocket engine, space market, additional target equipment.

Космический рынок в настоящее время испытывает острую потребность в космических разгонных блоках (РБ), способных обеспечивать транспортировку МКА с опорных орбит, на которые их выводят ракеты-носители, на рабочие орбиты, а также расстановку МКА в заданные орбитальные позиции. Ныне существующие РБ рассчитаны на межорбитальную транспортировку больших КА, поэтому имеют большую массу. Для транспортировки МКА необходимы малые РБ (МРБ) с массой, на один-два порядка меньшей, чем у существующих. На современном космическом рынке МРБ к таковым можно отнести только Kikstage, работающий в составе ракеты-носителя сверхлегкого класса (РН СЛК) «Электрон» (США). Необходимо оперативно создать отечественный МРБ.

В России группой «Аэронет» Национальной технологической инициативы проводится конкурс проектов создания коммерческого МРБ класса «микро» в рамках развития частной космонавтики. Итоги конкурса аванпроектов подведены в мае 2022 г. Они показали, что в стране имеются команды специалистов, способные предложить проекты, удовлетворяющие предъявляемым требованиям и обосновать возможность их реализации на основе имеющегося отечественного научно-технического задела.

Требования к МРБ были сформулированы ГК «Роскосмос» в виде следующей модельной задачи: перевести два МКА общей массой 150 кг с опорной круговой орбиты высотой 500 км на рабочую круговую орбиту высотой 800 км. Исследования показали, что в обозримом будущем наиболее востребованными будут орбиты МКА высотой до 1500 км. Поэтому проведенные исследования МРБ охватывают диапазон высот до 1500 км, также проработана возможность доставки полезных нагрузок (ПН) к Луне. Массогабаритные характеристики МРБ должны соответствовать возможностям разрабатываемой ракеты-

носителя сверхлегкого класса (РН СЛК). В связи с этим в техническом задании указано, что масса МРБ не более 80 кг.

На предыдущем этапе исследований нами показано [1], что целесообразно создание вариантов МРБ как с электрическим ракетным двигателем (ЭРД) так и с жидкостным ракетным двигателем (ЖРД), т.к. каждый из них обладает своими достоинствами и недостатками. Анализ потребностей потребителей показал высокую потребность в МРБ, способном обеспечить быструю доставку МКА с опорной на рабочую орбиту (не более 1 часа). Данное требование не может быть выполнено при использовании ЭРД, поэтому очевидна необходимость первоочередного создания МРБ с ЖРД, в связи с чем именно такой МРБ стал предметом исследования при разработке аванпроекта.

Исследования показали, что, исходя из заданных условий, требуемый уровень тяги ракетного двигателя (РД) МРБ порядка десятков - сотен ньютонов. По нашей оценке, с учетом баллистических факторов и конструктивных параметров двигателя оптимальный уровень тяги для МРБ составляет около 100 Н.

При определении технического облика МРБ выбор типа и параметров двигательной установки (ДУ) носит принципиальный характер. В данной задаче при жестком ограничении по массе и высоких требованиях по баллистическим возможностям МРБ оптимальным представляется выбор ракетного двигателя (РД) на газообразных кислороде и водороде. Данная топливная пара обладает следующими достоинствами:

- наиболее высокий удельный импульс среди доступных химических топлив;
- использование газообразных кислорода и водорода в отличие от жидких компонентов позволяет не включать в состав МРБ технические средства для обеспечения и поддержания криогенных температур на борту;
- использование газообразных компонентов дает возможность на последующих этапах совершенствования МРБ значительно увеличить запас топлива на борту без изменения размеров баков и компоновки изделия за счет применения усовершенствованных топливных баков с более высоким внутрибаковым давлением;
- экологическая чистота.

Разработку такого РД для МРБ в настоящее время ведет БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, проведены испытания опытного образца.

Совокупность решаемых задач показывает, что, с точки зрения выполняемых функций, МРБ аналогичен обычному космическому

аппарату, в связи с чем должен иметь типовой набор бортовых систем. По существу, МРБ представляет собой МКА с относительно большой двигательной установкой (ДУ). компоновка выбиралась с учетом этого обстоятельства. МРБ разделен на модули (отсеки): отсек ДУ (ОДУ) и приборный отсек (ПО). В ОДУ на несущей конструкции размещены баки с компонентами топлива (три бака водорода и один бак кислорода), трубопроводы, арматура, ракетный двигатель. РД размещен на поворотной платформе (ПП), способной поворачиваться по каналам курса и тангажа на угол до 15° . Планируется использовать инновационную ПП на основе пьезоэлектрических приводов, разрабатываемую БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, которая обладает гораздо меньшей массой и габаритами в сравнении с традиционным кардановым подвесом с электроприводами. Такое решение позволяет обнулить вредное влияние смещения в полете центра масс связи МРБ - ПН, обусловленного выработкой топлива ДУ и отделением части ПН, например, при решении задачи разведения МКА в разные орбитальные позиции.

Несущая конструкция ОДУ выполняет роль силовой основы МРБ. Нижняя часть конструкции крепится к ракете-носителю и имеет ответные части средств отделения МРБ от РН. В нижней части ОДУ имеется днище, которое защищает элементы ДУ от воздействия струи продуктов сгорания. К верхней части ОДУ крепится ПО. К боковой поверхности конструкции ОДУ крепятся также солнечные батареи (СБ): горизонтальная наверху и вертикальная внизу (при штатной ориентации МРБ). Общая площадь СБ менее $1,5 \text{ м}^2$. На участке выведения СБ сложены и находятся в пространстве между топливными баками.

Приборный отсек предназначен для размещения аппаратуры и оборудования МРБ. Он имеет цилиндрическую форму. В ПО размещается аппаратура бортового комплекса управления, системы управления движением, аппаратура управления системы электроснабжения, а также командно- телеметрической радиолинии. Нижнее днище ПО, которым он крепится к ОДУ, имеет сотовую конструкцию, внутри которой проложены тепловые трубы, которые отводят тепло от размещенных на ней приборов к радиатору. В качестве радиатора используется боковая поверхность ПО. На боковой поверхности ПО также расположены звездные датчики. Верхнее днище ПО используется как платформа для крепления и отделения транспортируемых полезных грузов.

Оценка баллистических возможностей МРБ показала, что указанные выше требования ТЗ по транспортировке ПН на орбиты

высотой до 1500 км выполняются. Предложено и исследовано также применение ступенчатых конфигураций МРБ. Показано, что параметры разрабатываемой РН СЛК допускают использование от одного до трех последовательно работающих МРБ (по принципу ступенчатой ракеты). Это дает возможность реализовать высокоэнергетические перелеты. При этом в целях эффективного использования массы управление всеми МРБ проводится аппаратурой последнего МРБ, а предыдущие МРБ используются в облегченной комплектации (практически с пустым приборным отсеком и без СБ).

Для доставки ПН к Луне (имеется в виду вывод ПН на эллиптическую орбиту с апогеем, равным 384400 км) используется трехступенчатая конфигурация МРБ. При этом масса доставляемой ПН составит ~19 кг. При такой массе МКА есть возможность иметь в его составе ДУ, которая обеспечит перевод аппарата на селеноцентрическую орбиту.

Исследование проблем применения МРБ показало, что они характеризуется значительной спецификой в сравнении с традиционными большими разгонными блоками (РБ). Если для больших РБ ПН представляет собой, как правило, 1-2 КА, то для МРБ в составе ПН могут быть до нескольких десятков МКА. Если для больших РБ отношение массы ПН к массе РБ составляет 0,1 – 0,2, то для МРБ это отношение доходит почти до 2, т.е. на порядок больше. Из этого следует, что МРБ в значительно большей степени чем большой РБ демонстрирует свойства средства массового обслуживания.

Значительную часть трафика МРБ могут составлять сложные миссии с выведением отдельных групп МКА на разные орбиты и с расстановкой МКА на орбите методом фазирования. Это потребует многочисленных маневров с переменной полезной нагрузкой.

Срок миссии межорбитальной транспортировки «быстрого» МРБ должен быть ограничен и составлять от 1 до 20 суток, учитывая все виды возможных маневров. Возможны кратковременные миссии продолжительностью около 1 суток. При более длительных сроках миссии МРБ данного типа выходит за пределы области своего рационального применения, т.к. при большой допустимой длительности миссии целесообразнее применять МРБ с ЭРД.

После завершения транспортной миссии и отделения ПН разрабатываемый МРБ остается полностью работоспособным и не имеет ярко выраженных ограничений по сроку активного функционирования. В связи с этим целесообразно ставить задачу дополнительного использования МРБ в качестве космического

аппарата, выполняющего те или иные целевые задачи после завершения транспортной миссии.

МРБ представляет собой транспортное средство массового обслуживания. Практика показывает, что транспортное средство любого типа практически никогда не бывает загружено на 100% в связи с тем, что поток заявок на транспортировку грузов (полезных нагрузок) является стохастическим, включая заявки различных независимых потребителей; имеются заданные сроки выполнения транспортной операции (в нашем случае - запуска ПН), в связи с чем транспортные средства (РН СЛК, МРБ) не могут неопределенно долго ждать полной загрузки. Следовательно, на практике, как правило, будет иметь место некоторая недогрузка МРБ.

Необходимо максимизировать выходной эффект, генерируемый МРБ.

Для этого в пределах имеющегося резерва (недогрузки) предлагается размещать на борту МРБ дополнительную целевую аппаратуру (ДЦА) для решения тех или иных задач в космосе, таких как дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), научно-технические эксперименты и др. При этом МРБ с ДЦА работает как обычный космический аппарат. Оказание подобных дополнительных коммерческих услуг заметно повысит эффективность МРБ.

Результаты маркетинговых исследований показали, что ежегодная потребность в МРБ для реализации отечественных программ оценивается на уровне: 2025 год - 5 шт, 2030 год – 12 шт., 2030 год - 20 шт., а с учетом внешнего рынка – значительно больше.

Литература

1. Кислицкий М.И. Коммерческий малый космический разгонный блок. Оценка вариантов и стратегия создания. // Материалы 56-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 1. Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»), 2021. С.233-235.

УДК 629.7

eLIBRARY.RU: 89.21.41

Лапшова Е.А.

студент

Самарского национального исследовательского
университета им. С.П. Королева

г. Самара

Баринаева Е.В.
кандидат технических наук
доцент, старший научный сотрудник
Самарского национального исследовательского
университета им. С.П. Королева
г. Самара

ОЦЕНКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ НАНОСПУТНИКА SAMSAT-ION ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ ТРАНСПОРТНО-ПУСКОВОГО КОНТЕЙНЕРА

ESTIMATION OF THE SAMSAT-ION ANGULAR VELOCITY AFTER SEPARATION FROM CUBESAT DEPLOYER

Аннотация. Для оценки угловой скорости отделения смоделирован процесс выхода наноспутника (НС) SamSat-ION из транспортно-пускового контейнера (ТПК). В работе проведён анализ влияния параметров НС и параметров ТПК на угловую скорость отделения. Подобраны параметры ТПК, которые обеспечивают угловую скорость отделения НС SamSat-ION, не превышающую 1 градус/сек, с учётом ограничений на минимальную линейную скорость отделения.

Ключевые слова: наноспутник, транспортно-пусковой контейнер, SamSat-ION, угловая скорость.

Abstract. To estimate the separation angular velocity, the process of the SamSat-ION deployment from the CubeSat deployer was simulated. This paper analyzes the influence of the nanosatellite parameters and the CubeSat deployer parameters on the separation angular velocity. We have chosen the CubeSat deployer parameters that provide the separation angular velocity of the SamSat-ION not exceeding 1 degree/sec, considering the restrictions on the minimum linear separation velocity.

Keywords: nanosatellite, CubeSat deployer, SamSat-ION, angular velocity.

В настоящее время всё больше возрастает интерес к наноспутникам (НС) – космическим аппаратам с массой менее 10 кг. Это связано с простотой разработки и низкими затратами на их создание по сравнению с обычными космическими аппаратами.

Чаще всего запуск НС происходит с помощью транспортно-пусковых контейнеров (ТПК). Это система, позволяющая доставить НС на космодром, снизить нагрузки, действующие на НС, а также произвести его отделение после доставки на орбиту [1, с. 7]. При отделении НС от

ТПК возникает проблема оценки угловых скоростей отделения, которые приобретает НС в процессе выхода. Зная диапазон угловых скоростей отделения, можно быстрее обеспечить требуемую ориентацию НС, а также точнее определить количество ресурсов, необходимых для демпфирования угловой скорости.

В работе рассматривается плоское движение НС внутри ТПК под действием силы пружинного толкателя с момента начала его движения до полного отделения. Так как между НС и направляющими ТПК имеется зазор, а также центр масс (ЦМ) НС смещён относительно геометрического центра, то в процессе отделения НС закручивается относительно ЦМ. Проведено численное моделирование процесса выхода НС из ТПК на примере НС SamSat-ION. При моделировании была использована математическая модель, описанная в [2, с. 11].

При проектировании и создании НС возможны отклонения от проектных параметров. Например, изменение положения ЦМ НС оказывает существенное влияние на угловую скорость: при увеличении поперечного смещения ЦМ угловая скорость увеличивается. Также на угловую скорость отделения влияют параметры ТПК: жёсткость пружины, ход толкателя и величина зазора между НС и направляющими ТПК. В работе рассмотрено влияние вышеперечисленных параметров на угловую скорость отделения НС и даны рекомендации по её снижению. Подобраны такие параметры ТПК, как ход толкателя, жёсткость пружины и величина зазора между НС и направляющими ТПК, которые обеспечивают угловую скорость отделения НС SamSat-ION, не превышающую 1 градус/сек, с учётом ограничений на минимальную линейную скорость отделения.

Работа выполнена в рамках проекта 0777-2020-0018, финансируемого из средств государственного задания победителям конкурса научных лабораторий образовательных организаций высшего образования, подведомственных Минобрнауки России.

Литература

1. Космодемьянский Е. В., Кириченко А. С. [и др.]. Инновационный формат организации миссий по выведению малых космических аппаратов // Труды МАИ. – 2013. – № 74. – С. 14.
2. Юдинцев В. В. Динамика отделения наноспутника формата кубсат от транспортно-пускового контейнера // Полёт. – 2015. – № 8-9. – С. 10-15.

Деменко О.Г.
кандидат технических наук
ведущий инженер-конструктор
АО НПО Лавочкина
г. Химки

К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ЭКВИВАЛЕНТНОГО УДАРНОГО МЕХАНИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ

TO THE QUESTION OF DETERMINING THE PARAMETERS OF EQUIVALENT SHOCK MECHANICAL LOADING

Аннотация. Рассматривается проблема имитации эксплуатационного ударного нагружения элементов космического аппарата (КА) при проведении его наземных испытаний на прочность. Предлагается использование одиночных механических ударов. Анализируется понятие эквивалентного механического удара. Обосновывается подход к определению величины и длительности эквивалентного удара.

Ключевые слова: ударная прочность КА, ударные испытания, ударный спектр нагрузки, имитация ударного нагружения.

Abstract. The problem of simulating operational shock loading of spacecraft elements during its ground strength tests is considered in this paper. It is proposed to use single mechanical shocks. The concept of equivalent mechanical impact is analyzed. Substantiates the approach to determining the magnitude and duration of an equivalent impact.

Keywords: shock strength of spacecraft, shock test, shock load spectrum, shock loading simulation.

При обработке ударной прочности составных частей КА условия ударного нагружения задаются в виде ударного спектра ускорений отклика (УС) [1]. Как показывает практика обработки прочности КА, точное воспроизведение заданного УС оказывается не всегда возможным. Проблемы связаны, как правило, со сложной формой самого УС, особенностями динамических характеристик объекта испытаний и технологической оснастки, а также с ограниченными возможностями испытательных средств.

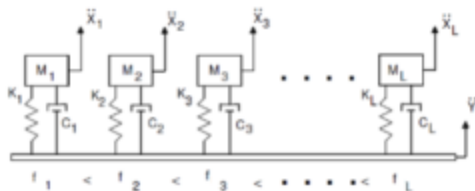
Базовый ударный спектр (БУС), задаваемый в качестве критерия ударной прочности элементов КА, строится, как правило, в виде

схематически упрощенной огибающей по реальным УС ускорений, возникающих в различных элементах КА при воздействии ударных импульсов. Поэтому реальные УС отдельных элементов КА по своей форме сильно отличаются от схематизированных БУС. А, значит, воспроизвести при испытаниях импульс, соответствующий по форме БУС, зачастую практически невозможно в силу «неестественности» формы БУС [2].

В настоящее время автономные ударные испытания отдельных частей и аппаратуры КА в основном контролируются по пиковым значениям ударного импульса. Практика создания КА, отсутствие в эксплуатации случаев разрушений элементов КА по причине недостаточной ударной прочности показывает допустимость такого подхода к воспроизведению условий ударного нагружения.

Следовательно, вопрос о замене требуемого гипотетического ударного импульса, создающего БУС, некоторыми реальными импульсами, создающими УС, отличающиеся от требуемых, но эквивалентными им по повреждаемости, вполне правомерен. В качестве источника таких эквивалентных импульсов наиболее удобно использовать, в силу их простоты, ударные импульсы (удары), создаваемые механическими средствами с помощью специальных стенов или вручную с использованием ударного молотка. Простой, быстро реализуемой и недорогой альтернативы такому подходу практически нет, но для его реализации необходима методика определения параметров эквивалентных механических ударов под заданный БУС. Актуальность этого вопроса в настоящее время достаточно высока в силу постоянного усложнения БУС современных и перспективных КА.

Для определения параметров эквивалентных ударов удобно использовать упрощенную модель упругой конструкции КА.



Движение каждой массы M_i рассматривается в абсолютных X_i и относительных x_i координатах. Величина x – деформация элемента, характеризует его напряженно-деформированное состояние, величина \ddot{X} – измеряется акселерометрами при испытаниях и позволяет

построить УС процесса. Уравнения движения каждого груза M_i имеют вид:

$$\ddot{x}_i + 2C_i\dot{x}_i + \omega_i^2 x_i = -\ddot{Y}, \quad (1)$$

где \ddot{Y} – известная функция от t , определяемая видом ударного импульса,

$$\ddot{X} = \ddot{x}_i + \ddot{Y} \quad (2)$$

Сформулируем задачу исследования в следующем виде: определить пиковую величину ускорения A_0 и длительность τ одиночного механического ударного импульса, при котором максимальное перемещение в процессе удара в каждом элементе объекта испытания $x_{i \max}^{\text{мех}}$ будет равняться $x_{i \max}^{\text{БУС}}$ при ударном нагружении, имитирующим БУС.

Проведенная работа позволяет сделать следующие выводы:

– Имитация ударного нагружения частей КА при автономных ударных испытаниях может производиться с использованием одиночных механических ударных импульсов.

– Основные механические ударные импульсы, имитирующие БУС, соответствуют по длительности частотам изломов БУС, при этом длительность каждого удара связана с соответствующей частотой излома соотношением $\tau = \frac{0.75}{f_i}$.

– Одиночный механический ударный импульс может быть эквивалентен БУС только в некоторой области частот, в которой выполняется условие $\left| \frac{A_S^{\text{БУС}} - A_S^{\text{мех}}}{A_S^{\text{БУС}}} \right| \leq 1,5 \text{ dB}$.

– В зависимости от величины частотного диапазона БУС и величин наклона участков нарастания нагрузки, для имитации БУС может потребоваться несколько дополнительных ударных импульсов при $f < f_i$ и $f > f_i$.

Литература

1. ГОСТ Р 53190-2008. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на удар с воспроизведением ударного спектра. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2009. 23с.
2. Деменко О.Г., Михаленков Н.А. О некоторых подходах к выбору ударного стенда для автономных испытаний объектов оборудования космических аппаратов // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2015. № 1. С. 28-33.

Секция 3
«К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И МЕХАНИКА
КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА»

УДК 629.78
eLIBRARY.RU: 629.78

Юн Сон Ук

аспирант

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Петухов В.Г.

доктор технических наук

первый заместитель директора

Научно-исследовательский институт
прикладной механики и электродинамики МАИ

Иванюхин А.В.

кандидат технических наук

научный сотрудник

Научно-исследовательский институт
прикладной механики и электродинамики МАИ

МИНИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ТОПЛИВА ДЛЯ ТРАЕКТОРИЙ
ПЕРЕЛЕТА К ЛУНЕ С МАЛОЙ ТЯГОЙ
В ЭФЕМЕРИДНОЙ МОДЕЛИ ЧЕТЫРЕХ ТЕЛ

MINIMUM-FUEL LOW-THRUST TRAJECTORIES TO THE
MOON USING FOUR-BODY EPHEMERIS MODEL

Аннотация. В данной работе представлен подход к решению задачи оптимизации траекторий с ограниченной тягой и постоянной скоростью истечения между околоземной и окололунной орбитами, предполагающий использование точной эфемеридной модели системы Земля-Луна-Солнце. Для решения задачи используется непрямой подход, основанный на использовании принципа максимума и метода продолжения.

Ключевые слова: оптимизация траекторий космических аппаратов с малой тягой, траектория перелета к Луне, минимизация затрат топлива, принцип максимума, метод продолжения.

Abstract. This paper presents an approach to solve the problem of optimizing transfer trajectories between the Earth and lunar orbits with

constant exhaust velocity and limited thrust, assuming the use of full ephemeris model of the Earth-Moon-Sun system. The indirect approach based on the use of maximum principle and the continuation method is used to solve the problem.

Keywords: optimization of low-thrust trajectories, lunar trajectories, minimum-fuel, maximum principle, continuation method.

Современное возобновление интереса к исследованию Луны, включая новые планы реализации пилотируемых лунных программ, привело к необходимости рассмотрения возможности использования космических аппаратов с электроракетными двигательными установками для транспортных операций в системе Земля-Луна. Высокий удельный импульс электроракетных двигательных установок позволяет сократить требуемые затраты топлива, однако малая тяга электроракетных двигательных установок приводит к существенному увеличению длительности перелета. Для определения основных эффектов, влияющих на динамику движения космических аппаратов с малой тягой в системе Земля-Луна, рассматривались различные математические постановки [1, 2]. Например, для решения задачи оптимизации траекторий перелёта с малой тягой к Луне рассматривались идеальные математические модели: ограниченная круговая задача трех тел (CR3BP), бикруговая задача четырех тел (BR4BP) с учетом возмущающих ускорений от притяжения Солнца и т.д. Однако, до настоящего времени не проведено достаточно полного исследования особенностей оптимизации лунных траекторий с малой тягой с использованием точной эфемеридной модели. В данной работе рассматривается возмущенная (эфемеридная) модель движения космических аппаратов в модифицированных равноденственных элементах и предлагается новый подход к решению задачи минимизации затрат топлива для траекторий космических аппаратов с ограниченной тягой и постоянной скоростью истечения между околоземной и окололунной орбитами. Для решения задачи минимизации топлива используется непрямой подход, основанный на использовании принципа максимума и метода продолжения по параметру [3-5].

Задача оптимизации рассматриваемого класса траекторий с малой тягой приводит к необходимости преодоления ряда вычислительных проблем. Одной из таких проблем является необходимость выбора правильного соотношения угловой дальности и длительности перелета как на геоцентрическом, так и на селеноцентрическом участках. Ранее в работе [4] было предложено решение задачи оптимизации

траекторий с фиксированной угловой дальностью и свободным временем перелета с использованием в дифференциальных уравнениях геоцентрического и селеноцентрического движения космического аппарата угловой независимой переменной (вспомогательной долготы) в качестве независимой переменной. В [4] рассматривалась задача минимизации тяги, по результату решения которой можно сделать вывод о существовании траекторий космических аппаратов с двигателем, имеющим заданное значение тяги и удельного импульса.

Мы используем задачу минимизации тяги как инструмент диагностики существования геоцентрического и селеноцентрического участков траектории с заданной угловой дальностью в задаче минимизации затрат топлива. Для решения обеих задач (минимизации затрат топлива и минимизации тяги) в качестве начального приближения используются оптимальные траектории космического аппарата с идеально-регулируемым двигателем.

Еще одной сложностью при решении задачи минимизации затрат топлива является негладкая зависимость невязок краевой задачи от вектора неизвестных параметров (начальных значений сопряженных переменных и других неизвестных траекторных параметров, которые требуется найти). Угловые точки в этой зависимости появляются при равенстве нулю локального минимума или максимума функции переключения в какой-либо точке траектории, то есть при рождении или исчезновении пассивных или активных участков траектории. Для решения указанной проблемы используется сглаженное представление релейной функции тяги [5].

Представлен новый численный метод решения задачи минимизации затрат топлива для траекторий перелета к Луне с фиксированной угловой дальностью и свободным временем перелета на основе использования принципа максимума и метода продолжения. Приводятся численные примеры оптимизации траекторий перелета космических аппаратов с малой тягой с высокоэллиптической околоземной орбиты на круговую окололунную орбиту с учетом притяжения Земли, Луны и Солнца, вычисляемых с использованием точной эфемеридной модели.

Литература

1. D. Pérez-Palau, R. Epenoy. Fuel optimization for low-thrust Earth–Moon transfer via indirect optimal control. *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy* 130, 21, 2018, 29 p.

2. Ivanyukhin A. V., Petukhov V.G. Low-energy sub-optimal low-thrust trajectories to libration points and halo-orbits, *Cosmic Research*, vol. 57, 2019, pp. 378–388.
3. Petukhov V.G. and Yoon S.W. Optimization of perturbed spacecraft trajectories using complex dual numbers. Part 1: Theory and method, *Cosmic Research*, vol. 59, 2021, pp. 401–413.
4. Yoon S.W., Petukhov V.G., Ivanyukhin A.V. Minimum-Thrust Lunar Trajectories, 72nd International Astronautical Congress, IAC-21-C1.4.3, 2021, 10 p.
5. Petukhov, V., Ivanyukhin, A., Popov, G. et al. Optimization of finite-thrust trajectories with fixed angular distance. *Acta Astronautica*, available online 1 April 2021, 14 pp., DOI: 10.1016/j.actaastro.2021.03.012.

УДК 629.7(092)
eLIBRARY.RU: 89.00.00

Дочучаев Л.В.
доктор технических наук
профессор, академик РАКЦ
главный научный сотрудник
АО «ЦНИИмаш»
г. Королёв

ЖИЗНЬ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ НАУКЕ. К 100-ЛЕТИЮ ГЕОРГИЯ СТЕПАНОВИЧА НАРИМАНОВА

LIFE IN ROCKET AND SPACE SCIENCE. TO THE 100TH ANNIVERSARY OF GEORGY STEPANOVICH NARIMANOV

Аннотация. Обсуждается вклад одного из пионеров ракетно-космической техники Георгия Степановича Нариманова в создание и развитие основ динамики полета ракет с реактивными жидкостными двигателями, а также его многолетняя работа в СССР по освоению космического пространства.

Ключевые слова: динамика, ракета, спутник, космический аппарат, история космонавтики.

Abstract. The contribution of Georgy Stepanovich Narimanov, one of the pioneers of rocket and space technology, to the creation and development of the fundamentals of the flight dynamics of rockets with jet liquid engines, as well as his long-term work on space exploration in the USSR, is discussed.

Keywords: dynamics, rocket, satellite, spacecraft, history of cosmonautics.

Лауреат Ленинской премии, профессор, доктор физико-математических наук, генерал-майор Георгий Степанович Нариманов родился 13 февраля 1922 года в г. Тифлисе. Затем учился в знаменитой школе № 110 у Никитских ворот в Москве, где одновременно с ним учились А.Д. Сахаров, В.М. Ратнер, писатель А.Д. Синавский. Он вспоминал: «Школа в моей жизни сыграла основную воспитательную роль и была наиболее существенной частью детства, отрочества и юности. Практически все свои жизненные установки я получил с одной стороны от моих учителей, с другой, не менее важной стороны, от школьных товарищей, которые, опять-таки под благотворным воспитательным влиянием педагогов, составляли удивительно сплоченный коллектив деятельных и во всех отношениях передовых молодых людей – комсомольцев тридцатых годов». В 1939 году он поступает на механико-математический факультет в МГУ, где проучился до декабря 1941 года. Вступил в ряды РККА. После разгрома немцев под Москвой его посылают на учебу в ВВИА им. Н.Е. Жуковского. В 1948 году его распределяют в НИИ-4 на должность помощника ведущего инженера. Одновременно продолжил прерванную войной учебу в МГУ, который окончил с золотым дипломом в 1950 году.

Одной из главных задач в это время было создание управляемых баллистических ракет дальнего действия. Группа баллистиков из НИИ-4 во главе с Г.А. Тюлиным, Г.С. Наримановым, П.Е. Эльясбергом и из НИИ-88 под руководством В.П. Мишина, С.С. Лаврова, Р.Ф. Аппазова разрабатывали документацию на пуски ракет А-4, Р-1, Р-2, Р-5, исследуя вопросы устойчивости полета и оценивая летно-технические характеристики ракет по результатам испытаний. При пусках ракет Р-1 и Р-2: была зафиксирована их неустойчивость в «малом» (не приводившая к опасным последствиям). На ракете Р-5 (с большей дальностью полета) из-за колебаний больших масс жидкого топлива её возмущенное движение приобрело опасный для устойчивости характер. При создании ракет Р-1, Р-5 автомат стабилизации проектировался в предположении о том, что ракета представляет собой твердое тело, и все внимание было сосредоточено на разработке теории автоматического регулирования. Однако нежелательные автоколебания ракеты, связанные с плесканием больших масс жидкого топлива в баках, обусловили необходимость уточнения ее математической модели.

Георгий Степанович был первым, кто в 1951 году разработал динамическую модель движения ракеты с учетом подвижности жидкости, использование которой позволило обеспечить устойчивость полета первых ракет С.П. Королева. В настоящее время во всех КБ используется «динамическая схема Нариманова», как наиболее отработанная и удобная в применении [1].

Линейная система дифференциальных уравнений движения ракеты не могла описать явления, возникающие при немалых колебаниях жидкости. Экспериментально было замечено, что колебания жидкости с большой амплитудой свободной поверхности обладали рядом особенностей, которые невозможно было объяснить в рамках линейной теории. Это, прежде всего, характерная для нелинейных систем зависимость частоты колебаний от амплитуды, ограниченность амплитуд колебаний в резонансном режиме, возникновение своеобразного вращения свободной поверхности жидкости в некотором диапазоне частот возмущающей силы. Георгий Степанович предложил разработанную им нелинейную модель колебаний жидкости с учетом до 3-го порядка малости, которая позволила описать наблюдаемые на практике нелинейные эффекты [2].

Другой стоящей перед ним проблемой, связанной с подвижностью жидкости, явилось нестабильное вращение жидко-наполненных артиллерийских снарядов. В работе [3] он предложил оригинальную идею использования теории длинных волн для описания возмущенного движения волчка с полостью, частично заполненной жидкостью.

В 1956 году под руководством Георгия Степановича в НИИ-4 была разработана динамическая схема ракеты Р-7, учитывающая подвижность жидкого топлива и упругость корпуса ракеты. При первых пусках ракеты обнаружили колебания давления в топливных магистралях, которые приводили к повышенным динамическим нагрузкам и к разрушению конструкции. В результате напряженной работы, с привлечением лучших специалистов НИИ ТП и ОКБ-1 неустойчивость продольных колебаний была устранена с помощью газового демпфера [4].

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 27 декабря 1957 года «За заслуги в деле создания и запуска в Советском Союзе первого в Мире искусственного спутника Земли» заместитель начальника НИИ-4 МО СССР инженер-полковник Нариманов Георгий Степанович был удостоен Ленинской премии. Решением ВАК без защиты диссертации в 1959 году ему присуждена ученая степень

доктора физико-математических наук, а в 1962 году ему присвоено ученое звание «профессор».

Под руководством Г.А. Тюлина, Ю.А. Мозжорина и Г.С. Нариманова в НИИ-4 создается первый Центр управления полетом (КВЦ). 17 июня 1961 года в связи с успешным полетом Ю.А. Гагарина инженер-полковник Г.С. Нариманов награжден орденом Ленина. В 1965 году он был прикомандирован к министерству общего машиностроения. В 1968 году ему присваивают воинское звание «генерал-майор». С 1971 года он назначен заместителем директора ИКИ АН СССР. Много работает по проблемам освоения космического пространства [5]. В связи с работами по стыковке кораблей «Союз» – «Аполлон» (1975 г.) награжден орденом Трудового Красного Знамени. С 1981 года являлся заместителем директора Института машиноведения АН СССР. Георгий Степанович неоднократно назначался Председателем Государственных комиссий по запуску спутников. Без отрыва от основной работы преподавал в ведущих вузах Москвы.

Литература

1. Нариманов Г.С. О движении твердого тела, полость которого частично заполнена жидкостью, ПММ, т. XX, вып. 1, 1956, с. 21-38.
2. Нариманов Г.С., Докучаев Л.В., Луковский И.А. Нелинейная динамика летательного аппарата с жидкостью. М.: Машиностроение, 1977, 208 с.
3. Нариманов Г.С. Динамика деформируемого тела. М., Военная орд. Ленина и орд. Суворова артиллерийская академия им. Ф.Э. Дзержинского, 1958, 176 с.
4. Нариманов Г.С. О движении симметричного гироскопа, полость которого частично заполнена жидкостью, ПММ, т. XXI, вып. 5, 1957. с. 699-706.
5. Нариманов Г.С. Освоение космического пространства в СССР, М., АН СССР, Институт космических исследований, 1971, 301 с.

УДК 629.785

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Ивашкин В.В.

доктор физико-математических наук

профессор

главный научный сотрудник

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Скрипка У.В.

**ОЦЕНКА УМЕНЬШЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ РАЗГОНЕ
С ОПОРНОЙ НИЗКОЙ ОРБИТЫ ИСЗ НА ОРБИТУ ПОЛЕТА К
ЛУНЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕСКОЛЬКИХ АКТИВНЫХ
УЧАСТКОВ РАЗГОНА**

**EVALUATION OF FUEL CONSUMPTION DURING
ACCELERATION FROM A REFERENCE LOW EARTH ORBIT TO
A HIGH MOON ORBIT WHEN USING SEVERAL ACTIVE
ACCELERATION PARTS**

Аннотация. В работе исследуется разгон космического аппарата с низкой опорной круговой орбиты ИСЗ на высокоэллиптическую орбиту полета к Луне. Сравняется по расходу топлива разгон с одним активным участком и разгон с несколькими активными участками. Разработана методика оптимизации ориентации тяги двигателя и большой полуоси орбиты в конце активных участков. Определена возможная экономия топлива при разгоне КА.

Ключевые слова: космический аппарат, опорная орбита, высокоэллиптическая орбита, орбита полета к Луне, разгон КА, активный участок разгона.

Abstract. The paper investigates a satellite acceleration from a low circular Earth orbit to a highly elliptical orbit for a further Earth-Moon transfer. The acceleration with one active segment and the acceleration with several (two or three) active segments are compared in terms of fuel consumption. A methodology has been developed for determining the optimal orientation of the engine thrust vector and the optimal semi-major axis of the orbit at the end of the active parts. The possible fuel economy during spacecraft acceleration is determined.

Keywords: spacecraft, low Earth orbit, highly elliptical orbit, orbit for a Earth-Moon transfer, spacecraft acceleration, active segment of transfer.

В работе исследуется разгон космического аппарата (КА) с опорной низкой круговой орбиты искусственного спутника Земли (ИСЗ) на высокоэллиптическую орбиту полета к Луне. Основные энергетические характеристики этого разгона определяются обычно с помощью анализа импульсной модели перехода с опорной орбиты на орбиту полета к Луне. Характеристическая скорость этого

импульсного разгона V_{ci} будет равна величине импульса скорости перехода ΔV_i , равной разности скоростей в перигее конечной орбиты и опорной орбиты. При интегрировании уравнений движения КА от начального состояния до конечного и использовании для управления реальной, ограниченной тяги получим характеристическую скорость V_{c1} для случая одного активного участка. Она будет превышать скорость импульсного варианта на т.н. «гравитационные потери» $\Delta V_{g1} = V_{c1} - V_{ci}$. Управление тягой уменьшает эти потери [1-4]. В [4] предложена, в соответствии с [1], приближенная формула для определения гравитационных потерь в случае одного активного участка при разгоне. Она была применена для приближенного анализа траекторий полета к Луне и планетам [5-6]. На первом этапе выполнен анализ импульсного случая. Затем разработана методика расчета параметров разгона для случая одного активного участка, с помощью численного интегрирования.

Для анализа рассмотрен вариант опорной круговой орбиты высотой $H_0 = 200$ км, конечная большая полуось $a_f = 220$ тыс. км, начальная масса КА $m_0 = 8250$ кг, характеристики двигательной установки (ДУ) разгонного блока: тяга $P = 20$ тыс. Н, удельная тяга $P_{уд} = 326$ с. Принят линейный закон изменения направления тяги в плоскости полета: $\gamma(t) = \gamma_0 + \gamma'(t - t_0)$, с оптимизацией его параметров γ_0, γ' . Максимизируемым функционалом является конечная масса КА m_f . Применяем методы оптимизации: градиентный спуск и Дэвидсона-Флетчера-Пауэлла (Д-Ф-П).

В импульсном варианте $V_{ci} = 3143.54 \frac{M}{c}$, $m_{fi} = 3086.15$ кг. Для варианта разгона с одним активным участком даны оценки характеристической скорости V_{c1} , массы КА, времени работы ДУ и гравитационных потерь для ограниченной тяги, исходя из импульсных параметров: $V_{c1i} \approx 3200.41 \frac{M}{c}$, $m_f = 3031.74$ кг, $t_{двi} \approx 825.43$ с, $t_{дв} \approx 834.13$ с, $\Delta V_{g1} = 56.9 \frac{M}{c}$. Ограниченность тяги ДУ приводит к увеличению расхода топлива на $\Delta m_T \sim 55$ кг по сравнению с импульсным случаем. Для варианта с интегрированием, при одном активном участке $V_{c1} \approx 3202.12 \frac{M}{c}$, $m_{f1} = 3030.12$ кг, $t_{дв1} \approx 834.39$ с, $\Delta V_{g1} = 58.6 \frac{M}{c}$. Видим влияние ограниченности тяги на уменьшение массы КА, увеличение расхода топлива и на увеличение характеристической скорости разгона, т.е. величину указанных гравитационных потерь, $\Delta V_{g1} \sim 59 \frac{M}{c}$. Кроме того, видим, что хорошую

оценку этих характеристик даёт анализ импульсной модели, «потери» ΔV_g определяются с точностью $\sim 2 \frac{M}{c}$.

Характеристики разгона улучшаются также при разгоне с помощью нескольких активных участков. На следующем этапе анализа разработан алгоритм разгона для случая двух активных участков, в частности, построен алгоритм определения большой полуоси орбиты в конце первого участка работы ДУ. Её оптимальное значение $a_{1opt} \sim 10$ тыс. км, при этом конечная масса $m_{f2} = 3070$ кг, характеристическая скорость $V_{c2} \approx 3160 \frac{M}{c}$, суммарное активное время уменьшается до $t_{дв2} \approx 828$ с, гравитационные потери уменьшаются до $\Delta V_{g2} \sim 16 \frac{M}{c}$.

Исследован также случай трех активных участков. При этом конечная масса $m_{f3} = 3078$ кг, характеристическая скорость $V_{c3} \approx 3152 \frac{M}{c}$, гравитационные потери уменьшаются до $\Delta V_{g3} \sim 8 \frac{M}{c}$.

С увеличением числа активных участков при разгоне КА их влияние на уменьшение энергетических затрат разгона уменьшается при усложнении управления для обеспечения такой схемы полета.

Литература

1. Роббинс Х.М., Аналитическое исследование импульсной аппроксимации. – Ракетная техника и космонавтика. 1966, т. 4, № 8, с. 134 - 143.
2. Сафранович В.Ф., Эмдин Л.М. Маршевые двигатели космических аппаратов. Выбор типа и параметров». – М.: Машиностроение, 1980.
3. Захаров Ю.А. Проектирование межорбитальных космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1984.
4. Хохулин В.С., Чумаков В.А. Проектирование космических разгонных блоков с ЖРД. - М.: Изд-во МАИ, 2000.
5. Бычков А.Д., Ивашкин В.В. Проектно-баллистический анализ создания многоразовой транспортной системы Земля-Луна-Земля на основе ядерного ракетного двигателя. - Космонавтика и ракетостроение, 2014, №1(74).
6. Ивашкин В.В., Лан А. Определение и анализ оптимальных космических траекторий для организации экспедиции Земля-Апофис-Земля с применением двигательных установок большой тяги. - Космонавтика и ракетостроение, 2017, вып. 5 (98).

Симонов А.В.

заместитель начальника отдела
кандидат технических наук
АО «НПО Лавочкина»
г. Химки

Ковалева С.Д.

математик 2 категории
АО «НПО Лавочкина»
г. Химки

Воробьев А.Л.

ведущий математик
АО «НПО Лавочкина», г. Химки

Гордиенко Е.С.

математик 1 категории
кандидат технических наук
АО «НПО Лавочкина»
г. Химки

Розин П.Е.

начальник сектора
кандидат технических наук
АО «НПО Лавочкина»
г. Химки

**УТОЧНЕНИЕ ИМПУЛЬСА ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ МАРШЕВОГО
ДВИГАТЕЛЯ РАЗГОННОГО БЛОКА «ФРЕГАТ» ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВЫВЕДЕНИЯ**

**REFINEMENT OF THE AFTEREFFECT IMPULSE OF THE MAIN
ENGINE OF THE FREGAT UPPER STAGE TO IMPROVE THE
INJECTION ACCURACY**

Аннотация. В докладе рассмотрен способ повышения точности выведения разгонным блоком «Фрегат» полезной нагрузки на целевую орбиту путём уточнения импульса последействия его маршевого двигателя. Как показывает практика, наибольшее влияние на точность выведения оказывают ошибки измерений датчиков комплекса командных приборов, а также разброс импульса последействия маршевого двигателя. По результатам запусков был проведён пересчёт фактических ошибок по линейным параметрам реализованных орбит в

отклонения импульса последействия. Затем путём статистического анализа в несколько итераций было уточнено среднее значение импульса последействия, что позволило значительно уменьшить ошибки выведения и подтвердить корректность разработанной методики.

Ключевые слова: разгонный блок, импульс последействия, маршевый двигатель, траектория, система управления.

Abstract. The report considers a way to improve the accuracy of the payload injection by Fregat upper stage to the target orbit by clarifying the aftereffect pulse of its main engine. As practice shows, the greatest impact on the accuracy of the output is caused by measurement errors of sensors of the command instrument complex, as well as the spread of the aftereffect pulse of the main engine. Based on the results of the launches, the actual errors were recalculated according to the linear parameters of the realized orbits into deviations of the aftereffect pulse. Then, by statistical analysis in several iterations, the average value of the aftereffect pulse was refined, which made it possible to significantly reduce the output errors and confirm the correctness of the developed methodology.

Keywords: upper stage, aftereffect impulse, main engine, trajectory, control system.

Как показал опыт более 100 запусков разгонного блока (РБ) «Фрегат», точность его выведения на широкий спектр орбит является высокой и во многом опережает своих конкурентов [1]. Это достигается в том числе за счёт использования интегрированной инерциально-спутниковой системы управления (СУ), в которой в едином контуре функционирует инерциальная терминальная система, корректируемая по данным спутниковой навигации. Бортовой вычислительный комплекс системы управления РБ «Фрегат» реализует полноценное решение краевой задачи выведения на орбиту, вместо упрощённой отработки заданной характеристической скорости с заранее определёнными программными значениями углов и угловых скоростей. Система управления контролирует до трёх заданных параметров орбиты, варьируя длительностью работы маршевого двигателя (МД) и ориентацией продольной оси по каналам тангажа и рыскания [2].

Точность выведения определяется двумя видами ошибок – инструментальных и методических. Инструментальные ошибки оказывают в общем случае большее влияние на точность выведения [3]. К ним относятся:

- ошибка выставки гиостабилизированной платформы (ГСП) по азимуту;
- ошибка калибровки акселерометров;
- уход ГСП;
- ошибка, обусловленная дискретностью времени выдачи команды на выключение МД;
- разброс импульса последействия;
- вычислительная погрешность бортового вычислительного комплекса;
- ошибка определения текущих координат автономной спутниковой системы навигации.

Наибольшее влияние оказывают ошибки комплекса командных приборов (датчики углов, угловых скоростей и акселерометры), а также разброс импульса последействия (ИПД) маршевого двигателя [4]. Все эти ошибки имеют случайный характер. Ошибки датчиков имеют как правило, нулевое математическое ожидание, либо очень близки к нему, и их практически невозможно определить в ходе запуска. Ошибка импульса последействия двигателя, наоборот, довольно хорошо определяется через отличие значений сообщённой характеристической скорости по результатам измерений системы управления, и пересчитанной по фактическим значениям параметров орбиты. Номинальное значение ИПД МД учитывается СУ при отработке манёвра и реализуется путём досрочного выключения двигателя. Для каждого активного участка рассчитывается время упреждения выдачи команды через расчётное значение массы головного блока и номинальные значения тяги, удельной тяги и импульса последействия двигателя.

После статистической обработки была уточнена величина фактического импульса последействия. После внесения корректировок в расчёт полётного задания для СУ РБ «Фрегат» ошибки выведения были уменьшены в среднем почти на 40%.

Литература

1. Дишель В.Д., Елисева М.А., Мулюкин А.М., Сапожников А.И., Симаков М.Л. Системы управления АО «НПЦ АП» в проектах АО «НПО Лавочкина» // Вестник «НПО им. С.А. Лавочкина». 2022. № 2. С. 76-81.
2. Морозов В.В., Трунов Ю.В., Комиссаров А.И., Пак Е.А., Жучков А.Г., Дишель В.Д., Залихина Е.Е., Паронджанов В.Д. Система управления межорбитального космического буксира «Фрегат» // Вестник «НПО им. С.А. Лавочкина». 2014. № 1. С. 16-25.

3. Морской И.М., Симонов А.В., Лясковская В.И., Ежов А.С. Баллистическое обеспечение разработки и полётов межорбитального космического буксира «Фрегат» // Вестник «НПО им. С.А. Лавочкина». 2014. № 1. С. 10-15.

4. Dishel V.D., Sapozhnikov A I., Malishev A.V. High-Precision Guaranteed Validity Estimation Methods Application for Integrated Inertial Navigation Solution of Orbital Vehicles // Advances in the Astronautically Sciences. Univelt Inc. 2017. Vol. 161. P. 353-372.

УДК 629.785

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Гордиенко Е.С.

кандидат технических наук
математик I категории
АО «НПО Лавочкина»
г. Химки

Ивашкин В.В.

доктор физико-математических наук
профессор
главный научный сотрудник
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН
г. Москва

Симонов А.В.

кандидат технических наук
главный математик
АО «НПО Лавочкина»
г. Химки

Розин П.Е.

кандидат технических наук
ведущий математик
АО «НПО Лавочкина»
г. Химки

АНАЛИЗ ТРАЕКТОРИЙ ВЫВЕДЕНИЯ КА НА ВЫСОКИЕ КРУГОВЫЕ ОРБИТЫ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЛУНЫ С ПОМОЩЬЮ ДВУХИМПУЛЬСНОГО ПЕРЕХОДА

SPACECRAFT'S LAUNCH TRAJECTORIES INTO HIGH CIRCULAR ORBITS OF MOON ARTIFICIAL SATELLITE WITH USING TWO-IMPULSE TRANSFER ANALYSIS

Аннотация. Рассматривается выведение космического аппарата (КА) на высокие круговые орбиты искусственного спутника Луны (ИСЛ), которые можно использовать для построения лунной многофункциональной спутниковой системы. Такая система будет способна решать задачи связи, навигации, ретрансляции и наблюдения за объектами дальнего космоса. Анализ проводится в три этапа. На первом – рассматривается возможность достижения орбиты с определенными конечным радиусом и наклоном при учете вариантов подлета к Луне как с севера, так и с юга. На втором этапе для сокращения времени поиска решения предложена априорная проверка возможности получения орбит с заданными радиусом и наклоном на предварительном этапе анализа траекторий выведения КА на конечные высокие орбиты ИСЛ. На третьем – проводится анализ траекторий выведения КА на конечные высокие круговые орбиты ИСЛ для дат в течение 2030 года. Приводятся численные и графические результаты.

Ключевые слова: космический аппарат, лунные траектории, одноимпульсный переход, трехимпульсный переход, двухимпульсный переход, лунная спутниковая система.

Abstract. The launch of a spacecraft (SC) into high circular orbits of Moon artificial satellite (MAS) is considered. These orbits can be used for building Lunar multifunctional satellite system. Such system will be able to solve the problems of communication, navigation, retransmission and observation of deep space objects. The analysis is made up in three stages. On the first stage the possibility of achieving the orbit with defined final radius and inclination with taking into account approach options from the North and from the South is considered. On the second stage to decrease the solution search time an a priori verification of possibility of obtaining orbits with defined radius and inclination on the preliminary stage of launch spacecraft's trajectories analysis into final high circular MAS orbits is offered. On the third stage – SC's launch trajectories into final high circular MAS orbits analysis for the dates during 2030 year is held. Numerical and graphical results are given.

Keywords: spacecraft, lunar trajectories, one impulse transfer, three impulse transfer, two impulse transfer, lunar satellite system.

Рассматривается выведение космического аппарата (КА) на высокие круговые орбиты искусственного спутника Луны (ИСЛ), которые можно использовать для построения лунной многофункциональной спутниковой системы. Такая система будет способна решать задачи связи, навигации, ретрансляции и наблюдения за объектами дальнего космоса. В начале работы приводятся графические результаты анализа поиска устойчивых орбит ИСЛ. Показано, что существуют три области устойчивых орбит, пригодных для создания лунной спутниковой системы [1]:

- первая область – $i_0 \in (63^\circ, 67^\circ)$ и $a_0 \in [4, 4.4]$ тыс. км (подлет к Луне с севера N , $\Omega=270^\circ$);
- вторая область – $i_0 \in (113^\circ, 116^\circ)$ и $a_0 \in [4, 4.4]$ тыс. км (подлет к Луне с юга S , $\Omega=90^\circ$);
- третья область – $i_0 \in (81^\circ, 96^\circ)$ и $a_0 \in [4.8, 5.3]$ тыс. км (подлет к Луне и с юга S , и с севера N , $\Omega=90^\circ/270^\circ$).

Ранее уже рассматривалась возможность выведения КА на высокие круговые орбиты ИСЛ, которые можно использовать при построения лунной спутниковой системы, с помощью трехимпульсного маневра торможения [2, 3]. Для этого при сравнении схем выведения КА был рассмотрен частный случай трехимпульсного перехода – двухимпульсный, при котором промежуточный импульс не сообщается, а траектория изменяется под действием возмущений, в первую очередь, от гравитационного поля Земли [4, 5].

Данная работа посвящена дальнейшему исследованию двухимпульсного маневра торможения при переходе КА на высокие круговые орбиты ИСЛ. Анализ проводится в три этапа.

На первом этапе рассматривается возможность достижения орбиты с определенными конечным радиусом и наклоением при учете вариантов подлета к Луне как с севера N , так и с юга S . Для этого при подлете к Луне в конкретную дату t_0 для заданной величины оскулирующей большой полуоси высокоэллиптической орбиты облета Луны a^{**} подбирается такое подлетное наклонение i_0 , при котором спутник, двигаясь в окололунном пространстве, перейдет на конечную орбиту ИСЛ с заданным наклоением i_f . При этом величина радиуса конечной орбиты a_f остается свободной. Перебирая величину оскулирующей большой полуоси орбиты облета Луны a^{**} , определяем возможность достижения конечной орбиты с заданным радиусом a_f^* . Для каждого значения наклоения i_f расчет заканчивается, когда

величина радиуса конечной орбиты a_f превысит заданное значение a_f^* . В расчетах оно принято равным $a_f^*=5200$ км. Рассматривается диапазон конечных наклонений i_f от 45° до 135° . Таким образом, определяется диапазон конечных наклонений, при выведении на которые можно получить орбиту с конечным радиусом, равным $a_f^*=5200$ км. Анализ проводится как для варианта подлета к Луне с севера N , так и с юга S .

Для сокращения времени поиска решения на втором этапе анализа предложена априорная проверка возможности получения конечных высоких орбит с заданными радиусом и наклоном для заданных даты подлета КА к Луне t_0 и варианта подлета с севера N и с юга S . Так по расположению возмущающего тела (в рассматриваемом случае возмущения от гравитационного поля Земли на порядок превышают возмущения от гравитационного поля Солнца, поэтому в качестве возмущающего тела выступает Земля) относительно направления на перицентр орбиты КА можно сделать предварительный вывод о последующей эволюции радиусов пери- и апоцентра орбиты вокруг Луны. Это положение определяется углом между направлениями из центра Луны на перицентр орбиты КА и на возмущающее тело. Угол рассчитывается в плоскости орбиты КА. Другими словами, этот угол является истинной аномалией возмущающего тела в орбитальной системе координат КА, зафиксированной в перицентре его орбиты. Для краткости, назовем этот угол истинной аномалией возмущающего тела и обозначим как α . Если его значение лежит в первой и третьей четвертях ($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ и $180^\circ \leq \alpha < 270^\circ$), то радиус перицентра орбиты КА при его движении растет, а радиус апоцентра падает. Если же угол α лежит во второй и четвертой четвертях ($90^\circ \leq \alpha < 180^\circ$ и $270^\circ \leq \alpha < 360^\circ$), то радиус перицентра орбиты КА падает, а радиус апоцентра растет [6, 7]. Таким образом, заранее проверяется возможность выведения КА на орбиту с заданным радиусом при определенном конечном наклонении.

На третьем, заключительном, этапе проводится анализ траекторий выведения КА на конечные высокие круговые орбиты ИСЛ с заданными величинами большой полуоси a_f и наклона i_f для дат в течение 2030 года. Приводятся численные и графические результаты.

Литература

1. Гордиенко Е.С., Ивашкин В.В., Симонов А.В. Анализ устойчивости орбит искусственных спутников Луны и выбор конфигурации лунной спутниковой системы // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2014. № 4 (34). С. 40 – 54.

2. Гордиенко Е.С., Ивашкин В.В. Использование трехимпульсного перехода для выведения космического аппарата на орбиты искусственного спутника Луны // «Космические исследования», 2017. Т. 55, №3. С. 207 – 217.
3. Муртазин Р.Ф. Эффективное выведение космического аппарата на высокую круговую окололунную орбиту // Космонавтика и ракетостроение. 2019. №3 (108). С. 5 – 12.
4. Гордиенко Е.С., Ивашкин В.В., Симонов А.В., Розин П.Е. Анализ траекторий выведения космического аппарата на высокие круговые орбиты искусственного спутника Луны // «Космические исследования», 2022. Т. 60, №3. С. 1 – 11.
5. Folkner W.M., Williams J.G., Boggs D.H. The Planetary and Lunar Ephemeris DE 421. 2009. JPL IOM 343R-08-003.
6. Лидов М.Л. Эволюция орбит искусственных спутников под воздействием гравитационных возмущений внешних тел. Искусственные спутники Земли, 1961, Т. 8, с. 5–45.
7. Гордеева Ю.Ф. Зависимость элементов от времени в долгопериодических колебаниях в ограниченной задаче трех тел. Космические исследования, 1968, Т. 6, № 4, с. 536.

УДК 531.383

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Докучаев Л.В.

доктор технических наук
профессор, академик РАКЦ
главный научный сотрудник
АО «ЦНИИмаш»

г. Королёв

Лычков В.А.

ведущий инженер
АО «ЦНИИмаш»

г. Королёв

К «НАРИМАНОВСКОЙ» МОДЕЛИ ЖИДКОНАПОЛНЕННОГО ГИРОСКОПА

TO «NARIMANOV» MODEL OF LIQUIDLY FILLED GYROSCOPE

Аннотация. Идеи Г.С. Нариманова по анализу движения волчка с полостью, частично заполненной жидкостью, использованы для

исследования движения КА на орбите. Для этого рассматривается возмущенное движение быстровращающегося гироскопа с цилиндрической полостью, частично заполненной жидкостью. На основе использования гипотез теории длинных волн составляются совместные уравнения движения осесимметричного тела и кольцевого слоя жидкости. Находятся корни характеристического уравнения динамической системы.

Ключевые слова: гироскоп, жидкость, вращение, устойчивость.

Abstract. G.S. Narimanov's ideas in motion analysis for gyroscope wheel with a liquid filled cavity are used to study the spacecraft motion in orbit. For this, the perturbed motion of the fast-rotating gyroscope with the cylindrical cavity which is partially filled with liquid is considered. On the basis of use of long waves theory hypotheses, the joint equations of the motion of an axisymmetric body and a ring layer of liquid are worked out. The roots of the characteristic equation of dynamic system are found.

Keywords: gyroscope, liquid, rotation, stability.

В работе [1] Г.С. Нариманов предложил оригинальную идею использования теории длинных волн для описания возмущенного движения волчка с полостью, частично заполненной жидкостью. В экспериментах В.Т. Десятова [2] с волчками на струне были установлены зависимости влияния геометрии полости и величины ее заполнения жидкостью на устойчивость вращения. В работе [3] построены области неустойчивости вращения тел с различными полостями, целиком заполненными жидкостью.

Перенесем модель Г.С. Нариманова для быстро вращающегося гироскопа в условия движения тела на орбите. Рассмотрим стационарное вращение относительно продольной оси цилиндрического кругового бака, частично заполненного жидкостью. В состоянии невесомости жидкость под действием центробежных сил растечется по боковым стенкам бака, образуя цилиндрическую поверхность. Обозначим радиус боковой поверхности бака через r_0 , а радиус свободной поверхности при невозмущенном стационарном вращении через r_1 . Предполагаем, что слой жидкости $h = r_0 - r_1$ значительно меньше длины бака H и длины его окружности $2\pi r_0$, что позволяет применить гидродинамическую теорию длинных волн. Направим на Солнце продольную ось бака при стационарном вращении. С этой осью свяжем прямоугольную систему координат $Ox^* y^* z^*$. Точка O совпадает с центром масс рассматриваемой механической системы, ось Oz^* направлена на Солнце. Введем

связанную с твердой оболочкой систему координат $Oxyz$ и полу-связанную систему координат $Ox_0y_0z_0$. Переход от фиксированной системы координат $Ox^*y^*z^*$ к полу-связанной системе $Ox_0y_0z_0$ можно задать двумя поворотами: на угол β' относительно оси Oy^* по часовой стрелке и на угол α' относительно оси Ox_0 против часовой стрелки. Переход от системы координат $Ox_0y_0z_0$ к связанной с корпусом системе координат $Oxyz$ определяется поворотом на угол γ относительно оси Oz против часовой стрелки.

Представим момент количества движения в виде суммы момента мгновенно отвердевшей системы с тензором инерции J и кинетического момента относительного движения слоя жидкости.

В теории длинных волн предполагается, что по радиальной координате относительные перемещения отсутствуют. Поэтому для радиальной составляющей относительной скорости жидкости принимается средняя величина.

Проекция уравнения Эйлера для относительного движения невязкой жидкости на тангенциальное и продольное направления с точностью до малых величин перенесем на оси полу-связанной системы координат, выразив компоненты скорости через перемещения жидкости.

Производная по времени от вектора кинетического момента механической системы относительно центра масс равна главному моменту всех внешних сил \bar{M} относительно этого центра масс. Для свободного полета момент \bar{M} равен нулю.

Разложим компоненты вектора смещения в ряды по тригонометрическим функциям, где a_n, b_n, d_n, c_n, d, c - коэффициенты разложения.

Подставим эти разложения в преобразованные формулы для проекций уравнений Эйлера и момента количества движения, а затем проинтегрируем по всему объему жидкости.

Теперь введем комплексные переменные

$$\delta = \alpha' + i\beta', \quad \alpha_n = (a_n + ib_n)e^{i\gamma},$$

$$\beta_n = (d_n + ic_n)e^{i\gamma}, \quad \beta = (d + ic)e^{i\gamma}$$

В результате получим уравнения возмущенного вращательного движения тела с жидкостью

$$A \frac{d^2 \delta}{dt^2} - iC\omega \frac{d\delta}{dt} - \frac{C_1}{\pi} \sum_{n=1,3,\dots} \frac{1}{n} \left(\frac{d^2 \alpha_n}{dt^2} - 2i\omega \frac{d\alpha_n}{dt} + \frac{i}{\pi n \lambda} \frac{d^2 \beta_n}{dt^2} \right) +$$

$$+ \frac{i}{2} C_1 \mu \frac{d^2 \beta}{dt^2} = 0$$

$$\frac{d^2 \alpha_n}{dt^2} - 2i\omega \frac{d\alpha_n}{dt} + \left(\pi^2 n^2 \lambda^2 k - 1 \right) \omega^2 \alpha_n =$$

$$= i\pi n k \lambda \omega^2 \beta_n + \frac{4}{\pi n} \left(\frac{d^2 \delta}{dt^2} - 2i\omega \frac{d\delta}{dt} \right)$$

$$\frac{d^2 \beta_n}{dt^2} - i\omega(2+k) \frac{d\beta_n}{dt} - \omega^2 \beta_n = -\pi n k \lambda \omega \frac{d\alpha_n}{dt} - \frac{4i}{\pi^2 n^2 \lambda} \frac{d^2 \delta}{dt^2}$$

$$\frac{d^2 \beta}{dt^2} - i\omega(2+k) \frac{d\beta}{dt} - \omega^2 \beta = i\mu \frac{d^2 \delta}{dt^2} \quad (n = 1, 3, \dots);$$

где

A, C – поперечный и продольный моменты инерции системы;

r, H – радиус свободной поверхности жидкости и длина бака;

C_1 – момент инерции жидкой массы;

k – коэффициент наполнения полости;

λ – половина обратной величины удлинения полости;

μ – геометрический параметр расположения С.К.;

ω – угловая скорость стационарного вращения системы.

В качестве примера рассмотрим вращение тела с жидкостью при следующих значениях параметров, определяющих коэффициенты системы дифференциальных уравнений возмущенного вращения тела с жидкостью:

$$A = 200000 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad C = 50000 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad r = 1,9 \text{ м}; \quad H = 5 \text{ м};$$

$$\rho = 70 \text{ кг} / \text{м}^3; \quad C_1 = 2900 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad k = 0,1; \quad \lambda = 0,38;$$

$$\mu = 1; \quad \omega = 0,05 \text{ рад} / \text{с};$$

Если учесть только первый основной тон колебаний жидкости $n = 1$, то корни характеристического уравнения системы уравнений возмущенного вращения тела с жидкостью принимают чисто мнимые значения

$$\eta_{\delta}^{(1)} = 0; \quad \eta_{\delta}^{(2)} = 0,013i;$$

$$\eta_{\beta}^{(1)} = 0,07i ; \quad \eta_{\beta}^{(2)} = 0,026i ;$$

$$\eta_{\alpha_1}^{(1)} = 0,078i ; \quad \eta_{\alpha_1}^{(2)} = 0,05i ;$$

$$\eta_{\beta_1}^{(1)} = 0,05i ; \quad \eta_{\beta_1}^{(2)} = 0,036i ;$$

Это значит, что тело будет совершать движение псевдо-регулярной прецессии относительно продольной оси. Угол нутации будет определяться начальными условиями. Период собственного вращения тела будет примерно 2 минуты, а период прецессии (корень $\eta_{\delta}^{(2)}$) - 8 минут. На поверхности жидкости вдоль продольной оси образуются длинные волны (корни $\eta_{\alpha_1}^{(1)}, \eta_{\alpha_1}^{(2)}$) с периодом 1,3 и 2 минуты. Тангенциальные волны в окружном направлении (корни $\eta_{\beta}^{(1)}, \eta_{\beta_1}^{(1)}, \eta_{\beta_1}^{(2)}, \eta_{\beta}^{(2)}$) имеют периоды 1,5; 2; 3; 4 минуты.

Рассматриваемая модель не учитывает диссипативные моменты, которые снижают скорость собственного вращения [4].

Литература

1. Нариманов Г.С. О движении симметричного гироскопа, полость которого частично заполнена жидкостью, ПММ, т. XXI, вып. 5, 1957. с. 699-706.
2. Десятов В.Т. Экспериментальное исследование устойчивости вращательного движения тел с жидким наполнением. В кн. Динамика космических аппаратов и исследование космического пространства. М.: Машиностроение, 1986, с.254-260.
3. Докучаев Л.В., Рвалов Р.В. Об устойчивости стационарного вращения твердого тела с полостью, содержащей жидкость, Известия Академии наук СССР, Механика твердого тела, 1973. № 2, с. 5-14.
4. Докучаев Л.В. Влияние диссипативных моментов, обусловленных вязкостью жидкого тела, на устойчивость вращения космического объекта. Космические исследования, 2002. Т. 40. № 1. С. 42-53.

УДК: 629.788

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Зарубин Д.С.
аспирант МАИ
ведущий инженер ИКИ РАН
г. Москва

НЕКОТОРЫЕ ПРОЕКТНО-БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОСВОЕНИЯ ЛУНЫ

DESIGN AND BALLISTIC ISSUES FOR A MODERN MOON EXPLORATION PROGRAM

Аннотация. Рассматриваются вопросы применения многопусковых схем полётов к Луне с учётом ожидаемых проектных параметров средств выведения и межорбитальной транспортировки, применения баллистических схем с меньшими затратами на торможение у Луны, а также выбора удалённых от поверхности Луны орбит для пересадки экипажа между транспортным и пилотируемым кораблями.

Ключевые слова: освоение Луны, траектории обходного типа, многопусковые схемы миссий, trans-lunar injection.

Abstract. Multi-launch mission profiles are the subject of the paper. Consideration includes launch vehicles and upper stages expected capabilities, ballistic mission profiles with lower deceleration costs near the Moon and distant from the Moon surface orbits for crew transfer between transport and lunar vehicles.

Keywords: Moon research and exploration, weak stability boundary, multi-launch missions, trans-lunar injection.

На фоне известных успехов мировой и отечественной космонавтики в последние 10-15 лет с разной интенсивностью рассматриваются вопросы возвращения к масштабным вариантам лунной программы.

Особенности таких программ состоят в завышенных ожиданиях внешних участников, в том числе на фоне успеха программы МКС, наличии задела в виде «технологии» создания и эксплуатации пилотируемых/посещаемых комплексов, требованиях к возрастающей эффективности, в том числе по стоимости. При этом специализированные средства отсутствуют или требования к их проектным параметрам снижаются. Например, в отличие от однопусковых миссий Н1-ЛЗ и «Аполлон», рассматриваются двух- и более пусковые схемы в рамках одной лунной миссии.

В данной работе перечисленные аспекты рассматриваются с проектно-баллистической точки зрения, как основы для предложений по облику реалистичных космических программ и выбора их проектных параметров.

Многопусковые схемы

Применение многопусковых схем обусловлено, в том числе, задачей предусмотреть использование лунных ракет-носителей (РН) под другие задачи. С проектно-баллистической точки зрения это означает, что доставка пилотируемого транспортного корабля (ПТК) и автоматического, на участке «околоземная орбита – окололунная орбита», лунного взлётно-посадочного корабля (ЛВПК) осуществляется раздельно. Таким образом, снимаются ограничения по длительности перелёта ЛВПК и могут рассматриваться схемы миссий с меньшими затратами ΔV на участке торможения у Луны. В значительной степени снимается проблема скважности последовательных запусков ПТК и ЛВПК с космодрома.

Раздельное выведение ПТК и ЛВПК означает, что существует «точка», в которой выполнение пересадки экипажа между ПТК и ЛВПК оптимально. Такой оптимум и содержание соответствующей целевой функции являются предметом отдельного исследования, которое выполняется автором в настоящее время. В данной работе отметим лишь несколько аспектов, касающихся выбора такой «точки» пересадки экипажа.

Требования к запасу характеристической скорости пилотируемых кораблей

Анализ имеющихся данных показывает, что запас ΔV современных ПТК ограничен $\sim 1200-1300$ м/с. Классический вариант схемы миссии с пересадкой ПТК-ЛВПК на низкой окололунной орбите соответствует затратам ΔV на участке trans-lunar injection (TLI) – low lunar orbit (LLO) порядка 950 м/с и ещё столько же на возвращение к Земле. Парирование дефицита в 600-700 м/с может быть обеспечено способами, которые приведены на рисунке 1.


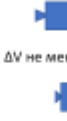
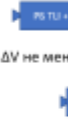
| Параметр | Схема 1 | Схема 2 | Схема 3 |
|--------------------------------------|---|---|---|
| Конфигурация | ΔV не менее 3200 м.с  ΔV до 1300 м.с | ΔV не менее 3200 м.с  ΔV не менее 1000 м.с ΔV не менее 1000 м.с | ΔV не менее 4200 м.с  ΔV не менее 1000 м.с |
| Динамические операции средствами ПТК | - Вход на целевую орбиту; - Возвращение к Земле | - Возвращение к Земле | - Возвращение к Земле |
| Достижимые орбиты | NRHO, HLO | LLO, NRHO, HLO | LLO, NRHO, HLO |

Рисунок 1 – варианты связки ПТК-РБ [1, 2]

Предварительно можно сделать вывод о целесообразности выбора окололунных целевых орбит, для которых торможение у Луны и возвращение на Землю обеспечивается ПТК самостоятельно. С учётом дополнительных вопросов (влияние переотражённого тепла, радиовидимость и другие) эти орбиты известны: высокая окололунная полярная орбита – HLO (Нкр ~ 10000 км) [3] и семейства околопрямолинейных гало-орбит – NRHO $\sim 2500 \times 75000$ км [4]. Расчёты показывают, что при наличии РН сверхтяжёлого класса в заявленных в [5] проектных параметрах выбор одной из рассматриваемых орбит, помимо возможности исключить межорбитальный буксир – МБ (экономия ~ 10 тонн), создаёт альтернативный резерв – возможность увеличения массы ПТК вплоть до 27 тонн.

Использование средств выведения меньшей грузоподъёмности

Использование длительных, энергоэффективных схем перелётов [3, 6] в комбинации с выбором «экономичных» орбит создаёт возможности для более широкого использования доступных в обозримой перспективе средств выведения среднего и тяжёлого классов. Выполнен расчёт достижимой массы грузов для различных целевых орбит и комбинаций РН-разгонный блок (РБ) [7, 8]. Для NRHO/HLO значения составляют 12-13,5 т.

На дальнейшее уточнение значений массы влияют выбор проектных параметров перспективного РБ для доставки лунной полезной нагрузки на траекторию перелёта к Луне (ТЛ) и возможность оптимального управления у Луны на основе

современных средств координатно-временного и навигационного обеспечения [9].

Заключение

Меньшая грузоподъемность РН и раздельное выведение ПТК и ЛВПК в отличие от программ 50-летней давности создают основу для разработки предложений по облику современных программ исследования и освоения Луны на основе актуальных разработок в области баллистики и адаптации имеющихся космических средств под лунные задачи.

Литература

1. Zarubin D., Mikrin E., Sevastyanov N., Beglov R., Makushenko Y. Lunar orbital platform segment for support and provision of lunar surface missions. 70th International Astronautical Congress (IAC), Washington, USA, 21–25 October, 2019. IAC-2019.A5.1.5. Washington, 2019, pp. 1–7.
2. Соколов Б.А., Тупицын Н.Н. и другие «О возможности создания одноступенчатого разгонно-тормозного блока на основе кислородно-углеродородного двигателя 11Д58М для ракеты космического назначения сверхтяжелого класса», «Космическая техника и технологии», 2(23)/2021, стр. 62-75.
3. Муртазин Р.Ф. «Эффективное выведение космического аппарата на высокую круговую окололунную орбиту» 629.786.2:523.34, Космонавтика и ракетостроение, 2019.
4. Whitley R., Martinez R., 2015 “Options for Staging Orbits in Cis-Lunar Space”, <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20150019648.pdf>. ТЗ на СЧ ОКР «Элементы СТК» (ТП), 2020, <https://zakupki.gov.ru>
5. Ивашкин В.В. «Об оптимальных траекториях полёта КА к Луне в системе Земля-Луна-Солнце», <https://www.keldysh.ru/papers/2001>.
6. Ракеты-носители, разгонные блоки - Госкорпорация «Роскосмос» (roscosmos.ru/115).
7. Зеленцов В.В., Щеглов Г.А. «Конструктивно-компоновочные схемы разгонных блоков: учебное пособие», Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2018.
8. Михайлов М.В., Зарубин Д.С., Заговорчев В.А. Перспективы применения околоземной ГНСС в качестве инфраструктуры для навигационного обеспечения лунных миссий. Инженерный журнал: наука и инновации, 2021, вып. 10.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 55.49.05

Корянов В.В.
кандидат технических наук
доцент
первый заместитель заведующего кафедрой
«Динамика и управление полетом ракет
и космических аппаратов»
МГТУ им. Н.Э. Баумана
Кухаренко А.С.
студент 6-го курса
МГТУ им. Н.Э. Баумана

**МЕХАНИКА УПРАВЛЯЕМОГО ПОЛЁТА СПУСКАЕМОГО
АППАРАТА С АЭРОУПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ЗА СЧЕТ
ПОВОРОТА ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ**

**CONTROLLED FLIGHT MECHANICS OF A DESCENT VEHICLE
WITH AEROELASTIC ELEMENTS DUE TO PAYLOAD
ROTATION**

Аннотация. Совершенствование космической техники направлено на увеличение удельного веса полезной нагрузки. С этой целью проводятся работы по созданию надувных тормозных устройств, которые имеют меньшую массовую и объемную долю в космическом аппарате по сравнению с тепловым экраном жесткой конструкции.

Однако надувные тормозные устройства имеют ряд особенностей, к которым относятся: нестабильность аэродинамических коэффициентов спускаемого аппарата, нестабильность динамической устойчивости спускаемого аппарата. Перечисленные особенности могут привести к значительному отклонению от расчетной точки посадки, либо потере спускаемого аппарата в результате его сгорания в атмосфере. Для уменьшения отклонений от расчетной точки посадки необходимо обеспечить управляемое движение спускаемого аппарата.

Исследования, проведенные с применением математической модели, дали возможность определить перегрузки, действующие на спускаемый аппарат при управляемом движении, и шарнирные моменты, а также рассчитать параметры траектории спускаемого аппарата для различных условий входа в атмосферу. Полученные результаты позволили сделать выводы о возможности применения таких спускаемых аппаратов и сформулировать требования к механической части конструкции при проектировании.

Ключевые слова: доставка полезной нагрузки, посадка на планету, динамика движения, спускаемый аппарат, надувное тормозное устройство, управление движением спускаемого аппарата, математическое моделирование.

Abstract. The improvement of space technology is aimed at increasing the specific weight of the payload. To this aim, work is underway to create inflatable braking devices that have a smaller mass and volume fraction in the spacecraft compared to a rigid thermal shield. However, inflatable braking devices have a number of features, which include: instability of the aerodynamic coefficients of the descent vehicle, instability of the dynamic stability of the descent vehicle. These features can lead to a significant deviation from the estimated landing point, or the loss of the descent vehicle as a result of its combustion in the atmosphere. To reduce deviations from the estimated landing point, it is necessary to ensure controlled movement of the descent vehicle. The studies carried out using a mathematical model made it possible to determine the overloads acting on the descent vehicle during controlled movement and hinge moments, as well as to calculate the parameters of the descent vehicle trajectory for various atmospheric entry conditions. The results obtained made it possible to draw conclusions about the possibility of using such descent vehicles and formulate requirements for the mechanical part of the structure during design.

Keywords: payload delivery, landing on a planet, motion dynamics, descent vehicle, inflatable braking device, descent vehicle motion control, mathematical modeling.

Посадка космических аппаратов на планеты, покрытые атмосферой, связана с решением ряда задач, к которым относятся:

- преодоление атмосферы;
- посадка в заданном районе с заданной точностью.

При движении спускаемого аппарата в атмосфере его поверхность разогревается до высоких температур. Для защиты полезной нагрузки от перегрева спускаемый аппарат оснащают тормозным устройством. В настоящее время применяются тормозные устройства жесткой конструкции. На стадии разработки находятся надувные тормозные устройства, которые обладают рядом преимуществ. К ним относятся [1]:

- отсутствие ограничений на поперечный размер надувных тормозных устройств, обусловленных объемом под головным обтекателем ракеты-носителя;
- использование надувных тормозных устройств увеличивает объемную долю полезного груза.

Однако, конструкция спускаемых аппаратов, оснащенных надувными тормозными устройствами, имеет и ряд особенностей, которые на текущий момент являются недостатками. К ним относятся [2]:

- нестабильность аэродинамических коэффициентов;
- нестабильность динамической устойчивости спускаемых аппаратов.

Перечисленные недостатки могут привести к значительному отклонению точки посадки от расчетной. Однако, эти недостатки возможно устранить управлением движения спускаемого аппарата. В работе рассматривается способ управления за счет изменения углового положения полезной нагрузки, реализуемого поворотным устройством.

Смещение центра масс при управлении движением спускаемого аппарата происходит следующим образом: внутри надувного тормозного устройства расположен космический аппарат, являющийся полезной нагрузкой (рисунок 1). С тормозным устройством этот космический аппарат соединен с помощью поворотного механизма, предназначенного для поворота космического аппарата вокруг точки их сопряжения. Изменение углового положения космического аппарата приводит к смещению центра масс спускаемого аппарата относительно продольной оси надувного тормозного устройства. Это смещение центра масс, в свою очередь, приводит к повороту спускаемого аппарата на некоторый угол атаки, в результате чего возникает нормальная сила, за счет которой осуществляется управление движением.

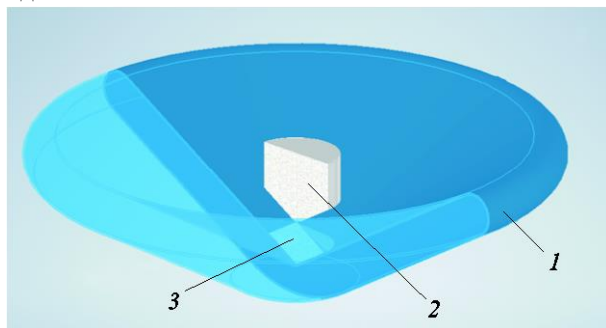


Рис. 1. Схема спускаемого аппарата. 1 -- надувное тормозное устройство, 2 -- космический аппарат, 3 -- поворотное устройство.

В работе выполнен расчет балансировочных углов атаки в зависимости от угла поворота полезной нагрузки и числа Маха набегающего потока. Также в работе проведен расчет перегрузок,

действующих на спускаемый аппарат при управляемом движении, построены траектории движения спускаемого аппарата при различных углах отклонения полезной нагрузки. Расчеты выполнены посредством численного интегрирования системы дифференциальных уравнений пространственного движения спускаемого аппарата. При интегрировании использован метод Рунге-Кутты 4-го порядка.

Исследование движения спускаемого аппарата проведено при скорости входа в атмосферу 7 км/с для различных углов входа.

Полученные результаты позволили построить область допустимых отклонений, в пределах которой возможно скомпенсировать возмущения и осуществить посадку в расчетной точке.

Литература

1. The Program to Advance Inflatable Decelerators for Atmospheric Entry (PAIDAE). NASA, 2009, pp. 1–8. Интернет-информация: www.nasa.gov
2. Финченко В.С., Пичхадзе К.М., Ефанов В.В. Надувные элементы в конструкциях космических аппаратов — прорывная технология в ракетно-космической технике. Химки, НПО Лавочкина, 2019.

УДК: 629.78

eLIBRARY.RU: 89.21.00

Беляев А.А.

аспирант, специалист
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
ЦНИИмаш, г. Королёв

Головин С.В.

инженер-конструктор 1 категории
ЦНИИмаш, г. Королёв

Гаврилова А.А.

студент, техник
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва
ЦНИИмаш, г. Королёв

Корянов В.В.

кандидат технических наук
доцент
первый заместитель заведующего кафедрой
«Динамика и управление полетом
ракет и космических аппаратов»
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПАСНЫХ СБЛИЖЕНИЙ МЕЖДУ КОСМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ TLE

METHODOLOGY FOR DETERMINING DANGEROUS CONJUNCTIONS BETWEEN SPACE OBJECTS BY TLE ELEMENTS

Аннотация. Описана методика определения опасных сближений между космическими объектами на основе данных об их орбитах в формате Two-Line Elements (TLE). Общий подход основан на поиске кратчайших расстояний между орбитами космических объектов (КО). В первом приближении минимальное расстояние между КО будет достигаться на линии пересечения плоскостей соответствующих орбит. В случае квази-компланарных орбит потенциально опасное сближение возможно в точках пересечения рассматриваемых орбит. Исходными данными для расчета является открытая информация об орбитах КО в формате TLE. Для прогнозирования движения КО используется аналитическая модель SGP4.

Ключевые слова: космический мусор, опасные сближения, TLE, международная космическая станция (МКС).

Abstract. A methodology for determining dangerous close approaches between space objects based on their orbital data in Two-Line Elements (TLE) format is described. The general approach is based on a finding of the shortest distances between the orbits of space objects. As a first approximation, the shortest distance between SOs will be at the intersection of their orbital planes. In the case of quasicomplanar orbits, potentially dangerous close approach is possible at the intersection of the orbits. The source data for the calculation are open orbit information in TLE format. The analytical model SGP4 is used for propagation space objects orbit.

Keywords: space debris, dangerous conjunctions, TLE, ISS.

Проблема космического мусора (КМ) представляет собой серьезную угрозу освоения космического пространства. Еще в 1978 году, ученый NASA Д. Кесслер выдвинул гипотезу, согласно которой многочисленные запуски космических аппаратов могут сделать непригодным для практического использования околоземное космическое пространство (ОКП) [1]. Согласно данной гипотезе, основной проблемой является возрастающий риск столкновения между КО. После столкновения КО образуется облако осколков. Каждый из этих осколков может столкнуться с другим КО, тем самым

образуя новое облако осколков. Таким образом происходит необратимая цепная реакция, которая будет порождать все новые объекты КМ.

Столкновения между КО в ОКП уже происходили. Первое зафиксированное столкновение произошло в 1996 году: французский спутник «CRISE» столкнулся с фрагментом третьей ступени ракеты-носителя Ariane [2]. Одно из самых известных столкновений произошло в 2009 году между спутниками «Космос-2251» и «Iridium 33», породившее порядка 600 осколков КМ [3]. В конце 2021 года во время испытания противоспутникового оружия был уничтожен советский спутник «Космос 1408». В результате образовалось порядка 1500 осколков, отслеживаемых сетью космического наблюдения США (SSN) [4]. В настоящее время ведущими мировыми космическими агентствами ведутся работы по отслеживанию и прогнозированию движения образовавшегося облака фрагментов спутника «Космос-1408» для предупреждения возможного столкновения с функционирующими космическим аппаратам (КА), в том числе с МКС и китайской орбитальной станцией «Тяньгун» [4].

В работе предлагается описание методики оперативного определения опасных сближений между КО на основе данных об их орбитах в формате TLE. Эти данные находятся в открытом доступе. Их источником является открытая часть каталога, обновляемого SSN, в котором приводится актуальная информация об орбитах КО в ОКП на основе уточнения параметров их движения [5].

Методика основывается на поиске кратчайших расстояний между орбитами КО. В первом приближении можно предположить, что минимальное расстояние между КО будет достигаться на линии пересечения плоскостей соответствующих орбит, т.е. существуют две противоположные точки, где возможно потенциально опасное сближение [6, 7]. Данное предположение не является справедливым для случая, когда орбиты рассматриваемых КО являются квази-компланарными. В данном случае потенциально опасное сближение возможно в точках пересечения рассматриваемых орбит. Таким образом, задача сводится к нахождению момента времени, когда рассматриваемые КО будут находиться в некоторых малых окрестностях этих точек соответствующих орбит

Исходными данными для расчета являются параметры орбит КО в формате TLE. Для прогнозирования движения КО используется аналитическая модель SGP4, которая учитывает гравитационное поле тяготения Земли, сопротивление атмосферы, давление Солнечного света, а также гравитационное влияние Луны и Солнца [8].

Исследования точности определения орбит с использованием данной модели показывают, что приемлемым интервалом для прогнозирования могут быть только одни сутки [9].

Тем не менее, описанная методика позволяет в первом приближении выявлять потенциально опасные объекты, а также прогнозировать моменты опасных сближений. Полученную информацию можно использовать в качестве исходной для более точного прогнозирования сближений на основе численного интегрирования высокоточных моделей движения КО.

На основе данной методики проводилось прогнозирование опасных сближений между обломков спутника «Космос-1408» с МКС и китайской орбитальной станцией «Тяньгун». Результаты сравнивались с данными, полученными отечественными и зарубежными системами мониторинга ОКП из открытых источников [10].

Литература

1. Kessler D. J., Cour-Palais B. G. Collision frequency of artificial satellites: The creation of a debris belt // *Journal of Geophysical Research: Space Physics*. – 1978. – Т. 83. – №. А6. – С. 2637-2646.
2. Alby F., Lansard E., Michal T. Collision of cerise with space debris // *Second European Conference on Space Debris*. – 1997. – Т. 393. – С. 589.
3. Kelso T. S. et al. Analysis of the Iridium 33-Cosmos 2251 collision // *Advances in the Astronautical Sciences*. – 2009. – Т. 135. – №. 2. – С. 1099-1112.
4. Cowardin H. Orbital Debris: Quarterly News // *Orbital Debris Quarterly News*. – 2022. – Т. 26. – №. 1.
5. TLE NORAD: [Электронный ресурс]. URL: <https://celestrak.com/> (дата обращения 8.06.22).
6. Hoots F. R., Crawford L. L., Roehrich R. L. An analytic method to determine future close approaches between satellites // *Celestial mechanics*. – 1984. – Т. 33. – №. 2. – С. 143-158.
7. Мониторинг техногенного засорения околоземного пространства и предупреждение об опасных ситуациях, создаваемых космическим мусором / под ред. Ю.Н. Макарова. Монография. – ЦНИИмаш, 2015. – 244 с.
8. Vallado D., Crawford P. SGP4 orbit determination // *AIAA/AAS Astrodynamics Specialist Conference and Exhibit*. – 2008. – С. 6770.
9. Rong-lan W. et al. Refined Study of Space Debris Collision Warning Techniques.
10. U.S. Satellite Catalog: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.space-track.org/#conjunctions> (дата обращения 8.06.22).

УДК 629.78
eLIBRARY.RU: 629.78

Иванюхин А.В.
кандидат технических наук
научный сотрудник
Научно-исследовательский институт
прикладной механики и электродинамики МАИ
г. Москва
доцент
Российский университет дружбы народов
г. Москва

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ИМПУЛЬСНОГО ПЕРЕЛЁТА НА ОСНОВЕ
БАЗИС-ВЕКТОРА И МЕТОДА ПРОДОЛЖЕНИЯ
ПО ПАРАМЕТРУ**

**OPTIMIZATION METHOD FOR IMPULSIVE TRANSFERS BASED
ON PRIMER VECTOR AND THE CONTINUATION METHOD**

Аннотация. В работе рассматривается метод оптимизации траекторий перелета космических аппаратов с двигателем большой тяги в импульсном приближении в рамках задачи двух тел, основанный на теории базис-вектора Лоудена и метода продолжения по параметру. На основе аналитической формы записи изменения базис-вектора задача сводится к системе нелинейных уравнений. Для полученной системы уравнений построен алгоритм решения на основе метода продолжения по параметру. Предложенная методика иллюстрируется примерами межорбитальных перелётов в рамках невозмущённой модели задачи двух тел.

Ключевые слова: оптимальное управление космическим аппаратом, импульсные перелёты, базис-вектор Лоудена, метод продолжения по параметру.

Abstract. The paper considers a method for optimizing the orbital transfers of spacecraft with a high-thrust engine in the pulsed approximation within the framework of the two-body problem, based on the theory of the Lowden basis vector and the continuation method. Based on the analytical form of changes in the basis vector, the problem is reduced to a system of nonlinear equations. For the resulting system of equations, a solution algorithm based on the continuation method by parameter is constructed.

The proposed technique is illustrated by examples of interorbital flights within the framework of an undisturbed model of the two-body problem.

Keywords: optimal control of the spacecraft, impulse transfers, primer vector, continuation method.

Задача перелёта космического аппарата (КА) с химическим двигателем большой тяги является одной из классических задач механики космического полёта. Основной её особенностью является малая длительность работы двигательной установки по сравнению со всей длительностью перелёта и заметное изменение скорости КА. Это позволяет заменить участки работы двигательной установки мгновенным изменением скорости. Таким образом оказывается возможным рассматривать программу управления движением КА как мгновенное (импульсное) изменение скорости в заданные моменты времени.

Основы теории импульсных перелетов были разработаны Лоуденом [1], где для определения оптимальной траектории используется базис-вектор \mathbf{p}_v – сопряжённые переменные к скорости в рамках принципа максимума Понтрягина [2]. Кроме того, если математическая модель пассивного движения КА допускает аналитическое решение, и зависимость $\mathbf{p}_v(t)$ может быть получена в аналитическом виде [1], то многоточечная краевая задача может быть сведена к системе нелинейных уравнений.

Результаты, полученные Лоуденом с успехом использовались во многих работах, однако, задача разработки соответствующих эффективных численных методов решения остаётся актуальной. Традиционный подход к решению заключается в вычислении двухимпульсной траектории (например, на основе решения задачи Ламберта), восстановлении зависимости $\mathbf{p}_v(t)$ на этой траектории и вставкой дополнительных импульсов при нарушении необходимых условий оптимальности [3, 4].

Однако, в практической реализации возникает существенная проблема, заключающаяся в необходимости решать каждый раз новую краевую задачу с увеличенным числом условий. Кроме того, известны примеры с несколькими решениями, удовлетворяющими всем необходимым условиям оптимальности импульсного перелёта [3, 4], что также является существенной проблемой для численных методов.

Использование метода продолжения для оптимизации импульсных перелётов применяется в работе [5], где из опорного двухимпульсного перелёта путём трансформации конечной орбиты осуществляется переход к n -импульсному решению с заданными краевыми условиями.

В данной работе рассматривается метод вставки дополнительных импульсов на основе метода продолжения по параметру (которым является новый импульс: величина или момент его приложения), что позволяет использовать решение с $n - 1$ числом импульсов как начальное приближение для решения с n импульсами. Таким образом метод продолжения по параметру сводит процесс решения к интегрированию серии задач Коши [6]. Данный подход позволяет исследовать проблему множественности решений с помощью анализа бифуркации (разветвления) решений в процессе продолжения [6].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-19-00329).

Литература

1. Лоуден Д.Ф. Оптимальные траектории для космической навигации. М.: Мир, 1966. – 152 с.
2. Болтянский В. Г. Оптимальное управление дискретными системами. М.: Наука, 1973. – 448 с.
3. Prussing J.E. A class of optimal two-impulse rendezvous using multiple-revolution Lambert solutions // The Journal of the Astronautical Sciences. – 2000. – V. 48. – №. 2. – P. 131-148.
4. Shen H.X., Casalino L., Luo Y.Z. Global search capabilities of indirect methods for impulsive transfers // The Journal of the Astronautical Sciences. – 2015. – Т. 62. – №. 3. – С. 212-232.
5. Ивашкин В.В. Оптимизация космических маневров при ограничениях на расстояния до планет. М.: Наука, 1975. – 392 с.
6. Холоднюк М. Клич А., Кубичек М. Методы анализа нелинейных динамических моделей. М.: Мир, 1991. – 365 с..

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 629.78

Кравченко В.С.

аспирант, инженер

Научно-исследовательский институт прикладной
механики и электродинамики МАИ
г. Москва

Иванюхин А.В.

кандидат технических наук

научный сотрудник

Научно-исследовательский институт прикладной
механики и электродинамики МАИ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ОБЛЁТА ГРУППЫ
АСТЕРОИДОВ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОГО
ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

**DESIGNING THE TRAJECTORY OF FLYBY A GROUP OF
ASTEROIDS BASED ON DYNAMIC PROGRAMMING**

Аннотация. В работе рассматривается метод оптимизации траекторий перелета космических аппаратов по сложному маршруту, предполагающему посещение некоторого количества объектов из заданной группы. Предложенный метод строится на основе подбора рационального маршрута с помощью дискретного динамического программирования. Элементарный перелёт между двумя объектами строится на основе решения задачи Ламберта. Предложенная методика иллюстрируется на примере проектирования траекторий к группам астероидам.

Ключевые слова: динамическое программирование, импульсные перелёты, задача Ламберта, астероиды.

Abstract. The paper considers a method for optimizing the trajectories of spacecraft flight along a complex route involving visiting a certain number of objects from a given group. The proposed method is based on the rational route selection using discrete dynamic programming. The elementary flight between two objects is based on the solution of the Lambert problem. The proposed technique is illustrated by the example of designing trajectories to groups of asteroids.

Keywords: dynamic programming, impulse transfers, Lambert problem, asteroids.

При проектировании сложных миссий, включающих последовательное посещение некоторой совокупности объектов, помимо задачи оптимизации прямого перелёта между двумя выбранными объектами, появляется задача подбора рациональной последовательности посещения объектов (маршрута). Примерами таких миссий являются: траектории перелёта с множественными гравитационными манёврами, задачи облёта группы астероидов и сбора космического мусора в околоземном пространстве.

Как известно, классические задачи маршрутизации [1] имеют комбинаторный характер, и единого алгоритма её решения нет. Дополнительной особенностью является значительное превышение потенциально интересных объектов над их количеством, включённым в траекторию. Это происходит из-за ограниченности ресурсов (запаса топлива, времени миссии и т.д.). И для получения наиболее полезной (для изучения) последовательности астероидов рационально ввести «вес» значимости этого объекта для посещения. Это может быть научный интерес [2, 3], или стоимость полезных ископаемых на астероиде [4].

Мы постарались свести рассматриваемую постановку к задаче о рюкзаке [1], основной целью которой является собрать из заданного множества объектов со свойствами «стоимость» и «вес» некоторое подмножество с максимальной суммарной стоимостью, при ограниченном общем весе.

Поиск рационального маршрута (решение задачи о рюкзаке) в данной работе происходит на основе алгоритма динамического программирования. Элементарный перелёт между двумя объектами строится на основе решения задачи Ламберта [5, 6]. Для полученной последовательности перелётов проверяется необходимое условие (сквозной) оптимальности в форме принципа максимума Понтрягина. Предложенная методика иллюстрируется на примере проектирования траекторий к группам астероидам.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-19-00329).

Литература

1. Дасгупта С., Пападимитриу Х., Вазирани У. Алгоритмы. М.: МЦНМО, 2014. – 391 с.
2. Слюта Е.Н. Физико-механические свойства и гравитационная деформация металлических астероидов // *Астрономический Вестник*. – 2013. – Т. 47. – Вып. 2. – С. 122-140.
3. Слюта Е.Н. Форма малых тел Солнечной системы // *Астрономический Вестник*. – 2014. – Т. 48. – Вып. 3. – С. 234-256.
4. Asterank. <http://www.asterank.com> / Torre Sangrà D., Fantino E. Review of Lambert's problem // *ISSFD 2015: 25th International Symposium on Space Flight Dynamics*, 19-23 October, Munich, Germany. – 2015. – С. 1-15.
5. Kravchenko V. S., Ivanyukhin A. V. Massively parallel solution of the Lambert problem // *Journal of Physics: Conference Series*. – IOP Publishing, 2021. – Т. 1925. – №. 1. – С. 012078.

УДК 629.78, 531.551

eLIBRARY.RU: 6616-8654, 7494-6326, 8130-2323

Зубко В.А.

аспирант

младший научный сотрудник

ИКИ РАН, г. Москва

Эйсмонт Н.А.

кандидат технических наук

ведущий научный сотрудник

ИКИ РАН, г. Москва

Федяев К.С.

кандидат физико-математических наук

научный сотрудник

отдел космической динамики

и математической обработки информации

ИКИ РАН, г. Москва

**РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ПОСАДКИ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЗОНДА НА ПОВЕРХНОСТИ
ВЕНЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗОНАНСНОЙ ОРБИТЫ**

**EXPANDING THE LANDING AREAS OF THE PROBE ON
THE SURFACE OF VENUS USING A RESONANT ORBIT**

Аннотация. рассматривается задача расширения достижимых областей посадки исследовательского зонда на поверхности Венеры с помощью гравитационного маневра, переводящего аппарат на резонансную с Венерой орбиту с соотношением периодов 1:1 к орбитальному периоду Венеры.

Ключевые слова: гравитационный маневр, резонансная орбита, Венера.

Abstract. The problem of expanding attainable landing areas on the Venus surface using gravity assist manoeuvres, which put the spacecraft in a resonant orbit with Venus with a period ratio of 1:1 to the orbital period of Venus, is considered.

Keywords: gravity assist manoeuvre, resonant orbit, Venus.

Неотъемлемой частью проектов по исследованию Венеры с помощью посадочного аппарата, является определение доступных мест для посадки посадочного аппарата на ее поверхности [1, 2].

Прежде всего, такая задача появляется из-за большого периода вращения Венеры вокруг своей оси (243 сут.). Такой период приводит к тому, что за время пускового окна (примерно двухнедельный интервал дат старта в окрестности оптимальной даты) поверхность Венеры поворачивается всего лишь на 20 град относительно инерциальных осей. Еще одним существенным ограничением, приводящим к уменьшению достижимых районов посадки, является принимаемая на проектном уровне величина максимальной перегрузки, которую способен будет выдержать аппарат при спуске в плотных слоях венерианской атмосферы. Все вышеперечисленное не позволяет осуществить посадку в любой важной с научной точки зрения области на поверхности Венеры.

Самым простым решением задачи расширения доступных для посадки областей поверхности могло бы стать увеличение продолжительности окна старта с Земли, однако такая возможность ограничена допустимой величиной характеристической скорости (ΔV). Другой способ – использование промежуточной геспероцентрической орбиты для последующего схода в требуемом месте или использование посадочного аппарата, позволяющего осуществлять аэродинамические маневры в атмосфере Венеры и тем самым осуществлять посадку в требуемом месте. Однако все эти методы требуют либо высоких затрат ΔV , либо конструирования принципиально нового облика спускаемого аппарата.

Особенностью же данного исследования является демонстрация новой методики расширения достижимых областей посадки. Суть ее заключается в использовании гравитационного поля Венеры для перевода КА на гелиоцентрическую орбиту, резонансную с орбитой Венеры с соотношением периодов $m:n$ [3]. В предлагаемом исследовании рассматриваются окна старта с 2029 по 2037 год. Показывается применение методики на конкретном примере проектирования траектории полета КА к Венере с посадкой в важных с научной точки зрения областях: Велламо-Юг (29° с.ш., 164° в.д.) и Кутуе-Юг (33° с.ш., 110° в.д.). Демонстрируется, что её использование позволяет добиться значительного расширения достижимых областей посадки (свыше 70%) и в некоторых случаях обеспечить доступ к любой точке на поверхности Венеры.

Литература

1. Ivanov M. A. Discriminant and factor analyses as tools for comparison of terrestrial and Venusian volcanic rocks // *Geochemistry Int.* 2016. – V. 54. – №1. – P. 48–67.

2. Basilevsky A. T. et al. Landing on Venus: Past and future // Planetary and Space Science. – 2007. – Т. 55. – №. 14. – С. 2097-2112.
3. Eismont N. et al. Expansion of landing areas on the Venus surface using resonant orbits in the Venera-D project // Acta Astronaut. 2022. – V. 197. – №8. – P. 310–322.

УДК 629.785

eLIBRARY.RU: 30.15.31

Пятанова В.В.

бакалавр

Инженерная академия РУДН

г. Москва

Самохин А.С.

кандидат физико-математических наук

старший научный сотрудник ИПУ РАН

г. Москва

доцент Инженерной академии РУДН

г. Москва

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКОГО УЧАСТКА МИССИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА К ВЕНЕРЕ

ON OPTIMIZATION OF THE HELIOCENTRIC SECTION OF THE SPACECRAFT MISSION TO VENUS

Аннотация. В работе рассматривается задача перелёта космического аппарата от Земли к Венере. Исследуется гелиоцентрический участок миссии, притяжение Земли и Венеры не учитывается. Траектории строятся на основе решений задач Ламберта с учётом эфемерид. Времена старта и финиша оптимизируются. Для численного решения задачи реализован программный комплекс, построены различные траектории. На основе необходимых условий принципа максимума Понтрягина для исходной задачи космодинамики получена краевая задача, выбрана вычислительная схема метода стрельбы для её решения.

Ключевые слова: проектирование траектории к Венере, оптимизация межпланетного перелёта, гелиоцентрический участок, задача Ламберта, принцип максимума Понтрягина.

Abstract. The paper considers the problem of the spacecraft transfer from the Earth to Venus. The heliocentric section of the mission is studied,

the gravitation of the Earth and Venus is not taken into account. The trajectories are constructed on the basis of the Lambert problem solutions, taking into account the ephemeris. The start and finish times are optimized. For the numerical solution of the problem a software package is implemented, various trajectories are constructed. On the basis of necessary conditions of Pontryagin's principle of maximum for the initial problem of cosmodynamics, the boundary value problem is obtained and a computational scheme of shooting method for its solution is chosen.

Keywords: trajectory design to Venus, interplanetary flight optimization, heliocentric section, Lambert problem, Pontryagin's maximum principle.

Рассматриваемая тема перелёта к Венере является актуальной в связи с продолжающимся освоением человечеством космического пространства. Венера – ближайшая планета к Земле, имеет собственную атмосферу и давно вызывает большой интерес у учёных. Отметим, что на ближайшие годы запланирована миссия Российской Федерации к планете «Венера-Д». Разработка экономичных баллистических схем для полёта космического аппарата (КА) необходима для возможности увеличения полезной нагрузки за счёт снижения массы топлива.

Вначале в работе был проанализирован гомановский перелёт КА к Венере. В таком случае сумма импульсов для осуществления перелёта между Землёй и Венерой составляет 6.84 км/с, время перелёта – 146 дней.

Далее на основе решения задач Ламберта [1] анализировался гелиоцентрический участок перелёта от Земли к Венере в трёхмерной постановке. При этом гравитационное поле сил притяжения Солнца считалось центральным ньютоновским, притяжение Земли и Венеры не учитывалось, КА представлял собой непритягивающую материальную точку. Положение Земли и Венеры соответствовало эфемеридам и определялось заданием начального и конечного моментов времени. Управление КА осуществлялось двумя импульсными воздействиями. Решения искались для разного заданного числа витков.

Для построения траекторий был разработан, реализован и отлажен программный комплекс на языке Python на основе программы для решения задачи Ламберта, использующий для работы эфемериды NASA. Корректность работы проверялась отдельно методом Рунге-Кутты высокого порядка [2].

Поиск решения проводился для дат старта в диапазоне 2022 – 2028 гг. На Рисунке 1 приведён пример характерной траектории со стартом в марте 2025 года и временем перелёта 70 дней. Линией на рисунке указано направление на точку весеннего равноденствия. Были построены окна старта.

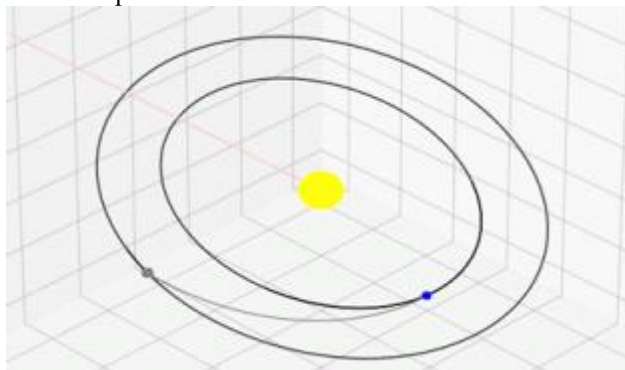


Рис.1. Пример рассчитанной траектории перелёта КА к Венере.

Далее задача была формализована как задача оптимального управления. На основе принципа максимума Л.С. Понтрягина её решение было сведено к решению краевой задачи. Была выбрана вычислительная схема метода стрельбы [3], реализованы соответствующие части программного комплекса.

Задача допускает развитие. В дальнейшем планируется осуществить расчёты с учётом притяжения Земли и Венеры по методике точечных сфер действия и как притягивающих материальных точек, рассмотреть управление КА кусочно-непрерывной реактивной тягой.

Литература

1. Суханов А.А. Астродинамика. Серия «Механика, управление, информатика». – М.: Ротапринт ИКИ РАН, 2000. – 204 с.
2. Хайрер Э., Нёрсетт С.П., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Мир, 1990. – 512 с.
3. Григорьев И.С. Методическое пособие по численным методам решения краевых задач принципа максимума в задачах оптимального управления. – М.: Издательство Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2005. – 160 с.

Самохин А.С.

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник ИПУ РАН
г. Москва
ассистент МГУ им. М.В. Ломоносова
г. Москва

Самохина М.А.

научный сотрудник ИПУ РАН
г. Москва

**О СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЧАСТИ СФЕРЫ ДАЙСОНА ИЗ
АСТЕРОИДОВ В 2121-2141 В РАМКАХ СОРЕВНОВАНИЙ
ГТОС 11**

**ABOUT THE CONSTRUCTION OF THE DYSON RING IN 2121-
2141 IN THE COMPETITION GTOC 11**

Аннотация. В работе рассматривается задача построения части сферы Дайсона, представленная на 11-х международных соревнованиях по глобальной оптимизации траекторий. Кольцо Дайсона, состоящее из 12 станций, предлагалось строить из астероидов Солнечной системы. Для этого участники импульсными воздействиями управляли кораблями, стартующими с Земли, чтобы установить на астероиды специальные двигатели. Далее астероиды необходимо было вывести на выбранную круговую орбиту, используя малую тягу.

Ключевые слова: ГТОС 11, оптимизация межпланетного перелёта, глобальная оптимизация, импульсные перелёты, перелёты с малой тягой.

Abstract. The paper considers the problem of constructing a part of the Dyson sphere, presented at the 11th international competition on global trajectory optimization. The Dyson ring, consisting of 12 stations, was proposed to build from the asteroids of the Solar System. To do this, the participants pulsed the ships launched from Earth to install special engines on the asteroids. Next, the asteroids had to be launched into a selected circular orbit, using a low thrust.

Keywords: GTOC 11, interplanetary flight optimization, global optimization, impulse transfers, low thrust transfers.

В октябре-ноябре 2021 года состоялись одиннадцатые международные соревнования по глобальной оптимизации траекторий GTOC 11. По традиции задача была поставлена победителями 10-х соревнований [1], командой из Китая NUDT-XSSC. Командам давалось 4 недели на решение. Решения команд проверялись автоматически на сайте соревнований, в режиме реального времени обновлялась таблица с текущими лучшими результатами команд.

Постановка задачи

Задача заключалась в построении части сферы Дайсона – кольца, состоящего из 12 станций, расположенных равномерно на одной круговой орбите вокруг Солнца. Параметры данной орбиты предлагалось выбирать участникам.

Для строительства разрешалось использовать 83453 астероида Солнечной системы. Чтобы везти астероид на станцию на него требовалось сначала установить специальный двигатель, работающий на веществе астероида и обеспечивающий реактивную тягу. Для установки данных двигателей участникам предлагалось управлять 10 космическими кораблями, стартующими с Земли. Корабли управлялись импульсными воздействиями, астероиды – непрерывной малой тягой, обеспечивающей постоянное ускорение.

В задаче учитывалось гравитационное поле притяжения только Солнца. Начальные эллиптические орбиты астероидов были заданы. Все перелёты должны были осуществляться с 2121 по 2141 годы.

Предполагается, что строительство подобных станций предоставит человечеству доступ к значительному количеству солнечной энергии.

Функционал

Участникам предлагалось максимизировать громоздкий функционал, сочетающий в себе множество критериев. Во-первых, участники получали бонус за более раннюю отправку решения. Во-вторых, в числитель функционала входила минимальная масса станции среди всех построенных. То есть если на хотя бы одну из станций не привезти ни одного астероида, функционал будет равен нулю. В-третьих, станции требовалось расположить как можно ближе к Солнцу. И, наконец, в-четвёртых, в знаменатель входили величины импульсов кораблей, тем самым их было выгодно минимизировать.

Результаты и обсуждение

В итоге в GTOC 11 победила команда TsinghuaLAD&509 из Китая, которая имеет большой опыт: участвует в соревнованиях с первого выпуска. Этой команде удалось построить кольцо Дайсона из 388 астероидов. Второе место заняла команда ACT&Friends организатора соревнований GTOC Dario Izzo.

Многоэкстремальная задача требовала для решения синтеза методов глобальной и локальной оптимизации. Победители вначале оценили оптимальный радиус кольца, затем построили библиотеку из пролёта цепочек астероидов и далее для проведения глобальной оптимизации использовали лучевой поиск и генетический алгоритм. Для локальной оптимизации и построения траекторий с малой тягой использовался разработанный командой алгоритм, основанный на гомотопическом приближении [2].

Регистрация на 12-е соревнования открывается в марте 2023 года, к участию приглашаются все желающие.

Литература

1. M. Samokhina, A. Samokhin. About the 10th edition of the global trajectory optimization competition – Settlers of the Galaxy // AIP Conference Proceedings. 2021. – 2318:190007. – 6 p. Doi: 10.1063/5.0035910.
2. F. Jiang, H. Baoyin, and J. Li. Practical techniques for low-thrust trajectory optimization with homotopic approach // J. Guid. Control. Dyn. – 2012. – V. 35. – No. 1. – PP. 245–258. Doi: 10.2514/1.52476.

УДК 629.78:517.977
eLIBRARY.RU: 89.23.31

Пушкарёв О.Д.
кандидат технических наук
заместитель начальника Центра
пилотируемых программ
АО «ЦНИИмаш»
г. Королёв

ДВУХЭТАПНЫЙ РЕКУРРЕНТНО-ИТЕРАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ СИНТЕЗА УПРАВЛЕНИЯ ТЕРМИНАЛЬНОЙ ПЕРЕОРИЕНТАЦИЕЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

TWO-STAGE RECURRENT-ITERATIVE ALGORITHM FOR CONTROL SYNTHESIS OF SPACECRAFTS TERMINAL REORIENTATION

Аннотация. Предложен алгоритм двухэтапного синтеза управления терминальной переориентацией космического аппарата. На первом, предварительном, этапе на основе рекуррентно-итерационной процедуры рассчитывается программное управление

разворотом. Второй этап синтеза выполняется непосредственно в процессе переориентации космического аппарата с использованием полученного на первом этапе программного управления в качестве аддитивной составляющей управляющих моментов. Проведено компьютерное моделирование двухэтапного синтеза управления терминальной переориентацией спутника дистанционного зондирования Земли и лунного пилотируемого посадочного корабля.

Ключевые слова: переориентация космического аппарата, рекуррентно-итерационный алгоритм синтеза управления.

Abstract. The algorithm of two-stage synthesis of spacecraft terminal reorientation control is proposed. At the first, preliminary, stage, spacecraft program control is calculated on the basis of a recurrent-iterative procedure. The second stage of synthesis is performed directly in the process of reorientation using the program control obtained at the first stage as an additive component of the control moments. A computer simulation of a two-stage synthesis of terminal reorientation control of a remote sensing satellite and a lunar manned landing vehicle has been carried out.

Keywords: spacecraft terminal reorientation, recurrent-iterative algorithm control synthesis.

Рассматривается задача синтеза управления терминальной переориентацией космического аппарата (КА) – пространственного разворота КА из произвольного положения в заданную угловую ориентацию в течение фиксированного интервала времени.

Метод оптимизации

Для решения поставленной задачи предлагается использовать метод аналитического конструирования оптимальных регуляторов в формулировке А.А. Красовского [1]. В качестве численной реализации метода разработан рекуррентно-итерационный алгоритм решения задачи точной терминальной переориентации космического аппарата [2]. Используемый при этом подход заключается в организации итерационной процедуры синтеза оптимального управления переориентацией КА на основе алгоритма с прогнозирующей моделью. Полученное на каждой итерации решение используется на следующем шаге итерационной процедуры в качестве аддитивной программной составляющей управляющих моментов.

Для случаев, когда граничные условия угловых разворотов известны заранее, предложено применение двухэтапного синтеза управления терминальной пространственной переориентацией, включающего в себя предварительный расчёт программного управления с использованием рекуррентно-итерационной процедуры и

совмещённый с процессом переориентации КА синтез управления в реальном масштабе времени.

Использование рассчитанной на первом этапе аддитивной программной составляющей в процедуре совмещенного с реальным процессом переориентации синтеза оптимального управления позволит обеспечить требуемую точность приведения КА в заданную ориентацию, перенеся при этом существенную часть вычислительных затрат на предварительный этап. На алгоритм совмещенного синтеза оптимального управления при этом возлагается задача парирования различных возмущений, возникающих вследствие неточности отработки заданных управляющих моментов, несовпадения расчётных и реальных инерционно-массовых характеристик, ошибок измерения компонент вектора состояния.

Переориентация спутника дистанционного зондирования Земли

Одним из примеров терминальной переориентации являются угловые манёвры спутника дистанционного зондирования Земли при проведении площадных съёмки земной поверхности. Данный режим представляет собой последовательность фотосъёмок нескольких полос, на которые разбивается выбранный участок земной поверхности, с угловыми разворотами к началу очередной полосы после окончания съёмки предыдущей [3]. Поскольку в этом случае граничные условия разворота космического аппарата известны заранее, интервал времени, в течение которого осуществляется съёмка каждой полосы, может быть использован для выполнения первого, предварительного этапа синтеза управления переориентацией КА. Для расчёта управления терминальной переориентацией космического аппарата предлагается использовать описанный в [4] рекуррентно-итерационный алгоритм синтеза управления динамическими объектами с непрерывной характеристикой исполнительных органов (рассматривается случай применения силовых гироскопов в системе ориентации КА).

Использование рассчитанного таким образом управления в качестве аддитивной программной составляющей управляющих моментов на втором, совмещённом с процессом переориентации этапе синтезе управления, позволит обеспечить заданную точность углового манёвра при снижении требований к вычислительным ресурсам системы управления.

Переориентация лунного пилотируемого посадочного корабля

В качестве второго примера возможного применения алгоритма двухэтапного синтеза управления терминальной переориентацией КА

рассмотрены угловые манёвры лунного пилотируемого посадочного корабля на заключительном этапе спуска и посадки на Луну. Для расчёта управления терминальной переориентацией лунного корабля предложено использовать алгоритм, описанный в работе [5], где область применения рекуррентно-итерационного алгоритма синтеза управления распространена на объекты с реактивными двигателями ориентации постоянной тяги. Предложен способ включения человека-оператора в контур управления процессом спуска и посадки лунного пилотируемого корабля.

Компьютерное моделирование управления терминальной переориентацией КА

С целью проведения экспериментальных исследований предложенного алгоритма разработана и программно реализована на языке C# модель процесса управления угловым движением КА. В докладе приведены результаты компьютерного моделирования двухэтапного синтеза управления угловыми манёврами спутника дистанционного зондирования Земли и лунного пилотируемого посадочного корабля.

Литература

1. Красовский А.А., ред. Справочник по теории автоматического управления. — М.: Наука, 1987, 712 с.
2. Пушкарь О.Д. Рекуррентно-итерационный алгоритм синтеза управления терминальной переориентацией космического аппарата на основе метода аналитического конструирования оптимальных регуляторов. // Инженерный журнал: наука и инновации, 2021, № 9, С. 1-20. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2021-9-0000>.
3. Платонов В.Н., Сумароков А.В. Обеспечение точностных характеристик стабилизации перспективного космического аппарата для дистанционного зондирования Земли. // Известия РАН. Теория и системы управления, 2018, № 4, с. 177–188.
4. Пушкарь О.Д. Рекуррентно-итерационный метод решения задачи терминальной переориентации космического аппарата с использованием прогнозирующих моделей. // Космонавтика и ракетостроение, 2019, вып. 6 (111), с. 34-53.
5. Пушкарь О.Д. Рекуррентно-итерационный алгоритм управления терминальной переориентацией космического аппарата с релейной характеристикой исполнительных органов. // Космонавтика и ракетостроение, 2020, вып. 4 (115), с. 21-32.

УДК

eLIBRARY.RU: 004.021

Белова И.К.

кандидат физико-математических наук, доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

Фатеева Н.Ю.

кандидат технических наук, доцент
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

Гончар Д.С.

магистр 2-го года обучения
КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМОВ НАВЕДЕНИЯ ЛАЗЕРНО-ЛОКАЦИОННЫХ ТЕЛЕСКОПОВ НА КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR POINTING LASER-LOCATION TELESCOPES AT SPACE DEBRIS

Аннотация. Проблема космического мусора в настоящее время является весьма актуальной. Решение ее состоит в предложении различных технологий обследования, анализа орбит и удаление с ни космического мусора. Рассматриваются некоторые технологии и алгоритмы их реализации в частности, использование нейротехнологий для анализа орбит с помощью лазерно-локационных телескопов и принятия оптимального решения по уничтожению космического мусора.

Ключевые слова: космический мусор, искусственные нейронные сети, алгоритм, лазерные телескопы.

Abstract. The problem of space debris is currently very relevant. Its solution consists in offering various technologies for survey, orbit analysis and removal of space debris from ni. Some technologies and algorithms for their implementation are considered, in particular, the use of neurotechnologies for analyzing orbits using laser-location telescopes and making optimal decisions on the destruction of space debris.

Keywords: space debris, artificial neural networks, algorithm, laser telescopes.

Космический мусор является одним из серьезных препятствий для выхода аппаратов на орбиту Земли. Его появление обусловлено космической деятельностью человека и представляет собой вышедшие из работоспособного состояния космические аппараты и их обломки,

ступени ракет-носителей и пр. Согласно некоторым статистическим данным, на геостационарной околоземной орбите и низкой околоземной орбите находится примерно 20 000 объектов космического мусора с радиолокационным сечением более $0,1 \text{ м}^2$ и несколько сотен миллионов с сечением менее $0,1 \text{ м}^2$.

Наличие такого количества мусора на орбите представляет опасность для различных функционирующих космических объектов. За счет больших значений скорости, столкновения действующих аппаратов с космическим мусором влекут потерю работоспособности первых, что ведет к лавинообразному росту обломков на орбите. Поэтому мониторинг космического мусора является актуальной задачей в настоящее время [1].

Одной из популярных технологий для контроля положения космического мусора является лазерная локация. Такая технология позволяет проводить мониторинг положения функционирующих космических аппаратов и различных обломков с точностью до сантиметра. Эту технологию позволяют осуществлять такие приборы, как лидары (англ. Light Detection and Ranging). Сканирующие лидары, за счет отражения света и его рассеивания в прозрачных и полупрозрачных средах формируют двух- или трехмерную картину окружающего пространства. Главная проблема, мешающая повысить точность вычисления положений объектов, это маленькие размеры космического мусора и отсутствие у него отражающей поверхности.

Решением такой задачи может послужить создание модели для исправления ошибок при наведении телескопов. Искусственные нейронные сети (ИНС) обратного распространения представляют собой набор нейронов, выход которых может подаваться на вход, образуя циклы. Выход нейронов (цель) определяется не только его весами (коэффициенты при входном сигнале), но и предыдущими выходами. В данном алгоритме используется трехслойная сеть, включающая только один неявный слой [2,3].

Метод нейронной сети обратного распространения хорошо справляется с нелинейными и неопределенными задачами и широко используется при построении моделей классификации, кластеризации, прогнозирования и др. Однако метод нейронной сети ВР (англ. Backpropagation) имеет некоторые ограничения при подборе нелинейных функций, такие как медленная скорость сходимости и легкая локальная оптимальная сходимость, вместо глобальной. Поэтому использование обычной ИНС обратного распространения недостаточно для создания модели коррекции ошибок наведения

телескопов. Точность такого метода достигает примерно 25-30 см, что недостаточно в рамках мониторинга положения космического мусора.

Изначальная модель ИНС слишком чувствительна к входным данным (начальным параметрам). Для избавления от такого недостатка проводится оптимизация с помощью генетического алгоритма (ГА), который позволяет определить начальную весовую матрицу нейронной сети. Этот алгоритм использует информацию о значении целевой функции для выполнения многоточечной и многолучевой оптимизации [4].

Оптимизация с использованием алгоритма Левенберга-Марквардта позволит обучать нейронную сеть в локальном пространстве решений для поиска оптимального. Предполагается, что в качестве критерия оптимизации используется среднеквадратичная ошибка модели на обучающей выборке. Алгоритм заключается в последовательном приближении заданных начальных значений параметров к искомому локальному оптимуму [5].

Совокупность предложенных методов оптимизации ИНС позволит повысить точность наведения телескопов до нескольких миллиметров. Достигнув такой точности, можно более четко планировать траектории движения космических аппаратов, избегая разрушающих столкновений.

Литература

1. Всероссийская конференция с международным участием «Космический мусор. Фундаментальные и практические аспекты угрозы» / Москва ИКИ РАН, 17–19 апреля 2019 г. – 88 с.
2. European Space Agency: Space debris by the numbers [Электронный ресурс], – Режим доступа: https://www.esa.int/Safety_SecuritySpace_Debris/Space_debris_by_the_numbers, свободный. – Загл. с экрана.
3. Вениаминов С. С., Червонова А. М. Космический мусор – угроза человечеству / С. С. Вениаминов, А. М. Червонова. М.: ИКИ РАН, НИЦ РКФ ФБУ 4 ЦНИИ МО РФ, 2013. – 208 с.
4. National Aeronautics and Space Administration: Space Debris and Human Spacecraft [Электронный ресурс], – Режим доступа: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/news/orbital_debris.html, свободный. – Загл. с экрана.
5. Игумина, В. А. Проблема засорения космоса / В. А. Игумина, А. Е. Карючина, Е. О. Реховская. – Текст : непосредственный // Исследования молодых ученых : материалы IX Междунар. науч. конф. (г. Казань, апрель 2020 г.). –

Казань : Молодой ученый, 2020. – С. 14-17.
– URL: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/368/15725/>.

Секция 4
«К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКОЙ
БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ»

УДК 613.6.02
eLIBRARY.RU: 76.35.29

Осецкий Н.Ю.

научный сотрудник – врач
СМП ГНЦ РФ – ИМБП РАН, г. Москва

Поляков М.В.

доктор медицинских наук
начальник отдела ГНЦ РФ – ИМБП РАН
г. Москва

Горнов В.В.

научный сотрудник
НИИЦ (АКМ и ВЭ) ЦНИИИ МО РФ
г. Москва

Поляков Н.М.

научный сотрудник
НИИЦ (АКМ и ВЭ) ЦНИИИ МО РФ
г. Москва

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОБЛЕМЫ ОБИТАЕМОСТИ
ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ

K.E. TSIOLKOVSKY AND THE PROBLEMS OF MANNED
SPACECRAFT HABITABILITY

Аннотация. Идеи К.Э. Циолковского в значительной степени определили направления по созданию условий обитаемости космических пилотируемых аппаратов при подготовке первых космических полетов животных и людей. В настоящее время они проходят осмысление, играют важную роль при решении более сложных проблем обитаемости и медико-биологического обеспечения к осуществлению масштабных проектов по исследованию и освоению космического пространства и космических объектов (Луны, Марса и др.).

Ключевые слова: Циолковский, космический полет, обитаемость, человеческий фактор, эргономическом обеспечении.

Abstract. The ideas of K.E. Tsiolkovsky largely determined the directions for creating conditions for the habitability of manned spacecraft in the preparation of the first space flights of animals and humans. Currently, they are being comprehended, they play an important role in solving more complex problems of habitability and biomedical support for the implementation of large-scale projects for the exploration and development of outer space and space objects (the Moon, Mars, etc.).

Keywords: Tsiolkovsky, space flight, habitability, human factor, ergonomic support.

К.Э. Циолковский мыслитель, развивавший космическую философию, превзошел многие реалии, обеспечивающие обитаемость человека в пилотируемом космическом полете [1]. Им было образно описана необходимость запасов на ракете – «небесной карете» воздуха для дыхания, питания и питья, очистки испорченного дыханием воздуха для дыхания солнечным светом при посредстве растений и химических веществ, особенности ракеты – герметической «небесной кареты»: оболочек, размеров и интерьера ее отделений, кают-компаний, проходов и органов управления газами – реактивной тяги «взрывами». Он обрисовал особенности воздействия гипервесомости и невесомости на человека, ощущения и двигательные (поведенческие) функции, а также предложил нахождение человека в жидкости для облегчения состояния при больших величинах перегрузок. Для исключения неадекватных действий и надежного управления ракетой К.Э. Циолковский предложил устроить автоматический управитель, а для обеспечения требуемой для жизни температуры – способ управления температурой в ракете, «слуховые трубки» для переговаривания при шуме, скафандры для выхода в «пустое пространство и вхождение в чуждую нам атмосферу чуждой планеты». Он описал особенности организации быта, сна, приема пищи и воды, необходимость фиксации человека и предметов. К.Э. Циолковский первым высказал идею о применении оранжерей (для разведения плодов, овощей и хлебов) и других природоподобных принципов и биосферных механизмов воспроизводства кислорода, питания, пресной воды и утилизации образующихся отходов для жизнеобеспечения экипажа. В период подготовки и выполнения первых космических полетов (КП) с животными, а затем космонавтов в Институте авиационной и космической медицины на основе идей К.Э. Циолковского была создана научно-методическая база и проведены научно-исследовательские работы и разработки с интеграцией деятельности специалистов с медицинским,

психологическим и инженерным образованием в интересах обеспечения обитаемости живых существ в КП [2].

В результате были обоснованы и реализованы: профилактические меры и способы защиты от неблагоприятных влияний факторов КП, проекты по созданию систем и средств жизнеобеспечения для поддержания физиолого-гигиенических условий обитаемости первых космических аппаратов (КА) типа «Спутник-2», «Восток» и «Восход». Осуществленный 65 лет назад (3 ноября 1957 год) полет КА Спутника-2 Земли с собакой Лайка, доказал возможность обитания в космическом пространстве. Последующая совместная работа сотрудников ведущих научных учреждений и предприятий страны и за рубежом в интересах системного учета человеческого фактора (ЧФ) способствовала созданию сложных пилотируемых КА (космических кораблей и орбитальных космических систем) с обеспечением возможности длительных космических полетов (ДКП). На основе обобщения опыта этих работ Институтом медико-биологических проблем с участием АООТ «Звезда» был подготовлен ГОСТ Р 50804-95 [3] для ДКП с продолжительностью до одного года, который является основой для создания КА и медико-биологического обеспечения экспедиций на околоземную орбиту, продолжительностью более полутора лет (длительность КП космонавта В.В.Полякова – 437 суток и 18 часов). Развитие масштабных проектов по исследованию и освоению космического пространства и космических объектов (Луны, Марса и др.) обуславливает необходимость решения существенно возрастающих проблем обитаемости для обеспечения длительного перелета от Земли к космическому объекту (КО), осуществления посадки, проведения исследований на поверхности КО, последующего старта и возвращения.

Важнейшими проблемами являются учет ЧФ с интеграцией сложных систем, подсистем и разрозненных частей, в том числе обеспечивающих требуемые параметры обитаемости, безопасность и минимизацию медицинских рисков понижения работоспособности космонавтов. В связи с этим необходимо вновь детально исследовать содержание категории обитаемости применительно к планируемым космическим экспедициям, существенно дополнить новыми данными научно-технический задел и подготовить соответствующую совокупность нормативно-технической документации. Для этого должен быть использован научно-методический подход, включающий полную классическую последовательность этапов исследований и

разработок по учету ЧФ при эргономическом обеспечении создания КА - сложных социо-технических эргатических систем

Литература

1. Вне Земли. Серия «Космическая философия» 327 с. (Статья вышла в 1920 г. В Калуге отдельным изданием.) по Научно-популярному изданию Константин Эдуардович Циолковский «Космическая философия» www.tsiolkovsky.org
2. История отечественной космической медицины (по материалам военно-медицинских учреждений)/Под ред. И.Б.Ушакова, В.С.Бедненко, Э.В.Лапаева. – М.- Воронеж: Издательство Воронежского института МВД России, 2001. – 320 с.
3. ГОСТ Р 50804-95 «Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате. Общие медико-технические требования» Введ. 2.08.95 г. М.: Изд-во стандартов, 1995 – 121 с.

УДК 576.8.078:663.1

eLIBRARY.ru 89.15.00 2075-9843

Ильин В.К.

доктор медицинских наук
профессор, зав.отделом
ГНЦ РФ ИМБП РАН

Соловьёва З.О.

кандидат биологических наук
старший научный сотрудник
ГНЦ РФ ИМБП РАН

Скедина М.А.

кандидат медицинских наук
ведущий научный сотрудник
ГНЦ РФ ИМБП РАН

Носовский А.М.

доктор биологических наук
ведущий научный сотрудник
ГНЦ РФ ИМБП РАН

Кривоногов И.А.

младший научный сотрудник
ГНЦ РФ ИМБП РАН

К ВОПРОСУ О ВИЗУАЛИЗАЦИИ СЛУЧАЕВ ДИСБИОТИЧЕСКИХ СДВИГОВ РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПОВ ЧЕЛОВЕКА

PERTAINS TO VISUALIZATION OF CASES OF DYSBIOTIC SHIFTS OF VARIOUS HUMAN BIOTOPES

Аннотация. Проводились эксперименты, по которым осуществлялась визуализация случаев дисбиотических сдвигов. 14-суточный изоляционный эксперимент «Эскиз» осуществлялся в Наземном экспериментальном комплексе (НЭК) ГНЦ РФ-ИМБП РАН в экспериментальной установке объемом 50 м³ (ЭУ-50), с помощью которой создавались условия изоляции с искусственной средой обитания. Эксперимент в условиях 21-суточной «сухой» иммерсии проводился при воздействии перегрузок +Gz до 2 ед. на уровне стоп на центрифуге короткого радиуса (ЦКР). При проведении экспериментов изучалось изменение уровня микробной обсемененности слизистых оболочек и кожных покровов операторов. Это необходимо для диагностики дисбиотических состояний микрофлоры испытуемых в условиях экспериментов. Использование при данной диагностике автоматизированной обработки оцифрованных изображений микробных объектов может позволить более быстро проводить микробиологические обследования с сохранением точности, что также позволяет выполнять диагностику не только в лабораторных условиях. Благодаря компьютерному анализу и получаемым изображениям микробных клеток возможно создание электронной базы данных микрофлоры человека, которая является основой электронного атласа, позволяющего определять микробный статус человека. Его определение с помощью данного метода способствует раннему выявлению дисбиотических сдвигов.

Ключевые слова: микробный статус человека, метод автоматизированной обработки оцифрованных изображений микробных объектов, электронная база данных микрофлоры человека, электронный атлас.

Abstract. Experiments were carried out to visualize cases of dysbiotic shifts. The 14-day isolation experiment "Eskiz" was carried out in the Ground-based Experimental Complex (NEK) SSC RF-IMBP RAS in an experimental installation with a volume of 50 m³ (EU-50), with the help of which isolation conditions with an artificial habitat were created. The experiment under the conditions of 21-day "dry" immersion was carried out under the influence of overloads +Gz up to 2 units at the foot level on a

short-radius centrifuge (CCR). During the experiments, we studied the change in the level of microbial contamination of the mucous membranes and skin of the operators was studied. This is necessary for the diagnosis of dysbiotic states of the microflora of the subjects in experimental conditions. The use of automated processing of digitized images of microbial objects in this diagnosis may allow for faster microbiological examinations while maintaining accuracy, which also allows diagnostics to be performed not only in laboratory conditions. Due to computer analysis and the resulting images of microbial cells, it is possible to create an electronic database of human microflora, which is the basis of an electronic atlas that allows determining the microbial status of a person. Its determination using this method contributes to the early detection of dysbiotic shifts.

Keywords: microbial status of human, method of automated processing of digitized images of microbial objects, electronic databases of bacterial population of human, electronic atlas.

Целью исследований являлась визуализация дисбиотических состояний микрофлоры испытуемых в условиях рассматриваемых экспериментов для дальнейшего формирования электронной базы данных микрофлоры исследуемых биотопов.

Материалы и методы

Проведены исследования назофарингеальной микрофлоры и микрофлоры кожных покровов испытуемых в условиях изоляции в первом эксперименте, и в условиях «сухой» иммерсии во втором эксперименте. Основными действующими факторами в испытаниях являются: изоляция с искусственной средой обитания [2, 4], перегрузки направления «голова-таз» (+Gz), 21-суточная иммерсионная гипокинезия. Данные получены с использованием компьютерного анализа изображений микробных клеток, а также бактериологического метода исследования микрофлоры испытуемых. Основным инструментом для проведения компьютерного анализа является – цифровой анализатор. Он представляет собой биологический микроскоп, оснащенный автоматическим предметным столиком, цифровой видеокамерой и управляющим компьютером со специализированным программным обеспечением [1].

В 14-суточном изоляционном эксперименте принимали участие 6 практически здоровых добровольцев – четверо мужчин и две женщины в возрасте от 24 до 44 лет, получивших допуск врачебно-экспертной комиссии и подписавших Информированное согласие на участие в эксперименте согласно с Хельсинкской декларацией. Программа эксперимента была одобрена Комиссией по

биомедицинской этике при ГНЦ РФ – ИМБП РАН (протокол № 571 от 01.10.04.2021 г.). Отбор проб осуществлялся в следующие сроки: фон (-7 сутки), вход, выход (0-е сутки), 6-е сутки после эксперимента, 18-е сутки после эксперимента. Все исследования проводились натощак, перед чисткой зубов. Изучалась назофарингеальная микрофлора (слизистые оболочки носа, ротовой полости), а также микрофлора кожных покровов (подмышка, промежность). Взятие проб проводилось с помощью стандартных стерильных ватных тампонов. Эта операция является безболезненной и не травматичной. Данные исследования были получены с использованием стандартного бактериологического метода исследования микрофлоры человека и метода компьютерной обработки оцифрованных изображений микробных объектов [3, 6].

В условиях 21-суточной СИ с применением КРЦ исследования проведены с участием 3 практически здоровых мужчин в возрасте от 28 до 31 года, получивших допуск врачебно-экспертной комиссии и подписавших Информированное согласие на участие в эксперименте согласно с Хельсинкской декларацией. Программа эксперимента была одобрена Комиссией по биомедицинской этике при ГНЦ РФ – ИМБП РАН (протокол № 524 от 03.10.09.2019 г.). Исследования проводили на входе в эксперимент, 14-е сутки эксперимента, на выходе из эксперимента (21-е сутки). Все исследования выполнялись натощак, перед чисткой зубов. Изучалась назофарингеальная микрофлора (слизистые оболочки носа и ротовой полости), а также микрофлора кожных покровов (подмышка и промежность). С каждым испытуемым проведено одно вращение (контрольное) до начала комплексных исследований и 7 вращений на ЦКР в условиях 21-суточной СИ. В течение 21-х суток испытуемый был отделен от воды водонепроницаемой пленкой, поверхность которой значительно превышает поверхность воды [7].

Для быстрой оценки количества микроорганизмов применялся метод, основанный на визуальном сравнении наблюдаемого в микроскоп поля зрения биотопного мазка с серией референсных изображений тест культур микроорганизмов известной концентрации, и присвоении исследуемому препарату особой величины, варьирующей от 0 до 4 (таблица 1).

Таблица 1

| Оценка в баллах | Концентрация суспензии, из которой приготовлен препарат [КОЕ/мл] |
|-----------------|--|
| 0 | До 10^5 |
| 1 | 10^6 |

| | |
|---|--------|
| 2 | 10^7 |
| 3 | 10^8 |
| 4 | 10^9 |

Оценка численности микроорганизмов при микроскопии препарата ведётся с учетом этапов эксперимента. Это позволяет оценивать изменение численности микроорганизмов на протяжении эксперимента у испытуемых.

Для статистической обработки результатов исследований использовали научно-статистический пакет «Statistica v6.0».

Результаты и обсуждение

По результатам анализа данных 14-суточного эксперимента основная микрофлора слизистых оболочек и кожных покровов была представлена в большинстве анализов грамположительными кокками (*Staphylococcus spp.*, *Enterococcus spp.*, *Streptococcus spp.*). Уровень микробной обсемененности кожных покровов и слизистых оболочек расположен в пределах от 10^1 до 10^8 [КОЕ/мл]. В свою очередь, грамотрицательная микрофлора варьируется от 10^1 до 10^3 [КОЕ/мл]. Она была представлена преимущественно *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.* Возрастание концентрации грамположительной микрофлоры наблюдается при проведении автоматизированного анализа нативных мазков, пробы по которым брались у испытуемого на одном и том же биотопе во время проведения модельного эксперимента с 14-суточной изоляцией «Эскиз». На рисунке 1 на входе в эксперимент концентрация нативного мазка с биотопом подмышка составляет 10^5 [КОЕ/мл] (0 баллов), на рисунке 2 с тем же биотопом она увеличивается до 10^7 [КОЕ/мл] (2 балла), что говорит об увеличении численности микроорганизмов на протяжении эксперимента.

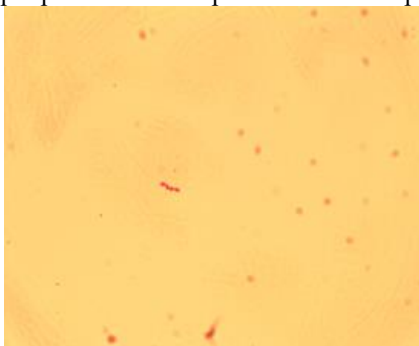


Рис. 1. Концентрация грамотрицательной микрофлоры ротовой полости (10^5 [КОЕ/мл]) нативного биотопного мазка на входе в эксперимент «Эскиз»

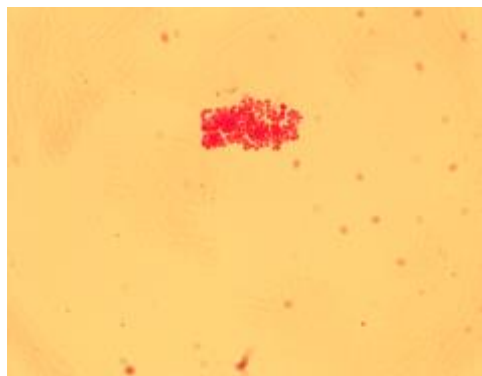


Рис. 2. Концентрация грамотрицательной микрофлоры ротовой полости (10^7 [КОЕ/мл]) нативного биотопного мазка на выходе из эксперимента «Эскиз»

Возрастание концентрации микрофлоры наблюдается при проведении автоматизированного анализа нативных мазков, пробы по которым брались у испытуемого в одном и том же биотопе во время проведения модельного эксперимента с 14-суточной изоляцией.

Графически результаты анализа для грамположительной микрофлоры представлены на рисунке 3.

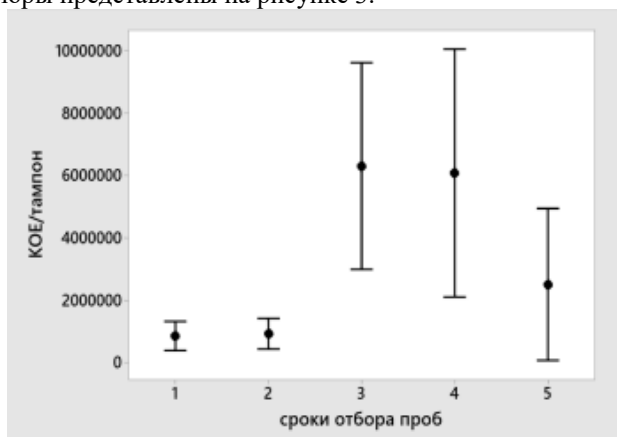


Рис. 3 Уровень микробной обсемененности слизистых оболочек и кожных покровов операторов грамположительной микрофлорой в условиях эксперимента

По вертикальной оси – уровень микробной обсемененности [КОЕ/мл];

По горизонтальной оси – сроки отбора проб:

1 – фон (-22 сут.), 2 – вход, 3 – выход (0-е сутки), 4 – 6-е сутки после эксперимента, 5 – 18-е сутки после эксперимента.

Исходя из графика, наибольшая достоверность в сравнении с другими этапами исследования была достигнута во время фона и входа. Это обусловлено результатами показателей, которые имеют наименьший разброс между собой, что и делает их более достоверными [5]. В зависимости от сроков отбора проб наблюдается динамика среднего уровня микробной обсемененности – идет его возрастание от входа до 6-х суток после эксперимента с последующим убыванием на 18-е сутки после эксперимента.

По результатам анализа данных эксперимента 21-суточной СИ можно отметить преобладание грамположительной микрофлоры (*Staphylococcus spp.*, *Streptococcus spp.*, *Enterococcus spp.*). Уровень микробной обсемененности слизистых оболочек и кожных покровов операторов находился в пределах от 10^4 до 10^7 [КОЕ/мл]. Грамотрицательная микрофлора была представлена *Klebsiella spp.*, *Escherichia coli*, *Neisseria spp.*. Уровень микробной обсемененности слизистых оболочек и кожных покровов операторов находился в пределах от 10^1 до 10^4 [КОЕ/мл]. В 21-суточной СИ на 14 сутки обнаружено появление дрожжеподобных грибов. Возрастание концентрации микрофлоры наблюдается при проведении автоматизированного анализа нативных мазков, пробы по которым брались у испытуемых на биотопах ротовой полости во время проведения эксперимента «сухая» иммерсия. На рисунке 4 на входе в эксперимент концентрация нативного мазка с биотопом рот составляет 10^5 [КОЕ/мл] (0 баллов), на рисунке 5 с тем же биотопом она увеличивается до 10^7 [КОЕ/мл] (2 балла), что говорит об увеличении численности микроорганизмов на протяжении эксперимента.

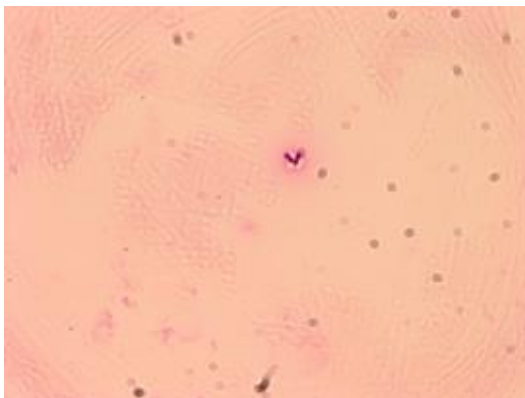


Рис. 4 Концентрация грамположительной кокковой микрофлоры ротовой полости (10^5 [КОЕ/мл]) нативного биотопного мазка на входе в 21-суточный эксперимент «сухая» иммерсия

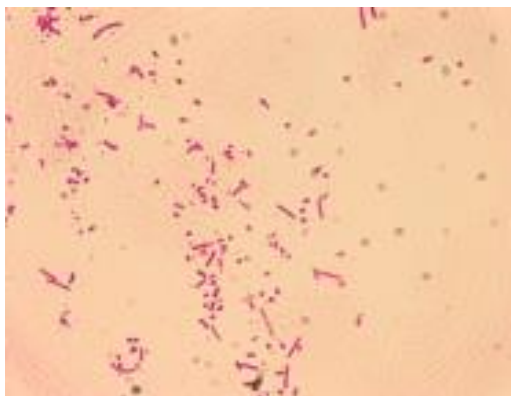


Рис. 5 Концентрация грамположительной кокковой микрофлоры ротовой полости (10^7 [КОЕ/мл]) нативного биотопного мазка на выходе в 21-суточный эксперимент «сухая» иммерсия

Графически результаты анализа для грамположительной микрофлоры представлены на рисунке 6.

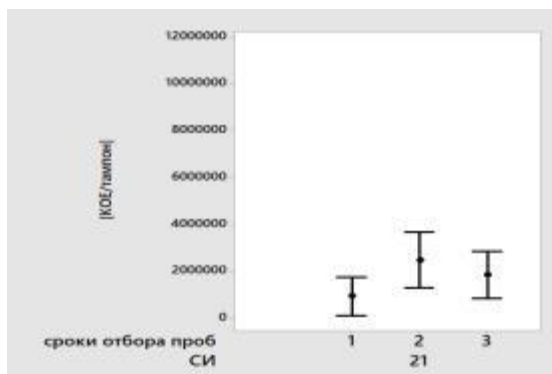


Рис. 6 Уровень микробной обсемененности слизистых оболочек и кожных покровов операторов грамположительной микрофлорой в условиях 21-суточной «сухой» иммерсии.

По вертикальной оси – уровень микробной обсемененности [КОЕ/мл];
 По горизонтальной оси:
 сроки отбора проб:

1 - 1 сутки (фон); 2 - 14 сутки эксперимента; 3 - 21 сутки (выход).

По вертикальной оси - уровень микробной обсемененности [КОЕ/мл].

Исходя из графика, в зависимости от сроков отбора проб наблюдается возрастание среднего уровня микробной обсемененности от 1-х суток до 14-х суток эксперимента с последующим убыванием на 21-е сутки эксперимента.

Исходя из проделанной работы, можно убедиться в актуальности проводимой диагностики в рамках проводимых экспериментов при условиях изоляции с искусственной средой обитания, а также в условиях «сухой» иммерсии при воздействии перегрузок +Gz до 2 ед. на центрифуге короткого радиуса (ЦКР), которые оказывают влияние на уровень микробной обсемененности микрофлоры испытуемых. Данные полученные с использованием автоматизированной обработки оцифрованных изображений микробных объектов, а также бактериологического метода исследования микрофлоры испытуемых в ходе эксперимента, используются при формировании электронного атласа микрофлоры человека для оценки нормы или дисбиотического состояния микрофлоры исследуемых биотопов испытуемых. Создание электронной базы данных микрофлоры человека, лежащей в основе электронного атласа, также необходимо для раннего выявления и коррекции дисбиотических сдвигов, предшествующих развитию воспалительных процессов покровных тканей.

Работа выполнена по базовой тематике РАН № 64.2.

Литература

1. Верденская Н.В., Иванова И.А., Ильин В.К., Скедина М.А., Соловьева З.О. Цифровой анализатор биологических объектов в космических исследованиях. Интеллект & технологии. <http://www.rti-mints.ru>
2. Ильин, В. К., Орлов, О. И., Рыкова, М. П., Комиссарова, Д. В., Усанова, Н. А., Антропова, Е. Н., ... & Сахарова, А. В. (2021). Состав микрофлоры и состояние системы сигнальных образсознающих рецепторов семейства Toll-подобных клеточных факторов врожденного иммунитета во время 120-суточной изоляции в гермообъекте с искусственной средой обитания. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии, 98(1), 36-45.
3. Ильин В.К., Соловьева З.О., Скедина М.А. Перспективы применения автоматизированного анализа изображений микробных объектов для диагностики наружных отитов у лиц, находящихся в нормобарическом гермообъекте // Гагаринский сборник: материалы XLV Общественно-научных чтений, посвященных памяти Ю.А. Гагарина. г. Гагарин: БФ Мемориального музея Ю.А. Гагарина. 2018. С. 317-320.
4. Исследование влияния изоляции в герметично замкнутом пространстве на микрофлору кожных покровов человека с использованием метода хроматомасспектрометрии / Родионова Т. А. / Сборник материалов по коференции «Экотоксикология. Современные биоаналитические системы, методы и технологии». - Пушино – Тула. – 2009. – С. 26-28.
5. Кулаичев А.П. Методы и средства комплексного анализа данных: учебное пособие // 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2010. С. 314-317.
6. Соловьева, З. О., Скедина, М. А., Ильин, В. К., Верденская, Н. В., & Иванова, И. А. (2011). Распознавание образа микробных клеток в системе автоматического анализа. Технологии живых систем, 8(4), 50-55.
7. Шульженко Е.Б., Виль-Вильямс И.Ф. Возможность проведения длительной водной иммерсии методом «сухого» погружения // Косм. биол. и авиакосм. мед. 1976. Т.10. №9. С.82-84.

Войтулевич Л.В.
начальник отдела
Даниличев С.Н.
ведущий врач-офтальмолог
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»
Звездный городок

**ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ
ПОЛЕТОВ НА ХОРИОРЕТИНОПАТИЮ МАКУЛЯРНОЙ ЗОНЫ
СЕТЧАТКИ У КОСМОНАВТОВ**

**THE EFFECT OF LONG-TERM ORBITAL SPACE FLIGHTS
ON CHORIORETINOPATHY OF THE RETINA'S MACULAR
ZONE IN COSMONAUTS**

Аннотация. Проведен анализ послеполетных изменений в макулярной зоне сетчатки глаз, с начальной сухой формой хориоретинопатией у 2-х космонавтов, совершивших длительные орбитальные космические полеты. Отмечена ухудшение данного патологического процесса под действие факторов длительного пребывания человека в космосе. Разработан алгоритм диагностики изменений в макулярной зоне сетчатки после длительных космических полетов. Оформлено изобретение «Способ и устройство дистанционной экспресс-диагностики зрительного анализатора», патент на изобретение № 2726604 от 17 июня 2019 г.

Ключевые слова: длительные космические полеты, хориоретинальные изменения макулярной зоны сетчатки.

Abstract. The post-flight changes in the macular zone of the retina, with the initial dry form of chorioretinopathy in 2 cosmonauts after long-term orbital space flights were analyzed. The deterioration of this pathological process under the impact of a long staying in space has been revealed. An algorithm for diagnosing changes in the macular zone of the retina after long-term space flights has been developed. The invention "Method and device for remote express diagnostics of a visual analyzer", patent for invention No. 2726604 dated June 17, 2019, was issued.

Keywords: long-term orbital space flights, choriretinal changes in the macular zone of the retina.

В становлении и развитии космической биологии и медицины важное значение имели труды основоположников космонавтики К.Э. Циолковского, Ф.А. Цандера. Но если в процессе отбора космонавтов в первый и второй отряды, внимание обращалось на абсолютное здоровье кандидата в космонавты, то в связи с возрастными изменениями у космонавтов, которые обладают большими профессиональными навыками и опытом возникают вопросы, как будут проявлять себя начальные формы возрастных патологических процессов под влиянием космических полетов[1-4].

Материал и методы:

При обследовании двух космонавтов до и после длительных орбитальных космических полетов, имевших возрастные патологические изменения в парамакулярной и макулярной зонах сетчатки. Острота зрения вдаль после ДКП не изменилась у обоих космонавтов. ЧКХ зрительного анализатора у космонавта с центральной хориоретинопатией в обоих глазах ухудшилась после ДКОП на частоты 0,3; 1,0 4,0; 8,0 цикл./град (низкие частоты), но к 60 суткам после ДКОП она в лучшем глазу восстановилась. Стойкое снижение контрастной чувствительности на средние частоты 4,0; 8,0 цикл./град. указывает на ухудшение не только функционального но и морфологического состояния макулярной зоны этого глаза. Морфологическая картина дистрофических изменений сетчатки стала хуже у обоих космонавтов.

Выводы:

1. Факторы длительного космического полета не благоприятно влияют на развитие хориоретинопатии центральной зоны сетчатки.
2. Наиболее информативными для диагностики изменений в макулярной и парамакулярной зоне глаза являются ОКТ , ФУНДУС и исследования контрастной чувствительности глаза на средние частоты.

Литература

1. Валях М.А., Баева Н.Г. Изменения зрительного анализатора, происходящие в результате космического полета. РМЖ «Клиническая Офтальмология» №1 от 27.02.2019 стр. 27-30
2. Макаров И.А., Воронков Ю.И. Влияние длительной микрогравитации на орган зрения. Обзор литературы. Офтальмология, том 13 номер 2, 2016, с. 74-82
3. Даниличев С.Н., Пронин С.В., Шелепин Ю.Е., Куликов Н.А., Манько О.М. Оптические и психофизические исследования

зрительной системы космонавтов до и после длительных орбитальных полетов. Оптический журнал. Том 86, № 11. Ноябрь 2019г. С.21-27.

4. Bogomolov V.V., Kuzmin M.P., Danilichev S.N. [On the intracranial hypertension in astronauts during long-term microgravity]. К вопросу о vnutricherepnoj gipertenzii u astronautov v usloviyah dlitel'noj nevesomosti. [Aerospace and Environmental Medicine]. Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Medicina. 2015;49 (4):54-58. (in Russ).

УДК 612.06

eLIBRARY.RU: 614.872.4

Сигалева Е.Э.

доктор медицинских наук
профессор РАН

Марченко Л.Ю.

аспирант

Мацнев Э.И.

доктор медицинских наук
профессор

ГНЦ РФ – ИМБП РАН

г. Москва

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА
ДЫХАНИЯ КИСЛОРОДНО-АРГОНОВОЙ ГАЗОВОЙ СМЕСЬЮ
В ЦЕЛЯХ ШУМОВОЙ ОТОПРОТЕКЦИИ**

**INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF PREVENTIVE
USE OF THE OXYGEN-ARGON GAS MIXTURE BREATHING
METHOD FOR NOISE OTOPROTECTION**

Аннотация. Проведена экспериментальная оценка отопротективного эффекта профилактического использования метода дыхания *кислородно-аргоновой газовой смесью* перед воздействием «белого» шума интенсивностью 85 дБА продолжительностью 2 часа у 10 здоровых добровольцев с нормальным слухом. Полученные данные свидетельствуют о перспективе профилактического использования метода дыхания *кислородно-аргоновой газовой смесью* у лиц, работающих в условиях повышенного шума, в целях защиты органа слуха.

Ключевые слова: нейросенсорная потеря слуха шумовой этиологии, кислородно-аргоновая газовая смесь, шумовая отопротекция, прекондиционирование.

Abstract. An experimental evaluation of the otoprotective effect of the preventive use of the oxygen-argon gas mixture breathing method before exposure to "white" noise with an intensity of 85 dBA and a duration of 2 hours in 10 healthy volunteers with normal hearing was carried out. The data obtained indicate the prospect of preventive use of the oxygen-argon gas mixture breathing method in persons working in conditions of increased noise in order to protect the hearing organ.

Keywords: noise induced hearing loss, oxygen-argon gas mixture, hearing loss prevention, preconditioning.

Целью настоящего исследования явилась экспериментальная оценка отопротективного эффекта профилактического использования метода дыхания *кислородно-аргоновой газовой смесью* перед воздействием «белого» шума интенсивностью 85 дБА продолжительностью 2 часа у 10 здоровых добровольцев с нормальным слухом.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 10 здоровых мужчин-добровольцев (26 – 43 лет) с нормальным слухом. В качестве метода шумовой отопротекции использовали дыхание нормоксической *кислородно-аргоновой дыхательной смесью* (20% O₂, 80% Ar). Для оценки функционального состояния слуховой системы использовали регистрацию тональной аудиометрии и задержанной вызванной отоакустической эмиссии (ЗВОАЭ) (система «Нейро-Аудио», «Нейрософт», Россия). Оценивались результаты сравнительного анализа данных, полученных в трех сериях исследований. I – фоновые исследования (*Фон*); II – исследования после воздействия шума (*«Шум – 1»*); III – исследования после профилактического проведения сеанса дыхания нормоксической кислородно-аргоновой газовой смесью и последующего воздействия шума (*«Шум-2»*). Статистическая обработка результатов проводилась методом описательной статистики с использованием пакета STATISTICA 10.0, с включением дисперсионного анализа повторных наблюдений Фридмана. При выявлении статистически значимых различий ($p \leq 0,05$), средние значения выборок сравнивали попарно с использованием критерия Уилкоксона.

Результаты. Статистической обработке были подвергнуты средние межауральные значения тональной пороговой аудиометрии и показателя соотношения «сигнал/шум» ЗВОАЭ. Сравнение средних

межауральных значений данных показателей в серии «Фон» и в серии выявило достоверный ($p < 0,05$) временный сдвиг порогов слуха на частоте 4 кГц и достоверное ($p < 0,05$) снижение соотношения «сигнал/шум» ЗВОАЭ на частоте 4 кГц после шумового воздействия. В серии «Шум-2», при динамическом сравнении с результатами серии «Шум-1», выявлено достоверное ($p < 0,05$) повышение показателя соотношения «сигнал/шум» ЗВОАЭ и отсутствие сдвигов порогов слуха по данным аудиометрии на частоте 4 кГц,

Обсуждение. В течение последнего десятилетия большой интерес вызывают исследования органо- и нейропротекторных свойств инертных газов. Опубликованы данные, убедительно демонстрирующие возможность применения прекондиционирования газовыми смесями, содержащими аргон, в целях органопротекции [2–4]. Результаты собственных экспериментальных исследований подтвердили отопротективный эффект дыхания кислородно-азотно-аргоновой газовой смесью в условиях воздействия шума [1].

В этой связи, представлялось перспективным изучить возможность *профилактического* использования (прекондиционирования) дыхания кислородно-аргоновой газовой смесью перед воздействием шума в целях отопротекции.

В настоящем исследовании пребывание добровольцев в условиях шума (серия «Шум-1») сопровождалось достоверным ($p < 0,05$) снижением показателя соотношения «сигнал/шум» ЗВОАЭ на частоте 4кГц и развитием временных сдвигов порогов слуха по данным аудиометрии на этой частоте у всех добровольцев ($n=10$). При использовании дыхания нормоксической кислородно-аргоновой газовой смесью перед воздействием шума (прекондиционирование) в серии «Шум-2», выявлено достоверное ($p < 0,05$) повышение показателя соотношения «сигнал/шум» ЗВОАЭ и отсутствие сдвигов порогов слуха по данным аудиометрии на частоте 4 кГц при динамическом сравнении с серией «Шум-1».

Результаты настоящего исследования достоверно подтверждают отопротективный эффект *профилактического* использования (прекондиционирования) дыхания *нормоксической кислородно-аргоновой газовой смесью* перед 2-часовым воздействием «белого» шума интенсивностью 85 дБ. Полученные данные свидетельствуют о перспективе профилактического использования метода дыхания *кислородно-аргоновой газовой смесью* у лиц, работающих в условиях повышенного шума, в целях отопротекции.

Литература

1. Мацнев Э.И., Сигалева Е.Э., Тихонова Г.А., Буравкова А.Б. Отопротективный эффект аргона при воздействии шума // Вестник оториноларингологии. 2007. Т. 3. С. 22–26.
2. Hafner C, Qi H, Soto-Gonzalez L, Doerr K, Ullrich R, Tretter EV, Markstaller K, Klein KU Argon Preconditioning Protects Airway Epithelial Cells against Hydrogen Peroxide-Induced Oxidative Stress. // Eur Surg Res. 2016. V. 57. № 3-4. P. 252–262.
3. Kiss A, Shu H, Hamza O, Santer D, Tretter EV, Yao S, Markstaller K, Hallström S, Podesser BK, Klein KU. // Eur J Cardiothorac Surg. 2018. V. 54. № 3. P. 539–546;
4. Qi H, Zhang J, Shang Y, Yuan S, Meng C. Argon inhibits reactive oxygen species oxidative stress via the miR-21-mediated PDCD4/PTEN pathway to prevent myocardial ischemia/reperfusion injury. // Bioengineered. 2021. V. 12. P. 5529–5539.

УДК 612.06

eLIBRARY.RU: 616.858-76

Сигалева Е.Э.

доктор медицинских наук

профессор РАН

Пасекова О.Б.

Мацнев Э.И.

доктор медицинских наук

профессор

ГНЦ РФ – ИМБП РАН

г Москва

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНА СЛУХА В УСЛОВИЯХ 7-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ

FUNCTIONAL STATE OF THE HEARING ORGAN UNDER CONDITIONS OF 7-DAY "DRY" IMMERSION

Аннотация. Проведено исследование функционального состояния улитки внутреннего уха в условиях наземного моделирования физиологических эффектов микрогравитации – 7-суточной «сухой» иммерсии с использованием регистрации отоакустической эмиссии на частоте продукта искажения (ОАЭЧПИ) и тимпанометрии (ТМ). Выявлено достоверное снижение ($p \leq 0,05$) показателя отношения

«сигнал/шум» ОАЭЧПИ на частоте стимуляции ниже 1 кГц, достоверное увеличение ($p \leq 0,05$) давления в полости среднего уха и снижение эквивалентного объема наружного слухового прохода по данным ТМ. Регистрация ОАЭЧПИ и ТМ рассматривается в качестве перспективных неинвазивных методов изучения механизмов перераспределения жидких сред организма в краниальном направлении в условиях моделируемой микрогравитации и космического полета.

Ключевые слова: тимпанометрия, отоакустическая эмиссия на частоте продукта искажения, микрогравитация, «сухая» иммерсия.

Abstract. The study of the inner ear cochlea functional state under conditions of ground-based modeling of the physiological effects microgravity – 7-days "dry" immersion using the methods of distortion product otoacoustic emission (DPOAE) and tympanometry (TM).

Analysis of the data obtained showed a statistically significant ($p \leq 0.05$) decrease in the signal-to-noise ratio at a stimulation frequency below 1 kHz. According to tympanometry, there was a statistically significant ($p \leq 0.05$) increase in pressure in the middle ear and a significant decrease in the maximum compliance. Otoacoustic emission and tympanometry registration is proposed as a promising non-invasive method for studying the mechanisms of microgravity redistribution of body fluids in the cranial direction under conditions of simulated microgravity and space flight.

Keywords: distortion product otoacoustic emission, tympanometry, microgravity, "dry" immersion.

Исследования последних лет свидетельствуют об однонаправленных изменениях, происходящих в организме человека во время кратковременных космических полетов и в условиях пребывания в «сухой» иммерсии [1], [2], [3]. Микрогравитация и ограничение двигательной активности космонавтов в условиях космического полета приводят к различным физиологическим изменениям в отдельных органах и системах организма. К этим изменениям, в первую очередь, следует отнести перераспределение жидких сред организма в краниальном направлении, опорную и весовую аксиальную разгрузку, гиподинамию. Ряд факторов воздействия микрогравитации моделируется в условиях «сухой» иммерсии [4], [5]. Динамическая оценка функционального состояния организма космонавтов является важным компонентом медицинского обеспечения безопасности пилотируемых космических полетов. В этой связи представляется актуальным и перспективным направлением использование методов регистрации отоакустической эмиссии на

частоте продукта искажения (ОАЭЧПИ) и тимпанометрии (ТМ) для неинвазивной оценки функционального состояния органа слуха с целью изучения механизмов перераспределения жидких сред организма в краниальном направлении в условиях моделируемой микрогравитации и реального космического полета.

Целью настоящего исследования явилось изучение влияния условий моделирования физиологических эффектов микрогравитации - 7-суточной «сухой» иммерсии (СИ) - на функциональное состояние среднего и внутреннего уха добровольцев.

Материалы и методы: В исследовании приняли участие 10 здоровых мужчин, в возрасте от 25 до 38 лет, средний возраст - 30.3 ± 5.0 лет ($M \pm SD$), медиана – 29,5 лет. Все добровольцы имели допуск врачебно-экспертной комиссии ГНЦ РФ ИМБП РАН и подписали Информированное согласие на участие в исследовании. Программа эксперимента была одобрена Комиссией по биомедицинской этике ГНЦ РФ ИМБП РАН. Исследование функционального состояния органа слуха проводилось дважды: до начала СИ («фон») и на 7-е сутки пребывания добровольца в иммерсионной ванне («7 сутки»). Все исследования выполнялись в положении «лежа», в условиях минимизации внешнего шумового фона. Осмотр наружного слухового прохода и барабанной перепонки проводили при помощи портативного отоскопа 3,9 mm Ear Otoscope, с программным обеспечением приложения TimeSiso (IOS, Android). После подтверждения свободной проходимости слухового канала и целостности барабанной перепонки и фотофиксации отоскопии, проводилась регистрация отоакустической эмиссии на частоте продукта искажения (ОАЭЧПИ) и тимпанометрия (ТМ) с использованием прибора «Аудио-Смарт» («Нейрософт», РФ). Использовали внутриушной датчик со сменной индивидуальной насадкой. Поочередно проводилась моноауральная стимуляция правого и левого уха. При регистрации ТМ использовался стимулирующий тон частотой 226 Гц, с интенсивностью уровня звукового давления (УЗД) 85 дБ. При регистрации ОАЭЧПИ использовалась стимуляция парой чистых тонов с частотами $f_1 - f_2$., интенсивностью $F_1 - 65, F_2 - 55$ дБ УЗД, длительностью 5 мс в частотной полосе стимуляции 556 – 4000 Гц. Отношение между частотами составляло: $f_1 = 1.2 f_2$. Критериями репрезентативности для оценки результатов являлись: воспроизводимость ответа на стимуляцию не менее 70%; соотношение «сигнал/шум» – не менее 6 дБ уровня звукового давления (УЗД). При ТМ оценивались показатели давления в среднем ухе (даПа) и максимального комплианса

(эквивалентный объем наружного слухового прохода, в мл). При регистрации ОАЭЧПИ оценивали отношения «сигнал/шум» отоакустического ответа в дБ, в частотной полосе стимуляции от 0,9 до 4,2 кГц (частоты 0,9 кГц; 1,0 кГц; 1,3 кГц; 1,5 кГц; 2,1 кГц; 2,5 кГц; 3,3 кГц и 4,2 кГц). При статистическом анализе результатов исследований использовались среднегрупповые (M; SD) показатели, отдельно для правого и левого уха. Статистическая обработка полученных данных проводилась методом описательной статистики, с использованием пакета STATISTICA (версия 10.0) для Windows (StatSoft, Inc.). Для сравнения значимости различий между средними значениями выборок использовался непараметрический критерий Вилкоксона. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение: По результатам отоскопии - на 7-е сутки эксперимента отмечалось усиление капиллярного рисунка наружного слухового прохода и гиперемия барабанной перепонки (у 6-ти из 10-ти добровольцев – 60%). При фоновой ТМ – у всех обследуемых показатели тимпаногаммы находились в границах «нормы» (давление в среднем ухе в пределах ± 100 даПа, максимальный комплианс – между 0,3 и 1,4 мл). Зарегистрированный «тип А» тимпаногаммы, свидетельствовал о нормальном давлении в полости среднего уха, нормальной подвижности барабанной перепонки и цепи слуховых косточек. На 7-е сутки эксперимента – по данным тимпанометрии отмечено достоверное увеличение показателя давления в полости среднего уха ($p=0,005062$ для правого уха; $p=0,005062$ для левого уха). Показатель максимального комплианса (эквивалентного объема наружного слухового прохода) демонстрировал значительное снижение на 7-е сутки СИ. Тем не менее, показатели давления в полости среднего уха и максимального комплианса на 7-е сутки эксперимента, находились в пределах нормальных значений. При анализе данных регистрации ОАЭЧПИ на 7-е сутки пребывания в условиях иммерсии отмечалось снижение показателя отношения «сигнал/шум» на частотах стимуляции ниже 2,1 кГц, как для правого, так и для левого уха. Достоверное снижение параметра «сигнал/шум» зарегистрировано на частотах стимуляции 0,9 и 1,0 кГц ($p=0,020880$, $p=0,015157$ для правого уха и $p=0,010863$, $p=0,012852$ для левого уха). На частотах 1,3 кГц, 1,5 кГц и 2,1 кГц выявлена устойчивая тенденция к снижению отношения «сигнал/шум». При стимуляции на частотах 2,5 кГц, 3,3 кГц и 4,2 кГц однонаправленных изменений данного показателя не выявлено как для правого, так и для левого уха.

Таким образом, на 7-е сутки пребывания в иммерсионной среде 10 добровольцев по данным регистрации тимпанограммы определялось достоверное ($p < 0,05$) увеличение показателя давления в полости среднего уха, наряду со снижением эквивалентного объема наружного слухового прохода и усилением капиллярного рисунка кожи наружного слухового прохода, с сопутствующей гиперемией барабанной перепонки. Описанные изменения могут быть связаны с перераспределением жидких сред организма в краниальном направлении, с развитием отека, ухудшением вентиляционной функции слуховой трубы и сопутствующим изменением давления в полости среднего уха.

Кроме того, на 7-е сутки эксперимента у 10 добровольцев выявлено достоверное ($p < 0,05$) снижение параметров ОАЭЧПИ в диапазоне низких частот (до 1 кГц). Сходное частотно - зависимое снижение амплитуды ответа, с максимальной выраженностью изменений на низких частотах, было продемонстрировано в исследованиях Frank A.M. et al., 2000; Lawley J.S. et al., 2017 у больных с повышенным внутричерепным давлением [6], [7]. В исследовании Avan P. et al., 2018 было предложено использование данного метода для неинвазивного мониторинга внутричерепного давления [8].

Таким образом, полученные экспериментальные данные демонстрируют перспективу использования методов регистрации ОАЭЧПИ и ТМ в качестве эффективных неинвазивных методов изучения механизмов перераспределения жидких сред организма в краниальном направлении в условиях моделируемой микрогравитации и космического полета.

Литература

1. Demertzi A., Van Ombergen A., Tomilovskaya E., Jenrissen B., Pechenkova E., Di Perri C., Litvinova L., Amico E., Rumshiskaya A., Rukavishnikov I., Sijbers J., Sinitsyn V., Kozlovskaya I.B., Sunaert S., Parizel P.M., Van de Heyning P.H., Laureys S., Wuyts F.L. Cortical reorganization in an astronaut's brain after long-duration spaceflight. *Brain Structure and function*. 2016. V.221. №5. P. 2873-2876. DOI: 10.1007/s00429-015-1054-3
2. Pechenkova E., Nosikova I., Rumshiskaya A., Litvinova L., Rukavishnikov I., Mershina E., Sinitsyn V., Van Ombergen A., Jeurissen B., Jillings S., Laureys S., Sijbers J., Grishin A., Chernikova L., Naumov I., Kornilova L., Wuyts F. L., Tomilovskaya E., Kozlovskaya I. B. Alterations of Functional Brain Connectivity After Long-Duration Spaceflight as

Revealed by fMRI. *Frontiers in Physiology*. 2019. V.10. P. 761:1-761:23. DOI: 10.3389/fphys.2019.00761

3. Van Ombergen A., Jillings S., Jeurissen B., Tomilovskaya E., Rumshiskaya A., Litvinova L., Nosikova I., Pechenkova E., Rukavishnikov I., Manko O., Danylichev S., Rühl R. Maxine, Kozlovskaya I. B., Sunaert S., Parizel P. M., Sinitsyn V., Laureys S., Sijbers J., zu Eulenburg P., Wuyts F. L. Brain ventricular volume changes induced by long-duration spaceflight. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2019. V.116. №21. P. 10531-10536. DOI: 10.1073/pnas.1820354116

4. Козловская И.Б. Фундаментальные и прикладные задачи иммерсионных исследований. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2008. Т.42. №5. С.3-7.

5. Tomilovskaya E., Shigueva T., Sayenko D., Rukavishnikov I., Kozlovskaya I. Dry Immersion as a Ground-Based Model of Microgravity Physiological Effects. *Front Physiol*. 2019. V.10. P. 284. DOI: 10.3389/fphys.2019.00284

6. Frank A.M., Alexiou C., Hulin P., Janssen T., Arnold W., Trappe A.E. Non-invasive measurement of intracranial pressure changes by otoacoustic emissions (OAEs) - a report of preliminary data // *Zentralbl Neurochir*. 2000. V.61. №4. P. 177-180;

7. Lawley J.S., Petersen L.G., Howden E.J., Sarma S., Cornwell W.K., Zhang R., Whitworth L.A., Williams M.A., Levine B.D. Effect of Gravity and Microgravity on Intracranial Pressure // *J. Physiol*. 2017. V. 595. №6. P. 2115-2127.

8. Avan P., Normand H., Giraudet F., Gerenton G., Denise P. Noninvasive in-ear monitoring of intracranial pressure during microgravity in parabolic flights // *J. Appl. Physiol*. 2018. V.125. №2. P. 353-361;

9. Рукавишников И.В., Томиловская Е.С., Мацнев Э.И., Дениз П., Эван П. Отоакустическая эмиссия как опосредованный метод оценки внутричерепного давления в условиях моделирования физиологических эффектов микрогравитации. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2013. №47. С. 130

10. Kemp D. T. Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J. Acoust. Soc. Am*. 1978. V. 64. №5. P.1386-1391. DOI: 10.1121/1.382104

11. Beattie R.C., Kenworthy O.T., Luna C.A. Immediate and short-term reliability of distortion-product otoacoustic emissions. *Int. J. Audiol*. 2003. V.42. №6. P. 348-354. DOI: 10.3109/14992020309101328

12. Harris F.P., Probst R. Otoacoustic emissions and audiometric outcomes // In: Robinette RS, Glatcke TJ (eds) *Otoacoustic emissions. Clinical applications*. New York. 2002. P. 213–242.

13. Wilson J. P. Evidence for a Cochlear Origin for Acoustic Re-Emissions, Threshold Fine-Structure and Tonal Tinnitus. Hear Res. 1980. V.2. №3. P. 233-252. DOI: 10.1016/0378-5955(80)90060-x

(Приложение 1)

Рис. 1

Динамика показателя давления в среднем ухе (даПа) в эксперименте с 7-суточной «сухой» иммерсией. Представлены среднегрупповые значения (N=10). Отмечено достоверное увеличение давления в среднем ухе на 7-е сутки эксперимента (* $p=0,005062$, * $p=0,005062$).



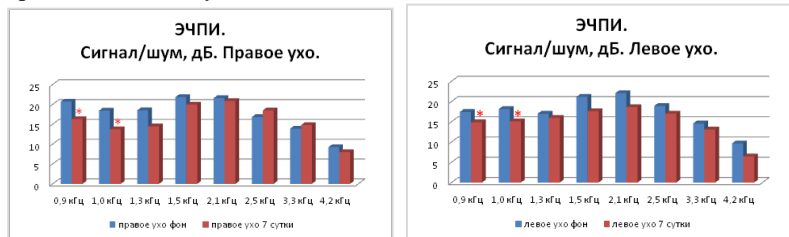
Рис. 2

Динамика показателя максимального комплианса (мл) в эксперименте с 7-суточной «сухой» иммерсией. Представлены среднегрупповые значения (N=10). Отмечено существенное снижение комплианса на 7-е сутки эксперимента. ($p=0,398025$, $p=0,916512$).



Рис. 3, 4

Динамика показателя сигнал/шум (дБ) ЭЧПИ в эксперименте с 7-суточной «сухой» иммерсией. Представлены среднегрупповые значения (N=10). Отмечено достоверное снижение показателя для частот 0,9 кГц (*p=0,020880, *p=0,015157) и 1,0 кГц (*p=0,010863, *p=0,012852) на 7-е сутки эксперимента. Данные представлены для правого и левого уха, соответственно



УДК 613.693

eLIBRARY.RU: 89.01.09

Меденков А.А.

доктор медицинских наук
профессор

Дворников М.В.

доктор медицинских наук
профессор

Московский авиационный институт
г. Москва

О ВКЛАДЕ А.М. ГЕНИНА В АВИАКОСМИЧЕСКУЮ МЕДИЦИНУ

ON THE CONTRIBUTION OF A.M. GENIN TO AEROSPACE MEDICINE

Аннотация. Статья посвящена 100-летию со дня рождения одного из основоположников отечественной космической медицины А.М.Генина. Приводятся факты и данные о его научных исследованиях в период подготовки и осуществления первого пилотируемого космического полета. Показывается его вклад в становление отечественной космической медицины. Отмечаются его

организаторские способности в планирование и проведение медицинских исследований авиакосмической направленности. Излагаются основные направления его исследований в интересах подготовки и осуществления космических полетов большой продолжительности.

Ключевые слова: космическая медицина, система жизнеобеспечения, искусственная гравитация, космические полеты.

Abstract. The article is dedicated to the 100th anniversary of the birth of one of the founders of russian space medicine A.M. Genin. Facts and data on his scientific research during the preparation and implementation of the first manned space flight are given. His contribution to the formation of domestic space medicine is shown. His organizational skills in planning and conducting medical research of an aerospace orientation are noted. The main directions of its research for the preparation and implementation of long-duration space missions are outlined.

Keywords: space medicine, life support system, artificial gravity, space flights.

В становление отечественной космической медицины внесли вклад многие талантливые ученые, исследователи и организаторы научных исследований. Они выдвигали идеи, делали предположения, разрабатывали концепции и проверяли их в экспериментах в лаборатории, в запусках геофизических ракет и в реальных космических полетах. Это были совместные исследования, разработки и эксперименты, в которых у каждого были свои задачи, функции и сфера ответственности. Тем не менее в плеяде основоположников отечественной космической медицины Абрам Моисеевич Генин занимает особое место.

Он родился 12 мая 1922 года в г. Климовичи в Белоруссии. Окончил Военный факультет при 2-м Московском медицинском институте в апреле 1943 года и был направлен в Санитарное управление Калининского фронта, где получил назначение старшим врачом 188 гвардейского штурмового авиационного полка этого фронта и затем продолжил службу старшим врачом 168 гвардейского штурмового авиационного полка сначала Западного фронта, а потом Южной группы войск. Неоднократно вылетал на боевые задания в качестве воздушного стрелка. В марте 1945 года гвардии капитан медицинской службы А.М. Генин был награжден орденом Красной Звезды.

После окончания Великой отечественной войны А.М. Генин в 1946 году обучался на курсах Военного факультета Центрального института

усовершенствования врачей, а затем в 1947-1950 гг. в адъюнктуре при кафедре авиационной медицины института. Изучал механизмы возникновения и развития декомпрессионных заболеваний у летного состава [3]. Материалы изучения им этиологии декомпрессионного заболевания при подъемах на большие высоты он обобщил в кандидатской диссертации, которую защитил в Центральном институте усовершенствования врачей в 1950 году. После окончания адъюнктуры А.М. Генин для прохождения службы был направлен в Военно-воздушную академию в Монино.

В это время в Научно-исследовательском испытательном институте авиационной медицины Военно-воздушных сил проводились исследования в интересах медико-технического обеспечения запусков геофизических ракет с животными в верхние слои атмосферы. В 1954 году стала ощущаться потребность в организационно-штатном усилении исследований этого направления. В соответствии с директивой заместителя Министра обороны СССР маршала И.Х. Баграмяна от 9 января 1956 года в институте создается отдел во главе с В.И. Яздовским для проведения исследований и медицинского обеспечения полетов на космические высоты. Кандидат медицинских наук А.М. Генин был назначен на должность старшего научного сотрудника этого отдела. В институте для решения научных проблем жизнеобеспечения при полетах в верхние слои атмосферы проводились эксперименты с участием штатных и так называемых «нештатных» испытателей, которыми становились сотрудники института. Они принимали непосредственное участие в разработке способов защиты космонавтов от неблагоприятного действия факторов космического полета. Но они же были готовы первыми совершить полет в космос. 25 ноября 1956 года старший научный сотрудник подполковник медицинской службы А.М. Генин подал рапорт по команде, в котором «желая принять непосредственное участие в работах по исследованию возможности полета человека в верхние слои атмосферы» просил включить его в число кандидатов для полетов с этой целью. Вместе с О.Г. Газенко, Е.М. Югановым, А.Д. Серяпиным, Б.Г. Буйловым и другими сотрудниками отдела А.М. Генин принимал непосредственное участие в медико-техническом обеспечении запусков геофизических ракет с животными на космические высоты. В 1957 году А.М. Генин становится начальником отдела, в 1961 году заместителем начальника управления, а в 1964 году начальником управления Государственного научно-исследовательского испытательного ордена Красной Звезды института авиационной и космической медицины Министерства

обороны СССР. Ряд научных работ А.М. Генин опубликовал под псевдонимом «А.М. Галкин» [1].

В сентябре 1958 года О.Г. Газенко, А.М. Генин и А.А. Гюрджян направили письмо секретарю ЦК КПСС А.И. Кириченко, президенту АН СССР А.Н. Несмеянову и председателю комиссии ЦК КПСС М.В. Хруничеву о необходимости создания в стране Института космической биологии и медицины АН СССР. Они отмечали, что в связи с быстрым развитием космической биологии в мире и необходимостью решения большого числа теоретических и практических вопросов, связанных с обеспечением полета человека за пределы атмосферы Земли, необходимо создать в системе АН СССР специализированный научно-исследовательский институт. А.М. Генин достойно и авторитетно демонстрировал достижения отечественной космической медицины на международных конгрессах, конференциях и симпозиумах. В 1966 году в Мадриде на 17-м конгрессе Международной академии астронавтики представлялся его доклад с Л.Г. Головкиным о результатах оценки длительного автономного существования человека в космическом скафандре. В 1971 году в Ереване на 4-м Международном симпозиуме «Человек в космосе» повышенный интерес у участников вызвал его совместный с И.Д. Пестовым доклад, посвященный экспериментальному обоснованию методов профилактики неблагоприятного действия невесомости.

Наряду с исследованиями, которые проводили сотрудники его управления в интересах реализации обеспечения адаптации и сохранения работоспособности космонавтов при продолжительной работе на долговременных орбитальных станциях, в сферу его ответственности вошли проблемы медицинского обеспечения безопасности маневренных полетов авиации, а также полетов на больших высотах. В 1975 году А.М. Генин переходит на работу в Институт медико-биологических проблем заведующий сектором, где в последующем занимал должности заведующего отделом, помощника директора, старшего научного сотрудника и ведущего научного сотрудника.

А.М. Генин известен как один из организаторов медико-биологических исследований с запусками геофизических ракет. Готовил полет второго искусственного спутника Земли с собакой Лайкой. Участвовал в подготовке и осуществлении исторического полета Ю.А. Гагарина. Изучал этиологию декомпрессионных расстройств у летного состава и физиологические механизмы возникновения гипоксических состояний. Проводил исследования в

области гипербарической физиологии и водолазной медицины. Под его руководством проведен эксперимент с «погружением» человека в барокамере на глубину 450 м. Признание получили его исследования по теоретическому обоснованию и практической разработке систем жизнеобеспечения космических кораблей. Занимался проблемой регенерации и кондиционирования воздуха для обитаемых отсеков космических кораблей. Разрабатывал вопросы стратегии безопасного увеличения продолжительности пилотируемых космических полетов [4]. Руководил экспериментальными исследованиями и разработками средств и методов оценки и прогнозирования состояния членов экипажа в условиях длительного пребывания в невесомости. Участвовал в разработке основ медицинского обеспечения длительных космических полетов на орбитальных пилотируемых станциях. Осуществлял медико-техническое сопровождение разработки космического корабля многоцветного использования «Буран». Занимался вопросами искусственной гравитации для обитаемых отсеков космических кораблей [2]. Руководил работой комиссии Института медико-биологических проблем по биомедицинской этике.

За разработку средств профилактики от неблагоприятного влияния невесомости удостоен Государственной премии СССР.

Литература

1. Галкин А.М., Горлов О.Г., Котова А.Р. и др. Исследования жизнедеятельности животных при полетах в герметических кабинах ракет до высоты 212 км // Предварительные итоги научных исследований с помощью первых советских искусственных спутников Земли и ракет. – М., 1958. – С. 112–129.
2. Генин А.М. К расчету искусственной гравитации для обитаемых отсеков космических кораблей // Космические исследования. – 1969. – Т. 7, № 5. – С. 797.
3. Генин А.М. К этиологии и патогенезу декомпрессионного заболевания летчиков // Воен.-мед. журн. – 1948. – № 8. – С. 28–37.
4. Генин А.М., Сорокин П.А. Длительное ограничение подвижности как модель влияния невесомости на организм человека // Пробл. косм. биологии. – 1969. – Т. 13. – С. 9–15.

УДК 613.693

eLIBRARY.RU: 89.01.09

Дворников М.В.
доктор медицинских наук

профессор
Матюшев Т.В.
доктор биологических наук
Меденков А.А.
доктор медицинских наук
профессор
Хоменко М.Н.
доктор медицинских наук
профессор
Научно-исследовательский испытательный центр
(авиационно-космической медицины и военной эргономики)
Центрального научно-исследовательского института
Военно-воздушных сил (Минобороны России)
г. Москва
Московский авиационный институт
г. Москва

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЕТНОГО ТРУДА ОСНОВА БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

PSYCHOPHYSIOLOGICAL SAFETY OF FLIGHT WORK IS THE BASIS OF FLIGHT SAFETY

Аннотация. Статья посвящена развитию идей К.Э. Циолковского по обеспечению безопасности выполнения авиационных и космических полетов. Анализируется взаимосвязь расширения возможностей авиации, изменения летно-технических характеристик авиационной техники, усложнения условий деятельности экипажей и безопасности полетов. Обсуждаются вопросы принятия компромиссных решений при учете психофизиологических возможностей, характеристик и способностей человека при создании и испытаниях авиационной техники. Излагаются основные направления повышения психофизиологической надежности и безопасности летного состава в современных условиях.

Ключевые слова: безопасность полетов, психофизиологическая надежность, условия труда, возможности летчика.

Abstract. The article is devoted to the development of the ideas of K.E. Tsiolkovsky to ensure the safety of aviation and space flights. The relationship between the expansion of aviation capabilities, changes in the flight and technical characteristics of aviation equipment, the complication of the conditions for the activities of crews and flight safety are analyzed.

The issues of making compromise solutions when taking into account the psychophysiological capabilities, characteristics and abilities of a person in the creation and testing of aviation equipment are discussed. The main directions of improving the psychophysiological reliability and safety of flight personnel in modern conditions are outlined.

Keywords: flight safety, psychophysiological reliability, working conditions, pilot's capabilities.

К.Э. Циолковский, занимаясь разработкой воздухоплавательной, авиационной и космической техники, большое внимание уделял вопросам надежности человека, разработке средств и способов ее обеспечения. В качестве критериев оценки эффективности ее обеспечения предлагал использовать показатели физиологического и психического благополучия человека в условиях воздействия опасных факторов полета. Этот принцип реализуется и в существующей системе оценки средств защиты и спасения. Современный этап развития авиации с позиций учета человеческого фактора характеризуется двумя противоречивыми направлениями. С одной стороны, расширение функциональных возможностей пилотируемой авиации сопровождается изменением летно-тактических характеристик авиационной техники и существенным усложнением условий деятельности экипажей в полете. Это требует дополнительных затрат на разработку новых бортовых систем обеспечения жизнедеятельности и индивидуальных средств защиты летного состава и обеспечения его работоспособности [1]. С другой стороны, интенсивное развитие беспилотной авиации и повышение ее боевого потенциала, в том числе за счет использования технологий искусственного интеллекта, принципиально меняют содержание и структуру деятельности человека-оператора, и создают представления об упрощении решения проблемы обеспечения надежности его деятельности.

Оценка уровня профессиональной надежности летного состава и специалистов управления беспилотными летательными аппаратами и эффективности их деятельности на фоне этих процессов предполагает использование показателей и критериев системы эргономического обеспечения создания и эксплуатации авиационной [2]. При усложнении функционирования человеко-машинных комплексов, относящихся к системе «летчик - самолет - среда», вопросам обеспечения профессиональной надежности экипажа в условиях воздействия опасных факторов, актуальность эргономической оптимизации функционирования этой системы в осложненных

условиях необходимо пристальное внимание. Расширение возможностей использования защитного снаряжения летным составом требует комплексного учета психофизиологических резервов человека по обеспечению его профессиональной надежности. Между тем, оптимизация деятельности специалистов управления беспилотными летательными аппаратами в основном сводится к выполнению гигиенических требований по обитаемости. Однако их деятельность должна рассматриваться в условиях действия социально-психологических, гигиенических, психологических и других факторов на их психофизиологическое состояние и профессиональную надежность деятельности. При отсутствии такого подхода создаются условия для возникновения противоречий в требованиях и методах обеспечения эффективного решения ими задач деятельности. Разрешение этих противоречий возможно на основе использования рискометрической оценки [3]

Таким образом, проблема психофизиологической надежности профессиональной деятельности экипажей становится ведущей и требует серьезного изучения и поиска новых подходов. Перспективными направлениями исследований становятся создание бортовых систем обеспечения жизнедеятельности на новых принципах распределенной защиты; обеспечение приоритета эргономических характеристик индивидуальных средств защиты; оптимизация режима труда и отдыха и использование физиологических средств поддержания работоспособности экипажа в условиях сверхнормативной летной нагрузки. Комплексное решение этих вопросов требует адекватного инфраструктурного обеспечения эргономических исследований с использованием современной лабораторно-стендовой базы, информативных средств и методов оценки деятельности операторов, систем обеспечения жизнедеятельности и индивидуальных средств защиты, а также подготовки кадров соответствующего профиля. Медико-биологическое психофизиологическое обеспечение дальнейшего развития авиационной техники в интересах эффективности и безопасности ее применения становится решающим.

Литература

1. Дворников М.В. О защитном снаряжении летчика Авиакосмическая медицина, психология и эргономика. – 2019. – № 2. – С. 18–25.
2. Дворников М.В. Эргономические аспекты обеспечения безопасности полетов государственной авиации. Транспортный вестник. – 2017. – № 2. – С. 46–60.

3. Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Солдатов С.К., Алёхин М.Д. и др. Рискотметрия функциональной надёжности лётчика. – М.: Физматлит, 2021. – 288 с.

УДК 523

Баранцева М.Ю.

кандидат медицинских наук
ведущий научный сотрудник
ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г. Москва

Мухамедиева Л.Н.

доктор медицинских наук
ведущий научный сотрудник-заведующий лабораторией
ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г. Москва

Озеров Д.С.

кандидат медицинских наук
старший научный сотрудник
ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г. Москва

Пахомова А.А.

старший научный сотрудник
ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г. Москва

Лашуков П.В.

младший научный сотрудник
ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г. Москва

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЛИЯНИЯ ЛУННОЙ ПЫЛИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

TOXICOLOGICAL AND HYGIENIC PROBLEMS OF MOON DUST IMPACT ON BIOLOGICAL OBJECTS

Аннотация. Представлен обзор отечественных и зарубежных исследований по изучению токсиколо-гигиенических эффектов влияния на организм человека частиц лунной пыли. Развитие воспалительной реакции и легочного фиброза в значительной степени определяются механико-химическими свойствами лунной пыли с повреждением острыми краями частиц альвеолярных макрофагов, микротравмами альвеолярного эпителия, нервных окончаний, повышением проницаемости микрососудов, способствуя развитию местных (пневмокопоз) и системных воспалительных реакций, фиброза легочной ткани. Частицы лунной пыли обладают менее

выраженной фиброгенной активностью, по сравнению с действием на организм двуоксида кремния.

Ключевые слова: лунная пыль, органы дыхания, токсичность, фиброз.

Abstract. A review of national and foreign studies on toxicological and hygienic effects of moon dust particles on the human body is presented. The inflammatory response and pulmonary fibrosis is largely determined by the mechanical and chemical properties of moon dust and sharp edges of particles, which is accompanied by damage of alveolar macrophages, microtrauma of the alveolar epithelium, nerve endings, increased permeability of microvessels, contributing to the development of local (pneumoconiosis) and systemic inflammatory reactions and fibrosis of the lung tissue. Moon dust particles have a less pronounced fibrogenic activity compared to the effect of silicon dioxide.

Keywords: moon dust, respiratory organs, toxicity, fibrosis.

Для длительного безопасного пребывания космонавтов на Лунной поверхности необходимо решение токсиколого-гигиенических проблем, связанных с воздействием на организм человека химически активных пылевых частиц лунного грунта: оценка рисков для здоровья человека, установления предельно допустимых уровней воздействия, разработки медико-технических требований к системам удаления и нейтрализации пылевых частиц, средств индивидуальной защиты.

Лунная пыль обладает запахом пороха и умеренным местным раздражающим действием на слизистую оболочку глаз [1].

Патоморфологическими и гистохимическими исследованиями на животных было показано, что внутрибрюшинное и внутрижелудочное введение суспензии лунного грунта не оказывает специфического биологического действия на внутренние органы (кишечник, печень, почки) [2].

Установлено, что общетоксический эффект лунной пыли «Моря изобилия» связан с химико-механическим повреждением частицами альвеолярного эпителия и альвеолярных макрофагов, развитием местных и системных воспалительных реакций аутоиммунного характера (повышение факторов воспаления в сыворотке крови (С-реактивный белок, TNF- α , IL-6), в клетках миокарда (TGF β ₁). Достоверно повышались в сыворотке крови и бронхоальвеолярной жидкости провоспалительные цитокины (TNF- α , IL-6), иммуноглобулины (IgA, IgG) и перекисное окисление липидов [3,4]. Молекулярная основа легочного фиброза при воздействии лунного грунта состоит в активации цитокиновой регуляции воспаления

(увеличение в ткани легких трансформирующего фактора роста TGF- β_1) и про- и противовоспалительных цитокинов (TGF- β_1).

Выработка активных форм кислорода (повышение МДА) пораженными клетками альвеолярного эпителия, в свою очередь, приводит к дифференциации миофибробластов с отложением в интерстиции коллагена и фибропектина. Важно отметить, что фиброгенная активность лунного грунта «Моря изобилия» была менее выраженной по сравнению с действием двуокиси кремния [2].

Цитотоксическое действие частиц лунного грунта (электронно-микроскопическое исследование) показало увеличение числа фагоцитирующих макрофагов (ободки коагуляционного некроза) [2].

Лунный грунт материкового типа обладает менее выраженным фиброгенным действием, по сравнению с грунтом морского типа. Однако, более крупные частицы игольчатой формы лунного грунта материкового типа в большей степени наносили микротравмы окружающей легочной ткани. Патологический процесс захватывал не только легочную ткань, но и нервные окончания, повреждение соединительной ткани, повышение проницаемости микрососудов, развитие воспаления и пневмокониоза. В легочной ткани образовывались клеточно-фиброзные узелки [2].

Перспективными направлениями токсиколого-гигиенических исследований является изучение роли цитокиновой регуляции и активных форм кислорода в развитии легочного фиброза, ассоциированного с хроническим ингаляционным действием лунного грунта, основанных на современных методах анализа цитокиновой регуляции воспаления и патоморфологических исследованиях.

Литература

1. Meyers V.E., Garcia H.D., Monds K, et al // Ocular toxicity of authentic lunar dust // *BMC Ophthalmology* 12. 26. 2012. P. 26-33.
2. Кустов В.В., Белкин В.И., Кругликов Г.Г. Биологические эффекты лунного грунта. Проблемы космической биологии. - М: Изд. «Наука», 1989. - 256 с.
3. Masanori Horie, Takeo Miki, Yoshiyuki Honma, Shigeru Aoki, Yasuo Morimoto // Evaluation of Cellular Effects Caused by Lunar Regolith Simulant Including Fine Particles // *Journal of UOEH*. - 2015. 37(2):139-48. doi: 10.7888/juoeh.37.139.
4. Yan Sun, Lu Zhang, Jinguo Liu et al // Effects of lunar dust simulant on cardiac function and fibrosis in rats // *Toxicology Research*. - 2019. 8. P. 499-508.

Белаковский М.С.

кандидат медицинских наук
заведующий отделом

Куссмауль А.Р.

кандидат биологических наук
заместитель заведующего отделом –
старший научный сотрудник
ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г.Москва

**КОСМИЧЕСКОМУ РЕКОРДСМЕНУ
В.В. ПОЛЯКОВУ – 80 ЛЕТ**

SPACE RECORD-HOLDER V.V. POLYAKOV TURNS 80

Аннотация. 27 апреля 2022 г. исполнилось 80 лет космонавту Валерию Владимировичу Полякову. Поляков осуществил два длительных космических полета, один из которых остается рекордным по длительности пребывания. На борту и на Земле В.В. Поляков реализовал уникальные медицинские исследования, позволившие усовершенствовать систему медико-биологического обеспечения длительных полетов. Результаты его деятельности внесли значимый вклад в подготовку пилотируемого освоения дальнего космоса.

Ключевые слова: рекордный космический полет, врач-космонавт, пилотируемое освоение космоса, медицинское обеспечение космических полетов, космическая медицина

Abstract. For management of firm the mathematical model is constructed. The square-law criterion of efficiency of the functioning, reflecting total losses of firm is formulated. Optimum control of firm as the law with a feedback, providing operative management in conditions of change of demand is received. It is developed algorithmic and the software, which can form a basis for construction of the automated, control system by industrial - marketing activity of the enterprise.

Keywords: record-breaking space flight, physician-cosmonaut, human space exploration, medical support of space flights, space medicine

В условиях рыночной экономики одна из важнейших задач, стоящих перед предприятием, является задача оперативного реагирования на изменение потребительского спроса [1] ...

Материал и методы

Материал для настоящей работы собирался летом – в начале осени 2005–2006 гг. на лугах промышленной зоны Калуги. Основным методом сбора были укусы сачком. Единовременно выполнялось по 100 взмахов на каждом лугу [2–4].

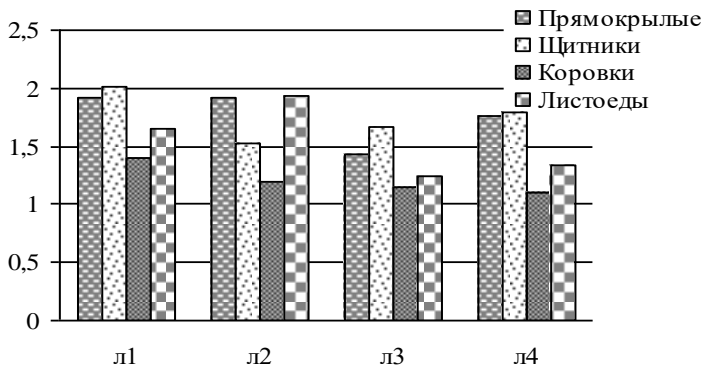


Рис. 1. Видовое разнообразие (индекс Шеннона) Модельных групп хортобионтов лугов г. Калуги

Литература

1. Орлов О.И., Белаковский М.С., Пономарева И.П. Вклад врача-космонавта-исследователя В.В. Полякова в космическую медицину (к 75-летию со дня рождения) // *Авиакосмическая и экологическая медицина.* – 2017. – Т.51. – №2. – С. 5-13.
2. Орлов О.И., Котов О.В., Куссмауль А.Р., Белаковский М.С. Роль врача в дальнем космическом полете // *Воздушно-космическая сфера.* – 2020. – №1. – С.36-49.
3. Белаковский М.С., Пономарева И.П., Волошин О.В. История ИМБП в фотографиях: космонавты ИМБП. – М. – 2016. – 16 с.
4. Газенко О.Г., Григорьев А.И., Егоров А.Д. От 108 минут до 438 суток и далее... (к 40-летию полета Ю.А. Гагарина) // *Авиакосмическая и экологическая медицина.* – 2001. – Т.35. – №2. – С. 58-63.
5. Polyakov V.V. The physician-cosmonaut tasks in stabilizing the crew members health and increasing an effectiveness of their preparation for returning to earth // *Acta Astronautica.* – 1991. – Т. 23. – С. 149.

УДК 629.786

eLIBRARY.RU: 34.00.00; 76.00.00; 89.00.00

Дымова А.А.

Шеф К.А.

Осипова П.Д.

Жукова Е.А.

Гуридов А.А.

Поддубко С.В.

ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г.Москва

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА
СПОРООБРАЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ
ГЕРМЕТИЧНО-ЗАМКНУТОГО ОБЪЕМА МКС С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ
ИДЕНТИФИКАЦИИ И АНАЛИЗ ИХ
АНТИБИОТИКОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ**

**DETERMINATION OF THE SPECIES COMPOSITION OF SPORE-
FORMING BACTERIA ISOLATED FROM THE HERMETICALLY
SEALED VOLUME OF THE ISS USING VARIOUS
IDENTIFICATION METHODS AND ANALYSIS OF THEIR
ANTIBIOTIC SENSITIVITY**

Аннотация. Условия жизнедеятельности, которые создаются на Международной космической станции (МКС), являются благоприятными для развития специфического микробного комплекса. В настоящее время приобретает большое значение более комплексное и детальное исследование микроорганизмов во внутреннем объеме Российского сегмента МКС (РС МКС) в связи с проектами по освоению ближайших космических объектов человеком.

Ключевые слова: микрофлора среды, замкнутые объекты, микробиология, среда обитания.

Abstract. The living conditions that are created on the International Space Station (ISS) are favorable for the development of a specific microbial complex. At present, a more comprehensive and detailed study of microorganisms in the internal volume of the Russian segment of the ISS (ISS RS) is of great importance in connection with projects for the development of nearby space objects by man.

Keywords: microflora of the environment, closed objects, microbiology of the environment, habitat.

В течение длительного периода эксплуатации МКС проводятся исследования микробного сообщества во внутренней среде РС МКС. Наибольший интерес представляют спорообразующие микроорганизмы, представленные родом *Bacillus*, способные выживать в экстремальных условиях под воздействием различным космофизических факторов.

Материалы и методы:

Объектами исследования являются бактерии рода *Bacillus*, выделенные в рамках микробиологического мониторинга Российского сегмента МКС в периоде с 45/46 по 65 экспедицию.

Биологические образцы анализировали с помощью масс-спектрометрии MALDI-TOF в соответствии с протоколами, разработанными компанией «Brucker».

Для идентификации выделенных культур использовали тест системы для определения *Bacillus spp.* со стандартизированной колориметрической системой. В данную систему входят семь общих биохимических тестов и пять тестов на утилизацию углеводов. Система оценки основана на метаболизме микроорганизма: изменении pH питательной среды, добавлении соответствующих реагентов и утилизации субстратов. Данные процессы приводят к изменению цвета среды в процессе инкубации.

Определение чувствительности к широкому спектру антибактериальных препаратов проводили с использованием диско - диффузионного метода. Результаты тестирования интерпретировали на основании пограничных значений EUCAST, версия 11.0 (действует с 01.01.2021).

Для определения полной бактериальной последовательности *de novo* ДНК выделяли из клеток, выращенных до стационарной фазы фенол-хлороформным методом, очищали от РНК РНКзой А/Т1 (ThermoFisher Scientific) придерживаясь рекомендаций производителя. Библиотеки готовили по протоколу «KAPA HyperPlus Kit KR1145-v8.21» (KAPA Biosystems, Roshe), секвенировали на приборе NextSeq 500 по 150 парных прочтений, с ожидаемым покрытием 50x.

Результаты:

В ходе проведения биохимической идентификации выделенных культур и в процессе соотношения положительных и отрицательных результатов тестов лабораторных и референс культур микроорганизмов отмечены значимые отличия исследуемых штаммов, что говорит о специфичности и видоизменённости данных микроорганизмов.

Результаты микробиологического скрининга чувствительности к антибактериальным препаратам показали наличие устойчивости у полетных штаммов. Сравнительно высокий уровень устойчивости к антибиотикам бета-лактаминового ряда был характерен для штаммов *Bacillus sp.*, выделенных с поверхностей и из воздушных проб внутренней среды МКС.

Результаты полногеномного секвенирования ДНК будут получены после проведения исследования. На основании собранных геномов планируется моделирование последовательностей праймеров, для дальнейшего поиска причин устойчивости или чувствительности к некоторым антибиотикам и химическим веществ, разрушающих клетку бактерии или физическим деструктивным факторам, выработанным после длительного нахождения бактерий на МКС посредством измерения экспрессии генов, «включающихся» в ответ на действие антибиотиков или других стресс-агентов.

Таким образом, уже можно говорить о том, что штаммы, находящиеся продолжительное время в специфичных условиях замкнутого объема РС МКС, отличаются от референсных штаммов с Земли, обладают другими свойствами и являются более устойчивыми к воздействию различных групп антибиотиков.

УДК 612.1/8 (616.74)
eLIBRARY.RU: 89.27.29

Кукоба Т.Б.

кандидат педагогических наук, доцент
ведущий научный сотрудник
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»
Звездный городок

Бабич Д.Р.

младший научный сотрудник
ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г.Москва

Фомина Е.В.

доктор биологических наук, профессор
ведущий научный сотрудник
ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г.Москва

РЕАДАПТАЦИЯ МЫШЦ КОСМОНАВТОВ ПОСЛЕ ПОВТОРНЫХ ПОЛЕТОВ

COSMONAUT MUSCLE READAPTATION AFTER REPEATED FLIGHTS

Аннотация. С целью определения влияния опыта пребывания космонавта в условиях невесомости на скорость реадaptации скоростно-силовых качеств его мышц к условиям Земли проведено сравнение результатов изокинетического тестирования. Скоростно-силовые качества мышц ног достоверно значимо снижались на четвертые сутки и не восстанавливались к пятнадцатым суткам реадaptации после первого космического полета (КП), а после второго КП не имели достоверно-значимых изменений во всех изучаемых показателях, за исключением силы флексоров голени.

Ключевые слова: реадaptация, повторные космические полеты, космонавты, скоростно-силовые качества мышц.

Abstract. In order to determine the influence of the astronaut's experience in weightlessness on the readaptation rate of the muscles speed-force qualities to the conditions of the Earth, the results of isokinetic testing have been compared. The speed-force qualities of the leg muscles significantly decreased by the fourth day and did not recover to the fifteenth day of readaptation after the first space flight (SF), and after the second SF did not have a reliable-significant change in all the studied indicators, except for the strength of the tibia flexors.

Keywords: readaptation, repeated space flights, cosmonaut's muscles speed-strength qualities.

Важным, но недостаточно изученным, остается вопрос об изменениях в организме человека, подвергнувшегося неоднократным воздействиям микрогравитации и возвращенного в условия гравитационного поля Земли. Ранее было показано влияние опыта КП на скорость процессов реадaptации разных систем организма человека к условиям Земли [1, 2]. В результате проведенного исследования выявлены особенности реадaptации скоростно-силовых качеств мышц к условиям Земли после повторных полетов на Международную космическую станцию, как аналог различных этапов современных сценариев межпланетной экспедиции.

Материал и методы

В исследование приняли участие 6 космонавтов, выполнивших по два КП длительностью от 115 до 202 суток.

Изокинетическое тестирование (силовой динамометр Субех) проводили за 30 и 60 суток до КП, и на 4-е и 15-е сутки после его завершения. Оценивали максимальную произвольную силу мышц голени на угловой скорости $30^{\circ}/с$, мышц бедра на угловой скорости $60^{\circ}/с$, силовую выносливость мышц бедра на угловой скорости $120^{\circ}/с$.

Оценка достоверности различий между результатами, полученными после первого и второго КП, осуществлялась на основе применения непараметрических методов описательной статистики в программе Statistica 10.

Результаты и обсуждение

После первого КП выявлены негативные изменения по всем изучаемым показателям, потери в сравнении с предполётными значениями были больше как на четвертые, так и на пятнадцатые сутки реадaptации, чем после второго КП ($P \leq 0,05$). После второго КП достоверно значимое снижение выявлено только в силе флексоров голени. Положительная динамика восстановления мышц выявлена после второго КП в силовой выносливости и силы флексоров бедра.

Литература

1. Oganov V.S., Bogomolov V.V., Bakulin A.V., et al. Comparative analysis of changes in the skeleton of cosmonauts in long-term orbital flights and the possibilities of prediction for interplanetary missions // Human Physiology. – 2010. Т. 36. – № 3. – P. 282–289.
2. Kornilova L.N., Glukhikh D.O., Habarova E.V., et al. Visual–manual tracking after long spaceflights // Human Physiology. – 2016. – Т. 42. – № 3. – С. 301–311.

УДК 629.784.016 (100):57.083
eLIBRARY.RU: 06.73.21

Дешевая Е.А.

кандидат биологических наук
ведущий научный сотрудник
ГНЦ РФ-ИМБП РАН

Цыганков О.С.

доктор технических наук
главный научный сотрудник
ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королёва»
г. Королёв

Шубралова Е.В.

главный специалист

АО «ЦНИИмаш», г. Королёв
Пеклевский А.В.
к.ф.-м.н.,
ведущий научный сотрудник
АО «ЦНИИмаш», г. Королёв

**БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

**BIOCHEMICAL ASPECTS OF DISTRIBUTION OF SPACE
TECHNOLOGIES IN NEAR-EARTH SPACE**

Аннотация. В работе представлены новые сведения об окружающем пространстве, полученные при проведении анализа состава мелкодисперсного осадка на поверхности модулей в рамках космического эксперимента «Тест» на МКС. Установлено наличие активной биохимической среды на поверхности орбитального объекта, включающей жизнеспособные споры микроорганизмов, адсорбированные поверхностью химические элементы экзосферы Земли, частицы кометных хвостов и вулканических газов, радиоактивные изотопы, в том числе после проведения ядерных испытаний. Космический мусор и многотысячные орбитальные группировки являются сборщиками и носителями на своей поверхности биообъектов, агрессивных химических элементов и радиоактивных частиц, не рассеиваемых в космическое пространство, что определяет новые опасные аспекты экзосферы Земли.

Ключевые слова: космическая пыль, химические элементы, вулканические газы, биосфера.

Abstract. The article presents new information about the surrounding space, obtained during the analysis of the composition of the fine sediment on the surface of the modules in the framework of the Test experiment on the ISS. The presence of an active biochemical medium on the surface of an orbital object, including viable spores of microorganisms, chemical elements of the Earth's exosphere adsorbed by the surface, particles of comet tails and volcanic gases, radioactive isotopes, including after nuclear tests, has been established. Space debris and thousands of orbital groups are collectors and carriers on their surface of biological objects, aggressive chemical elements and radioactive particles that are not dispersed into outer space, which determines the new dangerous aspects of the Earth's exosphere.

Keywords: cosmic dust, chemical elements, volcanic gases, biosphere.

Долговременное функционирование обитаемой космической станции невозможно без обслуживания с Земли и не может исключать контаминацию внутренних объемов земными микроорганизмами, в том числе: с воздушной средой герметичных объемов грузовых и транспортных кораблей, на предметах обеспечения питания и быта, на расходных материалах, оборудовании дооснащения и модернизации, оборудовании для выполнения научных экспериментов. Практика проведения ресурсных работ и внекорабельных экспериментов не исключает возможность контаминации внутренних объемов станции микроорганизмами с внешней поверхности станции:

– попадающими на скафандры при работе космонавтов на внешней поверхности станции (более 500 космонавтов РС и АС провели работы по ВКД за 21 год эксплуатации МКС);

– в составе мелкодисперсного осадка на поверхностях объектов, демонтированных и вносимых внутрь станции после длительного экспонирования для доставки на Землю кораблями «Союз», Cygnus и SpaceX.

Следовательно, функционирование орбитальной пилотируемой станции не может исключать контаминацию земными микроорганизмами как внутренних объемов станции (что хорошо исследовано), так и внешних поверхностей, что доказано в эксперименте «Тест». Установленная возможность сохранения жизнеспособности спор микроорганизмов на поверхности МКС указывает не только на наличие самой биохимически активной среды, но и возможность транспортирования биологических объектов и химических элементов в космическом пространстве. Следует принять во внимание, что частицы тридцати шести метеороидных потоков комет в зонах пересечения ими орбиты Земли могут как принести, так и вынести с собой микроорганизмы из околоземного пространства (ОЗП) в межпланетное пространство. Возникает гипотеза «панспермии наоборот»: с Земли может распространяться жизнь в космическое пространство, порождая и вынося в него бактериальные частицы.

Научной новизной эксперимента «Тест» является проведение послеполётного анализа не только микробиологического, но и химического мелкодисперсных частиц на поверхностях устройств экспонирования, тампонах, контаминированных спорами микроорганизмов, пробников после отбора среды с поверхности. Это позволяет оценить химический состав реальной околообъектовой среды на высоте 400 км. Результаты исследования мелкодисперсного

осадка, собранного с поверхности российского сегмента (РС) МКС, приведены на рисунке 1.

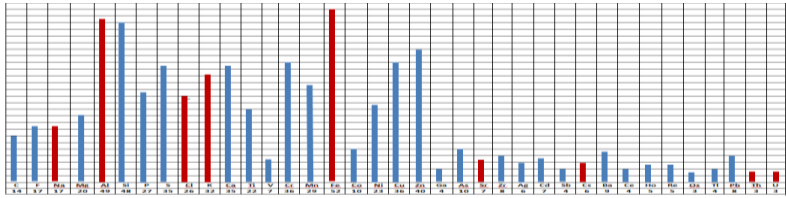


Рисунок 1 Количество следов химических элементов, выявленных в пробах осадка на поверхности модулей.

(красным выделены элементы с радиоактивными изотопами)

Неоднократно выявленные в ходе эксперимента «Тест» частицы редкого металла рения можно рассматривать как маркер следов вулканических газов, достигших внешней поверхности МКС, также как наличие радиоизотопных элементов в составе проб (красные линии на рисунке 1). Основную роль в их доставке на высоту 400 км играет грозовая активность в период развития тайфунов и вулканических извержений, а так же возможное формирование джетов и спрайтов (молний наоборот), связывающих стратосферу и ионосферу, на «гребне» которых возможна быстрая инжекция аэродисперсных частиц в ионосферу со сменой фазового состояния «аэрозоль-космозоль».

Выводы

1. В эксперименте «Тест» впервые установлено наличие следов вулканических газов на поверхности космического объекта (МКС). Констатация наличия следов вулканических газов на высоте 400 км над Землей является новым значимым результатом исследований околоземного пространства и фактическим подтверждением Глобальной электрической цепи. В мире насчитывается примерно 840 действующих вулканов, обычно за год происходит 20-30 извержений.

2. Установленная возможность сохранения жизнеспособности спор микроорганизмов на поверхности МКС и транспортирования их в космическое пространство указывает на распространения биосферы Земли до высоты по крайней мере 400 км. Частицы тридцати шести метеороидных потоков, ежегодно проходящих через околоземное пространство, на каждом витке полета любого орбитального объекта могут быть адсорбированы его поверхностью. Частицы этих метеороидных потоков могут как принести, так и вынести с собой микроорганизмы из околоземного пространства (ОЗП) в межпланетное пространство.

3. Изложенные факты указывают на значимость вопросов, связанных с биохимическими аспектами распространения космических технологий, связанных с космическими аппаратами, входящими в существующие многочисленные околоземные орбитальные структуры различного назначения, а также фрагментов космического мусора. Возможна адсорбции и сбор на их поверхности – спор микроорганизмов как земного, так и космического происхождения;

- радиоактивных изотопов из состава вулканических газов, а также после проведения ядерных испытаний;
- частиц кометных хвостов и адсорбированные ими молекул межзвёздной среды.

Околоземное пространство является биохимически активной средой. Это необходимо учитывать, планируя многотысячные орбитальные группировки (Starlinks, США) и размещение обитаемых орбитальных станций с развитой структурой обеспечения и туризма. Также важно рассматривать угрозу космического мусора не только в плане динамического воздействия при столкновении с ним. Космический мусор и многотысячные орбитальные группировки являются сборщиками и носителями на своей поверхности биообъектов, агрессивных химических элементов и радиоактивных частиц, не рассеиваемых в космическое пространство, что определяет новые опасные аспекты экосферы Земли.

УДК 613.693, 374.71, 659.44

eLIBRARY.RU: 89.27.00, 34.39.00, 76.35.29

Волошин О.В.

старший менеджер по рекламе

Томиловская Е.С.

кандидат биологических наук

заведующий отделом

заведующий лабораторией-

ведущий научный сотрудник

Куссмауль А.Р.

кандидат биологических наук

заместитель заведующего отделом –

старший научный сотрудник

ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г.Москва

**НАУЧНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «ПАВЛОВСКИЙ
ЦЕНТР «ИНТЕГРАТИВНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ – МЕДИЦИНЕ,
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮ И
ТЕХНОЛОГИЯМ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ» – ПЛАТФОРМА
ДЛЯ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И
ПРИВЛЕЧЕНИЯ МОЛОДЫХ КАДРОВ В КОСМИЧЕСКУЮ
МЕДИЦИНУ И БИОЛОГИЮ**

**WORLD-CLASS SCIENCE CENTER "PAVLOVSKIY CENTER
"INTEGRATIVE PHYSIOLOGY – FOR MEDICINE, HIGH-TECH
HEALTHCARE AND STRESS RESISTANCE TECHNOLOGIES" -
A PLATFORM FOR POPULARIZATION OF SCIENTIFIC
RESEARCH AND ATTRACTION OF YOUNG STAFF TO SPACE
MEDICINE AND BIOLOGY**

Аннотация. На базе ИМБП РАН создан Центр изучения и профилактики эффектов долговременной изоляции как составной элемент НЦМУ «Павловский центр «Интегративная физиология – медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости» для исследования проблем стресса, вызванного длительной физической разгрузкой и социальной изоляцией, и разработки подходов к их профилактике. Популяризация работы центра может дать значительный эффект в деле формирования самосознания общества и привлечения молодых высокопрофессиональных и мотивированных кадров в космическую медицину и биологию. ИМБП РАН накоплен богатый опыт, способствующий успешному выполнению данной задачи.

Ключевые слова: научный центр мирового уровня, интегративная физиология, космическая медицина и биология, технологии стрессоустойчивости, социальная изоляция.

Abstract. On the basis of the Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, the Center for the Study and Prevention of the Effects of Long-Term Isolation was established as an integral element of the NTsMU "Pavlovskiy Center "Integrative Physiology – for Medicine, High-Tech Healthcare and Stress Resistance Technologies" to study the problems of stress caused by prolonged physical unloading and social isolation, and develop approaches to their prevention. Popularization of the center's work can have a significant effect in shaping the self-awareness of society and attracting young highly professional and motivated personnel to space medicine and biology. The IBMP RAS has accumulated rich experience that contributes to the successful implementation of this task.

Keywords: world-class research center, integrative physiology, space medicine and biology, stress resistance technologies, social isolation.

Научные центры мирового уровня (НЦМУ) – консорциумы, созданные в рамках национального проекта «Наука» на основании открытого конкурсного отбора на предоставление грантов в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития НЦМУ по приоритетным направлениям НТР. [1]

На базе Института медико-биологических проблем Российской академии наук создан Центр изучения и профилактики эффектов долговременной изоляции как составной элемент НЦМУ «Павловский центр «Интегративная физиология – медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости», обеспечивающего развитие интегративной физиологии для прогресса медицины, для высокотехнологичного здравоохранения и разработки технологий стрессоустойчивости.

Цель создания центра изучения и профилактики эффектов долговременной изоляции - исследования проблем стресса, вызванного длительной физической разгрузкой и социальной изоляцией, и разработка подходов к их профилактике. Эта деятельность представляет собой исследования передового уровня, реализуемые в тесной кооперации с международным научным сообществом.

Популяризация таких исследований может дать значительный эффект в деле формирования самосознания общества, особенно молодежи, и привлечения молодых высокопрофессиональных и мотивированных кадров в науку. ИМБП РАН накоплен богатый опыт, способствующий успешному выполнению данной задачи. Для этого предусмотрено как прямое взаимодействие со СМИ, проведение встреч с журналистами, так и публикации в соцсетях, подготовка презентаций в научно-популярном формате сотрудниками центра и др. Основные информационные партнеры ИМБП РАН - Информационное телеграфное агентство России (ИТАР-ТАСС), Международное информационное агентство «Россия сегодня» (МИА «Россия сегодня»), информационная группа «Интерфакс», Всероссийская государственная телевизионная и радиовещательная компания (телеканалы Россия-1, Россия-2, Россия-24, «Культура»), телекомпании «Первый канал», «Звезда» и др. [2]

Проводятся как неформальные встречи с журналистами, так и пресс-конференции в более официальном формате, в частности в

Международном мультимедийном пресс-центре МИА «Россия сегодня». Такие мероприятия не отменяют традиционного взаимодействия со СМИ в виде интервью, комментариев, пресс-релизов. Кроме того, у ИМБП имеются страницы во всех популярных социальных сетях, которые активно используются в том числе для публикации информации о важных событиях в работе центра. По наиболее важным информационным поводам были подготовлены краткие сообщения и отправлены для публикации на новостном сайте НЦМУ. Другим важным направлением является презентационная активность. Сотрудники центра регулярно освещают его деятельность на различных научно-популярных платформах.

Об эффективности такой деятельности свидетельствует рост числа молодых сотрудников в составе персонала центра, а также количества молодежи, участвующей в мероприятиях центра.

Популяризация деятельности Центра способствует ознакомлению широкой публики с деятельностью НЦМУ, с использованием космических технологий в такой деятельности, и вносит значимый вклад в привлечение активной молодежи как в научную сферу, так и в космическую медицину в частности.

Тезисы подготовлены при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-15-2022-298 от 18.04.2022 о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Павловский центр «Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости».

Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 апреля 2019 г. № 538 «О мерах государственной поддержки создания и развития научных центров мирового уровня». <https://xn--11abtk.xn--p1ai/upload/iblock/8dc/tjwl4vinl3pwtac064023216rh6got2f/PP-538-ncmu-03.2022.pdf>
2. Орлов О.И., Белаковский М.С., Левинских М.А., Куссмауль А.Р., Лекай Л.Л., Волошин О.В., Сахарова А.Б. Опыт просветительской деятельности и популяризации достижений отечественной космической биологии и медицины в ГНЦ РФ-ИМБП РАН // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2022. – Т.56. – №1. – С. 93-106.

УДК: 57.017.32
eLIBRARY.RU: 89.00.00

Васильева Г.Ю.

кандидат медицинских наук
заведующий лабораторией
- ведущий научный сотрудник
ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г.Москва

Виноходова А.Г.

кандидат психологических наук
ведущий научный сотрудник
ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г.Москва

Попова Ю.А.

кандидат медицинских наук
ведущий научный сотрудник
ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г.Москва

**СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ НАУЧНОЙ ПРОГРАММЫ
ДЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ, МОДЕЛИРУЮЩИХ
ДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЁТА В
УСЛОВИЯХ ИЗОЛЯЦИИ ЭКИПАЖА В ГЕРМООБЪЕКТЕ**

**SYSTEM OF PLANNING OF A SCIENTIFIC PROGRAM OF
LONG-TERM EXPERIMENTS SIMULATING THE ACTION OF
SPACE FLIGHT FACTORS ON THE CREW STAYING IN
ISOLATION IN A HERMETICALLY CLOSED FACILITY**

Аннотация. Вопросы организации планирования деятельности экипажа в научных экспериментальных исследованиях, моделирующих действие факторов космического полёта в условиях изоляции в гермообъекте различной продолжительности, рассматриваются в докладе на примере проектов SFINCSS'99, Марс-500 и SIRIUS, которые проходили в Институте медико-биологических проблем. Показаны этапы подготовки и реализации циклограммы наземных модельных экспериментов для выполнения медико-биологических задач.

Ключевые слова: система планирования деятельности экипажа, изоляция в гермообъекте, научная программа, циклограмма эксперимента.

Abstract. The issues of crew activity planning in research experimental studies simulating the effect of space flight factors during isolation of various duration in a hermetically closed facility are considered in the report

on the example of the SFINCSS'99, MARS-500 and SIRIUS projects, which took place at the Institute of Biomedical Problems of RAS. The stages of preparation and implementation of the ground model experiments timeline for performing biomedical tasks are shown.

Keywords: system of planning of crew activity, isolation in hermetically closed facility, research program, experimental timeline.

На протяжении 55 лет специалисты Института медико-биологических проблем (ИМБП) проводят экспериментальные исследования в условиях изоляции экипажа (добровольцев-испытателей) в гермообъекте. Первый эксперимент, широко известный по книге «Год в «Звездолёте» [1], был проведён в 1967-1968 гг. и дал положительную оценку возможности проживания добровольцев в герметичной камере.

В дальнейшем в ИМБП было проведено около 20 экспериментов продолжительностью от 7 суток («Луна-2015») до рекордных 520 суток (проект «Марс-500»), в которых исследователями были выполнены различные научные задачи, необходимые как для осуществления пилотируемых космических полётов на орбитальных станциях (ОС), так и будущих межпланетных пилотируемых миссий. Благодаря этим экспериментам учёные исследовали психофизиологическое состояние экипажа, в том числе с моделированием ситуаций, характерных как для периода острой адаптации, так и в случае нештатных ситуаций при сверхдлительном пребывании экипажа на ОС; решали вопросы по изучению реакции организма человека и его отдельных органов на длительное пребывание в экстремальных условиях; изучали взаимодействие человека и окружающей среды с использованием высших растений; проводили испытания систем жизнеобеспечения и режимов связи с наземными службами.

Для каждого изоляционного эксперимента научно-организационным комитетом определяются цели, разрабатывается уникальный сценарий и подготавливается специальная научная программа, состоящая из совокупности научных заявок. Одновременно идёт работа по формированию долгосрочного плана эксперимента. Уже на этапе разработки сценария специалистам ИМБП необходимо учесть возможности его реализации как с точки зрения выполнения поставленных в эксперименте целей, так и с точки зрения сохранения здоровья членов экипажа, для чего определены оптимальные режимы труда и отдыха членов экипажа [2].

Многолетний опыт планирования действий участников (добровольцев-испытателей) показал, что формирование планов экспериментов (долгосрочное, краткосрочное и детальное планирование, перепланирование в реальном времени и т.д.) требует напряженной работы и больших временных затрат научных сотрудников ИМБП. Несмотря на значительное сходство планирования работы экипажа в условиях изоляционных экспериментов с планированием работы космонавтов на этапе подготовки к космическому полёту или находящихся на пилотируемой ОС [3,4], необходимо отметить и значительные различия. В частности, планирование наземных мультидисциплинарных научных исследований сопряжено с рядом организационных сложностей, связанных с большим количеством научных методик (достигающих нескольких сотен), выполнением членами экипажа сложных медицинских исследований, требующих особых условий проведения или ограничений, необходимости планирования определённых методик в одни и те же сутки или даже одновременно всем членам экипажа (до 6 человек), соблюдением жёсткой последовательности при выполнении научной программы. Каждый эксперимент состоит из четырех различных плановых периодов – период обучения членов экипажа научным методикам, период фоновых обследований, период изоляции в гермообъекте и период последствий. Эти периоды одинаково важны для выполнения поставленных целей, но каждый из них требует различных подходов при составлении перспективных планов и ежедневной циклограммы. Поэтому немаловажное значение имеет ежедневная работа специалистов по планированию непосредственно с ответственными исполнителями (principal investigator) конкретных экспериментальных заявок.

На примере крупных комплексных научных проектов SFINCSS'99, Mars-500 и SIRIUS в докладе рассматриваются вопросы организации работы специалистов, ответственных за планирование экспериментальных исследований (группа планирования): разработка перспективного плана-графика научных исследований; графика подготовки испытателей по научной программе и штатным процедурам; детального плана (циклограммы); согласования графика с российскими и зарубежными исполнителями научных исследований и ответственными за штатные процедуры; оперативный контроль за ходом выполнения запланированных исследований и штатных процедур; коррекции циклограммы с переносом, заменой или отменой отдельных видов исследований.

Работа выполнена в рамках тем 63.2, 64.1, 65.1 фундаментальных научных исследований РАН.

Литература

1. Божко А.Н., Городинская В.С. Год в «Звездолете».- М.: Молодая гвардия,1975.-160с.
2. Степанова С.И., Галичий В.А., Нестеров В.Ф., Сараев И.Ф. Актуальные вопросы труда и отдыха космонавтов в полётах на Международной космической станции//Авиационная и экологическая медицина.- 2012.-Т. 46. № 6. - С. 14-18.
3. Лазарев А.А., Бронников С.В., Герасимов А.Р., Мусатова Е.Г., Петров А.С., Пономарев К.В., Харламов М.М., Хуснуллин Н.Ф., Ядренцев Д.А. Математическое моделирование планирования подготовки космонавтов // Управление большими системами: сборник трудов. -2016.- № 63. - С. 129-154.
4. Соловьев В.А., Станиловская В.И. Опыт управления космическими полетами орбитальных комплексов третьего поколения//Актуальные проблемы авиационных и аэрокосмических систем.- 2004.-№1(17). -С. 50-59.

УДК: 57.017.32

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Семенова В.В.

Младший научный сотрудник
ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г.Москва

Васильева Г.Ю.

кандидат медицинских наук
заведующий лабораторией
- ведущий научный сотрудник
ГНЦ РФ-ИМБП РАН, г.Москва

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ВЛИЯНИЯ ПОТООТДЕЛЕНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ
БИОИМПЕДАНСНОГО АНАЛИЗА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**TEST BENCH TO DETERMINE THE INFLUENCE OF BODY
PERSPIRATION ON THE RESULT OF BIOIMPEDANCE
ANALYSIS IN DYNAMIC STUDIES**

Аннотация. Исследование гидратационного статуса организма человека необходимо как для решения фундаментальных научных задач, так и для медицинского контроля состояния пациентов. В последние годы для определения состояния водных секторов организма широко применяется метод биоимпедансного анализа. В докладе рассматривается вопрос влияния потоотделения обследуемого человека на точность параметров, регистрируемых приборами для биоимпедансного анализа. Представлено инженерно-техническое решение стенда для проведения экспериментальных тестирований влияния различной степени увлажнения кожи и одежды обследуемого на получаемые данные.

Ключевые слова: гидратационный статус, биоимпедансный анализ, факторы космического полёта.

Abstract. The study of the human body hydration status is necessary for solving fundamental scientific problems and for medical monitoring of the patients' state. In recent years, the method of bioimpedance analysis has been widely used to determine the state of the body water sectors. This report deals with the issue of the effect of perspiration of the examined person on the accuracy of parameters recorded by devices intended for bioimpedance analysis. The engineering and technical solution of the bench for testing of the influence of different degrees of skin moistening and clothing of the subject on the data obtained is presented.

Keywords: hydration status, bioimpedance analysis, space flight factors.

Изучение уровня гидратации организма и перемещения жидких сред по регионам тела человека при действии факторов космического полёта (КП) является одним из важнейших физиологических вопросов космической медицины. Последние два десятилетия для этих исследований в экспериментах, моделирующих условия КП [Ошибка! сточник ссылки не найден.-2] и в целевых работах на борту Международной космической станции [3-4] используется неинвазивный метод полисегментного биоимпедансного анализа (БИА). Данный метод основан на измерении сопротивления тканей току различных частот [5].

В настоящее время этот метод прочно закрепился и как диагностический при проведении функциональных тестов, направленных на изучение влияния различных гравитационных нагрузок на организм человека. В частности, метод БИА применяется при разработке эффективных режимов профилактики неблагоприятного воздействия невесомости на организм человека для определения в режиме реального времени (real-time) перемещения

жидких сред по регионам тела во время вращения испытуемых на центрифуге короткого радиуса[6]. Также данный метод используется авторами во время проведения функциональных пассивных ортостатических проб для оперативного наблюдения за состоянием участников экспериментов, находившихся от нескольких часов до нескольких недель в условиях «сухой» иммерсии или антиортостатической гипокинезии.

Однако, так как проведение функциональных нагрузочных проб часто сопровождается обильным потоотделением у обследуемых, закономерно возникает вопрос о возможном влиянии на регистрируемые показатели изменения уровня влажности кожи обследуемого в процессе тестирования. Поэтому основной задачей данного исследования была разработка экспериментального стенда и подготовка специальной системы для увлажнения отдельных участков тела обследуемого в заданном режиме для проведения тестовых измерений водных секторов организма при различной степени влажности отдельных участков поверхности кожи. В результате работы был подготовлен и апробирован действующий макет экспериментального стенда.

Авторы благодарят специалистов ООО НТЦ «МЕДАСС» Николаева Д.В., Щелькалину С.П. и Колесникова В.А. за консультации и важные замечания при разработке макета экспериментального стенда.

Работа выполнена в рамках темы № 65.1 фундаментальных научных исследований РАН.

Литература

1. Носков В.Б., Котов А.Н. Импедансометрическое исследование гидратационного статуса и состава тела при антиортостатической гипокинезии // Авиакосмич. и экологич. медицина, 2005, Т. 39, № 4, С. 41-45.
2. Ничипорук И.А., Васильева Г.Ю., Носков В.Б., Моруков Б.В. Динамика состава тела, нейрогуморального и психофизиологического статуса человека в условиях 105-суточной изоляции в гермообъекте // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2011. Т. 45. № 2. С. 39-44.
3. Носков В.Б., Ничипорук И.А. Динамика объемов жидкостных пространств организма у космонавта при длительном полете // Рос. физиол. журн. им И.М. Сеченова. 2004. Т. 90, № 8, С. 76
4. Носков В.Б., Ничипорук И.А., Григорьев А.И. Динамика жидкостных сред и состава тела в условиях длительного космического

полета (биоимпедансный анализ) // Авиакосмич. и экологич. медицина - 2007, Т. 41, № 3, С. 3-7.

5. Носков В.Б., Николаев Д.В., С.А. Туйкин, В.И. Кожаринов, В.А. Грачев Портативный импедансометр для оценки жидкостных пространств организма в условиях космического полета // Медицинская техника, 2007, № 2, С. 45-47.

6. Takhtobina, Y. V., Shchelykalina, S. P., Smirnov, Y. I., Smirnov, A. V., Koloteva, M. I., Vassilieva, G. Y., & Nikolaev, D. V. Monitoring of body fluid redistribution using segmental bioimpedance during rotation on a short-radius centrifuge //Physiological Measurement. 2020. Т. 41. №. 4. p. 044006. (<https://doi.org/10.1088/1361-6579/ab840b>)

Секция 5
«АВИАЦИЯ И ВОЗДУХОПЛАВАНИЕ»

УДК 629.735.33
eLIBRARY.RU: 55.47.81

Меликова М.Б.
кандидат психологических наук
старший научный сотрудник
Летно-исследовательского института
имени М.М. Громова, г. Жуковский

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МЕТОДОЛОГИИ АВИАЦИОННОЙ
ЭРГОНОМИКИ ЗА РУБЕЖОМ**

**THE DEVELOPMENT TRENDS OF AVIATION HUMAN
FACTORS/ERGONOMICS METHODOLOGY IN USA AND
EUROPE**

Аннотация. В докладе представлена смена методологических приоритетов эргономического обеспечения разработки и испытаний сложных авиационных систем, связанная с автоматизацией.

Ключевые слова: сложность, непредвиденные ситуации, эргономические факторы ошибок, взаимодействие экипажа с автоматикой, программа FlightPath 2050.

Abstract. The report is devoted to the paradigmatic shift of HF/E in aviation due to human-automation integration complexity.

Keywords: complexity, unexpected events, design-induced error, crew-automation interaction, FlightPath 2050.

Постановка проблемы. Вопросы «человеческого фактора» (ЧФ) связаны с безопасностью полетов. Катастрофы А330 (AF 447) и В-737Мах показали неэффективность учета ЧФ при автоматизации ЛА. Необходимо выделить нерешенные методологические проблемы авиационной эргономики.

Основные вопросы. 1. *Расширение понятия ЧФ.* 2. *Сложность авиационных систем и непредвиденные полетные ситуации.* 3. *Автоматизация управления и эргономические факторы ошибок экипажа.*

Помимо ошибок пилота из-за неподготовленности и ухудшения состояния выделены ошибки оператора, вызванные недостатками

проектирования, а также успешная деятельность экипажа в условиях непредвиденных ситуаций. Сложность систем делает непригодными традиционные принципы проектирования и испытаниям (сертификации) авиационной техники[1]. Главный фактор риска - повышение вероятности непредвиденных ситуаций в полете современных самолетов. В документах FAA, EASA, ICAO необходимость соответствующих изменений подготовки пилотов отражена в связи с проблемами утраты навыков ручного пилотирования и потери управления в полете (LOC-I) [2], при этом 1) сделан акцент на преобразовании подготовки, 2) изменение подготовки построено на модели испуга (растерянности) и модели отсутствия гибкости действий экипажа в непредвиденных обстоятельствах. Автоматизация является одним из ключевых факторов повышения сложности систем, что требует, в том числе, пересмотра методологии эргономического обеспечения. Европейская Программа развития авиационных систем *FlightPath 2050* (EASA, EUROCONTROL) предполагает следующие приоритеты ЧФ/эргономики [3]: 1) Автоматизация – это основа реализации *Программы*, эффективность технологий автоматизации управления зависит от кардинальной смены методологии «человеческого фактора». 2) Главный недостаток имеющихся методов ЧФ – их принадлежность системе понятий эргономики, а не сфере проектировочных задач, 3) На практике распространены экспертные методы эргономического исследования, которые имеют ограниченную пригодность – пользователи (операторы) сообщают «то, что им хочется, но не то, что им нужно». Федеральное авиационное управление США (FAA) реализует аналогичную программу NextGen и реформирует нормативы сертификации в связи с проблемами ЧФ автоматизации (ЧФ_А), включая создание Центра компетенций ЧФ_А. ИКАО в документах 2021 года вводит требования фиксации параметров взаимодействия «летчик-самолет» в полете, а также дает указания экспертам по учету ЧФ при изменении норм вследствие внедрения нового оборудования.

В докладе проводится сопоставление зарубежной трактовки проблем авиационной эргономики и разрабатываемой системы эргономического обеспечения. В частности, за рубежом 1) действия в непредвиденных ситуациях не связаны с созданием отдельного интерфейса, 2) при подготовке летчиков не применена модель новизны ситуации, 3) разработка норм для новых систем не предполагает проведения экспериментов.

Литература

1. Leveson N. A Systems Approach to Human Factors Engineering /Combined AAvPA and PACDEFF Int. Symposium, 2018.
2. EASA.Startle Effect Management. NLR, 2015.
3. Woods D. (Ed.) Human Factors Integration in ATM System Design. EUROCONTROL, 2019

УДК 629.7.01

eLIBRARY.RU: 73.37.37

Андросова М.А.

Филатова Я.А.

студентки Московского
государственного технического
университета гражданской авиации
г. Москва

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СХЕМЫ САМОЛЕТА ИЛ-76

IMPROVEMENT OF THE AERODYNAMIC SCHEME OF THE IL-76 AIRCRAFT

Аннотация. Для совершенствования аэродинамической схемы транспортного самолета Ил-76 выполнен анализ аэродинамических характеристик магистральных самолетов, выбраны критерии эффективности, построена физическая модель проектируемого самолета и проведена продувка модели в аэродинамической трубе. Были сделаны выводы по результатам работы.

Ключевые слова: Поляра, аэродинамическая схема, силовая установка, дальность полета.

Abstract. To improve the aerodynamic scheme of the IL-76 transport aircraft, an analysis of the aerodynamic characteristics of the mainline aircraft was performed, efficiency criteria were selected, a physical model of the projected aircraft was built and the model was purged in the wind tunnel. Conclusions were drawn based on the results of the work.

Keywords: Polar, aerodynamic scheme, power plant, flight range.

Материал и методы

Самолёт Ил-76 ТД эксплуатируется с четырьмя двигателями Д-30 КП-2 (тяга 12 тс), Ил-76 ТД ВД-90 с двигателями ПС-90 (тяга 16 тс).

В ходе выполнения проекта были рассчитаны основные показатели самолета Ил-76(максимальная взлетная масса, масса перевозимого груза, дальность полета и др.) с различными газотурбинными двигателями (рис. 1) [1, с. 5-20]. Расчеты проводились с помощью Excel.

| Показатели | Д-30КП-2 | ПС-90 | Д-18Т | ПД-35 |
|------------------------------------|----------|--------|---------|---------|
| Максимальная взлётная масса (кг) | 190000 | 195000 | 190000 | 210000 |
| Кол-тво заправленного топлива (кг) | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |
| Масса самолёта (кг) | 190000 | 190000 | 188000 | 192000 |
| Масса груза (кг) | 50000 | 50000 | 50000 | 50000 |
| Ветер по маршруту (км/ч) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Часовой расход топлива (кг/ч) | 8200 | 7500 | 6200 | 6500 |
| Дальность полёта (км) | 3995,122 | 4480 | 5080,65 | 5169,23 |

Рис 1. Расчет продолжительности полета в часах и километрах с остатком 8000 кг

При проектировании самолета был проведен выбор критериев эффективности (рис. 2) [2, с. 15], [3, с. 30].

| Наименование | Обозначение | Тип 1 | Тип 2 | Проект |
|-------------------------------------|------------------|----------|--------|--------|
| Дальность полета, тыс. км | L | 5400 | 8500 | 12500 |
| Максимальная масса груза, тонн | $m_{ком}$ | 50 | 50 | 60 |
| Максимальная взлетная масса, тонн | m_0 | 190 | 190 | 190 |
| Тип двигателя | - | Д-30КП-2 | ПС-90А | ДТРД |
| Относительная масса нагрузки | $\bar{m}_{нагр}$ | 0,2 | 0,17 | 0,18 |
| Стартовая тяга одного двигателя, кН | P_{01} | 120 | 160 | 250 |
| Количество двигателей | $n_{дв}$ | 3 | 4 | 2 |
| Удельный расход топлива | $C_{уд}$ | 0,570 | 0,540 | 0,407 |

Рис. 2. Основные летно-технические характеристики

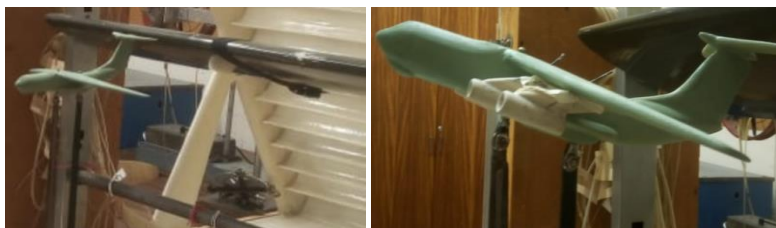
В ходе выполнения проекта было разработано техническое задание на проектирование самолета [4, с. 17].

В ходе выполнения проекта была изготовлена модель самолёта в масштабе М 1:200 (рис. 3).

При проведении исследований использовалась аэродинамическая труба лаборатории кафедры аэродинамики, конструкции и прочности летательных аппаратов Московского государственного технического университета гражданской авиации.

В аэродинамической трубе (максимальная скорость потока 20 м/с) выполнены продувки нескольких вариантов самолета: без силовой

установки (рис. 3А); со стандартной силовой установкой (рис. 3Б); с перспективной силовой установкой – два двигателя (Д – 18Т, ПД-30 и др.) (рис. 4А, Б).



А)

Б)

Рис. 3. А - Модель без двигателей; Б - модель со стандартной силовой установкой – четыре двигателя Д – 30КП-2



А)

Б)

Рис. 4. А - Модель с перспективной силовой установкой – два двигателя (Д – 18Т, ПД-30 и др.); Б - модель с перспективной силовой установкой – два двигателя (с коротким корпусом вентилятора) (Pratt & Whitney, General Electric и др.)

По результатам продувки построены поляры (рис. 5).

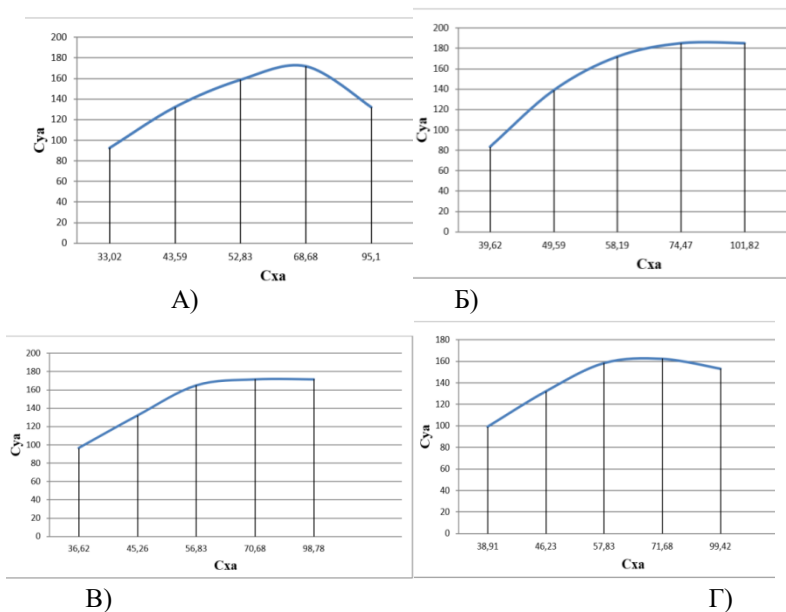


Рис. 5. Поляры модели самолета А) без двигателей Б) со стандартной силовой установкой – четыре двигателя Д-30КП-2 В) с перспективной силовой установкой – два двигателя (Д – 18Т, ПД-30 и др.); Г - самолета с перспективной силовой установкой – два двигателя (с коротким корпусом вентилятора) (Pratt & Whitney, General Electric и др.)

Таким образом, применение силовой установки на самолете Ил-76 с двумя маршевыми двигателями позволит:

- увеличить суммарную тягу от 2 до 50%;
- снизить суммарную массу силовой установки до 5 %;
- уменьшить лобовое сопротивление на 5 %;
- увеличить максимальную дальность полета на 27%.

Литература

1. Ефимов В.В., Ефимова М.Г., Чернигин К.О. Конструкция и прочность самолета. Крыло Учебное пособие М: ИД им. Н.Е. Жуковского, 2018.
2. ГОСТ 24867 - 81 Руководство по летной эксплуатации самолетов (вертолетов) гражданской авиации. Общие требования к содержанию, построению, изложению и оформлению. Ордена Знак Почета Издательство стандартов, г. Москва.

3. Ефимов В.В. Конструкция и прочность ЛА. Часть 1. Пособие по выполнению курсового проекта.

4. Васин И.С., Егоров В.И., Муравьев Г.Г. Аэродинамика самолета ИЛ-76Т. Под ред. Новожилова Г. В. М. : Транспорт, 1983 165 с.

УДК 621.396.946:621.396.7

eLIBRARY.RU: 89.15.00

Боровиков Д.И.

Барсуков Д.А.

Махмутов М.М.

обучающиеся Колледжа космического
машиностроения и технологий ГБОУ ВО МО

«Технологический университет»

г. Королев

УЧЕБНЫЙ СТЕНД ДЛЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

TRAINING STAND FOR AERODYNAMIC RESEARCH

Аннотация. Рассматриваются вопросы применения учебного испытательного стенда для проведения аэродинамических исследований моделей летательных аппаратов и их конструктивных элементов.

Ключевые слова: учебный стенд, аэродинамические испытания, летательные аппараты.

Abstract. The issues of using a training test bench for conducting aerodynamic studies of aircraft models and their structural elements are considered.

Keywords: training stand, aerodynamic tests, aircraft.

Практическая аэродинамика – раздел механики сплошных сред, в котором целью исследований является изучение закономерностей движения воздушных потоков и их взаимодействия с препятствиями и движущимися телам. Аэродинамические исследования проводятся в процессе проектирования, производства и эксплуатации летательных аппаратов (ЛА) с целью проверки их работоспособности, выявления соответствия фактических характеристик расчетным данным. Проектирование и создание необходимого оборудования для аэродинамических испытаний и исследований началось ещё на заре

воздухоплавания, когда первые ЛА делали начальные шаги по освоению воздушного пространства. Было создано большое количество аэродинамических труб различных типов, от, сравнительно, небольших размеров для обдува моделей аэропланов и их составных частей, до размеров в которые помещались целиком целые самолеты и ракеты. Современные аэродинамические стенды оснащаются сложным механическим и измерительным оборудованием. Специалисты, эксплуатирующие аэродинамические установки, должны быть технически грамотными и иметь высокую квалификацию. Качество подготовки специалистов, прежде всего зависит от оснащения учебных лабораторий необходимым оборудованием, отвечающим современным требованиям. С этой целью в Королевском колледже космического машиностроения и технологий спроектирована и изготовлена, небольшая прямая аэродинамическая труба, с закрытой рабочей частью, для проведения лабораторных аэродинамических исследований. Труба имеет размеры: длина - 1600 мм, высота - 600 мм, ширина - 340 мм, легко переносится и устанавливается на лабораторном столе. Размеры рабочей части позволяют устанавливать внутри неё на оправку с тензометрическими весами небольшую конструкцию, например, фрагмент крыла, или модель летательного аппарата. Для изменения скорости вращения вентилятора на установке применяется электродвигатель постоянного тока с плавным изменением оборотов. Измерение скорости потока воздуха осуществляется с помощью трубки Пито-Прандтля. Авторы доклада приняли участие в проверке работоспособности, наладке и анализе возможности применения учебно-лабораторного стенда для проведения аэродинамических исследований конструктивных элементов (ЛА).

Данные работы необходимо было провести для решения ряда задач по практическому обучению студентов специальности «Производство летательных аппаратов» по дисциплине: «Технологические аспекты опытно-экспериментальных работ».

Авторами были проведены исследования и ряд испытаний с применением систем действующего учебного стенда, определены возможности измерения скорости воздушного потока в рабочей части трубы и подъемной силы фрагмента крыла. Авторы определили технические характеристики аэродинамического стенда, его возможности.

Литература

1. Назаров Д.В. Экспериментальная аэродинамика: учебное пособие / Д.В. Назаров, А.Н. Никитин, Е.В. Тарасова. – Самара: Издательство Самарского университета, 2020. – 176 с. ISBN 978-5-7883-1497-6
2. Аэродинамические трубы дозвуковых и сверхзвуковых А99 скоростей: Методическое пособие / В.Т. Калугин, А.Ю. Луценко, Е.Г. Столярова, А.И. Хлупнов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. - 28 с: ил. ISBN 5-7038-2577-6

УДК 629.735.33
eLIBRARY.RU: 55.47.29

Калигина П.Д.
Калий П.Е.
Леонов Д.А.
Пушкин Д.С.
Сурма А.А.
Чернышева Е.А.
студенты Московского
государственного технического
университета гражданской
авиации, г. Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ВЫБОРУ ОБЛИКА И ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ СВЕРХЗВУКОВОГО ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА, РАССЧИТАННОГО НА ПЕРЕВОЗКУ ДО 20 ПАССАЖИРОВ

RESEARCH ON THE PARAMETERS SELECTION OF THE ENGINE OF A SUPERSONIC PASSENGER AIRCRAFT DESIGNED TO CARRY UP TO 20 PASSENGERS

Аннотация. Разработкой делового СПС занимаются все ведущие авиационные фирмы США, Европы и России. Авторами обоснована необходимость создания нового двигателя для силовой установки (СУ) СПС и определены облик и параметры этого двигателя. Впервые исследование с использованием современных программ [2],[3] проводилось, исходя из существующего научно-технического задела (ТЗ) [1] по материалам и КПД элементов для двигателя 5-го поколения с взлетной тягой 200 кН и температурой газов перед турбиной 1800К с увеличением до 2000К по мере роста скорости полета. Определены и

научно обоснованы оптимальные значения степени повышения давления в осевом компрессоре (π_k^*) и степени двухконтурности (m_0) для обеспечения приемлемых значений тяги и расхода топлива на всех этапах полета.

Ключевые слова: сверхзвуковой пассажирский самолет, двигатель, силовая установка, степень повышения давления в осевом компрессоре, степень двухконтурности.

Abstract. All leading aviation firms in the USA, Europe and Russia are engaged in the development of a business SPS. The authors justified the need to create a new engine for the power plant of the supersonic passenger aircraft and determined the appearance and parameters of this engine. For the first time, a study using a modern program was carried out based on the existing scientific and technical reserve on materials and efficiency of elements for a 5th generation engine with a take-off thrust of 200 kN and a gas temperature in front of the turbine of 1800K with an increase to 2000K as the flight speed increases. The optimal characteristics of the pressure ratio in the axial compressor (π_k^*) and the bypass ratio (m_0) were determined and scientifically substantiated to ensure acceptable characteristics of thrust and fuel consumption at all stages of flight.

Keywords: supersonic passenger aircraft, engine, power plant, axial compressor pressure ratio, bypass ratio, business jet.

Результаты исследования характеристик двигателей со степенями сжатия воздуха в компрессоре в диапазоне $\pi_k^*=10\dots 20$ (рис.1) показали, что при прочих равных условиях увеличение π_k^* приводит к снижению тяги ($R=f(\pi_k^*, M)$) и удельного расхода топлива ($Суд=f(\pi_k^*, M)$) на сверхзвуковых скоростях полета ($Mп>1,6$). Принятое значение $\pi_k^*=12$ обеспечивает высокий уровень тяги в полете с $Mп>1,6$ и приемлемый удельный расход топлива.

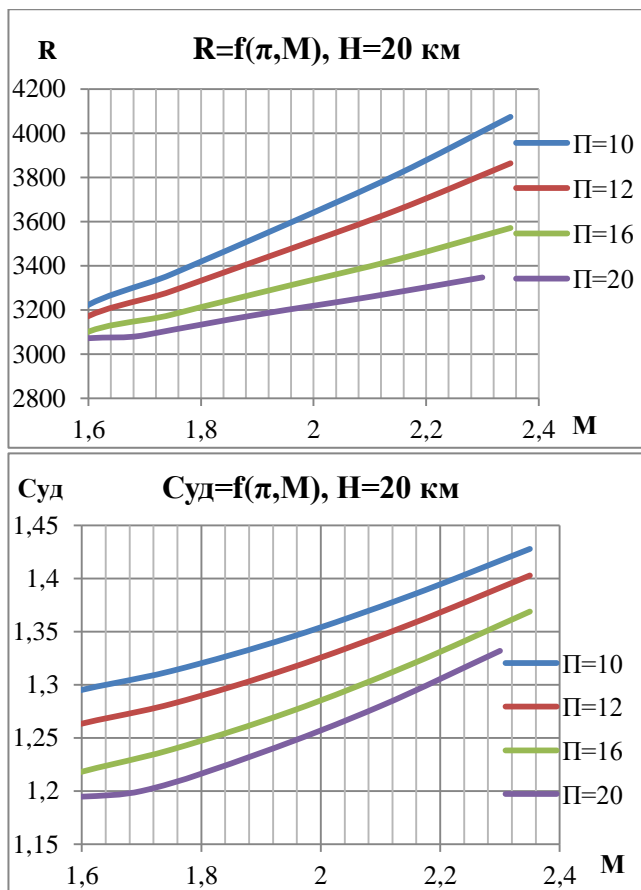


Рис. 1 Зависимости R и Суд от числа M при заданных π_k^*

Исследование характеристик двигателей с $m_0=0...1,0$ показали, что двигатели с $m_0>0,3$ не обеспечивают необходимую тягу на режиме полета $M_{п}>2,0$ (рис.2). Предполагаемая крейсерская скорость СПС составляет $M_{п}=2,35$ на высоте $H=20$ км. В качестве базовой принята тяга двигателя с $m_0=0,3$ при взлетной тяге 200кН.

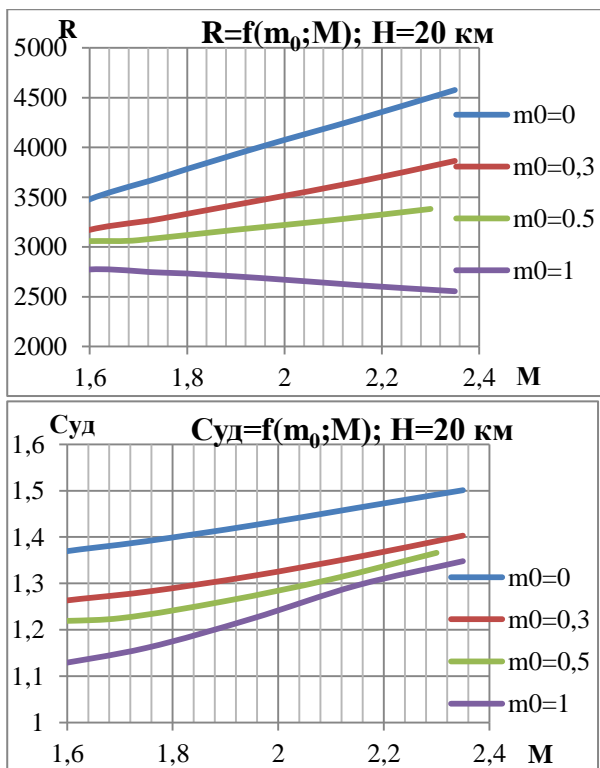


Рис. 2 Зависимости R и Суд от числа M при заданных m_0

Для обеспечения такой же тяги на высоте $H=20 \text{ км}$ и $M_{п}=2,35$ определены потребные стартовые тяги, размеры, часовой расход топлива и вес двигателей с $m_0 > 0,3$ (рис.3, 4, 5). Полученные результаты показывают, что двигатели с $m_0 > 0,3$ потребляют больше топлива на разгоне и наборе высоты $\bar{G}_T = \frac{G_{T, m_0=0,3}}{G_T}$ и не дают значимого выигрыша в расходе топлива на крейсерском этапе полета. При этом значительно увеличивается масса и площадь миделя двигателя.

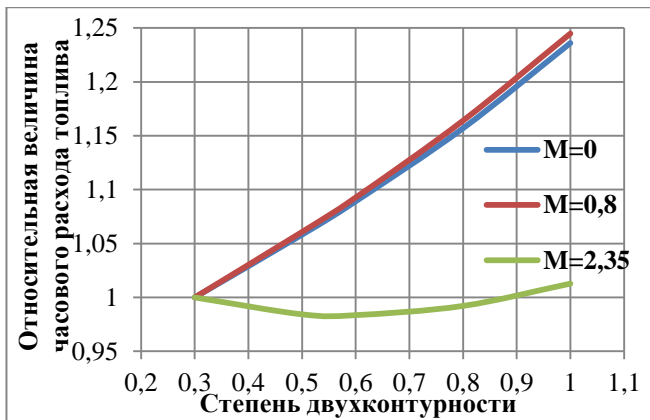


Рис. 3 Влияние m_0 на часовой расход топлива в зависимости от $Mп$

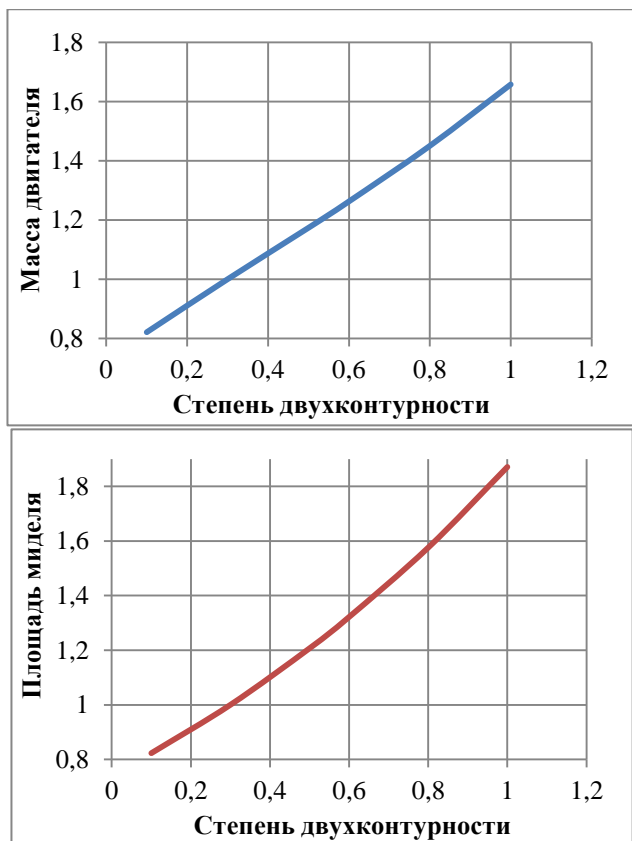


Рис. 4 Зависимость площади миделя от m_0 **Рис. 5** Зависимость массы двигателя от m_0

Таким образом, оптимальными параметрами двигателя для СПС следует считать $\pi_k=12$ и $m_0=0,3$.

Литература

1. Ю.Н. Нечаев, Р.М. Федоров, В.Н. Котовский, А.С. Полев Теория авиационных газотурбинных двигателей, часть 1 и часть 2.–Издание ВВИА им. Н.Е. Жуковского 2012 г.
2. Котовский В.Н., Вовк М.Ю. Математическое моделирование рабочего процесса и характеристик ГТД прямой реакции, Москва 2018.

3. Котовский В.Н., Р.М. Федоров Расчет параметров и характеристик авиационных ГТД.– Издание ИД академии им. Н.Е. Жуковского 2022 г.

УДК 351.814.33
eLIBRARY.RU: 73.37.11

Дармограев М.С.
студент Московского
государственного технического
университета гражданской
авиации, г. Москва

**ВНЕДРЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ВОЗМОЖНЫХ ОПАСНЫХ
СБЛИЖЕНИЯХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В СИСТЕМУ
ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ**

**INTEGRATION OF A PREDICTIVE ALERT SYSTEM ABOUT
POSSIBLE AIRCRAFT NEAR MISSES INTO THE AIR TRAFFIC
MANAGEMENT SYSTEM**

Аннотация. В настоящее время наблюдается стабильный рост количества авиационных перевозок не только в нашей стране, но и по всему миру. По сравнению с 2020 годом, когда воздушное сообщение резко потеряло спрос из-за пандемии, в 2021 году наблюдалось увеличение спроса на авиатранспорт. Этот факт положительно сказался на экономической составляющей отрасли, но при этом, большая загруженность воздушного пространства неизбежно ведет к росту потенциально опасных и конфликтных ситуаций, возникающих между воздушными судами.

Abstract. Currently there is a steady growth of air transportations not only in our country, but also around the world. Compared to 2020, when air traffic sharply lost demand due to the pandemic, in 2021 there is an increase in demand for air transportations. This fact has a positive effect on the economic component of flights. But at the same time heavy congestion of the airspace inevitably leads to an increase in potentially dangerous situations between ships.

Ключевые слова: опасное сближение, программное обеспечение, воздушное пространство, трекинг, система трекинга, софт.

Keywords: dangerous near misses, software, airspace, tracking, tracking system, software.

Целью работы является повышение уровня безопасности полетов ВС ГА за счет совершенствования системы УВД, снижения нагрузки на авиадиспетчера процедурного контроля, и повышения уровня обоснованности принимаемых решений при осуществлении управления воздушным движением.

Решаемая автором задача заключается в разработке прогностической системы предупреждения об опасных сближениях ВС, реализуемая на основе анализа воздушного пространства и выявлении наиболее проблемных участков воздушных трасс, в которых возможны опасные сближения [1]. В ходе исследования новой структуры воздушного пространства было установлено, что вероятность конфликта между судами [4] наиболее высока на этапе полета в зоне управления районным диспетчерским центром в верхнем воздушном пространстве. В работе был предложен программный код, который возможно использовать в автоматизированной системе управления воздушным движением. Основной задачей данного программного обеспечения (ПО) [7] является реализация модели прогноза и предоставление данных авиадиспетчерам о текущей ситуации воздушного пространства и возникающих критических моментах.

В основе предлагаемого ПО лежит расчет вероятности появления события основанной на формуле Бернулли. Входными данными для системы являются пять параметров полета ВС: курс, высота полета (эшелон полета), воздушная скорость и две координаты места нахождения самолета (A и D). С учетом изменения получаемых данных, нейронная сеть вычисляет и проецирует трекинг движения каждого объекта, при этом вся траектория делится на длины равные длине фюзеляжа ВС, что является одним из условий работы фактической системы в составе прогностической. Результат вычислений представляется в виде прогнозных данных об опасном сближении самолетов. Если при измерении по траектории движения объекта не выявляются пересечения с другими ВС или их траекториями, то вероятность столкновения/сближения равна 0, система будет находиться в «спящем режиме». Как только система обнаружит хотя бы одно пересечение, программное обеспечение в автоматическом режиме выведет на экран авиадиспетчера изменяющийся во времени параметр опасности потенциально конфликтной ситуации.

Таким образом, в ходе исследования было разработано ПО, улучшающее ситуационную осведомлённость авиадиспетчера об обстановке в ВП. С практической точки зрения внедрение предлагаемого ПО позволит не только снизить влияние человеческого фактора, но и способствовать более оперативному принятию решений специалистами УВД.

Литература

1. Гилич Г. Н., Евдокимова В. Г., Куклев Е. А., Шапкин В. С. Риски и безопасность авиационных систем. – М. : ФГУП ГосНИИ ГА, 2013. – 232 с.
2. Лекции по авиации. Н. Волпянский. – Москва : Библиотечный фонд, 2000. – 125 с.
3. Алгоритмы на Java. Роберт Седжвик, Кевин Уэйн : Издательство Вильямс, 2016, 4-е изд. – 848 с. – ISBN 978-5-8459-2049-2, 978-5-8459-1781-2.
4. Предметно-ориентированное проектирование (DDD). Структуризация сложных программных систем. Эрик Эванс : Издательство Вильямс, 2010. – 448 с. – ISBN 978-5-8459-1597-9.
5. Николенко С. И., Кадуринов А. А., Архангельская Е. О. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей / С. И. Николенко, А. А. Кадуринов, Е. О. Архангельская // Библиотека программиста. – СПб. : Питер, 2019. – 480 с. – ISBN 978-5-496-02536-2.

УДК 629.735.33

eLIBRARY.RU: 73.37.41

Лебедев С.Ю.
студент Московского
государственного технического
университета гражданской авиации
г. Москва

ОСОБЕННОСТИ ГОРЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В КОЛЬЦЕВОЙ КАМЕРЕ СГОРАНИЯ С ВИХРЕВЫМ АНАЛОГОМ ЖАРОВОЙ ТРУБЫ

FEATURES OF COMBUSTION PROCESS AND TEMPERATURE ALLOCATION IN VORTEX-DESIGNED COMBUSTION CHAMBERS

Аннотация. Данное исследование посвящено изучению горения в кольцевых камерах сгорания, созданных с применением вихревого эффекта.

Ключевые слова: камера сгорания, разрушение камеры сгорания, эффект Ранке, вихревой эффект, кольцевая камера сгорания, ГТД.

Abstract. Presented research is devoted to investigate combustion process of fuel mixture in vortex-designed combustion chambers.

Keywords: combustor chamber, Ranke effect, Vortex, Single annular combustor.

Одной из распространенных проблем кольцевых камер сгорания с классическими жаровыми трубами является разрушение жаровых труб, ввиду высокой неравномерности поля температур, которая в свою очередь вызвана тем, что охлаждающий воздух подводится в зону горения неравномерно, через большое количество отверстий. Таким образом, в зонах, где данные отверстия отсутствуют, возникают локальные забросы температур, что вызывает неравномерный нагрев жаровых труб, что приводит к их деформации и разрушению (рис.1) [1].

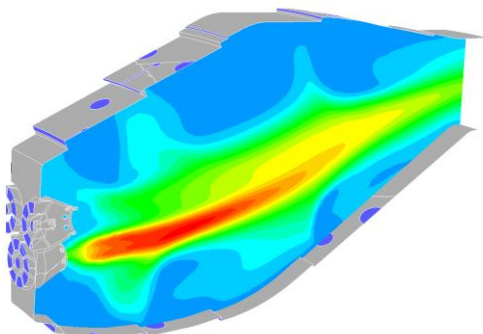


Рис.1. Распределение поля температур в классической камере сгорания

Камера сгорания с газодинамическим аналогом жаровой трубы лишена вышеперечисленных недостатков, так как зона горения топлива в такой камере окружена толстым вихрем холодного воздуха,

которой равномерно удерживает пламя внутри себя. Несомненно, что при классической конструкции фронтального устройства, такой камере сгорания не будет хватать воздуха для полного сгорания топлива, так как отсутствует подмес холодного воздуха в зону горения, которая находится на удалении от форсуночного узла (рис. 2).

Таким образом, целью данного исследования является изучение особенностей процесса горения топлива в вихревой камере сгорания, а также моделирование форсуночного узла для такой конструкции камеры сгорания.

В предложенной конструкции камеры сгорания форсуночный узел имеет три канала подвода воздуха. Первый из них является осевым лопаточным завихрителем, который служит для размешивания частиц топлива и для создания топливозвоздушной смеси. Второй канал – это центробежный завихритель, который подает о необходимое количество воздуха в непосредственно в зону горения находящейся на некотором удалении от начала КС и производит закрутку воздуха в КС, обеспечивая тем самым создание газодинамического аналога твердых стенок жаровой трубы. Третий канал является вспомогательным, который служит для охлаждения фронтального устройства камеры сгорания. Он представляет собой множество мелких отверстий, размещенных на фронтальном устройстве каждой горелки и что обеспечивающих пленочное охлаждение. Неоспоримым преимуществом вихревых камер сгорания является то, что внешний вихрь является эластичным. Именно за счет этого, вибрации и колебания, вызванные турбулентным горением топлива в КС, будут затухать, а не передаваться на элементы конструкции камеры сгорания, как это происходит в классических КС. Моделирование процессов, происходящих в камере сгорания, выполнялось с помощью ПК SolidWorks и Ansys CFD (рис.2).

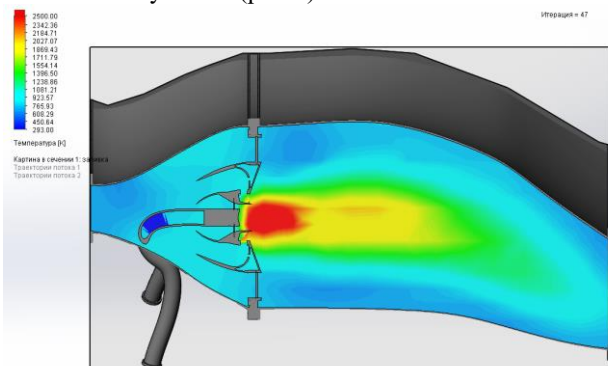


Рис. 2. Поле температур в вихревой камере сгорания.

Из рис.2, видно, что в вихревой камере сгорания отсутствуют локальные забросы температур вблизи стенок КС, что крайне положительно сказывается на ресурсе и надежности работы камеры сгорания, построенной по такому принципу [1].

Литература

1. Ершова, Е.А. Применение кольцевой многогорелочной камеры сгорания в двигателях летательных аппаратов / Е.А. Ершова, И.Н. Новиков // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: сборник тезисов докладов, Москва, 16–17 мая 2018 года. – Москва: Академия имени Н.Е. Жуковского, 2018. – С. 61. – EDN YHIVRB.

УДК: 621.438-226.739.6
eLIBRARY.RU: 73.37.41

Гнездилова А.А.
студентка Московского
государственного технического
университета гражданской авиации
г. Москва

ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ЛОПАТОК ТУРБИН АВИАЦИОННЫХ ГТД

THERMAL PROTECTION COATINGS OF TURBINE BLADES AVIATION GAS TURBINE ENGINES

Аннотация. С целью повышения работоспособности рабочих лопаток турбины ГТД проведен анализ причин возникновения дефектов применяемых теплозащитных покрытий. Исследован механизм разрушения теплозащитного покрытия в результате термоциклического воздействия. Предложен механизм по снижению разрушения керамического слоя в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: барьерный слой, термоциклические напряжения, теплозащитное покрытие, работоспособность, керамический слой.

Abstract. In order to improve the efficiency of the turbine blades of a gas turbine engine, an analysis of the causes of defects in the applied heat-protective coatings was carried out. The mechanism of destruction of the

heat-protective coating as a result of thermocyclic exposure has been established. A mechanism is proposed to reduce the destruction of the ceramic layer during operation.

Keywords: barrier layer, thermocyclic stresses, heat-protective coating, operability, ceramic layer.

При эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) лопатки турбин подвергаются интенсивному механическому и тепловому воздействию, что приводит к возникновению термоусталостных трещин и, следовательно, разрушению. Чтобы избежать подобных дефектов при эксплуатации ГТД применяют теплозащитные покрытия (ТЗП). Наиболее распространенным ТЗП является слой керамики, состоящий из диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия $ZrO_2-Y_2O_3$ (YSZ) [1]. Данный материал способен выдерживать температуру до 1200 °С. Однако они имеют ряд проблем [2]:

1. В эксплуатации при интенсивном тепловом воздействии на ТЗП происходит спекание зерен, вследствие чего уменьшается пористость материала и снижается теплозащитный эффект;
2. Термоциклические напряжения повышают вероятность появления трещин и сколов КС;
3. Дороговизна оборудования для нанесения ТЗП.

Анализ дефектов ТЗП, состоящих из керамического слоя $ZrO_2-(7-8\%)Y_2O_3$, установил один из наиболее распространенных процессов разрушения защитного покрытия [3]. Схематическое изображение данного процесса представлено на рисунке 1.

При нагреве происходит расширение материалов. Однако никелевый сплав и керамическое ТЗП имеют различные температурные коэффициенты линейного расширения, что приводит к образованию пустот между зёрнами керамики (рис. 1б). В процессе эксплуатации двигателя в данные полости проникают такие загрязняющие оксиды, как известь (CaO), оксид магния (MgO), оксид алюминия (Al_2O_3) и оксид кремния (SiO_2) (рис. 1в). При последующем охлаждении попавшие в пустоты загрязнители препятствуют возвращению зерен КС YSZ в исходное состояние (рис. 1г). Это приводит к появлению трещин в покрытии, а также к возможным сколам.

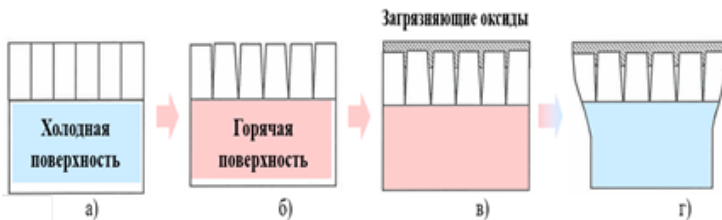


Рис. 1. Процесс разрушения керамического ТЗП

Для предотвращения растрескивания ТЗП, необходимо усовершенствовать технологию нанесения существующих защитных покрытий. А именно: при нанесении керамического слоя на электронно-лучевой установке необходимо на той же установке, но с другого тигля, нанести толщиной 5...10 мкм металлический барьерный слой, например, ПХ25Ю5, содержащий 25% хрома и 5% алюминия (рис. 2).

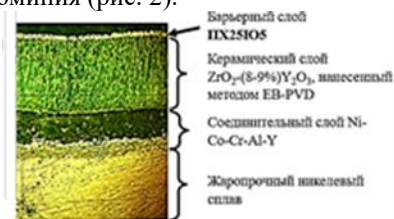


Рис. 2. ТЗП лопатки турбины с дополнительным слоем ПХ25Ю5

Данный металлический слой будет препятствовать попаданию загрязняющих оксидов в полости керамического слоя YSZ при его расширении под действием высоких температур. Таким образом, нанесение такого усовершенствованного ТЗП способствует повышению работоспособности лопаток турбин ГТД.

Литература

1. Будиновский С. А., Чубаров Д. А., Матвеев П. В. Современные способы нанесения теплозащитных покрытий на лопатки газотурбинных двигателей (обзор) // Авиационные материалы и технологии. – 2014. – №. S5.
2. Кашин Д. С., Стехов П. А. Современные теплозащитные покрытия, полученные методом электронно-лучевого напыления (обзор) // Труды ВИАМ. – 2018. – №. 2 (62).

3. Опокин В. Г., Равилов Р. Г., Самойленко В. М., Настас Г. Н. Анализ применения теплозащитных покрытий на рабочих лопатках турбины современных авиационных ГТД// Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. 2012. № 1. С. 3-5.

УДК: 621.438-226.739.6
eLIBRARY.RU: 73.37.41

Самойленко Е.В.
студентка Московского
государственного технического
университета гражданской авиации
г. Москва

**ОЦЕНКА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ
МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПОДСЛОЯМИ**

**ASSESSMENT OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF METAL
SUBLAYERS OF HEAT-PROTECTIVE COATING**

Аннотация. Проведен анализ причин возникновения дефектов применяемых теплозащитных покрытий с различными металлическими подслоями. Выявлены основные процессы, приводящие к разрушению теплозащитного покрытия. Проведена оценка теплофизических свойств металлических подслоев, применяемых для теплозащитных покрытий. Предложен состав нового металлического подслоя, имеющий более высокие эксплуатационные свойства в сравнении с серийным.

Ключевые слова: металлический слой, теплофизические свойства, теплопроводность, теплопередача, теплозащитное покрытие.

Abstract. The analysis of the causes of defects of applied heat-protective coatings with various metal sublayers is carried out. The main processes leading to the destruction of the heat-protective coating are revealed. The thermophysical properties of metal sublayers used for heat-protective coatings have been evaluated. The composition of a new metal sublayer having higher operational properties in comparison with the serial one is proposed.

Keywords: metal layer, thermophysical properties, thermal conductivity, heat transfer, heat protection coating.

Применяемые никелевые сплавы для изготовления рабочих лопаток турбины ГТД обладают недостаточной жаростойкостью в условиях температурного воздействия, что требует применение защитных покрытий различного назначения [1,2]. Предприятиями авиадвигателестроения проводится поиск новых материалов для теплозащитных покрытий (ТЗП), способных заменить систему керамического слоя $ZrO_2+8\%Y_2O_3$ (YSZ) и жаростойкие диффузионные покрытия типа ВСДП-11, СДП-6, СДП-2, газоциркуляционное алитирование (ГЦА) и т.д., которые применяются сегодня на двигателях Sam-146, ПС-90А, Д-36, Д-436 [1].

Для увеличения работоспособности ТЗП необходимо понимать механизм их разрушения. Анализ характера дефектов ТЗП показывает, что основными причинами их разрушения являются: 1 – термоциклирование, приводящее к термическим деформациям слоев; 2 – окисление границы «металл – керамика».

Опыт эксплуатации применения ТЗП на ГТД показал, что от их свойств зависит ресурс лопаточных элементов [1,2]. Применение различных конструкций ТЗП даже одинаковой толщины не гарантирует одинаковой работоспособности лопаток турбины, так как они имеют различные теплофизические свойства.

Представляет практический интерес проведение сравнительных исследований теплофизических параметров ТЗП. К ним относятся: коэффициент теплопроводности $\lambda_{ТЗП}$ и термического сопротивления. Это позволит знать температурное состояние лопаточных элементов двигателя.

Для оценки теплофизических свойств исследуемых металлических подслоев применим методику, разработанную в Рыбинском государственном авиационно-техническом университете имени П. А. Соловьева с помощью томографа. Исследованию подвергли три варианта покрытия, наносимых различными методами: ионно-плазменное защитное покрытие СДП-6, газоциркуляционное хромоалитированное покрытие (ГЦХА) и новое алюмоциркониевое покрытие (АЦ-1), наносимое шликерным методом, где при термическом отжиге в покрытии протекает экзотермическая реакция, позволившая ввести в него оксид циркония.

Расчет эффективности снижения температуры за счет применения покрытия определялась по общепринятой безразмерной температуре

$$\Theta = (T_{\Gamma}^* - T_{\text{ст}}) / (T_{\Gamma}^* - T_{\text{вх}}^*) \quad (1),$$

где: $T_{\text{ст}}$ – температура на наружной поверхности пластины с покрытием,

$T_{\text{вх}}^*$ – температура охлаждающего, омывающего воздуха на стороне пластины без покрытия.

Проведенный эксперимент показал, что покрытие АЦ-1 обладает тепловым эффектом на 15...20 °С больше, чем СДП6 и ГЦХА, что позволит увеличить тепловой эффект всей конструкции ТЗП, а при сколе керамического слоя такой подслои будет играть роль тепловой защиты, с большей эффективностью чем подслои СДП6 или ГЦХА.

Литература

1. Абраимов, Н. В. Химико-термическая обработка жаропрочных сталей и сплавов. / Н. В. Абраимов, Ю. С. Елисеев / – М.: Интернет Инжиниринг, 2001. – 622 с. ISBN 5-89594-066-8.
2. Древняк, В. В. Оценка результативности применения защитных покрытий на рабочих лопатках турбины ГТД. / В. В. Древняк, Е. Г. Иванов, В. М. Самойленко, Р. Г. Равилов, / Общероссийский научно-технический и производственный журнал «Электрометаллургия» - М.: ООО «Наука и технологии» «Электрометаллургия» №1, 2016, С. 36 – 40.

УДК 656.7.081

eLIBRARY.RU: 73.37.17

Волынчук А.И.

Аспирант Московского
государственного технического
университета гражданской
авиации
г. Москва

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКА ПРОПАВШИХ САМОЛЕТОВ

MODERN METHODS OF SEARCHING FOR MISSING AIRCRAFT

Аннотация. В целях повышения эффективности поиска потерпевших бедствие воздушных судов в работе проведен анализ существующих методов поиска. Выявлены недостатки существующих решений. Предложены перспективные технологии, связанные с конструктивной доработкой ВС и применением сетевых технологий обмена данными. На примере потерпевшего крушение рейса МН370

рассмотрена идея поиска обломков при помощи анализа радиоволновых помех.

Ключевые слова: безопасность полетов, авиакатастрофы, бортовые самописцы, аварийные маяки, радары, геолокация.

Abstract. In order to increase the efficiency of search for aircraft in distress, an analysis of existing search methods was carried out. Shortcomings of the applied solutions are revealed. Promising technologies related to the constructive refinement of the aircraft and the use of network data exchange technologies are proposed. The idea of searching for the wreckage of flight MH370 using the analysis of radio wave interference is considered.

Keywords: flight safety, plane crashes, flight recorders, emergency beacons, radars, geolocation.

Современные методы поиска воздушных судов основаны на применении первичных и вторичных радаров, технологии ADS-B или аварийных маяков и локаторов, размещенных на бортовых самописцах и в конструкции ВС. Однако все они имеют существенный недостаток в виде ограниченной дальности обнаружения [1]. Кроме того, бортовые маяки и локаторы имеют ограниченный срок работы [2].

Решением проблемы может стать обмен и хранение данными местоположения между воздушными судами и получение этой информации через ACARS или с карты памяти ВС. Кроме того облегчить поиск обломков ВС может применение эхо-отражателей в конструкции ВС или применение всплывающих бортовых самописцев (Рис.1) [3].

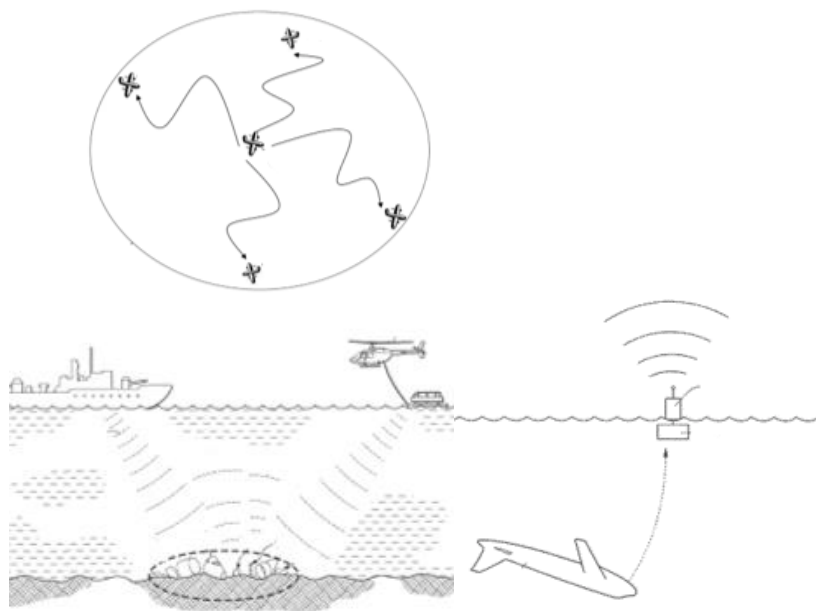


Рис. 1. Схематическое изображение перспективных методов поиска пропавших ВС.

Особый интерес представляет метод отслеживания, предложенный британским инженером Ричардом Годфри. База данных (WSPR), созданная радиолюбителями, содержит сообщения, случайным образом передаваемые в высокочастотных радиодиапазонах для оценки условий передачи. Приемники регистрируют сообщения, позывной и местоположение передатчика, а также отношение сигнал/шум, частоту и частотный дрейф принятых сообщений. Взаимодействие радиоволн с самолетами вызывает аномалии в отношении сигнал/шум и частоте. Анализ WSPR с помощью специального программного обеспечения для идентификации и анализа сигналов, близких ко времени исчезновения МН370 позволил выявить предположительные точки, пройденные лайнером [4]. Тем не менее технология нуждается в доработке и финансировании полномасштабного исследования и экспедиции для поиска обломков в обозначенном районе.

Очевидно, что применение подобных технологий в отечественной ГА позволит существенно повысить безопасность полетов и облегчить задачи поисковых операций.

Литература

1. Separation of multiple secondary surveillance radar sources in a real environment by a novel projection algorithm - Scientific Figure on ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/The-distributed-SSR-system_fig1_4215236 (дата обращения: 25.05.2022)
2. 90-Day Beacon Underwater Locator Device/ URL: <https://www.13harris.com/all-capabilities/90-day-beacon-underwater-locator-device> (дата обращения: 24.05.2022)
3. Kelsey D. Atherton, 3 New Ideas For Finding Lost Planes. Popular science April 2, 2014 (In English) URL: <https://www.popsci.com/article/technology/3-new-ideas-finding-lost-planes/> (дата обращения: 26.05.2022)
4. Geoffrey Thomas, Godfrey clarifies MH370 and WSPRnet misinformation. Airline ratings February 20, 2022 (In English).URL: <https://www.airlinerratings.com/news/passenger-news/godfrey-clarifies-mh370-wsprnet-misinformation/> (дата обращения: 27.03.2022)

УДК 629.735.33

eLIBRARY.RU: 73.37.17

Агеев В.С.

студент Московского
государственного технического
университета гражданской
авиации, г. Москва

НЕДОСТАТОЧНОЕ ОБУЧЕНИЕ ЭКИПАЖЕЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ КАК АСПЕКТ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА

AIRCRAFT CREWS INSUFFICIENT TRAINING AS HUMAN FACTOR ASPECT

Аннотация. В работе обосновывается необходимость совершенствования системы подготовки членов экипажей воздушных судов с целью повышения уровня безопасности полетов. В работе проведен анализ авиационных происшествий, произошедших в СНГ за 2016-2018 годы и выявлены проблемы с обучением членов экипажей воздушных судов в коммерческой и частной авиации.

Ключевые слова: человеческий фактор, авиационное происшествие, недостаточное обучение.

Abstract. The paper substantiates the need to improve aircraft crew members training system in order to increase flight safety level. The paper analyzes the accidents that occurred in the CIS in 2016-2018 and identifies problems with the aircraft crew members training in commercial and private aviation.

Keywords: human factor, aviation accident, insufficient training.

Каждый год в России происходит несколько десятков авиационных происшествий и инцидентов с воздушными судами. В ряде авиационных происшествий отмечается наличие ошибок пилотирования, связанных недостаточным обучением членов экипажа [1].

В работе проведен анализ отчетов Межгосударственного авиационного комитета об авиационных происшествиях за 2016-2018 годы, произошедших в СНГ [2], и выявлено, что в 2016 году 17,5%, в 2017 – 34% и в 2018 – 32,5 % авиационных происшествий были обусловлены проблемами с обучением экипажей воздушных судов. Значительная часть авиационных происшествий: 38% в 2016, 50% в 2017 и 40% в 2018 годах – происходит с воздушными судами, принадлежащими частным лицам.

В коммерческой авиации за 2016-2018 годы произошло 15 авиационных происшествий с самолетами и 13 авиационных происшествий с вертолетами, связанных с недостатками в обучении членов экипажа. Были выявлены следующие проблемы с обучением:

- 1) недостаточный уровень подготовки КВС по возникшей особой ситуации (6 авиационных происшествий с самолетами и 4 с вертолетами),
- 2) отсутствие подготовки пилота к правилам полётов по приборам (ППП) при ухудшении условий с правил визуальных полётов (ПВП) до ППП (2 с самолетами и 3 с вертолетами),
- 3) недостаточная подготовка экипажа в области управления ресурсами экипажа (CRM) и контроля угроз и ошибок (ТЕМ) (3 с самолетами),
- 4) отсутствие в программе переподготовки пилотов обучения по возникшей особой ситуации (3 с вертолетами),
- 5) отсутствие квалификационной проверки навыков техники пилотирования и вертолотовождения (2 с самолетами и 1 с вертолетами),
- 6) негативный перенос навыков с одного ВС на другое (1 с самолетами),
- 7) отсутствие подготовки КВС в качестве пилота типа ВС (1 с самолетами),

- 8) наличие длительных перерывов в полетах на данном типе ВС (1 с вертолетами),
- 9) отсутствие у КВС допуска (1 с вертолетами).

В частной авиации за 2016-2018 годы произошло 14 авиационных происшествий с самолетами и 3 авиационных происшествия с вертолетами, связанных с недостатками в обучении членов экипажа. Были выявлены следующие проблемы с обучением:

- 1) отсутствие подготовки КВС в качестве пилота типа ВС (10 с самолетами и 1 с вертолетами),
- 2) отсутствие квалификационной проверки навыков техники пилотирования (2 с самолетами),
- 3) недостаточный уровень подготовки КВС по возникшей особой ситуации (2 с вертолетами),
- 4) КВС не проходил перечивание на ВС (1 с самолетами),
- 5) наличие длительных перерывов в полетах на данном типе ВС (1 с самолетами).

На основе проведенного анализа планируется разработать рекомендации по совершенствованию подготовки членов экипажей воздушных судов, что поможет повысить уровень безопасности полетов.

Литература

1. Овчаров В.Е. «Человеческий фактор» в авиационных происшествиях (методические материалы). - М.: Полиграф, 2005.
2. Межгосударственный авиационный комитет. Отчеты о состоянии безопасности полетов. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mak-iac.org/rassledovaniya/> (14.06.22).
УДК 629.735.33
eLIBRARY.RU: 73.37.17

Барыкина А.В.

Студентка Московского
государственного технического
университета гражданской авиации
г. Москва

О НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ЭКИПАЖА

THE NECESSITY FOR IMPROVING THE LEVEL OF TRAINING IN CREW RESOURCE MANAGEMENT FIELD

Аннотация. В работе обосновывается необходимость совершенствования уровня подготовки пилотов в области управления ресурсами экипажа с целью повышения безопасности полётов. Проанализированы все расследованные Межгосударственным авиационным комитетом авиационные происшествия с самолётами на территории Российской Федерации с участием как минимум двух членов экипажа за 2019-2020 год. Показано процентное соотношение ошибок, которые могли быть предотвращены или своевременно устранены благодаря действиям пилотов, соответствующим принципам управления ресурсами экипажа. В результате анализа выявлены проблемы с уровнем подготовки пилотов в данной области.

Ключевые слова: Авиационное происшествие, безопасность полётов, человеческий фактор, управление ресурсами экипажа.

Abstract. The article substantiates the need to improve the level of pilot training in the field of crew resource management in order to improve flight safety. All aviation accidents involving aircraft on the territory of the Russian Federation involving at least two crew members for 2019-2020 investigated by the Interstate Aviation Committee have been analyzed. The percentage of errors that could have been prevented or eliminated in a timely manner due to the actions of pilots corresponding to the principles of crew resource management is put forward. The analysis revealed problems with the level of pilot training in this area.

Keywords: Aviation accident, flight safety, human factor, crew resource management.

Управление ресурсами экипажа – это использование всех доступных для лётного экипажа ресурсов, с целью обеспечения безопасной и эффективной работы, уменьшения вероятности совершения ошибок и предотвращения стресса [1]. Главные принципы управления ресурсами экипажа – стандартизация, коммуникация и перекрёстный контроль [2]. В Российской Федерации эта методика практикуется, пилоты проходят подготовку в данной области.

В ходе исследования были проанализированы расследованные Межгосударственным авиационным комитетом авиационные

происшествия с самолётами на территории Российской Федерации с участием как минимум двух членов экипажа за 2019-2020 год [3] и получены следующие результаты:

- 32% авиационных происшествий произошли из-за ошибок пилотирования;
- 19% из-за ошибок в предполётной подготовке;
- 13% из-за неучёта руководства по лётной эксплуатации;
- 13% из-за нераспознавания возникшей в полёте ситуации;
- 10% из-за пропуска регламентированных действий;
- 10% из-за поведенческих ошибок экипажа;
- 3% из-за ошибок восприятия.

Правильное управление ресурсами экипажа помогает своевременно распознавать совершённые ошибки и предотвращать их, а также препятствовать различного рода нарушениям, тем самым уменьшая риски для безопасности полётов. Каждое из проанализированных авиационных происшествий произошло, в том числе, ввиду отсутствия должного уровня управления ресурсами экипажа и могло быть предотвращено соблюдением его принципов.

Таким образом, проблемы с управлением ресурсами остаётся актуальной до сих пор, что говорит о недостаточной эффективности подготовки пилотов и необходимости её совершенствования в данной области. В результате проведённой работы планируется разработать методы совершенствования подготовки пилотов в области управления ресурсами экипажа, что поможет повысить безопасность полётов.

Литература

1. Рыбалкина А.Л. Человеческий фактор и психология безопасности [Текст] : учебное пособие. - Москва: ИД Академии Жуковского, 2018. - 84 с.
2. Окань Д.С. CRM. Просто о несложном. Методическое пособие. - Москва: 2018. - 75 с.
3. Межгосударственный авиационный комитет. База по расследованиям. [Электронный ресурс]. URL: <https://mak-iac.org/rassledovaniya/> (06.04.22).

УДК 629.735.33
eLIBRARY.RU: 73.37.17

Рыбалкина А.Л.
кандидат технических наук
доцент кафедры Московского

**ОБ ЭКОНОМИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ УПРАВЛЕНИЯ
ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ФАКТОРОМ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

**ON ECONOMIC ASPECTS OF HUMAN FACTOR MANAGEMENT
IN CIVIL AVIATION**

Аннотация. Для выявления угроз безопасности полетов, связанных с человеческим фактором, необходимо определить, какие ошибки и нарушения имеют место в системе, а также сопутствующие им факторы. Лицо, принимающее решение, должно суметь так распределить имеющийся у него ресурс между мероприятиями по устранению причин ошибок и нарушений, чтобы вероятность ошибок и нарушений работников всей системы была бы минимальна. В этой связи актуальной является задача о распределении ресурса на эти мероприятия таким образом, чтобы обеспечить максимально возможную вероятность безошибочной работы.

Ключевые слова: человеческий фактор, безопасность полетов, безошибочность работы, распределение финансового ресурса.

Abstract. To identify safety hazards associated with human factor, it is necessary to determine what errors and violations take place in the system, as well as the factors that accompany them. The decision maker must be able to allocate available resource between measures eliminating causes of errors and violations in such a way that the probability of employees errors and violations of the entire system would be minimal. In this regard, the problem of resource allocating to these activities to ensure the highest possible probability of error-free operation is relevant.

Keywords: human factor, flight safety, error-free operation, allocation of financial resources.

Человеческим фактором обусловлено большинство событий, происходящих в авиационно-транспортной системе [1]. Инциденты и авиационные происшествия, как правило, не происходят в результате действий одного человека. Возможность происшествия появляется в условиях, когда действия работников и скрытые недостатки, имеющие место в авиационно-транспортной системе, взаимодействуют, приводя к разрушению всех защитных барьеров.

Для выявления угроз безопасности полетов, связанных с человеческим фактором, необходимо определить, какие ошибки и нарушения имеют место в системе, а также сопутствующие им факторы. У каждой ошибки и у каждого нарушения, в свою очередь, необходимо определить причины ошибок и нарушений, зачастую их несколько.

Расходы на устранение последствий ошибок работников могут оказаться значительными. Например, при пристыковке трапа к самолету из-за ошибки водителя трапа была повреждена обшивка фюзеляжа [2]. Платформа трапа резко ударила борт, тем самым повредив обшивку фюзеляжа рядом с передней левой дверью. На обшивке остались вмятины и царапины. Расходы на ремонт составили 29,1 млн рублей.

Для того, чтобы снизить угрозу безопасности полетов для каждой выявленной причины ошибок и нарушений необходимы мероприятия по ее устранению. Это может быть обучение персонала, эргономическое совершенствование техники, изменение норм корпоративной культуры и т.д. На эти мероприятия выделяются определенные финансовые ресурсы.

Стремясь уменьшить угрозу безопасности полетов, лицо, принимающее решение, должно суметь так распределить имеющийся у него ресурс между мероприятиями по устранению причин ошибок и нарушений, чтобы вероятность ошибок и нарушений работников всей системы была бы минимальна.

В этой связи актуальной является задача о распределении ресурса на мероприятия по повышению безошибочности работы человека таким образом, чтобы обеспечить максимально возможную вероятность безошибочной работы. Решение этой задачи позволит снизить вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором, и повысить безопасность полетов.

Литература

1. ICAO Doc 9683-AN/950. Руководство по обучению в области человеческого фактора.
2. Понорама. Ростов-на-Дону. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.panram.ru/news/biznes/operator-platova-zaplatit-aviakompanii-rossiya-29-mln-rublej-za-povrezhdennyj-samolet/> (7.06.22)

УДК 504.055

eLIBRARY.RU: 73.37.21

Осипова А.А.
Хлуденцова С.С.
студентки Московского
государственного технического
университета гражданской
авиации, г. Москва
Экзерцева Е.В.
научный руководитель
кандидат педагогических наук
доцент кафедры МГТУГА, г. Москва

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИИ АЭРОПОРТА

ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE AIRPORT TERRITORY

Аннотация. Повышение уровня безопасности техногеосистемы аэропорта зависит от состояния природно-ресурсного потенциала (ПРП), влияющего на устойчивость территорий. В работе дан анализ соответствия состояния техногеосистемы аэропорт государственным и международным системам мониторинга и контроля с помощью метода экологической экспертизы. Доказана эффективность его использования при экологической оценке территорий.

Ключевые слова: ПРП, экологические проблемы, территория аэропорта, метод экологической экспертизы.

Abstract. Increasing the level of security of the airport's technogeosystem depends on the state of the natural resource potential (PRP), which affects the sustainability of territories. The paper analyzes the compliance of the state of the technogeosystem of the airport with state and international monitoring and control systems using the method of environmental expertise. The effectiveness of its use in the environmental assessment of territories has been proven.

Keywords: PRP, environmental problems, airport territory, method of environmental expertise.

Природно-ресурсный потенциал на урбанизированных территориях снижается в связи с возрастанием антропогенных нагрузок. Их размеры можно установить, проследив динамику воздействия на состояние системы природных и техногенных факторов [1].

В современных условиях отказаться от авиасообщения или сократить количество перемещений невозможно, а это требует строительство новых аэропортов, следовательно, дополнительной нагрузки на территорию. Поэтому в мировой практике возрастает необходимость оценки состояния ПРП.

Цель работы: повышение уровня безопасности техногеосистемы аэропорта. Предмет исследования: техногеосистема аэропорт. Научной задачей является анализ соответствия состояния техногеосистемы аэропорта государственным и международным системам мониторинга и контроля с помощью метода экологической экспертизы.

В работе был рассмотрен метод определения оценки ПРП - метод экологической экспертизы. Экологическая экспертиза - установление соответствия документов и (или) документации, обосновывающих намечаемую в связи с реализацией объекта экологической экспертизы хозяйственную и иную деятельность, экологическим требованиям, установленным техническими регламентами и законодательством в области охраны окружающей среды, в целях предотвращения негативного воздействия такой деятельности на окружающую среду. [2].

На основании метода экологической экспертизы был проведен анализ нормативной документации, требованиям которой должно отвечать экологическое состояние территории в районе аэропорта. Выявлены основные источники и процессы, приводящие к нарушению ПРП и группы негативных факторов, которые могут повлиять на стабильность техногеосистемы. Это дало возможность определить основные экологические проблемы, которые могут возникнуть на территории аэропорта.

Стабильность территорий определяется степенью соответствия остаточного природно-ресурсного потенциала и потребностей. Система сохраняет стабильность в случае существенного превышения потенциала над расходной его частью, и неспособность удовлетворить потребности на нормативном уровне приводит ее в разряд нестабильных. При равенстве этих величин система находится в переходном состоянии к нестабильному [3].

Воздушные перевозки – развиваются очень динамично, и со временем степень соответствия остаточного ПРП и потребностей может быть нарушена, следовательно, система не сможет сохранить стабильность, поэтому необходимо постоянно проводить мониторинг и контроль состояния территории аэропорта.

Дальнейшей задачей исследования является рассмотрение и сравнительный анализ других методов, позволяющих определить устойчивость техногеосистемы аэропорт.

Литература

1. Экзерцева Е.В., Оценка ландшафтно-экологической устойчивости территории аэропорта в аспекте обеспечения безопасности. Проблемы безопасности российского общества. Учредители: Российский университет транспорта (МИИТ)Номер: 2, 2015г. Страницы: 84-89
2. Федеральный закон «Об экологической экспертизе» от 23.11.1995 N 174-ФЗ (ред. от 01.05.2022) Статья 1.
3. Экзерцева Е.В, Феоктистова Т.Г. Научный вестник московского государственного технического университета гражданской авиации №: 86 2005г., Страницы: 85-88

УДК 533.6

eLIBRARY.RU: 55.01.09

Богданов А.Н.

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник
ведущий научный сотрудник НИИ механики МГУ
доцент МГТУ имени Н.Э. Баумана
г. Москва

Кондратьев И.М.

кандидат технических наук
старший научный сотрудник Института машиноведения РАН
доцент МГТУ имени Н.Э. Баумана
г. Москва

ЗАГРАНИЧНЫЙ «ВЛАСТИТЕЛЬ ДУМ» ТЕОДОР ФОН КАРМАН И РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ АЭРОДИНАМИКИ

FOREIGN “RULE OF THOUGHTS” THEODOR VON KÁRMAN AND DEVELOPMENT OF DOMESTIC AERODYNAMICS

Аннотация. Анализируются научное творчество и личность выдающегося германского, впоследствии –американского учёного-механика Т. фон Кармана (1881–1963), освещаются его контакты с советскими учеными и влияние на развитие советской и российской механики.

Ключевые слова: Теодор фон Карман, классики науки, фундаментальные науки, механика, гидродинамика, аэродинамика, сверхзвуковое течение.

Abstract. The scientific work and personality of the outstanding German and American mechanical scientist T. von Karman (1881–1963) are analyzed, his contacts with Soviet scientists and his influence on the development of Soviet and Russian mechanics are highlighted.

Keywords: Theodor von Karman, classics of science, fundamental sciences, mechanics, hydrodynamics, aerodynamics, supersonic flow.

Приход Т. фон Кармана в науку совпал с началом бурного XX века. Получивший первоначальное образование в Австро-Венгрии, Карман отправился совершенствоваться в науке в Германию, а, затем, еще не раз менял страны и не по своей воле. Активно занимавшийся научными исследованиями, он пытался найти в них полное приложение своим силам и способностям. Про Кармана рассказывали множество легенд, в частности, что, будучи увлечен научными рассуждениями, он писал даже на трамвайном вагоне (интересно, чем?)

Карман несколько раз посещал нашу страну с научными визитами, поддерживал личные контакты с советскими учеными, в частности с Л.И. Седовым, П.Я. Кочиной, С.А. Христиановичем. Многие задачи, поставленные Карманом или получившие решения в его работах, были развиты или решены по-новому советскими учеными. Наиболее ярким примером в этой связи может служить доказательство Н.Е. Кочиним неустойчивости знаменитых «дорожек Кармана». Во многих вопросах Карман был опережён коллегами из СССР: так, Н.Е. Кочиним было дано решение задачи о распаде произвольного разрыва, аналитическое решение задачи о сильном взрыве было предложено Л.И. Седовым.

В 1930-е годы Карман выступил консультантом при проектировании аэродинамического комплекса «нового» ЦАГИ, однако, воплощен в ЦАГИ был более совершенный отечественный проект большой высокоскоростной аэродинамической трубы Т-106, выполненный Г.Н. Абрамовичем и К.К. Баулиным, её параметры (диапазон чисел Маха (0,15–0,9), диаметр рабочей части (2,6 м), переменная плотность протекающего потока и большие числа Рейнольдса) на то время не имели равных в мире. О развитии аэродинамики в СССР Карман отзывался с большим уважением и в своей автобиографии с присущим ему юмором писал, что занялся вопросом проектирования аэродинамических труб, чтобы показать,

что и в капиталистической стране может быть получен хороший фактор энергии!

Т. фон Карман был хорошо известен в нашей стране как крупный ученый-механик: во втором томе фундаментального труда «Механика в СССР за 50 лет» он упомянут 27 раз, уступив первенство среди иностранных ученых только своему учителю, Людвигу Прандтлю (41 раз), многократно упоминается его имя и в других томах этого издания. Среди обсуждавшихся результатов Кармана – решение первой задачи об обтекании ускоренным потоком пластинке, за которой располагается область постоянного давления (1949, развития в СССР оно не получило, независимо стала разрабатываться теория слабо возмущенных струй); предложенный Карманом для изучения обтекания профиля плоским потоком идеальной несжимаемой жидкости методами конформных отображений вариант с точной отображающей функцией (профили Кармана-Трефтца); одни из первых (1927) исследований обтекания тел вращения дозвуковым потоком; эмпирическое распределение завихренности в кормовой части обтекаемого тела вращения; разработанный (1939) Карманом и Цянь Сюэ-сеном метод пересчета распределения скорости по поверхности профиля, определенного при обтекании несжимаемой жидкостью, на случай сжимаемой среды (метод имел сходные трудности, что и отечественный метод пересчета С.А. Христиановича (1940)); решенная (1932) совместно с Н. Муром задача о симметричном обтекании тела вращения (в виде интеграла от потенциала равномерно распределенных вдоль оси тела источников переменной мощности). Карман признан основоположником решения экстремальных задач аэродинамики – на конгрессе Вольта (1935) им было доложено построение в рамках линейной теории оптимальной формы головной части тела вращения заданной длины и площади конечного сечения. Велик вклад Кармана в создание математической теории турбулентности. Им была высказана гипотеза автомодельности крупномасштабных характеристик турбулентности, получившая развитие в работах Л.Г. Лойцянского, ослабившего условия ее применимости до требования приближенной автомодельности поля средней скорости (1935). Для масштаба длины в турбулентном течении Карманом была предложена формула его зависимости от скорости течения. Одним из важнейших достижений полуэмпирической теории турбулентности явилось установление Карманом в начале 1930-х годов логарифмического закона для профиля средней скорости плоскопараллельного турбулентного течения у стенки. В 1938 году в соавторстве с Л. Хоуартом Карманом

было выведено так называемое уравнение Кармана–Хоуарта для случая однородной изотропной турбулентности в несжимаемой жидкости, детально исследовавшееся затем советскими учеными Л.Г. Лойцянским (1939), М.Д. Миллиончиковым (1939), А.Н. Колмогоровым (1941), Л.И. Седовым (1944, 1951) и др. Карманом была предложена «трехслойная» модель турбулентно-ламинарного взаимодействия в пристеночной зоне и было положено начало разработке методов расчета турбулентного пограничного слоя в газе при высоких скоростях. Удивительно, но особого обсуждения вихревых дорожек в связи с именем Кармана в указанной монографии не последовало.

На русском языке увидели свет небольшая (но этот раздел науки тогда еще только складывался) монография «Сверхзвуковая аэродинамика», практическое руководство «Математические методы в инженерном деле», тома фундаментальной серии «Аэродинамика больших скоростей и реактивная техника», выпускаемой издательством Принстонского университета (США) под редакцией с участием Т. фон Кармана, с его статьей «Основы аэродинамики больших скоростей» (том «Общая теория аэродинамики больших скоростей») и параграфом «Аэротермодинамические проблемы теории горения» («Основы газовой динамики»). В томе «Аэродинамика частей самолета при больших скоростях», в частности, нашел должное отражение вклад Кармана в высокоскоростную аэродинамику. Результаты исследований Кармана вошли в основные учебные курсы для студентов профильных специальностей отечественных вузов.

Карман с уважением относился к коллегам из СССР при личных контактах: еще в 1928 году, участвуя в 8-м Международном математическом конгрессе в итальянской Болонье, Карман, по-видимому, познакомился с видным русским ученым-механиком Николаем Митрофановичем Крыловым, представлявшем на конгрессе Академию наук Украины и также сделавшим там научный доклад. Известно краткое послание Кармана Крылову с благодарностью за полученные им отгиски статей Крылова, опубликованные в 1928 году. Возможно, что знакомству с Карманом Крылов был обязан последующим приглашением в Аэродинамический институт Аахена, где в 1931 году он выступил с циклом лекций. Г.Г. Черный, встречавшийся в Карманом в 1958 году в Мадриде на I учредительном конгрессе ICAS, вспоминал: «...я подошел к Карману, представился и, получив согласие говорить по-немецки, вручил ему отгиски моих статей о течениях с сильными ударными волнами. К моему изумлению, оказалось, что Карман знаком с этими статьями по

английским переводам». Л.Г. Лойцянский рассказывал о своем участии в X Международном конгрессе по прикладной механике так: «В обзорную часть моего доклада входило упоминание о теории Кармана тепломассопереноса в сильно вязкой, но слабо теплопроводной жидкости при ограниченных значениях числа Прандтля, не превосходящих порядок десяти. В отличие от теории Кармана, мой метод, основанный на общей теории взаимодействия молекулярного (ламинарного) и молярного (турбулентного) обменов, содержал решение этой задачи при сколь угодно больших значениях Прандтля, что отвечало требованиям практики. <...>В своем выступлении Карман отметил мой доклад как «интересную интерпретацию своего метода». Я был настолько польщен вниманием классика, что легко простил ему некоторую недооценку самостоятельного содержания моего доклада».

Несмотря на хорошую осведомленность Кармана об успехах советской аэродинамики, в его статьях трудно найти ссылки на работы советских ученых, хотя вряд ли тенденция «не замечать достижений русских», была заложена именно им.

По окончании Второй мировой войны, анализируя огромный материальный и моральный ущерб, нанесенной ею всему человечеству, Карман много содействовал установлению, развитию и укреплению международного сотрудничества между учеными.

Несмотря на свои заслуги перед наукой в целом и в деле международного сотрудничества прогрессивных сил, Карман не был удостоен в СССР каких-либо почетных академических званий, скорее всего, из-за своих связей с американскими военными: в 1945 году он был назначен председателем научно-технической коллегии ВВС США, возглавлял американские технические миссии в Германии по изучению достижений этой страны в области сверхзвуковой аэродинамики и управляемых ракет, а в 1956 году создал в Бельгии институт гидродинамики (ныне – его имени), который хотя и задумывался им как центр обмена знаниями между ведущими европейскими учеными, но с самого начала финансировался с участием НАТО.

Отрадно сохранение интереса к научному наследию Кармана в нашей стране, свидетельством чему является выход в свет на русском языке его книги «Аэродинамика. Избранные темы в их историческом развитии». Написанная очень ярко, эта книга, вместе с тем, содержит ошибки в отношении русских ученых, так про Н.Е. Жуковского написано, что он учился во Франции...

Литература

1. Богданов А.Н., Кондратьев И.М. «Отец сверхзвуковой аэродинамики». К 140-летию со дня рождения Теодора фон Кармана (1881-1963)//Вестник РАН. 2022. В печати.

УДК 629.7

eLIBRARY.RU: 73.01.09

Каркашадзе В.Г.

директор филиала ФГБУК
«ГМИК имени К.Э. Циолковского»
в г. Москве – «Научно-мемориальный
музей профессора Н.Е. Жуковского»

ВОЛЯ БАРТИНИ. К 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ РОБЕРТА ЛЮДОВИГОВИЧА БАРТИНИ

BARTINI'S VOLITION. ON THE 125TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF ROBERT LUDVIGOVICH BARTINI

Аннотация. Посвящена авиаконструктору и ученому Роберту Людовиговичу Бартини, 125-летию со дня рождения которого отмечается в 2022 году.

Ключевые слова: авиаконструктор Р. Л. Бартини.; история авиации.

Abstract. Dedicated to aircraft designer and scientist Roberto Bartini, whose 125th birthday is celebrated in 2022

Keywords: aircraft designer R. L. Bartini, the history of aviation.

14 мая 2022 года исполнилось 125 лет со дня рождения авиаконструктора Роберта Людовиговича Бартини (1897 – 1974) - человека, занимающего особое место в созвездии ярких личностей, создававших славу отечественной авиации.

В научно-мемориальном музее профессора Н. Е. Жуковского был проведен круглый стол, посвященный 125-летию Р. Л. Бартини. Среди приглашенных были его родственники, а также люди, которые работали с Бартини, специалисты и историки авиации, представители ОКБ и научных организаций, которые поделились своими воспоминаниями, рассказали о его деятельности и научном наследии.

Бартини – человек необычной судьбы, создавший ряд передовых для своего времени машин, установивших рекорды скорости, дальности полета, реализовавших оригинальные технические решения.

Многие технологические идеи Бартини, опередившие свое время, воплотились спустя десятилетия, а некоторые еще ждут своей реализации.

Р. Л. Бартини родился в г. Канижа (Венгрия), окончил офицерскую школу (1916), летную школу в Риме (1921), Миланский политехнический институт (1922), участвовал в Первой мировой войне. В 1923 г. после установления фашистского режима в Италии, решением ЦК Итальянской коммунистической партии отправлен в СССР как авиационный инженер.

С 1923 по 1930 г. занимал различные должности в ВВС РККА (прошел путь от лаборанта до главного инженера ВВС Черного моря). В это же время первым в СССР провел опыты по коррозии авиационных материалов, исследовал системы защиты от коррозии.

С 1930 по 1938 г. – Главный конструктор СНИИ ГВФ, занимался разработкой высокоскоростных самолетов, принимал участие в создании новых методов сварки высокопрочных сталей. Создал гидросамолет ДАР (дальний арктический разведчик), самолеты «Сталь-6», на котором установлен мировой рекорд скорости, «Сталь-7» (ДБ-240, Ер-2), оригинальные схемы летательных аппаратов.

Был необоснованно репрессирован и в 1937-1947 гг. находился в заключении (осужден по ст. 58 Уголовного кодекса РСФСР на 10 лет лишения свободы с последующим поражением в правах на 5 лет). Один из немногих осужденных авиаконструкторов, полностью отбывший срок наказания. Заключение отбывал в ЦКБ-29, затем в ОКБ-86 (г. Таганрог). Реабилитирован в 1956 году.

Впервые предложил схему широкофюзеляжного транспортного самолета (проекты Т-117/Т-200). Был изготовлен макет, принятый Государственной комиссией, однако в производство самолет не пошел.

С 1952 по 1957 г. работал начальником отдела перспективных схем Сибирского научно-исследовательского института авиации им. С. А. Чаплыгина (СибНИА) в Новосибирске. Здесь он впервые предложил и детально проработал схему высокоскоростного «летающего крыла», создал проекты сверхзвуковых бомбардировщиков А-55 и А-57.

При разработке высокоскоростного самолета предложил решение проблем аэродинамического нагрева (в том числе использование сотовых конструкций и многослойных панелей обшивки), управления пограничным слоем, базирования бомбардировочной авиации.

С 1968 по 1974 г. занимал должность главного конструктора на заводе им. Г. Димитрова в КБ им. Г. М. Бериева (Таганрог). За 7 лет под его руководством были разработаны проекты противолодочных и транспортных самолетов-амфибий, в том числе сверхтяжелых (А-2000), построен экспериментальный самолет ВВА-14.

Бартини был не только Инженером с большой буквы, но и ученым, литератором, художником, интеллектуалом, который был в авангарде передовых, для своего времени, проектов. Как ученый пытался исследовать глубины структуры материи, чтобы понять окружающие их явления. Им была создана уникальная теория шестимерного мира («мир Бартини»), где время, как и пространство, имеет три измерения.

Это в сочетании с энциклопедическими знаниями, позволило ему создавать очень смелые и оригинальные конструкции. Бартини работал над более чем 60 проектов самолетов. Он занимался важной работой в области авиационных материалов, технологий, аэродинамики и динамики полетов, создании экранопланов и бесконтактного транспорта будущего, проектами поездов на магнитной подушке.

В докладе кратко отражена деятельность и научное наследие Р. Л. Бартини, а также информация о проведенном в научно-мемориальном музее профессора Н. Е. Жуковского круглом столе, посвященном 125-летию Р. Л. Бартини.

Литература

1. Архив научно-мемориального музея профессора Н. Е. Жуковского, инв.5267 и 5111; 1978.
2. Г. С. Панатов. Р. Л. Бартини – выдающийся авиаконструктор и ученый, 1997.
3. К. Удалов, М. Рысь. Бартини и его проекты, т.1-3. М., 2020.
4. Д. Лаврищев. Роберт Бартини – авиаконструктор завтрашнего дня. М.: ВИАМ, 2016.
5. Составитель А. Н. Маслов. Сборник статей. Мир Бартини. – М.: «Самообразование», 2009.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

| | |
|----------------------------------|---------------|
| Абдуллин М.Р. | 236 |
| Агеев В.С. | 405 |
| Александров А.П. | 17 |
| Александров С.В. | 184 |
| Алтунин В.А. | 233, 236, 239 |
| Алтунин К.В. | 236 |
| Андросова М.А. | 380 |
| Аристов А.А. | 76 |
| Бабич Д.Р. | 361 |
| Баданов Н.С. | 236 |
| Базанчук Г.А. | 167 |
| Баранцева М.Ю. | 354 |
| Баринова Е.В. | 263 |
| Барсуков Д.А. | 384 |
| Барыкина А.В. | 407 |
| Батченко В.С. | 186 |
| Белаковский М.С. | 357 |
| Белова И.К. | 317 |
| Белоконов И.В. | 24 |
| Беляев А.А. | 297 |
| Бергер Де Соуза Тирза Охана | 62 |
| Бикмучев А.Р. | 248 |
| Бирюкова М.В. | 19 |
| Богданов А.Н. | 414 |
| Болтов Е.А. | 24 |
| Боровиков Д.И. | 384 |
| Бронников С.В. | 199, 204 |
| Васиков Д.В. | 19 |
| Васильева Г.Ю. | 371, 374 |
| Виноходова А.Г. | 371 |
| Войтулевич Л.В. | 334 |
| Волков О.Н. | 209 |
| Волков С.А. | 28 |
| Волошин О.В. | 367 |
| Волынчук А.И. | 402 |
| Воробьев А.Л. | 278 |
| Гаврилова А.А. | 297 |
| Гайфутдинова А. Г. | 214 |
| Гартиг Е.Б. | 167 |

| | |
|-----------------------|----------|
| Гнездилова А.А. | 397 |
| Головин А.А. | 21 |
| Головин С.В. | 297 |
| Гончар Д.С. | 317 |
| Гордиенко Е.С. | 278, 281 |
| Горнов В.В. | 321 |
| Грушевицкая Т.Г. | 139 |
| Губка О.А. | 194 |
| Гуридов А.А. | 359 |
| Гусев А.В. | 243 |
| Давлатов Н.Б. | 239 |
| Даниличев С.Н. | 334 |
| Дармограев М.С. | 392 |
| Дворников М.В. | 346, 350 |
| Деменко О.Г. | 265 |
| Денисов А.Ю. | 43 |
| Денисов М.А. | 70 |
| Дешевая Е.А. | 363 |
| Дмитриев А.А. | 21 |
| Докучаев Л.В. | 271, 285 |
| Дружинин Ю.О. | 134 |
| Дымова А.А. | 359 |
| Егорочкин К.А. | 21 |
| Елисов Н.А. | 24 |
| Жданова К.А. | 21, 79 |
| Желнина Т.Н. | 108, 116 |
| Жилякова А.Е. | 236 |
| Жукова Е.А. | 359 |
| Заичкин И.Н. | 21 |
| Зарипова М.А. | 239 |
| Зарубин Д.С. | 289 |
| Захаркин В.С. | 21 |
| Захаров А.А. | 30 |
| Зиганшин Б.Р. | 248 |
| Зубко В.А. | 306 |
| Иванюхин А.В. | 268, 303 |
| Ивашкин В.В. | 274, 281 |
| Ильин В.К. | 324 |
| Исаченко А.М. | 188 |
| Калери А.Ю. | 230 |
| Калигина П.Д. | 386 |

| | |
|-----------------------|---------------|
| Калий П.Е. | 386 |
| Канунова Л.Н. | 171, 175 |
| Карелин А.В. | 73 |
| Каркашадзе В.Г. | 419 |
| Кислицкий М.И. | 253, 257 |
| Клюшников В.Ю. | 37, 39 |
| Ковалева С.Д. | 278 |
| Колинова С.А. | 161 |
| Кондратьев И.М. | 414 |
| Кореев Е.П. | 234, 236, 239 |
| Коробушин Д.В. | 45 |
| Корянов В.В. | 294, 297 |
| Коцур О.С. | 21 |
| Кравченко В.С. | 303 |
| Криволапова О.Ю. | 211 |
| Кривоногов И.А. | 324 |
| Кузьмин Ю.А. | 73 |
| Кукоба Т.Б. | 361 |
| Кульков В.М. | 58 |
| Кураков С.В. | 167 |
| Кургузов А.В. | 19 |
| Куссмауль А.Р. | 357, 367 |
| Кутузова Л.А. | 177 |
| Кухаренко А.С. | 294 |
| Лазарев Н.Д. | 21 |
| Лалетина Е.А. | 211 |
| Лапшинова О.В. | 217 |
| Лапшова Е.А. | 262 |
| Лашуков П.В. | 354 |
| Лебедев С.Ю. | 394 |
| Лекай Л.Л. | 192 |
| Леонов Д.А. | 386 |
| Лизунов А.А. | 41 |
| Лизунов С.А. | 41 |
| Лизунова А.С. | 41 |
| Лобанов И.Е. | 250 |
| Ломака И.А. | 25, 63 |
| Лопатин С.С. | 60 |
| Лосицкий В.П. | 169 |
| Лыткин В.В. | 100 |
| Лычков В.А. | 285 |

| | |
|------------------------|----------|
| Львов М.В..... | 233 |
| Лябзина В.Е..... | 21 |
| Майорова В. И..... | 21 |
| Майорова В.И..... | 71 |
| Максимовская Н.А..... | 151 |
| Маров М.Я..... | 4 |
| Марченко Л.Ю..... | 336 |
| Маслов А.И..... | 41 |
| Матюшев Т.В..... | 351 |
| Махмутов В.С..... | 214 |
| Махмутов М.М..... | 384 |
| Мацнев Э.И..... | 336, 339 |
| Меденков А.А..... | 346, 351 |
| Меликова М.Б..... | 378 |
| Мельникова В.Г..... | 21 |
| Менг Ж..... | 243 |
| Монахов М.И..... | 209 |
| Мордовский А.В..... | 82 |
| Морозова Л.Н..... | 192 |
| Мурадян О.А..... | 146 |
| Мусатова Т.П..... | 157 |
| Мухамедиева Л.Н..... | 354 |
| Небылов А.В..... | 76 |
| Никифоров В.Е..... | 53, 55 |
| Николаев П.Н..... | 25 |
| Носовский А.М..... | 324 |
| Озеров Д.С..... | 354 |
| Осецкий Н.Ю..... | 321 |
| Осипова А.А..... | 412 |
| Осипова П.Д..... | 359 |
| Пантелеймонов И.Н..... | 30 |
| Пасекова О.Б..... | 339 |
| Пахомова А.А..... | 354 |
| Пеклевский А.В..... | 364 |
| Перлюк В.В..... | 76 |
| Петров С.Д..... | 34 |
| Петухов В.Г..... | 268 |
| Пинг З..... | 243 |
| Пичугин С.Б..... | 221, 225 |
| Поддубко С.В..... | 359 |
| Поздняков С.С..... | 14 |

| | |
|-------------------------|----------|
| Поляков М.В. | 321 |
| Поляков Н.М. | 321 |
| Попова Ю.А. | 371 |
| Потюпкин А.Ю. | 28 |
| Промтова С.С. | 214 |
| Пушкарь О.Д. | 313 |
| Пушкин Д.С. | 386 |
| Пятанова В.В. | 308 |
| Рахманин В.Ф. | 161 |
| Рачкин Д.А. | 21 |
| Рожков А.С. | 204 |
| Розин П.Е. | 278, 281 |
| Рулев Д.Н. | 230 |
| Рыбалкина А.Л. | 409 |
| Самойленко Е.В. | 400 |
| Самохин А.С. | 308, 311 |
| Самохина М.А. | 311 |
| Саттаров А.Г. | 248 |
| Семенова В.В. | 374 |
| Сергеев В.Е. | 46, 49 |
| Сигалева Е.Э. | 336, 339 |
| Симонов А.В. | 278, 281 |
| Скедина М.А. | 324 |
| Скрипка У.В. | 274 |
| Смирнов С.С. | 34 |
| Соловьёва З.О. | 324 |
| Сочнев А.В. | 248 |
| Судаков В.С. | 161 |
| Сурма А.А. | 386 |
| Твердохлебова Е.М. | 49, 74 |
| Тененбаум С.М. | 21 |
| Тимофеев Ю.А. | 28 |
| Томиловская Е.С. | 367 |
| Томшин А.С. | 74 |
| Трофимов Д.А. | 34 |
| Тютюнник Н.Н. | 66 |
| Усачев В.А. | 34 |
| Фатеева Н.Ю. | 317 |
| Федяев К.С. | 306 |
| Филатова Я.А. | 380 |
| Филиппов М.В. | 214 |

| | |
|----------------------|----------|
| Фирсюк С.О..... | 58, 60 |
| Фомина Е.В. | 361 |
| Фролов А.В..... | 217 |
| Хлуденцова С.С. | 412 |
| Хоменко М.Н..... | 351 |
| Хорунжий А.В..... | 85, 90 |
| Царев С. С..... | 137 |
| Цыганков О.С..... | 363 |
| Чекунов И.В. | 34 |
| Чернышева Е.А. | 386 |
| Чеснов В.М..... | 180 |
| Шаповалов А.В. | 68 |
| Шаповалов Р.В..... | 46, 49 |
| Шафран С.В..... | 25 |
| Шеф К.А. | 359 |
| Шишурин А.В. | 41 |
| Шкапов П.М. | 167 |
| Шубралова Е.В..... | 363 |
| Шувалов В.А. | 74 |
| Щеглов Г.А..... | 79, 82 |
| Щиголев А.А. | 233, 236 |
| Эйсмонт Н.А. | 306 |
| Экзерцева Е.В..... | 412 |
| Юн Сон Ук | 58, 268 |
| Юров А.М..... | 60 |
| Юсупов А.А..... | 233 |
| Яковлев А.А. | 74 |
| Яновская М.Л. | 234, 239 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----------|
| ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ | 4 |
| К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ – ОСНОВОПОЛОЖНИК ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ КОСМОНАВТИКИ. К 165-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ K.E. TSIOLKOVSKY IS THE FOUNDER OF THEORETICAL COSMONAUTICS. TO THE 165TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH Маров М.Я..... | 4 |
| НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЗВЕЗДА» ИМЕНИ АКАДЕМИКА Г.И. СЕВЕРИНА. ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ SCIENTIFIC AND PRODUCTION ENTERPRISE "ZVEZDA" NAMED AFTER ACADEMICIAN G.I. SEVERIN. HISTORY AND MODERNITY Поздняков С.С..... | 14 |
| С ЗАВЕТАМИ К. ЦИОЛКОВСКОГО К РАЗВИТИЮ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ С ЖРД В КОНСТРУКТОРСКОМ БЮРО № 7. ПОСВЯЩАЕТСЯ 120-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ М.И. НЕДЕЛИНА WITH THE PRECEPTS OF K. TSIOLKOVSKY TOWARDS THE DEVELOPMENT OF BALLISTIC MISSILES WITH THE LRE IN THE DESIGN BUREAU No. 7. DEDICATED TO THE 120TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF M.I. NEDELIN Александров А.П. | 17 |
| VI Симпозиум «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ РОССИЙСКИХ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ»..... | 19 |
| РАЗРАБОТКА МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В СККБ «ИСКРА» МОСКОВСКОГО АВИАЦИОННОГО ИНСТИТУТА DEVELOPMENT of small spacecraft in the SKKB "ISKRA" of the MOSCOW AVIATION INSTITUTE Бирюкова М.В., Кургузов А.В., Васиков Д.В. | 19 |
| МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ НА БАЗЕ CUBESAT ПО ОЦЕНКЕ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ CUBESAT-BASED SMALL SPACECRAFT FOR GREENHOUSE GAS EMISSION MONITORING | |

| | |
|---|----|
| Майорова В. И., Рачкин Д.А., Тененбаум С.М., Мельникова В.Г., Лазарев Н.Д., Лябзина В.Е., Егорочкин К.А., Заичкин И.Н., Коцур О.С., Захаркин В.С., Жданова К.А., Головин А.А., Дмитриев А.А..... | 21 |
| НАНОСПУТНИКОВАЯ ПЛАТФОРМА SAMSAT ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ SAMSAT NANOSATELLITE PLATFORM FOR INVESTIGATION OF EARTH'S IONOSPHERE Белоконов И.В., Болтов Е.А., Елисов Н.А., Ломака И.А., Николаев П.Н., Шафран С.В..... | 25 |
| ФОРМИРОВАНИЕ РАБОЧИХ СТРУКТУР МНОГОСПУТНИКОВОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ FORMATION OF WORKING STRUCTURES OF MULTI-SATELLITE ORBITAL GROUPING BY USING FUZZY LOGIC Потюпкин А.Ю., Тимофеев Ю.А., Волков С.А. | 28 |
| МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА С МНОГОСПУТНИКОВЫМИ ГРУППИРОВКАМИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО УСТАНОВЛЕНИЯ СВЯЗИ A MODEL OF INFORMATION EXCHANGE WITH MULTI- SATELLITE GROUPINGS OF SPACECRAFT USING AUTOMATIC COMMUNICATION TECHNOLOGIES Пантелеймонов И.Н., Захаров А.А. | 30 |
| ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ PROBLEMS OF DESIGNING TIME-FREQUENCY SUPPORT FOR SPACE ROCKET COMPLEXES Чекунов И.В., Петров С.Д., Усачев В.А., Смирнов С.С., Трофимов Д.А. | 34 |
| ОРБИТАЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ ФАБРИКА ПО ПРОИЗВОДСТВУ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ DIGITAL ORBITAL FACTORY FOR THE PRODUCTION OF SMALL SATELLITES Клюшников В.Ю..... | 37 |
| ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ И ВОСПОЛНЕНИЯ КЛАСТЕРА МАЛЫХ | |

КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ИНФОРМАЦИОННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ

SMART AUTOMATICALLY SUPPLEMENT FLOCK OF SMALL
SATELLITES FOR INFORMATION PURPOSE
ОРГАНИЗАЦИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В
УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И НЕСТАБИЛЬНОСТИ
ПОСТАВОК КОМПЛЕКТУЮЩИХ

MANAGEMENT OF MACHINE-BUILDING PRODUCTION IN THE
CONDITIONS OF UNCERTAINTY AND INSTABILITY OF
COMPONENT SUPPLIES

Клюшников В.Ю., Лизунов С.А., Лизунов А.А., Маслов А.И.,
Шишурин А.В., Лизунова А.С..... 41

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОГО
ДВОЙНИКА РЕАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ
IMPROVING TECHNOLOGICAL PREPARING ROCKET-SPACE
DEVICE PARTS PRODUCTION WITH USING A REAL
MANUFACTURING ENVIRONMENT DIGITAL TWIN

Денисов А.Ю..... 43

КОНЦЕПЦИЯ ОТОБРАЖЕНИЯ ОБСТАНОВКИ В ОКОЛОЗЕМНОМ
КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ В ТРУДАХ КОСМОНАВТА-
ИСПЫТАТЕЛЯ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК БУРДАЕВА
НИКОЛАЯ МИХАЙЛОВИЧА

THE CONCEPT OF DISPLAYING THE SITUATION IN NEAR-EARTH
SPACE IN THE WORKS OF TEST COSMONAUTE DOCTOR OF
TECHNICAL SCIENCES BURDAEV NIKOLAY MIKHAILOVICH

Коробушин Д.В., Сергеев В.Е., Шаповалов Р.В. 46

КОНЦЕПЦИЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОРЕНИЯ
ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА
СПОСОБОМ ЛИКВИДАЦИИ ОТРАБОТАННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ В ЗАДАННЫЕ СРОКИ

THE CONCEPT OF PREVENTION OF MAN-MADE POLLUTION OF
NEAR-EARTH SPACE BY THE METHOD OF LIQUIDATION OF
USED SPACE EQUIPMENT IN THE SET TIME

Твердохлебова Е.М., Шаповалов Р.В., Сергеев В.Е. 49

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
СЕКЦИОНИРОВАННЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ
ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАЛЫХ КА

| | |
|---|----|
| CALCULATION OF VOLT-CURRENT CHARACTERISTICS OF SECTIONED SOLAR PANELS FOR CHANGING OPERATION CONDITIONS OF SMALL SPACECRAFT Никифоров В.Е..... | 53 |
| СРАВНЕНИЕ И ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО ВАРИАНТА РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ СЕКЦИОНИРОВАННЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ КА COMPARISON AND SELECTION OF AN EFFICIENT OPTION FOR REGULATION OF THE POWER OF SECTIONED SOLAR PANELS IN POWER SUPPLY SYSTEMS OF SMALL SPACECRAFT Никифоров В.Е..... | 55 |
| ПРОЕКТНО-БАЛЛИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ МИССИИ CUBESAT С ЭЛЕКТРОРАКЕТНЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ УСТАНОВКАМИ ДЛЯ ПЕРЕЛЕТА ЗЕМЛЯ–ЛУНА ANALYSIS OF EARTH-MOON TRANSFER FOR THE CUBESAT MISSIONS USING ELECTRIC PROPULSION SYSTEM Юн Сон Ук, Фирсюк С.О., Кульков В.М..... | 58 |
| ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ СВЕРХЛЕГКОГО КЛАССА ПОД ЗАДАННУЮ СТОИМОСТЬ EXPERIENCE OF DESIGN TO COST ULTRA-LIGHT SPACE LAUNCH VEHICLE Юров А.М., Лопатин С.С., Фирсюк С.О..... | 60 |
| ПРОЕКТ НАНОСПУТНИКА ДЛЯ ОТРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ ИЗ КОСМОСА ОПТИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ NANOSATELLITE PROJECT FOR OPTICAL COMMUNICATION Бергер Де Соуза Тирза Охана, Ломака И.А..... | 63 |
| О ПРОЕКТИРОВАНИИ СТЫКОВОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА БАЗЕ ОТКРЫТОЙ МОДУЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ DESIGNING A DOCKING DEVICE FOR SPACECRAFT BASED ON AN OPEN MODULAR ARCHITECTURE Тютюнник Н.Н. | 66 |
| МАЛЫЙ РАЗГОННЫЙ БЛОК НА ГАЗООБРАЗНОМ ТОПЛИВЕ SMALL UPPER STAGE ON GASEOUS PROPELLANT Шаповалов А.В. | 68 |

| | |
|--|-----------|
| АНАЛИЗ И ВЫБОР КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ ПОСАДКИ МАЛОГО СПУСКАЕМОГО АППАРАТА ANALYSIS AND SELECTION OF LANDING SYSTEM FOR A SMALL LANDER VEHICLE Денисов М.А., Майорова В.И. | 71 |
| ГРУППИРОВКИ ГЕЛИОГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ МИНИ- МИКРОСПУТНИКОВ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УСКОРЕННОГО СОЗДАНИЯ КА GROUPINGS OF HELIOGEOGRAPHICAL AND HYDROMETEOROLOGICAL MINI-MICROSATELLITES AND ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL PROBLEMS OF ACCELERATED DEVELOPMENT OF SC Карелин А.В., Кузьмин Ю.А., Твердохлебова Е.М., Томшин А.С., Шувалов В.А., Яковлев А.А. | 74 |
| РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ ГРУППЫ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ МИКРОСПУТНИКОВ DISTRIBUTED NAVIGATION AND FLIGHT CONTROL SYSTEM FOR A GROUP OF INTERACTING MICROSATELLITES Перлюк В.В., Небылов А.В., Аристов А.А. | 76 |
| БОРТОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ СВЕРХМАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА КЛАССА CUBESAT ONBOARD COMPUTING MODULE FOR ULTRA-SMALL CUBESAT SPACECRAFT Щеглов Г.А., Жданова К.А. | 79 |
| ПРОТОТИП ГАЗОСТРУЙНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ НАНОСПУТНИКА ФОРМАТА CUBESAT PROTOTYPE OF A COLD GAS PROPULSION SYSTEM FOR A CUBESAT NANOSATELLITE Щеглов Г.А., Мордовский А.В. | 82 |
| Секция 1. «ИССЛЕДОВАНИЕ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО И ИСТОРИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ»..... | 85 |
| «ИДЕАЛЬНЫЙ СТРОЙ ЖИЗНИ» К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В КОНТЕКСТЕ СТАДИАЛЬНОГО ПОДХОДА К ИСТОРИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА | |

| | |
|--|-----|
| "THE IDEAL ORDER OF LIFE" BY K.E. TSIOLKOVSKY IN THE CONTEXT OF THE STAGE APPROACH TO THE HISTORY OF MANKIND Хорунжий А.В..... | 85 |
| ЭВОЛЮЦИЯ УТОПИЧЕСКОГО ДИСКУРСА В РОССИИ В XX В. – НАЧАЛЕ XXI В.: ОТ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО И ЕГО СОВРЕМЕННОСТЕЙ ДО РАСЦВЕТА «ПОПАДАНЧЕСТВА» (К ПОСТАНОВКЕ ПРОБЛЕМЫ) THE EVOLUTION OF UTOPIAN DISCOURSE IN RUSSIA IN THE 20TH - EARLY 21ST CENTURIES: FROM K.E. TSIOLKOVSKY AND HIS CONTEMPORARIES TO THE HEYDAY OF «SUMMONED TO THE PAST» NOVELS (TO PROBLEM STATEMENT) Хорунжий А.В..... | 90 |
| К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ТРИ ПОКОЛЕНИЯ КАЛУЖСКИХ КОСМИСТОВ TSIOLKOVSKY K.E. AND THREE GENERATIONS OF KALUGA'S COSMISTS Лыткин В.В..... | 100 |
| ИВАН СТЕПАНОВИЧ КОРОЧЕНЦЕВ: МУЗЕЙ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ КАК СУДЬБА (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ) IVAN STEPANOVICH KOROCHEVTSEV: MUSEUM OF THE HISTORY OF COSMONAUTICS AS FATE (TO THE 100TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH) Желнина Т.Н. | 108 |
| РОДОСЛОВИЕ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО: ИСТОРИОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ K.E. TSIOLKOVSKY'S GENEALOGY: HISTORIOGRAPHICAL ASPECT Желнина Т.Н. | 116 |
| НАУЧНО-ФАНТАСТИЧЕСКАЯ ПОВЕСТЬ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО «ВНЕ ЗЕМЛИ» И ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ В РОССИИ ДО 1918 ГОДА K.E. TSIOLKOVSKY'S SCIENCE FICTION NOVEL "BEYOND THE EARTH" AND THE EXPLORATION OF THE PLANETS OF THE SOLAR SYSTEM IN RUSSIA BEFORE 1918 Дружинин Ю.О. | 134 |

| | |
|---|-----|
| К ВОПРОСУ О НАУЧНОМ И ФИЛОСОФСКОМ ВЛИЯНИИ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО НА Д.И. БЛОХИНЦЕВА ON THE QUESTION OF THE SCIENTIFIC AND PHILOSOPHICAL INFLUENCE OF K.E. TSIOLKOVSKY ON D.I. BLOKHINTSEV Царев С. С..... | 137 |
| КОСМИЗМ И СЦИЕНТИЗМ В СОВЕТСКОЙ НАУЧНОЙ ФАНТАСТИКЕ COSMISM AND SCIENTISM IN SOVIET SCIENCE FICTION Грушевицкая Т.Г..... | 139 |
| ОБРАЗОВАНИЕ И ТВОРЧЕСТВО В ФОРМИРОВАНИИ РЕБЕНКА (В КОНТЕКСТЕ ИДЕЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО) EDUCATION AND CREATIVITY IN THE FORMATION OF A CHILD (IN THE CONTEXT OF K.E. TSIOLKOVSKY'S IDEAS) Мурадян О.А. | 146 |
| ДОМ НА ГЕОРГИЕВСКОЙ: К ИСТОРИИ ОДНОГО ИЗ ПАМЯТНЫХ МЕСТ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В КАЛУГЕ HOUSE ON GEORGIEVSKAYA: TO THE HISTORY OF ONE OF THE MEMORABLE PLACES OF K.E. TSIOLKOVSKY IN KALUGA Максимовская Н.А..... | 151 |
| ИЗ ИСТОРИИ ПАМЯТНИКА К.Э. ЦИОЛКОВСКОМУ В СКВЕРЕ МИРА В КАЛУГЕ FROM THE HISTORY OF THE MONUMENT TO K.E. TSIOLKOVSKY IN THE PEACE SQUARE IN KALUGA Мусатова Т.П. | 157 |
| АКАДЕМИК В.П. ГЛУШКО – НАЧАЛЬНИК И ГЛАВНЫЙ КОНСТРУКТОР ОКБ-456 (КБ ЭНЕРГОМАШ), ГЕНЕРАЛЬНЫЙ КОНСТРУКТОР НПО «ЭНЕРГИЯ»: ЧЕРТЫ ХАРАКТЕРА ACADEMICIAN V.P. GLUSHKO – HEAD AND CHIEF DESIGNER OF ОКБ-456 (ENERGOMASH DESIGN BUREAU), GENERAL DESIGNER OF NPO ENERGIA: CHARACTER FEATURES Рахманин В.Ф., Судаков В.С., Колинова С.А. | 161 |
| ШТРИХИ БИОГРАФИИ Н.Е. ЖУКОВСКОГО (ПО МАТЕРИАЛАМ ЛИЧНОГО ДЕЛА УЧЕНОГО В ИМПЕРАТОРСКОМ МОСКОВСКОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УЧИЛИЩЕ) STROKES OF N.E. ZHUKOVSKY'S BIOGRAPHY FROM ARCHIVAL MATERIALS OF HIS PERSONAL FILE OF THE IMPERIAL MOSCOW TECHNICAL SCHOOL | |

| | |
|--|-----|
| Базанчук Г.А., Гартиг Е.Б., Кураков С.В., Шкапов П.М. | 167 |
| К ИСТОРИИ АРЕСТА И.Т. КЛЕЙМЕНОВА И Г.Э. ЛАНГЕМАКА СОТРУДНИКАМИ ГЛАВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НКВД ON THE HISTORY OF THE ARREST OF I.T. KLEIMENOV AND G.E. LANGEMAK BY EMPLOYEES OF THE MAIN DIRECTORATE OF STATE SECURITY OF THE NKVD | |
| Лосицкий В.П. | 169 |
| ПЕРВОПРОХОДЦЫ НЕИЗВЕСТНОСТИ ИЛИ ЗАБЫТЫЕ ГЕРОИ: ПОДВИГ ПЕРВЫХ ИСПЫТАТЕЛЕЙ СОВЕТСКОЙ РАКЕТНО- КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ (1953-1963) PIONEERS OF THE UNKNOWN OR FORGOTTEN HEROES: THE FEAT OF THE FIRST TESTERS OF SOVIET ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY (1953-1963) | |
| Канунова Л.Н. | 171 |
| «СОКОЛ» и «БЕРКУТ» УХОДЯТ В КОСМОС. К 60-ЛЕТИЮ ПОЛЕТА КОРАБЛЕЙ «ВОСТОК-3» И «ВОСТОК-4» "SOKOL" AND "BERKUT" GO INTO SPACE. TO THE 60TH ANNIVERSARY OF THE FLIGHT OF THE VOSTOK-3 AND VOSTOK- 4 SPACECRAFT | |
| Канунова Л.Н. | 175 |
| АРХИВЫ ВЕТЕРАНОВ, КАК ИСТОЧНИК ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИСТОРИИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ (ОБЗОР МАТЕРИАЛОВ ФОНДОВ ГМИК ИМ. К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО, ПОСВЯЩЕННЫХ 65-ЛЕТИЮ ЗАПУСКА 1 ИСЗ) ARCHIVES OF VETERANS AS A SOURCE FOR STUDYING THE HISTORY OF ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY (REVIEW OF THE MATERIALS OF THE FUNDS OF THE TSIOLKOVSKY STATE MUSEUM OF FINE ARTS DEDICATED TO THE 65TH ANNIVERSARY OF THE LAUNCH OF THE 1ST ISS) | |
| Кутузова Л.А. | 177 |
| КОСМОНАВТИКА И ГИДРОСФЕРА ЗЕМЛИ: ТОЧКИ КОНТАКТА И ПРОСТРАНСТВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ (ИСТОРИКО-НАУЧНЫЙ ОБЗОР) SPACE AND HYDROSPHERE OF THE EARTH: POINTS OF CONTACT AND SPACE OF INTERACTION (HISTORICAL AND SCIENTIFIC REVIEW) | |
| Чеснов В.М. | 180 |

| | |
|--|------------|
| КОСМОНАВТИКА И ЕЕ ИСТОРИЯ НА СТРАНИЦАХ ЖУРНАЛА «ТЕХНИКА-МОЛОДЕЖИ» COSMONAUTICS AND ITS HISTORY IN «THE TECHNICA- MOLODEZHI» MAGAZINE Александров С.В. | 184 |
| НАЧАЛО МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА СССР И ИНДИИ В СФЕРЕ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ THE BEGINNING OF INTERNATIONAL COOPERATION BETWEEN THE USSR AND INDIA IN THE FIELD OF SPACE RESEARCH Батченко В.С. | 186 |
| К ВОПРОСУ О ПРАКТИЧЕСКОЙ КОСМОНАВТИКЕ НА КАЛУЖСКОЙ ЗЕМЛЕ TO THE QUESTION OF PRACTICAL ASTRONAUTICS ON THE KALUGA LAND Исаченко А.М. | 188 |
| «ЗЕМНОЕ ЭХО КОСМИЧЕСКИХ БУРЬ». А.Л. ЧИЖЕВСКИЙ И О.Г. ГАЗЕНКО «THE TERRESTRIAL ECHO OF COSMIC STORMS». ALEXANDER CHIZNEVSKY AND OLEG GAZENKO Лекай Л.Л., Морозова Л.Н. | 192 |
| ЦИКЛЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ (ТЕОРИЯ А.Л. ЧИЖЕВСКОГО) CYCLES OF SOLAR ACTIVITY IN SOCIAL PROCESSES (THEORY OF ALEXANDER CHIZNEVSKY) Губка О.А. | 194 |
| Секция 2. «ПРОБЛЕМЫ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ»..... | 197 |
| Светлой памяти Виктора Васильевича Балашова посвящается... .. | 197 |
| ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА THE INFORMATION MODEL OF THE MANNED SPACECRAFT AUTOMATED MONITORING SYSTEM Бронников С.В. | 199 |
| КОМПЛЕКС СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА | |

| | |
|---|-----|
| SPACE VEHICLE CREW ACTIVITY SUPPORT COMPLEX Бронников С.В., Рожков А.С. | 204 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ МАЛОИНЕРЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ МКС ПО ВИДЕОИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ТРЕКИНГА ТЕСТОВЫХ ТОЧЕК ИЗОБРАЖЕНИЯ RESEARCH OF VIBRATIONS OF THE ISS LOW-INERTIA STRUCTURAL UNITS USING VIDEO INFORMATION BASED ON THE METHOD OF TEST IMAGE POINTS TRACKING Волков О.Н., Монахов М.И. | 209 |
| ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «РАДИОЛОКАТОР» И ИНТЕГРАЦИИ НАУЧНОЙ АППАРАТУРЫ «РЛ-022» В СОСТАВ РС МКС FEATURES OF CARRYING OUT THE SPACE EXPERIMENT "RADIOLOCATOR" AND INTEGRATION OF SCIENTIFIC EQUIPMENT "RL-022" INTO THE ISS RS Криволапова О.Ю., Лалетина Е.А. | 211 |
| ИЗМЕРЕНИЯ СОЛНЕЧНОГО ТЕРАГЕРЦОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БОРТУ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ SOLAR TERAHERTZ EMISSION MEASUREMENTS ON BOARD OF INTERNATIONAL SPACE STATION Махмутов В.С., Филиппов М.В., Гайфутдинова А. Г., Промтова С.С. | 214 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ВБЛИЗИ ПОВЕРХНОСТИ РС МКС INVESTIGATION OF ELECTRIC FIELDS NEAR THE ISS RS SURFACE Лапшинова О.В., Фролов А.В. | 217 |
| ИССЛЕДОВАНИЯ ГОРЕНИЯ ЖИДКИХ, ГАЗООБРАЗНЫХ И ТВЁРДЫХ ТЕЛ НА БОРТУ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ INVESTIGATION OF COMBUSTION OF LIQUID, GASEOUS AND SOLID BODIES ON BOARD OF INTERNATIONAL SPACE STATION Пичугин С.Б. | 221 |
| АБОНЕНТСКАЯ СВЯЗЬ В НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ «МИМО» SUBSCRIBER COMMUNICATIONS IN LEO SATELLITE SYSTEM USING MIMO TECHNOLOGY | |

| | |
|--|-----|
| Пичугин С.Б. | 225 |
| РАЗРАБОТКА ЛЕТАЮЩЕГО РОБОТА ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВНУТРИ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ | |
| DEVELOPMENT OF A FLYING ROBOT FOR OPERATION INSIDE THE SPACE STATION | |
| Рулев Д.Н., Калери А.Ю. | 230 |
| ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ АВИАЦИОННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ | |
| EXPERIMENTAL STUDY OF THERMAL PROCESSES UNDER FORCED CONVECTION OF AIRCRAFT MOTOR OILS | |
| Алтунин В.А., Львов М.В., Щиголов А.А., Юсупов А.А., Кореев Е.П., Яновская М.Л. | 234 |
| АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ЛУННЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ЭНЕРГОУСТАНОВОК РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ | |
| ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF USING LUNAR ENERGY CARRIERS FOR AIRCRAFT ENGINES AND POWER PLANTS FOR VARIOUS PURPOSE | |
| Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Щиголов А.А., Жилякова А.Е., Баданов Н.С., Кореев Е.П. | 236 |
| РАЗРАБОТКА СПОСОБА УВЕЛИЧЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ПОЛЁТА ВОЗДУШНЫХ, АЭРОКОСМИЧЕСКИХ, ГИПЕРЗВУКОВЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ | |
| DEVELOPMENT OF A METHOD FOR INCREASING THE FLIGHT RANGE OF AIR, AEROSPACE, HYPERSONIC AND SPACE VEHICLES | |
| Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Кореев Е.П., Яновская М.Л. | 239 |
| ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ III: ВОДА | |
| GEOLOGICAL EXPLORATION OF THE MOON III: WATER | |
| Гусев А.В., Менг Ж., Пинг З. | 243 |
| ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОЖЕСТВЕННЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ | |

| | |
|---|-----|
| PHYSICAL MODEL OF THE PROPAGATION OF MULTIPLE PULSED NEAR-SURFACE OPTICAL DISCHARGES IN A CYLINDRICAL CHAMBER OF A PULSED LASER ROCKET ENGINE Саттаров А.Г., Бикмучев А.Р., Сочнев А.В., Зиганшин Б.Р..... | 248 |
| ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В ПРЯМЫХ КРУГЛЫХ ТРУБАХ С ПЕРИОДИЧЕСКИ РАСПОЛОЖЕННЫМИ ПОВЕРХНОСТНЫМИ ТУРБУЛИЗАТОРАМИ ПОТОКА ПОЛУКРУГЛОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ КАК ФУНКЦИЯ КРИТЕРИЯ ПРАНДТЛЯ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ THEORETICAL STUDY OF HEAT TRANSFER IN STRAIGHT ROUND PIPES WITH PERIODICALLY ARRANGED SURFACE TURBULATORS OF A SEMICIRCULAR CROSS-SECTION FLOW AS A FUNCTION OF THE PRANDTL CRITERION IN A WIDE RANGE OF ITS VARIATION FOR VARIOUS GEOMETRIC AND REGIME PARAMETERS Лобанов И.Е. | 250 |
| О ПОСТРОЕНИИ ОРБИТАЛЬНЫХ ГРУППИРОВОК МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АПЕРТУРЫ ON THE CONSTRUCTION OF CONSTELLATIONS OF SMALL SPACECRAFT FOR THE FORMATION OF A DISTRIBUTED APERTURE Кислицкий М.И. | 253 |
| КОММЕРЧЕСКИЙ МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ РАЗГОННЫЙ БЛОК ДЛЯ БЫСТРЫХ ПЕРЕЛЕТОВ THE COMMERCIAL SMALL SPACE TUG FOR FAST INTERORBITAL FLIGHTS Кислицкий М.И. | 257 |
| ОЦЕНКА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ НАНОСПУТНИКА SAMSAT-ION ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ ТРАНСПОРТНО-ПУСКОВОГО КОНТЕЙНЕРА..... ESTIMATION OF THE SAMSAT-ION ANGULAR VELOCITY AFTER SEPARATION FROM CUBESAT DEPLOYER Лапшова Е.А., Баринаова Е.В..... | 263 |
| К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ЭКВИВАЛЕНТНОГО УДАРНОГО МЕХАНИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ | |

TO THE QUESTION OF DETERMINING THE PARAMETERS OF
EQUIVALENT SHOCK MECHANICAL LOADING
Деменко О.Г. 265

**Секция 3. «К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И МЕХАНИКА
КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА» 268**

МИНИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ТОПЛИВА ДЛЯ ТРАЕКТОРИЙ
ПЕРЕЛЕТА К ЛУНЕ С МАЛОЙ ТЯГОЙ В ЭФЕМЕРИДНОЙ
МОДЕЛИ ЧЕТЫРЕХ ТЕЛ
MINIMUM-FUEL LOW-THRUST TRAJECTORIES TO THE MOON
USING FOUR-BODY EPHEMERIS MODEL
Юн Сон Ук, Петухов В.Г., Иванюхин А.В. 268

ЖИЗНЬ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ НАУКЕ. К 100-ЛЕТИЮ
ГЕОРГИЯ СТЕПАНОВИЧА НАРИМАНОВА
LIFE IN ROCKET AND SPACE SCIENCE. TO THE 100TH
ANNIVERSARY OF GEORGY STEPANOVICH NARIMANOV
Докучаев Л.В. 271

ОЦЕНКА УМЕНЬШЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ РАЗГОНЕ С
ОПОРНОЙ НИЗКОЙ ОРБИТЫ ИСЗ НА ОРБИТУ ПОЛЕТА К ЛУНЕ
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕСКОЛЬКИХ АКТИВНЫХ УЧАСТКОВ
РАЗГОНА
EVALUATION OF FUEL CONSUMPTION DURING ACCELERATION
FROM A REFERENCE LOW EARTH ORBIT TO A HIGH MOON
ORBIT WHEN USING SEVERAL ACTIVE ACCELERATION PARTS
Ивашкин В.В., Скрипка У.В. 274

УТОЧНЕНИЕ ИМПУЛЬСА ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ МАРШЕВОГО
ДВИГАТЕЛЯ РАЗГОННОГО БЛОКА «ФРЕГАТ» ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВЫВЕДЕНИЯ
REFINEMENT OF THE AFTEREFFECT IMPULSE OF THE MAIN
ENGINE OF THE FREGAT UPPER STAGE TO IMPROVE THE
INJECTION ACCURACY
Симонов А.В., Ковалева С.Д., Воробьев А.Л., Гордиенко Е.С.,
Розин П.Е. 278

АНАЛИЗ ТРАЕКТОРИЙ ВЫВЕДЕНИЯ КА НА ВЫСОКИЕ
КРУГОВЫЕ ОРБИТЫ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЛУНЫ С
ПОМОЩЬЮ ДВУХИМПУЛЬСНОГО ПЕРЕХОДА
SPACECRAFT'S LAUNCH TRAJECTORIES INTO HIGH CIRCULAR
ORBITS OF MOON ARTIFICIAL SATELLITE WITH USING TWO-
IMPULSE TRANSFER ANALYSIS

| | |
|--|-----|
| Гордиенко Е.С., Ивашкин В.В., Симонов А.В., Розин П.Е. | 281 |
| К «НАРИМАНОВСКОЙ» МОДЕЛИ ЖИДКОНАПОЛНЕННОГО ГИРОСКОПА | |
| TO «NARIMANOV» MODEL OF LIQUIDLY FILLED GYROSCOPE..... | |
| Докучаев Л.В., Лычков В.А. | 285 |
| НЕКОТОРЫЕ ПРОЕКТНО-БАЛЛИСТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОСВОЕНИЯ ЛУНЫ | |
| DESIGN AND BALLISTIC ISSUES FOR A MODERN MOON EXPLORATION PROGRAM | |
| Зарубин Д.С. | 289 |
| МЕХАНИКА УПРАВЛЯЕМОГО ПОЛЁТА СПУСКАЕМОГО АППАРАТА С АЭРОУПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ЗА СЧЕТ ПОВОРОТА ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ | |
| CONTROLLED FLIGHT MECHANICS OF A DESCENT VEHICLE WITH AEROELASTIC ELEMENTS DUE TO PAYLOAD ROTATION | |
| Корянов В.В., Кухаренко А.С. | 294 |
| МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПАСНЫХ СБЛИЖЕНИЙ МЕЖДУ КОСМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ TLE | |
| METHODOLOGY FOR DETERMINING DANGEROUS CONJUNCTIONS BETWEEN SPACE OBJECTS BY TLE ELEMENTS | |
| Беляев А.А., Головин С.В., Гаврилова А.А., Корянов В.В. | 297 |
| РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ИМПУЛЬСНОГО ПЕРЕЛЁТА НА ОСНОВЕ БАЗИС-ВЕКТОРА И МЕТОДА ПРОДОЛЖЕНИЯ ПО ПАРАМЕТРУ | |
| OPTIMIZATION METHOD FOR IMPULSIVE TRANSFERS BASED ON PRIMER VECTOR AND THE CONTINUATION METHOD | |
| Иванюхин А.В. | 301 |
| ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ОБЛЁТА ГРУППЫ АСТЕРОИДОВ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ | |
| DESIGNING THE TRAJECTORY OF FLYBY A GROUP OF ASTEROIDS BASED ON DYNAMIC PROGRAMMING | |
| Кравченко В.С., Иванюхин А.В. | 303 |
| РАСШИРЕНИЕ ОБЛАСТЕЙ ПОСАДКИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЗОНДА НА ПОВЕРХНОСТИ ВЕНЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗОНАНСНОЙ ОРБИТЫ | |

| | |
|---|------------|
| EXPANDING THE LANDING AREAS OF THE PROBE ON THE SURFACE OF VENUS USING A RESONANT ORBIT Зубко В.А., Эйсмонт Н.А., Федяев К.С. | 306 |
| ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКОГО УЧАСТКА МИССИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА К ВЕНЕРЕ ON OPTIMIZATION OF THE HELIOCENTRIC SECTION OF THE SPACECRAFT MISSION TO VENUS Пятанова В.В., Самохин А.С. | 308 |
| О СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЧАСТИ СФЕРЫ ДАЙСОНА ИЗ АСТЕРОИДОВ В 2121-2141 В РАМКАХ СОРЕВНОВАНИЙ ГТОС 11 ABOUT THE CONSTRUCTION OF THE DYSON RING IN 2121-2141 IN THE COMPETITION GTOС 11 Самохин А.С., Самохина М.А. | 311 |
| ДВУХЭТАПНЫЙ РЕКУРРЕНТНО-ИТЕРАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ СИНТЕЗА УПРАВЛЕНИЯ ТЕРМИНАЛЬНОЙ ПЕРЕОРИЕНТАЦИЕЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ TWO-STAGE RECURRENT-ITERATIVE ALGORITHM FOR CONTROL SYNTHESIS OF SPACECRAFTS TERMINAL REORIENTATION Пушкарь О.Д. | 313 |
| РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМОВ НАВЕДЕНИЯ ЛАЗЕРНО-ЛОКАЦИОННЫХ ТЕЛЕСКОПОВ НА КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR POINTING LASER-LOCATION TELESCOPES AT SPACE DEBRIS Белова И.К., Фатеева Н.Ю., Гончар Д.С. | 317 |
| Секция 4. «К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ» | 321 |
| К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОБЛЕМЫ ОБИТАЕМОСТИ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЕЙ K.E. TSIOLKOVSKY AND THE PROBLEMS OF MANNED SPACECRAFT HABITABILITY Осецкий Н.Ю., Поляков М.В., Горнов В.В., Поляков Н.М. | 321 |
| К ВОПРОСУ О ВИЗУАЛИЗАЦИИ СЛУЧАЕВ ДИСБИОТИЧЕСКИХ СДВИГОВ РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПОВ ЧЕЛОВЕКА PERTAINS TO VISUALIZATION OF CASES OF DYSBIOTIC SHIFTS OF VARIOUS HUMAN BIOTOPES | |

| | |
|---|-----|
| Ильин В.К., Соловьёва З.О., Скедина М.А., Носовский А.М., Кривоногов И.А. | 324 |
| ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ НА ХОРИОРЕТИНОПАТИЮ МАКУЛЯРНОЙ ЗОНЫ СЕТЧАТКИ У КОСМОНАВТОВ THE EFFECT OF LONG-TERM ORBITAL SPACE FLIGHTS ON CHORIORETINOPATHY OF THE RETINA'S MACULAR ZONE IN COSMONAUTS | |
| Войтулевич Л.В., Даниличев С. Н. | 334 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ДЫХАНИЯ КИСЛОРОДНО- АРГОНОВОЙ ГАЗОВОЙ СМЕСЬЮ В ЦЕЛЯХ ШУМОВОЙ ОТОПРОТЕКЦИИ INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF PREVENTIVE USE OF THE OXYGEN-ARGON GAS MIXTURE BREATHING METHOD FOR NOISE OTOPROTECTION | |
| Сигалева Е.Э., Марченко Л.Ю., Мацнев Э.И. | 336 |
| ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНА СЛУХА В УСЛОВИЯХ 7-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ FUNCTIONAL STATE OF THE HEARING ORGAN UNDER CONDITIONS OF 7-DAY "DRY" IMMERSION | |
| Сигалева Е.Э., Пасекова О.Б., Мацнев Э.И. | 339 |
| О ВКЛАДЕ А.М. ГЕНИНА В АВИАКОСМИЧЕСКУЮ МЕДИЦИНУ ON THE CONTRIBUTION OF A.M. GENIN TO AEROSPACE MEDICINE | |
| Меденков А.А., Дворников М.В. | 346 |
| ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЕТНОГО ТРУДА ОСНОВА БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ PSYCHOPHYSIOLOGICAL SAFETY OF FLIGHT WORK IS THE BASIS OF FLIGHT SAFETY | |
| Дворников М.В., Матюшев Т.В., Меденков А.А., Хоменко М.Н. | 351 |
| ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЛИЯНИЯ ЛУННОЙ ПЫЛИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ TOXICOLOGICAL AND HYGIENIC PROBLEMS OF MOON DUST IMPACT ON BIOLOGICAL OBJECTS | |
| Баранцева М.Ю., Мухамедиева Л.Н., Озеров Д.С., Пахомова А.А., Лашуков П.В. | 354 |

| | |
|--|-----|
| КОСМИЧЕСКОМУ РЕКОРДСМЕНУ В.В. ПОЛЯКОВУ – 80 ЛЕТ SPACE RECORD-HOLDER V.V. POLYAKOV TURNS 80 Белаковский М.С., Куссмауль А.Р. | 357 |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА СПОРООБРАЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ГЕРМЕТИЧНО-ЗАМКНУТОГО ОБЪЕМА МКС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ И АНАЛИЗ ИХ АНТИБИОТИКОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ DETERMINATION OF THE SPECIES COMPOSITION OF SPORE- FORMING BACTERIA ISOLATED FROM THE HERMETICALLY SEALED VOLUME OF THE ISS USING VARIOUS IDENTIFICATION METHODS AND ANALYSIS OF THEIR ANTIBIOTIC SENSITIVITY Дымова А.А., Шеф К.А., Осипова П.Д., Жукова Е.А., Гуридов А.А., Поддубко С.В. | 359 |
| РЕАДАПТАЦИЯ МЫШЦ КОСМОНАВТОВ ПОСЛЕ ПОВТОРНЫХ ПОЛЕТОВ COSMONAUT MUSCLE READAPTATION AFTER REPEATED FLIGHTS Кукоба Т.Б., Бабич Д.Р., Фомина Е.В. | 361 |
| БИОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ BIOCHEMICAL ASPECTS OF DISTRIBUTION OF SPACE TECHNOLOGIES IN NEAR-EARTH SPACE Дешевая Е.А., Цыганков О.С., Шубралова Е.В., Пеклевский А.В. | 364 |
| НАУЧНЫЙ ЦЕНТР МИРОВОГО УРОВНЯ «ПАВЛОВСКИЙ ЦЕНТР «ИНТЕГРАТИВНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ – МЕДИЦИНЕ, ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОМУ ЗДРАВООХРАНЕНИЮ И ТЕХНОЛОГИЯМ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ» – ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРИВЛЕЧЕНИЯ МОЛОДЫХ КАДРОВ В КОСМИЧЕСКУЮ МЕДИЦИНУ И БИОЛОГИЮ WORLD-CLASS SCIENCE CENTER "PAVLOVSKIY CENTER "INTEGRATIVE PHYSIOLOGY – FOR MEDICINE, HIGH-TECH HEALTHCARE AND STRESS RESISTANCE TECHNOLOGIES" - A PLATFORM FOR POPULARIZATION OF SCIENTIFIC RESEARCH AND ATTRACTION OF YOUNG STAFF TO SPACE MEDICINE AND BIOLOGY Волошин О.В., Томиловская Е.С., Куссмауль А.Р. | 367 |

| | |
|--|------------|
| СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ НАУЧНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЁТА В УСЛОВИЯХ ИЗОЛЯЦИИ ЭКИПАЖА В ГЕРМООБЪЕКТЕ SYSTEM OF PLANNING OF A SCIENTIFIC PROGRAM OF LONG- TERM EXPERIMENTS SIMULATING THE ACTION OF SPACE FLIGHT FACTORS ON THE CREW STAYING IN ISOLATION IN A HERMETICALLY CLOSED FACILITY Васильева Г.Ю., Виноходова А.Г., Попова Ю.А. | 371 |
| ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПОТООТДЕЛЕНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ БИОИМПЕДАНСНОГО АНАЛИЗА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ TEST BENCH TO DETERMINE THE INFLUENCE OF BODY PERSPIRATION ON THE RESULT OF BIOIMPEDANCE ANALYSIS IN DYNAMIC STUDIES Семенова В.В., Васильева Г.Ю. | 374 |
| Секция 5. «АВИАЦИЯ И ВОЗДУХОПЛАВАНИЕ» | 378 |
| ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МЕТОДОЛОГИИ АВИАЦИОННОЙ ЭРГОНОМИКИ ЗА РУБЕЖОМ THE DEVELOPMENT TRENDS OF AVIATION HUMAN FACTORS/ERGONOMICS METHODOLOGY IN USA AND EUROPE Меликова М.Б. | 378 |
| СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СХЕМЫ САМОЛЕТА Ил-76 IMPROVEMENT OF THE AERODYNAMIC SCHEME OF THE IL-76 AIRCRAFT Андросова М.А., Филатова Я.А. | 380 |
| УЧЕБНЫЙ СТЕНД ДЛЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ TRAINING STAND FOR AERODYNAMIC RESEARCH Боровиков Д.И., Барсуков Д.А., Махмутов М.М. | 384 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ВЫБОРУ ОБЛИКА И ПАРАМЕТРОВ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ СВЕРХЗВУКОВОГО ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА, РАССЧИТАННОГО НА ПЕРЕВОЗКУ ДО 20 ПАССАЖИРОВ | |

RESEARCH ON THE PARAMETERS SELECTION OF THE ENGINE
OF A SUPERSONIC PASSENGER AIRCRAFT DESIGNED TO CARRY
UP TO 20 PASSENGERS

Калигина П.Д., Калий П.Е., Леонов Д.А., Пушкин Д.С., Сурма А.А.,
Чернышева Е.А. 386

ВНЕДРЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ВОЗМОЖНЫХ ОПАСНЫХ СБЛИЖЕНИЯХ
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В СИСТЕМУ ОРГАНИЗАЦИИ
ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

INTEGRATION OF A PREDICTIVE ALERT SYSTEM ABOUT
POSSIBLE AIRCRAFT NEAR MISSES INTO THE AIR TRAFFIC
MANAGEMENT SYSTEM

Дармограев М.С. 392

ОСОБЕННОСТИ ГОРЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
В КОЛЬЦЕВОЙ КАМЕРЕ СГОРАНИЯ С ВИХРЕВЫМ АНАЛОГОМ
ЖАРОВОЙ ТРУБЫ

FEATURES OF COMBUSTION PROCESS AND TEMPERATURE
ALLOCATION IN VORTEX-DESIGNED COMBUSTION CHAMBERS

Лебедев С.Ю. 394

ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ЛОПАТОК ТУРБИН
АВИАЦИОННЫХ ГТД

THERMAL PROTECTION COATINGS OF TURBINE BLADES
AVIATION GAS TURBINE ENGINES

Гнездилова А.А. 397

ОЦЕНКА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ
ПОКРЫТИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПОДСЛОЯМИ
ASSESSMENT OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF METAL
SUBLAYERS OF HEAT-PROTECTIVE COATING

Самойленко Е.В. 400

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКА ПРОПАВШИХ САМОЛЕТОВ
MODERN METHODS OF SEARCHING FOR MISSING AIRCRAFT

Волынчук А.И. 402

НЕДОСТАТОЧНОЕ ОБУЧЕНИЕ ЭКИПАЖЕЙ ВОЗДУШНЫХ
СУДОВ КАК АСПЕКТ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА

AIRCRAFT CREWS INSUFFICIENT TRAINING AS HUMAN FACTOR
ASPECT

Агеев В.С. 405

| | |
|---|------------|
| О НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ЭКИПАЖА THE NECESSITY FOR IMPROVING THE LEVEL OF TRAINING IN CREW RESOURCE MANAGEMENT FIELD Барыкина А.В. | 407 |
| ОБ ЭКОНОМИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ФАКТОРОМ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ON ECONOMIC ASPECTS OF HUMAN FACTOR MANAGEMENT IN CIVIL AVIATION Рыбалкина А.Л. | 409 |
| ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРРИТОРИИ АЭРОПОРТА ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE AIRPORT TERRITORY Осипова А.А., Хлуденцова С.С., Экзерцева Е.В. | 412 |
| ЗАГРАНИЧНЫЙ «ВЛАСТИТЕЛЬ ДУМ» ТЕОДОР ФОН КАРМАН И РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ АЭРОДИНАМИКИ FOREIGN “RULE OF THOUGHTS” THEODOR VON KÁRMAN AND DEVELOPMENT OF DOMESTIC AERODYNAMICS Богданов А.Н., Кондратьев И.М. | 414 |
| ВОЛЯ БАРТИНИ. К 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ РОБЕРТА ЛЮДОВИГОВИЧА БАРТИНИ BARTINI'S VOLITION. ON THE 125TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF ROBERT LUDVIGOVICH BARTINI Каркашадзе В.Г. | 419 |
| АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ | 422 |
| СОДЕРЖАНИЕ | 428 |