

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

**ИДЕИ ЦИОЛКОВСКОГО
В ТЕОРИЯХ ОСВОЕНИЯ КОСМОСА**

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

Часть 1

Калуга, 2023

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

**THE KONSTANTIN TSIOLKOVSKY 'S IDEAS
IN THEORIES OF SPACE EXPLORATION**

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

Part 1

Kaluga, 2023

ББК 72.3

И29

58-е Научные чтения, посвященные разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского 2023 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. Воробьев, д-р техн. наук В.А. Воронцов, д-р техн. наук, проф. Л.В. Докучаев, М.В. Доронина, Т.Н. Желнина, д-р физ.-мат. наук, проф. В.В. Ивашкин, д-р мед. наук, член корр. РАН В.К. Ильин, Л.Н. Канунова (отв. секретарь), д-р техн. наук, доц. А.А. Комов, д-р филос. наук, канд. техн. наук, проф. С.В. Кричевский, д-р филос. наук В.В. Лыткин, д-р филос. наук, проф. В.М. Мапельман, д-р техн. наук, проф. Ю.А. Матвеев, д-р мед. наук, проф. Э.И. Мацнев, канд. техн. наук А.А. Митина, канд. ист. наук А.А. Мясников, д-р техн. наук, проф. А.А. Позин, д-р мед. наук, проф. РАН Е.Э. Сигалева, Е.А. Тимошенкова, канд. ист. наук А.В. Хорунжий, д-р техн. наук, проф. О.С. Цыганков.

ИДЕИ К. ЦИОЛКОВСКОГО В ТЕОРИЯХ ОСВОЕНИЯ КОСМОСА

И29 Материалы 58-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 1. Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»). 2023. – 292 с. – 350 экз.

ISBN 978-5-907678-43-9

ISBN 978-5-907678-42-2

ISBN 978-5-907678-43-9 (ч.1)

© Авторы докладов, 2023

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 629.78

Кошляков В.В.

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

ЦЕНТР КЕЛДЫША: 90 ЛЕТ НА ПЕРЕДОВЫХ РУБЕЖАХ РАЗРАБОТКИ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ

KELDYSH RESEARCH CENTER: 90 YEARS AHEAD OF THE TIMES OF ROCKETRY DEVELOPMENT

Аннотация. Центр Келдыша, организованный в 1933 году и отмечающий в этом году 90-летие, сегодня является головным научно-исследовательским предприятием Госкорпорации «Роскосмос» в области ракетного двигателестроения, космической энергетики и по применению нанотехнологий в энергетике и электроснабжении космических систем.

Ключевые слова: 90-летие Центра Келдыша, все типы ракетных двигателей, перспективные пути развития двигателестроения, экспериментальные и расчетно-теоретические исследования ракетно-космической техники, современные подходы в освоении космического пространства.

Abstract. Keldysh Research Center, established in 1933 and going to celebrate its 90th Anniversary this year, is nowadays a leading Scientific Research Enterprise of the State Space Corporation Roscosmos in the field of rocket engine manufacturing, space power engineering and application of nanotechnologies in power engineering and power supply for space systems.

Keywords: 90th Anniversary of Keldysh Research Center, all types of rocket engines, promising ways towards engine manufacturing development, experimental and computational & theoretical studies of rocket and space technology, modern approaches in space exploration.

О продолжении традиций первой государственной ракетной организации в нашей стране и в мире – Реактивного научно-

исследовательского института, преемником которого является Государственный научный центр Российской Федерации «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша» – головное научно-исследовательское предприятие Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» в области ракетного двигателестроения, космической энергетики и по применению нанотехнологий в энергетике и электроснабжении космических систем [1].

В докладе представлены материалы, характеризующие вклад Центра в отечественную ракетно-космическую технику по решению проблемных вопросов, определяющих пути дальнейшего развития ракетно-космического двигателестроения и средств бортовой энергетики [2].

Сегодня Центр Келдыша плодотворно работает над решением вопросов, определяющих пути дальнейшего развития ракетно-космического двигателестроения. Разрабатывает, производит и испытывает перспективные образцы различных типов ракетных двигателей.

Один из важнейших вопросов космонавтики - обеспечение энергией космических систем. В Центре Келдыша проводятся экспериментальные и расчетно-теоретические исследования по совершенствованию характеристик систем электроснабжения ракетно-космической техники.

Математическое моделирование тепловых, газодинамических, физико-химических, механических процессов, протекающих при эксплуатации ракетно-космической техники, позволяет совершить переход к принципиально новой концепции проектирования, отработки и сопровождения жизненного цикла перспективных и существующих изделий.

Центр по применению нанотехнологий в энергетике и электроснабжении космических систем АО ГНЦ «Центр Келдыша» обеспечивает доступ к исследовательскому и технологическому оборудованию исследователям, выполняющим разработки в сфере nanoиндустрии.

Центр Келдыша обладает уникальной научно-исследовательской и опытно-экспериментальной базой. Многие испытательные установки и стенды по комплексу технических характеристик относятся к категории уникальных, не имеющих аналогов в России и других странах [3].

Литература

1. Исследовательский центр имени М.В. Келдыша. 70 лет на передовых рубежах ракетно-космической техники/ Редкол.: А.С. Коротеев, А.А. Гафаров, О.А. Горшков и др. М.: Машиностроение, 2003. – 440 с.
2. Кошлаков В.В., Гафаров А.А. РНИИ Реактивный научно-исследовательский институт. В 2-х книгах. Книга 1. Кошлаков В.В. - М.: ГНУ ФГУП «Центр Келдыша», 2021. – 408 с.
3. Кошлаков В.В., Готовцев К.В., Захаренков Л.Э., Каревский А.В. и др. Экспериментальная стендовая база АО ГНЦ «Центр Келдыша» для проведения испытаний мощных энергодвигательных установок // Космическая техника и технологии. - 2022. - № 1 (36). - С. 80-95.

УДК: 929

eLIBRARY.RU: 03.00.00

Лосицкий В.П.

генеральный директор

«Фонда поддержки детского технического творчества

имени летчика-космонавта СССР

Героя Советского Союза

Александра Александровича Сереброва»

**К 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АВТОРА И СОЗДАТЕЛЯ
ЛЕГЕНДАРНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЛПОВОГО ОГНЯ БМ-13
(КАТЮША) Г.Э. ЛАНГЕМАКА**

**TO THE 125TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF THE
AUTHOR AND CREATOR OF THE LEGENDARY BM-13
(KATYUSHA) MULTIPLE LAUNCH ROCKET SYSTEM
G.E. LANGEMAK**

В сегодняшней историографии нашей страны существует пробел, связанный с репрессиями в довоенный период по отношению к представителям научно-технической интеллигенции, участвующей в создании ракетной техники. Много издано литературы по этому вопросу, в основном зарубежных авторов, но, к сожалению, нет целостной исторической картины, а главное — последствий тех событий.

Для реализации заявленной темы был направлен запрос начальнику управления регистрации и архивных фондов ФСБ России генерал-майору А.В. Васильеву с просьбой допустить к изучению

следственных дел: С.П. Королева, В.П. Глушко, И.Т. Клейменова, Г.Э. Лангемака, А.Г. Костикова и других представителей научно-технической интеллигенции, незаконно арестованных в период 1937–1938 годов. В процессе изучения следственного дела А.Г. Костикова были выявлены официальные документы, опровергающие участие А.Г. Костикова в создании реактивной системы залпового огня БМ-13 (Катюша). Этот исторический факт вступает в противоречие с официальными документами (Андрей Григорьевич Костиков: судьба в изломах эпохи), размещенными на историко-документальном просветительском портале, созданном при поддержке фонда «История Отечества».

С целью обоснования указанной темы была произведена выборка официальных следственных документов, имеющих отношение к истории создания БМ-13 (Катюша):

1. 19 февраля 1944 года по инициативе управления кадров ЦК ВКП(б), под председательством Будника и Гайдукова состоялось совещание по теме «О работе научно-исследовательского института – 3 при СНК СССР». Архивное дело № 3284, Следственное дело № 14659, лист 71.

Артемьев:

— ... И вот, первый год был приглашен работающий в то время у профессора Филипова Лангемак. Он в качестве подсобного работника работал для помощи во всякого рода вычислениях.

Будников:

— У профессора Филипова он кем работал?

Артемьев:

— Он был слушателем артиллерийской академии, он выполнял какую-то тему у профессора Филипова.

Гайдуков:

— Когда получился снаряд М-8, М-152?

Голос:

— М-13 не было, а первый снаряд, который пошел на вооружение, он появился в 1933 году. Это были первые образцы типа 8, а второй 32-мм, он делался на 70 заводе, это не М-13.

Гайдуков:

— Лангемак на вращающихся настаивал?

Артемьев:

— Они настаивали потому, что они считались авторами этого дела и, по-видимому, это служило одним из мотивов, они работали над ним около 3 лет.

Гайдуков:

— Кто же в это время (1932) занимался 82-мм снарядами?

Ответ:

— Лангемак, Пойда, Шварц.

Гайдуков:

— Какую роль сыграл Лангемак?

Ответ:

— Лангемак сыграл большую роль.

Гайдуков:

— Он был Главным инженером.

Ответ:

— Да, с 1934 года.

Выписка сделана из копии протокола, подшитого в 8 томе архивно-следственного дела № 100240, Костикова Андрея Григорьевича.

Военный Прокурор Отдела ВГП. Майор юстиции -Расторгуев-13 августа 1955 года

2. 01 марта 1944 года по указанию Председателя Комиссии т. А.С. Яковлева в адрес следователя по особо важным делам тов. Червонному был отправлен акт «Комиссии НКАП по приемке Государственного института реактивной техники (ГИРТ при СНК СССР). Приводится заключительная часть акта о деятельности НИИ-3. Архивное дело № Р-6082, Следственное дело № 7117, том 6, лист 199–205.

Заключение

Бывший государственный институт реактивной техники находится на недопустимо низком уровне как в части научно-исследовательской и конструкторской работы, так и в производственном и хозяйственном отношении.

Приложение: прямо-сдаточный акт и 9 приложений к нему.

Председатель Комиссии Яковлев А.С.

Члены Комиссии: Шишкин С.Н., Поликовский В.И., Будников А.В.

Григорьян Г.М., Гайдуков Л.М.

3. 19 апреля 1944 года по делу Костикова были подготовлены экспертной комиссии ответы технической экспертизы по делу А.Г. Костикова. Архивное дело № 3284, Следственное дело № 14659, листы 69–70.

Председатель: Чесалов Александр Васильевич, заслуженный деятель науки и техники, профессор, кандидат технических наук, начальник летно-технического института НКАП.

Члены: Христианович Сергей Алексеевич, начальник лаборатории №2 ЦАГИ.

Ушаков Константин Андреевич, заслуженный деятель науки и техники, профессор, доктор технических наук, начальник отдела № 3, лаборатории № 1 ЦАГИ.

Левин Лев Михайлович, заместитель начальника отдела вооружения, лаборатории № 2, ЦАГИ.

На поставленные следственной частью по особо важным делам НКГБ СССР вопросы техническая экспертиза дала следующие ответы:

ВОПРОС четвертый: Являются ли Костиков, Гвай и Аборенков авторами М-8, М-13 и пусковых устройств к ним?

ОТВЕТ: Костиков, Гвай и Аборенков не могут считаться авторами М-8, М-13 и пусковых устройств к ним.

Снаряд М-8 отличается незначительными видоизменениями от снаряда РС-82, разработанного в НИИ-3 в период 1934–1937 гг.

Снаряд М-13 является развитием снаряда РС-132, разработанного в НИИ-3, в 1937–1938 гг.

К разработке снарядов РС-82 и РС-132, представляющих собою оригинальную конструкцию, Костиков, Гвай и Аборенков никакого отношения не имели.

О рациональности установки пусковых устройств РС на легкие боевые машины, в частности на автомашины, указаны, например, в книге «Ракеты, их устройство и применение» Лангемак Г.Э. и Глушко В.П. ОНТИ 1935 год, с. 119.

Таким образом, идея создания машинной установки для ведения массированного огня реактивными снарядами не может быть приписана Костинову, Гваю и Аборенкову...

Подписали: Чесалов, Христианович, Ушаков, Левин (т. 1, л. д. 313–314)

Подлинник находится в архивно-следственном деле № 100240, КОСТИКОВА Андрея Григорьевича.

Военный Прокурор Отдела ВГП. Майор юстиции -Расторгуев-
13 августа 1955 года

4. 05 мая 1955 года военный прокурор ГВП майор юстиции Расторгуев допросил в качестве свидетеля нижепоименованного Глушко Валентина Петровича. Архивное дело № 3284, Следственное дело № 14659, листы 56–59.

ПРОТОКОЛ

/Допроса свидетеля/

Глушко:

По настоящему делу я могу показать следующее:

Теперь по существу показаний Лангемака о его, как записано в обзорной справке, вредительской деятельности.

Лангемак — это талантливый инженер. Он окончил Артиллерийскую академию в Ленинграде и всю свою работу посвятил разработке пороховых реактивных снарядов. Нужно сказать, что в этом

направлении он проделал огромную работу. Так, в справке указано, что Лангемак вредил в изготовлении этих снарядов и в этих целях задерживал изготовление реактивных снарядов. Это, конечно, фантазия, и нужно понимать так, что в действительности было все наоборот. 82-мм и 132-мм реактивные снаряды разрабатывались Лангемаком вместе с подчиненными ему работниками. Автором этих снарядов являлся по существу Лангемак. Так вот к моменту ареста Лангемака эти снаряды были уже почти готовы. Их можно было сдавать в производство, т. к. еще сам Лангемак провел испытание их и они показали блестящие результаты. Эти снаряды мы знаем по Отечественной войне как снаряды «КАТЮШИ». К моменту ареста Лангемака, может быть, не была еще оформлена документация по конструкции этих снарядов, но основная работа была закончена. Когда началась Отечественная война, то разработки Лангемака подняли, и поскольку не было автора этих снарядов, то новый директор института Костиков, ныне покойный, сдал их в производство. Какое применение эти снаряды нашли в Отечественной войне и какие показали результаты, мы об этом знали из истории Отечественной войны, и мне кажется, Лангемак за это должен быть помянут хорошим словом — это его заслуга, что он своим трудом обогатил артиллерийскую науку изобретением таких снарядов, как «КАТЮША».

05.05.55 В.П. Глушко

Военный Прокурор Отдела ВГП. Майор юстиции -Расторгуев-
20 мая 1955 года

Подлинный протокол допроса Глушко хранится в архивно-следственном деле № 960768 Клейменова Ивана Терентьевича.

5. 12 мая 1955 года военный прокурор 8 отдела Главной Военной Прокуратуры — майор юстиции Расторгуев — допросил в качестве свидетеля нижепоименованного Победоносцева Юрия Александровича. Архивное дело № 3284, Следственное дело № 14659, листы 62–64.

ПРОТОКОЛ

/Допроса свидетеля/

Победоносцев:

По настоящему делу я могу показать следующее:

Вопрос: Кто был автором реактивных снарядов «КАТЮША»?

Ответ: Автором реактивных снарядов «КАТЮША» был целый коллектив инженеров, начиная от Артемьева, Лангемака, Петропавловского, Шварца и др. Они разработали сам снаряд, а Костиков был руководителем группы конструкторов, работавших по установке или использованию этих снарядов с автомашин.

Больше дополнить ничего не могу, протокол мною прочитан, записан с моих слов верно.

20.05.55 Победоносцев

Военный Прокурор Отдела ВГП. Майор юстиции -Расторгуев-
20 мая 1955 года

- Подлинный протокол допроса Победоносцева находится в архивно-следственном деле № 960768 по обвинению Клейменова Ивана Терентьевича.

6. 26 февраля 1944 года следователь по важнейшим делам Прокуратуры СССР Булаев допросил в качестве свидетеля нижепоименованного Пойдо Федора Николаевича. Архивное дело № 3284, Следственное дело № 14659, листы 68.

ВЫПИСКА

/Из протокола допроса свидетеля/

В реактивном институте я работал с 1932 года по март 1943 года.

Костиков, будучи инженером, над снарядами вопросами не работал. Он работал над кислородным двигателем, но двигатель этот практического осуществления не получил.

В 1937 году (в конце этого) был арестован гл. инженер реактивного института Лангемак и Костиков был назначен на должность, которую занимал до него Лангемак.

Не обладая необходимыми техническими познаниями, во всяком случае в реактивных снарядах и не имея способностей в области организации людей, Костиков работал плохо. Перед началом Отечественной войны стал вопрос об удалении его с должности главного инженера института.

...вопрос о снятии Костикова с работы был оформлен... но неожиданно узнали, что Костикову за М-13 было присвоено звание Герой Труда.

Трудно представить, чтобы сам Костиков не понимал, что такая высокая оценка его работы является выражением не столько его личной заслуги, сколько заслуг коллектива института. Костиков, во всяком случае, знал, что к М-13 он имеет очень малое отношение, никогда не работал по снарядам.

Как было доложено в Правительстве, что Костиков был связан с «КАТЮШЕЙ» (так в народе называют М-13), я не знаю. Слышал только, что докладывали Костиков и Аборенков и расхваливали друг друга (т. 2, л. д. 70–71).

Записано верно, лично прочитано. Подпись: -Пойда-

Следователь Подпись: -Булаев-

Подлинник находится в архивно-следственном деле № 100240, Костикова Андрея Григорьевича.

Военный Прокурор Отдела ВГП. Майор юстиции -Расторгуев-
13 августа 1955 года

7. 19 ноября 1955 года подполковник юстиции Романов и подполковник юстиции Шалагинова, рассмотрев в заседании, установила. Архивное дело № 3284, Следственное дело № 14659, листы 79–81 (с оборотом).

ВЕРХОВНЫЙ СУД СОЮЗА ССР

ОПРЕДЕЛЕНИЕ № 4 н 011852/55

Военная Коллегия Верховного Суда СССР

В составе: Председательствующего полковника юстиции Лебедкова

Членов: подполковника юстиции Романова, подполковника юстиции Шалагинова, рассмотрев в заседании от 19 ноября 1955 года.

Заключение Главного военного прокурора по делу Лангемака Георгия Эриховича, 1998 года рождения, уроженца гор. Старобельска, осужденного по приговору Военной Коллегии Верховного Суда ССР от 11 января 1938 года по ст. ст. 58-7, 17-58-8 и 58-11 УК РСФСР к высшей мере наказания с конфискацией имущества, заслушал доклад тов. Шалагинова и заключение пом. Главного военного прокурора майора юстиции тов. Расторгуева.

УСТАНОВИЛА

Лангемак, б. главным инженером Научно-исследовательского института № 3 Наркомата оборонной промышленности, признан виновным и осужден за то, что в 1934–1937 гг. состоял в антисоветской троцкистско- диверсионной террористической организации, пропагандировал троцкизм и «осуществлял вредительство в области недопущения новых образцов на вооружение РККА».

Основываясь на вновь открывшихся обстоятельствах, прокурор предлагает в заключении приговор в отношении Лангемака отменить, а дело его прекратить в уголовном порядке по п. 5 ст. ст. 4 УПК РСФСР, в заключении прокурора приводятся следующие мотивы.

Через 12 суток после ареста Лангемак обратился с заявлением на имя народного комиссара внутренних дел (л. д. 10), в котором выразил намерение отказаться от «никчемного запирательства», а на допросе от 15 декабря 1937 года признал себя виновным в принадлежности к контрреволюционной организации, показал, что был завербован в нее начальником Научно-исследовательского института № 3 Клейменовым. Лангемак заявил при этом, что вредительскую работу по заданию Клейменова он проводил с помощью других работников

института, в числе которых им были названы Глушко, Королев и Победоносцев.

Эти показания Лангемака, как установлено теперь дополнительной проверкой, недостоверны. Клейменов определением Военной Коллегии Верховного Суда СССР от 11 июня 1955 года, реабилитирован. Прекратив дело по его обвинению на основании п. 5 ст. 4 УПК РСФСР, Военная Коллегия вынесла частное определение о привлечении к ответственности работников НКВД, виновных в необъективном расследовании дела по обвинению Клейменова. Глушко и Королев, являющиеся в настоящее время членами-корреспондентами Академии наук СССР, были в 1938 году осуждены к заключению в ИТЛ на 8 лет, каждый, по обвинению в контрреволюционных преступлениях, однако в 1944 году за особые заслуги перед государством были освобождены от наказания со снятием судимости. В настоящее время рассматривается вопрос о полной их реабилитации. Четвертое лицо, названное Лангемаком, — доктор технических наук Победоносцев, вообще не привлекался к ответственности.

В результате дополнительной проверки выяснилась очевидная несостоятельность обвинения Лангемака во вредительстве. Новые материалы свидетельствуют, что научно-исследовательская работа Лангемака была безупречной и имела целью изыскание и разработку новых видов вооружения для Советской армии. В результате этой работы явилось изобретение им в сотрудничестве с другими работниками института нового реактивного вооружения (в частности, снарядов, именовавшихся в военном обиходе «КАТЮШАМИ»), которое, однако, в результате ареста Лангемака и необъективного следствия по его делу не было внедрено в производство до 1941 года, хотя образцы его были сконструированы еще в 1936 году (л. д. 68–71). По отзывам Победоносцева и др. Лангемак характеризуется как талантливый инженер. Приказом народного комиссара оборонной промышленности СССР за № 0058 от 27 марта 1937 года Лангемак за лабораторную разработку, теоретическое обоснование и создание ракетных снарядов и бронебойных бомб премирован денежной премией в 10 тысяч рублей.

Ввиду изложенного, прокурор приходит к выводу, что Лангемак осужден необоснованно.

Рассмотрев материалы дела и дополнительной проверки и находя заключение прокурора обоснованным, Военная Коллегия Верховного Суда СССР

ОПРЕДЕЛИЛА

Приговор Военной Коллегии Верховного Суда СССР от 11 января 1938 года в отношении Лангемака Георгия Эриховича по вновь открывшимся обстоятельствам отменить, а дело по его обвинению на основании п. 5 ст. 4 УПК РСФСР в уголовном порядке прекратить за отсутствием в его действиях состава преступления.

Уписано (неразборчиво) «обвинения».

Председательствующий: (подпись) Лебедев.

УДК 629.78

eLIBRARY RU: 15015415

Глумов В.М.

доктор технических наук

ведущий научный сотрудник

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Б.Н. ПЕТРОВ - ТЕОРЕТИК РОССИЙСКОЙ КОСМОНАВТИКИ. К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

B.N. PETROV IS THE THEORIST OF RUSSIAN COSMONAUTICS. TO THE 110TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH

Аннотация. Б.Н. Петров – теоретик российской космонавтики, организатор научных отечественных и международных космических проектов, инициатор современных теоретических направлений по управлению космическими объектами и системами.

Ключевые слова: ракетно-космическая техника, космические полеты, современная космонавтика.

Abstract. B.N. Petrov is the theorist of Russian cosmonautics, the organizer of scientific domestic and international space projects, the initiator of modern theoretical areas for managing space objects and systems.

Keywords: rocket and space technique, space flights, modern cosmonautics.

В 2023 г. научная общественность и отечественная космонавтика отмечает 110 лет со дня рождения нашего великого ученого в области автоматического управления, теоретика ракетно-космической техники и организатора науки вице-президента Академии наук СССР Бориса Николаевича Петрова.

Научная деятельность. Б.Н. Петров родился 11 марта 1913 г. в Смоленске. После окончания школы осенью 1930 г. Борис Николаевич уехал в Москву и попытался поступить в МЭИ, однако документы у него не взяли, предложив поработать на производстве. Типичная ситуация того времени для детей из семей непростого происхождения. Борис Николаевич поступил в фабрично-заводское училище, после окончания с октября 1932 г. по сентябрь 1933 г. работал токарем по металлу. В 1933 г. вновь, как и три года назад, подал заявление и поступил в МЭИ на электромеханический факультет. В 1939 г. Борис Николаевич с отличием закончил МЭИ. Дипломный проект на тему «Автоматическое регулирование котлов с пылеугольной топкой» он писал под руководством своего учителя - академика Виктора Сергеевича Кулебакина. Проект был признан выдающимся. По предложению В.С. Кулебакина в 1939 г. Борис Николаевич был направлен на работу в Комитет телемеханики и автоматики АН СССР, на базе которого в том же году был создан Институт автоматики и телемеханики (ИАТ), ныне Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН). В этом институте Б.Н. Петров проработал всю жизнь, пройдя путь от младшего научного сотрудника до директора Института. В октябре 1940 Борис Николаевич поступает в аспирантуру ИАТ, его научным руководителем был Вадим Александрович Трапезников. В годы Великой Отечественной войны ИАТ был эвакуирован в Ульяновск, где Борис Николаевич активно вел научную работу, занимаясь проблемой автоматизации отбраковки изделий. В 1945 г. Борис Николаевич представил к защите кандидатскую диссертацию на тему «Анализ автоматических копировальных систем», за которую ему сразу была присуждена ученая степень доктора технических наук. В отзыве на диссертацию известный математик академик Николай Николаевич Лузин отмечал: «Представленная диссертация имеет высокие достоинства, позволяющие рассматривать ее как выдающееся среди других явление». После защиты диссертации Борис Николаевич вел активную научную и педагогическую деятельность. Он рано приобрел огромный приоритет в среде ведущих ученых, обладал выдающимися организаторскими способностями. Это было замечено руководством АН СССР, и в 1947 г. по представлению бюро Отделения технических наук Борис Николаевич был назначен исполняющим обязанности директора ИАТ. В 1949 г. он стал заведующим кафедрой «Системы автоматического управления летательными аппаратами» Московского авиационного института им. С. Орджоникидзе (МАИ), руководил

кафедрой до конца жизни и воспитал большое число известных ученых и специалистов авиационной и космической техники.

Основные научные труды Б.Н. Петрова относятся к теории управления динамическими объектами: теории инвариантности систем автоматического управления, теории адаптивных и терминальных систем, нелинейных сервомеханизмов и систем с переменной структурой, системам автоматического управления авиационными и космическими аппаратами, основам построения высокоточных измерительных устройств.

Плодотворная деятельность Б.Н. Петрова получила высокую оценку в нашей стране и за рубежом. Борис Николаевич был удостоен званий Героя Социалистического Труда, Ленинской и двух Государственных премий, пяти орденов Ленина, ордена Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, Красной Звезды и других отечественных и зарубежных наград и званий. Он был действительным членом Международной академии astronautики, членом Чехословацкой, Венгерской, Болгарской и Польской академий наук. Ленинская премия (1966 г.) была присуждена Б.Н. Петрову за участие в создании и изготовлении многоместных пилотируемых кораблей-спутников «Восход-1» и «Восход-2», проведении их запусков и осуществлении первого в мире выхода человека в космическое пространство; за участие в создании и изготовлении автоматических станций «Луна-9» и «Луна-10», их запуске и осуществлении мягкой посадки на поверхность Луны, передачу на Землю фотографий лунной панорамы и выводе на окололунную орбиту первого в мире искусственного спутника Луны.

Б.Н. Петров по праву вошел в состав когорты основоположников отечественной космонавтики. Он всю свою творческую жизнь работал с ведущими деятелями нашей ракетно-космической науки и техники: С.П. Королевым, В.П. Глушко, М.К. Янгелем, В.Н. Челомеем, В.Ф. Уткиным, М.Ф. Решетневым, В.П. Мишиным, Б.Е. Чертоком, Н.А. Пилюгиным и другими первопроходцами нашего ракетостроения и космонавтики. Он участвовал в большинстве пусков в Капустином Яре и Байкануре в период становления и первых работ С.П. Королева по освоению космического пространства. Неоднократно участвовал в работе Государственной комиссии по пускам. Многолетние контакты связывали Бориса Николаевича с М.В. Келдышем, он участвовал в разработке и обсуждении космических программ. В период разработки отечественной многофазовой космической системы Б.Н. Петров активно участвовал в формировании облика корабля

«Буран».

Борис Николаевич был одним из активных организаторов международных симпозиумов IFAC (Международная Федерация по автоматическому управлению) по тематике, посвященной управлению в пространстве и мирному использованию космоса: Норвегия (1965), Австрия (1967), Франция (1970), Италия (1973), СССР (1974), ФРГ (1975), Англия (1979).

С начала 50-х годов Б.Н. Петров уделял пристальное внимание **проблемам управления двигательными установками баллистических ракет**. Работы в этой области ввели его в круг творцов практической космонавтики. Полученные им и его коллективом результаты носили основополагающий характер, были реализованы, и созданные на их основе системы управления стали составной частью всех крупных жидкостных ракет разработки Главных конструкторов С.П. Королева, М.К. Янгеля, В.П. Челомея, И.Ф. Уткина. В течение всех лет совместной работы с конструкторами-ракетчиками Б.Н. Петров уделял большое внимание проблеме построения бортовых терминальных систем управления жидкостных ракет, повышающих энергетические характеристики путем управления их двигательными установками. Он был научным руководителем разработок многих бортовых терминальных систем. Академик В.Н. Глушко отмечал, что в процессе этих разработок были получены фундаментальные для прогресса отечественной космической техники научно-технические результаты.

С академиком С.П. Королевым Борис Николаевич начал работать в 50-х гг., выполняя исследования и разрабатывая системы регулирования для первой межконтинентальной баллистической ракеты Р-7 и для предваряющей основную разработку ракеты-лаборатории М5-РД. Б.Н. Петров часто был участником-консультантом на заседаниях знаменитого Совета главных конструкторов, возглавляемого С.П. Королевым. Первые конструктивные результаты в исследовании динамики жидкостных реактивных двигателей (ЖРД) и его электронном аналоговом моделировании были получены Борисом Николаевичем с сотрудниками по просьбе В.П. Глушко в 1950-1951 гг. для разрабатываемого стотонного двигателя. Полученные результаты по исследованию ЖРД как объекта регулирования были доложены на заседании комиссии в Президиуме АН СССР. Заседание проходило под председательством академика М.В. Келдыша. Активно участвовал в обсуждении результатов работы крупнейший специалист в области двигателестроения академик Б.С. Стечкин.

Работы Б.Н. Петрова и его учеников по методологии разработки математических моделей ЖРД и анализу динамики двигателя как объекта управления и проблемы управляемости ЖРД имели приоритетный характер и составили раздел теории ЖРД, охватывающий ряд принципиально новых задач, возникших при создании ракеты Р-7 и всех последующих крупных жидкостных ракет. Как динамическое звено ЖРД вошел в состав систем управления тягой, систем регулирования опорожнения баков и синхронизации расхода топлива в ракетах пакетной архитектуры.

Разработанная коллективом Б.Н. Петрова методика электронного моделирования ЖРД на аналоговых вычислительных машинах существенно ускорила нахождение способов борьбы с продольной неустойчивостью ракеты Р-7, которая мешала продвижению космонавтики. В 1958 г., когда готовилась к полету на Луну первая межпланетная автоматическая станция «Мечта», испытательные полеты срывались из-за взрывов ракет. Усилиями большого коллектива ученых и конструкторов природа сложного процесса была разгадана. ЖРД, являясь источником колоссальной энергии, входит в колебательный контур, включающий трубопроводы и конструкцию ракеты. При резонансе ракета разрушалась. Разработанная Б.Н. Петровым методика имитационного моделирования ЖРД позволила существенно ускорить поиск причины катастроф и найти средства парирования их.

Знание динамики ЖРД и умение доказательно упрощать его сложные уравнения позволили провести аналоговое моделирование системы регулирования кажущейся скорости, в результате чего оказалось возможным натурную отработку этой системы существенно упростить и сократить.

В системе регулирования соотношения компонентов топлива ЖРД из-за наличия в ней ряда нелинейностей возникали автоколебания дросселя в магистрали компонента. Это опасное явление было устранено после моделирования системы с ЖРД в замкнутом контуре. Впоследствии это явление было исследовано детально теоретически, а умение аппроксимировать сложные уравнения двигателя существенно сократили достижение желаемого результата - нахождение способов борьбы с автоколебаниями дросселя. Руководил этими работами Б.Н. Петров.

В 1954 г. Правительством было поручено создать беспоплавковые бортовые измерители уровня компонентов высокой точности. Под руководством Б.Н. Петрова был организован

широкий поиск принципиальных решений этой сложной задачи. После рассмотрения предложений было принято решение о построении опытных образцов для ракеты - лаборатории М5-РД емкостного дискретного датчика с мостовой схемой включения. Поисковые работы по прототипу емкостной чувствительной точки были выполнены в ИАТ под руководством Б.Н. Петрова с исследованием влияния минусовой температуры на работу датчика и с учетом неопределенности распределения компонентов топлива в баках. Принятая к исполнению конструкция емкостного датчика для системы опорожнения баков ракеты М5-РД (а затем и Р-7) была разработана в НИИ-88 (ОКБ-1) под руководством академика Б.Е. Чертока.

Много усилий вложил Б.Н. Петров в создание прецизионного бортового датчика давления в камере сгорания ЖРД. В.П. Глушко наложил жесткие ограничения на погрешность регулирования давления в камере сгорания ЖРД - $\pm 1\%$. Поэтому в системе регулирования давления в камере сгорания датчик должен был иметь погрешность не более $\pm(0,4^{0,5})\%$. В условиях работы непосредственно на ЖРД в режимах с широким спектром сильных вибраций и больших ускорений, в широком температурном диапазоне создание такого бортового датчика было неслыханной по трудности задачей. Датчик был создан в ОКБ Главного конструктора Р.Г. Чачикяна для Р-7 и до сих пор работает удовлетворительно.

В целом, Б.Н. Петров взял на себя ответственность за идеологию создания принципиально новых терминальных систем управления расходом топлива ЖРД, которые существенно повышали энергетику ракеты за счет резкого сокращения гарантийных запасов топлива. Он был научным руководителем работ по таким системам для всех крупных жидкостных ракет, начиная с Р-7, и для всех последующих крупных боевых ракет и ракет-носителей космических аппаратов. В 1952-1954 гг. под руководством Б.Н. Петрова были выполнены исследования и получены первые конструктивные результаты по системе стабилизации углового положения ракеты Р-7 с помощью рассогласования тяг ЖРД боковых блоков. Идея такого типа управления ракетой была высказана академиком В.П. Мишиным.

Важным направлением работ Б.Н. Петрова, начиная с 1956 г., была разработка теории и систем управления искусственными спутниками земли (ИСЗ). По инициативе и под руководством академика Д.Е. Охоцимского в нашей стране начали создаваться

гравитационные системы ориентации ИСЗ. Это пассивные системы, не требующие для создания восстанавливающих моментов расхода какого-либо вида энергии. Однако при отделении спутника от ракеты-носителя возникали значительные возмущения, и требовалось разработать простую и экономичную систему предварительного успокоения. Под руководством Б.Н. Петрова была разработана структура и теория оригинальной релейной системы предварительного успокоения, в которой высокая экономичность достигалась путем введения специальной связи, компенсирующей петлю гистерезиса релейной характеристики, и выбором соответствующего соотношения ограничения датчиков угловой скорости и углового положения ИСЗ. В связи с влиянием изгибных колебаний штанги гравитационного стабилизатора на динамику системы и расход потребляемой энергии была поставлена и решена задача коррекции закона управления.

Дальнейшее развитие этого направления связано с разработкой теории и систем управления ИСЗ с присоединенными гибкими элементами (панели солнечных батарей большой площади, выносные радиоантенны). Проблема эта возникла в начале 60-х годов, когда американский спутник «Эксплоурер-1» из-за рассеяния энергии закрутки, вызванной упругостью четырех штырьевых антенн, после вывода на орбиту достаточно быстро потерял устойчивость. С тех пор и до настоящего времени к этой проблеме привлечено пристальное внимание ученых и инженеров во многих странах мира, где разрабатываются подобные ИСЗ и космические станции. В ИПУ РАН работы в этой области проводились совместно с Научно-производственным объединением прикладной механики (Главный конструктор – академик М.Ф. Решетнев) в связи с разработкой спутников на геосинхронной орбите и систем ориентации для них. Результаты, полученные под руководством Б.Н. Петрова и при его участии, нашли применение при проектировании и создании систем управления спутников связи на геосинхронной орбите серии «Радуга», серии «Горизонт» и спутников непосредственного телевидения серии «Экран».

Существенный научный вклад внес Б.Н. Петров в создание многоместных пилотируемых кораблей-спутников, автоматических станций, запускаемых к Луне, систем мягкой посадки автоматических аппаратов на Луну.

С 1966 по 1980 г. Борис Николаевич Петров был Председателем Совета по международному сотрудничеству и использованию космического пространства «Интеркосмос». Б.Н. Петров, являясь

председателем Совета, внес большой личный вклад в решение многочисленных организационных, научных и технических проблем.

В апреле 1965 года советское правительство направило правительствам социалистических стран письмо с предложением объединить усилия в области использования и исследования космического пространства. После нескольких совещаний представителей 9 социалистических стран 13 апреля 1967 г. была принята Программа по совместным работам в области исследования и использования космического пространства в мирных целях. Эта дата считается началом практической реализации программы «Интеркосмос», получившей свое официальное наименование в 1970 г. В каждой из девяти стран - участниц программы - НРБ, ВНР, ГДР, Кубе, МНР, ПНР, ЧССР, СРР, СССР - был создан координационный орган, отвечающий за выполнение программы сотрудничества в целом. В 1979 году к этим странами присоединилась СРВ.

Программа предусматривала проведение совместных исследований в области космической физики и биологии, метеорологии, дистанционного зондирования Земли и другим направлениям. В соответствии с программой Советский Союз безвозмездно предоставил для космических исследований свою технику - ракеты и спутники, на которые устанавливалась научная аппаратура, созданная учеными и специалистами государств-участников. В рамках реализации программы с октября 1969 по декабрь 1991 г. было запущено 25 искусственных спутников Земли серии «Интеркосмос», проводились также эксперименты на геофизических ракетах. Научное оборудование стран-участниц «Интеркосмоса» устанавливалось на биологических спутниках серии «Космос», советских автоматических межпланетных станциях.

Вершиной реализации программы стало осуществление серии полетов космонавтов из стран - участниц программы. Очевидно, что не будь программы «Интеркосмос», космонавты из стран - членов этой организации, особенно Монголии, Кубы и Вьетнама, еще долго не смогли бы побывать на орбите. 13 июля 1976 г. представителями НРБ, ВНР, ГДР, Кубы, МНР, ПНР, СРР, ЧССР и СССР было подписано межправительственное Соглашение о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях. Тогда же Советский Союз выступил с инициативой по развитию программы «Интеркосмос», предусматривающей

участие граждан этих стран в пилотируемых полетах на советских космических кораблях и орбитальной станции вместе с советскими космонавтами. Разумеется, она была сразу же поддержана и одобрена странами- участницами. 14 сентября 1976 г. было принято решение о проведении этих полетов в период с 1978 по 1983 г. Все полеты по программе «Интеркосмос» подробно освещались в средствах массовой информации и были отражены на марках и конвертах того времени.

Экспериментальный полет «Аполлон»-«Союз» (ЭПАС); более известное название - программа «Союз - Аполлон»; англ. Apollo-Soyuz Test Project (ASTP) — программа совместного экспериментального пилотируемого полета советского корабля «Союз-19» и американского корабля «Apollo». Программа была утверждена 24 мая 1972 г. Соглашением между СССР и США о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях. Основными целями программы были:

- испытание элементов совместимой системы сближения на орбите;
- испытание активно-пассивных стыковочных агрегатов;
- проверка техники и оборудования для обеспечения перехода космонавтов из корабля в корабль;
- накопление опыта в проведении совместных полетов космических кораблей СССР и США.

Кроме этого, программа предполагала изучение возможности управления ориентацией состыкованных кораблей, проверку межкорабельной связи и координации действий советского и американского центров управления полетами. В октябре 1970 г. в Академии наук СССР в Москве состоялась встреча советских и американских специалистов для обсуждения возможности сотрудничества в области пилотируемых полетов. Американскую делегацию возглавлял директор Центра пилотируемых полетов имени Джонсона (НАСА) доктор Р. Гилрут, советскую – председатель «Интеркосмоса» при Академии наук СССР академик Б.Н. Петров. На этой первой встрече состоялся широкий обмен мнениями по основным направлениям возможного обеспечения совместимости средств сближения и стыковки космических кораблей и станций СССР и США и было решено образовать рабочие группы для согласования технических требований по обеспечению совместимости этих средств. Космическому полету предшествовала огромная работа специалистов двух стран. Многочисленные взаимные визиты рабочих групп позволили решить многие задачи обеспечения совместимости советского и

американского оборудования, решить сложные инженерные задачи по обеспечению стыковки космических аппаратов. Среди тех, кто собрался проводить в космическую дорогу космонавтов А.А. Леонова и В.Н. Кубасова, - председатель совета «Интеркосмос» академик Б.Н. Петров, директор проекта «Союз-Аполлон» от СССР член-корреспондент АН СССР К.Д. Бушуев, другие советские руководители ЭПАС.

15 июля 1975 г. в 15 ч 20 мин по московскому времени с космодрома Байконур стартовала мощная ракета-носитель, которая вывела на орбиту космический корабль «Союз-19» с космонавтами Алексеем Леоновым и Валерием Кубасовым на борту. Спустя семь с половиной часов с космодрома имени Кеннеди на мысе Канаверал ракета-носитель «Сатурн-1В» вывела на орбиту корабль «Аполлон», пилотируемый астронавтами Томасом Стаффордом, Вэнсом Брандом и Дональдом Слейтоном. 17 июля советский и американский корабли состыковались, на околоземной орбите начал работать первый международный комплекс «Союз-Аполлон». В ходе шестидневного полета шла напряженная научная работа, проверены совместимые средства сближения и стыковки, проведены эксперименты «искусственное солнечное затмение», «универсальная печь», «ультрафиолетовое поглощение» и др.

В одном из своих многочисленных интервью того времени Б.Н. Петров отметил, что «это было выдающееся достижение двух космических держав, знаменующее новый этап в совместном освоении космоса».

Борис Николаевич Петров умер 23 августа 1980 г. Некролог Б.Н. Петрова подписали руководители государства и Академии наук СССР, космонавты, ведущие конструкторы космических кораблей. В ноябре 1980 г. вышло постановление Правительства об увековечении памяти Б.Н. Петрова. В 1983 г. была выпущена почтовая марка СССР, посвященная Петрову. Президиум АН СССР учредил Золотую медаль имени Б.Н. Петрова (с 1993 г. - премия), присуждаемую за выдающиеся работы в области теории и систем автоматического управления, а также в области экспериментальных исследований по освоению космического пространства. Установлены мемориальные доски в память Б.Н. Петрова на здании ИПУ РАН и на одной из аудиторий МАИ. Именем Б.Н. Петрова названы: площадь в Москве, улица в Смоленске, научно-исследовательское судно. В Смоленске в средней школе № 20 был создан музей академика Б.Н. Петрова. В сентябре 2011 г. эта школа была переименована в «Лицей № 1 имени академика Б.Н. Петрова».

Вся научная жизнь Б.Н. Петрова была связана с ИАТ (ныне ИПУ РАН). Он возглавлял Институт в тяжелые годы его становления с 1947 по 1951 г. В 1949 г. в ИАТ возникла структура отделов. Борис Николаевич был назначен заведующим Отделом автоматического регулирования и управления, в 1949 г. - председателем ученого совета ИАТа. В 70-е гг. в отдел Б.Н. Петрова входили лаборатории лауреата Ленинской премии академика Станислава Васильевича Емельянова, докторов технических наук, дважды лауреатов Государственных премий Юрия Петровича Портнова-Соколова, Владислава Юльевича Рутковского, Георгия Михайловича Уланова, лауреата Государственной премии Виктора Андреевича Викторова. У каждой лаборатории было свое теоретическое направление, каждая лаборатория принимала участие в решении конкретных практических задач.

В ИПУ РАН развиваются следующие основные современные теоретические направления по управлению космическими объектами, инициированные академиком Б.Н. Петровым.

Развитие теории терминального и адаптивного управления космическими объектами в штатных и нештатных условиях эксплуатации с различным уровнем априорной и текущей информации.

В рамках этого направления сформулированы элементы детерминированной теории синтеза терминального управления для широкого класса объектов ракетно-космической техники. Подход к синтезу основывается на выделении в системе взаимосвязанных процессов терминального управления и стабилизации объекта, что позволяет определить содержание управления в терминальных системах иначе, чем в математических формулировках задач, где за терминальное управление принимаются физические координаты объекта (расход топлива, режим по тяге, угловое положение). В реальной системе терминальное управление реализуется путем задания желаемых значений физическим координатам, поддерживаемых контуром стабилизации. В контуре стабилизации управление минимизирует отклонения регулируемых координат от заданных значений. Такое различие существенно при терминальном управлении в классе функций с разрывами в конечном числе моментов времени. На основе развитой теории разработаны методы синтеза систем управления внутрибаковыми процессами и эффективные алгоритмы управления, учитывающие динамику ЖРД и недопустимость критических режимов его работы.

Теоретические результаты получили воплощение в современных

разработках терминальных систем управления внутрибаковыми процессами нового поколения ракет-носителей и разгонных блоков космического и оборонного назначения. Управление внутрибаковыми процессами существенно повышает энергетические характеристики объекта и обеспечивает надежную работу ЖРД. Разработанные отказоустойчивые алгоритмы терминального управления прошли успешные испытания при первом запуске баллистической ракеты-носителя «Сармат» и запусках новой ракеты-носителя легкого класса «Ангара-1.2».

За цикл научных работ в обеспечение эксплуатации объектов ракетно-космической техники средствами управления, выполненных учениками Б.Н. Петрова докторами технических наук Ю.П. Портновым-Соколовым, А.Я. Андриенко и В.П. Ивановым в 2004 г. Президиумом РАН была присуждена премия имени Б.Н. Петрова, в 2016 г. В.П. Иванову - золотая медаль имени С.П. Королева.

Другое направление исследований - изучение различных аспектов построения и функционирования больших космических конструкций (БКК). Решена задача обеспечения высокоточной угловой стабилизации БКК зонтичного типа, содержащей гибкие элементы, при ее сборке в космосе. При стабилизации углового движения собираемой на орбите БКК отсутствует полная информация о физическом и математическом описании ее движения в условиях упругих колебаний и возмущающих воздействиях. Применительно к этим условиям система управления должна приспосабливаться, адаптироваться или перенастраиваться на основе изучения фактического движения объекта или должна обладать свойством грубости (робастности) к непредвиденным изменениям движения управляемого объекта. Для описания пространственного углового движения механической системы БКК на этапе сборки предлагается вариант системы уравнений, в котором не учитываются межканальные перекрестные связи из-за малых угловых скоростей. Для обеспечения достаточного запаса устойчивости в системе предлагается сформировать дополнительное управление, которое в случае переменной или неточной модели при сборке БКК должно быть адаптивным. Предлагаемые методы и алгоритмы позволяют эффективно решать задачи демпфирования низкочастотных упругих колебаний в космических механических системах при неполной информации о характеристиках конструктивных элементов космических конструкций.

Перспективным способом создания БКК является их сборка на орбите с помощью свободно летающих космических

манипуляционных роботов (КМР). В связи с этим ведутся исследования, связанные с разработкой теории управления этим новым классом космических объектов. Получена математическая модель плоского движения свободнолетающего КМР, являющаяся основой для решения задач синтеза алгоритмов управления и исследования динамики на множестве выделенных режимов функционирования робота. Разработано математическое обеспечение решения задачи компьютерного вывода уравнений пространственного движения КМР с учетом большого числа степеней свободы, изменяющегося в процессе функционирования робота. Решены задачи декомпозиции математической модели КМР на основе использования полученных аналитических условий возможности реализации декомпозиции по физическому или по математическому принципу. В отличие от известных методов управления космическими роботами, основанных на планировании траектории схвата, получено альтернативное решение задачи манипуляционной установки груза в заданную точку внешнего пространства путем непосредственного управления в классе систем с обратной связью. При этом допускается возможность действия на КМР внешних возмущений космического происхождения.

За серию работ по теории управления сборкой БКК на орбите с помощью свободно летающих КМР ученикам Б.Н. Петрова докторам технических наук В.Ю. Рутковскому, В.М. Суханову, В.М. Глумову, Президиумом РАН была присуждена в 2011 г. премия имени К.Э. Циолковского: «За выдающиеся работы в области межпланетных сообщений и использования космического пространства».

В 70-х годах Б.Н. Петровым была поставлена проблема разработки формальных моделей и методов проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов и их программного обеспечения, использующих в качестве технологической базы цифровую вычислительную технику.

Под руководством академика Евгения Анатольевича Микрина в 90-х годах была сформирована группа сотрудников ИПУ, которая занимается разработкой

теоретических основ проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов. На основе единой методологии разработаны методы и средства формализации, алгоритмы и программы проектирования оптимальных модульных систем обработки данных реального времени, реализация которых обеспечивает синтез программного и информационного обеспечения

бортового и наземного комплекса управления космическими аппаратами, их комплексную отработку и испытания. В 2007 г. Президиум РАН присудил Е.А. Микрину, докторам технических наук В.В. Кульбе и Б.В. Павлову премию имени Б.Н. Петрова за цикл работ «Модели и методы проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов». Полученные под научным руководством Е.А. Микрина результаты имеют значение не только для космической отрасли, но и для развития науки в нашей стране. Большинство перспективных направлений будут разрабатываться в ИПУ РАН и в дальнейшем. Имя Бориса Николаевича Петрова навсегда останется в анналах отечественной науки об управлении и космонавтике.

УДК 629.78

eLIBRARY RU: 15015415

Клюшников В.Ю.

доктор технических наук

главный ученый секретарь

АО «ЦНИИмаш»

г. Королев

АКАДЕМИК В.Ф. УТКИН. 100 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

ACADEMICIAN V.F. UTKIN. 100 YEARS FROM THE BIRTH

2023 год по решению Госкорпорации «Роскосмос» объявлен годом выдающегося конструктора и ученого, дважды Героя социалистического труда, академика Российской академии наук Владимира Фёдоровича Уткина. Под его руководством и при непосредственном участии разработано большинство межконтинентальных баллистических ракет, на которых в конце прошлого века базировался ракетно-ядерный щит страны. Созданы новейшие на то время типы ракет-носителей «Циклон» и «Циклон-М», а также экологически чистая РН «Зенит». Создано и успешно запущено более 300 автоматических космических аппаратов серии «Космос» оборонного, социально-экономического и научного назначения.

Когда-то министр Общего машиностроения С.А. Афанасьев сказал об В.Ф. Уткине: «Он достоин памятника при жизни». Сотрудникам,

работавшим в годы его руководства ракетно-космической отраслью, хорошо известно, министр просто так слов на ветер не бросал.

Владимир Фёдорович Уткин родился 17 октября 1923 г. в местечке Пустобор Касимовского уезда (ныне на территории Касимовского района). Это было временное поселение лесозаготовителей и работников небольшого лесопильного завода на границе Ерахтурского и Касимовского районов Рязанской области. Отец Фёдор Дементьевич Уткин работал плановиком-экономистом на чугунолитейном заводе, мать занималась домашним хозяйством и воспитанием четырех сыновей.

В связи с окончанием отведённых объёмов вырубki и последовавшей за этим ликвидацией местечка Пустобор, он перешёл на работу по своей специальности на Лашманский чугунолитейный завод.

В рабочем посёлке Лашма близ Касимова и прошло детство братьев Уткиных. Здесь они учились в школе-семилетке, а среднее образование завершали в районном центре - Касимове.

В 1941 году Владимир Фёдорович с отличием закончил среднюю школу №2 в Касимове и в августе 1941 года был призван в ряды Красной Армии.

Свой боевой путь Владимир Фёдорович прошёл от Волхова до Берлина, в должностях механика телеграфа, телеграфиста 23-й, затем - 49-й отдельной роты связи 278-й Истребительной авиационной Сибирской Сталинской Краснознамённой ордена Суворова дивизии Резерва Ставки Верховного Главнокомандования.

К концу войны старшина В.Ф. Уткин служил в должности Начальника телеграфа этой же роты.

Воевал: на Волховском фронте (до декабря 1942 года), Северо-Кавказском фронте (с января по июль 1943 года), Южном и 4-м Украинском фронтах (с июля 1943 года по май 1944 года), 3-м Белорусском фронте (с мая по октябрь 1944 года), 1-м Белорусском (с октября 1944 года).

В 1945 году В.Ф. Уткин стал членом ВКП(б).

Боевой путь В.Ф. Уткина отмечен боевыми наградами: двумя орденами Красной Звезды, орденами Отечественной войны I и II степени и медалями.

В 1946 году Владимир Фёдорович Уткин был демобилизован.

Возвратившись в родной посёлок Лашма Касимовского района Рязанской области он устроился на работу старшим комендантом в Лашманское ремесленное училище № 5.

В 1946 г. В.Ф. Уткин поступил на факультет реактивного вооружения Ленинградского военно-механического института (ныне Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова — БГТУ «ВОЕНМЕХ»), который он окончил с отличием в 1952 году.

В свободное от учёбы время Владимир Фёдорович с братом Алексеем Фёдоровичем (в то время, также - студентом Военмеха) подрабатывал разгрузкой вагонов и на Ленинградском заводе грампластинок.

Практику и преддипломную стажировку В.Ф. Уткин проходил в 4-м Научно-исследовательском институте Академии артиллерийских наук Министерства Вооружённых сил СССР (ныне - 4-й Центральный Научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации, город Королёв Московской области, микрорайон Юбилейный).

По окончании института В.Ф. Уткин получил распределение в одно из ведущих конструкторских бюро страны – ОКБ-586 (с 1966 года - Конструкторское бюро "Южное") в городе Днепропетровске Украинской ССР.

Работал там инженером-конструктором, старшим инженером, затем возглавлял различные научно-исследовательские и проектно-конструкторские подразделения в качестве начальника группы, начальника сектора, исполняющим обязанности заместителя Главного конструктора (с 9 ноября 1960 года), заместителя Начальника отдела, заместителя Главного конструктора.

В 1961 году Владимир Фёдорович Уткин был назначен первым заместителем Главного конструктора и Начальника ОКБ-586 Государственного комитета по оборонной технике.

С 1971 года он являлся Главным конструктором и начальником ОКБ, а 14 ноября 1979 года Владимир Фёдорович был назначен на должность Генерального конструктора и Начальника Конструкторского бюро "Южное" (с 1991 года КБ носит имя Академика М.К. Янгеля).

Став Главным конструктором, Владимир Фёдорович четко осознавал – проблемные ключевые вопросы, для решения которых необходимо привлечение вышестоящих органов, должны быть досконально всесторонне и до тонкостей изучены, а на рассмотрение и утверждение в вышестоящие органы необходимо направлять четко обоснованные организационно-технические решения.

Характерной особенностью стиля работы Владимира Фёдоровича было стремление разобраться до тонкостей в ключевых проблемных

вопросах. При этом тема обсуждалась не только с руководителем подразделения, но и непосредственно с исполнителем, вплоть до рядового инженера.

В ОКБ-586 Владимир Федорович проработал 38 лет.

В.Ф. Уткин участвовал в подготовке к полётам первых пилотируемых космических кораблей-спутников «Восток», в том числе к полёту первого в мире космонавта. Решением Комиссии Президиума Совета Министров СССР по военно-промышленным вопросам № 83 от 9 мая 1961 года «О результатах запуска космического корабля «Восток» с человеком на борту и о плане дальнейших работ по запускам космических кораблей «Восток» Владимир Фёдорович Уткин был утверждён в качестве одного из ответственных представителей Государственного комитета по науке и технике по вопросу обеспечения тщательной отработки и испытаний всех систем в соответствии с планом доработок и наземных экспериментальных проверок.

Под его руководством были разработаны и сданы на вооружение четыре стратегических ракетных комплекса, обеспечившие паритет отечественных ракетно-ядерных сил с США.

Созданы также новейшие типы ракет-носителей (РН). В их числе экологически чистая РН «Зенит», способная выводить на орбиту 12 т. полезного груза, с полностью автоматизированным стартом для запуска в космос пилотируемых кораблей, орбитальных станций и космических аппаратов.

За период, когда В. Ф. Уткин руководил КБ «Южное», были созданы и успешно запущены 250 космических аппаратов собственной разработки.

24 ноября 1990 года Владимир Федорович был назначен директором ЦНИИмаш – головного института отрасли.

Как объяснял позже О.Д. Бакланов, ранее - в 1983-1988 гг. - министр общего машиностроения СССР, а в 1990 г. работавший секретарём ЦК КПСС, что наступило время, когда на кипящей политической страсти Украины личности уровня В.Ф. Уткина жить и работать стало, мягко говоря, недопустимо.

Став директором ЦНИИмаш в самый драматический для отечественной ракетно-космической промышленности период, В.Ф. Уткин внёс неоценимый вклад в сохранение и развитие института, в его адаптацию к новым условиям и в дальнейшее развитие.

При непосредственном участии Владимира Федоровича была разработана первая Федеральная космическая программа России.

Под его руководством проводились работы по созданию перспективных средств парирования угроз, возникших в связи с принятием в США решения о создании эшелонированной системы ПРО.

Академика В.Ф. Уткина можно считать родоначальником нового направления в отечественной космической технике – создания малых космических аппаратов. Именно по инициативе руководства ЦНИИмаш в 1997 г. в г. Королёве была проведена первая международная конференция по малым спутникам.

Благодаря результатам исследований, проведённых в ЦНИИмаш в 1990-е гг. тематика маломассогабаритных КА прочно вошла в Федеральную космическую программу и в планы работ практически всех ведущих отечественных организаций-разработчиков КА.

Заслуги и опыт В. Ф. Уткина, авторитет в международных научных кругах, во многом определили его назначение сопредседателем совместной с NASA экспертной комиссии, осуществляющей взаимный контроль над проблемными вопросами создания Международной космической станции (МКС).

При В.Ф. Уткине получила дальнейшее развитие экспериментальная и испытательная база института. Уместно отметить, что при нём в институте была введена в эксплуатацию крупнейшая в Европе сверхзвуковая аэродинамическая труба.

Наконец, нельзя не отметить весьма важную роль В.Ф. Уткина в организации конверсионных разработок в ЦНИИмаше.

Владимир Федорович отдавал много сил международному сотрудничеству в области космоса.

В 1994 году В.Ф. Уткин был назначен Сопредседателем Российско-Американской комиссии, которой была поставлена задача проводить совместно с группой генерала-лейтенанта ВВС США в отставке, астронавта Томаса Стаффорда независимую оценку состояния дел по первому этапу программы полёта Международной космической станции, разработку рекомендаций и, в случае необходимости, дополнительных мер по увеличению степени надёжности и безопасности полётов, подготовки экипажей и обеспечению эффективности запланированной программы совместных российско-американских полётов и докладывать о проведенной работе Генеральным директорам Российского космического агентства и NASA. В истории космонавтики эта комиссия получила название «Комиссия Уткина–Стаффорда».

Под руководством директора ЦНИИмаша была организована научно-техническая экспертиза безопасности международных

космических полетов на борту отечественного орбитального пилотируемого комплекса «Мир» и международной космической станции (МКС).

Сердце Владимира Фёдоровича Уткина перестало биться 15 февраля 2000 года. Похоронен дважды Герой Социалистического Труда Владимир Фёдорович Уткин на Троекуровском кладбище столицы.

В 2003 году на фасаде главного корпуса ЦНИИмаша была открыта мемориальная доска памяти великого ракетчика. Создан оргкомитет, ежегодно присуждающий золотые и серебряные медали имени академика Уткина.

В.Ф. Уткин сделал для страны так много, что иному не хватило бы и несколько жизней.

Безвременный уход Владимира Федоровича оставил нереализованными многие его планы и намерения. Однако жизнь продолжается, и коллектив АО «ЦНИИмаш» прикладывает все силы для того, чтобы претворить в жизнь замыслы Владимира Федоровича и в нынешних, по-прежнему сложных, экономических условиях сохранить, упрочить и обеспечить дальнейшее развитие ЦНИИмаш как головного НИИ отечественной ракетно-космической промышленности.

УДК 008:52; 629.78

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Кричевский С.В.

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

ПРОБЛЕМА ЭКСПАНСИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА В КОСМОС: ЦИОЛКОВСКИЙ, ИСТОРИЯ, РЕАЛЬНОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ

THE PROBLEM OF HUMANITY EXPANSION INTO SPACE: TSIOLKOVSKY, HISTORY, REALITY, PROSPECTS

Аннотация. Представлен новый взгляд на проблему экспансии человечества в космос в аспектах истории, реальности, перспектив. Труды Циолковского были направлены на расселение вне Земли. Но отношение социума к экспансии за 100 лет радикально изменилось:

завершен цикл от эйфории до отрицания. Начинается новый цикл. Произошла редукция от идей массовой экспансии в космос до «пассивных» и «активных» резерваций на Земле, в околоземном космосе, на Луне, Марсе для спасения и восстановления человечества, «обратного» заселения Земли после возможной глобальной катастрофы.

Ключевые слова: история, Земля, перспективы, проблема, цикл, Циолковский, человечество, экспансия в космос.

Abstract. A new look at the problem of the expansion of humanity into space in the aspects of history, reality, prospects is presented. Tsiolkovsky's works were aimed at settling outside the Earth. But the attitude of society to expansion has radically changed in 100 years: the cycle from euphoria to denial has been completed. A new cycle begins. There has been a reduction from ideas of mass expansion into space to "passive" and "active" reservations on Earth, in near-Earth space, on the Moon, Mars for the salvation and restoration of humanity, the "reverse" settlement of the Earth after a possible global catastrophe.

Keywords: history, Earth, prospects, problem, cycle, Tsiolkovsky, humanity, expansion into space.

Идеи расселения человечества вне Земли, экспансии в космос в трудах К.Э. Циолковского отражают сущность его философии, творчества и наследия. 120 лет назад в работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903) он изложил их, далее развивал в новых проектах, плане освоения Вселенной [2; 3, с. 114-117].

Автором представлены новый взгляд на проблему экспансии и ее новая постановка [4; 5].

Выводы:

1. В 20-е гг. XX века идеи экспансии в космос вызывали активный отклик в нашей стране и мире. Но отношение социума к экспансии за 100 лет радикально изменилось: завершен цикл от эйфории до отрицания. Начинается новый цикл экспансии.
2. Произошла редукция от идей массового расселения людей вне Земли для спасения от перенаселения и катастроф на Земле до создания резерваций на Земле, в околоземном космосе, на Луне, Марсе для «обратного» заселения Земли после возможной глобальной катастрофы на ней.
3. Необходимы новые решения проблемы экспансии в космос, модели, «дорожная карта», технологии.

4. Надо создать «пассивные» резервации на Земле и Луне, и «активные» резервации - ковчеги вне Земли.
5. Предстоит перейти к разработке проектов экспансии, нацеленных на результат в парадигме общего блага для человечества, которые найдут поддержку в условиях глобальных кризисов на Земле.
6. В новой катастрофической реальности необходимо продолжать исследовать и решать проблему экспансии в космос в максимальном темпе, с надеждой, что мы преодолеем глобальный кризис, начавшийся в 2022 году, и продолжим осваивать космос объединенными усилиями человечества при активном участии России.

Литература

1. Циолковский К.Э. Вне Земли (Повесть). – Калуга: Калужское общество изучения природы местного края, 1920. – 118 с.
2. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами : (переиздание работ 1903 и 1911 гг. с некоторыми изменениями и дополнениями). – Калуга : 1-я Гостип. ГСНХ, 1926. – 128 с.
3. Кричевский С.В. Освоение космоса человеком: Идеи, проекты, технологии экспансии. История и перспективы. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: ЛЕНАНД, 2022. – 448 с.
4. Кричевский С.В. Возвращение домой, в космос. Новый взгляд на проблему экспансии человека во Вселенную // Независимая газета. Приложение «Наука». 2023. 12 апреля.

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

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

Богомолов В.В.

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

Богомолов А.В.

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

Зайко Ю.К.

ведущий конструктор

Июдин А.Ф.

доктор физико-математических наук
заведующий лабораторией

Калегает В.В.

доктор физико-математических наук
заведующий отделом космических наук
НИИЯФ МГУ

г. Москва

Мутин А.А.

студент физического факультета МГУ

Оседло В.И.

кандидат физико-математических наук
заместитель директора

Перетягко О.Ю.

главный специалист

НИИЯФ МГУ

г. Москва

Свертилов С.И.

доктор физико-математических наук
заведующий кафедрой физики космоса
физического факультета МГУ

г. Москва

ЭКСПЕРИМЕНТЫ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА НА СПУТНИКАХ КЛАССА КУБСАТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ОКОЛОЗЕМНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ И ГАММА-ВСПЛЕСКОВ

EXPERIMENTS OF MOSCOW STATE UNIVERSITY ON CUBESATS FOR THE STUDY OF NEAR-EARTH ELECTRONS AND GAMMA-RAY BURSTS

Аннотация. Сотрудниками МГУ им. М.В. Ломоносова проводится ряд экспериментов на малых спутниках по исследованию космической радиации. В частности, в июне 2023 года были запущены 6 научно-образовательных кубсатов, оснащенных приборами ДеКоР различных модификаций, предназначенными для изучения вариаций потоков околоземных электронов, космических гамма-всплесков и солнечной активности. Обсуждаются результаты прошлых экспериментов с аналогичной аппаратурой и также уже полученные и ожидаемые результаты миссий 2023 года.

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

Abstract. Scientists of Lomonosov Moscow State University are conducting a number of experiments on small satellites to study cosmic radiation. In particular, in June 2023, 6 scientific and educational cubesats were launched, equipped with DeCoR devices of various modifications designed to study variations in near-Earth electron fluxes, cosmic gamma-ray bursts and solar activity. The results of past experiments with similar equipment are discussed, as well as the already received and expected results of the 2023 missions.

Keywords: nano-satellites, cubesats, near-Earth electrons, gamma-ray bursts, solar flares.

В рамках космической программы Московского университета 27 июня 2023 года с космодрома Восточный были запущены малые спутники с полезной нагрузкой, разработанной в НИИЯФ МГУ. Среди них спутник Авион, выполненный в стандарте кубсат-6U, и ряд спутников в стандарте кубсат-3U: Монитор-2,3,4, Sirius-SINP-3U, UTMN2. Эти научно-образовательные космические аппараты оснащены одним или несколькими приборами ДеКоР (Детектор Космической Радиации), предназначенными для изучения временных и спектральных характеристик околоземных электронов и гамма-излучения. Предметом исследования будут космические гамма-всплески, вспышки на Солнце, высыпания электронов и вариации

потоков частиц, связанные с солнечной активностью. Одновременный запуск приборов на шести спутниках позволит проводить сравнительный анализ данных для разделения пространственных и временных эффектов и для выявления значимых особенностей на кривых блеска.

Прототипом приборов, запущенных 27 июня, стали детекторы радиации, с помощью которых проводились исследования околоземных потоков электронов на спутниках ВДНХ-80, Норби и нескольких других. [1][2] Особенность этой аппаратуры состоит в том, что научные данные формируются не только в виде мониторинга (скорость счета в нескольких каналах, соответствующих определенному сорту частиц и энергии), но и в виде подробной записи в событийном формате, когда для каждого случая взаимодействия в детекторе записывается набор амплитуд и точное время по таймеру с разрешением ~ 1 мкс. Результаты измерений хранятся в энергонезависимой памяти полезной нагрузки, откуда могут быть переданы либо непосредственно на радиопередатчик спутника, либо в память бортового компьютера. Таким образом, в ходе космического эксперимента можно выбрать наиболее важные разделы данных для передачи на Землю в первичном виде с учетом ограничения на объем передаваемой информации, что позволяет проводить исследования быстрой переменности измеряемых потоков радиации.

Модифицированные детекторы ДеКоР, установленные на спутниках, запущенных в 2023 году, различаются чувствительной областью, оптимизированной для решения отдельных научных задач. Все спутники 2023 года оснащены прибором ДеКоР-2, имеющим эффективную площадь, увеличенную до ~ 64 см² для повышения чувствительности при наблюдении гамма всплесков различной природы и для улучшения временного разрешения, которое определяется в первую очередь статистикой регистрируемых гамма-квантов. Составной сцинтилляционный детектор, состоящий из пластикового сцинтиллятора толщиной 3 мм и CsI (Tl) толщиной 9 мм просматривается сборкой кремниевых фотоумножителей (SiPM). Использование комбинации пластического сцинтиллятора, с которым гамма кванты практически не взаимодействуют, и кристалла, имеющего высокую эффективность регистрации гамма-квантов, обеспечивает раздельное детектирование гамма-излучения и электронов в диапазоне энерговыделения от 20 кэВ до 1 МэВ. Это позволяет различать случаи роста показаний, вызванные космическими гамма-всплесками и высыпаниями электронов, что

очень важно при проведении эксперимента по изучению гамма-всплесков на полярной орбите.

Спутники Авион и Монитор-2, выполненные на платформах, разработанных НИЛАКТ ДОСААФ (г. Калуга), оснащены дополнительным гамма-спектрометром на основе сцинтилляционного кристалла большего объёма, предназначенным для детального измерения спектров солнечных вспышек и космических гамма-всплесков в широком диапазоне энергий. Эти спутники имеют кроме УКВ приемника/передатчика радиомодуль, осуществляющий передачу данных в S-диапазоне, который дает возможность увеличить объём передаваемой научной информации до ~100 Мб в сутки.

Все космические аппараты, запущенные при участии МГУ им. М.В. Ломоносова, предназначены как для проведения научных исследований, так и для проведения занятий со студентами и школьниками. Начиная со спутников СириусСат-1(2), полезная нагрузка которых была прототипом приборов ДеКоР, специалисты МГУ проводили занятия как в форме выполнения учащимися дипломных работ или школьных проектов, так и путём проведения лекций, на которых демонстрировалась работа со спутниками, а также мастер-классов с целью популяризации исследований космоса и профориентации будущих специалистов. [3] Работа по управлению запущенными наноспутниками станет основой студенческого практикума на базе ЦУП, созданного в НИИЯФ МГУ. Принимая непосредственное участие в проведении сеансов связи и в анализе поступающей космофизической информации, студенты и школьники получают необходимые навыки в работе с малыми космическими аппаратами.

Литература

1. Богомолов В.В., Богомолов А.В., Дементьев Ю.Н., Еремеев В.Е., Зайко Ю.К., Калегаев В.В., Климов П.А., Оседло В.И., Панасюк М.И., Петров В.Л., Перетятко О.Ю., Подзолко М.В., Свертилов С.И. Первый опыт мониторинга космической радиации в мультиспутниковом эксперименте Московского университета в рамках проекта «Универсат-СОКРАТ // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика, астрономия. 2020. Т.74, №6. С.135–141. DOI: 10.3103/S0027134920060089.
2. Bogomolov A.V, Bogomolov V.V, Iyudin A.F., Eremeev V.E., Kalegaev V.V., Myagkova I.N., Osedlo V.I., Petrov V.L., Peretjat'ko O.Y., Prokhorov M.I., Svertilov S.I., Zaiko Yu.K, Yashin I.V., Prokop'ev V.Y, Styuf A.S., Krasnopeev S.V., Pakov A.P. Space weather effects from

observations by Moscow university cubesat constellation. // Universe, 8:282, 2022. DOI: 10.3390/universe8050282

3. Богомолов В. В., Богомолов А. В., Дементьев Ю. Н., Еремеев В. Е., Жарких Р. Н., Июдин А. Ф., Оседло В. И., Прохоров М. И., Свертилов С. И. Научные и образовательные итоги двухлетнего космического полёта спутников Сириус-Сат. // Первая международная конференция по космическому образованию «Дорога в космос». Москва, Россия, ИКИ РАН, 5-8 октября 2021 г. Сборник тезисов. ФГБУН ИКИ РАН. 2021, сс.55-57. ISBN 978-5-00015-019-1. <https://roadtospace.cosmos.ru/docs/2021/RoadToSpace-AbstractBook-2021-v2.pdf>.

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

Свертилов С.И.

доктор физико-математических наук
заведующий кафедрой физики космоса

Богомолов В.В.

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

Зайко Ю.К.

ведущий конструктор

Золотарев И.А.

кандидат физико-математических наук
научный сотрудник

Калегасев В.В.

доктор физико-математических наук
заведующий отделом космических наук

Климов П.А.

кандидат физико-математических наук
заведующий лабораторией

Перетягько О.Ю.

главный специалист

Оседло В.И.

кандидат физико-математических наук
заместитель директора

Яшин И.В.

кандидат физико-математических наук

**ГРУППИРОВКА НАНО-СПУТНИКОВ МОСКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА: ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА
КОСМИЧЕСКОЙ РАДИАЦИИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ТРАНЗИЕНТОВ**

**NANO-SATELLITE CONSTELLATION OF MOSCOW
UNIVERSITY: POSSIBILITIES FOR SPACE RADIATION
AND ELECTROMAGNETIC TRANSIENT MONITORING**

Аннотация. В настоящее время в рамках реализации космического проекта Московского университета «Созвездие-270» осуществляется развертывание группировки нано-спутников формата кубсат, с помощью которой должен быть реализован в режиме близком к реальному времени мониторинг космической радиации и электромагнитных транзиентов. К настоящему времени запущено 11 космических аппаратов формата кубсат с полезной нагрузкой Московского университета, к 2024 г. предполагается довести количество спутников на орбите до 20 и более. Получены и обсуждаются результаты наблюдений вариаций потоков заряженных частиц и квантов в околоземном пространстве.

Ключевые слова: нано-спутники, кубсаты, мульти-спутниковая группировка, заряженные частицы, гамма-кванты, электромагнитные транзиенты.

Abstract. Currently, as part of Moscow University space project Constellation-270 implementation, a constellation of nano-satellites of the cubesat format is being deployed, with the help of which space radiation and electromagnetic transient monitoring should be implemented in close to real time. To date, 11 cubesat spacecraft have been launched with Moscow University payload, by 2024 it is planned to increase the number of satellites in orbit to 20 or more. The results of observations of charged particle and quantum flux variations in near-Earth space are obtained and discussed.

Keywords: nano-satellites, cubesats, multi-satellite constellation, charged particles, gamma-quanta, electromagnetic transients.

В Московском университете реализуется собственная космическая программа, одной из задач которой является мониторинг потоков

частиц и квантов в околоземном пространстве и наблюдения электромагнитных транзиентов различной природы. В последнее время в рамках этой программы начато осуществление нового проекта «Созвездие-270» по созданию группировки нано-спутников формата кубсат [1]. В ходе реализации этого проекта планируется создать систему мониторинга радиационной обстановки в значительной части околоземного пространства вплоть до орбит глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и геостационарной (ГСО). Отдельной задачей является исследование всплесков в различных диапазонах электромагнитного спектра астрофизического и атмосферного происхождения.

Главное отличие данного проекта от существующей сегодня отечественной группировки метеорологических и геофизических КА («Метеор», «Электро», «Арктика»), является определение радиационных нагрузок и оповещение об опасных ситуациях в режиме времени, близком к реальному. Это подразумевает регистрацию изменений потоков энергичных частиц с характерными временами, типичными для геомагнитных возмущений – от десятков минут и часов до нескольких суток или даже недель.. Именно эта задача - определение радиационных нагрузок на разных орбитах космических аппаратов (КА) на временных интервалах, сопоставимых с характерными временами изменений потоков радиации в околоземном пространстве и является центральной для данного проекта, и в этом его отличие от существующих и планируемых космических систем, позволяющих, по существу, идентифицировать только локальные изменения радиационных нагрузок и не имеющих возможности оценить по этим данным уровни радиации на других КА, на которых не установлены приборы радиационного контроля.

Предполагается, что в рамках проекта «Созвездие-270» на низкие круговые орбиты (высотой ~500 – 800 км) будет запущено не менее 20 КА формата кубсат, на которых планируется установить различные приборы для регистрации энергичных заряженных частиц, гамма-квантов, а также детекторов-фотометров для изучения УФ свечения атмосферы. В перспективе предполагается расширить тематику экспериментов, которые наряду с космофизическими и геофизическими задачами должны охватить исследования в области астробиологии, межспутниковой связи, контроля движения самолетов и морских перевозок и др. Особенно следует отметить возможности создаваемой мульти-спутниковой группировки в плане обеспечения различных проектов по освоению Арктического региона.

Помимо развертывания орбитальной группировки проект «Созвездие-270» предполагает создание сети приемных станций, распределенных по меридианам. На первом этапе реализации проекта предполагается развернуть не менее 5 наземных приемных пункта с использованием антенн, работающих в УКВ, S и X диапазонах. Таким образом, будет создана единая система КА и наземных приемных станций, которые должны быть установлены в регионах от Калининградской области до Камчатки таким образом, чтобы обеспечить управление КА, а также регулярный прием данных со спутников группировки, находящихся в разных точках околоземного пространства, что позволит существенно увеличить объем передаваемой информации.

В ходе экспериментов на КА, выведенных на орбиту к настоящему времени, уже получена важная информация о динамике потоков электронов субрелятивистских энергий, в том числе о природе кратковременных (с характерными временами порядка 1 мс) вариаций потоков, обусловленных высыпаниями, что имеет большое значение для понимания механизмов ускорения и потерь захваченных и квази-захваченных электронов. Были также зарегистрированы вспышки УФ излучения из атмосферы Земли, а также кандидаты в астрофизические гамма-всплески. Таким образом, начата реализация уникальной мульти-спутниковой группировки, позволяющей проводить одновременные измерения потоков частиц и квантов, а также транзиентных атмосферных явлений с помощью однотипной аппаратуры в разных точках околоземного пространства. Результаты летной эксплуатации нано-спутников формата кубсат показали, что группировка малых КА представляет собой эффективную систему, позволяющую получить текущую картину и прогнозную оценку радиационных условий в значительной области околоземного пространства.

Литература

1. Богомолов В.В., Богомолов А.В., Дементьев Ю.Н., Еремеев В.Е., Зайко Ю.К., Калегав В.В., Климов П.А., Оседло В.И., Панасюк М.И., Петров В.Л., Перетяшко О.Ю., Подзолко М.В., Свертилов С.И. Первый опыт мониторинга космической радиации в мультиспутниковом эксперименте Московского университета в рамках проекта «Универсат-СОКРАТ // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика, астрономия. 2020. Т.74, №6. С.135–141. DOI: 10.3103/S0027134920060089.

УДК: 629.78
eLIBRARY: 89.17.15

Овчинников М.Ю.

зав. отделом, г.н.с.
доктор физико-математических наук
профессор

Перепухов Д.Г.

м.н.с.

Трофимов С.П.

с.н.с.

кандидат физико-математических наук
ИПМ им. М.В. Келдыша РАН
г. Москва

Петрукович А.А.

директор, чл.-корр. РАН
доктор физико-математических наук
профессор

Кораблев О.И.

зав. отделом, г.н.с.
чл.-корр. РАН
доктор физико-математических наук
профессор

Зарубин Д.С.

ведущий инженер
ИКИ РАН
г. Москва

Рябогин Н.В.

зам. ген. конструктора
по программному обеспечению
канд. техн. наук

Мамедов Т.Т.

нач. отделения
кандидат технических наук

Кошлаков А.В.

нач. отдела

Юданов Н.А.

нач. сектора
кандидат технических наук АО РКС
г. Москва

Дронов П.А.

гл. конструктор

кандидат технических наук

Нестеренко А.Н.

г.н.спец.

кандидат технических наук

Приданников С.Ю.

зам. гл. конструктора

кандидат технических наук

Толстель О.В.

вед. спец.

кандидат технических наук

АО ОКБ Факел

г. Калининград

МИССИЯ НА МАРС НА БАЗЕ МКА С ЭРДУ

MISSION TO MARS ON THE BASIS OF THE SMALL SPACECRAFT WITH ERDU

Аннотация. Для исследования Марса предлагается миссия на базе малого КА массой до 100 кг с ЭРДУ SPT-50M. Среди научных целей миссии — мониторинг марсианской атмосферы, проведение наблюдений Солнца.

Ключевые слова: малый космический аппарат, электрореактивная двигательная установка, атмосфера Марса, траектория перелёта.

Abstract. A Mars exploration mission is proposed based on a small SC up to 100 kg mass with SPT-50M low-thrust electrojet engine. Among the science goals are monitoring the Martian atmosphere, conducting solar observations.

Keywords: small spacecraft, electric jet propulsion, Martian atmosphere, transfer trajectory.

В то время как миссии к Луне и Венере присутствуют в российской космической программе, с Марсом, после отказа западных партнёров от участия в миссии ЭкзоМарс, образовался вакуум. В докладе рассматривается миссия малого космического аппарата (МКА) на Марс с учётом имеющегося опыта Роскосмоса и РАН.

На платформе разработки АО «РКС» (рис.1) планируется разместить маршевую двигательную установку (ДУ) малой тяги SPT-50M АО ОКБ «Факел», которая позволит после отделения МКА от разгонного блока (РБ) с требуемым гиперболическим избытком скорости осуществить доразгон с достижением и выходом на целевую

орбиту вокруг Марса. Для парирования эксцентриситета вектора тяги маршевой ДУ предлагается использовать электронагревные двигатели ЭНД-10 и/или динамику КА.

Источником электрической энергии служит GaAs-солнечные батареи (СБ), независимо поворачивающиеся вокруг оси, перпендикулярной оси МКА, вдоль которой направлен вектор тяги ДУ, с отдачей у Земли 150 Вт/м^2 . При площади панелей около 5.6 м^2 и эффективном КПД системы электропитания 85% максимальная мощность, выдаваемая в бортовую сеть у Земли, составит 550 Вт, а на орбите Марса – до 260 Вт.

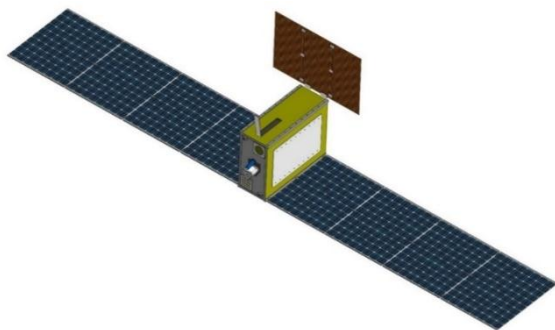
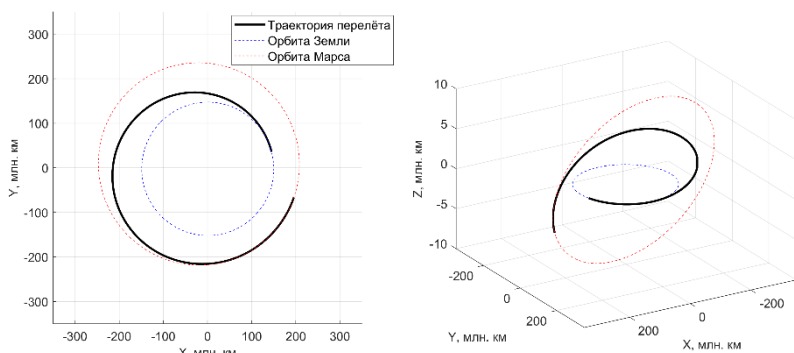


Рис.1. Внешний вид МКА с развёрнутыми СБ

Выход на отлётную траекторию может быть обеспечен с помощью ракеты-носителя «Союз» и РБ «Фрегат». Отлётный импульс, который необходимо сообщить на опорной околоземной орбите высотой 200 км для достижения гиперболического избытка скорости 2.7 км/с, равен 3.6 км/с. Из-за отсутствия возможности тормозного импульса для прямого перехода на целевую околомарсианскую орбиту маршевая ДУ обеспечивает переход МКА в плоскость орбиты Марса (поворот на 1.8 градуса), сближение с планетой с выравниваем скоростей МКА и Марса и скрутку до целевой орбиты, схожей с номинальной орбитой в миссии Mars Express (околополярная высокоэллиптическая $300 \times 10\,000$ км, наклонение 86.3°).

Расчёты, выполненные в модели ДУ с идеально регулируемой тягой ограниченной мощности (ИРТОМ), показывают, что достичь разумного компромисса между затратами рабочего тела и длительностью перелёта позволяют траектории перелёта типа как показано на рис. 2. Время полёта по этой траектории составляет около 500 дней (старт 08.10.2026, прибытие к Марсу 21.02.2028).

Гиперболический избыток скорости при отлёте от Земли равен 2.7 км/с. После захвата гравитационным полем Марса МКА переводится

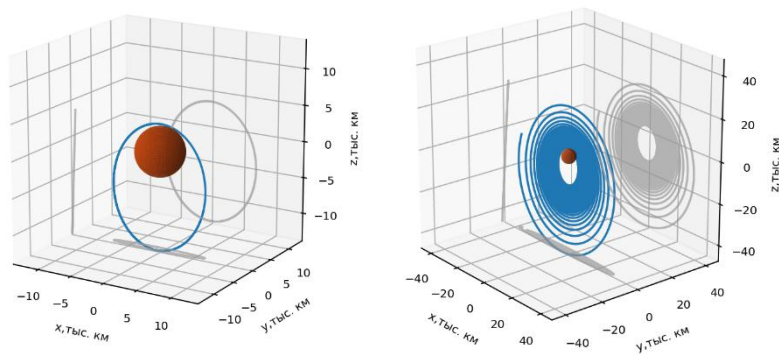


на целевую орбиту в результате скрутки по спиральной траектории при непрерывном торможении в течение 2-4 месяцев. Это требует ещё 15-20% от доставляемой к Марсу массы МКА.

а) в проекции на плоскость
средней эклиптики J2000.0

б) трёхмерный вид

Рис. 2. ИРТОМ-оптимальная траектория перелёта с датой старта 08.10.2026 и датой прибытия 21.02.2028 (длительность 501 день)



а) целевая орбита

б) скрутка к целевой орбите

Рис. 3. Целевая орбита вокруг Марса $300 \times 10\,000$ км, наклонение 86.3° и финальный этап скрутки с торможением двигателем малой тяги

В качестве полезной нагрузки на борту МКА рассматриваются УФ- и ИК-спектрометры для изучения атмосферы Марса, камера с высоким разрешением, а также телескоп для наблюдения Солнца. Потенциально возможна установка биомодуля для проведения экспериментов на этапе перелета.

УДК 621.7

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Клюшников В.Ю.

доктор технических наук
главный ученый секретарь
АО «ЦНИИмаш»
г. Королев

**СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УНИФИКАЦИИ МАЛЫХ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ
В СОСТАВЕ МОГОСПУТНИКОВОЙ ГРУППИРОВКИ**

**A SYSTEMIC APPROACH TO THE UNIFICATION OF SMALL
SATELLITES FUNCTIONING AS PART OF A MEGA-
CONSTELLATION**

Аннотация. В настоящее время ряд стран развертывают многоспутниковые группировки космических аппаратов (КА) информационного обеспечения, как правило, малоразмерных. В этой связи ставится задача унификации и серийного производства КА. За последние 20 лет унифицированы лишь некоторые формфакторы малых КА размерности «нано». Однако для построения эффективных многоспутниковых группировок этого не всегда достаточно. Обсуждается системный подход к унификации малых КА, функционирующих в составе многоспутниковой группировки, с учетом новых технических решений.

Ключевые слова: малый космический аппарат, формфактор, унификация, многоспутниковая группировка.

Abstract. Currently, some countries are deploying mega-constellations for information purposes, consisting of small satellites. In this regard, the task of unification and mass production of spacecraft is set. Over the past 20 years, only some form factors of small spacecraft of "nano" dimension have been unified. However, this is not always sufficient to build effective multi-satellite constellations. A systematic approach to the unification of small

spacecraft operating as part of a multi-satellite constellation is discussed, taking into account new technical solutions.

Keywords: small satellite, form factor, unification, mega-constellation.

В классе малых КА наиболее широкую известность и распространение получили наноспутники формфактора CubeSat. В размерности КА «нано» удачно сочетаются возможности микроминиатюризации элементной базы и бортовых систем и приемлемая целевая эффективность (с тенденцией к ее росту). Снижению стоимости и росту популярности наноспутников поспособствовала своевременная стандартизация формфактора CubeSat (в 1999 году).

С появлением и развитием многоспутниковых группировок, в связи с требованиями серийного выпуска КА, еще больше возрастает актуальность унификации КА.

Для наноспутников, в частности формфактора CubeSat, характерен ряд недостатков, не позволяющих эффективно использовать их в составе многоспутниковых систем:

- низкая электрическая мощность на борту спутника;
- ограниченные возможности установки целевой аппаратуры ДЗЗ по массе, потребной мощности и размеру апертуры;
- сложность отвода тепла;
- низкий срок активного функционирования.

Системный анализ проблем построения многоспутниковых информационных систем позволяет сформулировать критериальные требования к отдельным космическим аппаратам:

- минимальная масса и габариты;
- минимальная высота орбиты;
- максимальная мощность электропитания бортовых систем;
- максимальный срок активного существования;
- максимальный размер апертуры.

В наибольшей степени перечисленным критериальным требованиям удовлетворяет концепция малых КА DiskSat (диск диаметром 1 м и толщиной 2,5-5 см), предложенная несколько лет назад компанией Aerospace Corporation (США):

- КА формфактора DiskSat, по сравнению с CubeSat, обладают лучшим соотношением массы и вырабатываемой электрической мощности: CubeSat с вырабатываемой мощностью 100 Вт имел бы массу 30 кг, в то время как DiskSat - 8 кг;

– спутники DiskSat, по сравнению с CubeSat потенциально могут иметь на порядок большую апертуру целевой аппаратуры дистанционного зондирования Земли;

– малые КА формфактора DiskSat, по сравнению с малыми КА других формфакторов, лучше адаптированы для длительного функционирования на малых высотах (на высотах 180-220 км, - сверхнизкоорбитальные спутники).

– спутники DiskSat, по сравнению с малыми КА других формфакторов, способны более эффективно использовать фактор управления величиной лобового сопротивления по отношению к набегающему потоку разреженной атмосферы для разведения спутников в многоспутниковой системе по заданным орбитальным позициям, а также для сведения с орбиты по окончании активного функционирования.

Aerospace Corporation в рамках программы NASA Small Spacecraft Technology создает 4 спутника DiskSat и адаптер для их выведения на орбиту. Запуск спутников намечен на 2024г.

Новый формфактор малых КА может служить основой для разработки перспективных многоспутниковых систем, в том числе сверхнизкоорбитальных.

Литература

1. Richard P. Welle, Catherine C. Venturini, David A. Hinkley, Joseph W. Gangestad, The DiskSat: A Two-Dimensional Containerized Satellite // 35th Annual Small Satellite Conference. August 07-12, 2021. SSC21-XIII-12 (URL: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5101&context=smallsat>, Дата обращения 13.08.2023).
2. Hirobumi Saito, Mitsuteru Kaneoka, Richard P. Welle and Anastasia Muszynski, SAR-DiskSat for Mega-Constellation // 37 th Annual Small Satellite Conference, August 05-10, 2023. SSC 23-WII-03. (URL: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5542&context=smallsat>), Дата обращения 13.08.2023).

УДК 520.6, 521.3

eLIBRARY.RU: 41.51.02, 41.03.02

Богачёв С.А.

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

Овчинников М.Ю.

доктор физико-математических наук

зав. отделом

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

г. Москва

Шувалов В.А.

кандидат технических наук

в.н.с. АО «ЦНИИмаш»

г. Королёв

Суслов К.С.

аспирант

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

г. Москва

Шестаков С.А.

кандидат физико-математических наук

н.с. ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

г. Москва

ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ В МАГНИТОСФЕРЕ ЗЕМЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ ПОСТРОЕНИЙ МАЛЫХ КА

MEASUREMENT OF MAGNETIC FIELDS AND ELECTRIC CURRENTS IN THE EARTH'S MAGNETOSPHERE USING SPECIAL ORBITAL CONFIGURATIONS OF SMALL SPACECRAFTS

Аннотация. Исследована возможность формирования и поддержания специальных орбитальных построений малых космических аппаратов, необходимых для измерения электрических токов в магнитосфере Земли (построения типа тетраэдр). Изучена стабильность соответствующих орбит и подтверждена возможность проведения длительных измерений продолжительностью от нескольких месяцев. Показана возможность построения таких формаций на эллиптических орбитах с возможностью проведения измерений в хвосте магнитосферы Земли.

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

Abstract. We explored the possibility to create and maintain for the long time special orbital configurations of small spacecraft which is necessary to measure the electric currents in the Earth's magnetosphere. The stability of such orbits was studied and the possibility to carry out long-term

measurements lasting for several months was preliminary confirmed. We also studied the elliptical orbits which give the possibility of carrying out measurements in the Earth's magnetotail.

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

Материал и методы

Малые космические аппараты (КА) являются перспективной платформой для космических экспериментов прикладного и фундаментального научного назначения. Для задачи исследования магнитосферы Земли представляют интерес группировки КА, оснащенные средствами измерения магнитного поля Земли. Такие группировки могут также использоваться для получения информации о величине магнитосферных электрических токов. Для этого используется известная зависимость между циркуляцией магнитного поля и величиной электрического тока:

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \frac{4\pi}{c} \int \vec{j} d\vec{s}. \quad (1)$$

Если измерения магнитного поля проводятся тремя КА в плоскости XY (левая панель рисунка 1), используя эти данные можно определить силу тока j_z , протекающего через контур, образованный аппаратами. Для измерения полного вектора магнитного поля требуются четыре КА, расположенные в форме тетраэдра (правая панель рисунка 1).

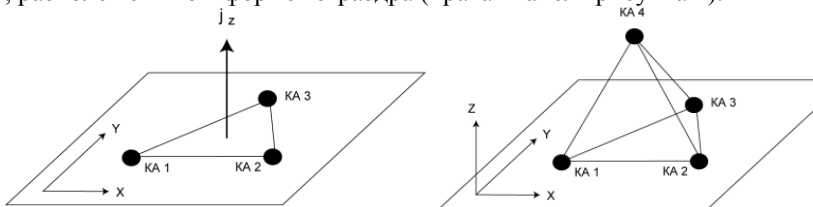


Рис. 1. Измерение электрического тока группировками из трех и четырех малых КА

В настоящее время специалистами ИКИ РАН и в ИСЗФ СО РАН разработан малоразмерный магнитометр для работы на малых КА типа кубсат [1] и запланированы его лётные испытания. Представляют интерес возможности групповых измерений на нескольких КА по схеме на рис.1. Такие задачи рассматривались для крупных КА (например, [2]), но полученные решения не применимы к малым аппаратам. Мы предлагаем решения для малых КА с учетом ограничений на их массу и энергопотребление.

Результаты и обсуждение

Рассмотрена задача вывода малого КА на полярную орбиту с высотой перигея и апогея 13600 км и 113600 км с двух начальных орбит: (а) геопереходная орбита с наклонением 51.6 градусов, высотой перигея и апогея 200 км и 36000 км; (б) низкая круговая полярная орбита с высотой 200 км. В качестве модельного аппарата рассмотрен 6U-кубсат массой 12 кг, оснащённый двигателем с тягой 4.12 мН и удельным импульсом 653 секунд. Получена оптимальная траектория перелёта, удовлетворяющая ограничениям на реактивное ускорение (рис.2). Для геопереходной начальной орбиты время перелёта составило 170 суток, число оборотов вокруг Земли – 210, масса затраченного топлива равна 3,04 кг. Для низкой начальной орбиты перелёт занимает 430 суток и около 2,5 тыс. оборотов вокруг Земли, а затраты топлива составляют 6,75 кг.

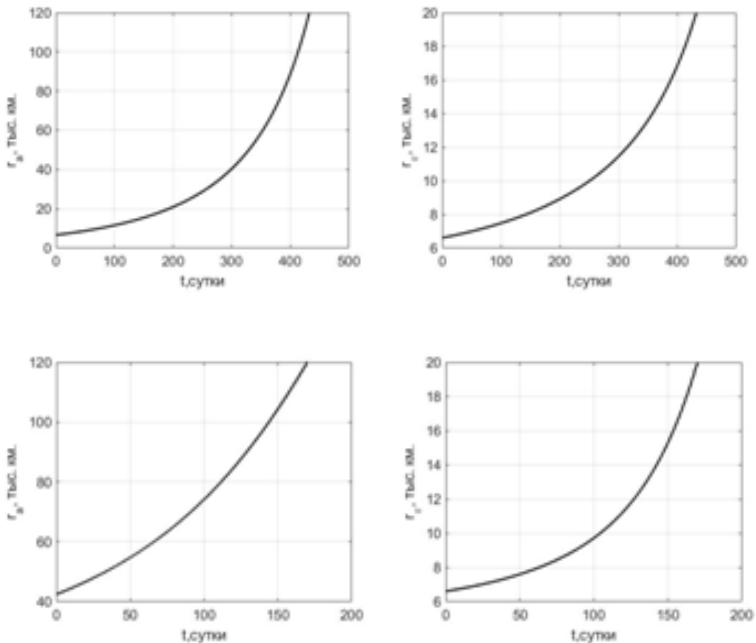


Рис. 2. Изменение апогея и перигея орбиты КА для начальной низкой (верхняя панель) и геопереходной (нижняя панель) орбиты

Проведено численное моделирование пассивной эволюции тетраэдра на сформированной эллиптической орбите. При

моделировании учитывалось тяготение Земли (центральное поле и гармоника J_2), тяготение Луны (центральное поле) и тяготение Солнца (центральное поле). Показано, что на фиксированном расстоянии от Земли поддерживать заданное расстояние спутниками в пассивном движении возможно. Отмечена зависимость динамики от времени запуска (вследствие влияния Луны). Пример расчета для трех месяцев пассивного движения показан на рис. 3.

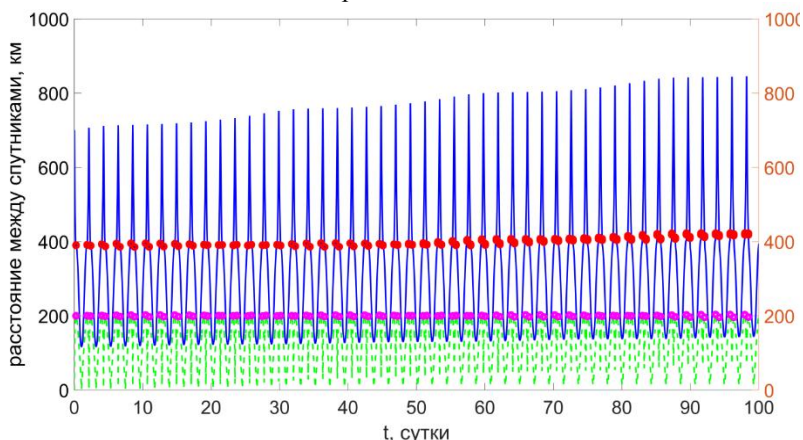


Рис. 3. Изменение параметров тетраэдра малых КА за 100 дней. Синяя и зелёная кривые — максимальное и минимальное расстояния между КА. Красные и пурпурные точки — расстояния между спутниками в заданные моменты времени — на фиксированном удалении от Земли в 65 тыс. км.

Мы рассчитываем, что полученные результаты имеют существенное прикладное значение и позволят в короткие сроки перейти к следующему этапу проведения исследования магнитосферы Земли — от отдельных магнитных измерений к построению формаций малых КА.

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

Литература

1. Богачёв С.А., Головин А.А., Дятков С.Ю., Егорочкин К.А., Кириченко А.С., Кузин С.В., Перцов А.А., Тененбаум С.М., Шаханов А.Е. Малоразмерный космический магнитометр для наноспутника «Ярило» № 3 // Космонавтика и ракетостроение. — 2023. — № 1 (130). — С. 123–134.

2. Escoubet C. P., Fehringer M., Goldstein M. The cluster mission-introduction //Annales Geophysicae. – 2001. – Т. 19. – №. 10-12. – С. 1197-1200.

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.

Заичкин И.Н.

Захаркин В.С.

Головин А.А.

Войтов Д.Ю.

МГТУ им. Н.Э. Баумана
г. Москва

**ПЛАТФОРМА CUBESAT 6U XL, РАЗРАБОТКИ
МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА, ДЛЯ РЕШЕНИЯ НАУЧНЫХ
И ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ**

**BMSTU CUBESAT 6U XL PLATFORM FOR SCIENTIFIC AND
APPLIED PROBLEMS**

Аннотация. В работе представлено техническое описание и функциональные характеристики платформы CubeSat 6U XL для размещения полезной нагрузки для гелиогеофизического мониторинга, трекинга судов, ДЗЗ, радиозатменного мониторинга и др. На данный момент проводится лётная квалификация платформы.

Ключевые слова: наноспутник, малый космический аппарат, гелиогеофизический мониторинг, ДЗЗ.

Abstract. The paper presents a CubeSat 6U XL platform technical description and functional characteristics for placing payloads for heliogeophysical monitoring, vessel tracking, remote sensing, radio-

exchange monitoring, etc. The flight qualification of the platform is being carried out now.

Keywords: nanosatellite, CubeSat, heliogeophysical monitoring, Earth remote sensing.

Платформа «Хорс», разработки МГТУ им. Н.Э. Баумана, имеет типоразмер CubeSat 6U XL (226.3x100x365.9 мм). Технические характеристики платформы представлены в таблице 1. Служебные системы сделаны с учётом опыта лётной эксплуатации аппаратов «Ярило» №1 и №2 [1, 2].

Таблица 1. Технические характеристики платформы

Параметр	Значение
Масса с ПН	12 кг
Доступные размеры и масса ПН	4U, до 6 кг
Доступная средневитковая мощность ПН	от 2 Вт
Пиковая мощность ПН (в течение 100 сек)	200 Вт
Система ориентации и стабилизации	трехосная электромагнитная с двигателями-маховиками, звездный датчик
Режимы ориентации	демпфирование, ориентация на Солнце, на точку на Земле, на точку на небе
Точность ориентации и стабилизации	< 0.4 град < 0.01 град/с
Командная радиолиния УКВ	435-440 МГц, 9600 бит/с
Высокоскоростная радиолиния	S (полудуплекс, до 4 Мбит/с)
Двигательная установка	волновой плазменный двигатель/ электрическая абляционная импульсная
Лётная квалификация	аппараты «Хорс» №1 и №2 запущены 27.06.2023 года

На базе данной платформы разработаны малые космические аппараты «Хорс» №1 и №2 (рис. 1), предназначенные для гелиогеофизических исследований. В качестве полезной нагрузки в

аппараты встроены детекторы галактических космических лучей «ГАМВЭКИ-ГМ» и «ГАМВЭКИ-Ч», разработки ИПГ Росгидромет. Первый измеряет суммарную плотность потоков заряженных частиц счетчиками Гейгера в четырех энергетических диапазонах (электронов с энергией ≥ 0.15 МэВ, ≥ 0.7 МэВ, ≥ 1.7 МэВ, ≥ 4.2 МэВ; протонов с энергией ≥ 5 МэВ, ≥ 15 МэВ, ≥ 25 МэВ, ≥ 40 МэВ соответственно). Второй производит измерения плотности потока протонов с энергией более 600 МэВ с помощью детектора Черенкова. Данные приборы являются адаптированными под формат CubeSat приборами комплекса ГАЛС для федеральных КА серии «Метеор-М», «Электро-Л» и «Арктика-М» разработки ФГБУ «ИПГ» (Росгидромет). Полученные данные позволят прогнозировать опасные гелиогеофизические явления, которые влияют на радиационную обстановку в околоземном космическом пространстве. Также в блок плат входит приемник сигналов АЗН-В/АИС, разработки МГТУ им. Н.Э. Баумана.



Рис. 1. Аппараты «Хорс» №1 и №2

Помимо предложенных миссий платформа может быть актуальна для задач дистанционного зондирования Земли, радиозатменного мониторинга атмосферы и ионосферы Земли и др.

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. Tenenbaum, S., Rachkin, D., Melnikova, V. and others. Onboard Systems of Yareelo Nanosatellites for Solar Activity and Radiation Monitoring // AIP Conference Proceedings [this link is disabled](#). – 2021. – V. 2318. - № 120016. DOI: 10.1063/5.0036225

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 55.49.29

Штокал А.О.

кандидат технических наук
ведущий конструктор

Рыков Е.В.

начальник сектора

Артемьев А.В.

главный конструктор

Филиал АО «НПО Лавочкина»

г. Калуга

Шаханов А.Е.

кандидат технических наук

начальник отдела

АО «НПО Лавочкина»

г Москва

Шаталов В.К.

доктор технических наук

профессор

заведующий кафедрой МК5 «Технология

конструкционных материалов»

КФ ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана»

г. Калуга

ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УЗЛОВ И СИСТЕМ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

OBJECTIVES AND PROSPECTS FOR IMPROVING UNITS AND SYSTEMS OF SMALL SPACECRAFT

Аннотация. Указаны причины и условия появления первых малых космических аппаратов. Обозначены современные тенденции в системе подготовки и запуска космических аппаратов. Приведены

сведения о перспективах развития малых космических аппаратов в отечественной ракетно-космической промышленности. Описаны предлагаемые параметры группировки малых космических аппаратов для глобального метеорологического мониторинга. Обозначены конструктивные задачи обеспечения высокой энерговооружённости и необходимой длительности реализации гравитационно-чувствительного процесса малых космических аппаратов. Приведены преимущества создания перспективных систем малых космических аппаратов в ближайшее десятилетие для широкого круга потребителей. Обозначены условия развития потенциала предприятий ракетно-космической отрасли на новом быстрорастущем рынке малых космических аппаратов.

Ключевые слова: малый космический аппарат, дистанционное зондирование Земли, попутная полезная нагрузка, технический комплекс, радиометр.

Abstract. The causes and conditions for the appearance of the first small spacecraft are indicated. Modern tendencies in the system of preparation and launch of spacecraft are outlined. Information about the prospects for the development of small spacecraft in the national rocket and space industry is given. The proposed parameters for the constellation of small spacecraft for global meteorological monitoring are described. The constructive tasks of ensuring a high power-to-weight ratio and the necessary duration of the implementation of the gravitation-sensitive process of small spacecraft are outlined. The advantages of creating promising systems of small spacecraft in the next decade for a wide range of consumers are given. The conditions for developing the potential of enterprises in the rocket and space industry in the new fast-growing market of small spacecraft are outlined.

Keywords: small spacecraft, Earth's remote sensing, hosted payload, technical area, radiometer.

Общая тенденция к минимизации механизмов, систем и устройств, особенно электронно-вычислительных, характерная для начала XXI века, непрерывное повышение их энергоэффективности и энерговооружённости, создали предпосылки к появлению малых космических аппаратов (МКА) – космических аппаратов массой менее 500 кг, обладающих практически полным функционалом, свойствами и характеристиками, позволяющими решать поставленные полётной миссией задачи в условиях целевой орбиты: исследование систем связи, наблюдение за естественными и искусственными объектами околоземной орбиты, дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ),

исследование и отработка новых конструктивно-технологических решений в условиях космического пространства.

В частности, потребность в систематической сплошной съёмке земной поверхности с минимальным временным интервалом между просмотрами любого района с приемлемыми затратами привела к коренным изменениям структуры космических средств дистанционного зондирования Земли. Переход от съёмки тех или иных объектов или территорий тяжёлыми спутниками сверхдетального разрешения к систематической глобальной съёмке обеспечили многоспутниковые группировки малых космических аппаратов на низких околоземных орбитах при поддержании структуры размещения спутников в нескольких орбитальных плоскостях и восполнении численности по истечении срока активного существования или схода аппарата с орбиты. Попутный запуск ракетами среднего класса не отвечает требованию быстрого и гибкого доступа МКА в космос, поскольку сроки запуска попутных грузов определяются основной миссией ракеты-носителя. Создание лёгкого носителя позволит снизить затраты на выведение килограмма массы и удовлетворить растущий спрос на услуги запуска малых спутников. [1]

Первые МКА появились как опытные образцы в результате исследований и разработок, выполненных в рамках образовательного процесса в университетах США, Великобритании, Канады и Японии. NASA оказывает поддержку университетским проектам, использующим МКА для решения научных и прикладных задач. Российские университеты также могут участвовать в программе бесплатного запуска своих спутников на российских средствах выведения. Этой возможностью пользуются в основном университеты, сотрудничающие с предприятиями ракетно-космического комплекса. [1]

Потребность в малых спутниках для создания крупных группировок различного назначения приводит к необходимости разработки отечественного стандарта МКА с целью снижения затрат на проектирование, производство, отработку и испытания и сокращения сроков реализации проектов. [1]

Уменьшение массы МКА и изменения, происходящие в системе средств выведения, не могли не сказаться на эксплуатации космических средств. В последние десятилетия в системе подготовки и запуска космических аппаратов (КА) актуальными являются следующие тенденции [2]:

– унификация технического комплекса (ТК) подготовки различных КА одного предприятия-разработчика;

- сокращение операций при подготовке КА на космодроме, вплоть до проведения контрольно-проверочных работ, проверки на функционирование и заправки двигательной установки КА;
- применение перебазируемых комплектов контрольно-проверочной аппаратуры (в т.ч. и заправочного);
- сокращение и даже полное исключение монтажных работ, в частности – объёма крановых перегрузок (вызванное уменьшением массы КА);
- сокращение номенклатуры механо-технологического оборудования, применяемого ранее в качестве индивидуального для подготовки каждого типа КА.

Применительно к МКА актуальны следующие положения [2]:

- развитие направления МКА неизбежно влечёт за собой развитие средств выведения и эволюцию системы эксплуатации космических средств в целом;
- отечественная ракетно-космическая отрасль обладает серьёзным научно-техническим заделом для создания ракетно-космического комплекса с ракетой-носителем лёгкого и сверхлёгкого классов (РН СЛК);
- развитие направления МКА позволяет создавать орбитальные группировки из десятков, сотен и даже тысяч КА, при этом с увеличением количества КА в составе орбитальной группировки существенно увеличивается объём задач по восполнению её состава, что в свою очередь диктует необходимость разработки РН СЛК;
- на базе унифицированного технического комплекса второго этапа космического ракетного комплекса «Ангара» возможно создание единого ТК для решения задач подготовки МКА и сборки космических головных частей как для групповых запусков, так и для запусков МКА в качестве попутной полезной нагрузки;
- достигнута возможность создания быстровозводимых ТК, не привязанных к инфраструктуре испытательного космодрома, для подготовки МКА с целью обеспечения пусков перспективных ракет космического назначения, в т.ч. и с мобильных пусковых установок.

На базе микроволнового радиометра МИРС, разрабатываемого для космического эксперимента «Конвергенция» на российском сегменте Международной космической станции (МКС), предлагается создать группировку МКА для глобального метеорологического мониторинга. Оптимальными параметрами для спутниковых данных микроволновой космической системы являются пространственное разрешение 10–12 км и временное 3–6 ч для анализа текущих атмосферных процессов, улучшения качества прогноза погоды и предсказания

чрезвычайных ситуаций. Для решения этой задачи на орбите Земли должны быть одновременно задействованы от 4 до 8 спутников с радиометрами на борту. [3]

Имеется несколько характерных для МКА конструктивных задач [4]:

1. Обеспечение высокой энерговооружённости МКА требует включения в конструктивно-компоновочную схему достаточно больших по площади панелей солнечных батарей (ПСБ). При проектировании МКА следует понимать, что с одной стороны нужно удовлетворить требованиям энерговооружённости МКА, в том числе и за счёт обеспечения целевых значений косинуса угла между нормалью к ПСБ и направлением на Солнце путём управления его движением. С другой стороны, необходимо удовлетворить требованиям по микроускорениям, чтобы из-за чрезмерно жёсткого крепления ПСБ их собственные колебания не создавали недопустимо высоких по модулю микроускорений.

2. Обеспечение необходимой длительности реализации гравитационно-чувствительного процесса. Исполнительные органы системы ориентации и управления движением не должны своей непрерывной работой нарушать благоприятные условия работы МКА. Самым перспективным исполнительным органом для этого является комплекс управляющих двигателей-маховиков: он не требует расхода рабочего тела и способен работать весь целевой срок активного существования МКА в штатном режиме.

Развертывание перспективных систем МКА в ближайшее десятилетие позволит создать для широкого круга потребителей [5]:

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

пространства (магнитного и гравитационного полей, сейсмоактивности, магнитных бурь и др.);

– расширение возможностей по исследования планет Солнечной системы и процессов, происходящих в ближнем и дальнем космосе;

– перспективные комплексы и системы для процессов дистанционного обучения различных категорий граждан во всех уголках земного шара.

Процесс интенсивного развития и совершенствования систем и узлов МКА в настоящее время только начинает интенсифицироваться. Возможности, которые предоставят сложноинтегрированные системы МКА, имеют перспективу в корне изменить привычную жизнь большинства людей, став одним из драйверов цивилизационного перехода, каким уже стали в конце XX века электронно-вычислительные и мобильные телекоммуникационные системы. И предприятия ракетно-космической отрасли, обладающие богатым накопленным опытом создания высокофункциональных систем и узлов космических аппаратов, имеют существенный потенциал закрепления на новом быстрорастущем рынке МКА при должном внимании к данному направлению деятельности.

Литература

1. Гансвинд, И.Н. Малые космические аппараты – новое направление космической деятельности // Международный научно-исследовательский журнал. — 2018. — № 12 (78). — С. 84-91. — DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.78.12.053>.
2. Башляев, Н.А. Опыт и перспективы запусков отечественных малых космических аппаратов с космодрома «Плесецк» / Н.А. Башляев, А.Ю. Николаев, В.В. Дуга, Д.А. Мосин // Космическая техника и технологии. — 2021. — № 3 (34). — С. 69-82. — DOI: 10.33950/spacetechn-2308-7625-2021-3-69-82.
3. Кузьмин, А.В. Группировка малых космических аппаратов глобального метеорологического наблюдения на базе микроволнового радиометра-спектрометра / А.В. Кузьмин, Д.М. Ермаков, И.Н. Садовский, В.В. Стерлядкин, Е.А. Шарков // Исследование Земли из космоса. — 2020. — № 6. — С. 85-96. — DOI: 10.31857/S0205961420060044.
4. Седельников, А.В. Формирование проектного облика малого космического аппарата технологического назначения на основе опыта проектирования и эксплуатации космических аппаратов технологического назначения других классов / А.В. Седельников, А.С. Танеева, Д.И. Орлов // Вестник Московского авиационного института. — 2020. — Т. 27, № 3. — С. 84-93. — DOI:

10.34759/vst-2020-3-84-93.

5. Тимофеев, Ю.А. Анализ современных тенденций развития и создания космических систем на основе малоразмерных аппаратов / Ю.А. Тимофеев, А.Ю. Потюпкин, С.А. Волков, А.С. Сергеев // 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, 21-23 сентября 2021 года. Часть 1. — Калуга: Эйдос, 2021. — С. 27-30.

УДК 621.379

eLIBRARY.RU: 89.23.31

Емельянов С.Г.

доктор технических наук

профессор

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Самбуров С.Н.

ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева»

Артемьев О. Г.

кандидат экономических наук

инструктор-космонавт-испытатель ГК «Роскосмос»

Герой Российской Федерации,

Фролов С.Н.

кандидат технических наук

Шиленков Е.А.

кандидат технических наук

Титенко Е.А.

кандидат технических наук

доцент

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

Бродский И.Э.

ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева

АДАПТИВНЫЙ ПРИНЦИП УПРАВЛЕНИЯ ГРУППИРОВКОЙ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

ADAPTIVE CONTROL PRINCIPLE FOR THE GROUPING OF SMALL SPACECRAFT

Аннотация. В статье обоснован децентрализованный подход к управлению группировкой наноспутников, в рамках которого выделен

адаптивный принцип управления. Он основан на использовании исторических данных о состоянии аппаратов и их пространственном положении, что позволяет прогнозировать будущее состояния группировки. Прогноз реализуется на основе гибридной нейронной сети, сочетающей методы глубокого машинного обучения, классификации и расчетные методы.

Ключевые слова: самоорганизация, нейронная сеть, обучение, прогноз, реконфигурация.

Abstract. The article substantiates a distributed approach to the control of a constellation of nanosatellites, within which an adaptive control principle is singled out. It is based on the use of historical data on the state of vehicles and their spatial position. These data make it possible to predict the future state of the grouping. The prediction is based on a hybrid neural network that combines deep machine learning and classification methods.

Keywords: self-organization, neural network, training, prediction, reconfiguration.

Современный малый космический аппарат (МКА) представляет космическую низкоорбитальную измерительно-передающую автоматизированную систему, функционирующую на основе заложенного в подсистеме управления алгоритма реализации полетного задания с использованием установленной научной аппаратуры и полезной нагрузки (НА и ПН).

В сложившихся условиях интенсивного освоения «ближнего» космоса количество МКА различных типов (наноспутники, пикоспутники) постоянно растет. По состоянию на 2021 г. зафиксировано около 1680 выведенных на низкую орбиту МКА, из которых 90% признаны успешно отработавшими. Это большой ресурс малой космонавтики. Большинство запущенных аппаратов с точки зрения теории автоматического правления (ТАУ) рассматриваются как обособленные объекты, не поддерживающие связь с другими аппаратами на орбите. Существующие группировки МКА поддерживаются как единое целое через наземный центр управления, что не всегда эффективно. Такой «механистический» подход к объединению не позволяет автоматизировано создать и использовать распределенный ресурс НА и ПН с множества спутников.

Известный централизованный подход к управлению группировкой подвижных объектов показал достаточно высокую эффективность при управлении наземными роботизированными комплексами (РТК). В этом случае РТК понимаются как объекты-агенты, имеющие главную (общую) цель и локальные цели. Централизованный принцип

управления эффективен при соблюдении баланса между главной и локальными целями, что позволяет группировке наземных РТК обмениваться координирующей информацией и выполнять пространственные реконфигурации на местности. Это позволяет замещать или усиливать возможности отдельных РТК. При этом сам РТК понимается как объект, имеющий время наработки на отказ гораздо превышающее время достижения главной цели.

Особенность эксплуатации МКА как роботизированных объектов в околоземном пространстве связана с учетом таких негативных факторов как помехи распространения сигнала, воздействие ионизирующего излучения, локальная видимость аппаратов на орбите, задержка сигнала, невозможность ремонта, слабое резервирование блоков и узлов. Эти особенности определяют функционирование МКА в условиях высокой неопределённости состояния самих аппаратов и внешней среды.

В сложившихся условиях для управления группировкой МКА целесообразно использовать децентрализованный подход, при котором единый центр управления как таковой выполняет лишь сервисные функции координации. Основной алгоритм управления имеет распределенную структуру, его реализация осуществляется на основе принципов самоорганизации сети МКА, где ее каждый элемент – это агент, способный обмениваться служебными данными.

Применения средств и технологий ИИ для управления группировкой МКА подразумевает введение в контуры управления, адаптивных методов и средств, позволяющих принимать решения, аналогично механизмам мышления человека, т.е. на основе процессов обучения и прогнозирования возможных будущих состояний. Применительно к группировке МКА речь идет о прогнозировании состояния в каналах связи между МКА и автоматической реконфигурации группировки на основе процессов обучения нейронной сети (НС). Обученная на исторических данных нейронная сеть генерирует варианты решений по реконфигурации группировки до моментов возникновения отказов или разрыва прямой видимости аппаратов. Такой адаптивный принцип в сочетании в расчетно-аналитическим методом управления позволит децентрализованно управлять группировкой МКА при ее переменном составе.

Задача прогнозирования связи между парами МКА является нетривиальной и многофакторной прогностической задачей. Она имеет как детерминированные, так и недетерминированные признаки. Наиболее рациональным вариантом является применение объединения нейронной сети Transformer и параметрической модели группировки

МКА. Сеть Transformer позволяет прогнозировать качество связи между МКА за счет механизма внутреннего внимания и реализации итеративного дообучения. Параметрическая модель группировки МКА обеспечивает формализацию и представление множества управляемых показателей об аппаратах (координаты, время, статус подсистем и др.).

Таким образом, обоснован и описан адаптивный принцип децентрализованного управления группировкой МКА на основе методов искусственного интеллекта, что позволит объединять отдельные спутники в реконфигурируемые сети.

УДК 629.783

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Саульский В.К.

доктор технических наук
главный специалист

Ильина И.Ю.

заместитель начальника
НПК «Космические комплексы»
АО «Корпорация «ВНИИЭМ»
г. Москва

ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОСПУТНИКОВЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ «ВЕКТОРНОЙ МОДЕЛИ ОБЗОРА ЗЕМЛИ»

OPTIMIZING MULTI-SATELLITE STRUCTURES USING «VECTOR MODEL OF THE EARTH SURVEY»

Аннотация. Решается задача оптимизации структуры многоспутниковых космических систем из малых космических аппаратов (МКА) для наблюдения Земли. Рекомендуется использование сложных критериев оптимизации в виде функций от всех перерывов обзора с их частотами повторения на задаваемых областях Земли. Для поиска всех перерывов и частот предлагается компьютерная программа на основе «Векторной модели обзора Земли». Приведен пример ее применения для выбора структуры системы из 4-х МКА. Рассмотрены два «периода обновления» обзора: 3,5 часа и 3 часа.

Ключевые слова: многоспутниковая структура, векторная модель, космическая система, перерыв обзора, частота повторения, обзор Земли, «период обновления», малый космический аппарат.

Abstract. The target of optimizing multi-satellite structures is solved for small spacecraft (SS) constellations to observe the Earth. Functions of all time survey intervals with their repetition frequencies on given Earth zones are recommended as complex optimization criterions. The computer program developed on the basis of “Vector Model of the Earth Survey” is suggested to search all time intervals and frequencies. An example of its use to choose constellation structures from 4 SS is given. Two “renovation periods”: 3.5 hours and 3 hours are considered.

Keywords: multi-satellite structure, vector model, constellation, time interval, repetition frequency, Earth survey, “renovation period”, small spacecraft.

При проектировании космической системы (КС) ДЗЗ из малых космических аппаратов (МКА), решается задача оптимизации ее орбитальной структуры, т.е. распределения МКА по орбитам. Полноценный критерий оптимизации должен быть функцией от всех перерывов обзора с учетом частот их повторения.

Для расчета перерывов и их частот предлагается компьютерная ВМОЗ-программа на базе «Векторной модели обзора Земли» (ВМОЗ), разработанной в АО «Корпорация «ВНИИЭМ». ВМОЗ-программа обладает высоким быстродействием. Для КС из 4-х спутников типа Метеор-М состав перерывов обзора (с частотами), насчитывающий при глобальном мониторинге Земли от 3200 до 4100 для разных вариантов структуры, вычисляется за $\sim 0,05$ с.

ВМОЗ строится для широты Земли и состоит из бесконечного множества «узлов» в системе координат, где по горизонтали откладываются долготы (в радианах), а по вертикали – время (в витках орбиты). Абсцисса «узла» – это долгота точки широты, пересеченной трассой спутника, а ордината – время этого пресечения. «Узлы» задаются с помощью «шаг-векторов», «векторов сдвига» и «векторов смещения».

Через каждый «узел» проводится горизонтальный отрезок, «след», длина которого (в радианах) равна длине участка широты, пересеченного полосой обзора МКА. На любой вертикальной линии интервалы между соседними (снизу и сверху) «следами» равны перерывам обзора (в витках орбиты) точки широты, долгота которой служит абсциссой этой вертикали.

1-ое свойство ВМОЗ: модель отображает все перерывы обзора на широте Земли.

2-ое свойство ВМОЗ: структура КС и ее ВМОЗ взаимно однозначно соответствуют друг другу.

Используя 1-е свойство, разработана компьютерная ВМОЗ-программа.

Благодаря 2-му свойству, можно, выполнив анализ разных вариантов ВМОЗ и выбрав лучший из них для равномерной минимизации перерывов обзора, определить соответствующую ему структуру КС. Таким путем обоснован рациональный «эквилибристический» тип структуры КС ДЗЗ, задаваемый следующим образом:

– структура из N_{sat} МКА включает L орбит по M МКА с равномерным распределением их вдоль орбиты;

– положение j -го МКА с номером $j = 1, 2, \dots, N_{sat}$ определяется разностью $\Delta\lambda_j$ долгот восходящих узлов орбит j -го и 1-го МКА (формула (1)) и разностью $\Delta\tau_j$ фаз j -го и 1-го МКА (формула (2));

$$\Delta\lambda_j = ((j - 1) \operatorname{div} M) d\lambda, \quad (1)$$

где $d\lambda$ – фиксированный «долготный» сдвиг между восходящими узлами соседних орбит;

$$\Delta\tau_j = ((j - 1) \operatorname{div} M) d\tau + ((j - 1) \bmod M) 360^\circ / M, \quad (2)$$

где $d\tau$ – фиксированный «фазовый» сдвиг между 1-ми МКА в соседних орбитах;

– $A \operatorname{div} B$ – получение целого частного при делении целого A на целое B ;

– $A \bmod B$ – получение целого остатка при делении целого A на целое B .

Выполнен анализ вариантов эквилибристической структуры КС из 4-х метеоспутников для двух целей:

1) регулярного глобального обзора Земли с полосами захвата (обзора) 2950 км,

2) регулярного обзора Земли выше широты 40° с полосами захвата (обзора) 2200 км.

Допускалась «ошибка» обзора $F(a) < 2\%$, как сумма площадей участков, не просмотренных за «период обновления» a . Рассматривались $a = 3,5$ и 3 часа. $F(a)$ – критерий оптимальности. Выведена формула (3) для расчета $F(a)$ на растущем ряде перерывов обзора $t_1 < t_2 < t_3 < \dots < t_n < t_{n+1} < \dots < t_{n_{max}-1} < t_{n_{max}}$:

$$F(a) = \sum_{n=m}^{n=n_{max}} (t_n T_{dr} - a) g_n, \quad t_{m-1} T_{dr} \leq a, \quad t_m T_{dr} > a, \quad (3)$$

где t_n – n -й перерыв обзора в витках,

g_n – его частота повторения за час,

T_{dr} – драконический период обращения МКА в часах.

По результатам расчетов построены графики, по ним сделаны выводы:

- 1) при $a = 3,5$ часа «ошибки» ниже 2% реализуются для глобального обзора с полосами захвата 2950 км и для обзора широт выше 40° с полосами захвата 2200 км при долготных сдвигах от 46° до 50° ;
- 2) при $a = 3$ часа обеспечение «ошибок» ниже 2% одновременно для глобального обзора с полосами захвата 2950 км и для обзора широт выше 40° с полосами захвата 2200 км возможно при долготных сдвигах 48° и 49° , но с малыми запасами и в узких диапазонах сдвигов фаз.

Литература

1. Саульский В.К. Рациональные орбиты для многополосного обзора Земли из космоса // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – М.: АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2015. – Т. 145. – № 2. – С. 42-56.
2. Горбунов А.В., Саульский В.К. Векторный метод анализа спутниковых структур // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – М.: АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2015. – Т.147. – № 4. – С. 18-28.
3. Горбунов А.В., Саульский В.К. Применение векторной модели обзора Земли для анализа ИСЗ на изомаршрутных орбитах // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – М.: АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2016. – Т. 153. – № 4. – С. 29-6.
4. Саульский В.К. Анализ систем спутников для периодического обзора Земли // Космические исследования. – 2017. – Т. 55 – №4. – С. 290-304.
5. Горбунов А.В., Саульский В.К. / Векторная модель обзора Земли и направления ее использования // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – М.: АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2017. – Т.156. – №1. – С. 21-32.
6. Макриденко Л.А., Горбунов А.В., Ильина И.Ю., Саульский В.К., Чуркин А.Л. Анализ структуры группировок спутников типа «Метеор-М» // Космонавтика и ракетостроение. – 2020. – № 2 (113). – С. 5 – 21.

УДК 629.783

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Ильина И.Ю.

заместитель начальника

НПК «Космические комплексы»

Саульский В.К.

доктор технических наук

главный специалист

АО «Корпорация «ВНИИЭМ», г. Москва

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КОСМИЧЕСКОЙ ГРУППИРОВКИ ДЛЯ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

METHOD FOR DETERMINING OPTIMAL SPACE SYSTEM STRUCTURE FOR EARLY DETECTION FOREST FIRES

Аннотация. Решается задача орбитального построения группировки из малых космических аппаратов (МКА) с широкозахватным ИК радиометром, для обнаружения малоразмерных лесных пожаров на ранней стадии их развития. Разработан метод, в котором выбраны и рассчитаны показатели эффективности. На основе метода разработана процедура сравнения и выбора оптимального варианта орбитального построения системы МКА. Проведены расчеты и представлены результаты в виде графиков.

Ключевые слова: векторная модель, малый космический аппарат, малоразмерный лесной пожар, эквидистантная структура, показатель эффективности.

Abstract. The problem of orbital construction of a constellation of small spacecraft (SSC) with a wide coverage IR radiometer is being solved to detect small sized forest fires at an early stage of their development. A method has been developed in which performance indicators are selected and calculated. Based on the method, a procedure for comparing and choosing the optimal variant of the orbital construction of the small spacecraft system has been developed. Calculations are carried out and the results are presented in the form of graphs.

Keywords: vector model, small spacecraft, small forest fire, equidistant structure, efficiency indicators.

Актуальной проблемой для России является организация эффективного тушения лесных пожаров и сокращения ущерба от них. Для решения указанной проблемы необходимо обеспечить оперативное выявление возникающих пожаров на самой ранней (очаговой) стадии. Для выявления малоразмерных лесных пожаров (МЛП) требуется оперативный мониторинг пространства лесов России. Такой мониторинг возможно реализовать только с помощью группировки малых космических аппаратов (МКА), на борту которых будет установлен прибор, работающий в ИК диапазоне с широкой полосой захвата, что необходимо для обеспечения минимальных перерывов обзора для всех участков обширной территории лесов нашей страны. Данный прибор должен зондировать земную

поверхность в среднем «окне прозрачности» атмосферы с высокой чувствительностью. Впервые в России прибор такого типа, получивший название МСУ-ИК-СРМ, был разработан, установлен и прошел летную квалификацию на космическом аппарате «Канопус-В-ИК», созданном и запущенном АО «Корпорация «ВНИИЭМ». Летные испытания и последующая эксплуатация показали, что ИК радиометр МСУ-ИК-СРМ способен обнаружить пожар площадью 25 м^2 [1].

При проектировании космической группировки МКА для МЛП с использованием прибора МСУ-ИК-СРМ одной из главных задач является определение ее состава и орбитального построения, включая выбор числа спутников, типа и высоты орбит, а также спутниковой структуры, т.е. оптимального распределения большого числа МКА по всем орбитальным плоскостям.

Для решения поставленной задачи разработан метод расчета состава и орбитального построения группировки из МКА для МЛП [2], который базируется на специально разработанных моделях, позволяющих определять обнаружимую площадь МЛП в зависимости от угла визирования и высоты орбиты, а также следить за развитием МЛП во времени. Это позволяет вычислять вероятности обнаружения МЛП на множестве последовательностей перерывов обзора. Разработаны показатели эффективности работы такой группировки и выведены формулы для их расчета, учитывающие появление многочисленных перерывов обзора. В качестве показателей эффективности были выбраны: «средняя вероятность» и «среднее время» обнаружения МЛП, а также «средняя площадь» обнаруживаемого МЛП. Для определения всего состава последовательностей перерывов обзора применялась «Векторная модель обзора Земли» [3, 4]. Учитывая, что полный состав таких последовательностей велик, применялся метод Монте-Карло для выделения из этого состава репрезентативного подмножества, достаточного для высокой точности вычисления показателей эффективности [2]. В качестве типа орбитального построения группировки МКА выбрана «эквидистантная» структура [4], которая задается общим числом спутников в группировке и их количеством в каждой плоскости орбиты, а также еще двумя ключевыми параметрами: «долготным сдвигом» и «фазовым сдвигом».

Выполнены расчеты по указанному методу и получены результаты, позволяющие в зависимости от вида задаваемого показателя выбирать для систем с разным числом спутников оптимальные сочетания высот орбит, долготные и фазовые сдвиги [5]. Результаты представлены в виде ряда графиков, удобных для использования на этапе

проектирования перспективной космической системы для обнаружения МЛП с целью выбора варианта, наиболее отвечающего требованиям заказчика.

Литература

1. Акимов Н.П., Бадаев К.В., Гектин Ю.М., Зайцев А.А., Фролов А.Г. Первые результаты работы ИК-радиометра МСУ-ИК-СРМ в составе КА «Канопус-В-ИК» // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы, 2018. – Т. 5. – Вып. 4. – С. 34-45.
2. Ильина И.Ю. Метод расчета состава КА и высот орбит для раннего обнаружения лесных пожаров // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – Москва: АО «Корпорация «ВНИИЭМ». – 2022. – Т.186. – № 1. – С. 42 - 56.
3. Саульский В.К. Выбор структуры систем спутников для метеорологии и обнаружения очагов лесных пожаров на основе векторной модели обзора Земли // – Космические исследования, 2020, – Т. 58. – №4, – С. 331-343.
4. Макриденко Л.А., Волков С.Н., Горбунов А.В., Ильина И.Ю., Саульский В.К. Исследование орбитального построения космической системы для обнаружения малоразмерных лесных пожаров // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – М.: АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2021. – Т.180. – № 1. – С. 49 – 60.
5. Ильина И.Ю. Анализ и выбор структуры системы спутников для раннего обнаружения лесных пожаров // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. – М.: АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2022 – Т.190. – № 5. – С. 49 – 60.

УДК 629.783, 621.311.68
eLIBRARY.RU: 89.25.21

Иванова Ю.А.

аспирант, начальник отдела

Власов В.Д.

аспирант, инженер-конструктор 1 кат.

Груздев А.И.

кандидат физико-математических наук

главный конструктор

Носов Д.Ю.

аспирант, начальник сектора

АО «Корпорация «ВНИИЭМ»

г. Москва

ИННОВАЦИОННАЯ ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ПОВЫШЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ДУГООБРАЗОВАНИЮ

INNOVATIVE HIGH-VOLTAGE SPACECRAFT POWER SUPPLY SYSTEM WITH INCREASED ARRC RESISTANCE

Аннотация. Разработаны инновационные технические решения, повышающие устойчивость к дугообразованию высоковольтных систем электроснабжения (СЭС) космических аппаратов (КА). В СЭС аккумуляторная батарея (АБ) выполнена из соединенных последовательно аккумуляторных модулей (АМ) и используется как основной источник электрической энергии на борту КА. При этом солнечная батарея (БС) непосредственно не подключена к бортовой шине электропитания, а разделена на отдельные низковольтные солнечные генераторы (СГ), выполняющие функцию подзарядных устройств для АМ. Благодаря низкому рабочему напряжению (не более 5–10 В) исключается возможность электрического пробоя и дугообразования в АМ и СБ.

Ключевые слова: космический аппарат, высоковольтная система электроснабжения, аккумуляторная батарея, солнечная батарея, электрический пробой, дугообразование.

Abstract. Innovative technical solutions have been developed that increase the resistance to arcing of high-voltage power supply systems (SES) of spacecraft (SC). In SES, the battery (AB) is made of separate battery modules (AM) and is used as the main source of electrical energy on board the spacecraft. At the same time, the solar battery (BS) is not directly connected to the onboard power supply bus, but is divided into separate solar generators that perform the function of recharging devices for AM.

Keywords: spacecraft, high-voltage power supply system, storage battery, solar battery, electrical breakdown, arcing.

Для проектирования СЭС КА в [1] предложено использовать АБ, состоящую из соединенных последовательно АМ, к каждому из которых через диодную развязку подключен свой солнечный генератор (СГ), конструктивно интегрированных в БС, но электрически непосредственно не соединенных между собой и с бортовой шиной электропитания. Бортовая аппаратура подключена к выходу АБ, которая в СЭС является не электрическим накопителем, а основным источником электроэнергии на всех участках орбиты КА. При этом СГ используются как подзарядные устройства, а алгоритм

работы СЭС предполагает поддержание не одновиткового, а суточного энергобаланса.

Для построения АБ используются малогабаритные литий-ионные аккумуляторы (ЛИА), снабженные встроенным одноразовым механическим размыкателем токовой цепи CID (Current Interrupt Device), и соединенные в АМ по параллельной или последовательно-параллельной (2SnP) схеме. БС построены на основе трехпереходных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) на основе структуры InGaP2/InGaAs/Ge. Диодная развязка реализована на диодах Шоттки, соединенных по последовательно-параллельной схеме и размещенных на посадочной поверхности совместно в АБ.

Использование такой конфигурации СЭС позволяет: за счет многократного уменьшения количества последовательно соединенных ФЭП и, соответственно, снижения рабочих напряжений, избежать электрического пробоя и дугообразования в СГ; исключить, благодаря параллельному подключению большого количества ЛИА в АМ, возможность появления в них дуговых разрядов, в том числе и при отказах ЛИА, связанных со срабатыванием встроенных в них одноразовых механических прерывателей силовой цепи, которые могут иметь место уже при напряжениях выше 17 В [2, с.].

Проведенное в [3, с.17] математическое моделирование работы такой СЭС показало, что за счет индивидуального подзаряда каждого АМ от своего СГ имеет место автоматическая балансировка их напряжений, что позволяет в АБ, не имеющей электронных блоков выравнивания, полностью решить проблемы появления разбаланса напряжений, связанного с различиями в токах саморазряда единичных ЛИА.

Снижение напряженности электрического поля ниже порога дугообразования в конструктивных элементах АБ достигается ее построением по блочному принципу и обеспечением при их проектировании безопасных расстояний между элементами с большой разницей электрических потенциалов.

Литература

1. Патент РФ на изобретение №2778262. Система электроснабжения космического аппарата / А.И. Груздев, С.В. Давыдов, Е.Н. Прокофьев, С.В. Пушко, М.С. Шевцов // Оpubл. 17.08.2022. – Бюл. № 23.
2. New approach for controlling a cell soft short failure in a Li- ion spacecraft battery / E. Klein; Thales AleniaSpace // Ref. 0005-0008989790

– NASA Aerospace Battery Workshop, 14 – 16/11/2017. –: 10.13140/RG.2.2.35564.46724.

3. Груздев А.И., Шевцов М.С. Система электроснабжения космического аппарата с распределенной модульной структурой на базе фотоэлектрических преобразователей, интегрированных с литий-ионными аккумуляторами // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ, 2022. – Т. 189. – № 4. – С. 15 - 20.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 08.02.25.

Твердохлебова Е.М.

доктор технических наук
заместитель начальника Центра автоматических
космических систем и комплексов

Шаповалов Р.В.

кандидат технических наук
главный научный сотрудник

Сергеев В.Е.

ведущий инженер
АО «ЦНИИмаш»

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УДАЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПОСОБОВ ИСПАРЕНИЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В ОКОЛОЗЕМНОМ КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR THE REMOVAL OF SPACE DEBRIS USING EVAPORATION METHODS OF SMALL SPACECRAFT IN NEAR-EARTH SPACE

Аннотация. среди различных способов удаления космического мусора разрабатываются технические решения по испарению космического мусора на орбите. К этим способам относятся использование испарения конструкционных материалов космического аппарата за счет сублимации, применение концентраторов солнечной энергии для испарения космического мусора, применение системы с бомбой уничтожения космического мусора.

Ключевые слова: космический мусор, испарение, концентратор солнечной энергии.

Abstract. among the various ways of removing space debris, technical solutions for the evaporation of space debris in orbit are being developed. These methods include the use of evaporation of spacecraft structural materials due to sublimation, the use of solar energy concentrators for evaporation of space debris, the use of a system with a space debris destruction bomb.

Keywords: space debris, evaporation, solar energy concentrator.

В настоящее время к основному методу удаления космического мусора (КМ) за счет его спуска и сжигания в атмосфере появились технические решения, по которым космический мусор испаряют непосредственно на орбите. Так, способ использования испарения конструкционных материалов космического аппарата после окончания активного существования за счет сублимации защищен патентом РФ (1). Патент США (2) представляет систему, которая включает в себя корпус космического аппарата (КА), основной солнечный концентратор, установленный на корпусе КА, который собирает и фокусирует солнечное излучение, и вторичный солнечный концентратор, расположенный в фокусе основного солнечного концентратора, который перефокусирует сфокусированное солнечное излучение. Манипулятор КА захватывает КМ и помещает его в точку перефокусировки солнечного излучения, где и происходит испарение КМ. Вторичный солнечный концентратор может быть концентратором с точечным источником, основной солнечный концентратор может быть параболическим зеркалом, линзой Френеля или иным фокусирующим элементом, а КМ может быть списанным КА или верхней ступенью РН.

Разработанное в Китае изобретение (3) раскрывает систему и способ очистки космического мусора и относится к технической области обращения с космическим мусором. Изобретение направлено на решение проблем низкой эффективности, высокой стоимости и т.п. традиционных мер по очистке космического мусора. Система очистки космического мусора включает в себя систему управления полетом, систему электроснабжения, РЛС управления огнем, пусковой механизм и бомбу самоуничтожения, механически связанные с системой управления полетом; система электропитания имеет электрическую связь и сигнальную связь с системой управления полетом, система управления полетом имеет электрическую связь и сигнальную связь с механизмом излучения, РЛС управления огнем имеет электрическую связь и сигнальную связь с механизмом излучения, Система электропитания подает питание на систему

управления полетом, радар управления огнем и механизм излучения, а система управления полетом обрабатывает взаимодействие сигналов между системой электропитания, радаром управления огнем и механизмом излучения. Корректировка положения в полете, ориентация РЛС управления огнем и работа пускового механизма осуществляются за счет включения-выключения тока системы электропитания. В соответствии с изобретением космический мусор подвергается обработке при быстром спуске с орбиты с использованием высокоскоростного ударного режима боеприпасов с кинетической энергией, а механизм является простым, быстродействующим и высокоточным.

Литература

1. «Способ ограничения срока пассивного существования элементов космического аппарата в околоземном космическом пространстве и устройство для его осуществления. Патент РФ RU 2698608. 28.08.2019 МПК В64G 1/66 (2006.01) СПК В64G 1/66 (2013.01)) Заявка: 2017135626, 05.10.2017, Яковлев Михаил Викторович (RU), Сергеев Виктор Евгеньевич (RU), Российская Федерация, от имени которой выступает Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос» (RU).
2. «Система и способ для испарения космического мусора в космосе» Патент США US11492150 (B1), приоритет от 2016-09-29, публикация 2022-11-08, заявитель Northrop Grumman Systems Corp [US], изобретатель Eller Howard [US].
3. «Система и метод очистки космического мусора. Патент КНР CN114394264A, приоритет от 2022-01-14, публикация 2022-04-26, заявитель Harlittoral Industrial Univ, изобретатель Liu Baiqi Zhang Junfeng.

УДК629.78

eLIBRARY.RU: 08.02.25

Коробушин Д.В.

кандидат педагогических наук
начальник отделения

Шаповалов Р.В.

кандидат технических наук
главный научный сотрудник

Сергеев В.Е.

ведущий инженер

**ВЛИЯНИЕ СОЗДАНИЯ МНОГОСПУТНИКОВЫХ
КОСМИЧЕСКИХ ГРУППИРОВОК НА ПРОБЛЕМУ
ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОРЕНИЯ ОКП И СПОСОБЫ ЕЁ
РЕШЕНИЯ**

**INFLUENCE OF CREATION OF MULTI-SATELLITE SPACE
GROUPINGS ON THE PROBLEM OF MAN-MADE BLOCKAGE
OF NEAR-EARTH OUTER SPACE AND METHODS FOR ITS
SOLUTION**

Аннотация. отмечается тенденция создания многоспутниковых космических группировок (МСГК) на низких и средних околоземных орбитах содержащих сотни и тысячи аппаратов.

МСГК создает угрозу как возможный источник космического мусора и в тоже время космический мусор представляет угрозу для функционирования МСГК. Разрабатываются способы и устройства для решения этой проблемы. Технические решения включают требования к космическим аппаратам в составе МСГК и требования к наземному управлению движением космических аппаратов с учетом космической обстановки.

Ключевые слова: многоспутниковых космических группировок, требования к космическим аппаратам, космический мусор.

Abstract. there is a tendency to create multi-satellite space groupings (MSGC) in low and medium near-Earth orbits containing hundreds and thousands of devices. MSGC poses a threat as a possible source of space debris and at the same time space debris poses a threat to the operation of MSGC. Methods and devices are being developed to solve this problem. Technical solutions include requirements for spacecraft as part of MSGC and requirements for ground control of spacecraft movement, taking into account the space situation.

Keywords: multi-satellite constellations, spacecraft requirements, space debris.

В настоящее время при активном освоении околоземного космического пространства отмечается тенденция создания многоспутниковых космических группировок на низких и средних околоземных орбитах содержащих сотни и тысячи аппаратов. Например, в рамках программы «Сфера» создается многоспутниковая

система передачи данных «Марафон IoT», орбитальная группировка которой будет состоять из 264 космических аппаратов.

Среди проблем, возникающих при создании многоспутниковых космических группировок (МСКГ), отмечаются проблемы касающиеся обеспечения предотвращения техногенного засорения ОКП в процессе эксплуатации и последующей утилизации аппаратов, отработавших ресурс.

МСГК создает угрозу для устойчивости космической деятельности как возможный источник космического мусора и, в тоже время, космический мусор представляет угрозу для функционирования МСГК. Международное сообщество в рамках Комитета ООН по космосу регулярно рассматривает на ежегодных сессиях вопросы космического мусора и долговременной устойчивости космической деятельности. Разрабатываются способы и устройства для решения этой проблемы. Можно разделить технические решения на два направления:

А) требования к космическим аппаратам в составе МСГК;

Б) требования к наземному управлению движением космических аппаратов в совместном использовании со всеми действующими в ОКП КА и космическим мусором.

Эти направления реализуют следующим образом:

- к космическим аппаратам в составе МСГК предъявляют требования по выбору орбиты, по срокам существования на орбите, по способностям осуществлять маневрирование на орбите;

- наземное управление МСГК переходит на новый уровень.

Ведущие космические государства развивают системы управления группировками в соответствии с современными требованиями.

Холдинг «Российские космические системы» разрабатывает саморегулируемую технологию управления многоспутниковыми орбитальными группировками с элементами искусственного интеллекта и минимальным участием человека. Она позволит в будущем автоматизировать управление спутниковыми группировками из тысяч космических аппаратов.

Особенностью новой технологии станет переход от применяемого сегодня точечного управления отдельными космическими аппаратами к управлению системным эффектом всей орбитальной группировки. В своей разработке специалисты РКС предлагают использовать методы согласованной самоорганизации – или гомеостаза, который позволит эффективно управлять орбитальной структурой, ее численностью, ресурсами системы, сетью передачи данных и орбитальной вычислительной сетью.

Разрабатывается проект создания саморегулируемой технологии управления многоспутниковыми орбитальными группировками. Задачи управления сложной многоспутниковой орбитальной группировкой будут решаться на основе принципов гомеостаза как системной адаптации ко всему спектру факторов воздействия для установления динамического равновесия и целостности системы с учетом ресурсных факторов. Это позволит отказаться от ресурсозатратных «жестких» технологий управления отдельными спутниками, которые предполагают обязательное парирование негативных воздействий факторов деградации орбитальной группировки. Кроме того, будут реализованы технологии управления более высокого, системного уровня, включающие в себя целый комплекс вновь разрабатываемых методов управления, новую структуру технологического цикла управления и содержание задач информационного обеспечения.

Патентный поиск по тематике технических решений по проблеме техногенного засорения показал, что ведется активная разработка проектов, защищенных патентами по этой тематике ведущими странами

Так среди патентов, опубликованных в 2022 году, есть патенты, касающиеся управления космическими аппаратами по уменьшению риска столкновений. Например, патенты США [1], Китая [2].

Литература

1. Патент США № US2022371754 «Устройство помощи предотвращению столкновений, регистратор космической информации, способ помощи предотвращению столкновений и система страховых платежей», подан: от 2019-09-26 Дата регистрации патента: 2022-11-24 Авторы: Mukae Hisayuki [JP]. Патентообладатель: Mitsubishi Electric Corp [JP].
2. Патент КНР № CN115115077 «Метод, устройство, оборудование и среда классификации риска столкновения космических аппаратов», подан: от 2021-03-19 Дата регистрации патента: 2022-09-27 Авторы: Yang Xu Liu Jing. Патентообладатель: Nat Astronomical Observatories CAS.

Хартов В.В.

доктор технических наук, профессор
генеральный конструктор
по автоматическим космическим системам и комплексам
заместитель генерального директора

Твердохлебова Е. М.

доктор технических наук
заместитель начальника
Центра автоматических космических систем и комплексов

Исков Д. А.

начальник отделения

Никитин Е.А.

заместитель начальника отделения

Кривобоков Е.Э.

заместитель начальника отдела

Кондиров В.В.

заместитель начальника отдела

АО «ЦНИИмаш»

г. Королёв

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ
РАСЧЕТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАПАСОВ РАДИОЛИНИЙ
БОРТОВЫХ И ЗЕМНЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ
ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

**METHODOLOGICAL APPROACH TO CALCULATING THE
ENERGY STORAGE OF RADIO LINKS OF ONBOARD AND
GROUND RADIO ELECTRONIC EQUIPMENT OF ROCKET AND
SPACE EQUIPMENT**

Аннотация. В процессе разработки изделий ракетно-космической техники (РКТ) одним из ключевых моментов является обеспечение качества работы радиолиний, формируемых земными или бортовыми радиоэлектронными средствами (РЭС), с требуемым энергетическим запасом радиолиний.

В настоящее время в ракетно-космической отрасли отсутствуют нормативные документы, определяющие единые подходы и методики для проведения расчетов энергетических запасов радиолиний «космос – Земля», «Земля – космос», «космос – космос».

Целью работы является анализ существующих методик расчетов энергетических запасов радиолиний, и их адаптация к условиям эксплуатации изделий РКТ.

Ключевые слова: ракетно-космическая техника, радиолиния, энергетический запас радиолинии, радиоэлектронное средство.

Abstract. In the process of developing rocket and space technology (RS) products, one of the key points is to ensure the quality of the operation of radio links formed by terrestrial or onboard radio electronic means (RES), with the required energy reserve of radio links. Currently, there are no regulatory documents in the rocket and space industry that define uniform approaches and methods for calculating the energy reserves of radio links "space-to-Earth", "Earth-to-space", "space-to-space". The aim of the work is to analyze the existing methods for calculating the energy reserves of radio links, and their adaptation to the operating conditions of RCT products.

Keywords: rocket and space technology, radio link, power reserve of the radio link, radio-electronic means.

Целью проведения расчетов энергетических запасов радиолиний на всех этапах проектирования является осуществление выбора оптимальных технических характеристик радиолиний, которые обеспечивают требуемое качество решения целевых задач, поставленных перед изделием РКТ. Расчет энергетических запасов радиолиний сводит воедино тактико-технические данные бортовых и земных РЭС, а также баллистические параметры движения изделий РКТ.

Алгоритм расчета энергетического запаса радиолинии осуществляется в следующем порядке:

- сбор и анализ исходных данных по бортовым и земным РЭС с учетом условий функционирования радиолиний (протяженность радиолинии, среда распространения и т.д.);
- определение энергетических запасов радиолиний;
- анализ полученных результатов и выработка рекомендаций по оптимизации характеристик РЭС и функционированию радиолиний;
- выработка технических решений, направленных на оптимизацию выбора характеристик РЭС для конкретных условий работы радиолиний.

Для аналоговых сигналов энергетический потенциал радиолинии $Z_{\text{зап. Аналог}}$ (дБ) определяется по формуле:

$$Z_{\text{зап. Аналог}} = (P_{\text{с}}/N)_{\text{прин}} - (P_{\text{с}}/N)_{\text{треб}}, \quad (1)$$

где P_C (Вт) мощности полезного сигнала на входе радиоприемного устройства;

N (Вт·Гц) спектральная плотность мощности шумов.

Отношение $(P_C/N)_{\text{треб}}$ определяется параметрами радиоприемного устройства РЭС.

Отношение $(P_C/N)_{\text{прин}}$ определяется исходя из условий функционирования радиолиний.

Для цифровых сигналов энергетический потенциал радиолинии $Z_{\text{зап.Цифра}}$ (дБ) определяется выражением:

$$Z_{\text{зап.Цифра}} = (E_b/N_0)_{\text{прин}} - (E_b/N_0)_{\text{треб}} [1], \quad (2)$$

где E_b (Дж) - энергия бита

N_0 (Вт·Гц) спектральная плотность мощности шума

Спектральная плотность мощности шума определяется выражением:

$$N_0 = k \cdot T_{\text{эквив}} \cdot W, \quad (3)$$

где k - постоянная Больцмана (Вт/К);

$T_{\text{эквив}}$ - эквивалентная шумовая температура (К);

W - ширина полосы пропускания радиоприемного устройства (Гц).

Отношение $(E_b/N_0)_{\text{треб}}$ определяется параметрами радиоприемного устройства РЭС (видом сигнально-кодовой конструкции [2], вероятностью ошибочного приема символов [3] $P_{\text{ошиб.}}$ и т.д.).

Отношение $(E_b/N_0)_{\text{прин}}$ определяется исходя из условий функционирования радиолиний.

Заключение. По результатам проведенной работы разработан комплекс методик расчетов энергетических запасов радиолиний «космос-Земля», «Земля-космос», «космос-космос» РЭС изделий РКТ, учитывающий достаточный для инженерных расчетов объем факторов затуханий и ослаблений.

Литература

1. Б. Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Издательский дом «Вильямс», 2007, 1104 с.
2. Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 2: DVB-S2 Extensions (DVB-S2X). Draft ETSI EN 302 307-2 V1.3.1 (2021-04).
3. Bahman Azarbad and Aduwati Binti Sali. DVB-S2 Model in Matlab: Issues and Impairments: Additional information is available at the end of the chapter. Chapter 10.

Пантелеймонов И.Н.
начальник лаборатории

Захаров А.А.
заместитель генерального директора по науке
ФГБУ НИИР
г. Москва

Потюпкин А.Ю.
главный научный сотрудник
АО «РКС»
г. Москва

Химочко О.Л.
первый заместитель генерального директора
АО «Спутниковая система «Гонец»
г. Москва

Усиков С.Б.
заместитель начальника ЦУП по оперативным работам
АО «ЦНИИмаш»
г. Королёв

ПЕРСПЕКТИВНАЯ МОДЕЛЬ СПУТНИКОВОГО ИНТЕРНЕТА

A PROMISING MODEL OF SATELLITE INTERNET

Аннотация. С целью обеспечения доступности к сети интернет широкого круга пользователей разработаны и обоснованы принципы организации связи в многоуровневой архитектуре спутниковой сети Интернет, а так же логическое значение её объектов.

Ключевые слова: сеть спутниковой связи, спутник-ретранслятор, абонентский терминал, линия связи, антенная система, маршрутизация.

Abstract. In order to ensure accessibility to the Internet for a wide range of users, the principles of communication organization in the multilevel architecture of the satellite Internet network, as well as the logical significance of its objects, have been developed and substantiated.

Keywords: satellite communication network, repeater satellite, subscriber terminal, communication line, antenna system, routing.

В настоящее время одной из тенденций развития систем спутниковой связи (ССС) является:

- развертывание многоспутниковых орбитальных группировок (МГ);
- обеспечение широкополосного доступа с небольшого носимого абонентского терминала (АТ);
- применение сетевых технологий для передачи мультисервисного трафика.

Следующим этапом развития ССС будет их унификация и взаимная интеграция с целью взаимного дополнения и всестороннего надежного удовлетворения потребностей в обеспечении бесперебойного доступа к современным услугам связи в любой точке Земного шара и в любое время.

В интересах повышения эффективности информационного обмена в многоспутниковых системах, были разработаны ряд ключевых технологий реализации перспективной модели спутникового интернет [1 – 10]. Обобщение и систематизация этих результатов позволяет в качестве основных выделить следующие направления создания спутникового интернет:

- 1) создание в околоземном пространстве полносвязанной многоуровневой масштабируемой спутниковой цифровой сети передачи данных – спутникового интернет (SatWAN), состоящей из спутников-ретрансляторов (СР);
- 2) создание унифицированных, многодиапазонных, мультипротокольных, программно-определяемых, полностью автономных командно-измерительных станций и шлюзовых станций (далее по тексту – универсальные земные станции, УЗС);
- 3) применение двух видов каналов связи между объектами SatWAN, в роли которых выступают УЗС, СР, КА, БПЛА, АТ и т.д.:
 - низкоскоростной линии связи – для передачи служебной информации и низкоскоростного трафика на всенаправленные или малонаправленные антенные системы (ВНА или МНА);
 - высокоскоростной линии связи – для высокоскоростного доступа к сети интернет на остонаправленные антенные системы (ОНА);
- 4) повышение эффективности по критериям энергопотребления и массогабаритных характеристик СР при заданной скорости передачи информации в высокоскоростной линии связи за счет использования оптического спектра частот в межспутниковых линиях связи;
- 5) повышение автономности работы СИО КА за счет применения технологий:
 - автоматического установления связи с учетом категорий срочности и приоритетов обслуживания по аналогии с технологией автоматического установления связи в сетях подвижной связи, но с учетом специфики SatWAN;

- автоматического взаимного наведения ОНА в целях формирования высокоскоростных каналов связи между объектами SatWAN;
- эстафетной передачи между двумя объектами SatWAN;
- 7) повышения устойчивости высокоскоростной связи посредством применения технологий автоматического регулирования с применением низкоскоростного служебного канала;
- 8) применение способов адаптивной маршрутизации потоков на основе алгоритмов поиска кратчайшего пути и алгоритмов, оценивающих состояние каналов связи и оборудования, с учетом категорий срочности и приоритетов обслуживания;
- 10) повышение защищенности СИО за счет применения методов аутентификации при установлении связи и способов защиты информации на основе технологии виртуальная частная сеть (Virtual Private Network, VPN);

С применением методов многоуровневой декомпозиции была разработана целесообразная архитектура взаимно интегрированных наземной сети интернет и SatWAN:

- 0-й уровень – представляет собой наземную сеть интернет;
- 1-й уровень – сети подвижной связи (СПС) 2G–5G и радиорелейная связь;
- 2-й уровень – сети воздушной связи с применением БПЛА и аэростатов;
- 3-й уровень – сеть спутниковой связи на низкоорбитальных СР;
- 4-й уровень – сеть спутниковой связи на среднеорбитальных СР;
- 5-й уровень – сеть спутниковой связи на высокоорбитальных и геостационарных СР;
- 6-й уровень – сеть спутниковой связи на объектах дальнего космоса.

Предлагаемая перспективная модель спутникового интернет соответствует связи современным тенденциям развития средств связи и обеспечит надежность их работы и масштабируемость.

Литература

1. Пантелеймонов И.Н. Система спутниковой связи с защитой канала удаленного управления работой. Патент на изобретение № 2647631 от 30.05.17.
2. Пантелеймонов И.Н., Пантелеймонова А.В. Способ зональной регистрации абонентского терминала сети персональной спутниковой связи. Патент на изобретение № 2658879 от 12.09.17.
3. 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.

4. Пантелеймонов И.Н., Пантелеймонова А.В., Аджибеков А.А. Архитектура абонентского терминала сети персональной спутниковой связи. Патент на изобретение № 2661850 от 05.10.17.

5. Пантелеймонов И.Н. Способ назначения IP-адресов в сети персональной спутниковой связи на низкоорбитальных спутниках ретрансляторах с зональной регистрацией абонентских терминалов. Патент на изобретение № 2679962 от 14.02.2019.

6. Пантелеймонов И.Н. Способ маршрутизации в сетях подвижной персональной спутниковой связи на низкоорбитальных спутниках-ретрансляторах с зональной регистрацией абонентов и маршрутизатор низкоорбитального спутника ретранслятора с интегрированными службами для осуществления указанного способа. Патент на изобретение № 2714220 от 19.08.2019.

7. Пантелеймонов И.Н., Горожанкин Л.В., Пантелеймонов И.И., Монастыренко А.А., Пантелеймонова А.В., Гончарук А.И., Пантелеймонов Т.И., Боцва В.В., Филатов В.В., Белозерцев А.В., Крючкова М.С. Способ организации связи с объектами, расположенными на орбите и поверхности планеты или спутника планеты и система дальней космической для осуществления данного способа. Патент на изобретение № 2752753 от 02.08.2021.

8. Пантелеймонов И.Н., Потюпкин А.Ю., Горожанкин Л.В., Бардёнков В.В., Березкин В.В., Пантелеймонов И.И., Аджибеков А.А., Пантелеймонова А.В., Мырова Л.О.; Щербатых Л.В., Боцва В.В., Тодуркин В.В., Ковалев В.И., Филатов В.В., Пантелеймонов Т.И., Гончарук А.И. Система персональной подвижной спутниковой связи на основе сети низкоорбитальных спутников-ретрансляторов, обеспечивающая предоставление доступа в сеть Internet с носимого персонального абонентского терминала. Патент на изобретение № 2754947 от 08.09.2021 г.

9. Пантелеймонов И.Н. Способ маршрутизации потоков информации критичной к задержкам в полносвязанной сети спутниковой связи на негеостационарных космических аппаратах, расположенных на однородных круговых орбитах. Патент на изобретение № 2787215 от 30.12.2022 г.

10. Пантелеймонов И.Н. Способ маршрутизации потоков информации критичной к задержкам в сети спутниковой связи на негеостационарных космических аппаратах, связанных межспутниковыми линиями связи в одной орбитальной плоскости и

расположенных на круговых орбитах. Патент на изобретение №2799503 от 05.07.2023.

УДК 621.314.5

eLIBRARY.RU: 08.02.25

Потюпкин А.Ю.

главный научный сотрудник

Тимофеев Ю.А.

начальник экспертно-аналитического Центра

Волков С.А.

ведущий научный сотрудник

АО «РКС», г. Москва

**ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ НАЗЕМНОГО
КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСПУТНИКОВЫМИ
ОРБИТАЛЬНЫМИ ГРУППИРОВКАМИ С УЧЁТОМ
ФАКТОРОВ НАДЁЖНОСТИ СРЕДСТВ**

**ESTIMATION OF THE CAPACITY OF THE GROUND CONTROL
COMPLEX FOR MULTI-SATELLITE ORBITAL
CONSOLIDATIONS, ACCORDING TO THE FACTORS OF
RELIABILITY OF MEANS**

Аннотация. Рассматриваются вопросы оценки пропускной способности наземного комплекса управления многоспутниковыми орбитальными группировками с учётом факторов надёжности как самих космических аппаратов, так и наземных средств управления.

Ключевые слова: наземный комплекс управления, пропускная способность, надёжность.

Abstract. The paper considers the issues of assessing the capacity of the ground-based control complex for multi-satellite orbital constellations, taking into account the reliability factors of both the spacecraft themselves and ground-based controls.

Keywords: ground control complex, capacity, reliability.

Проекты создания многоспутниковых группировок на основе конвейерного производства космических аппаратов (КА), требуют решения целого комплекса частных научно-технических проблем, одной из которых является разработка технологий управления такими группировками [1].

Наращивание орбитальной группировки в разы при существующей технологии управления очевидно вызовет аналогичный рост числа сеансов связи с КА, что ставит вопрос о способности существующего НАКУ и входящих в него наземных комплексов управления (НКУ) решать задачи управления многоспутниковой группировкой КА.

Технические средства управления в составе НКУ должны обеспечивать возможность информационного обмена управляющей информацией со всеми КА многоспутниковой орбитальной группировки. В связи с этим на первый план выходит вопрос оценки пропускной способности наземных радиотехнических средств – смогут ли выделенные наземные средства управления КА выполнить задачи технологического цикла управления (ТЦУ) в условиях пространственно-временных и технологических ограничений на функционирование НКУ? Традиционно при ответе на этот вопрос учитывалась группа ограничений, связанная с тем, что наземные пункты НАКУ РФ расположены только на территории Российской Федерации, их число ограничено и связь с КА возможна только в зонах их радиовидимости. Поэтому при анализе пропускной способности НКУ учитывались только баллистические и временные аспекты – возможность попадания КА в зону радиовидимости наземных средств и частично технологические аспекты их функционирования, связанные с настройкой наземных средств для проведения сеанса связи, их перенацеливанием на следующий КА и послесеансными операциями, а также структура ТЦУ, определяющая число необходимых сеансов управления по каждому аппарату[2].

Однако, значительное увеличение загрузки наземных средств и численности КА приводит к росту значимости фактора ограниченной надёжности как наземных, так и бортовых технических средств, приводящего к необходимости учёта их текущего технического состояния.

НКУ многоспутниковой группировки КА рассматривается как система, на входе которой будет поток запросов на обслуживание - требуемое число сеансов связи с КА в сутки, на выходе - количество сеансов, выполненных средствами НКУ. Влияющими факторами являются отказы на борту КА, проведение динамических операций, требующие дополнительного контроля специалистами ЦУП и приводящие к изменению ТЦУ и увеличению числа требуемых сеансов связи, техническое состояние наземных средств и ограничения по глобальности управления.

Предложена расчётная модель оценки устойчивости информационного обмена НКУ - КА группировки, учитывающая

вышеперечисленные факторы влияния. Получено соотношение для оценки потребной пропускной способности НКУ.

Пример. Пусть общее число КА в группировке составляет 100 КА, вероятность безотказной работы каждого из них на заданный момент времени равно 0.995, число сеансов стандартного ТЦУ в сутки -1, коэффициент возрастания среднего числа сеансов при возникновении отказов на борту КА и выполнения динамических операций -2, коэффициент готовности средств НКУ равен 0,98, глобальность управления составляет 0,5. Тогда общая потребная пропускная способность НКУ составит 205 сеансов в сутки, то есть в 2 раза больше численности КА в группировке и стандартной нагрузки на НКУ.

При этом она ограничена как числом средств НКУ, так и производительностью каждого средства. Учитывая естественные ограничения, накладываемые на число средств НКУ, остро встаёт вопрос о производительности каждого средства. Следует учитывать, что на практике для гарантированного обеспечения управления всей группировкой КА должен быть запас по пропускной способности НКУ.

В связи с этим, по-видимому требуется разработка новых подходов к реализации технологий управления, ориентированных на реализацию методов многостанционного доступа с разделением каналов по времени, частоте, поляризации, кодовому и пространственному разделению, а также их комбинациям, которые в настоящее время активно применяются на КА связи, находящихся на геостационарной орбите и обеспечивающих одновременную работу нескольких сотен транспондеров для формирования множества каналов информационного обмена.

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, том 7, выпуск 3, с. 61–70
2. Основы анализа и проектирования космических систем мониторинга и прогнозирования природных и техногенных катастроф/ В.А. Меньшиков, А.Н. Перминов, А.И. Рембеза, Ю.М. Урличич. – М.: Машиностроение, 2014. 732 с.

Щеглов Г.А.
доктор технических наук
профессор
Жумаев З.С.
кандидат технических наук
Жданова К.А.
Каменев Н.Д.
МГТУ им. Н.Э. Баумана
г. Москва

**ОТКРЫТЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «УЕМКА»
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕЛЕВЫМИ УСТРОЙСТВАМИ SMART-
НАНОСПУТНИКОВ**

**OPENSOURCE ENDPOINT MANAGEMENT SOFTWARE
«UEMKA» FOR SMART-NANOSATELLITES**

Аннотация. В работе рассмотрены перспективы применения наноспутников, созданных по принципам киберфизических систем. Показано, что актуальной проблемой при разработке наноспутников является отсутствие открытых программных средств для бортовых вычислительных устройств и «умной» полезной нагрузки. Рассматривается актуальность разработки открытого программного комплекса для централизованного управления целевыми конечными устройствами наноспутников на базе микросервисной архитектуры. Обсуждается архитектура и приложения программного комплекса.

Ключевые слова: CubeSat, унифицированное управление конечными устройствами, программное обеспечение, бортовая аппаратура космических аппаратов, наноспутник, киберфизическая система.

Abstract. The paper considers the prospects for the use of nanosatellites created according to the principles of cyber-physical systems. It is shown that the actual problem in the development of nanosatellites is the lack of open software for onboard computing devices and "smart" payload. The relevance of developing an open software package for centralized control of target end devices of nanosatellites based on microservice architecture is considered. The architecture and applications of the software package are discussed.

Keywords: CubeSat, unified endpoint management, software, spacecraft onboard equipment, smart-nanosatellite, cyber-physical system.

Современные малые космические аппараты строятся по принципам киберфизических систем, начало которым положила 4-я промышленная революция. Такие интеллектуальные системы включают в себя инженерные взаимодействующие сети физических и вычислительных компонентов, построенные на базе технологий интернет вещей, встраиваемых вычислительных систем, больших данных, повсеместных вычислений и искусственного интеллекта. Решаемая задача создания открытого программного комплекса для централизованного управления целевыми конечными устройствами занимает кибер-уровень управления элементами и системой в целом.

Обзор имеющихся технологий показал, что в области бортового программно-математического обеспечения не хватает средств удаленного администрирования прикладных программ, выполняемых на бортовых компьютерах для обработки изображений и сигналов в том числе с использованием параллельных вычислений и нейросетей. Существующие программные средства управления бортовыми микрокомпьютерами наноспутников либо являются коммерческими продуктами с закрытым исходным кодом, либо не обеспечивают необходимый функционал.

Работа посвящена созданию открытого программного комплекса «UEMKA» (рис.1), который позволит осуществлять удаленное управление бортовыми вычислительными устройствами [1] с Земли и будет единым для разработчиков оконечных устройств, относящихся к классу «умных» полезных нагрузок. При создании программного комплекса используется программно-аппаратное моделирование и архитектура, основанная на использовании микросервисов и Docker-контейнеров. Использование данных подходов обеспечит эффективную платформу для испытания встраиваемых систем [2].

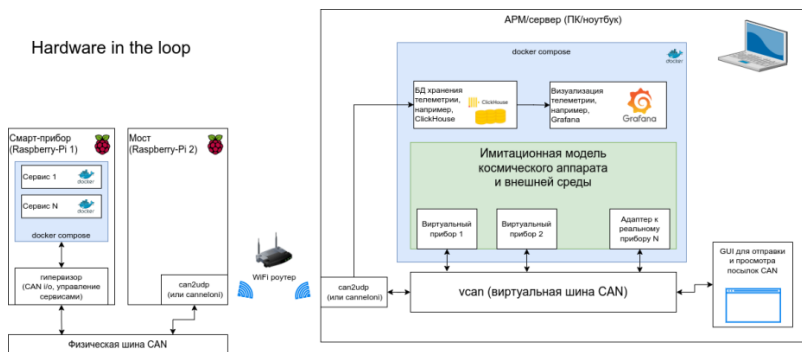


Рис. 1. Структура программного комплекса

Программный комплекс позволит интегрировать различные полезные нагрузки на борт «умного» наноспутника и управлять ими по единым принципам, что позволит сократить время на разработку спутника в целом, а также производить модернизацию программного обеспечения целевых устройств в процессе полета.

Обсуждается архитектура и приложения программного комплекса. Исходный код проекта доступен в сети Интернет [3].

Работа ведется при поддержке Фонда содействия инновациям группой авторов, сотрудников МГТУ им. Н.Э. Баумана, организовавших стартап ООО «Космические вычислительные системы».

Литература

1. Жданова К.А., Щеглов Г.А. Разработка вычислительного модуля для малого космического аппарата класса CubeSat. XLVI Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства: сб. тез. В 4 т. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022, т. 3, с. 241–243.
2. Жумаев З.С. Методика проектирования наноспутника с солнечной энергодвигательной установкой. Дис.... канд. техн. наук. Москва, 2022, 146 с.
3. Публичный репозиторий проекта «UEMKA»: https://gitlab.com/Zaynulla/aerospace_computing_systems

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

УДК: 93/94

eLIBRARY.RU: 03.00.00

Желнина Т.Н.

Комиссия РАН по разработке
научного наследия К.Э. Циолковского

«Я ЗАЖЕГ ЭТОТ ОГОНЬ».
К 120-ЛЕТИЮ НАУЧНОГО ТРУДА К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО
"ИССЛЕДОВАНИЕ МИРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ
РЕАКТИВНЫМИ ПРИБОРАМИ"
(1903-2023)

"I LIT THIS FIRE."
ON THE 120TH ANNIVERSARY OF K.E. TSIOLKOVSKY'S
SCIENTIFIC WORK "EXPLORATION OF WORLD SPACES
BY JET DEVICES"
(1903-2023)

Аннотация. Прослеживаются основные этапы написания, издания и распространения в России и за рубежом главного научного труда К.Э. Циолковского «Исследование мировых пространств реактивными приборами» - первого и до 1913 года единственного в мире труда, в котором приводились математические доказательства возможности полета в космос на аппарате ракетного типа особого устройства. Делается вывод, что если первая часть труда, опубликованная в 1903 году, привлекла внимание отдельных читателей, то увидевшая свет в 1911-1912 годах вторая часть вызвала в России общественный интерес и стала предметом обсуждения на страницах печати и научно-популярной литературы. К 1924 году, когда в СССР началось формирование широкого общественного движения энтузиастов космонавтики, тема «межпланетных путешествий» уже прочно вошла в культурный оборот в нашей стране.

Ключевые слова: Циолковский, основоположник теории ракетно-космического полета, история космонавтики и ракетной техники.

Abstract. The main stages of the dissemination in Russia and abroad of K.E. Tsiolkovsky's main scientific work "Exploration of world spaces by jet devices" are traced - the first and until 1913 the only work in the world in which mathematical proofs of the possibility of flight into space on a rocket-type apparatus of a special device were given. It is concluded that if the first part of the work, published in 1903, attracted the attention of individual readers, then the second part, published in 1911-1912, aroused public interest and became the subject of discussion on the pages of the press and popular science literature. By 1924, when the formation of a broad social movement of cosmonautics enthusiasts began in the USSR, the topic of "interplanetary travel" had already firmly entered the cultural turnover in our country.

Keywords: Tsiolkovsky, the founder of the theory of rocket and space flight, the history of cosmonautics and rocket technology.

Константин Эдуардович Циолковский в течение шести десятилетий (вторая половина 1870-х – первая половина 1930-х годов) изучал проблемы, связанные с преодолением силы земного тяготения с целью спасения человечества от мировых катастроф и овладения пространством, веществом и энергией космоса. На эти темы им написано более восьмидесяти законченных научных произведений.

Особое место среди них занимает работа под названием «Исследование мировых пространств мировыми приборами», первая часть которой увидела свет в 1903 году на страницах пятого номера журнала «Научное обозрение».

Она стала первым в мире научным трудом, в котором были приведены неопровержимые математические доказательства возможности развить космическую скорость и покинуть пределы Земли на реактивном летательном аппарате, сопровождавшиеся выводом о том, что таким аппаратом должна стать «особенным образом устроенная» ракета на жидком кислородно-водородном топливе.

Этот труд обессмертил имя Циолковского как ученого, заложившего теоретические основы новой науки - космонавтики - и на многие годы опередившего своих западных коллег.

В течение десяти лет - до опубликования в «Физическом журнале» статьи француза Робера Эсно-Пельтри «*Considération sur les résultats d'un allègement indéfini des moteurs*» (Соображения о результатах неограниченного уменьшения веса моторов) (1913) - Циолковский оставался единственным в мире ученым, изучившим закономерности движения ракеты применительно к полету за пределы Земли.

В течение тринадцати лет - до издания работы француза Виктора Куассака «L'Évolution des Mondes. La Conquête de l'Espace» (Эволюция миров. Покорение космоса) (1916) - Циолковский был единственным исследователем, указавшим на возможность безопасного спуска и мягкой посадки на Луну и планеты.

В течение шестнадцати лет - до выхода в свет труда американца Роберта Годдарда «A Method of Reaching Extreme Altitudes» (Метод достижения предельных высот) (1919) - Циолковский был единственным ученым, не только решившим транспортную проблему космонавтики, но и убежденным в том, что энергии, содержащейся в химическом топливе, достаточно, чтобы ракета смогла развить космическую скорость. Р. Эсно-Пельтри, напротив, до начала 1920-х годов полагал, что космические полеты будут возможны только при условии овладения атомной энергией и что только летательный аппарат с ядерным ракетным двигателем унесет человека за пределы Земли.

И, наконец, в течение двадцати лет - до издания книги немца Германа Оберта «Die Rakete zu den Planetenräumen» (Ракета к планетам) (1923) – только Циолковский располагал убедительной, подробно разработанной и научно обоснованной программой космической деятельности землян.

Основу доказательства возможности преодолеть силу земного тяготения на аппарате ракетного типа составило фундаментальное аналитическое исследование по динамике ракеты. Циолковский провел его с начала 1896 года до конца лета 1898 года, получив уже к концу ноября 1896 года очень важный математический результат - формулу максимальной скорости ракеты.

Она устанавливает зависимость между конечной скоростью движения ракеты, с одной стороны, и скоростью истечения продуктов горения и относительным запасом топлива, с другой. Важность формулы заключается в том, что она дает возможность определить для каждого конкретного случая главные характеристики ракеты и выяснить, какие проекты ракетного полета реальны, а какие - неосуществимы.

Циолковский не знал (и никогда не узнал), что эта формула уже существовала в научной литературе. Ее можно было найти на странице 121 опубликованной в 1897 году диссертации магистра Санкт-Петербургского университета Ивана Всеволодовича Мещерского и на странице 13 статьи «Trajectoires des fusées volantes dans le vide» (Траектории полета ракет в пустоте) бельгийского генерала артиллерии Казимира Кокилхэта, опубликованной в 1873 году. В 1856

году задача о вертикальном полете ракеты предлагалась на страницах одного из учебников студентам университета в Кэмбридже. За двадцать один год до этого обобщенное аналитическое описание полета ракет дал француз Ж. Монжери в работе «*Traite des fusees du guerre, autrefois rochettes et maintenant fusee a la Congreve*» (Трактат о боевых ракетах или ракетных снарядах Конгрева). И, наконец, формула скорости подъема ракеты в момент полного сгорания топлива была приведена в статье «*On the motion of rockets both in nonresisting and resisting mediums*» (О движении ракет как в несопротивляющейся, так и в сопротивляющейся среде) англичанина Уильяма Мура, опубликованной в 1810 году.

Но как это не покажется парадоксальным для непосвященного читателя, Циолковский был в ряду названных исследователей все-таки первым! Потому что он не только подверг анализу движение ракеты и получил формулу ее максимальной скорости, он впервые проанализировал саму эту формулу и пришел к выводам, до того времени неизвестным науке: 1) скорость истечения продуктов горения имеет решающее влияние на скорость ракеты; 2) ракетодинамический способ движения в принципе не имеет ограничений по скорости; 3) формула скорости движения ракеты является доказательством возможности достижения космических скоростей аппаратами ракетного типа.

Эти выводы и составили выдающееся научное достижение Циолковского и принесли ему славу первого теоретика космонавтики. Поэтому формула максимальной скорости ракеты, или основное уравнение ракетодинамики, с 1935 года в отечественной литературе по праву носит имя Циолковского, а соотношение (M_2/M_1), выражающее отношение массы топлива к массе ракеты без топлива, называется «числом Циолковского» и обозначается буквой Z .

Из формулы Циолковского следует важный практический вывод: для получения возможно больших скоростей полета ракеты нужно увеличивать относительные скорости истечения продуктов горения и увеличивать относительный запас топлива. Тем самым Циолковский на десятилетия вперед предсказал пути развития ракетной техники, предугадал те изменения, которым должна была подвергнуться ракета конца XIX - начала XX веков, чтобы стать космическим транспортным средством.

В работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами», опубликованной в 1903 году, Циолковский сам попытался разработать основные принципы устройства космической ракеты, и это удалось ему блестяще. Практически все найденные им

конструктивные решения, способы управления ракетой, предложения о химических веществах, наиболее подходящих в качестве компонентов ракетного топлива (с точки зрения энергетической ценности), нашли воплощение в современном космическом ракетостроении. Наряду с этим Циолковский положил начало исследованиям по проблеме охлаждения жидкостных ракетных двигателей. Всего им было предложено шесть способов охлаждения ЖРД, четыре из них - приоритетные - он описал в 1903 году (применение огнеупорных материалов, частично разрушающихся в процессе работы двигателя – идея абляционного охлаждения, широко используемого в настоящее время; внешнее динамическое регенеративное охлаждение; независимое охлаждение; емкостное охлаждение жидкостью). Ученый обратил внимание на важность вопроса о выборе оптимальных условий старта космических ракет, высказал ряд идей относительно способов жизнеобеспечения человека в ракете во время полета за пределы Земли, длительного пребывания в условиях космического вакуума и невесомости, а также возвращения на планету.

Хотя теория ракетно-космического полета, расчеты количества топлива, которое потребуется для того, чтобы преодолеть силу земного тяготения и вернуться обратно на родную планету, а также описание устройства космической ракеты составили основное содержание работы «Исследование мировых пространств реактивными приборами», Циолковский четко сформулировал в ней и первую - главную - задачу в области космонавтики - создание постоянных орбитальных обитаемых станций в околоземном пространстве.

Ученый не сразу нашел журнал, в котором можно было бы опубликовать работу «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Это удалось ему только в 1902 году. Михаил Михайлович Филиппов, редактор «Научного обозрения», с которым Циолковский сотрудничал с 1897 года, согласился напечатать очередной труд калужского исследователя на страницах своего журнала.

Готовя рукопись работы к отправке в редакцию, Циолковский рассчитывал не ограничиться одной публикацией. Он уже был готов поделиться с читателями и подробными ответами на такие вопросы, как: сравнение работ, затрачиваемых на преодоление сопротивления воздуха и силы тяжести; нагревание ракеты при ее движении в атмосфере; пребывание человека в космической среде; картина полета в космической ракете; траектории ее движения при межпланетных перелетах; «великие перспективы» освоения космоса. Но этим планам

не суждено было сбыться. С момента поступления рукописи работы «Исследование мировых пространств реактивными приборами» в редакцию журнала «Научное обозрение» начались неприятности. Первоначально предполагалось, что она будет опубликована в 1903 году во втором (февральском) номере. Но вскоре редактор сообщил Циолковскому о трудностях, связанных с цензурой. Долгое время считалось, что цензор отклонял именно статью Циолковского – как антирелигиозное, проникнутое материалистическим духом сочинение. Однако это не так.

Журнал «Научное обозрение», основанный в 1894 году, к началу XX века из физико-математического превратился в общественно-политический с преобладанием статей на социально-экономические темы, написанных последователями марксизма. Совершенно очевидно, что цензоры с особым пристрастием относились прежде всего к тем материалам, которые можно было взять на вооружение в революционной борьбе. Таким «материалом» оказался роман Э. Золя «Правда», начало которого было опубликовано в январском номере журнала «Научное обозрение» за 1903 год. Цензор, разрешивший его публикацию, был уволен, а вступивший в эту должность в начале 1903 года А. Елагин занялся пересмотром решений, принятых до него. Подготовленный и ранее уже одобренный цензурой февральский номер журнала, включая статью Циолковского, вновь лег на стол цензора. Рассмотрение его материалов затянулось на несколько месяцев. Продолжение публикации романа Золя было запрещено, а работа Циолковского была включена в состав майского номера, оказавшегося последним в истории «Научного обозрения» - 12 июня 1903 года М.М. Филиппов погиб в своей лаборатории при невыясненных обстоятельствах, и журнал был закрыт. Циолковскому не удалось получить отдельные оттиски публикации, а главное - рухнула надежда увидеть вскоре напечатанным и продолжение работы «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (оно было опубликовано лишь восемь лет спустя).

Циолковский с большим трудом достал экземпляр журнала со своей работой, вырезал из него соответствующие страницы, переплел их и оставил в домашней библиотеке, сделав на обложке две записи: «Рукопись не возвращена. Издано ужасно. Корректуры не было. Формулы и номера перевернаны и потеряли смысл. Но все-таки я благодарен Филиппову, ибо он один решился издать мою работу» и «Прошу беречь, как зеницу ока, ибо единственный экземпляр».

Долгое время считалось, что закрытие журнала «Научное обозрение» сопровождалось арестом тиража последнего - пятого -

номера, из-за чего работа Циолковского не дошла до читателей и потому осталась незамеченной. Однако в ходе многолетних исследований и поисков нами установлено, что пятый номер журнала за 1903 год поступил не только в российские, но и в зарубежные библиотеки, а также к отдельным подписчикам.

Просто работа «Исследование мировых пространств реактивными приборами» опередила свое время, и кругу читателей, желавших и способных обсуждать поднятые в ней проблемы, еще только предстояло сформироваться. Читательская же аудитория, сложившаяся в начале 1900-х годов вокруг «Научного обозрения», была представлена, в основном, революционно настроенной интеллигенцией, которая больше интересовалась изменением государственного строя, чем распространением человечества за пределами Земли.

Ни работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903), ни даже написанной на ее основе более поздней статье «Реактивный прибор как средство полета в пустоте и атмосфере», опубликованной с двухлетней задержкой в 1910 году в журнале «Воздухоплаватель», не суждено было побудить своих современников к дискуссиям о возможности преодолеть силу земного тяготения на космической ракете или к практическим работам по ракетной технике. Зато труды Циолковского по космонавтике – вторая работа «Исследование мировых пространств реактивными приборами», опубликованная в 1911-1912 годах при посредничестве Павла Павловича Каннинга в журнале «Вестник воздухоплавания» и изданная ученым за свой счет брошюра «Исследование мировых пространств реактивными приборами (дополнение к 1-й и 2-й частям труда того же названия)», содержащая основные выводы работы «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903), получили широкую известность и во многом способствовали формированию в нашей стране с 1912 года первых ростков массового интереса к космонавтике.

В 1912-1919 годах Россия была первой и единственной в мире страной, в которой проблема космических полетов или межпланетных путешествий, как тогда было принято говорить, начала обсуждаться массами заинтересованных людей - обсуждаться взвешенно, серьезно, с пониманием трудностей ее решения и видением перспектив, которые откроются с выходом человечества в космос.

В этот период в российской прессе было опубликовано более тридцати статей и заметок, касавшихся трудов Циолковского по космонавтике; о его исследованиях в этой области рассказывалось

также на страницах книги Якова Исидоровича Перельмана «Межпланетные путешествия», выдержавшей в 1915 году и 1919 году три издания. Особый характер дискуссии придавал тот факт, что Циолковский с 1913 года был не единственный, кто вел научный поиск решения транспортной проблемы космонавтики. Россиян быстро достигла информация о том, что хорошо известный в российских авиационных кругах Р. Эсно-Пельтри также, как и Циолковский, рассматривал ракету в качестве перспективного летательного аппарата для межпланетных перелетов, хотя и выдвигал при этом, в отличие от российского ученого, одно условие - использовать не химическое, а ядерное топливо. Российских авторов не очень заботили эти различия во взглядах Эсно-Пельтри и Циолковского на источник энергии будущего межпланетного корабля, обусловленные разными подходами к решению вопроса о том, как сочетать реально допустимые размеры космической ракеты с практически нереальным требуемым запасом топлива. Главным, на что тогда обращали внимание, было другое – то, что у идеи космической ракеты был родоначальник – Циолковский - и был авторитетный сторонник – Эсно-Пельтри.

Первыми, кто обратил внимание российской общественности на труды Циолковского по космонавтике, были Борис Никитич Воробьев, редактор Санкт-Петербургских журналов «Вестник воздухоплавания» и «Техника воздухоплавания», Владимир Владимирович Рюмин, инженер и литератор из Николаева, Дмитрий Павлович Рябушинский, ученый, основатель первого в мире Аэродинамического научно-исследовательского института в Кучино. Особую роль в деле популяризации идеи космического полета сыграл Я.И. Перельман, редактор Санкт-Петербургского журнала «Природа и люди», член Русского Общества любителей мироведения, автор первой в мире научно-популярной книги по космонавтике. Именно его доклад «Междупланетные путешествия; в какой степени можно надеяться на их осуществление в будущем», сделанный 20 ноября 1913 года на общем собрании Русского общества любителей мироведения и, по свидетельству, по крайней мере, одного из присутствовавших, имевший «большой успех», послужил непосредственным толчком к массовому обсуждению идеи межпланетных перелетов и предложений по ее осуществлению, в том числе проекта космической ракеты Циолковского. С 21 ноября 1913 года отчет о докладе Перельмана публиковался во многих петербургских и московских газетах.

Беспрецедентное заявление сделал в марте 1914 года в брошюре, опубликованной на русском и французском языках, Д.П. Рябушинский: «Задача аэродинамического полета разрешена, но

на смену ей выдвигается новая, гораздо более трудная и грандиозная проблема, - проблема перелета на другую планету. Блестящие научные завоевания человечества дают право мечтать о том, что и этот вопрос будет когда-нибудь разрешен терпеливыми и преемственными усилиями исследователей, которые увлекутся величием этой идеи. В Аэродинамическом институте в Кучине будут также предприняты исследования в этом направлении». Это был первый в истории космонавтики случай, когда руководитель научного учреждения выразил готовность изучать вопрос о возможности осуществления космического полета.

Книга Я.И. Перельмана «Межпланетные путешествия» не только не потонула в информационном потоке военного и предреволюционного времени, но была уже в первом издании замечена, отмечена и «признана заслуживающей внимания для ученических библиотек среди учебных заведений Ученым Комитетом Министерства Народного Просвещения», а также признана «полезной для ученических библиотек Учебно-воспитательным Комитетом Педагогического Музея военно-учебных заведений» и рекомендована «для школьных библиотек Отделом Реформы Школы Народного Комиссариата по Просвещению». Не приходится сомневаться, что признание этой книги как произведения, носившего учебно-воспитательный характер и рекомендация ее для чтения подрастающему поколению в 1915 году, стало одним из семян, которые дали всходы во второй половине 1920-х – первой половине 1930-х годов в СССР, подпитав новую, еще более массовую волну интереса к космонавтике.

Впрочем, уже среди российской молодежи 1910-х годов было немало энтузиастов космонавтики и читателей работ Циолковского. Заметный интерес к теме космических полетов проявляли студенты Санкт-Петербургского Политехнического института – из их среды вышли известные пионеры космонавтики А.И. Шаргей (с 1921 года носил имя Ю.В. Кондратюка) и А.Б. Шершевский. Несколько лет назад стало известно имя еще одного приверженца идеи межпланетных путешествий - петербургского гимназиста Георгия Кульбуша. В 1916 году, готовясь к поступлению в Политехнический институт, он написал работу «Великая греза человечества», в которой проявил великолепное знание работ Циолковского и известной к тому времени литературы по космонавтике (рис. 1-3)¹.

Циолковский с 1912 года внимательно следил за общественными откликами на его труды по проблеме космического полета. Учитывая то внимание, которое российская общественность начала уделять

космонавтике, он решил переиздать с дополнением обе работы «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903 и 1911-1912 годов), объединив их в один труд. Этим намерением он поделился с читателями в 1914-1915 годах, обратившись к ним со страниц брошюр «Исследование мировых пространств реактивными приборами (дополнение к 1-й и 2-й частям труда того же названия)» и «Таблица дирижаблей из волнистого металла» с просьбой сообщить ему о желании приобрести это новое, «полное издание». Любопытно, как росло число желающих иметь его. В 1915 году их набралось «только 20-30». В 1918 г. желающих было уже «только 100»! Чтобы правильно оценить это число, надо вспомнить, в какой исторической обстановке формировался первый круг читателей трудов Циолковского по космонавтике. И еще надо задаться вопросом, в какой другой стране мира в 1918 году набралось бы сто желающих иметь и читать работу с доказательствами возможности преодоления земного тяготения?

Идеи и предложения Циолковского, подхваченные энтузиастами межпланетных сообщений, все глубже проникали в общественное сознание. Разумеется, военные и революционные события в России сдерживали этот процесс. Но остановить его было уже невозможно.

С конца 1921 года в истории распространения в России идеи космического полета вообще и трудов Циолковского в частности наступил новый этап. Начало ему было положено популяризаторской деятельностью Фридриха Артуровича Цандера.

Выступив в декабре 1921 года на губернской конференции изобретателей в Москве, Цандер заявил о себе как об инженере, изобретателе и авторе проекта «межпланетного корабля-аэроплана», альтернативного известному проекту космической ракеты Циолковского. Так работы Циолковского получили новое звучание. С одной стороны, их важность, значимость и актуальность впервые подчеркивались специалистом-коллегой (с февраля 1923 года Циолковский и Цандер уже состояли в переписке). С другой стороны, они выносились на суд постоянно расширявшейся аудитории энтузиастов и приверженцев идеи космического полета, для которых термин «межпланетные путешествия» очень скоро стал привычным. Не удивительно, что Я.И. Перельман, сдавая в печать четвертое издание своей книги, вернул ей старый заголовок, пояснив: «Уже за короткий срок к 1923 году термин "межпланетные путешествия" успел сделаться общеупотребительным не только в авиационной, но и в общей литературе. Это, несомненно, свидетельствует о том, что и

самая идея межпланетных перелетов быстро приобретает популярность».

Свидетельством популярности идеи космического полета в СССР явилось беспрецедентное событие - в апреле 1923 года рабочие Госавиазавода № 4 имени М.В. Фрунзев в Москве отчислили временно не работавшему Ф.А. Цандеру его двухмесячный заработок, с тем чтобы он мог завершить работу над своим проектом космического транспортного средства. И снова хочется спросить, в какой еще стране мира весной 1923 г. рабочие заводов были готовы отчислять процент с заработной платы на проекты межпланетных кораблей?

В 1921 году идея космического полета обрела в СССР еще одного авторитетного сторонника и популяризатора - Владимира Петровича Ветчинкина.

Известный ученый в области аэродинамики и самолетостроения В.П. Ветчинкин в своих выступлениях о возможности космических полетов, как и Ф.А. Цандер, рассказывал не только о собственных исследованиях, но и много внимания уделял работам Циолковского и зарубежных ученых. Осенью 1924 года интерес советской общественности к идее космического полета проявился в новой форме - публичных дискуссиях, которые проходили в Физическом институте Московского университета и в Политехническом музее. И они были первыми в мире - по массовости, накалу страстей и компетентности высказывавшихся суждений с ними могут быть сопоставимы только лекционный вечер и конференция Германского Научного общества авиации (Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt), состоявшиеся, соответственно, в апреле 1927 года в Берлине и в июне 1928 года в Данциге, а также дебаты, организованные членами германского Союза звездоплавания (Verein für Raumschiffahrt) в мае 1928 года в Бреслау, и их берлинские лекционные вечера в 1930 году. В начале 1924 года к читателям пришла третья брошюра Циолковского по космонавтике (после брошюр «Исследование мировых пространств реактивными приборами (дополнение к 1-й и 2-й частям труда того же названия)» (1914) и научная повесть «Вне Земли» (1920), а также брошюра «Ракета в космическое пространство», изданная исключительно благодаря поддержке калужан - газеты «Коммуна», Губернского отдела народного образования, Губернского отдела полиграфии и рабочих 1-й Калужской гостиполитографии и Кондровской бумажной фабрики. Активное участие в издании брошюры «Ракета в космическое пространство» принял Александр Леонидович Чижевский.

Брошюра «Ракета в космическое пространство» представляла собой переиздание работы «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903); название ей было дано по ассоциации с русскоязычным переводом заголовка книги Г. Оберта «Die Rakete zu den Planetenräumen» - «Ракета к планетам». Ведь мысль о повторном издании его первой работы по теории ракетно-космического полета возникла у Циолковского сразу после того, как в начале октября 1923 года он прочитал в газете «Известия» заметку «Неужели не утопия?». Ее автор, сообщая о выходе в свет в Германии книги Г. Оберта и пересказывая вкратце ее содержание, совсем не упомянул гораздо более ранние труды Циолковского по космонавтике, публиковавшиеся с 1903 года. Брошюра «Ракета в космическое пространство» и должна была напомнить новым поколениям советских и зарубежных читателей о первенстве Циолковского в разработке основ теоретической космонавтики. Именно поэтому ученый включил в нее не только несколько переработанный и дополненный текст работы «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903), но и - в качестве предисловия - свою статью «Судьба мыслителей» и написанную А.Л. Чижевским по-немецки небольшую заметку «Anstatt eines Vorwortes» (Вместо предисловия), в которых рассказывалось о научных достижениях Циолковского как первого теоретика космонавтики.

«Мы видим, что европейская наука буквально подтверждает мои выводы — как о полной возможности космических путешествий, так и о возможности устройства там жилищ и заселения околосолнечного пространства, - писал Циолковский. - Дело разгорается, и я зажег этот огонь. Только тот, кто всю жизнь занимался этим трудным вопросом, знает, сколько технических препятствий еще нужно одолеть, чтобы достигнуть успеха. Тем не менее, возможно, что через несколько десятилетий начнутся заатмосферные поднятия, а через несколько столетий достигнут Луны, планет и станут заселять небесные пустыни. Люди будут пользоваться почти бесконечным простором, невообразимо громадной и девственной солнечной энергией, непрерывным теплом и светом. Тогда совершенно избавятся от гнета тяжести...».

Как только в распоряжении Циолковского оказалось несколько десятков авторских экземпляров брошюры (ее тираж составил 1000 экземпляров), он начал рассылать ее своим корреспондентам в СССР и за рубежом. Прежде всего он позаботился о том, чтобы брошюру получили германские исследователи проблемы космического полета. Одним из первых адресатов в Германии, которым она была

отправлена, стало издательство Р. Ольденбурга в Мюнхене, в котором в июле 1923 года вышла в свет книга Г. Оберта «Die Rakete zu den Planetenräumen».

Осенью 1926 года Циолковский издал свою четвертую брошюру по космонавтике «Исследование мировых пространств реактивными приборами. (Переиздание работ 1903 и 1911 годов с некоторыми изменениями и дополнениями)». Давая новой работе такое название, ученый явно хотел указать на связь между ней и своими ранними трудами. Однако подзаголовок находился в явном противоречии с содержанием новой работы, поскольку она, хотя и включала некоторые главы и отдельные положения, перенесенные из работ «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903 и 1911-1912), заметно отличалась от них объемом и принципиальной новизной содержания. По сравнению с ними в работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) была значительно расширена математическая часть, в которой описывалось движение ракеты на разных этапах космического полета в условиях воздействия на нее сил тяготения и сопротивления разной величины. А главное, в ней Циолковский: 1) обобщил свои предложения по осуществлению космических полетов в условиях реально возможного соотношения масс топлива и конструкции и высказал идею двухступенчатой комбинированной транспортной системы, состоявшей из наземной ракеты-разгонщика и космического корабля в виде аппарата с несущим корпусом; 2) указал на необходимость превращения внеземных станций в центры космической промышленности; 3) изложил план практических работ, конечной целью которых должно было стать создание космического транспортного средства. Сочетая в себе некоторые черты проектов Г. Оберта и Ф.А. Цандера, двухступенчатая космическая транспортная система Циолковского принципиально отличалась от них двумя особенностями, отразившимися в облике отдельных ступеней. Убежденность Циолковского в преимуществах разгона космической транспортной системы по наземной эстакаде (ученый был уверен, что это позволит существенно снизить требуемый запас топлива) обусловила сходство первой (задней) ступени с гигантской ракетной катапультной. Предпочтение, которое он в поисках подходящей аэродинамической формы космического корабля отдавал тогда несущему корпусу, побудило его в конструкции второй (передней) ступени отказаться от крыльев и придать ей вид нескольких соединенных боками фюзеляжей формы тела вращения. При

возвращении из космоса такой аппарат был уже способен планировать в атмосфере, а значит, обойтись без затраты топлива на торможение.

Циолковский не сомневался в том, что строительство и использование предложенных им космических транспортных систем дело отдаленного будущего. Наибольшие трудности виделась ему в разработке наземных ракет. Создание же космического корабля, обладающего аэродинамическим качеством и оснащенного ЖРД, то есть соединяющего достижения ракетной и авиационной техники, он считал не только вполне решаемой, но и актуальной задачей своего времени. Процесс ее поэтапного решения он представил в программе действий «Как можно начать работу космических достижений немедленно, сейчас же». Сначала предполагалось приобрести опыт строительства и эксплуатации ракетных самолетов классической крылатой схемы, приспособленных для пребывания в разреженной атмосфере и безвоздушном пространстве. Затем предстояло крылатый ракетный самолет опытным путем «преобразовать» в многофюзеляжный аппарат с несущим корпусом, разработать системы управления и жизнедеятельности, обеспечивающие возможность длительного пребывания за пределами атмосферы, научиться использовать в качестве источника движения в пустоте давление света и лучистую энергию Солнца и, опираясь на эти технические достижения, устраивать «обширные поселения» в пространстве космоса, удаляясь все больше не только от Земли, но и от Солнца.

Заграницей имя Циолковского как автора научных работ по космонавтике получило известность с 1920 года. Сначала среди членов берлинской группы Германского Научного общества авиации, которых с идеями первого теоретика космонавтики познакомил Александр Борисович Шершевский. Бывший студент Петербургского Политехнического института, страстно увлеченный авиацией, он в 1919 году уехал в Германию с целью изучения самолетостроения и сразу же завязал там знакомства в авиационных кругах. До возвращения в начале марта 1932 года в СССР Шершевский опубликовал в германской прессе десятки статей и заметок по авиации и космонавтике, а также одну из первых популярных книг на тему космических полетов «Die Rakete für Fahrt und Flug» (Ракета для езды и полета); много писал о работах Циолковского, с которым состоял в переписке с 1921 года. Работая в 1929 году ассистентом Г. Оберта, строившего жидкостный ракетный двигатель и ракеты на гибридном и жидком топливе, Шершевский способствовал установлению переписки между Циолковским и его германским коллегой. Г. Оберт прочитал брошюру «Ракета в космическое пространство» в 1925 году.

Именно по его инициативе информация о работах Циолковского по космонавтике в тот же год попала на страницы германской литературы. В 1927-1928 годах сведения о работах Циолковского по теории ракетно-космического полета достигли французских читателей; в 1930 году - американских. Высокую оценку и подлинное признание результаты научных исследований Циолковского получили в Германии, о чем свидетельствуют, в частности, письма Г. Оберта. Так, поздравляя Циолковского с днем рождения, он писал 18 сентября 1929 года: «Я желаю, чтобы Вам еще довелось собственными глазами увидеть, как будут достигнуты поставленные Вами высокие цели. В настоящее время я вместе с А.Б. Шершевским строю высотную ракету. Мы надеемся, что в ближайшие годы нам удастся построить и ракету дальнего действия. Вы зажгли огонь, и мы не хотим, чтобы он погас, но хотим осуществить величайшую мечту человечества».

С конца 1920-х годов, когда в нашей стране широко развернулись практические работы в области ракетной техники, труды Циолковского оказались востребованными, как никогда ранее. Они стали настольными книгами для советских ракетчиков. В конце 1920-х - 1930-е годы в СССР не было ни одного работника ракетной техники, который бы не изучал труды Циолковского и не использовал бы их в своей работе. Руководители и ведущие сотрудники всех отечественных организаций, занятых в этот период строительством ракет, поддерживали тесные научные связи с Циолковским. Среди них - Борис Сергеевич Петропавловский, начальник Газодинамической лаборатории (ГДЛ) Начальника Вооружений РККА, Иван Терентьевич Клейменов, директор Реактивного научно-исследовательского института (РНИИ), Георгий Эрихович Лангемак, начальник первого отдела ГДЛ, один из создателей знаменитой «Катюши». Прочитав несколько работ Циолковского, Лангемак писал ученому:

«Эти труды, несмотря на их краткость, а может быть и благодаря тому, что не содержат ничего лишнего, являются неисчерпаемым кладом ценнейших сведений не только со стороны теории и общего научного обоснования реактивного полета, но и в области конструктивной разработки всех основных деталей. По характеру моей работы мне приходится и самому делать изыскания в этой области и рассматривать чужие проекты и предложения, и я всегда заранее знаю, что даже то, что на первый взгляд представляется новым и оригинальным, уже предусмотрено в какой-нибудь из Ваших работ, иногда выраженное в нескольких строках или даже словах, но всегда так четко и определенно, что не остается сомнений в приоритете».

В марте 1934 года Циолковский был избран почетным членом Технического совета РНИИ, а за месяц до этого события И.Т. Клейменов, спрашивая согласие ученого на посещение его сотрудниками института, подчеркнул: «Мы считаем, что необходима тесная связь с Вами, с человеком, давшим и разработавшим основы теории реактивного движения». На встречу с Циолковским 17 февраля 1934 года в Калугу приехали И.Т. Клейменов и начальник одного из отделов РНИИ Михаил Клавдиевич Тихонравов, конструктор первой советской ракеты на гибридном топливе (1933), будущий руководитель группы по изучению проблем создания составных ракет и искусственных спутников Земли (1947-1956). С этого дня М.К. Тихонравов уже не расставался с трудами Циолковского, став в свое время едва ли не лучшим их знатоком. С 1936 года М.К. Тихонравов принимал участие в их опубликовании как научный редактор. Им было подготовлено к изданию два сборника научных работ Циолковского «Труды по ракетной технике» (1947) и «Труды по космонавтике» (1967), которые и сегодня открывают мир идей ученого все новым и новым поколениям читателей (первый из сборников был переиздан в 2009 году). «Пренебрежение трудами К.Э. Циолковского есть снобизм и зазнайство», - в этом Михаил Клавдиевич был убежден.

Чувство глубочайшего уважения к личности Циолковского и преклонения перед его великими научными достижениями пронесли через всю свою жизнь выдающиеся советские ученые академик Сергей Павлович Королев, Главный конструктор баллистических ракет дальнего действия и космических ракет-носителей, и академик Валентин Петрович Глушко, Главный конструктор жидкостных ракетных двигателей и космических систем.

Каждый из них неоднократно признавался в том, что знакомство с трудами Циолковского оказало судьбоносное влияние на их решение посвятить себя ракетной технике и осуществлению идеи космического полета.

Для двадцатидвухлетнего Сергея Королева источником информации о трудах Циолковского стало шестое издание книги Я.И. Перельмана «Межпланетные путешествия» (1929). А пять лет спустя в своей книге «Ракетный полет в стратосфере» (она была оценена Циолковским как «книжка разумная, содержательная и полезная») Королев уже с глубоким знанием дела в деталях анализировал предложения Циолковского по развитию ракетной техники, не только отмечая их историческое значение, но и связывая их с перспективами ракетостроения. Несколько сот пометок Королева на страницах второго тома Собрания сочинений Циолковского «Реактивные

летательные аппараты», который имелся в личной библиотеке Сергея Павловича, свидетельствуют о том, что в течение последнего десятилетия своей жизни он досконально изучил опубликованные работы основоположника теоретической космонавтики. «Самое дорогое, что у меня есть», - так отозвался Королев о хранившихся в его библиотеке тридцати шести брошюрах Циолковского, изданных ученым за свой счет в калужских типографиях. С каждым годом духовная связь Королева с Циолковским становилась все теснее. Он восхищался им, как своим предшественником, он гордился им, как национальным достоянием и он соотносил свой труд с научными достижениями великого калужанина. Творчество Циолковского вошло в сознание Королева как олицетворение прошлого, настоящего и будущего космонавтики, как свидетельство интеллектуальной мощи нашей страны. Королев до конца жизни не оставлял мысли написать научную биографию Циолковского. Она должна была войти главой в фундаментальный труд по истории ракетной техники и космонавтики. Более десяти лет он подбирал и анализировал материал для этой книги. За четыре года до смерти он рассказал о своем замысле: «Я хочу когда-нибудь написать что-то очень хорошее о Константине Эдуардовиче, тем более, что я его и лично знал немного». Личное знакомство Королева с Циолковским, вероятно, состоялось 17 октября 1932 года в Москве в Центральном Совете Осоавиахима во время встречи, организованной его председателем Р.П. Эйдеманом, на которую были приглашены представители Московской и Ленинградской Групп изучения реактивного движения.

Одесский школьник Валентин Глушко первые сведения о работах Циолковского почерпнул также из книг Я.И. Перельмана. В ходе самостоятельных библиотечных поисков ему удалось найти пятый номер журнала «Научное обозрение» за 1903 год со статьей Циолковского «Исследование мировых пространств реактивными приборами», которую он «жадно перечитывал». Но статья показалась Валентину краткой, и тогда он решил обратиться к самому Циолковскому с просьбой подсказать, где можно было бы достать его более подробные труды и ответить на ряд возникших у него при чтении вопросов. Так осенью 1923 года завязалась переписка Циолковского и его пятнадцатилетнего корреспондента, продолжавшаяся до 1930 года. Память о ней, верность идеям Циолковского В.П. Глушко пронес через всю жизнь. Посетив 16 сентября 1975 года Мемориальный Дом-музей К.Э. Циолковского в Калуге, В.П. Глушко оставил запись в Книге почетных посетителей: «Ему, моему учителю я обязан тем, что узнал путь осуществления

мечты, ставшей для меня главным в жизни». Оценка, данная им научной деятельности калужского мыслителя, точна и неоспорима: «Современная космонавтика родилась на рубеже XX века. Неугомонным и страстным трудом своим заложил все краеугольные камни ее фундамента один человек. Имя его – Константин Циолковский».

С этой оценкой перекликается ставшее классическим суждение С.П. Королева: «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».

Прошло 120 лет со времени опубликования работы К.Э. Циолковского «Исследование мировых пространств реактивными приборами» - первой в мире научной работы, с которой началась современная космонавтика. Из них почти семь десятилетий заполнены интенсивной космической деятельностью землян.

Улетают в космос и возвращаются на Землю космические корабли, строятся околоземные станции, разрабатываются планы лунных баз, обсуждается возможность марсианских экспедиций. И все это в полном соответствии с идеями, предложениями, расчетами К.Э. Циолковского. О востребованности трудов Циолковского девяносто один год назад точно и ярко сказал Ф.А.Цандер: «Книги К<онстантина> Э<дуардовича> сильно воодушевляют читателей и этим продвинул вперед науку в данной области и помогут СССР» (АРАН. Ф. 573. Оп. 1. Д. 276. Л. 5). Слова на все времена.

Примечание

¹ Георгий Павлович Кульбуш (1898-1937) в 1917 году поступил в Санкт-Петербургский Политехнический институт. Осенью 1918 года он оказался в инженерных войсках, затем был переведен из Политехнического института в Технологический, который окончил в 1924 году по специальности пирометрия. Работал в Горно-металлургической лаборатории («Горметлаб»), где начал активно заниматься конструированием измерительных приборов, в частности, в области разработки пирометрических устройств, газоанализаторов, нагревательных приборов, а также внедрением этого оборудования в промышленное производство. В 1929 году стал одним из основателей и первым директором ленинградского завода «Пирометр», где выпускают приборы и пилотажно-навигационные комплексы для авиации и пилотируемых космических аппаратов. Г.П. Кульбуш может заслуженно называться пионером отечественной пирометрии; 23 его изобретения были внедрены в промышленность. Он имел 3 патента, 8

авторских свидетельств. Им опубликовано более 30 научных трудов, в том числе, книга «Электрические пирометры», ставшая одним из первых учебников в области электроизмерительной техники, на которой воспитывалось много поколений студентов разных учебных заведений. Параллельно с научной инженерной работой Кульбуш активно преподавал в вузах Ленинграда, в частности, с 1930 года он вел курс электрических измерений неэлектрических величин, в 1936 году состоял членом Государственной экзаменационной комиссии по факультету точной механики Ленинградского института точной механики и оптики (ЛИТМО). Постановлением ВАК при Всесоюзном Комитете по высшему техническому образованию при ЦИК СССР 20 октября 1933 года он был утвержден в ученое звание профессора, а 23 декабря 1935 года ему была присвоена ученая степень кандидата наук без защиты диссертации. За большие достижения в создании отечественного производства контрольно-измерительных приборов для нефтяной, металлургической и оборонной отраслей промышленности он был награжден личным автомобилем, в соответствии с указом наркома тяжелой промышленности Г.К. Орджоникидзе от 9 января 1934 года. С 1935 года Кульбуш имел серьезные проблемы в отношениях с органами НКВД, при этом все неудачи и ошибки в сложной работе по внедрении новой техники расценивались властями как вредительство. Не без помощи клеветников и доносчиков 14 августа 1937 года Кульбуш был арестован за «контрреволюционную троцкистскую деятельность» и Комиссией НКВД и Прокуратуры СССР 31 августа 1937 года приговорен по статье 58, п. 6-8-9-11 УК РСФСР к высшей мере наказания. Расстрелян в Ленинграде 15 сентября 1937 года. 29 июня 1957 года Георгий Павлович Кульбуш посмертно реабилитирован.

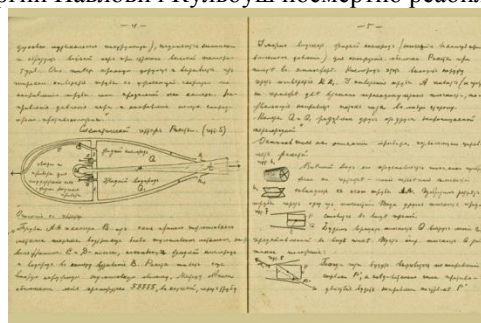


Рис. 1. Страницы 4-5 из тетради Георгия Кульбуша «Великая греза человечества. (Межпланетные путешествия)». На странице 4

воспроизведен рисунок ракеты Циолковского, опубликованный в журнале «Природа и люди» (1914. № 4. С. 55).

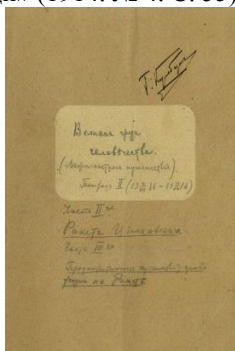


Рис. 2. Обложка тетради Георгия Кульбуша «Великая греза человечества. (Межпланетные путешествия). Часть II-я. Ракета Циолковского. Часть III-я. Продолжительность путешествий, условия жизни на ракете». С конца 1980-х годов тетрадь находится в музее Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого.

УДК 1.091.470

eLIBRARY.RU: 37.20.97

Лыткин В.В.

д-р филос. наук, профессор
Калужский государственный
университет им. К.Э. Циолковского

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И В.И. ВЕРНАДСКИЙ О ВОЗМОЖНОМ БУДУЩЕМ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

K.E. TSIOLKOVSKY AND V.I. VERNADSKY ABOUT THE POSSIBLE FUTURE OF MANKIND

Аннотация. Российская научная мысль в 19 – 20 веках создает совершенно новые научные направления, открывая сферы неизведанного: геометрия Лобачевского, рефлексология Сеченова и Павлова, химия Менделеева и Бутлерова, почвоведение Докучаева. К этой же замечательной плеяде выдающихся представителей отечественной и мировой культуры и науки принадлежат К.Э. Циолковский и В.И. Вернадский. Полагаем, что их можно смело

характеризовать как мыслителей ренессансного типа, они разносторонни в своих интересах, и, одновременно глубоки и фундаментальны.

Abstract. Russian scientific thought in the 19th – 20th centuries creates completely new scientific directions, opening up areas of the unknown: Lobachevsky geometry, Sechenov and Pavlov reflexology, Mendeleev and Butlerov chemistry, Dokuchaev soil science. K.E. Tsiolkovsky and V.I. Vernadsky belong to the same remarkable galaxy of outstanding representatives of national and world culture and science. We believe that they can be safely characterized as Renaissance-type thinkers, they are versatile in their interests, and at the same time deep and fundamental.

Ключевые слова: Циолковский, Вернадский, Федоров, гений, живое вещество, биосфера, ноосфера, автотрофность человечества, космизм, теоретическая космонавтика, философия общего дела.

Keywords: Tsiolkovsky, Vernadsky, Fedorov, genius, living matter, biosphere, noosphere, autotrophy of mankind, cosmism, theoretical cosmonautics, philosophy of common cause.

Оценивая ситуацию, сложившуюся в культурной, философской, научной и духовной жизни России, Н.А. Бердяев писал: «Когда в XIX в. в России народилась 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» [3, с.118]. Начинается эпоха, получившая название «Серебряный век Русской культуры. К.Э. Циолковский и В.И. Вернадский были ярчайшими представителями этого времени. Идеи прогресса, могущества науки и техники, рационализм, антропоцентризм и позитивизм имманентны творческому пути великих ученых.

В середине XIX века в России появляется теория, связанная с пониманием закономерностей существования Земли как части космоса. Это направление получило название «космизм». Элементы космизма мы можем найти у различных русских мыслителей, философов, ученых, деятелей искусства. [12, с.13]. В.И. Вернадский по праву принадлежит к этой традиции.. Космизм обосновывает закономерную неизбежность проникновения человечества в космос [11, с.9].

По мнению биографа В.И. Вернадского, Г.П. Аксенова (с которым мы полностью солидарны), достижений ученого на его жизненном пути хватило бы на несколько человек [1, с.23]. Своеобразной вершиной научного и философского творчества В.И. Вернадского

является его теория биосферы. Философия всеединства, по мнению В.Н. Акулинина, в своем классическом виде сформировалась именно в России, составив едва ли не основу так называемого «русского ренессанса» [2, с.5]. Представителям концепции всеединства вселенная представлялась состоящей из единого вещества, единой в действии законов природы. В биосфере В.И. Вернадского живое вещество является планетарной и космической силой. Именно эта сила формирует и определяет направленность и эволюцию природных и космических процессов.

Развитие биосферы вступает в новую фазу своего развития, разумную. Теперь разум человечества, обогащенный научными и философскими теориями, достижениями науки и техники начинает определять рациональные пути развития природы. Незадолго до смерти в 1944 году в статье «Несколько слов о ноосфере», В.И. Вернадский писал об этом. [8, с.118-119]. Идея прогресса имманентна позитивной философии, позитивному мировоззрению В.И. Вернадского. Не случайно, подобные идеи все четче начинают формулироваться в рамках космизма в тот период времени. Так К.Э. Циолковский создает свою теорию межпланетных путешествий, доказывая, что человечество способно выходить в космос за пределы земного тяготения.

Осенью 1924 года во Франции В.И. Вернадский написал статью «Автотрофность человечества». [9]. Ученый полагал. Что главным направлением эволюции человечества станет его переход в будущем к автономному, не зависящему от сил природы существованию. В.И. Вернадский отмечал, что: «Я уверен, что все решает личность, а не коллектив, elite страны, а не демос». [7, с.214]. Такие преобразовательные, прогрессистские подходы характерны для человечества во все исторические эпохи его существования. Именно на это явление обращал внимание В.И. Вернадский, впервые формулируя ноосферный принцип: «... Кривая воздействия человечества (на природу) быстро поднимается. И никакого намека на поворотный пункт или на замедление этого подъема не наблюдается» [6, д. 45].

К.Э. Циолковский был близок к идеям В.И. Вернадского о возможном достижении человечеством автотрофного состояния. В 1929 году К.Э. Циолковский пишет статью «Животное космоса». Анализируя в ней возможные пути развития разума и живых организмов во вселенной, он приходит к выводу о том, что благодаря эволюции живого в космической среде возможно существование организмов, не зависящих от окружающих природных условий, т.е.

ведущих автотрофный образ жизни [15, с.130 – 146]. По мнению К.Э. Циолковского, разум во вселенной может быть представлен в разных видах. В результате, разумное существо становится независимым от среды своего обитания, может жить в любых условиях, свободно передвигаясь в межпланетном и межзвездном пространстве. Время его жизни, как биологической единицы, неограниченно возрастает, люди, наконец, получают долгожданное бессмертие. [18, с.5; 14, л.1 об.].

Логически необъемлемой частью «космической философии» К.Э. Циолковского является теоретическая космонавтика, теория межпланетных путешествий, идея космической эволюции человечества, его развития и самосовершенствования до высот космического разума. Разум начнет распоряжаться процессами эволюции космоса. Насколько утопичны и фантастичны идеи К.Э. Циолковского в области колонизации космоса и космической эволюции человечества? Безусловно, это крайняя степень утопии, заимствующая свои идеи от Платона, Кампанеллы и Т. Мора. Более того, его утопия более похожа на фантастику в стиле «science fiction» (научная фантастика) в жанре футуристической утопии. Но самое парадоксальное заключается в том, что с началом эпохи практического освоения космоса в середине XX века, у К.Э. Циолковского появляется много последователей и единомышленников среди ученых, в том числе и на Западе, в США. Одним их первых становится американский ученый Фриман Дайсон. В конце 50-х годов XX века он заинтересовался проблемой существования внеземных цивилизаций, и, так называемым «парадоксом Ферми». Впервые эту идею Дайсон изложил в небольшой статье в журнале «Science» в 1960 году. [19, р.131].

Еще дальше пошел в своих исследованиях Ж. О'Нейл, профессор физики Принстонского университета (США). В 1971 году он организовал и провел со студентами своего университета летнюю сессию, посвященную изучению проблемы возможной колонизации космического пространства. В результате начальных исследований, не зная о соответствующих работах К.Э. Циолковского, группа Ж. О'Нейла пришла к тем же, что и К.Э. Циолковский выводам. Полагая, что главной задачей цивилизации является решение энергетической проблемы. Ж. О'Нейл обосновал возможность разработки и создания гигантских космических поселений вокруг Солнца. [20, р. 64].

Учёный считал, что на определённом уровне развития цивилизации, при достижении ею научного и технического могущества, она неизбежно начинает освоение космоса. Цивилизации становится неизбежно "тесно" в рамках материнской планеты.

Сказываются энергетический «голод», перенаселённость, опасность экономической катастрофы, и иные факторы. То, что теперь мы называем глобальными проблемами человечества. Так начинается космический этап в развитии цивилизации. [16, л.3-4]. Видимого предела в развитии разума и цивилизации нет, как нет его во вселенной. Нам сейчас трудно представить тот уровень в развитии, которого достигнет человечество будущего, как и нашим предкам трудно было представить техническое могущество современности. [17, с.70].

Еще ранее об этом же писал В.С. Соловьев. Начиная работать над своим философско – этическим учением о «Бого – человечестве», философ полагал, что, создав единое синтетическое «Софийное» учение (учение мудрости), объединив все познания людей в области философии, науки и религии, можно достичь появления новой генерации людей. Конечным результатом развития мира является утверждение царства бога, которое «есть то же, что действительность безусловного нравственного порядка или, что тоже, всеобщее воскресение и восстановление всех». [13, с.205]. Человечество станет поистине могущественным, познает законы природы (вселенной), сможет ими управлять, меняя их. В своей работе «Византизм и славянство» К.Н. Леонтьев замечал, что, говоря о процессе развития мы видим, что: «Постепенное восхождение от простейшего к сложнейшему, постепенная индивидуализация, обособление, с одной стороны, от окружающего мира, а с другой - от сходных и родственных организмов, от всех сходных и родственных явлений.... Постепенное осложнение элементов составных, увеличение богатства внутреннего и в то же время постепенное укрепление единства» [10, с. 70]

Позитивная философия становится определяющей во взглядах ученых, философов и мыслителей конца XIX – начала XX века. Уверенность в абсолютном могуществе науки и техники, неограниченных возможностях человека, способствуют появлению теорий космической экспансии (К.Э. Циолковский), автотрофности человека (В.И. Вернадский), учению о богочеловечестве (В.С. Соловьев). Позитивизм становится прогрессизмом, уверенностью в бесконечном поступательном прогрессе человечества.

Литература

1. Аксенов Г.П. Право на открытие / Химия и жизнь, №1, 2023. – с.16-24

2. Акулинин В.Н. Философия всеединства. – Новосибирск: Сибирское отделение «Наука», 1990. – 156с.
3. Бердяев Н.А. Русская идея. Основные проблемы русской мысли XIX века и начала XX века / О России и русской философской культуре. – М.: Наука, 1990. – 528с.
4. Владимир Вернадский: Жизнеописание. Избранные труды. Воспоминания современников. Суждения потомков / Сост. Г.П. Аксенов. – М.: Современник, 1993. – 688с.
5. Вернадский В.И. Дневник, 1884г.// Страницы автобиографии В.И. Вернадского / Редкол.: Б.М. Кедров и др.; сост. Н.В. Филиппова. – М: Наука, 1981. – 347с.
6. Вернадский В.И. Наука как геологическая сила. Лекция, 31 Октября 1920, Симферополь / Архив РАН, Хронология, ф. 518, оп. 2, д. 45
7. Вернадский В.И. Письма Петруничеву И.И. Новый мир, № 12, 1989. – с.214
8. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере / Успехи современной биологии. №18, вып.2, 1944. – с.113-120.
9. Вернадский В.И. Автотрофность человечества // Русский космизм. Антология философской мысли / Сост. С.Г. Семенова, А.Г. Гачева. – М.: Педагогика-Пресс, 1993. – с.288-303.
10. Леонтьев К.Н. Избранное. М.: Рарогъ: Московский рабочий. – 397с.
11. Лыткин В.В. Философия космизма как явление мировой культуры: Учебно-методическое пособие / Калужский государственный педагогический университет им. К.Э. Циолковского. – Калуга: КГПУ, 2001. – 52с.
12. Лыткин В.В. Космические альтернативы человечества: социально – философские, антропологические и религиозные проблемы русского космизма: монография. – СПб.: ООО «Книжный дом», 2012. – 208с.
13. Соловьев В.С. Избранное / Сост. А.В. Гулыги, С.Л. Кравца. – М.: Советская россия, 1990. – 496с.
14. Циолковский К.Э. Блуждание материи при жизни одного существа. Архив ГМИК им. К.Э. Циолковского. ф.1, оп.1, д.141, л.1 об.
15. Циолковский К.Э. Животное космоса. Очерки о вселенной. – Калуга: Золотая аллея, 2001. – с.130 - 146.
16. Циолковский К.Э. Космическая философия. Архив ГМИК им. К.Э. Циолковского. ф.1, оп.1, д.164.
17. Циолковский К.Э. Монизм вселенной. Калуга, 1931. – 84с.
18. Циолковский К.Э. Научная этика. Калуга, 1930.
19. Dyson, F. Search for artificial stellar sources of infrared radiation. Science, 1960, p. 131, 1667.

20. O'Neill, G. The High Frontier. Space Institute Press, Princeton, New Jersey, 1989, p. 1-326.

УДК 93/94

eLIBRARY.RU: 03.23.00

Хорунжий А.В.

кандидат исторических наук
доцент кафедры истории России
РУДН, Москва

**ПРЕДСТАВЛЕНИЯ Н.А. РОЖКОВА О БУДУЩЕМ
ЧЕЛОВЕЧЕСТВА: ИСТОРИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ
ФОРМИРОВАНИЯ ВЗГЛЯДОВ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО**

**N.A. ROZHKOV'S IDEAS ABOUT THE FUTURE OF MANKIND:
THE HISTORICAL CONTEXT OF THE FORMATION
OF THE VIEWS OF K.E. TSIOLKOVSKY**

Аннотация. В статье рассмотрены представления Н.А. Рожкова о будущем человечества, включающие достижение небывалого могущества на основе данных естественных наук, экстраполированных на все сферы жизни человека; построение справедливого общественного устройства; установление контактов с другими мирами; создание новых космических объектов и планетарных систем; достижение личного бессмертия и воскрешение ранее живших людей. Прослежены предпосылки формирования взглядов Рожкова, обусловленные идеологическим контекстом их формирования, выделены общие черты, присущие взглядам большинства ученых России последней трети XIX – первой трети XX вв., в том числе, и К.Э. Циолковскому.

Ключевые слова: Константин Циолковский, Николай Рожков, будущее человечества, монизм, естественнонаучные основы этики, бессмертие, освоение космоса.

Abstract. The article considers N.A. Rozhkov's ideas about the future of mankind, including the achievement of unprecedented power based on the data of natural sciences, extrapolated to all spheres of human life; building a fair social order; establishing contacts with other worlds; creating new space objects and planetary systems; achieving personal immortality and the resurrection of previously living people. The prerequisites for the formation of Rozhkov's views, due to the ideological context of their

formation, are traced, the common features inherent in the views of the majority of Russian scientists in the last third of the 19th - the first third of the 20th centuries, including those of K.E. Tsiolkovsky, are highlighted.

Keywords: Konstantin Tsiolkovsky, Nikolai Rozhkov, the future of mankind, monism, natural science foundations of ethics, immortality, conquest of space.

Одним из основных направлений работы секции «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история ракетно-космической науки и техники» является анализ исторического контекста формирования взглядов К.Э. Циолковского, подразумевающий не только изучение тех идей, которые повлияли непосредственно на формирование мировоззрения ученого, но и сравнение его взглядов на общество и его будущее с аналогичными взглядами его современников. Такой анализ позволяет не только выявить общее и особенное в творчестве Циолковского, но зачастую и лучше понять мотивацию и взаимосвязанность работ его современников. Период активной деятельности одного поколения – людей, живущих в одном «эоне», имеющих сходные референтные группы, ценностные мотивации и мировоззренческие стереотипы – принято определять, в среднем, в 25 лет. В данном случае, следовательно, речь идет о людях, родившихся в конце 1850-х – начале 1880-х годов, а также тех, кто оказался вовлечен в круг интересов и предпочтений этого поколения.

В рамках работы секции уже рассматривались, в основном, взгляды общественно-политических деятелей, а также ученых-естествоиспытателей. Тем интереснее становится анализ взглядов на будущее человечества Н.А. Рожкова – выдающегося отечественного историка (то есть представителя гуманитарных наук) и – одновременно, активного деятеля революционного движения России.

Николай Александрович Рожков (1868–1927) родился в г. Верхотурье Пермской губернии в обедневшей дворянской семье. Окончил историческое отделение историко-филологического факультета Московского университета в 1890 г., там же преподавал с 1898 г, а в 1899 г. – защитил диссертацию, которая по представлению В.О. Ключевского была издана отдельной книгой и получила большую Уваровскую премию [1]. Затем были другие весьма заметные труды: «Город и деревня в русской истории» [2], «Обзор русской истории с социологической точки зрения» [3] и др. Наиболее известным исследованием Рожкова стала его 12-томная

«Русская история в сравнительно-историческом освещении» [4], создававшаяся с 1918 по 1926 г.

Еще в студенческие годы Рожков участвовал в революционных «беспорядках», а с 1905 г. ученый уже серьезно погружается в политическую и революционную деятельность. Это и редактирование «Правды» вместе с А.В. Луначарским и А.А. Богдановым, и участие в литературно-лекторской группе при Московском комитете РСДРП, избрание членом ЦК РСДРП от большевиков и работа представителем ЦК в социал-демократической фракции III Государственной Думы. Были в его дореволюционной биографии и переход на нелегальное положение, и арест с тюремным заключением и последующей ссылкой, и пост товарища министра почт и телеграфов Временного правительства в 1917 г., и избрание в ЦК РСДРП, но уже меньшевиков. После 1917 г. были еще 2 ареста, ожидание расстрела в качестве заложника за Кронштадтское восстание, постановление Политбюро ЦК РКП(б) о высылке ученого за границу, замененное ссылкой в Псков, отход от активной политической деятельности, возвращение в Москву, преподавание и работа директором Государственного исторического музея.

Но если общественно-политическая деятельность Рожкова и его исторические труды хорошо изучены в отечественной историографии, то его представления о будущем человечества, равно как и его работы по социологии и естественнонаучных основах этики и философии, особенно написанные после 1907 г., оказались за гранью рассмотрения большинства ученых. Во многом это объясняется тем, что Рожков не просто перешел к меньшевикам после поражения революции 1905-1907 годов, но и в своей работе 1911 г. «Основы научной философии» [5], жестко раскритиковал книгу В.И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм». Соответственно, для историографов советского периода Рожков как историк и тем более мыслитель стал persona non grata и упоминался, в основном, в контексте истории революционного движения в целом и РСДРП в частности. В постсоветской историографии ситуация изменилась в лучшую сторону, но философско-этические взгляды и социологические прогнозы Рожкова практически выпали из рассмотрения исследователей, так как выглядят – на первый взгляд – некими причудами ученого, не относящимися непосредственно к его деятельности как ученого-историка. Здесь можно заметить параллели с творчеством К.Э. Циолковского: понять взаимосвязь всех изысканий калужского мыслителя, увидеть внутреннюю логику во всем разнообразии интересов ученого, обычно объясняемых «причудами гения»,

невозможно без понимания мотивации всего его творчества, определенного идеологическим контекстом формирования Циолковского как личности [6]. То же утверждение, по мнению автора данной статьи, полностью можно отнести и к Н.А. Рожкову.

Характеризуя последнюю треть XIX в., Н.О. Лосский писал, что в это время «интеллигенция мало интересовалась вопросами религии. Одна ее часть болезненно занималась проблемой свержения самодержавия, а другая также односторонне была поглощена общественными и экономическими проблемами и проблемой введения социализма» [7, с. 322]. В это время необычайное распространение среди интеллигенции получила идея служения народу, выразившаяся и в знаменитом Хождении 1874 г. Кумиром молодежи в это время был П.Л. Лавров, развивавший идею о неоплатном долге интеллигенции перед народом: «Каждое удобство жизни, каким я пользуюсь, каждая мысль, которую и имею досуг приобрести или выработать, куплены кровью, страданием или трудом миллионов. Прошедшее я исправить не могу... Я сниму с себя ответственность за кровавую цену своего развития, если употреблю это самое развитие на то, чтобы уменьшить зло в настоящем и будущем» [8, с. 34]. Дабы отдать этот долг, следовало улучшить положение народа, произведя изменения в социальной сфере и выработав научное мировоззрение как основу для решения общественных проблем. В соответствии с трудами других властителей умов этого периода – Н.Г. Чернышевского и Д.И. Писарева – такое мировоззрение следовало строить, опираясь на достижения естественных наук в рамках представления о едином (монистическом) начале, лежащем в основе природы и человека. Показательно, что Э. Геккель называл монизм «наглядным и цельным миросозерцанием новейшего естествознания», а одну из своих книг озаглавил «Монизм, как связь между религией и наукой: вероисповедание естествоиспытателя» [9].

При этом представители рассматриваемого поколения российской интеллигенции в рамках естественнонаучной парадигмы позитивизма и царивших в это время представлений считали возможным и необходимым говорить не только о переустройстве пространства физического - от покорения Природы до превращения человечества в силу космического масштаба; не только социального – от улучшения жизни народа до построения идеального общественного строя на всей Земле; но и пространства временного, впрочем, чаще всего подразумевая под ним не «Овладение временем» "[10], а достижение личного бессмертия и воскрешение ранее живших людей [11].

Развитие демократической общественной мысли в этот период шло двумя путями. Как отмечал П.Т. Белов: «Одна часть вылилась в форму

различных непосредственно политических течений и групп ... рабочих кружков, социал-демократических организаций... [12, с. 24-25]. Стремление посвятить себя служению обществу, найти, наконец, научные основания его устройства привели к появлению в России целой плеяды выдающихся ученых в конце XIX – начале XX вв. Многие из них не ограничивались успешными исследованиями в своих областях науки, но и предпринимали попытки создать на основе выводов естественных наук философские системы и рекомендации в общественной сфере.

К.Э. Циолковский – в силу множества причин, в том числе, и личного характера – выбрал второй путь Служения: развитие науки и техники. А его младший современник Н.А. Рожков – совместил в своей жизни оба направления. При этом, будучи, как сейчас принято говорить, гуманитарием, он тем не менее, предпринял – совершенно в духе времени – собственную попытку создать свою философско-этическую и социальную систему, основанную на выводах естественных наук. При этом, несмотря на различия в используемой терминологии, степени проработанности и детализации тех или иных положений, в работах Циолковского и Рожкова просматриваются явные и очевидные параллели, определенные указанным выше историческим контекстом формирования их взглядов.

Так, еще в 1903 г. в журнале «Научное слово» вышла статья Рожкова «Научное мирозерцание и история», в которой он, как приверженец «положительной философии», ставил перед собой задачу «Представить в сжатой и по возможности общедоступной форме схему современного критико-позитивного или научного мирозерцания и отношения к нему исторической науки...» [13, с. 20]. Подчеркнув, что монизм -это «...учение, в едином синтезе обнимающее всю теорию и практику, бытие и долженствование, чистый и практический разум, слишком привлекательно для человеческого ума, чтобы можно было от него отказаться ... [и поэтому] позитивисты ... настаивают на том, что можно назвать феноменологическим монизмом в теории познания» [13, с. 22], ученый выдвинул утверждение, что эта теория «...должна быть применяема не только к одним явлениям категории бытия, как то утверждают идеалисты, но и к явлениям категории долженствования» [13, с. 22] и предпринял первую попытку дать определение «позитивной или научной морали» - «...это не формальное добро, а реальные интересы общества как целого в данный момент его существования» [13, с. 23]. Далее в статье Рожков предпринял попытку сформулировать критерии определения реальных интересов общества, приведя множество исторических примеров. Статья заканчивалась словами: «...для того, кто исповедует научную

мораль, нет жизни вне конкретной нравственной задачи, им себе поставленной» [13, с. 28].

В работе «Основные законы развития общественных явлений: (Краткий очерк социологии)», вышедшей в 1907 г. (то есть в самый разгар событий Первой русской революции, в которых Рожков принимал самое активное участие) историк выделил 4 основных стадии развития человечества, сформулировал 12 законов социальной статики и 16 законов социальной динамики, а затем предпринял одну из первых попыток сформулировать свое видение будущего человечества: «В экономическом отношении... в самое производство внесено будет больше планомерности, оно поставлено будет таким образом на истинно общественную основу. В социальном и государственном отношениях равенство, справедливость и законность найдут себе полное осуществление и завершение; перспектива заключается здесь — в завершении организации власти на основе закона, так, чтобы эта власть была достаточно чутка к интересам общества и связана с последним живыми непрерывающимися узами. ... усложнятся, возвысятся и очистятся нравственные отношения, религиозные течения достигнут небывалой сложности и разнообразия, искусство будет блистать богатством и оригинальностью новых художественных мотивов и замыслом, технической роскошью и разнообразием стилей, колоритов и настроений, общественная жизнь и литература послужат ареной свободной и законной борьбы разных интересов и симпатий, наука и философия укрепят свои методы, расширят умственные горизонты и упрочат знание окружающей нас действительности, техника достигнет головокружительных успехов» [14, с. 87-88].

Однако в полной мере сформулировать свою основанную на выводах естественных наук философско-этическую систему Рожков смог только в 1911 г. в работе «Основы научной философии», целью которой ученый видел «...изложение основ научной философии при свете современного естествознания» [5, с. 83]. В отличие от атомистической версии монизма Циолковского Рожков предложил принять за основу «всего сущего» энергию: «...современный естественнонаучный монизм приводит нас к выводу всего существующего не из какой-либо абстракции, не из отвлеченного, общего понятия, а из конкретной единой вещи, — именно из электричества. Это и служит естественнонаучным объяснением энергии. Результаты, которые вытекают из этих исследований, огромны по своему философскому значению, не говоря уже о значении их для отдельных наук и для практической жизни. С

философской точки зрения они обосновывают энергетический монизм, дают возможность всю жизнь природы, человека и человеческого общества объяснить с точки зрения энергетики» [5, с. 98]. Названия последующих глав указанной работы Рожкова говорят сами за себя: «Энергетика и экономическое понимание истории», «Энергетика и эстетика», «Энергетика и этика». Вновь прослеживается общность подходов к решению философско-этических проблем у представителей одного поколения – Рожкова и Циолковского, чей главный мировоззренческий труд назывался «Этика или естественные основы нравственности» [15].

Отдельного внимания заслуживает в рамках данной статьи глава указанного сочинения Рожкова «Энергетика и бессмертие». Циолковский, как и многие представители его поколения, также считал необходимым дать ответы на извечные вопросы существования человека, отличные от ответов христианства, но решал данный вопрос через интересы «атома», осознающего себя при вхождении в состав высокоорганизованного существа [16]. Иначе подошел к ответам на этот вопрос Рожков, еще в 1903 г. провозгласивший, что «научное мирозерцание не может помириться с философией отчаяния и апофеозом смерти» [13, с. 27]. И в «Основах научной философии» он подошел к ответам на этот вопрос весьма буквально, в традициях эпохи, верившей в скорое всецеление естественных наук: «Представим теперь себе, что открыто и приручено человеком первичное вещество, электрическая энергия. Это ведь, несомненно, будет сделано. Это - вопрос времени, не более. ...Далеки ли будут тогда люди от определения каждого организма математической формулой, выражающей сочетание в нем электронов? Будут определены и точно выражены математически типы физиологических организаций, к которым будут сведены все индивидуальные организмы. Что значить будут тогда болезни? Как легко будет лечить их медицине будущего, для которой не будет ничего загадочного ни в их причинах, ни в их ходе и характере, ни в средствах исцеления! Конечно, эта медицина будет достаточно могущественна, чтобы предупреждать болезни. Мало того: она будет в состоянии продлить жизнь чуть ли не до бесконечности.

Но этого мало: мы, мертвые, имеем надежду проснуться. Когда будут точно определены типы физиологических организаций, к которым будут сведены все индивидуальные организмы, тогда достаточно будет портрета, фотографической карточки, простого описания личности, даже только двух-трех её физиологических черт, особенностей - для того, чтобы по этим обломкам и отрывкам

составить формулу строения того или другого человека. ...По отрывку поэмы, романа, стихотворения, учёной работы, политической речи, частного письма, по обломку статуи, по картине, романсу, опере и так далее, и так далее можно будет восстановить целый духовный облик человека, их создавшего, а, следовательно, и физиологический облик, так как законы соотношения того и другого будут установлены. И тогда в химической лаборатории воскреснет тот, кто жил много веков назад. конечно, он воскресит и тех, кого он знал и любил. Задача бессмертия будет решена окончательно. Надо только быть достойным будущего воскресения» [5, с. 130-131].

В изданной в 1917 г. работе «Капитализм и социализм» Рожков в явном виде определяет именно социализм как желаемое и прекрасное будущее человечества, которое должно наступить в ближайшем будущем и работа, ради достижения которого, – «главная цель, которую надо всегда иметь в виду» [17, с. 45]. Особое внимание уделено задаче максимальной самореализации талантливых людей, которых Циолковский называл «двигателями прогресса» [18]. «В социалистическом обществе откроется, наконец, для каждого полная возможность развивать все свои умственные силы и способности», – писал Рожков: «Сколько способных, талантливых, даровитых людей погибает теперь даром, пропадает без всякой пользы для общества только потому, что их классовое положение и бедность мешают им получить образование, развить свои способности, обогатить себя знаниями! ... при социализме не будет этого. Все способности всех людей в обществе найдут себе приложение, будут развиты в полной мере. ... То же самое будет и с наукой. Сколько великих ученых, которые могли бы подвинуть вперед человеческие знания о мире и человеческом обществе, остается без пользы для общества среди крестьян и рабочих только потому, что у них нет надлежащего образования. Ни одна крупинка их способностей не пропадет даром в будущем обществе. И потому все науки достигнут тогда такой высоты развития, о которой мы и помыслить не можем» [17, с. 44-45]. Отчетливо видны параллели с работой «Горе и гений» Циолковского [19]. Но если последний предлагал перестроить всю структуру общества, нацелив его на пестование гениев, результатом действий которых уже станет достижение «Идеального строя жизни» [20], то Рожков считал, что нужно построить социализм (разумеется, по программе, предлагаемой социал-демократами), а уже результатом этого станут те условия, в которых все «гении» и «двигатели прогресса» смогут максимально самореализоваться.

Последняя работа Рожкова, в которой он давал прогноз будущего человечества, была издана им в 1923 г. во время его пребывания в ссылке в Пскове (ссылкой ему заменили высылку из страны) и называлась «Смысл и красота жизни» [21]. В ней Рожков контаминировал «экономическое понимание истории, впервые точно и прочно обоснованное Марксом» со своей «энергетикой», исходя из того, что «жизнь природы и жизнь общества представляют одно целое. Это – так называемый монизм, т.е. научное единство, понимание всего мира как единого целого, объясняемого в конечном счете из электричества» [21, с. 18]. В прогнозе ученого наряду с уже рассматривавшимися вопросами покорения социального и временного пространства впервые появилась и третья составляющая «покоряемых пространств», о которых было сказано ранее: покорение пространства родной планеты, выход человечества в космос и его инженерная деятельность в планетарных масштабах: ««... в отдаленном будущем для человечества открывается возможность всемогущества в полном смысле этого слова, вплоть до общения с другими мирами, бессмертия, воскрешения тех, кто жил прежде, и даже создания новых планет и планетных систем. Нет пределов великой, смелой, всеобъемлющей науке будущего, многочисленные отдельные зародыши и общие очертания которой имеются уже в настоящем» [21, с. 19]. Представляется излишним говорить об очевидных параллелях с идеями, высказанными Циолковским по поводу освоения человечеством космоса.

Можно подытожить, что взгляды Н.А. Рожкова и К.Э. Циолковского формировались в одном историческом контексте, что отразилось как в логике развития их философско-этических взглядов, так и в сходстве высказанных ими положений. Представления Рожкова о будущем человечества намного менее детализированы и проработаны, чем проект «Идеального строя жизни» Циолковского, однако параллели между идеями двух ученых заметны и очевидны. Это еще раз подтверждает неоднократно озвученные в рамках работы Секции тезисы о том, что за внешним своеобразием языка и форм выражения своих мыслей у Циолковского скрывается комплекс идей, весьма характерных для указанного периода, а за внешним разнообразием тематики его работ – единая мотивация, главная цель его жизни – сделать жизнь людей на Земле счастливее и богаче, научно обосновав для них дорогу к лучшему будущему, что также характерно для мотивации отечественных ученых – современников Циолковского. Таким образом, рассмотрение взглядов Н.А. Рожкова на будущее человечества позволило верифицировать

ранее сделанные в рамках работы Секции научные выводы. А применимость итогов анализа мотивации и логики формирования взглядов ученых последней трети XIX – первой трети XX вв., полученных при исследовании научного творчества К.Э. Циолковского, для лучшего понимания глубинной логики деятельности его современников (что было показано на примере анализа взглядов Н.А. Рожкова) доказывает эвристическую ценность исследований, проводимых в рамках деятельности секции «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история ракетно-космической науки и техники» научных Чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского.

Литература

1. Рожков Н.А. Сельское хозяйство Московской Руси в XVI веке. М.: Унив. тип., 1899. - 511 с.
2. Рожков Н.А. Город и деревня в русской истории: (Крат. очерк экон. истории России). – СПб.: тип. И.Н. Скороходова, 1902. - 84 с.
3. Рожков Н.А. Обзор русской истории с социологической точки зрения. СПб.: ред. журн. "Мир Божий", 1903 -1905. – Ч. 1-2.
4. Рожков Н.А. Русская история в сравнительно-историческом освещении: (основы социальной динамики). Т. 1-12. М.: Петроград: Книга, 1919 -1926.
5. Рожков Н.А. Основы научной философии. СПб.: тип. М. Стасюлевича, 1911. - 134 с.
6. Хорунжий А.В. «Идеальный строй» К.Э. Циолковского как стержень личности и зеркало эпохи // Открывая современность заново. М.: РУДН, 2011. С. 438–467.
7. Лосский Н.О. История русской философии. М.: Высш. шк., 1991. - 559 с.
8. Лавров П.Л. Исторические письма. - 5-е изд. - Петроград: Ред. журн. «Русское богатство», 1917. - 300 с.
9. Геккель Э. Монизм как связь между религией и наукой; Союз монистов: Вероисповедание естествоиспытателя: Положения для орг. Монизма. Лейпциг; СПб.: «Мысль», А. Миллер, 1907. - 67 с.
10. Муравьев В.Н. Овладение временем. М.: изд. авт., 1924. – 127 с.
11. Хорунжий А.В. Покорение трех пространств: исторический контекст научной деятельности К.Э. Циолковского // Идеи К.Э. Циолковского в контексте современного развития науки и техники. Материалы 53-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. - Калуга, Эйдос, 2018. - С. 52-55.

12. Белов П.Т. Философия выдающихся русских естествоиспытателей второй половины XIX - начала XX в. – М.: Мысль, 1970. - 488 с.
13. Рожков Н.А. Научное мирозерцание и история // Рожков Н.А. Исторические и социологические очерки: Сборник статей. Часть 1. – М.: изд. И.К. Шамова, 1906. - С. 20-28.
14. Рожков Н.А. Основные законы развития общественных явлений: (Краткий очерк социологии). М.: Т-во скоропеч. А.А. Левенсон, 1907. - 88 с.
15. Циолковский К.Э. Этика, или естественные основы нравственности. 8 января 1903 г. – 1928 г. // Архив РАН. Ф. 555. Оп. 1. Д. 372. Л. 1-111.
16. Циолковский К.Э. Монизм Вселенной. Калуга, 1925. - 32 с.
17. Рожков Н.А. Капитализм и социализм: (Чего хотят социал-демократы). Симбирск: тип. Сов. р. и с. д., 1917. - 47 с.
18. Циолковский К.Э. Моя пишущая машина. Двигатели прогресса. Новое о моем дирижабле и последние о нем отзывы. Мелочи. Калуга, 1928. - С. 12-20.
19. Циолковский К.Э. Горе и гений. – Калуга: изд. автора, 1916. – 8 с.
20. 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.
21. Рожков Н.А. Смысл и красота жизни: этюд из практической философии. Петроград, М.: Книга, 1923. - 52 с.

УДК: 008.001.14
eLIBRARY.ru: 13.00.00

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

**НАСИЛИЕ И ВОЙНА В КОСМИЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ
ФАНТАСТИКЕ (ОТ И. ЕФРЕМОВА И Р. ХАЙНЛАЙНА
ДО С. ТАРМАШЕВА)**

**SOVIET SCIENCE FICTION AS A MIRROR
OF THE SUCCESS OF COSMONAUTICS**

Аннотация. Научная фантастика обратилась к теме насилия и войны лишь в 1960е годы. Можно выделить две основные точки зрения по этому вопросу. Первая представлена в советской НФ, в

книгах И. Ефремова, который считал, что по мере развития общества будет расти и способность к взаимопониманию с представителями любых культур и вместе с правильным общественным воспитанием приведет к исчезновению причины войн. Вторая – в англоязычной фантастике, в книгах Р. Хайнлайна, который связывал насилие с природой человека и его стремлением к экспансии своего вида. В статье представлены обе концепции, а также показано их развитие.

Ключевые слова: НФ, космос, писатели-фантасты, война, насилие, И. Ефремов, С. Лем, Р. Хайнлайн, С. Тармашев.

Abstract. Science fiction turned to the topic of violence and war only in the 1960s. There are two main points of view on this issue. The first one is presented in the Soviet SF, in the books of I. Efremov, who believed that as society develops, the ability to understand each other with representatives of any cultures will grow and, together with proper social education, will lead to the disappearance of the cause of wars. The second is in English-language fiction, in the books of R. Heinlein, who associated violence with human nature and his desire for the expansion of his species. The article presents both concepts and shows their development.

Keywords: SF, space, science fiction writers, war, violence, I. Efremov, S. Lem, R. Heinlein, S. Tarmashev.

Научная фантастика как социокультурный феномен достаточно давно привлекает к себе внимание исследователей. И это не случайно. Ведь НФ как самостоятельное направление в литературе родилась в середине XIX века, на волне происходившего тогда промышленного переворота и успехов в развитии науки, прежде всего, естествознания. В то же время в мировоззрении стали побеждать сциентистские установки, отражая все возрастающую роль науки в культуре. Это два взаимосвязанных процесса, с помощью которых массовое сознание осмысливало новые реалии, связанные с претензиями науки на господствующую роль в культуре. И до середины XX века, когда все отчетливее стали проявляться негативные стороны безудержного развития науки и техники, они шли по нарастающей, после чего все чаще стали заявлять о себе антисциентистские тенденции. Это было связано как с созданием ядерного оружия, способного уничтожить человеческую цивилизацию, с растущими проблемами в сфере экологии, так и с пониманием того факта, что кризис современной культуры, процессы дегуманизации общества как фундамент этого кризиса в основе своей также имеют рационалистические и сциентистские установки современной культуры [5].

Научная фантастика в полной мере отразила все эти процессы.

С темой насилия и войны как его крайней формы все обстоит не так очевидно. Ведь эта тема появлялась в произведениях практических всех авторов, начиная с Ж. Верна и Г. Уэллса. В произведениях советских авторов, например, нашего классика А. Беляева, она тоже всегда присутствовала [1]. Считалось, что причины насилия и войн отомрут вместе со старым миром. В советской НФ впервые попытку анализа этих проблем мы найдем у И.А. Ефремова [6].

Будучи убежденным сторонником марксистской теории, Ефремов практически в каждом своем произведении (не только в повестях и романах, но и нередко в рассказах) активно пропагандировал свои взгляды как на законы общественного развития, так и на природу и сущность человека. Достаточно серьезные размышления на эти темы становятся органической частью сюжета его романов «Туманность Андромеды», «Час Быка», «Лезвие бритвы», повести «Сердце Змеи». Для писателя было очевидным действие законов диалектики в общественном развитии, и он постоянно подчеркивал неизбежность развития общества от примитивных первобытных форм к бесклассовому обществу, центром которого безусловно должен стать человек, «его ум, чувства, красота, его жизнь» [6, т. 3, с. 440]. В повести «Сердце Змеи» он писал: «Человек – это единственная сила в космосе, могущая действовать разумно и, преодолевая самые чудовищные препятствия, идти к целесообразному и всестороннему переустройству мира, то есть к красоте осмысленной и могучей жизни, полной щедрых и ярких чувств» [6, т. 3, с. 440]. О способе достижения заявленной цели, то есть счастья, он пишет в «Часе Быка». С его точки зрения, счастье складывается из «удобной, спокойной и свободной жизни, а также из строжайшей самодисциплины, вечной неудовлетворенности, стремления украсить жизнь, расширить познание, раздвинуть пределы мира» [6, т. 5, с. 192-193]. И это не противоречие, а диалектическое единство. Очевидно, что без правильного воспитания каждого члена общества добиться этого невозможно. И Ефремов в своих произведениях много внимания уделяет этому вопросу, являясь сторонником общественного воспитания детей. Тем самым, в этом вопросе он солидаризируется с просветителями XVIII века, тоже считавшими правильное воспитание залогом справедливого переустройства общества на разумных началах. Но в отличие от просветителей, исходивших из идеи о разумной природе человека, Ефремов все свои рассуждения строит из социальной сущности человека. Для него она первична, поэтому все социальные структуры Земли будущего, прежде всего Совет чести и права, описанный в «Туманности Андромеды», тщательно

отслеживают и купируют даже малейшую возможность развития негативных тенденций.

С этой точки зрения, для Ефремова войны и насилие – это характерна черта прошлого Земли, Эры Разобщенного мира с идеями превосходства одной группы, класса или расы над другой. Человек будущего, воспитанный обществом в гармонии разума и чувств, никогда не будет прибегать к насилию. Он прямо пишет в «Сердце Змеи», что с ростом культуры и широты познаний шло возрастание взаимопонимания. «Чем выше становилась культура, тем легче было разным народам и расам бесклассового общества понять друг друга» [6, т. 3, с. 410], следующим шагом стало объединение планеты, а впереди – и жителей разных планет в Великом Кольце цивилизаций. С точки зрения Ефремова, выход в большой космос без такого объединения невозможен. Поэтому невозможны и галактические войны.

В повести «Сердце Змеи» Ефремов довольно подробно остановился на этой проблеме, полемизируя с авторами англоязычной фантастики, прежде всего Мюрреем Лейнстером, автором рассказа «Первый контакт», в котором два встретившихся космических корабля землян и инопланетян лишь с большим трудом смогли избежать взаимоуничтожения [8].

Безусловно, жить в мире, описанном И. Ефремовым, было бы замечательно. Но сегодня уже очевидно, что он переоценивал возможности общества и общественного воспитания и недооценивал природу человека, которую нельзя представить без агрессии.

Роберт Хайнлайн, один из самых ярких авторов «золотого века» англоязычной фантастики, а затем и тех новых веяний, о которых упоминалось выше, тоже писал книги с достаточно глубокими философскими размышлениями. О насилии он размышлял в одном из самых известных своих романов «Звездная пехота» [12, т. 3], написанном в 1959 году. В нем представлено достаточно отдаленное будущее Земли, ставшее единой после ряда мельком упомянутых кровавых событий. Естественно, что ни о каком коммунизме и речи не идет, в книге периодически встречается критика марксизма. Впрочем, о демократии тоже, потому что гражданином является только тот человек, который отдал несколько лет своей жизни Федеральной службе, сделав этот выбор добровольно. Разумеется, это не новая мысль, ведь еще в Древнем Риме без прохождения воинской службы невозможно было занять ни одну государственную должность. Интересны рассуждения автора, когда он говорит о необходимости насилия, которое «в истории человечества решило гораздо больше

вопросов, чем какой-либо другой фактор... Глупцы, забывающие эту главную правду в истории человечества, всегда платят... за это недомыслие своей жизнью и свободой» [12, т. 3, с. 315]. А война, как пишет далее Хайнлайн, это контролируемое насилие, цель которого – поддержка решения правительства, чтобы заставить противника сделать то, что нужно власти. С точки зрения автора, это один из ключевых принципов жизни на все времена, как и то, что высочайшая честь для мужчины – это «возможность заслонить своим телом любимый дом от того опустошения, которое приносит война» [12, т. 3, с. 376]. И еще одна очень важная мысль – статус гражданина определяется не возможностью голосовать, причем это право появляется только после ухода человека с военной службы. И он получает это право, не потому что он умнее или дисциплинированнее других. Он заслужил это право, так как «тяжелой добровольной службой доказал, что интересы группы, коллектива он ставит выше интересов собственных» [12, т. 3, с. 457]. Это очень необычный вывод для представителя индивидуалистической западной культуры, которым, безусловно, является Хайнлайн.

Также в этой книге он доказывает неизбежность войн, причиной которых он называет демографическое давление и необходимость выживания и экспансии своего вида. Общественная мораль базируется на тех же принципах, являясь залогом выживания на неиндивидуальном уровне. Попытка убрать демографическое давление (например, с помощью ограничения рождаемости) приведет лишь к тому, что твоя популяция будет вытеснена другим, численно растущим видом. Это верно, по мнению автора, как для внутривселенных процессов, так и для контакта с иными разумными существами, которые так же будут стремиться заселить Вселенную, как и человек. Поэтому и должны всегда существовать те, кто будет стоять на переднем краю боя за выживание расы и каждого ее члена. Ведь «в основе нашей цивилизации лежит убеждение, что, если одному человеку нужна помощь, остальные никогда не будут высчитывать, во что эта помощь обойдется» [12, т. 3, с. 484]. И это не слабость, а сила, хранящая человечество.

Этот роман Хайнлайна до сих пор остается одним из самых обсуждаемых и в то же время критикуемых за «пропаганду милитаризма». В нынешних условиях западной толерантности особенно. Но влияние на многие умы как в США, так и в других странах эта книга, безусловно, оказала. И премия Хьюго 1960 года, полученная автором за нее, это подтверждает.

В нашу отечественную фантастику тема войны и насилия вернулась с распадом СССР.

Как мы видели, по поводу необходимости насилия и войны в научной фантастике есть две точки зрения. Какая из них верна, покажет будущее. Но, к сожалению, мечты Ефремова, как и других представителей космизма в России, об исчезновении войн пока выглядят слишком утопично. И в данный момент Человечество в очередной раз делает выбор – каким ему быть.

Литература

1. Беляев А.Р. Собр. соч. в 8 томах. М.: Молодая гвардия, 1963-1964.
2. Берроуз Э.Р. Джон Картер, марсианин : Романы. СПб., 1992. 468 с.
3. Гамильтон Э. Звездные короли. М.: Эксмо, 2004. – 672 с.
4. Грушевицкая Т.Г. Советская научная фантастика как зеркало успехов космонавтики // Материалы международной научно – практической конференции «Человек – Земля – Космос» - Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»), - 2021. - С. 80-86.
5. Грушевицкая Т.Г. Космизм и сциентизм в советской научной фантастике // К.Э. Циолковский, история и современность. Материалы 57-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 1. – Калуга. ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»), 2022. С. 139-146
6. Ефремов И.А. Собр. соч. в 6 томах. М.: Советский писатель, 1993. С. 6-310
7. Злотников Р.В. Вечный. М.: Альфа-Книга, 2008. – 1148 с.
8. Лейнстер М. Первый контакт. Туннель времени. М.: АСТ, 2003. С. 631-670
9. Лем С. Возвращение со звезд. Романы; повести. М.: АСТ, 2003. – 571 с.
10. Ливадный А. Экспансия. История Вселенной. Любые издания.
11. Миры Роджера Желязны в 29 томах. Рига: Полярис, 1995-1996.
12. Миры Роберта Хайнлайна в 25 томах. Рига: Полярис, 1992-1994.
13. Миры Урсулы Ле Гуин в 12 томах. Рига: Полярис, 1997-1998.
14. Миры Филипа Фармера в 23 томах. Рига: Полярис 1996-1998.
15. Снегов С. Люди как боги. Калининград: Калининградское книжн. изд-во, 1986. – 607 с.
16. Стругацкие А. и Б. Собр. соч. в 12 томах. М.: Текст, 1991 – 1993.
17. Тармашев С. Древний. Серия в 7 томах. М.: Астрель, 2008-2013.
18. Толстой А.Н. Аэлита. М.: Гос. Изд-во худ. лит-ры, 1958. – 143 с.

**АКТУАЛЬНОСТЬ ПЛАНА
«КОСМИЧЕСКИХ ДОСТИЖЕНИЙ» К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО**

**RELEVANCE OF THE PLAN
"SPACE ACHIEVEMENTS" BY K.E. TSIOLKOVSKY**

Аннотация. Предложенный К.Э. Циолковским в 1926 г. план завоевания межпланетных пространств в современных условиях может стать основой для определения долговременных целей и путей развития российской и мировой космонавтики.

Abstract. Proposed by K.E. Tsiolkovsky in 1926, the Plan for the Conquest of Interplanetary Spaces in modern conditions can become the basis for determining long-term goals and ways of development of Russian and world cosmonautics.

Ключевые слова: космонавтика, цели, целеполагание, «План завоевания межпланетных пространств», масштабирование.

Keywords: cosmonautics, goals, goal setting, "Plan for the conquest of interplanetary spaces," scaling.

В силу огромной ресурсоемкости космонавтики большое значение имеет долговременное планирование работ, невозможное без целеполагания.

В 1926 г., в 4-й редакции работы «Исследование мировых пространств реактивными приборами», К.Э. Циолковский предложил план завоевания межпланетных пространств из 16 (в ряде публикаций - 15) пунктов, где первым пунктом было создание ракетного самолета, а последним – расселение человечества по Вселенной после угасания Солнца.

Впоследствии ученый еще несколько раз обращался к этой теме, представляя свои взгляды на освоение космического пространства в виде перечня последовательных пронумерованных пунктов (1927 г. – 13 пунктов, 1929 г. – 13 пунктов). Эти планы были опубликованы и представляют самостоятельный интерес, однако сегодня известны гораздо меньше.

В дальнейшем, в известных на сегодня программных документах советской космической программы, каких-либо следов влияния

«плана» Циолковского не отмечается. Вместе с тем, в 1970-х - 1980-х гг. в отечественной литературе «плану» 1926 г. было уделено определенное внимание, причем подчеркивались успешность прогнозов Циолковского и тот факт, что значительная часть пунктов уже в той или иной форме выполнена.

В настоящее время уже руководством космической отрасли признано отсутствие целеполагания в отечественной космонавтике. В сочетании с грубыми ошибками в управлении отраслью, допущенными более 15 лет назад, но проявившимися в ходе специальной военной операции, это может привести к коллапсу отрасли до уровня решения насущных прикладных задач, с полным отказом от пилотируемых полетов, межпланетных и фундаментальных исследований. В результате Россия надолго утратит сколько-нибудь важную роль в мировой космонавтике.

В этих условиях крайне важно предложить такие цели космонавтики, которые, с одной стороны, вызовут благожелательный интерес и понимание необходимости ее развития у самых широких народных масс, а с другой - позволят убедить государственное руководство в необходимости не только сохранения, но и развития и роста космической отрасли.

К сожалению, после Циолковского вопросы целеполагания в космонавтике в нашей стране либо не обсуждались в открытой литературе, либо обсуждались крайне невнятно и неубедительно. Поэтому, обсуждая цели и пути развития космонавтики, мы можем и должны опереться на труды Циолковского.

При этом необходимо помнить, что творчество Циолковского отражает современный ему (и даже более ранний) уровень научного знания и понимания природных и социальных процессов. Поэтому сегодня мы не можем строить целеполагание в космонавтике, безоговорочно опираясь на все его идеи. План завоевания межпланетных пространств Циолковского, как раз, может стать такой основой, позволяя перейти от достаточно общих (особенно в последних пунктах) положений к численным характеристикам требуемого уровня развития космической техники.

Анализ пунктов «плана» Циолковского показывает, что не выполненные разделы относятся к масштабированию космической деятельности, как по количеству работающих в космическом пространстве людей (от единиц и десятков к тысячам и миллионам), так и по пространственному охвату деятельности (за пределы низкой околоземной орбиты, к планетам Солнечной системы и далее). Необходимость столь значительного наращивания масштабов

космических полетов позволяет определить направления развития космической науки и техники не только на данный момент, но и на десятилетия, столетия вперед.

Пункт 14 «плана» - *«Достигается индивидуальное (личности, отдельного человека) и общественное (социалистическое) совершенство»* - опускавшийся в ряде публикаций, и размещенный Циолковским между разделами, посвященными освоению Солнечной системы и разделами, связанными с межзвездными перелетами, по современным представлениям задает новое направление физических, биологических и гуманитарных исследований, ведущее к новой научной революции, как минимум сопоставимой с научной революцией конца XIX – начала XX веков.

УДК 523.4-852 +574.21
eLIBRARY.RU: 419.19.21

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

**ВОПРОС О ВНЕЗЕМНОЙ ЖИЗНИ В ТРУДАХ
РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ
(ОТ М.В. ЛОМОНОСОВА ДО К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО)**

**THE QUESTION OF EXTRATERRESTRIAL LIFE
IN THE WORKS OF RUSSIAN SCIENTISTS
(FROM M.V. LOMONOSOV TO K.E. TSIOLOKOVSKY)**

Аннотация. Несмотря на то, что поиски внеземной жизни не были предметом специальных научных исследований отечественных ученых до революции, они внесли много нового в поиски путей решения этой проблемы. Рассматриваются работы отечественных ученых XVIII – начала XX вв. по физике планет, связанные с поиском внеземной жизни. К.Э. Циолковский выработал собственные взгляды на внеземную разумную жизнь.

Ключевые слова: исследование планет, Солнечная система, внеземная жизнь.

Abstract. Despite the fact that the search for extraterrestrial life was not

the subject of special scientific research by domestic scientists before the revolution, they made many new things in the search for ways to solve this problem. The works of domestic scientists of the 18th – early 20th centuries are considered in planetary physics related to the search for extraterrestrial life. K.E. Tsiolkovsky developed his own views on extraterrestrial intelligent life.

Keywords: planetary exploration, solar system, extraterrestrial life.

В наши дни продолжается поиск разумной жизни во Вселенной. Астрономы ищут экзопланеты, подобные Земле. Биологи исследуют земные формы жизни, способные выживать в экстремальных условиях. Радиоастрономы надеются принять сигналы внеземных цивилизаций. Во многие из этих направлений внесли свой вклад и ученые дореволюционной России.

М.В. Ломоносов, открыв атмосферу Венеры (1762 г.) [1], полагал, что она подобно земной состоит из воздуха (его тогда считали первичным элементом) и потому пригодна для жизни.

Ф.У.Т. Эпинус, указывая на регенерацию у гидр, считал, что если по воле Творца есть такие «бессмертные» животные, то могут быть и существа, выдерживающие перепады температур даже на кометах [2].

Открытие сложного состава воздуха и значения кислорода для жизни уточнило направление поисков. Теперь в атмосферах планет искали при помощи спектрографов кислород и водяные пары. Для ослабления влияния газов земной атмосферы разрабатывались все более тонкие методы спектроскопии (учет эффекта Доплера, ультрафиолетовая спектроскопия, подъем спектрографов в стратосферу). Это позволило выявить лишь следы кислорода и водяных паров в атмосферах Венеры и Марса. Не удавалось избежать и ошибок [3-4].

Иной путь выбрал Е.А. Роговский. Применив кинетическую теория газов Максвелла, он попытался по известной температуре и силе тяжести найти скорости убегания молекул газов и таким образом оценить состав атмосфер планет [5].

К.Э. Циолковский выработал собственный взгляд на проблему внеземной разумной жизни [6]:

- разумная жизнь существует во всей Вселенной;
- более развитые внеземные цивилизации не вступают с нами в контакт из-за несовершенства человечества.

Относительно жизни на планетах Солнечной системы он не был столь категоричен: «Что же мы скажем о нашей планетной системе, как оценим ее настоящее состояние? Только Земля и, может быть,

Марс имеют разумную жизнь. Биологическая жизнь других - или низшего сорта или совсем ее нет. <...> Все же мы видим, что 3-4 планеты нашего Солнца способны к зачатию и развитию жизни. Марс, очевидно, не дал много и не даст в будущем, потому что он очень стар. Земля же обещает многое. Венера и Меркурий чересчур юны, чтобы предвидеть их развитие и биологические плоды. Но, возможно, что судьба Венеры повторит историю Земли» [7].

Эти представления Циолковского в дальнейшем не получили подтверждения, но созданные ими теоретические основы космонавтики указали пути к достижению планет нашей Солнечной системы в том числе и для поиска внеземной жизни на них.

Литература

1. Ломоносов М.В. Явление Венеры на Солнце, наблюденное в Санктпетербургской императорской Академии наук майя 26 дня 1761 года // Полн. собр. соч. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1955. – Т4. – С. 367-368.
2. [Эпинус Ф.У.Т.] Рассуждение о строении мира. Пер. с нем. – СПб.: Тип. Имп. Академии наук, 1770. – С. 55-56.
3. 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.
4. Арциховский В. О спектрографических доказательствах присутствия водяных паров в атмосфере Марса // Известия Русского астрономического общества. – 1913. – Вып. XVIII. – № 8. – С. 279-282.
5. Роговский Е. О строении земной и планетных атмосфер // Известия Русского астрономического общества. 1906. – Вып. XI. – № 8-9. – С. 311-344.
6. Циолковский К.Э. Планеты заселены живыми существами // В кн.: Гений среди людей. – М.: Мир, 2002. – С. 251-253.
7. Циолковский К.Э. Наша планетная система. (04.09.1932) // Архив РАН. – Ф. 555. – Оп. 1. – Д. 274. – Л. 12.

УДК 629.78:94

eLIBRARY.RU: 81.01.08

Чеснов В.М.

кандидат технических наук
ведущий научный сотрудник
Института истории естествознания и

**ВЕКТОРНЫЕ И СКАЛЯРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА
СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КОСМОНАВТИКИ
(ИСТОРИКО-НАУЧНЫЙ АСПЕКТ)**

**VECTOR AND SCALAR PARAMETERS OF THE PROCESS OF
FORMATION AND DEVELOPMENT OF COSMONAUTICS
(HISTORICAL AND SCIENTIFIC ASPECTS)**

Аннотация. Космонавтика представляет собой особую сферу научной, технической и производственной деятельности, определяемой комплексом внутренних взаимосвязей. Космонавтика в широком понимании является не только научно-техническую отраслью, но и социальным феноменом, объединяющим политические, экономические и мировоззренческие моменты. Такая структура возникла не одномоментно. Эволюция космонавтики на всем протяжении определялась воздействием различных факторов развития общества. Одни из них, «скалярные», носили перманентный, достаточно стабильный, неизменный характер, другие же, «векторные», возникали относительно спонтанно, нарушая постепенный ход прогресса космонавтики, меняя его направление и создавая разного рода «точки разрыва» в этом процессе. Земную гидросферу и космическое пространство разделяет не менее ста километров.

Ключевые слова: история космонавтики, история науки, космический аппарат, дистанционное зондирование.

Abstract. Astronautics is a special area of scientific, technical and industrial activity, determined by a complex of internal relationships. Cosmonautics in the broadest sense is not only a scientific and technical branch, but also a social phenomenon that unites political, economic and ideological aspects. This structure did not emerge overnight. The evolution of cosmonautics throughout was determined by the influence of various factors in the development of society. Some of them, “scalar”, were of a permanent, fairly stable, unchanging nature, while others, “vector”, arose relatively spontaneously, disrupting the gradual course of the progress of astronautics, changing its direction and creating various kinds of “breaking points” in this process. The Earth's hydrosphere and outer space are separated by at least one hundred kilometers.

Keywords: history of cosmonautics, remote sensing, space probe, history of science.

Основоположники космонавтики в конце XIX – начале XX вв. рассматривали выход человека за пределы земной атмосферы, в первую очередь, как исследовательскую задачу. Для ее решения соответственно был необходимо специальное устройство, которое позволило бы перемещаться в космосе. Вторым моментом, на который было обращено внимание пионеров космонавтики, была разработка средства доставки объекта к месту «полевых» работ – ракетной системы. Ее создание стало одним из основных, если не главным, фактором, определявшим ход развития космонавтики вплоть до второй половины XX в.

Практическая реализация ракетного носителя оставалась постоянным стимулом, однако его значимость стала стремительно умножаться с середины 1940-х годов. Политическая обстановка предопределила трансформацию изначальной идеи освоения космического пространства. Научные проблемы уступили место военно-практическому использованию. Первая в мире баллистическая ракета дальнего действия «Фау-2» была разработана в качестве средства бомбардировки городов противника В. фон Брауном и принята на вооружение гитлеровской Германии в конце Второй мировой войны. В 1944 г. состоялся первый боевой пуск и первый суборбитальный полет «Фау-2». [1]

Новый импульс возрастания роли ракетной техники был обусловлен был обусловлен началом «ядерной гонки» между СССР и США в период холодной войны. В силу геополитического положения Советский Союз был вынужден использовать в качестве доставки атомного заряда баллистический носитель, который и был создан в кратчайшие сроки. В 1946 г. было принято постановление Совмина СССР о создании научно-исследовательских центров для нужд ракетной техники. В 1948 г. был произведен первый пуск ракеты «Р-1» (копии «Фау-2»), а в августе 1957 г. с космодрома Байконур была успешно запущена первая в мире межконтинентальная баллистическая ракета «Р-7». И если в начальный период созданием ракетных устройств занимались группы энтузиастов, то с середины 1940-х гг. над решением проблемы работали специально созданные институты и конструкторские бюро, технический фундамент деятельности которых обеспечивали экономика всей страны [2]. Военно-политический вектор и стал решающим в открытии космической эры запуском первого искусственного спутника Земли 4 октября 1957 г. с помощью носителя «Р-7».

Первые же запуски наметили два направления развития техник автоматических космических аппаратов: наблюдение Земли из космоса и связь. Это положение обуславливалось как практическими запросами общества, так запросами военных кругов. Спутники зондирования Земли служили источником разведанных. В 1958 г. в США была принята программа «Согопа» по созданию спутника-фоторазведчика, использующего возвращаемую капсулу с отснятой пленкой (1960 г.) Аналогичный отечественный космический аппарат «Зенит-2», был выведен на орбиту в 1962 г. [3]. Таким образом, распознавание и привязка к местности различных объектов, по существу, стало основой для в картографии, геодезии и океанологии. Зондирование Земли с орбиты стало закономерным развитием методов дистанционных исследований, каким с конца XIX в. стала аэрофотосъемка, в начале, в основном, служившая средством военной разведки.

Полученные результаты показали возможность решения орбитальными средствами и метеорологических задач. Первым «погодником» стал американский космический аппарат «TIROS-1» (1960 г.). Отечественный метеорологический спутник «Космос 144» был успешно запущен в 1967 г. Конструкция этих аппаратов была уникальной и передовой для тех лет.

Связь и дистанционное зондирование Земли в различных целях остается постоянно действующим фактором развития космических средств, роль которого продолжает неуклонно возрастать.

Принятие американской программы по высадке человека на лунную поверхность в ответ на эффект, произведенный запуском первого спутника, и определили новый вектор в раскручивании эволюционной спирали космонавтики. «Лунная гонка», прежде всего, обусловила резкое увеличение темпов создания сверхтяжелых ракет-носителей. После 6 успешных высадок астронавтов на Луну (1969—1972 гг.) и неуспеха советской программы направление не получило должного продолжения.

В 1980-е годы космонавтика выступила в качестве вполне сформировавшейся научно-технической отрасли. Политические и пропагандистские «векторные» обоснования утратили свою значимость при разработке космических программ. Их роль стала постепенно переходить к экономическим основаниям. Идея создания многоразовых космических аппаратов «Shuttle» изначально определялась именно сокращением расходов по выведению на орбиту полезной нагрузки. Были затрачены огромные средства, не принесшие на практике никакой экономии. Однако, американский челнок, оставаясь стабильным «стимулятором» развития космонавтики на протяжении более двадцати

лет сыграл свою роль в так называемых «звездных войнах», вынудив Советский Союз реализовать тупиковую «векторную» программу «Энергия-Буран».

С чисто научных исследований на решение прикладных задач произошла переориентация развития европейской космонавтики. Европейское космическое агентство однозначно определило основную сферу своей деятельности как проведение прикладных исследований в целях обеспечения национальных интересов. Рынок коммерческих спутников к началу 80-х годов преодолел рубеж двадцати пяти аппаратов в год.

Литература

1. Dornberger W. V2 - der Schuss ins Weltall. Bechtle Verlag, 1952. - 293 с.
2. Волков Е.Б., Филимонов А.А., Бебырев В.Н., Кобяков В.А. Межконтинентальные баллистические ракеты СССР (РФ) и США. История создания, развития и сокращения. М.: 1996. - 337 с.
3. Космические аппараты дистанционного зондирования Земли социально-экономического назначения // Космическое аппаратостроение: научно-технические исследования и разработки ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» / Под ред. А.Н. Кирилина. Самара: Издательский дом «АГНИ», 2011. - 280 с.

УДК 629.76

eLIBRARY.RU: 55.42.49

Судаков В.С.

главный специалист

АО «НПО Энергомаш»

Колинова С.А.

начальник отдела

АО «НПО Энергомаш»

ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ЖРД РД-170

FROM HISTORY OF CREATION OF RD-170 LRE

Аннотация. Описан фрагмент истории создания мощного ЖРД РД-170 для РН «Энергия», когда в ходе решения сложных проблем доводки двигателя появился проект альтернативного однокамерного двигателя МД-185. Рассказывается о ходе развития событий с

участием руководителей отрасли, ведущих ученых страны и сотрудников НПО Энергомаш.

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

Abstract. A fragment of history of creation of a powerful RD-170 rocket engine for Energia LV is described, when a project of alternative single-chamber MD-185 engine appeared in course of solving complex problems of RD-170 engine development. It tells about course of events with participation of industry leaders, leading scientists of country and employees of NPO Energomash.

Keywords: liquid rocket engine, turbopump unit, launch vehicle, combustion chamber, firing tests.

Трудности воплощения задуманного В.П. Глушко грандиозного проекта многоразовой космической системы (МКС) «Энергия» сопровождали его создание с первого до последнего дня.

Расскажем о близкой нам ситуации по разработке четырехкамерного двигателя первой ступени РД-170.

Некоторые из оппонентов Глушко высказывали сомнения, а другие - твердую уверенность в теоретической невозможности создать ракету с двигателями тягой 740 тс по окислительной схеме с дожиганием генераторного газа с температурой около 550° С и давлением более 600 атм.

Глубинной причиной противостояния оппонентов Глушко продолжала быть обида за «закрытие» Глушко темы Н1, хотя пора было уже уяснить, что не Глушко «закрыл» тему, а разрабатываемый проект Н1 не обеспечивал решения современных технических задач и к его «закрытию» приложили руку сами авторы проекта и принятая ими устаревшая технология экспериментальной отработки.

Глушко и участники разработки двигателей РД-170 для РН «Энергия» создали методику параллельной поузловой отработки двигателя. Однако один из основных агрегатов двигателя - турбонасосный агрегат (ТНА) - не проходил предварительной отработки из-за отсутствия приводного электродвигателя, обеспечивающего работу ТНА на номинальном или близком к нему режиме. Это оказалось «ахиллесовой пятой» создания двигателя РД-170.

После введения различных мероприятий удалось добиться положительных результатов. Однако при первом же испытании двигателя в составе ступени на стенде в Загорске в июне 1982 г.

возникло возгорание в районе ТНА, что привело к значительным разрушениям двигателя и, главное, стенда.

Один из ведущих работников двигательного отдела КБЭМ, сделал предложение: четырехкамерный двигатель с одним большим ТНА следует заменить на четыре однокамерных двигателя, каждый из которых имеет свой ТНА. Это был «обходной» вариант решения проблем.

Использование мощных однокамерных ЖРД, так и заменяющих их связок из четырех двигателей не считалось чем-то особенным. Однако для такого изделия, как РН «Энергия», В.П. Глушко провозгласил концепцию, в соответствии с которой для высокой надежности следовало использовать малое количество «больших» двигателей, чтобы не повторять печальный опыт летных испытаний РН Н1.

Служебная записка с предложением «четвертования» двигателя РД-170 была направлена главному конструктору КБЭМ В.П. Радовскому, который после прочтения и доклада В.П. Глушко оставил ее в своем рабочем сейфе. Однако об этом предложении «чудесным» образом стало известно в министерстве и вышеуказанную служебную записку доставили министру С.А. Афанасьеву.

У Афанасьева в это время было сложное положение. Он добросовестно выполнял обязанности для оказания помощи КБЭМ по разработке двигателя. Но при этом он применял привычные ему с 40-х годов методы морального воздействия на недостаточно старательно, по его мнению, работающих участников создания двигателя. Основное воздействие на руководителей КБЭМ он осуществлял на проводимых им заседаниях коллегии министерства, где он критиковал руководителей КБЭМ и, в первую очередь, В.П. Глушко.

В КБЭМ был проведен расширенный НТС, на котором большинство участников совета высказались за продолжение работ с двигателем РД-170. Однако министр С.А. Афанасьев своим приказом организовал в КБЭМ внештатный конструкторский отдел для разработки эскизного проекта однокамерного двигателя МД-185, получившего в коллективе КБ название «четвертушка».

И вот ЭП МД-185 подписали авторы и представили для дальнейшего оформления, но на этом этапе продвижение ЭП затормозилось. Во время разработки ЭП МД-185 испытания двигателей РД-170 не прекращались и даже наметилась тенденция сокращения количества аварий. Однако исключить их полностью не удалось.

Была организована техническая комиссия, в которую вошли авторитетные представители авиационной и ракетной техники из

различных НИИ, главные конструкторы, работники министерств, представители ведомства заказчика. Участники комиссии разделились на два противоположных лагеря.

Председатель этой комиссии директор НИИТП В.Я. Лихущин, исходя из сложившегося положения с выбором двигателя для его дальнейшего производства, предложил решение, учитывающее интересы обеих конфликтующих сторон. Было решено работы по двигателю РД-170 продолжить. Двигатель МД-185 считать ближайшим резервом и вести подготовку производства на случай необходимости его применения.

Тем временем в мае 1983 г. состоялось первое успешное полноресурсное испытание двигателя РД-170 на номинальном режиме работы. После испытания Глушко обратился к собравшимся: *«Дорогие друзья! Маловеры, скептики и прочие нытики повержены! Поздравляю вас с грандиозной победой. Двигатель есть!!!»*.

Для исключения попадания из бака ракеты алюминиевых частиц на входе в двигатель был установлен специальный разработанный фильтр с размером ячейки 160 мкм. Введенные мероприятия практически устранили случаи возгорания и позволили довести двигатель до требуемой надежности при отработке.

Первый и сразу же успешный пуск РН «Энергия» состоялся 15 мая 1987 года. Единственный и полностью успешный орбитальный полет МКС «Энергия-Буран» состоялся 15 ноября 1988 г. Хотя ракета «Энергия» не получила востребованности в новой России, но созданные ЖРД РД-170 (РД-171) стали научно-технической базой для создания на их основе двигателей РД-180 для РН «Атлас» (США), РД-191 для РН «Ангара» (РФ), РД-181 для РН «Антарес» (США). И на этом подобные работы не заканчиваются...

Базовая конструкция ЖРД РД-170/171 продолжает быть основой для разработки в КБ Энергомаш ряда последующих проектов более совершенных двигателей для будущих космических РН. Научно-технические идеи Глушко и после его смерти продолжают быть неиссякаемым источником прогресса мирового ракетостроения.

Литература

1. Рахманин В.Ф., В.П. Глушко и С.П. Королев. Достижения, разногласия, конфликты. М.: 2022
2. Клепиков И.А., Рахманин В.Ф. О разработке альтернативного двигателя для ракеты-носителя «Энергия» и о роли В.П. Глушко в создании двигателя РД-170/171 // Двигатель. 2009. № 3, 4, 5.

3. НПО Энергомаш. Путь в ракетной технике. Под ред. Каторгина Б.И. М.: Машиностроение, 2004. – 488 с.
4. Трофимов В.Ф. Осуществление мечты. М.: Машиностроение, 2001. – 184 с.

УДК 629.788

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Герасютин С.А.

Журнал «Земля и Вселенная»

ПРОБЛЕМЫ МАРСИАНСКОЙ ПИЛОТИРУЕМОЙ ЭКСПЕДИЦИИ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

PROBLEMS OF THE MARTIAN MANNED EXPEDITION AND THEIR POSSIBLE SOLUTIONS

Аннотация. В фантастических романах люди совершали полеты на Марс. В наше время разработаны проекты марсианской пилотируемой экспедиции, но ее подстерегают многие пока неразрешимые проблемы. Возможна ли и нужна ли такая экспедиция? Одна из главных причин задержки марсианской экспедиции – нет довольно существенной мотивации – цели и задачи пока не совсем ясны. Представлены основные препятствия и наиболее серьезные риски полета человека на Марс. Рассмотрены медицинские, технические, технологические, экологические, политико-экономические проблемы и возможные их решения.

Ключевые слова: марсианская пилотируемая экспедиция, полет, проблемы, корабль, экипаж, системы, радиация, риски.

Abstract. In science fiction novels, people flew to Mars. In our time, the projects of the Martian manned expedition have been developed, but many unsolvable problems lie in wait for it. Is such an expedition possible and necessary now? One of the main reasons for the delay of the Martian expedition is that there is no significant motivation – the goals and objectives are not quite clear yet. The main obstacles and the most serious risks of human flight to Mars are presented. Medical, technical, technological, environmental, political-economic problems are considered and their possible solutions.

Keywords: Martian manned expedition, flight, problems, ship, crew, systems, radiation, risks.

Мечты людей о полете на Марс давно будоражили воображение. Вспомним романы Герберта Уэллса «Война миров» (1897), Алексея Толстого «Аэлита» (1923), Рэя Бредбери «Марсианские хроники» (1950), Артура Кларка «Пески Марса» (1951), Айзека Азимова «Путь марсиан» (1955) [1]. В 2015 г. на основе научно-фантастического романа Энди Вейера «Марсианин» (2011) создан одноименный блокбастер. По сюжету забытому на Марсе астронавту Марку Уотни пришлось самостоятельно справляться со множеством проблем, чтобы выжить в течение 472 земных дней. Вклад NASA в создание фильма «Марсианин» стал ключевым, поэтому получилось правдоподобно. Однако в реальности бороться за жизнь экипажу пришлось бы еще задолго до прилета на Марс. Помимо медицинских проблем – влияние на физиологию и психику радиационного фона, невесомости, микрогравитации, ускорений, перегрузок и других факторов в течение всего полета и на Марсе, экипаж вынужден столкнуться и с техническими проблемами [2]. О них не знали и их не учитывали, разрабатывая проекты марсианских кораблей, основоположники космонавтики: Ф.А. Цандер (1924; предполагал, что полет состоится в 1940-х гг.), Вернер фон Браун (1949; в 1982 г.) и С.П. Королев (1960–1969; сначала планировалась в 1971 – 1974 гг., затем в конце 1970-х гг.) [3, 4]. В США и СССР остались не реализованными несколько проектов марсианской экспедиции, в том числе РКК «Энергия», которая предполагалась в 2015–2016 гг. [5, 6] Вряд ли одна страна сможет осилить такой грандиозный проект, который сложнее чем создание и эксплуатация МКС. Нынешние планы NASA послать человека на Марс в 2040-х гг., тоже можно считать нереальными [7].

Одна из главных причин задержки марсианской экспедиции – нет довольно существенной мотивации – цели и задачи пока не совсем ясны, а риск и затраты огромные. Только лишь дело в заманчивом приключении или престиже? Для чего лететь человеку, если можно программу исследований предоставить различным автоматам? Работа наших луноходов отлично продемонстрировали возможности роботов, выполнив те же задачи, что и человек в программе «Аполлон», но значительно дешевле и исключивших риски для человека. Зачем тратить не менее 40 трлн. рублей (около 500 млрд. долларов), если значительно дешевле (и без риска для космонавтов) на все поставленные наукой вопросы способны ответить роботы? [6]

Рассмотрим медицинские проблемы [8]. Сочетаемость психотипов людей при столь длительной экспедиции (не менее трех лет) пока еще неизведанная область. Как поведет себя экипаж в стрессовой ситуации? Могут ли возникнуть трения между ее членами, в

результате смогут ли они выполнить программу? Как повлияет на психику экипажа долговременное пребывание в замкнутом пространстве? В 2010–2011 гг. в ИМБП РАН проводился эксперимент Марс-500 по имитации 520-суточного полета на Марс [9]. Исследовалось взаимодействие «человек – окружающая среда». В результате ученые пришли к выводу, что существуют предпосылки развития эмоционального хронического стресса при экстремальном характере условий полета [10]. Решить эту проблему смогут, вероятно, многолетние медицинские исследования во время полетов экипажей на Луну. «Космическая болезнь» впервые дни полета остается: тошнота, головная боль, рвота и общий дискомфорт. К тому же концентрация углекислого газа в гермоотсеках повышена, несмотря на вентиляторы (их шум тоже влияет), что вызывает головные боли, раздражение и проблемы со сном. Известно, что, несмотря на применение тренажеров при длительной невесомости мышцы слабеют, вымывается кальций из костей, изменяется работа сердечнососудистой системы [2]. Другая сложность – в космосе зрение постепенно становится размытым из-за изменений в сетчатке. Сейчас создаются эффективные методы профилактики. Но главная проблема межпланетного полета – воздействие радиации на человека в десять раз больше, чем на Земле. Нет эффективной радиационной защиты от солнечной вспышки и галактического излучения, способных вызвать лучевую болезнь [11]. К тому времени, когда будет принято решение о полете, найдутся противорадиационные материалы и медикаменты для уменьшения воздействия радиации на экипаж. Марс не обладает магнитосферой и мощной атмосферой, поэтому открыт для всех космических излучений, в том числе ультрафиолетового, которыми будут подвергаться люди на его поверхности. Человеку понадобится серьезная защита, чтобы выжить на Марсе [12]. Кроме того, на Марсе обнаружена пыль с перхлоратами – агрессивный и токсичный реагент, как показывает опыт полетов человека на Луну, полностью избавиться от загрязнения не получится, поэтому возникнут проблемы щитовидной железы и кровеносной системы, а запах пыли повлияет на самочувствие космонавта. На Марсе можно накопить статический заряд достаточной силы для того, чтобы сжечь электронику или получить разряд, прикоснувшись к внешней металлической обшивке корабля. В случае с Марсом потребуется нового типа скафандры, позволяющие защитить от радиации, статического электричества и марсианской пыли людей и оборудование. Эффект воздействия на человека марсианской гравитации, составляющей 38% земной, по-прежнему остается загадкой. Истинные последствия воздействия

пониженной гравитации на их мозг и тела будут исследованы во время медицинских экспериментов экипажей во время полетов на Луну. Неотложной медицинской помощи в космосе не существует: бортовая аптечка включает лекарства (они менее эффективны, чем на Земле) и оборудование первой помощи. Необходимо включение в состав экипажа врача и медицинские приборы, которые смогут справиться даже с тяжелыми заболеваниями [13].

Ученые установили: чтобы три человека могли прожить в течение трех лет полета нужно около 1,35 т кислорода, 11,25 т воды и 1,8 т пищи = 14,5 т (если экипаж из 5–6 человек, то до 29 т), что нерационально для весовых характеристик марсианского корабля. Чтобы пополнять запасы кислорода, питания и воды необходимо создавать систему замкнутого цикла. В нашей стране в 1964–1968 и 1972–1973 гг. были выполнены эксперименты БИОС-1, БИОС-2 и БИОС-3 по этой проблеме, но полностью замкнутой системы жизнеобеспечения пока не создано [8].

Необходимо решить и ряд технических и технологических проблем. Прежде всего, это безопасность полета, которая считается приоритетной. В комплекс мер по защите от нештатных ситуаций и тем более аварий должны быть включены следующие системы: спасения экипажа, радиационной и метеоритной защиты, жизнеобеспечения с замкнутым циклом, пожаротушения и предупреждения о возможности взрыва, контроля всех бортовых систем и приборов [14]. Несмотря на то, что марсианский корабль будет оборудован самыми совершенными системами, не исключена их поломка, а подвезти запчасти, как на МКС, не получится. При сбое в работе или поломке систем экипаж должен быть в состоянии справиться со всеми происшествиями самостоятельно. Выход из строя главного компьютера или одной из важных систем, разгерметизация жилого отсека или отказ любого двигателя вообще поставит весь полет на грань катастрофы. Например, 14 апреля 1970 г. во время полета корабля «Аполлона-13» взорвался топливный бак на расстоянии 330 тыс. км от Земли и экипаж чуть было не погиб. В 1984 г. Л.Д. Кизим и В.А. Соловьев совершили шесть выходов в открытый космос общей длительностью 22 часа 50 минут, выполнив сложный и трудоемкий ремонт объединенной двигательной установки станции «Салют-7», иначе станция стала бы аварийной [15]. В конце 1984 г. произошел отказ всех бортовых систем станции «Салют-7», спасательная экспедиция В.А. Джанибекова и В.П. Савиных ее реанимировала. Но это происходило рядом с Землей, в дальнем космосе такие ситуации, скорее всего, приведут к катастрофе. 21 июля 1969 г. при посадке на

Луну КК «Аполлон-11» автоматика вела модуль «Орел» прямо в кратер с большими камнями, за 9 мин до посадки модуль пролетел мимо планируемого места, в результате промахнулся на 6 км [16]. Аналогичная проблема может возникнуть у экипажа при посадке на Марс: слишком мало времени для определения и избегания попадания посадочного модуля на камни, крутой склон или сыпучий песок, что может привести к его поломке или опрокидыванию, то есть возвращение на Землю будет невозможно. Обязательным способом мягкой посадки на Марс являются аэродинамический системы: надувной замедлитель сверхзвуковой скорости или тормозной двигательной установки. Но первая может сдуться, а вторая имеет три риска: выхлопные газы двигателей могут разрушить или опрокинуть посадочный модуль, в результате возгорания топлива возникнет пожар или взрыв, сохранить стабильность посадочного модуля станет сложной задачей [16]. Необходимо провести моделирование таких рисков и многочисленные тесты, прежде чем создавать модуль, во всех случаях безопасной посадки.

Чтобы путешествие состоялось, нужны подходящие ракета-носитель и двигатели. Масса межпланетного корабля оценивается примерно в 500–800 т, чтобы отправить его к Марсу подойдет только сверхтяжелый носитель, причем необходимы несколько пусков. У России есть проект носителя «Енисей», но его разработка приостановлена, в основном, по финансовым причинам. США и Китай тоже создают такого типа носители, у NASA, однако, он только для лунной программы «Артемиды». Кроме того, сборка корабля на околоземной орбите требует соблюдения временных рамок, иначе пуск не состоится в «окно» запуска, которое повторяется каждые 780 суток, если его пропустить, то следующий пуск возможен лишь через два года.

Для полета на Марс и обратно требуется огромный запас топлива, самым эффективным считается криогенное топливо – жидкий водород и кислород, в течение трех лет полета придется постоянно его охлаждать, но пока нет технологий хранения такого топлива в космосе. Вероятно, будут использоваться ионные или ядерные электрические двигатели для ускоренного перелета к Марсу и обратно, но и здесь есть проблема отвода излишнего тепла от реакторов [17].

Выше упомянута лишь часть технических проблем, в то время как отработка с требуемой надежностью всех элементов... в силу сложнейших организационных, финансовых и научно-технических проблем... Полет человека к Марсу может быть подготовлен к 2070–2080 гг., конечно при наличии благоприятных факторов...» [18, с. 98]

Важна и экологическая проблема, которую тоже необходимо решать. Подсчитаны уровень загрязнения окружающей среды при создании ракетно-космической техники и в результате ее использования. Например, при эксплуатации в 1986–2001 гг. российского орбитального комплекса «Мир» в атмосфере и на поверхности Земли произошли значительные загрязнения окружающей среды от падения ступеней ракет и работы двигателей. С экологической точки зрения еще более значительный вред принесет марсианская экспедиция. Вряд ли в ближайшее время можно решить эту сложную задачу [19, 20].

Но одна из главных проблем – политико-экономическая. В отличие от других, с политической точки зрения ее решение преждевременно, с финансовой – она самая затратная за всю историю. Предстоит еще много работы и расходов по созданию и испытаниям систем безопасности, на которые уйдут десятилетия. Современная напряженная политико-экономическая политическая обстановка в мире скорее всего отодвинут марсианскую экспедицию на неопределенный срок. В обозримом будущем освоение Марса продолжится с помощью роботизированных систем и искусственного интеллекта, которые без риска для людей смогут успешно решить все поставленные перед марсианской экспедицией задачи [7, 18].

Литература

1. Газенко О.Г., Шаров В.Ю. Притяжение космоса. М.: РТСофт, 2011. С. 103–107, 135–136, 183–185, 201–202.
2. Каку М. Будущее человечества: колонизация Марса, путешествия к звездам и обретение бессмертия. Пер. с англ. М.: Альпина нон-фикшн, 2019. С. 97–128.
3. Бугров В.Е. Марсианский проект С.П. Королева. М.: Русские витязи, 2007. С. 200.
4. Безяев И.В., Стойко С.Ф. Обзор проектов пилотируемых полетов к Марсу // Космическая техника и технологии. 2018. № 3 (22). С. 17–31.
5. Пилотируемая экспедиция на Марс. Под ред. А.С. Коротева. М.: Российская академия космонавтики им. К.Э. Циолковского, 2006. С. 320.
6. Горшков Л.А. Ступит ли нога человека на Марс? // Земля и Вселенная. 1999. № 6. С. 45–50.
7. Герасютин С.А. Почему сегодня невозможна марсианская экспедиция // Земля и Вселенная. 2022. № 5. С. 65–87.

8. Григорьев А.И., Потапов А.Н. Пилотируемая экспедиция на Марс: медико-биологические проблемы // Земля и Вселенная. 1999. № 6. С. 51–58.
9. Григорьев А.И., Баранов В.М.: Демин Е.П., Давыдов В.А. Эксперимент, моделирующий пилотируемый полет на Марс // Земля и Вселенная. 2008. № 3. С. 56–65.
10. Григорьев А.И., Моруков Б.В. «Марс-500»: предварительные итоги // Земля и Вселенная. 2013. № 3. С. 31–41.
11. Панасюк М.И. Тяжелые ядра космической радиации и планирование космических миссий // Земля и Вселенная. 2019. № 2. С. 4–14. № 3. С. 5–19.
12. Безродных И.П., Морозова Е.И., Петрукович А.А., Семенов В.Т. Радиационные условия на орбите и поверхности Марса // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. 2014. Т. 138. № 1. С. 53–57.
13. Уйба В.В., Ушаков И.Б., Сапецкий А.О. Медико-биологические риски, связанные с выполнением дальних космических полетов // Медицина экстремальных ситуаций. 2017. Т. 59. № 1. С. 43–64.
14. Шибанов Г.П. Обеспечение безопасности человека на Земле и в космосе. М.: Издательский дом Академии им. Н.Е. Жуковского, 2020. С. 170–208.
15. Соловьев В.А., Цыганков О.С. Реанимация станции «Салют-7» // Земля и Вселенная. 2022. № 2. С. 49–69.
16. Салахутдинов Г.М. Приключения на орбитах. М.: МАИ, 1993. С. 237.
17. Синявский В.В. Ядерные электроракетные двигатели для полета на Марс // Земля и Вселенная. 2017. № 5. С. 28–40.
18. Космонавтика XXI века. Попытка прогноза развития до 2101 г. Под редакцией академика Б.Е. Чертока. М.: РТ-Софт, 2010. С. 85–86, 96–99.
19. Кричевский С.В. Экологическая история орбитального комплекса «Мир» // Земля и Вселенная. 2004. № 1. С. 74–79.
20. Кричевский С.В. Зеленая космонавтика для будущего человечества // Земля и Вселенная. 2014. № 6. С. 34–42.

УДК 355/359

eLIBRARY.RU: 06.73.02

Исаченко А.М.

полковник запаса

член Военно-исторического общества РФ

корреспондент газеты

«Малоярославецкий край»

ВОЕНАЧАЛЬНИКИ СОВЕТСКО-РОССИЙСКОГО КОСМОСА

MILITARY LEADERS OF THE SOVIET-RUSSIAN SPACE

Аннотация. Рассказ о военачальниках советско-российского космоса, которых довелось видеть или с которыми довелось так или иначе общаться за 20 лет службы в частях управления космическими аппаратами.

Ключевые слова: космонавтика, ракетно-космические войска, военно-космические силы.

Abstract. A story about the military leaders of the Soviet-Russian space, whom I had a chance to see or communicate with in one way or another over 20 years of service in the spacecraft control units.

Keywords: Cosmonautics, rocket and space forces, military space forces. Элементы указателя не найдены.

Развитие идей основателя теоретической космонавтики К.Э. Циолковского по изучению и практическому освоению космоса принадлежит многим советским, российским и иностранным ученым, конструкторам, инженерно-техническим работникам. Освоение космоса в мирных и военных целях – это в первую очередь люди, и только потом ракеты, стартовые площадки, космические аппараты, станции управления. 20 июля 2023 г. указом Президента России первому командующему ВКС генерал-полковнику в отставке В.Л. Иванову было присвоено звание Герой Труда РФ «за особые трудовые заслуги перед государством и народом». Это событие подтолкнуло к выбору темы для данного выступления, в котором будет рассказано о военачальниках советско-российского космоса, которых довелось видеть или с которыми довелось так или иначе общаться за 20 лет службы в частях управления космическими аппаратами.

Когда в 1979 г. после окончания Рижского ВВПКУ прибыл на службу в войсковую часть 14129 в Забайкалье на совещаниях главным начальником ГУКОС называли генерал-полковника **Караса Андрея Григорьевича** (1918-1979), как одного из создателей ракетно-космических войск СССР. Он в октябре 1941 г. воевал на территории Малоярославецкого района, будучи начальником штаба 3-го дивизиона 12-го гвардейского полка реактивной артиллерии.

В 1979 г. начальником ГУКОС был назначен **Максимов Александр Александрович** (1923-1990), бывший заместителем у

А.Г. Карася. Генерал-полковник, Герой Социалистического Труда (1984), лауреат Государственной и Ленинской премий. Он воевал в арtpолку на Карельском фронте. Участвовал в разработке и испытаниях баллистических ракет, в запуске первого искусственного спутника Земли, а затем и в запуске первого космонавта, был секретарем Государственной комиссии, которую возглавлял С.П. Королев. С 1986 г. — начальник УНКС. Проводил большую работу по созданию и усовершенствованию новейшей ракетной и космической военной техники. Кандидат технических наук. Его имя присвоено Научно-исследовательскому институту космических систем (филиал Гос. космического научно-производственного центра им. Хруничева) и площади в г. Краснознаменске (Московская обл.). А.А. Максимов неоднократно выступал на сборах комсомольских работников космических частей, на которых довелось участвовать с мая 1983 г.

Его в 1989 г. сменил **Иванов Владимир Леонтьевич** (1936 г.р.), длительное время служивший на космодроме в Плесецке, в т.ч. его начальником. Генерал-полковник (1989), кандидат технических наук. С 1984 г. начальник штаба УНКС. В 1986 - 1999 гг. председатель Госкомиссии по обеспечению полетов комплекса «Мир». В сентябре 1992 г. назначен первым командующим Военно-космическими силами России (отдельный род войск). При нем ВКС приобрели четкую структуру из объединения и соединений запуска и управления космическими аппаратами на орбите, НИИ, военной академии им. Можайского, полигона для хранения космической техники, частей спецвойск и тыла. Он много внимания уделял решению проблемы жилья для семей офицеров и прапорщиков, был образован центральный военный госпиталь, санаторий в Крыму, дом отдыха, кадетский корпус в Санкт-Петербурге, учрежден флаг ВКС, эмблемы на петлицы и погоны, нарукавные шевроны, знак «За освоение космоса» трех степеней. Имел прямое отношение к формированию 5-го ЦКИК в пос. Кудиново Малоярославецкого района, неоднократно был на малоярославецкой земле. В октябре 1996 г. уволен в запас, по мнению ряда аналитиков из-за несогласия с передачей ВКС в состав РВСН.

Работал заместителем генерального директора Государственного космического научно-производственного центра им. М.В. Хруничева. Один из ведущих создателей перспективного космического ракетного комплекса «Ангара» и ракетно-космического комплекса «Рокот». Несколько лет являлся председателем Госкомиссии по пилотируемым программам (подписал решения о стартах 16 пилотируемых и 28 грузовых кораблей). Член

Клуба военачальников РФ, академик Академии военных наук, действительный член Академии космонавтики им. К.Э. Циолковского (1993), академик Международной академии космонавтики.

Титов Герман Степанович (1935-2000), второй советский космонавт, дублер Юрия Гагарина. Герой Советского Союза, генерал-полковник, доктор военных наук. Некоторое время служил заместителем начальника Центра по управлению космическими аппаратами, затем заместителем и первым заместителем начальника УНКС по опытно-конструкторским и научно-исследовательским работам. Заместитель главного редактора журнала «Авиация и космонавтика». После увольнения из армии президент Международного научно-технического центра по космонавтике и электронике «Космофлот», зам. председателя совета Российского центра конверсии аэрокосмического комплекса, президент Федерации космонавтики России.

Вторым командующим ВКС РФ был назначен **Гринь Валерий Александрович** (1946-2011). Генерал-лейтенант. 21 год прослужил на космодроме в Плесецке, 1993-1994 гг. начальник штаба ГИЦИУ КС, затем зам. начальника штаба и начальник штаба ВКС. В ноябре 1997 г. назначен заместителем главнокомандующего РВСН по космическим средствам — начальником управления. В июне 2002 уволен в запас и работал заместителем генерального директора ЦНИИмаш по летным испытаниям пилотируемых комплексов.

Перминов Анатолий Николаевич (1945 г.р.), генерал-полковник, доктор технических наук, профессор Академии военных наук. Как начальник главного штаба РВСН имел прямое отношение к ликвидации ВКС. В частности, посетил 5-й ЦКИК в п. Кудиново Малоярославецкого района и заявил на совещании с командованием о его нецелесообразности. В 2001 – 2004 гг. командующий Космическими войсками. Затем руководитель Федерального космического агентства, заместитель генерального конструктора ОАО «Российские космические системы». Его заместителем по воспитательной работе был **Хоменко Иван Егорович** (1949 г.р.), генерал-лейтенант, доктор педагогических наук, лауреат премии Президента РФ в области образования. В октябре 1997 г. назначен начальником Управления воспитательной работы РВСН, требовал убрать из наглядной агитации в космических частях символику ВКС и нарукавные шевроны с этой символикой. После увольнения из армии работал в аппарате Совета Федерации.

Головко Александр Валентинович (1964 г.р.) – генерал-полковник, командующий Космическими войсками –

заместитель Главнокомандующего Воздушно-космическими силами. Служил в Воркуте, затем командиром части КИК в Улан-Удэ-35. Далее начальник штаба и начальник ГИЦИУ КС, начальник космодрома в Плесеке. В 2012 г. назначен командующим Войсками воздушно-космической обороны, с 2015 г. командующий Космическими войсками. Член редакционной коллегии журнала «Военная мысль». Мне довелось служить с ним в Воркуте.

Начальники ГИЦИУ КС

Шлыков Николай Федорович (1922 — 1999), генерал-лейтенант, лауреат Ленинской премии. Воевал в составе гвардейского полка реактивной артиллерии, участвовал в Берлинской наступательной операции. За участие в запуске Юрия Гагарина удостоен ордена Трудового Красного Знамени. С 1976 по 1988 год — начальник ГНИИЦ КС. Н.Ф. Шлыков был организатором управления орбитальной группировкой спутников, в том числе пилотируемых космических аппаратов. После увольнения из армии старший научный сотрудник РНИЦ космической документации. Считается «отцом» города Краснознаменска Московской области.

Иванов Виктор Николаевич (1932-2016), генерал-лейтенант. В 1976-1982 гг. начальник штаба ГНИИЦ КС, затем заместитель и первый заместитель начальника штаба ГУКОС, заместитель начальника УНКС по боевой подготовке. С 1988 по 1992 год — начальник ГНИИЦ КС. С 1992 года в отставке, трудился заместителем начальника отделения и руководителем группы по работе с промышленностью командно-измерительного комплекса Центра эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры. Почетный гражданин Краснознаменска.

Западинский Анатолий Борисович (1947 г. р.), генерал-лейтенант, кандидат военных наук, доктор технических наук. Начальник ГИЦИУ КС имени Г.С. Титова (1992—2002). Заслуженный военный специалист Российской Федерации (1999). Я служил вместе с ним в Улан-Удэнском КИК. Затем он командир части в Крыму — запасного аэродрома для посадки комплекса «Буран». Под его командованием осуществлялся переход центра на новейшие разработки в области электронно-вычислительной техники, занимался решением вопросов сохранения должного уровня функционирования орбитальной группировки космических аппаратов. Почетный гражданин Краснознаменска.

Колесников Николай Павлович (1951 г.р.) — генерал-лейтенант, кандидат военных наук, доктор технических наук, профессор, академик Академии космонавтики им. К.Э.

Циолковского. Я служил, когда он был начальником штаба ГИЦИУ КС имени Г.С. Титова. В 2002—2007 гг. он командовал Центром. В дальнейшем руководил научно-техническим советом и советом по защите докторских диссертаций ГИЦИУ КС имени Г.С. Титова.

Сокращения:

- ЦУКОС – Центральное управление космических орбитальных средств;
- ГУКОС – Главное управления космических орбитальных средств
- УНКС – управление начальника космических средств
- РВСН – Ракетные войска стратегического назначения
- ГНИИЦ КС – главный научно исследовательский центр космическими средствами, позднее ГИЦИУ КС
- ГИЦИУ КС имени Г.С. Титова – Главный испытательный центр испытаний и управления космическими средствами.

Литература

1. Мещеряков И.В., Фаворский В.В. Военно-космические силы (военно-исторический труд). В 3-х книгах. М.: 1997-2001.
2. Космические войска / Перминов А.Н. и др. - Москва, 2003. 145 с.
3. Букрин В.В. Семьдесят пять земных трасс командующего ВКС (истоки, становление, память). М.: Изд-во НИИ космических систем им. А.А. Максимова, 2011. 223 с.
4. Букрин В.В. Живу и помню с благодарностью. М.: Изд-во НИИ космических систем им. А.А. Максимова, 2016. 264 с.
5. Мигулин С.И. Генерал Н.Ф. Шлыков – «отец» города Краснознаменска. М.: «Эль Гранде», 2018. 280 с.

УДК 7.071.1:730:629.784:929.5

eLIBRARY.RU: 18.31.21.

Мусатова Т.П.

Союз журналистов Москвы.

**А.П. ФАЙДЫШ-КРАНДИЕВСКИЙ - СОЗДАТЕЛЬ
МОНУМЕНТА «ПОКОРИТЕЛЯМ КОСМОСА» В МОСКВЕ**

**A.P. FAIDYSH-KRANDIEVSKY IS THE CREATOR OF THE
MONUMENT TO THE CONQUERORS OF SPACE IN MOSCOW**

Аннотация. В 1958 году на конкурсе проектов по созданию памятника в ознаменовании открытия космической эры победил

проект «Народ созидатель» А.П. Файдыш-Крандиевского и архитекторов М.О. Барща и А.Н. Колчина, который в дальнейшем стал именоваться монументом «Покорителям космоса». В 250-тонную титановую композицию входит памятник К.Э. Циолковскому, вырубленный из серого гранита. Автор монумента - скульптор, член-корреспондент Академии художеств СССР, лауреат Сталинской премии и Государственной премии РСФСР, Заслуженный деятель искусств РСФСР А.П. Файдыш-Крандиевский (10.01.1920-13.08.1967) и его родословие.

Ключевые слова: монумент «Покорителям космоса», памятник К.Э. Циолковскому, аллея космонавтов, С.П. Королев, скульптор А.П. Файдыш-Крандиевский, родословие.

Abstract. In 1958, the project The People is Doer by A.P. Faidysh-Krandievsky and architects M.O. Barsch and A.N. Kolchin won the at the competition of projects to create a monument to commemorate the opening of the space age, which later became known as the monument to the Conquerors of Space. The 250-ton titanium composition includes a monument to K.E. Tsiolkovsky carved out of gray granite. The author of the monument is the sculptor, corresponding member of the Academy of Arts of the USSR, laureate of the Stalin Prize and the State Prize of the RSFSR and Honored Artist of the RSFSR A.P. Faydysh-Krandievsky (01/10/1920 - 08/13/1967) and his genealogy.

Keywords: monument to the Conquerors of Space, monument to K.E. Tsiolkovsky, astronauts alley, S.P. Korolev, sculptor A.P. Faidysh-Krandievsky, genealogy.

Начало космической эры решили отметить открытием памятника-обелиска, который должен был располагаться на Воробьевых горах. В марте 1958 года был объявлен конкурс на лучший проект памятника, на который было подано более тысячи работ из 114 городов СССР и стран зарубежья; из них комиссия выбрала 356, которые были представлены публике на выставке в Манеже. На первое место вышел проект «Народ-созидатель» скульптора А.П. Файдыш-Крандиевского, архитекторов М.О. Барща и А.Н. Колчина, инженера Л.Н. Щипакина, однако, проект слишком выбивался из ансамбля Воробьевых гор, поэтому памятник решили возвести на пустыре у входа на ВДНХ.

По проекту высота памятника не превышала 50 метров, а шлейф ракеты предлагали облицевать дымчатым полупрозрачным стеклом с ночной подсветкой внутри. Однако, решение со стеклом было не самым практичным, и по предложению конструктора-ракетостроителя Сергея Королева его решили отделать отполированными титановыми

пластинами, поскольку титан не подвержен коррозии. Также в процессе доработки проекта высота памятника выросла до 107 метров, высота ракеты составила 11 метров. Разработку нестандартной инженерной конструкции взял на себя ЦНИИПСК им. Мельникова под руководством Владимира Лаптева. 250-тонная стальная решетчатая конструкция монумента была вручную собрана и облицована на земле, а затем поднята с помощью специальных кранов. На сегодняшний день – это второй по высоте памятник в России.

Перед монументом установлен памятник К.Э. Циолковскому, гениальному русскому ученому, родоначальнику современной космонавтики. Фигура Циолковского вырублена А.П. Файдышем-Крандиевским из огромного светло-серого гранитного блока.

Торжественное открытие памятника состоялось 4 октября 1964 года. Спустя 3 года вокруг него был разбит парк с мемориальной аллеей Героев космоса, где впоследствии установили бюсты девяти космонавтам и памятники пионерам ракетостроения. Два бюста космонавтов работы А.П. Файдыш-Крандиевского: П.И. Беляева и А.А. Леонова и бюст С.П. Королева, автором которого был тоже А.П. Файдыш-Крандиевский (согласно учетной карточки проекта «Памятники архитектуры Москвы и области», перенесен в 2006 году к Дому-музею С.П. Королева в Останкино). А на Аллее Космонавтов в 2008 году установлен памятник С.П. Королеву скульпторов Салавата и Сергея Щербаковых. 10 апреля 1981 года в стилобатной части Монумента «Покорителям космоса» открылся задуманный С.П. Королевым Мемориальный музей космонавтики, включенный в проектное задание 10 марта 1960 года Постановлением Совета Министров СССР [1, 2].

А.П. Файдыш-Крандиевский (1920-1967) – скульптор, член-корреспондент Академии художеств СССР, Лауреат Сталинской премии и Государственной премии РСФСР, Заслуженный деятель искусств РСФСР родился 10 января 1920 года в Москве. Его отец – Петр Петрович Файдыш (1892-1943) – архитектор, прототип Телегина трилогии А.Н. Толстого «Хождение по мукам», пострадал от репрессий, его обвинили в сочувствии к фашистам и расстреляли, был из семьи управляющего Саввы Морозова, рано умершего Петра Степановича Файдыша (1854-1905), имевшего семерых детей, которых вырастила одна Анастасия Ивановна Файдыш (1858-1943) в девичестве Смирнова. Все дети получили высшее образование: Николай (1887-1941) – юрист, Владимир (1888-1944) – политик, Сергей (1890-1916) – историк-филолог, Любовь (1891-1980), Петр (1892-1943) – архитектор, Евгения (1893-1973), Виктор (1895-1973) –

химик. Во время Первой мировой войны П.П. Файдыш добровольцем ушел на фронт и за храбрость был награжден Георгиевским крестом, а его один из старших братьев, Сергей, преподаватель Александро-Мариинского училища в г. Москве, погиб 25.10.1916 г. [3, 4].

Мать – Надежда Васильевна Крандиевская (1891-1963) – скульптор, из семьи журналиста Крандиевского Василия Афанасьевича (1861-1928), имевшего издательское дело и писательницы Крандиевской (Тархановой) Анастасии Романовны (1866-1938), совместно издававших скромный библиографический журнал «Бюллетени литературы и жизни». Занималась в школе живописи, ваяния и зодчества у С.М. Волнухина вместе с Владимиром Маяковским, который ухаживал за ней, стажировалась у Э.А. Бурделя вместе с Верой Мухиной, послужила прототипом Даши Телегиной в «Хождениях по мукам» Алексея Толстого, мужа родной сестры, поэтессы и мемуаристки, Натальи (1888-1963), являющейся прототипом Кати Рощиной. У Крандиевских был еще сын Всеволод – художник, который умер в 21 год от менингита прямо перед своей свадьбой (1886-1907). Его работы хранятся в Миланском музее [3].

Петр Петрович Файдыш и Надежда Васильевна Крандиевская поженились во время Первой мировой войны. И «как описано Алексеем Толстым в романе «Хождение по мукам», отец привез из Румынии детские вещишки для новорожденного сыночка, а его уже похоронили: умер он от воспаления легких, простудившись в холодных комнатах. Нарекли его Михаилом в честь маминого кумира - итальянского скульптора Микеланджело» [3, 4]. В 1936 году родители Андрея Петровича Файдыш-Крандиевского и его младшей сестры, Натальи Петровны Навашиной-Крандиевской (1923-2018) приобрели дачу, принадлежавшую дочери В.Д. Поленова Екатерине Васильевне в Тарусе. «Каменный низ с невероятно толстыми стенами и шестью маленькими окнами держал на себе деревянный верх под железной крышей. Окна украшали наличники, расписанные в духе Билибина разными стилизованными русалками и фруктами. Двери тоже были расписаны масляной краской, все в узорах». Сегодня Файдышевский дом – это один из культурных центров Тарусы. Здесь сочетается работа мастерской художников с музейной и выставочной деятельностью, поддерживаются семейные традиции [5].

Андрей Петрович Файдыш-Крандиевский с 1943-го по 1948 год учился в Московском Государственном Академическом художественном институте имени В.И. Сурикова у Л.В. Шервуда, Р.Р. Иодко и А.Т. Матвеева. С 1948 года участник московских, российских, всесоюзных и международных выставок. А с 1949 года он работал в

бригаде скульпторов под руководством Н.В. Томского, создавших скульптуры для московских высоток и серию рельефов по историко-революционной и военной тематике для станций московского метрополитена (станция «Октябрьская»). С начала 1950 годов начинается тесное сотрудничество с М.О. Барщом – одним из главных авторов Московского планетария, и с архитектором А.Н. Колчиным [6].

Андрей Петрович был женат на Ольшанецкой-Файдыш Лидии Ильиничне (1924-1979) художнике и книжном графике. В семье родились две дочери: Марина (1946) и Татьяна (1955), ставшие тоже художниками. Из воспоминаний дочери скульптора, Татьяны Андреевны Файдыш: «Отец лепил космонавтов, у нас бывали: Гагарин, Комаров, Беляев, Леонов. Леонов же сам художник, и отцу было с ним очень сложно, тот по ходу работы все время давал советы - похоже, не похоже. Беляев приезжал с врачом, он уже был тяжело болен. Гагарина я видела мельком, он только раз был на Соколе, в основном позировал отцу в мастерской» [7].

Н.П. Навашина-Крандиевская, как и брат, окончила Московский государственный художественный институт имени В.И. Сурикова (в 1947 году). Ученица И.Э. Грабаря, Д.К. Мочальского, А.А. Дейнеки, С.В. Герасимова. Член Московского союза художников с 1948 года. Создала уникальные портреты современников: писателей, поэтов – К.А. Федина, С.Я. Маршака, артистов – М.И. Царева, Е.М. Шатровой, А.И. Райкина, ученых академика А.П. Александрова, хирурга С.Я. Долецкого, философа М.А. Лифшица и многих других [6].

Выдающийся скульптор А.П. Файдыш-Крандиевский скоропостижно скончался 13 августа 1967 года от сердечной недостаточности, вызванной склерозом сердечной мышцы. В те дни он находился на своей даче в Тарусе, где любил отдыхать вместе с семьей. А.П. Файдыш-Крандиевский похоронен в Москве на Новодевичьем кладбище. Семья бережно хранит эскизы, зарисовки, памятные медали и фотоматериалы Андрея Петровича. Работы же его хранятся в Московских музеях, Калужском, Ярославском, Ростовском, Башкирском, Оренбургском, Нижнетагильском, Саратовском, Мордовском, Чувашском, Новокузнецком, Тобольском, Красноярском музеях, Пермской, Астраханской, Сыктывкарской галереях, в выставочных-комплексах России и в частных коллекциях [8].

Литература

1. Покорителям космоса// Википедия: Свободная энциклопедия.
URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Покорителям космоса](https://ru.wikipedia.org/wiki/Покорителям_космоса) (дата обращения: 14.06.2023)
2. Аллея космонавтов// Википедия: Свободная энциклопедия.
URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Аллея Космонавтов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Аллея_Космонавтов) (дата обращения: 14.06.2023)
3. Навашина-Крандиевская Н.П. Облик времени. – М.: Готика, 1997. 266 с.
4. Навашина-Крандиевская Н.П. О семье отца П.П.Файдыш // LiveInternet: Сайт.
URL: <https://www.liveinternet.ru/users/4316166/post285525690>. (дата обращения: 14.06.2023)
5. Мельникова Т.П. Файдышевский дом// Phaeton: Сайт. URL: <http://www.faito.ru/news/1365839112/?ysclid=li8dks9z6r330709205>. (дата обращения: 14.06.2023)
6. Андрей Петрович Файдыш (Файдыш-Крандиевский) // Космический мемориал: Сайт. URL: <http://sm.evg-rumjantsev.ru/izo/faidysh-krandievskij.html>. (дата обращения: 14.06.2023)
7. Файдыш Т. Мама была талантливым живописцем. Но у нас процветал домострой / Рубрика «В гостях у звезды»// «Квартирный ряд». 15 июля 2004 г. № 28 (495).
8. Файдыш-Крандиевский Андрей Петрович (1920-1967)// Объединение московских скульпторов: Сайт. URL: <https://oms.ru/authors/fajdysh-krandievskij-andrej-petrovich-1920-1967>. (дата обращения: 14.06.2023)

СЕКЦИЯ 2
«ПРОБЛЕМЫ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ»

УДК 303.732

eLIBRARY.RU: 28.29.51

Беляев М Ю.

ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва
г. Королёв, Моск. обл.

Пичугин С.Б.

ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва
г. Королёв, Моск. обл.

Тертицкий Г.М.

ГБУН ИГРАН
г. Москва

Харчиков М.А.

ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва
г. Королёв, Моск. обл.

**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ «УРАГАН» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АППАРАТУРЫ «ICARUS»**

**EVALUATION OF ACCURACY OF DATA OBTAINED DURING
«URAGAN» INVESTIGATION USING «ICARUS» HARDWARE**

Аннотация. Рассмотрены этапы обработки массива данных, полученных от датчиков – тегов на начальной стадии эксперимента «Ураган» с аппаратурой «ICARUS», реализуемого на борту международной космической станции. Приведена оценка точности полученных данных и статистических расчётов. Сформулированы выводы по результатам обработки данных эксперимента.

Ключевые слова: Тег, биологические объекты, международная космическая станция, статистическая обработка данных.

Abstract. Steps of processing of dataset are examined, the one obtained from by sensors, also named tags, during initial stage of Uragan investigation, which is currently performing on board of the International Space Station. The results of analysis and of statistical processing of data obtained are presented. Conclusions are formulated based on the results of processing of experimental data.

Keywords: Teg, biological object, international space station, statistical processing of data.

На базе полигона на Курской биосферной станции ИГ РАН были получены данные о проведении многократных измерений широты и долготы мест размещения тегов – датчиков, используемых для размещения на биологических объектах при проведении эксперимента «Ураган» [1].

Исходные данные включали массив информации из 129 отсчётов о погрешностях измерений при оценке местоположений датчиков. Требовалось оценить погрешность измерений и определить влияние факторов внешней среды на точность измерений.

При обработке выборки полученных данных были получены значения следующих статистических показателей: минимальное значение и максимальное, медианное и модальное значения показателя в блоке выборки, а также его математическое ожидание, среднее квадратическое отклонение, эксцесс и дисперсия.

Взаимное влияние факторов друг на друга определялись по критериям Пирсона и Спирмена, после чего, с использованием стандартной функции ПО MS Excel «Регрессия», была построена модель определения местоположения в виде многофакторного регрессионного уравнения (1).

$$\Delta Y = 3947600 - 51547,6 \cdot L - 35768,9 \cdot D + 0,017 \cdot G_H \quad (1)$$

где ΔY – погрешность определения дальности от тега до реперной точки;

L – широта места, где располагались теги, град.;

D – долгота места, где располагались теги, град.;

G_H – величина индукции магнитного поля Земли (по вектору H), Тл.

В ходе статистической обработки получены следующие результаты:

- наибольшее влияние на погрешность измерения оказывают широта и долгота местоположения тега;
- существенно меньшее влияние на погрешность измерений оказывает величина индукции магнитного поля Земли по компоненте H , а влияние прочих факторов признано несущественным;
- средняя погрешность определения местоположения составляет 3,98 м;
- с вероятностью 0,997 погрешность определения местоположения не превысит 10,1 м;

– регрессионная модель имеет вид (1), а достоверность модели составляет 0,805 по показателю «нормированный R2» и модель может быть признана как «достоверная».

Литература

1. Беляев М.Ю., Волков О.Н., Соломина О.Н., Тertiцкий Г.М. Исследование миграций животных с помощью научной аппаратуры «ИКАРУС» в космическом эксперименте «УРАГАН» в РС МКС // Гироскопия и навигация, том 30, № 3(118), с. 3-19. DOI 10.17285/0869-7035.0095.

УДК 629.786.2

eLIBRARY.RU: 55.49.29; 55.49.31

Монахов М.И.

ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва
г. Королёв, Моск. обл.

Аюкаева Д.М.

ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва
г. Королёв, Моск. обл.

Беляев М.Ю.

ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва, г. Королёв, Моск. обл.
МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
г. Мытищи, Моск. обл.

Матвеева Т.В.

ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва
г. Королёв, Моск. обл.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «ИЗГИБ» НА МКС

SOME RESULTS OF THE «IZGIB» SPACE EXPERIMENT ON BOARD THE ISS

Аннотация. В докладе представлены результаты, полученные при проведении космического эксперимента «Изгиб» на российском сегменте (РС) МКС. Эксперимент заключался в исследовании микрогравитационной обстановки на борту МКС, определении условий полета и режимов работы штатного и научного оборудования МКС, обеспечивающих выполнение требований, предъявляемых к уровням микрогравитации, и определении возможностей проведения

экспериментов с помощью РС МКС. В эксперименте были отработаны также новые технологии проведения экспериментальных работ на борту ТГК «Прогресс», входящих в состав РС МКС.

Ключевые слова: микрогравитационная обстановка, возмущения, акселерометр, закрутка, ориентация, датчик конвекции, тросовая система.

Abstract. The report presents the results obtained during the «Izhib» space experiment on board the Russian segment (RS) of the ISS. The experiment was to study the microgravity environment on board the ISS, to determine flight conditions and operational modes of the ISS nominal and scientific equipment, which ensure the compliance with the requirements to the microgravity levels, and to determine the feasibility to carry out experiments using the ISS RS. New technologies for experimental work on board «Progress» spaceships as part of the ISS RS were also verified during the experiment.

Keywords: microgravity environment, disturbances, accelerometer, spinning, orientation, convection sensor, tether system.

С целью изучения условий для экспериментов на МКС и ТГК «Прогресс» и отработки новых технологий, обеспечивающих лучшие условия выполнения исследований, был организован эксперимент «Изгиб». Для исследований микрогравитационной обстановки на МКС в эксперименте использовались данные, получаемые от штатных бортовых датчиков угловых скоростей и акселерометров, размещенных на борту РС МКС, а также от акселерометров MAMS (Microgravity Acceleration Measurement System) и SAMS (Space Acceleration Measurement System), находящихся в зоне АС МКС.

Были получены значения микроускорений, возникающих при стыковках и расстыковках с МКС космических аппаратов различных типов, при проведении коррекций орбиты МКС, при изменениях ориентации станции, на фоне занятий экипажа физическими упражнениями [1]. Выполненные исследования показали, что микрогравитационная обстановка на борту РС МКС не является благоприятной для проведения работ и исследований, чувствительных к микроускорениям. Это связано с тем, что центр масс МКС находится на американском сегменте, а многие бортовые системы, создающие микроперегрузки, размещены на РС МКС.

Поэтому для проведения исследований в области микрогравитации было предложено использовать ТГК «Прогресс» после выполнения ими своих основных функций [2-7], поскольку они обладают ещё значительными ресурсами и могут быть использованы для выполнения

экспериментов после отстыковки от МКС. В эксперименте «Изгиб» исследовались параметры движения ТГК «Прогресс» в различных режимах автономного полета ТГК с целью определения и оптимизации условий выполнения исследований на его борту. Задавая различные режимы полета (определенные ориентации и закрутки ТГК), можно получать микроперегрузки задаваемой величины и направленности, что необходимо для выполнения конкретных технологических процессов [15-19].

Поскольку на ТГК отсутствует экипаж и бортовые системы жизнеобеспечения, микроперегрузки на нем оказываются значительно ниже, чем на РС МКС. Особенно благоприятными для выполнения КЭ в области микрогравитации оказываются пассивные режимы ориентации ТГК, не требующие энергетических затрат для их поддержания. Однако их практическое использование потребовало разработки способов управления, позволяющих обеспечить устойчивый неуправляемый полет ТГК и достаточный приход электроэнергии [9-11].

Для выполнения задач эксперимента «Изгиб» в части изучения процессов конвекции использовалась научная аппаратура «Дакон-М», разработанная для исследований конвективных течений, вызванных малыми инерционными силами на РС МКС. Данная научная аппаратура является усовершенствованным вариантом аппаратуры «Дакон», успешно прошедшей летные испытания на станции «Мир» [8,14].

В развитие КЭ «Изгиб» и на основе полученного опыта были инициированы работы по созданию следующей версии датчика конвекции - «Дакон-П» для проведения экспериментов на ТГК «Прогресс» с использованием режимов закрутки ТГК на Солнце в автономном полете, что позволяет обеспечить необходимый приход электроэнергии и требуемые значения микроускорений для изучения процесса конвекции.

Грузовые корабли «Прогресс» позволяют также выполнить много других уникальных исследований и экспериментов [4,7,8,15] – это, например, исследования с научной аппаратурой «Космический трал», которая может быть размещена в отделяемой на тросе от ТГК «Прогресс» капсуле [13,18]. С помощью НА «Космический трал» предполагается исследовать верхние слои атмосферы и получить данные о её ионном составе, провести мониторинг электромагнитных излучений, выполнить измерения температуры и электронной концентрации плазмы. При отделении спускаемого модуля от ТГК на кабель-тросе могут быть исследованы маятниковые, поперечные и

продольные колебания кабель-троса, темп снижения орбиты спускаемого модуля. При изучении верхних слоев атмосферы и ионосферы с помощью тросовой системы возможна отработка технологии разворачивания тросовой системы и передача информации с помощью оптического волокна, обеспечивающего наибольшую защиту передаваемой информации от внешних электромагнитных полей.

Полученные в процессе выполнения КЭ «Изгиб» результаты могут быть использованы, кроме того, для перспективного модуля, на котором будет возможно выполнять технологические процессы в автономном полете с многократными стыковками со станцией.

Эффективность обрабатываемых в КЭ «Изгиб» технологий, применяемых научных методов и научной аппаратуры подтверждается большим количеством патентов, успешными обсуждениями результатов КЭ на представительных форумах и публикациями в научных и научно-технических изданиях (около ста публикаций).

Литература

1. Беляев М.Ю., Брюханов Н.А., Рябуха С.Б., Стажков В.М., Лукьященко А.В., Обыденников С.С. Микровозмущения, возникающие в процессе эксплуатации Российского сегмента МКС // Космонавтика и ракетостроение №1 (46), 2007г., научно-технический журнал, ЦНИИМаш, с.121-129.
2. Matveeva T.V., Belyaev M.Yu., Tsvetkov V.V. Challenges and Perspectives of Transport Cargo Vehicles Utilization for Performing Research in Free Flight // Acta Astronautica 94 (2014), 139-144.
3. Matveeva T.V., Belyaev M.Yu., Sazonov V.V. Utilization of the Progress transport cargo vehicle capabilities to perform microgravity experiments // IAC-13-A2.5.6.
4. Беляев М.Ю., Легостаев В.П., Матвеева Т.В., Монахов М.И., Рулев Д.Н., Сазонов В.В. Оработка методов проведения экспериментов в области микрогравитации в автономном полете грузового корабля «Прогресс М-20М» // Журнал «Космическая техника и технологии», № 3, 2014, с.22-32.
5. Матвеева Т.В., Беляев М.Ю. Управление транспортными грузовыми кораблями «Прогресс» при проведении экспериментов // XXIV Санкт-Петербургская Международная конференция по интегрированным навигационным системам, 29-31 мая 2017, с.52-55.
6. Belyaev M.Yu., Matveeva T.V., Monakhov M.I., Rulev D.N., Sazonov V.V., Modes of Uncontrolled Rotational Motion of the Progress M-29M Spacecraft, Cosmic Research, 2018, Vol. 56, No. 1, pp. 54–67.

7. Беляев М.Ю., Карасев Д.В., Матвеева Т.В., Рулев Д.Н. Грузовые корабли «Прогресс» в программах орбитальных станций (к 40-летию первого в мире полета грузового корабля к орбитальной станции) // Журнал «Космическая техника и технологии», № 1, 2018, с. 85-101.
8. Аюкаева Д.М., Бабушкин И.А., Беляев М.Ю., Зильберман Е.А., Матвеева Т.В., Сидоров А.С. Эксперименты по изучению конвективных течений с аппаратурой «Дакон-П» на транспортном грузовом корабле «Прогресс» // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2019. Т. 18, № 1. С. 7-17. DOI: 10.18287/2541-7533-2019-18-1-7-17.
9. Беляев М.Ю., Брюханов Н.А., Бабкин Е.В., Матвеева Т.В., Сазонов В.В., Цветков В.В. Способ управления ориентацией космического аппарата с неподвижными панелями солнечных батарей при выполнении экспериментов на орбитах с максимальной длительностью теневого участка // Патент на изобретение № 2457158 № заявки 2010139068 от 22.09.2010г.
10. Беляев М.Ю., Матвеева Т.В. Способ управления ориентацией космического аппарата при проведении экспериментов с научной аппаратурой по изучению конвекции // Патент на изобретение № 2581281, № заявки 2014112742 от 01.04.2014г.
11. Беляев М.Ю., Матвеева Т.В. Способ определения тензора инерции космического аппарата в полете // Патент на изобретение №2587764 № заявки 2014129427 от 18.07.2014г.
12. Матвеева Т.В., Беляев М.Ю., Сазонов В.В. Способ определения тензора инерции космического аппарата // Патент на изобретение № 2587663 № заявки 2014143692 от 30.10.2014г.
13. Беляев М.Ю., Матвеева Т.В. Способ зондирования верхней атмосферы // Патент на изобретение № 2567998, № заявки 2014112734 от 01.04.2014г.
14. Babushkin I.A., Belyaev M.Yu., Glukhov A.F., Zavalishin D.A., Ivanov A.I., Maksimova M.M., Putin G.F., Sazonov V.V. Experiments with the DAKON-M Convection Sensor // ISSN 0010-9525, Cosmic Research, 2017, Vol. 55, No. 4, pp. 263–269.
15. Беляев М.Ю., Карасев Д.В., Матвеева Т.В. Использование грузовых кораблей «Прогресс» для проведения экспериментов // Труды LI Научных чтений К.Э. Циолковского. Секция «Проблемы ракетной и космической техники» г. Калуга, 20-22 сентября 2016г., Казань, 2017г., с. 28-39.
16. Матвеева Т.В., Беляев М.Ю. Управление транспортными грузовыми кораблями «Прогресс» при проведении экспериментов //

XXIV Санкт-Петербургская Международная конференция по интегрированным навигационным системам, 29-31 мая 2017, с.52-55.

17. Belyaev M.Yu., Matveeva T.V., Monakhov M.I., Rulev D.N., Sazonov V.V. Modes of Uncontrolled Rotational Motion of the Progress M-29M Spacecraft // Cosmic Research, 2018, Vol. 56, No. 1, pp. 54–67.

18. Патент 2655645 от 29.05.2018 г. Способ зондирования верхней атмосферы / Беляев М.Ю. // Заявка на изобретение № 2016148759 от 12.12.2016.

19. Belyaev M.Yu., Matveeva T.V., Monakhov M.I., Rulev D.N., Sazonov V.V. Reconstruction of Rotational Motion of the Progress Spacecraft in the Mode of One-Axis Solar Orientation According to Solar Array Current Measurements // Cosmic Research, 2021, Vol. 59, No. 2, pp. 126–141.

УДК 629.786.2

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Смоленцева Л.А.

ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва

г. Королёв, Моск. обл.

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ИССЛЕДОВАНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ, В ПАО «РКК «ЭНЕРГИЯ»

PROCESSING OF EXPERIMENTS AND RESEARCH RESULTS OBTAINED FROM THE INTERNATIONAL SPACE STATION AT RSC ENERGIA COMPANY

Аннотация. В докладе рассмотрены аспекты наземной обработки результатов, полученных в процессе выполнения ряда экспериментов на МКС, в том числе при исследовании Земли в рамках космического эксперимента «Ураган» на российском сегменте МКС.

Ключевые слова: МКС, дистанционное зондирование Земли, спектр, обработка информации, наземные исследования, автоматизация.

Abstract. The report examined the aspects of ground processing of the results obtained during the number of experiments on the ISS, including the research of the Earth of the space experiment "Uragan" from onboard ISS Russian segment.

Keywords: ISS, Earth remote sensing, spectrum, information processing, ground research, automation, remote sensing of the Earth, ISS.

Важным направлением использования космической техники является наблюдение и изучение земной поверхности. Для отработки технических средств и методов дистанционного зондирования Земли был организован космический эксперимент «Ураган» на российском сегменте (РС) международной космической станции (МКС). Эксперимент «Ураган» проводится в том числе для наблюдения потенциально опасных и катастрофических явлений, возникающих на Земле [1]-[4].

В рамках проведения космического эксперимента используется несколько видов научной аппаратуры, регулярно приходят данные по результатам проведенных сеансов.

Для проведения наземного моделирования условий проведения эксперимента, выбора объектов и схемы исследования, проведения экспресс-анализа и предварительной обработки полученных данных в ПАО «РКК «Энергия» создаются автоматизированные рабочие места (АРМ).

Научная аппаратура «ВСС» предназначена для проведения измерений характеристик отраженного излучения подстилающих поверхностей в диапазоне длин волн от 400 до 950 нм при выполнении мониторинга земной поверхности. Мониторинг реализуется через покадровую съемку с регистрацией сопутствующих спектров высокого разрешения в каждой точке трех пространственных полос, расположенных в разных места поперек кадра изображения [2. с.63]. Для анализа спектральных данных, полученных при исследовании земной поверхности с помощью НА «ВСС» было создано АРМ «ВСС», которое включает на данный момент в себя программы для моделирования условий проведения эксперимента и для экспресс-обработки данных.

Методы и технические средства для исследования земной поверхности, отработанные в рамках проведения космического эксперимента «Ураган» могут быть использованы в дальнейшем при исследовании земной поверхности с помощью автоматизированных спутниковых систем.

Литература

1. Беляев М.Ю. Научная аппаратура и методы изучения Земли в космическом эксперименте «Ураган» на Международной космической станции // Соврем. проблемы дистан. зондир. Земли из космоса -2021.- Т.18-№3-с.92-107
2. Беляев М.Ю., Десинов Л.В., Караваев Д.Ю., Сармин Э.Э., Юрина О.А. Аппаратура и программно-математическое обеспечение для

изучения земной поверхности с борта российского сегмента Международной космической станции по программе «Ураган» // Журнал «Космонавтика и ракетостроение»-2015.- № 1- с.63-70.

3. Беляев М.Ю., Беляев Б.И., Боровихин П.А., Голубев Ю.В., Ломако А.А., Рязанцев В.В., Сармин Э.Э., Сосенко В.А. Система автоматической ориентации научной аппаратуры в эксперименте «Ураган» на Международной космической станции. // Космическая техника и технологии - 2018- № 4 (23) -С. 69-78.

4. Беляев М.Ю., Беляев Б.И., Иванов Д.А., Катковский Л.В., Мартинов А.О., Рязанцев В.В., Сармин Э.Э., Силюк О.О., Шукайло В.Г. Атмосферная коррекция данных, регистрируемых с борта МКС. Часть II. Методика для изображений и результаты применения. // Соврем. проблемы дистан. зондир. Земли из космоса - 2018. - Т. 15.- № 6. - С. 223-234.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 55.49.07

Бронников С.В.

кандидат технических наук

главный научный сотрудник

ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева

г. Королев, Моск. обл.

СРЕДСТВА ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

TRAINING TOOLS FOR OPERATORS OF THE MANNED SPACE VEHICLE AUTOMATED CONTROL SYSTEM

Аннотация. В настоящее время для подготовки операторов группы автоматизированной системы контроля используется комплексный тренажер и стажировка на рабочих местах ЦУП. В работе предлагается дополнительно создать комплекс индивидуальных тренажеров для подготовки операторов, основой которых являются ситуационно-динамические модели телеметрических параметров в виде полиномов нулевого порядка.

Ключевые слова: автоматизированная система контроля, пилотируемый космический аппарат, группа анализа, тренажер.

Abstract. Currently, for the training of operators of the automated control system group, a complex simulator and internships at the workplaces of the MCC are used. The paper proposes to additionally create a complex of individual simulators for training operators, which are based on situational-dynamic models of telemetric parameters in the form of zero-order polynomials.

Keywords: manned spacecraft, automated monitoring system, analysis group, simulator.

Автоматизированная система контроля (АСК) является одной из основных подсистем автоматизированной системы управления (АСУ) полетом космического аппарата (КА) [1]. Целью АСК является оценка состояния КА и текущей обстановки и выработка предложений по дальнейшей эксплуатации КА [2].

Создание системы контроля пилотируемого КА, работающей в автоматическом режиме в настоящее время невозможно. Основные причины принципиальной невозможности создания автоматической системы контроля ПКА:

- контролируемый объект – пилотируемый КА является развивающейся системой, программа его полета постоянно изменяется в связи с воздействием случайных факторов: непредвиденными изменениями внешней обстановки, возникновением новых задач, отклонениями в работе бортовых систем и исполнительных действиях наземного персонала АСУ КА и экипажа, модернизацией бортовых систем, и т.п.;
- пилотируемый КА является гибкой системой: имеется практически бесконечное множество вариантов построения циклограммы полета для выполнения конкретной задачи;
- высокая сложность современного ПКА: число телеметрических параметров составляет $10^4 - 10^5$, количество управляющих воздействий $10^3 - 10^4$;
- наличие нерасчетных нештатных ситуаций.

Основным элементом АСК является персонал (операторы, специалисты группы анализа), который образует так называемую группу анализа (ГА) бортовых систем [3], которая входит в состав главной оперативной группы управления, размещенной в ЦУП.

Процесс контроля КА в полете представляет собой сложную мыслительную деятельность, которая связана с формулированием цели и направлена на переработку информации. Это сложная аналитико-синтетическая деятельность, которая включает моделирование функционирования КА, восприятие и перекодирование

поступающей с борта информации, выбор оценочных или опознавательных мер (эталонов) и оценка состояния параметров контролируемого объекта, выявление ситуаций, требующих изменения программы полета, разработку предложений по изменению программы полета. Реализация принятого оператором ГА решения осуществляется на вербальном уровне, посредством передачи сообщений и докладов другим операторам АСУ КА. Основными элементами в деятельности оператора ГА являются навыки оперативного мышления (оценка текущей ситуации, принятие решения, актуализация концептуальной модели КА, построение и реализация алгоритма своей деятельности.) [4]:

В своей работе операторы ГА используют следующие основные аппаратно-программные средства и техническую документацию.

1. Средства автоматизированной предварительной и первичной обработки ТМИ в реальном масштабе времени, выполняющие прием входного потока, распаковку, фильтрацию, и сжатие информации, преобразование параметров в физическую величину и их привязку ко времени.
2. Средства обработки и представления операторам изображений (фото и видео), а также голосовой информации (переговоры наземных операторов между собой и с экипажем).
3. Средства деятельности операторов, включая техническую документацию на КА, технические средства АСУ КА, персональные средства связи и обработки информации, специальное программно-математическое обеспечение АСК (СМОАСК).

В общем случае СМОАСК может включать следующие элементы:

- средства вторичной обработки информации измерений, предназначенные для расчета характеристик бортовых систем, значений, получения сложных форм представления состояния бортовых систем в виде схем, изображений, анализа динамики изменения непрерывных параметров и т.п.
- экспертную систему.

Основой построения СМОАСК являются математические модели бортовых систем КА.

Для работы в составе ГА у операторов должны быть выработаны следующие навыки и умения:

- контроля выполнения полетных операций и процесса функционирования КО, включая распознавание в реальном масштабе времени отклонений и нештатных ситуаций;

- использования технической документации, специального программно-математического обеспечения АСК, средств деятельности своего рабочего места для решения оперативных задач контроля;
- взаимодействия операторов ГА между собой и с другими операторами ГОГУ.

Для обеспечения подготовки должна быть создана система подготовки операторов и должны быть разработаны средства подготовки. Поэтому определение состава средств подготовки, разработка требований к ним является актуальной задачей.

Средства подготовки можно представить в виде двух множеств: учебные средства, предназначенные для теоретического обучения; тренажные средства, предназначенные для выработки необходимых навыков и умений.

В состав средств обучения должны входить официальная конструкторская документация на КА, на средства АСУ КА, в том числе бортовые инструкции экипажа, эксплуатационная документация по управлению полетом КА в виде интерактивных электронных технических руководств [6]. Эта документация должна быть загружена в соответствующую базу данных, которая должна быть доступна в оперативном режиме с персонального компьютера рабочего места оператора, или персонального планшетного компьютера оператора.

В состав тренажных средств должны входить комплексный тренажер (КТ) ГОГУ, который представляет собой распределенный комплекс технических средств и персонала, располагаемых в нескольких организациях. Основными составными частями КТ ГОГУ является комплексный моделирующий стенд (КМС) и штатные технические средства ЦУП, соединенные каналами связи. Структура КТ приведена на рис. 1

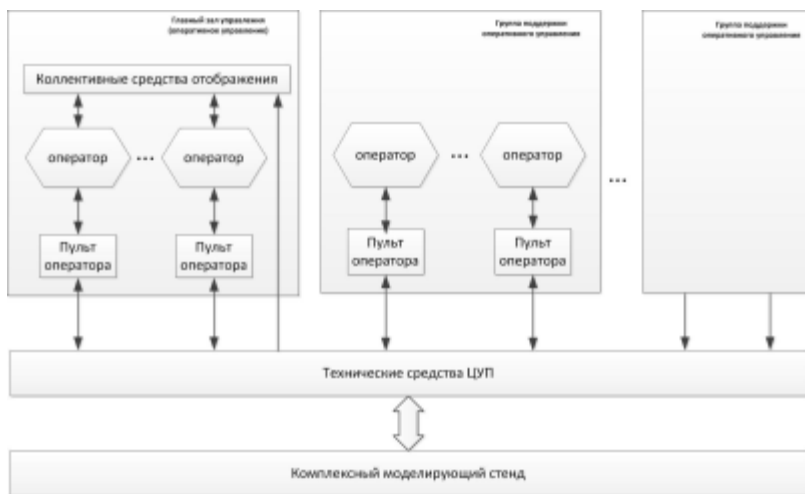


Рис. 1. Схема комплексного тренажера операторов ГОГУ

С использованием КТ решаются следующие задачи подготовки операторов ГА:

Теоретически КТ может обеспечить выработку всех указанных выше навыков и умений. Однако, КТ не позволяет обеспечить требуемый объем тренировок для выработки у операторов ГА навыка оперативного распознавания состояния КО по его информационной модели, т.к. требуемый объем тренажерной подготовки одного оператора ГА составляет около 100-200 часов. Учитывая, что в состав ГА пилотируемого КА входит несколько десятков операторов, исключить на такое время КМС и ЦУП от выполнения задач по управлению полетом не представляется возможным. Кроме того, стоимость этих средств настолько велика, что выполнять индивидуальные тренировки операторов ГА с использованием КТ соответствует пословице «стрелять из пушки по воробьям».

Поэтому для выработки навыка распознавания состояния КО по его информационной модели предлагается использовать индивидуальный компьютерный тренажер (ИТ), представляющий собой персональный компьютер со специальным программным обеспечением [4].

Стоимость создания и эксплуатации такого тренажера на несколько порядков меньше, по сравнению с КТ. Основной особенностью ИТ является тип используемых моделей КО и технология их создания. В ИТ предлагается использовать ситуационно-динамическую модель (СДМ) КО. СДМ модель в отличие от всережимной модели (ВДМ),

которая моделирует состояние КО в любом режиме его работы, при любом управляющем воздействии моделирует состояние КО только одного конкретного режима функционирования КО, для предварительно заданного ограниченного перечня управляющих воздействий. СДМ представляет собой множество функций поведения телеметрических параметров КО в конкретном режиме, в конкретной обстановке на определенном временном интервале (сеансе связи). Для моделирования большинства телеметрических параметров можно использовать полиномы нулевого порядка. Учитывая, что результаты первичной обработке ТМИ в ЦУП представляются полиномами нулевого порядка, основной массив ситуационно-динамических моделей телеметрических параметров для ИТ можно формировать в автоматическом режиме. Для, каждой выполняемой операции или для каждого режима функционирования КО требуется отдельная СДМ. Для тренировки операторов ГА одного КА требуется создать до 100 СДМ.

Таким образом для подготовки операторов ГА предлагается использовать 2 типа тренажеров: КТ ГОГУ и комплекс ИТ. Функциональная схема комплекса ИТ приведена на рис. 2.



Рис.2. Структура комплекса ИТ операторов ГА. ИТ_{*i*} – индивидуальный тренажер-рабочее место обучаемого; $i = \overline{1, N_0}$; РМИ_{*i*} – рабочее место инструктора; $i = \overline{1, N_{\text{и}}}$.

Выводы

Предлагается для подготовки операторов ГА дополнительно с использованием КТ ГОГУ применять комплекс ИТ.

С помощью ИТ можно обеспечить выработку навыков выполнения следующих элементов деятельности:

Предсеансная подготовка к работе, включая изучение программы сеанса, запланированных действий экипажа, режимов работы КО; разработку стратегии контроля ТМ параметров в течение сеанса связи; прогнозирование значений и моментов времени изменения важных параметров.

Контроль состояния объекта в сеансе связи, включая: контроль работоспособности КО; контроль соответствия режимов работы КО

запланированной программе; идентификацию возникших отклонений от номинального полета; определение причин и возможных последствий этих отклонений; выработку заключений о состоянии контролируемого объекта и выдача рекомендаций по дальнейшей программе полета;

Применение ИТ позволяет повысить эффективность процесса подготовки операторов ГА к самостоятельной работе в составе ГОГУ.

Литература

1. ГОСТ Р 53802-2010. Системы и комплексы космические. Термины и определения. М.-Стандартинформ. – 2011. 28с.
2. 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.
3. Бронников С.В. Проектирование системы контроля полёта пилотируемого космического аппарата // Материалы 56-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского, часть 1 (Калуга, 2021 год), с.197-201.
4. Бронников С.В. Тренажерная система для непрерывного контроля и управления уровнем подготовленности операторов (на примере операторов группы анализа АСУ КА). Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, Институт психологии РАН, 1988 г., 140с.

УДК 629.786

eLIBRARY.RU: 89.01.11

Мельников В.М.

доктор технических наук, профессор
РУДН, Инженерная академия
г. Москва

Бондаренко Ю.А.

ассистент кафедры высшей математики
РГАУ-МСХА им. Тимирязева
г. Москва

**К 30-ЛЕТИЮ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «ЗНАМЯ-2»
ПО РАЗВЕРТЫВАНИЮ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ
КРУПНОГАБАРИТНОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ТГК
«ПРОГРЕСС», КАК МЕЧТЫ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО**

**TO THE 30TH ANNIVERSARY OF THE ZNAMYA-2 SPACE
EXPERIMENT ON THE DEPLOYMENT OF A CENTRIFUGAL
LARGE-SIZED STRUCTURE AT PROGRESS TGC,
LIKE K.E. TSIOLKOVSKY'S DREAM**

Аннотация. Преимущества центробежных конструкций могут быть определяющими для перспективных разработок космической техники. Одной из наиболее удачных реализаций такой конструкции стал космический эксперимент «Знамя-2». Однако такие конструкции ранее не применялись к разработке космических солнечных электростанций. В докладе описывается суть эксперимента и показано, как опыт такой разработки окажется полезным в приложении к разработке космических электростанций.

Ключевые слова: космическая солнечная электростанция, космическая энергетика, Знамя-2, крупногабаритные космические конструкции, центробежные конструкции, развертываемые космические аппараты.

Abstract. The advantages of centrifugal structures are crucial for future developments in space technology. One of the most successful implementations of such a design was the “Znamya-2” space experiment. However, such designs have not previously been applied to the development of space solar power plants. The paper describes the essence of the experiment and shows how the experience of such design will prove useful in the application to the development of space power plants.

Keywords: space solar power station, space energy, Znamya-2, large space structures, centrifugal structures, expandable spacecraft.

К.Э. Циолковский в 20-х годах прошлого века указывал на необходимость изменения мышления с земного на космическое при выходе в космос и перспективность использования центробежных конструкций, как «истинно космических», использующих такие условия космоса, как невесомость и вакуум для своего существования.

Исследования возможностей создания и использования крупногабаритных космических конструкций проводились в РКК «Энергия» им. С.П. Королёва с начала 1980-х годов. Исследовались каркасные, электростатические, надувные, отверждаемые,

центробежные конструкции. Последние были признаны центробежные конструкции, отличающиеся от аналогов рядом существенных преимуществ:

- значительно меньшая масса конструкции из-за отсутствия жёсткого каркаса;
- меньшая стоимость технологии изготовления;
- простота конструкции, её высокая надёжность;
- возможность наземной модельной и поэлементной отработки;
- возможность автоматического раскрытия и обратного свёртывания на орбите без колебаний и запутывания;
- возможность управления ориентацией в пространстве на гироскопическом принципе без расхода рабочего тела, поскольку система сама является тяжёлым гироскопом;
- практическая нечувствительность к метеоритному потоку;
- возможность создания параболического концентратора.

В рамках темы «Знамя» в 1993 г. был осуществлён уникальный космический эксперимент (рис.1) на транспортно-грузовом корабле (ТГК) «Прогресс» вблизи с орбитальной станцией (ОС) «Мир».

Центробежная конструкция из плёнки майлар диаметром 20м весила 4 кг. В космическом эксперименте, носившем название «Знамя 2», было осуществлено раскрытие конструкции из уложенного состояния и переориентация раскрытой конструкции в пространстве с демпфированием возникающих при этом колебаний. Была проведена подсветка района Земли отражённым с орбиты солнечным светом. Луч пересёк территорию заснеженной Белоруссии. Эксперимент подтвердил перспективность направления разработки центробежных бескаркасных конструкций для решения перспективных задач космической техники.

Важным вопросом является воздействия космического мусора и метеоритных потоков в течение длительного ресурса (более 15 лет) на КСЭС. Все варианты зарубежных конструкций этому условию не отвечают. Например, Японская система из площадки 100х95 м с прикреплёнными для гравитационной стабилизации по углам тросами длиной 10-15 км критична к космическому мусору. Аналогично предлагаемый Китаем надувной шар диаметром 300-3000 м[1],[3].



Рис. 1а. центробежная конструкция на ТГК «Прогресс» в полёте над океаном

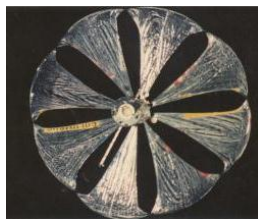


Рис. 1б. фото отражателя на фоне космического пространства

Разработка таких масштабных космических систем многоэтапная и дорогостоящая [2]. К системе «Энергия – Буран» было привлечено 1300 предприятий и институтов, хотя эта система являлась более традиционной разработкой в авиационно-космической технике в сравнении с КСЭС [5]. На разработку последних на уровне промышленного внедрения могут уйти десятилетия и значительное финансирование. По этой причине необходимо всемерно использовать уже накопленный космической отраслью опыт. Центробежные обсуждались Циолковским в начале прошлого века, как «истинно космические», использующие невесомость и глубокий вакуум для своего существования.

Заключение

Космический эксперимент «Знамя-2», открывший новое направление создания крупногабаритных бескаркасных центробежных конструкций в космической технике, может стать эффективной базой для формирования проектно-конструкторского облика космических солнечных электростанций [4], активно создаваемых в Китае, Японии, США и других странах в связи с энергетическим кризисом и грозящими обесцениванием природных ресурсов. Создание таких станций – одно из возможных решений грядущего энергетического кризиса.

Литература

1. Китай обещает построить космические солнечные электростанции к 2035 г. // PKT N49, 2019, С.25-26.
2. Space-Based Solar Power As an Opportunity for Strategic Security. Phase of Architecture Feasibility Study // Report to the Director. National Security Space Office. 10 October 2007.
3. S. Sasaki and JAXA Advanced Mission Research Group. SSPS development road map // IAC- 09.C3.1.4. October 2009.

4. Райкунов Г.Г., Комков В.А., Мельников В.М., Харлов Б.Н. Центробежные бескаркасные крупногабаритные космические конструкции. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 447с.
5. Райкунов Г.Г., Комков В.А., Сысоев В.К., Мельников В.М. Космические солнечные электростанции – проблемы и перспективы. М: Изд. РУДН, 2017г., 283с.

УДК 629.786
eLIBRARY.RU: 89.01.11

Бондаренко Ю.А.

ассистент кафедры высшей математики
РГАУ-МСХА им. Тимирязева
г. Москва

Мельников В.М.

доктор технических наук, профессор
РУДН, Инженерная академия
г. Москва

СОСТОЯНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПРОЕКТА КОСМИЧЕСКОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ OMEGA

STATE OF THE PROMISING SPACE SOLAR POWER PROJECT OMEGA

Аннотация. До недавнего времени проектами собственных космических электростанций обладали только NASA, ECA и JAXA. Россия до сих пор не заявила собственного участия в гонке проектов таких станций, однако КНР активно участвует в разработке. В 2016 году был представлен проект станции под названием OMEGA. В докладе описывается проект целиком, его преимущества и недостатки, выявлены наиболее интересные технические решения. В целом проект ведётся с отставанием от первоначального заданного графика, тем не менее проект всё ещё наиболее реалистичный среди прочих.

Ключевые слова: космическая солнечная электростанция, космическая энергетика, КСЭС OMEGA, проектный анализ, перспективные проекты станций.

Abstract. Until recently, only NASA, ECA, and JAXA had their own space power plant projects. Russia has yet to declare its own participation in the race for such station projects, but China is actively involved in the development. In 2016, a station project called OMEGA was presented. The

report describes the whole project, its advantages and disadvantages, and identifies the most interesting technical solutions. In general, the project is being conducted with a lag from the initial set schedule, nevertheless the project is still the most realistic among others.

Keywords: space solar power plant, space energy, OMEGA CSPP, design analysis, promising station projects.

Первая концепция космической солнечной электростанции (КСЭС) была представлена Глейзером в 1968 г. [1]. Основная идея состоит в том, что солнечный свет собирается и преобразуется в электричество в космосе, а затем передается на наземную приемную антенну с помощью беспроводной передачи энергии (БПЭ). В будущем КСЭС способны стать основным источником электроэнергии для Земли, орбитальных станций, обитаемых станций на небесных телах (Марсе, Луне и т.д.) [2]. Наиболее современные проекты КСЭС основаны на проекте Мэнкинса ALPHA [3]. В Китае идеями КСЭС активно занимаются с 2008 года [4]. В 2016 году была опубликована концепция КСЭС OMEGA (Orb-shape Membrane Energy Gathering Array).

КСЭС OMEGA разрабатывается совместно усилиями Китайской академией наук и Китайской академии аэрокосмической промышленности и авиации. Система предназначена для обеспечения эффективного и надежного энергоснабжения удаленных районов Китая, имеет модульную сферическую конструкцию и проектную выходную мощность до 2 ГВт (планируется к 2050 году). Предполагается, что модульность конструкции, а также ее сферическая форма, позволит снизить затраты на электроэнергию и обеспечить значительную экономию как энергии, так и топлива. Проект является важным шагом вперед в развитии возобновляемых источников энергии, и ожидается, что он окажет долгосрочное влияние на глобальный энергетический ландшафт.

У КСЭС OMEGA есть ряд преимуществ. В частности, предлагаемая концепция обладает относительно малым расходом энергии на регулировку. Форма фотомассива и антенны способствует рассеиванию тепла, уменьшая затраты на охлаждение системы. Передающая антенна соединена с главным рефлектором посредством длинных пролетных кабелей. Максимальная длина кабелей в предлагаемом проекте может быть сокращена до 4 раз по сравнению с тросовой КСЭС JAXA [5].

Для сборки станции рассматриваются несколько подходов: роботизированная сборка на орбите; предварительная сборка; ручная сборка на орбите. В любом случае нужна наземная обработка. Для этих

целей в 2018 году было объявлено о строительстве инженерно-исследовательской лаборатории [6]. К 2020 году, как сообщалось, строительство близко завершению. На 2023 год строительство всё ещё не завершено. На базе лаборатории отработана передача энергии на расстояние порядка 10 м [7]. В настоящее время проводятся испытания для оценки работы роботов, солнечных парусов и систем хранения энергии. Также сообщалось, что уже завершена экспериментальная установка для конвертации солнечного излучения непосредственно в СВЧ-лучи.

Работа над проектом, видимо, ведётся с отставанием от первоначального графика. Так, ранее заявлялось о том, что к 2025 году должен быть отработан приём электроэнергии из стратосферы, а на 2023 год технология передачи электроэнергии на такие расстояния не отработана даже лабораторно.

К 2035 году предполагается выведение рабочей станции на геостационарную орбиту, однако динамика станции, вибрационная устойчивость, защищённость от метеоритных потоков и космического мусора станции даже не рассматривалась.

Построена или близка к этому научно-исследовательская лаборатория, на базе которой уже отработывают технологии БПЭ. Однако, предстоит ещё большая работа по созданию серьёзной производственной базы по изготовлению фотоэлектронных элементов, лазеров или СВЧ-компонентов для БПЭ, роботов.

Литература

1. P.E. Glaser, Power from the sun: its future, Science 162 (1968) 857–861.
2. В.А. Комков, В.М. Мельников, Ю.Н. Разумный, А.Г. Милованов. Космические солнечные электростанции. /Учебное пособие. М: Изд-во КНОРУС, 2020.-153с.
3. J.C. Mankins, SPS-ALPHA: the first practical solar power satellite via arbitrarily large phased array, Artemis Innovation Management Solutions LLC, September 2012
4. An inexhaustible solar power station in space? China may get one by 2028 https://www.business-standard.com/article/international/china-plans-to-set-up-1-megawatt-solar-power-station-in-space-by-2028-22060800426_1.html.
5. Dong Shiwei et al. Retro-directive microwave power beam steering technology for space solar power station. Chinese Space Science and Technology, 2022, 42(5):91-102(inChinese).

6. S. Sasaki, K. Tanaka, S. Kawasaki, N. Shinohara, K. Higuchi, N. Okuizumi, K. Senda, K. Ishimura, The USEF SSPS study team, conceptual study of SSPS demonstration experiment, Radio Sci. Bull. 310 (2004) 9–14.
7. Delun Li et al. A Survey of Space Robotic Technologies for On-Orbit Assembly. SPACE: SCIENCE & TECHNOLOGY 1 Sep 2022 Vol 2022 Article ID: 9849170 DOI: 10.34133/2022/9849170.

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

СЕЛЕНОДЕЗИЧЕСКОЕ ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ V: ЛУННОЕ ВРЕМЯ И НАВИГАЦИЯ

SELENODESIC EXPLORATION OF THE MOON V: LUNAR TIME AND NAVIGATION

Аннотация. В обзоре обсуждаются научные, координатно-временные и навигационные проблемы лунных зондов на поверхности и в окололунном пространстве Луны.

Ключевые слова: Луна, селенодезия, время, лунная навигация.

Abstract. The review discusses the scientific, coordinate-time and navigational problems of lunar probes on the surface and in the circumlunar space of the Moon.

Keywords: Moon, selenodesy, time, lunar navigation.

Наступает новая эра научного и прикладного исследования Луны, и на ближайшее десятилетие уже запланированы десятки лунных миссий

различных космических агентств [1 - 4]. В настоящее время ученые и инженеры Китая работают над следующей серией лунных миссий: корабль «Чанъэ-6» заберет первые образцы лунного грунта с обратной стороны Луны в 2025 году, многоцелевой космический корабль «Чанъэ-7», который планируется запустить в 2026 году и среди других задач будет искать водяной лед в затененных кратерах Луны. Корабль «Чанъэ-8», который должен приземлиться на Луне примерно в 2028 году, заложит основу для более крупного проекта ILRS, которую Китай планирует построить в 2030-х годах. ILRS будет состоять из посадочного модуля, обитаемого бункера, орбитального аппарата и лунохода и будет включать в себя испытание первых технологий использования лунных ресурсов на поверхности Луны. Также китайские коллеги рассматривают возможность 3D-печати лунных кирпичей с использованием материалов с лунной поверхности. Для энергоснабжения китайской лунной базы будет использоваться ядерная установка. 3D-печать для космической деятельности рассматривалась и тестировалась в течение многих лет: Европейское космическое агентство (ЕКА) работает над изготовлением лунных кирпичей с имитацией лунного реголита.

В ноябре 2022 г. представители космических агентств и научно-исследовательских институтов со всех континентов встретились в Европейском центре космических исследований и технологий ЕКА в Нордвейке (Нидерланды). Цель совместных научных обсуждений заключалась в поисках оптимальных решений до того момента времени, когда отдельные космические агентства будут принимать собственные решения по селенодезическому обеспечению Луны. Определение стандарта времени и частоты — это только часть глобального проекта по практическому и коммерческому освоению ресурсов Луны. ЕКА также находится на переднем крае лунных исследований, внося свой вклад в строительство лунной станции Gateway и космического корабля Orion, предназначенных для полета людей на Луну, а также к разработке своего большого логистического лунного посадочного модуля, известного как Argonaut.

В ЕКА разрабатывают новое научно-техническое понятие, как «лунное время», чтобы облегчить частным компаниям установку систем телекоммуникаций на Луне. Единое время отсчёта на Луне также должно способствовать развёртыванию навигационной системы для передвижений по его поверхности. Поскольку десятки лунных миссий будут работать на поверхности Луны и в ее ближайшем космическом пространстве одновременно, они должны будут тесно общаться друг с другом и в целях безопасности координировать свои

пространственные перемещения около Луны с высокой точностью, независимо от центров управления на Земле, то эта новая лунная эра потребует новых подходов и новых принципиальных решений.

Международные космические организации также начали обсуждать проблему оперативного слежения и корректировки течения времени на Луне. До сих пор каждая новая миссия на Луну выполнялась по своей собственной шкале времени, экспортируемой с Земли, а антенны для дальнего космоса использовались для синхронизации бортовых хронометров с земным временем, в то же время антенны облегчали двустороннюю связь. Однако этот способ будет надежным и устойчивым для работы при экстремальных лунных условиях.

После завершения строительства станция Gateway будет открыта для пребывающих астронавтов, пополнения запасов посредством регулярных запусков NASA Artemis, вплоть до возвращения человека на поверхность Луны, кульминацией которого станет база с экипажем возле южного полюса Луны. В то же время будут выполняться и многочисленные беспилотные миссии — каждая миссия Artemis сама по себе будет выпускать множество лунных спутников CubeSat — и ЕКА запустит свой большой логистический посадочный модуль Argonaut European Large Logistics Lander.

Эти лунные миссии будут не только находиться на Луне или вокруг нее в одно и то же время, но они также часто будут обмениваться информацией друг с другом, потенциально передавая сообщения между собой, выполняя совместные наблюдения или выполняя операции по сближению лунных зондов. ЕКА и НАСА совместно разрабатывают платформу под названием LunaNet. В ее основе лежит широкий набор правил, предназначенных для того, чтобы все спутниковые навигационные, коммуникационные и вычислительные системы на Луне могли образовывать общую сеть, подобную Интернету на Земле. LunaNet - это система взаимно согласованных стандартов, протоколов и требований к интерфейсу, позволяющая будущим лунным миссиям работать вместе, концептуально аналогично тому, что делается на Земле для совместного использования GPS и Galileo. А к Moonlight на лунной орбите присоединится эквивалентная служба - Lunar Communications Relay and Navigation System. Чтобы максимизировать совместимость, эти две системы должны использовать одинаковые шкалы времени, наряду со многими другими миссиями с экипажем или без экипажа, которые они будут поддерживаться с Земли.

Гравитационные поля Земли и Луны [4] различно влияют на скорость течения времени на них. Гравитация Луны составляет

примерно 1/6 от земной, часы там будут идти быстрее — около 56 микросекунд (миллионных долей секунды) каждый день. В сумме это составит примерно одну секунду каждые пятьдесят лет. Чтобы работать совместно должным образом, международное сообщество также должно установить общую «селеноцентрическую систему отсчета», аналогичную той роли, которую играет на Земле Международная земная система отсчета, позволяющую последовательно измерять точные расстояния между точками на нашей планете. Правильно настроенные системы отсчета являются важными компонентами современных систем GNSS. Точная навигация требует строгого учета течения времени. Это связано с тем, что приемник спутниковой навигации определяет свое местоположение, преобразовывая время, за которое несколько спутниковых сигналов достигают его, в расстояния — умножая время на скорость света [4].

Все наземные спутниковые навигационные системы, такие как европейская Galileo или американская GPS, работают по своим собственным системам синхронизации, но при этом они имеют фиксированные смещения относительно друг друга вплоть до нескольких миллиардных долей секунды, а также относительно системы мирового времени UTC Universal. Замена времени по Гринвичу на UTC, является частью нашей повседневной жизни: это время, используемое для Интернета, авиационных стандартов, а также для точных научных экспериментов, поддерживаемых парижским Международным бюро мер и весов (BIPM). BIPM вычисляет UTC на основе входных данных из коллекций атомных часов, поддерживаемых учреждениями по всему миру, включая технический центр ESTEC EKA в Нордвейке, Нидерланды, и центр управления полетами ESOC в Дармштадте, Германия.

В ближайшие несколько лет многие космические агентства отправят на Луну множество спутников. Цель состоит в том, чтобы использовать эти спутники для создания лунного аналога GPS, так чтобы астронавты и луноходы могли мгновенно определять свое местоположение на Луне. Но для того, чтобы система GPS работала, спутники должны иметь своё очень точное собственное время.

Литература

1. Tang T, Meng Z.G, Lian Y, Wei Xh, Dong X, Wang Y, Cai Zh, Zhang X.P., Gusev A.V., Zhang Y.Z. Extracting Mare-like Cryptomare Deposits in Cryptomare Regions Based on CE-2 MRM Data Using SVM Method // Remote Sens. 2023, 15, 2010. <https://doi.org/10.3390/rs15082010>.

2. Meng Z.G, Tang T.Q, Dong X.G, Gusev A. Analyzing the microwave thermal emission features of lunar regolith in Chang'E landing sites and its geologic significance // SCIENTIA SINICA Physica, Mechanica. & Astronomica, 2023, Vol. 53, Issue 3: 239609, 1-17pp., (Chinese) <https://doi.org/10.1360/SSPMA-2022-0303>.
3. 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 «Современные проблемы ракетной и космической техники», (г. Калуга, 21-23 сентября 2021г). Казань: РИЦ «Школа», 2022. с. 62-76.
4. Gusev A.V, Hanada H., Petrova N., et al. Rotation, physical librations and interior structure of the active and multi-layer Moon / Monograph. Kazan: Kazan University Publishing Co., 2015. 328 pp. (Russian+English).

УДК 669.018
eLIBRARY.RU: 89.00.00

Бабаевский П.Г.
МАИ

г. Москва

Козлов Н.А.
МАИ

г. Москва

Бажура А.С.
ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева
г. Королев, Моск. обл.

Чурило И.В.
ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева
г. Королев, Моск. обл.

**МОДЕЛЬНЫЕ ПОРОШКОВЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ
ИМИТАТОРА ЛУННОГО ГРУНТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ
АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ЭЛЕМЕНТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛУННОЙ БАЗЫ ИЗ
МЕСТНОГО СЫРЬЯ**

**MODEL POWDER POLYMER COMPOSITES BASED ON LUNAR
SOIL SIMULATOR FOR ADDITIVE TECHNOLOGIES FOR
MANUFACTURING OF LUNAR BASE INFRASTRUCTURE
ELEMENTS FROM LOCAL RAW MATERIALS**

Аннотация. Выявление, анализ и возможностям решения материаловедческо-технологических проблем при разработке материалов для аддитивных технологий создания инфраструктуры на Луне с использованием местных ресурсов.

Ключевые слова: инфраструктура лунной базы, имитаторы лунного грунта, порошковые полимерные композиционные материалы, аддитивные технологии.

Abstract. Identification, analysis and possibilities of solving materials science and technology problems in the development of materials for additive technologies for creating infrastructure on the Moon using local resources.

Keywords: lunar base infrastructure, lunar soil simulators, powder polymer composites, additive technologies.

Перспективные долговременные лунные программы ведущих космических держав включают не только пилотируемые полеты на Луну и ее исследования, но и использование Луны в качестве источника различных ресурсов и промежуточного пункта для освоения планет солнечной системы и дальнего космоса. Это обуславливает необходимость создания соответствующей инфраструктуры методами, не требующими доставки большого объема грузов с Земли и участия человека в строительстве, т.е. основанными на использовании местного сырья и полной роботизации процессов. Эффективным путем подготовки к решению этих задач является разработка и исследование модельных материалов на основе имитаторов лунной пыли (верхнего слоя лунного грунта, реголита) - порошков земных пород с близким минеральным и объемным химическим составом, плотностью, формой, размерами и распределением по размерам частиц и аддитивных технологий их инжектирования, компактирования и/или

спекания с помощью лазерного, микроволнового или солнечного излучения [1-5].

Данный доклад посвящен выявлению, анализу и возможностям решения материаловедческо-технологических проблем, которые могут и будут возникать при разработке материалов и аддитивных технологий для создания инфраструктуры непосредственно на Луне с использованием местных ресурсов.

В качестве модельных материалов использовали порошковые композиции на основе базальта как имитатора лунной пыли и основного компонента (наполнителя) и порошкообразных термопластичных или термореактивных полимеров как связующего компонента при заданных форме и размерах частиц порошков. Подбором фракций порошка-имитатора обеспечивали максимальную объемную долю его частиц при заданном типе упаковки и минимальную долю полимерного порошка-связующего, необходимую для формирования монолитного (структурно-связанного) полимерного композиционного материала (ПКМ) [6]. Исследовали влияние соотношения фракций порошка наполнителя с различным распределением частиц по размерам, количества полимерного порошка, способа и условий совмещения (смешения) порошков на распределение компонентов, плотность, пористость и деформационно-прочностные свойства компаундированных порошковых композиций до и после спекания различными методами при заданных условиях.

Планируется выявление влияния природы, состава, формы и размеров частиц порошка-имитатора лунного грунта и полимерных порошков-связующих на их инжекцию, возможность и эффективность спекания при воздействии лазерного излучения и нагрева с помощью СВЧ или солнечного концентратора на Земле и в условиях микрогравитации и вакуума с разработкой соответствующего технологического и исследовательского оборудования.

Литература

1. Флоренский К.П., Базилевский А.Т., Николаева О.В. Лунный грунт: свойства и аналоги // Академия Наук СССР Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского. – М.: 1975 г. – С. 1–50.
2. C.M. Schrader, D.L. Rickman, C.A. McLemoew, and J.C. Fikes. Lunar Regolith Simulant User's Guide. Technical Report TM-2010-216446, NASA, 2010.
3. Cesaretti, G., Dini, E., De Kestelier, X., Colla, V., Pambaguian, L. Building components for an outpost on the Lunar soil by means of a novel 3D printing technology // Acta Astronaut. 93, 430–450 pp, 2014.

4. T. Chen, B.J. Chow, Y. Zhong, M. Wangb, R. Kou, Y. Qiao. Formation of polymer micro- agglomerations in ultralow-binder-content composite based on lunar soil stimulant // *Advances in Space Research*. Volume 61 – 830-836 pp, 2018.
5. K Oh, H Yi, R Kou, Y Qiao. Compaction Self-Assembly of Ultralow-Binder-Content Thermoplastic Composites Based on Lunar Soil Simulant // *Journal of Materials Science* 55 (32), 15397-15404 pp; - 2020.
6. Наполнители для полимерных композиционных материалов: справ. пособие / Дж. Милевски, Г. Кац, Т.Х. Ферригно и др. Перевод с англ. под ред. П.Г. Бабаевского. М.: Химия, 1981. – 735 с.

УДК 303.732

eLIBRARY.RU: 28.29.51

Пичугин С.Б.

ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королёва
г. Королёв, Моск. обл.

ВЕРОЯТНОСТЬ ДОСТАВКИ ПАКЕТА СООБЩЕНИЯ ПО МНОГОПРОЛЁТНОЙ НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ СВЯЗИ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ НЕШТАТНОЙ СИТУАЦИИ

A PROBABILITY OF MESSAGE PACKET DELIVERY OVER MULTIPOP LOW EARTH ORBIT COMMUNICATIONS SYSTEM IN EMERGENCY MODE

Аннотация. Рассмотрены режимы штатного и нештатного (при отказе в орбитальной плоскости всех спутников, кроме одного) функционирования низкоорбитальной системы связи (НОСС) в вариантах баллистического построения НОСС по ортогональной и по гексагональной схеме. Отмечено, что гексагональная схема обеспечивает более высокую вероятность доставки сообщения в обоих режимах функционирования.

Ключевые слова: Низкоорбитальная спутниковая система связи, спутник ретранслятор с функцией маршрутизации, вероятность доставки сообщения, схема баллистического построения.

Abstract. Normal and emergency modes of operation are considered for Low Earth Orbit Communications System (LEOCS). Emergency mode is provisioned by malfunction of all Satellite Relays with Routing Function (SRRFs) in one orbital plane except one. Ballistic build-up options of the LEOCS were considered related to orthogonal and hexagonal schemes. It is

noted that hexagonal scheme provides better probability of message delivery in both modes of operation.

Keywords: Low Earth Orbit Communications System, Satellite Relay with Routing Function, probability of message delivery, ballistic build-up scheme.

Рассматриваются штатная и нештатная ситуации (НШС) в низкоорбитальной системе связи (НОСС) с упорядоченной структурой, при которой в одной из орбитальных плоскостей (ОП) произошёл отказ всех спутников, кроме одного [1].

Рассмотрены два варианта построения НОСС:

с ортогональной баллистической структурой;

с гексагональной баллистической структурой.

Рассмотрены два режима доставки пакета абоненту – при штатном функционировании и при НШС.

В штатном режиме при построении по схеме «ортогональная», вероятность доставки пакета сообщения описывается выражением

$$P_{\text{шт орт}} = (1 - a^3)(1 - b), \quad (1)$$

где a – вероятность выхода из строя спутника в соседней ОП;

b – вероятность недоставки сообщения по межспутниковому тракту (МСТ) в направлении на спутник в соседней ОП.

Для этой же схемы, но в нештатном режиме, применяется выражение

$$P_{\text{ншс орт}} = (1 - a)(1 - b). \quad (2)$$

В варианте схемы «гексагональная» при штатном режиме, применяют

$$P_{\text{шт гекс}} = (1 - a^2 c^2)(1 - b), \quad (3)$$

где c – вероятность недоставки сообщения по МСТ в направлении на спутник в соседней ОП.

В нештатном режиме – используют формулу

$$P_{\text{ншс гекс}} = (1 - c^2)(1 - b). \quad (4)$$

Вероятность c зависит от дальности D_c до спутника в соседней орбитальной плоскости (рис. 1).

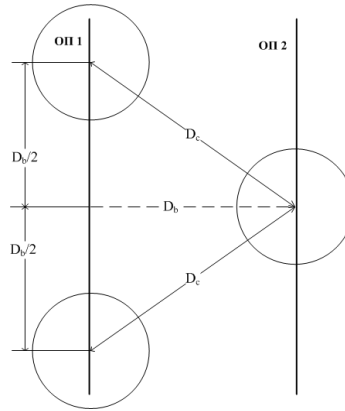


Рисунок 1 – Схема для расчёта дальности до спутника в своей и в соседней ОП (ОП 1 – первая орбитальная плоскость; ОП 2 – вторая орбитальная плоскость; ОП1 и ОП2 условно параллельны)

Из рис. 1 следует

$$D_c = \sqrt{D_b^2 + \left(\frac{D_b}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{5}}{2} D_b. \quad (5)$$

А вероятность c определим в соответствии с формулой

$$c = \frac{\Phi\left(\left(\frac{\sqrt{5}}{2}\right)^4\right)}{\Phi(1)} = 1,4542, \quad (6)$$

где $\Phi(\dots)$ – интегральная функция ошибок [2], задана в ПО MS Excel стандартной функцией

$$\llcorner = 2 \cdot \text{НОРМ.РАСП}\left(\left(\frac{\sqrt{5}}{2}\right)^4; \text{мож} = 0; \text{ско} = 1; \text{форма} = 1\right),$$

где мож – математическое ожидание выборки, задано равным 0;
 ско – среднее квадратическое отклонение выборки, задано равным 1;
 форма – форма функции, значения = (интегральная 1, либо весовая 0), задана 1.

Литература

1. Пичугин С.Б. Оценка полосы частот и пропускной способности трактов перспективной низкоорбитальной системы связи // Сборник тезисов международной конференции «Космические системы», 27 апреля 2021 г. в г. Москве на базе ФГОУ ВО МАИ (Национальный исследовательский университет), с.47-48.
2. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – [12-е изд., стереотип.]. – М.: Издательство «Академия», 2018. – 451 с.

Казмерчук П.В.

кандидат технических наук
главный конструктор лунных проектов
АО «НПО Лавочкина»
г. Химки, Моск. обл.

Вернигора Л.В.

кандидат технических наук
главный специалист
АО «НПО Лавочкина»
г. Химки, Моск. обл.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕЛЕТОВ КА С МАЛОЙ ТЯГОЙ МЕТОДОМ ЛИНЕАРИЗАЦИИ

OPTIMIZATION OF LOW-THRUST SPACECRAFT FLIGHTS BY THE LINEARIZATION METHOD

Аннотация. Рассмотрена проблематика оптимизации перелетов КА с малой тягой. Для преодоления трудностей, возникающих при решении указанных задач с помощью принципа Максимума, предлагается использовать метод линеаризации, модифицированный для оптимизации составных динамических систем.

Ключевые слова: метод линеаризации; малая тяга; нелинейная оптимизация

Abstract. The problems of optimization of low-thrust spacecraft flights are considered. To overcome the difficulties that arise in solving these problems using the Maximum principle, it is proposed to use the linearization method, modified to optimize composite dynamic systems.

Keywords: linearization method; low thrust; nonlinear optimization

Оптимизация перелетов КА с малой тягой является сложной задачей нелинейной оптимизации при наличии ограничений. Наиболее популярным подходом к решению данных задач является использование формализма принципа Максимума.

Применение принципа Максимума позволяет свести исходную оптимизационную задачу к решению краевой задачи. При решении таких краевых задач исследователи сталкиваются с проблемами сходимости, выбора начального приближения, обусловленными локальностью принципа Максимума, вопросами существования и

единственности решений систем нелинейных уравнений. Для преодоления указанных трудностей авторы используют различные подходы: метод продолжения [1], последовательное уточнение моделей движения [2], комбинации численных методов [3] и другие. Наличие большого количества локальных экстремумов [4] еще больше усложняет решение краевой задачи принципа Максимиума, поскольку на границах областей притяжения локальных экстремумов вырождается матрица частных производных от невязок краевой задачи, так или иначе используемая во всех непрямых методах [5]. Другим направлением в решении задач оптимизации перелетов КА с малой тягой является применение прямых методов, работающих в пространстве управлений. В рамках разработки [6-8] и верификации [9-11] модифицированного метода линеаризации (ММЛ) для задач оптимального управления КА с малой тягой были исследованы основные классы задач, связанные с траекторной оптимизацией КА с солнечным парусом и КА с электроракетными двигательными установками (ЭРДУ).

ММЛ, являясь прямым методом, относится к классу градиентных методов (методов первого порядка).

Основные достоинства ММЛ:

- большая область сходимости, что позволяет выбирать тривиальные начальные приближения и отказаться от использования различных регуляризующих приёмов;
- работа в терминах целевой задачи без необходимости получения дополнительных конструкций типа условий трансверсальности и др.;
- возможность учитывать различные модели движения на участках траектории;
- возможность учитывать «разрывы» правых частей уравнений движения;
- возможность проводить совместную оптимизацию управления и проектных параметров КА;
- возможность учитывать произвольное количество фазовых ограничений (типа равенств и неравенств).

Из недостатков можно отметить:

- достаточно медленную сходимость, присущую методам первого порядка;
- сложность программной реализации метода.

Таким образом метод линеаризации является эффективным методом решения задач оптимизации перелетов КА с малой тягой. Большая область сходимости позволяет выбирать тривиальные начальные приближения и отказаться от использования различных

регуляризующих приёмов. При его использовании удается получать решения близкие к решениям с использованием принципа Максимума. Эффективные процедуры вычисления функциональных производных критерия и ограничений, основанные на вычислении производных Фреше, позволяют существенно увеличить быстродействие метода и снизить зависимость вычислительной сложности задачи от размерности вектора управления.

Литература

1. Петухов В.Г. Оптимизация многовитковых перелетов между некомпланарными эллиптическими орбитами // Космические исследования. 2004. Т. 42. № 3. С. 260-279.
2. Старинова О.Л. Расчет межпланетных перелетов космических аппаратов с малой тягой. Самара, 2007. 196 С.
3. Константинов М.С., Мин Тейн. Метод оптимизации траектории выведения КА с электроракетной двигательной установкой на ГСО // Вестник Московского авиационного института. 2009. Т.16. №5. С. 282-290.
4. Haberkorn T., Martinon P. and Gergaud J. Low Thrust Minimum-Fuel Orbital Transfer: A Homotopic Approach // Journal of Guidance Control and Dynamics 27(6). 2004.
5. Петухов В.Г. Применение угловой независимой переменной и ее регуляризующего преобразования в задачах оптимизации траекторий с малой тягой // Космические исследования. 2019. Т. 57. № 5. С.373-385.
6. Казмерчук П.В. Метод линеаризации в задачах оптимизации траекторий КА с малой тягой. Теоретические аспекты // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2015. № 4 (30). С. 37-42.
7. Казмерчук П.В. Метод линеаризации в задачах оптимизации траекторий КА с малой тягой. Вычислительные аспекты // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2016. № 3. С. 83-88.
8. Казмерчук П.В. Метод линеаризации в задачах оптимизации траекторий космического аппарата с малой тягой. Детали реализации // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2016. № 4 (34). С. 61-66.
9. Казмерчук П.В. Верификация метода линеаризации для задач оптимизации траекторий КА с малой тягой // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2018. № 1. С. 36-41.
10. Вернигора Л.В., Казмерчук П.В. Оптимизация некомпланарных перелётов с малой тягой методом линеаризации // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2019. № 4. С. 19-26.

11. Казмерчук П.В., Вернигора Л.В. Метод линеаризации в задачах перелета космических аппаратов с электроракетной двигательной установкой на геостационарную орбиту // Труды МАИ. 2020. № 115. С. 9.

УДК 681.5

eLIBRARY.RU: 50.03.03

Зайцев А.В.

доктор технических наук
профессор военной академии РВСН имени Петра Великого
г. Москва

Канушкин С.В.

кандидат технических наук
доцент филиала военной академии РВСН имени Петра Великого
г. Серпухов, Моск. обл.

Каримов Р.В.

курсант филиала военной академии РВСН имени Петра Великого
г. Серпухов, Моск. обл.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ БИНАРНОГО УПРАВЛЕНИЯ С АДАПТАЦИЕЙ В ОСОБЫХ ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЯХ

FEATURES OF NONLINEAR BINARY CONTROL OF DYNAMIC SYSTEMS WITH ADAPTATION IN SPECIAL PHASE STATES

Аннотация. Обоснована необходимость и целесообразность использования бинарных адаптивных алгоритмов стабилизации с переменной структурой в условиях неопределенностей управленческих моделей.

Ключевые слова: стабилизация, нелинейность, адаптация, бинарность.

Abstract. The necessity and expediency of using binary adaptive stabilization algorithms with variable structure in the conditions of uncertainty of management models is substantiated.

Keywords: stabilization, nonlinearity, adaptation, binary.

В 1898 году известным русским ученым К.Э. Циолковским была предложена первая в мире схема автопилота для дирижабля большой грузоподъемности. По его идее автопилот или, как называл его К.Э. Циолковский, «автоматический регулятор горизонтального руля»

предназначался для стабилизации продольной оси дирижабля в продольной плоскости[1,с.8].

Одна из центральных проблем теории автоматического управления - задача стабилизации и методы ее решения постоянно в развитии, то есть, начав с простейшей постановки задачи и постепенно усложняя ее, анализируют возможности различных методов ее решения.

Усложнение связано с ростом неопределенности в постановке задачи, в соответствии с этим изменяются и методы ее решения [2, с.8].

В условиях неопределенности увеличивается объем неструктурированной информации и воздействий внешней среды. В данном случае необходимо применять специальные методы анализа и синтеза систем стабилизации объектами с неопределенными моделями. Теория бинарного управления отражает идеологию единства процессов самоорганизации и управления, т.е. представляет собой своего рода симбиоз кибернетики и синергетики. Основная особенность заключается в формировании нового механизма генерации нелинейных обратных связей.

Предлагаемые модели используют переменные состояния нелинейной динамической системы как координату, и те же самые переменные считают оператором, создавая в первом и третьем квадрантах дополнительное управление. Предложен нелинейный бинарный алгоритм угловой стабилизации с дополнительным «равносигнатурным» управлением, в котором структура алгоритма меняется только на участках фазового пространства, где значения угла, угловой скорости и углового ускорения имеют одинаковый знак. Данный участок фазового пространства в основном определяет управляемость, устойчивость и быстродействие системы управления движением системы при действии аддитивных возмущений [3, с.23].

Изменение во времени параметров объекта управления принципиально не меняет описанной выше картины, так как уравнения движения при этом остаются прежними. Таким образом, использование свойств бинарности при управлении динамическим объектом позволяет обеспечить устойчивость движения при действии, увеличенных как аддитивных, так и мультипликативных возмущений.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке систем управления, они являются теоретической основой применения бинарного управления нелинейными системами с переменной структурой.

Литература

1. Павлов В.А., Понырко С.А., Хованский Ю.М. Стабилизация летательных аппаратов и автопилоты. Ученое пособие. - М.: Издательство «Высшая школа», 1964.- 483с.
2. Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности. — М.: Наука. Физматлит, 1997. - 352 с.
3. Зайцев А.В., Канушкин С.В. Принцип бинарности в управлении беспилотными летательными аппаратами в условиях информационной неопределенности // Правовая информатика. - 2021.-№4.- с.18-30.

УДК 621.454.2

eLIBRARY.RU: 55.42.49+55.49.07+61.51.59

Алтуний В.А.

доктор технических наук, профессор
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

Платонов Е.Н.

кандидат технических наук, доцент
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

Абдуллин М.Р.

аспирант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

Пронин К.А.

аспирант, 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

Мусина И.М.

студент, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

Жилякова А.Е.

магистрант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

Яновская М.Л.

кандидат технических наук, мл. научный сотрудник
ЦИАМ им. П.И. Баранова
г. Москва

**НЕКОТОРЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
(100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА
В.Е. АЛЕМАСОВА – ПОСВЯЩАЕТСЯ)**

**SOME WAYS TO IMPROVE LIQUID MISSILE ENGINES
(100TH ANNIVERSARY OF BIRTH ACADEMICIAN
V.E. ALEMASOV - DEDICATED)**

Аннотация. В докладе рассмотрены проблемы существующих жидкостных ракетных двигателей на жидких и газообразных углеводородных горючих и охладителях. На основе проведённых экспериментальных исследований разработаны пути их совершенствования – для увеличения их ресурса, надёжности и эффективности. Доклад посвящается 100-летию со дня рождения академика В.Е. Алемасова.

Ключевые слова: жидкостные ракетные двигатели, жидкие и газообразные углеводородные горючие и охладители, рубашка регенеративного охлаждения, осадкообразование, термоакустические автоколебания давления.

Abstract. The report discusses the problems of existing liquid missile engines on liquid and gaseous hydrocarbon -burned combustible and cooler. Based on the experimental studies, ways to improve them have been developed - to increase their resource, reliability and effectiveness. The report is dedicated to the 100-th anniversary of the birth of Academician V.E. Alemasova.

Keywords: liquid missile engines, liquid and gaseous hydrocarbon - burning and cooler, regenerative cooling shirt, sedimentation, thermoacoustic autocoling of pressure.

11 июля 2023 года исполнилось 100 лет со дня рождения академика РАН Вячеслава Евгеньевича Алемасова. В докладе довольно полно освещена его трудная, но очень интересная жизнь. Главным его научным наследием являются учебник «Теория ракетных двигателей» и 10-ти томный справочник по ракетным двигателям, которые были созданы под руководством В.П. Глушко [1, 2]. Он много лет возглавлял кафедру специальных (ракетных) двигателей, которую в 1945 году в КАИ в Казани создали В.П. Глушко и С.П. Королёв. Им была создана Казанская научно-педагогическая школа по тепловым процессам в двигателях летательных аппаратов, которая развивается и в наши дни [3-7].

В 2014 году указом Президента Татарстана Рустама Минниханова была учреждена ежегодная Государственная премия РТ имени академика Российской академии наук, почетного члена Академии наук РТ Вячеслава Алемасова, где молодые лауреаты проходят конкурсный отбор с вручением Диплома и медали им. академика В.Е. Алемасова. Ученики В.Е. Алемасова один раз в два года организуют и проводят в Казани Международную школу-семинар молодых учёных и специалистов им. академика В.Е. Алемасова. В цикле «Жизнь замечательных людей» (ЖЗЛ) в КНИТУ-КАИ выпущена книга, посвящённая В.Е. Алемасову [3-7].

Почетный академик РАЕН, д. т. н., действительный член РАН и Международной академии астронавтики, профессор, Лауреат Государственной премии СССР (1984, 1991), Заслуженный деятель науки и техники Республики Татарстан и Российской Федерации В.Е. Алемасов – навсегда останется в нашей памяти, как великий Учёный, Педагог, Человек планеты Земля [1-7].

В докладе подробно показаны проблемы, возникающие при эксплуатации и создании жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) с наружной рубашкой регенеративного охлаждения: негативный процесс осадкообразования, термоакустические автоколебания (ТААК) давления, проблемы при использовании сжиженного метана и др. [8-12]. На основе результатов экспериментальных исследований разработаны пути увеличения ресурса, надёжности и эффективности перспективных ЖРД одно - и многократного использования на жидких и газообразных углеводородных горючих и охладителях [8-12].

В докладе показаны новые и запатентованные конструктивные схемы рубашек охлаждения, форсунок и каналов, в которых внедрены новые и перспективные способы борьбы с осадкообразованием, с ТААК давления, с частичной конверсией сжиженного метана.

Литература

1. Алемасов В.Е., Дрегаллин А.Ф., Тишин А.П. Теория ракетных двигателей. Учебник для вузов / Под ред. Глушко В.П. / М.: Изд-во «Машиностроение», 1989. 464 с.
2. Алемасов В.Е., Дрегаллин А.Ф., Тишин А.П. и др. Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания. Справочник / Под ред. акад. В.П. Глушко / М.: Изд-во АН СССР, 1971. 10 томов.
3. Иллюстрированный общественно-политический, историко - публицистический и литературно-художественный журнал «Казань».

Специальный выпуск: «Вячеслав Алемасов. И космос, и недра земные...». №7, 2003.

4. Кретов А.С., Молочников В.М. Вячеслав Евгеньевич Алемасов. О жизни и деятельности Заслуженного профессора КГТУ (КАИ), академика РАН (пятая книга из серии «Жизнь замечательных людей (ЖЗЛ) КАИ»). Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2007. 274 с.

5. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Демиденко В.П., Обухова Л.А., Платонов Е.Н., Яновская М.Л. Некоторые пути развития жидкостных ракетных двигателей многоразового использования (90 – летию со дня рождения акад. В.Е. Алемасова – посвящается) // Сб. матер. докл. Международ. научно-техн. конф. «Шестые Уткинские чтения, посвящённые 90-летию со дня рождения академика В.Ф. Уткина». Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ им. Д.Ф. Устинова («ВОЕНМЕХ»), 2013. С. 51-53.

6. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Демиденко В.П., Обухова Л.А., Платонов Е.Н., Яновская М.Л. Некоторые проблемы развития жидкостных ракетных двигателей многоразового использования (90-летию со дня рождения академика В.Е. Алемасова – посвящается) // Тр. 48 чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. №2: «Проблемы ракетной и космической техники». (г. Калуга, 17-19 сентября 2013 г.). РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского университета, 2014. С. 86-94.

7. Алтунин В.А. Памяти академика В.Е. Алемасова – посвящается // Труды 53 научных Чтений, посвящённых памяти К.Э. Циолковского. (Доклад о 95-летию В.Е. Алемасова был сделан на Пленарном заседании). Секция №2: «Проблемы ракетной и космической техники». (Калуга, 18-19 сентября 2018 г.). РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского университета, 2019. С. 5-22.

8. Алтунин В.А. Способ повышения надёжности ЖРД одно – и многоразового использования // Патент на изобретение РФ № 2287715. Бюлл. № 32 от 20.11.2006 г.

9. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Платонов Е.Н., Коханова С.Я., Яновская М.Л. Разработка способов борьбы с термоакустическими автоколебаниями давления в топливно-охлаждающих каналах двигателей и энергоустановок летательных аппаратов наземного, воздушного, аэрокосмического и космического применения // Известия вузов. Машиностроение. 2017. № 10 (691). С. 77 – 90.

10. 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.

11. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Гортышов Ю.Ф., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Керножицкий В.А., Колычев А.В., Разносчиков В.В., Сафаров М.М., Яновский Л.С., Яновская М.Л. Некоторые пути повышения эффективности жидкостных реактивных двигателей летательных аппаратов на углеводородных и азотосодержащих горючих и охладителях / Под общ. ред. доктора технических наук, профессора Л.С. Яновского. Монография. Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2020. 148 с.

12. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Чигарёв М.Р., Баданов Н.С., Яновская М.Л. Разработка конструктивных схем метановых жидкостных ракетных двигателей // Современные проблемы ракетной и космической техники: сб. научных статей (полных докладов) 56 научных чтений памяти К.Э. Циолковского по секции № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». (Калуга, 21-22 сентября 2021 г.). РАН. РАКЦ. Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2022. С. 87-98.

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

**АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЁТА КОЭФФИЦИЕНТА
ТЕПЛОТДАЧИ К МОТОРНОМУ АВИАЦИОННОМУ МАСЛУ
В СЛОЖНЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ
АВИАЦИОННЫХ И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

**ANALYSIS OF THE METHODS FOR CALCULATING THE HEAT
TRANSFER COEFFICIENT TO MOTOR AVIATION OIL
IN DIFFICULT THERMODYNAMIC CONDITIONS OF AVIATION
AND AEROSPACE ENGINES**

Аннотация. На основе результатов проведённых экспериментальных исследований тепловых процессов в моторном авиационном масле марки МС-20 разработана методика и формула расчёта коэффициента теплоотдачи в сложных термодинамических условиях, которые создаются в системах смазки авиационных и аэрокосмических двигателей одно – и многократного использования. Показаны и проанализированы формулы расчёта теплоотдачи к моторным маслам других авторов. Сделаны рекомендации по выбору и применению данных формул. Правильный и точный расчёт коэффициента теплоотдачи к моторным авиационным маслам будет способствовать повышению ресурса, надёжности, эффективности, безопасности и экономичности новых и перспективных двигателей летательных аппаратов различного базирования и назначения.

Ключевые слова: системы смазки воздушно-реактивных двигателей, моторные авиационные масла, теплофизические свойства, сложные термодинамические условия, осадкообразование, методики расчёта коэффициента теплоотдачи, ресурс, надёжность, эффективность, безопасность, экономичность.

Abstract. Based on the results of the experimental studies of thermal processes in the MS-20 motor oil, the methodology and the calculation formula for the heat transfer coefficient in complex thermodynamic conditions, which are created in the lubrication systems of aviation and aerospace engines, are developed. The formulas for calculating the heat transfer to motor oils of other authors are shown and analyzed. Recommendations have been made on the selection and application of these formulas. The correct and accurate calculation of the heat transfer coefficient to motor aviation oils will help increase the resource, reliability,

efficiency, safety and efficiency of new and promising engines of various basing and purpose.

Keywords: Lubrication systems of air-reactive engines, motor aviation oils, thermophysical properties, complex thermodynamic conditions, sedimentation, the methodology for calculating the heat transfer coefficient, resource, reliability, efficiency, safety, efficiency.

Моторные авиационные масла в системах смазки двигателей летательных аппаратов (ЛА) воздушного и аэрокосмического назначения находятся в сложных термодинамических условиях. Кроме того, из-за их нагрева в них происходят негативные процессы: ухудшение охлаждающих возможностей масла, ухудшение смазывающих способностей масла, процесс осадкообразования [1-3]. Правильное и точное нахождение коэффициента теплоотдачи к моторным авиационным маслам является важной задачей при проектировании, создании и эксплуатации авиационной и аэрокосмической техники одно – и многократного использования.

Для более глубоких знаний тепловых процессов была создана экспериментальная установка и проведены экспериментальные исследования при различных значениях давления и скорости прокачки моторного масла марки МС-20 [1-3]. Создан банк экспериментальных данных, разработаны методики расчёта коэффициента теплоотдачи к моторному авиационному маслу, а также – методики борьбы с осадкообразованием.

Подробно показаны и проанализированы формулы расчёта коэффициента теплоотдачи к моторным авиационным и другим маслам и жидкостям различных авторов, где наиболее точной является экспериментальная формула, выведенная соавтором доклада – Львовым М.В.

Даны рекомендации по правильному расчёту коэффициента теплоотдачи к моторному авиационному маслу при его вынужденной конвекции в кольцевом канале при различных нагревах рабочего участка (рабочей трубки), различных давлениях и скоростях прокачки. Материалы доклада будут способствовать дальнейшему увеличению ресурса, надёжности, эффективности и экономичности не только масляных систем двигателей ЛА, но и самих ЛА воздушного и аэрокосмического базирования одно – и многократного использования. Доклад сопровождается новыми запатентованными конструктивными схемами систем смазки различных двигателей ЛА.

Литература

1. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Львов М.В., Щиголев А.А., Алиев И.Н., Яновская М.Л. Проблемы систем смазки авиационных двигателей // Тепловые процессы в технике. 2021. Т. 13. № 8. С. 357-384.
2. Алтунин В.А., Львов М.В., Каськов А.С., Щиголев А.А., Яновская М.Л. Проблемы осадкообразования в системах смазки двигателей летательных аппаратов // Современные проблемы ракетной и космической техники: сб. научных статей (полных докладов) 56 научных чтений памяти К.Э. Циолковского по сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». (Калуга, 21-22 сентября 2021 г.). РАН. РАКЦ. Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2022. С. 99-113.
3. Алтунин В.А., Львов М., Щиголев А.А., Юсупов А.А., Кореев Е.П., Яновская М.Л. Экспериментальное исследование тепловых процессов при вынужденной конвекции авиационных моторных масел // Матер. докл. 57-ых научных чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». РАН. РАКЦ. Калуга: Изд-во «Эйдос». 2022. С. 233-236.

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+61.51.29

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

Сафаров М.М.

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
мл. научный сотрудник
ЦИАМ им. П.И. Баранова
г. Москва

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА ИЗМЕНЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ЧИСТОГО ГИДРАЗИНА
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ
ВОЗДУШНЫХ, АЭРОКОСМИЧЕСКИХ, ГИПЕРЗВУКОВЫХ
И КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
ОДНО – И МНОГОРАЗОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

**DEVELOPMENT OF A METHOD OF CHANGING THE
THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF PURE HYDRAZINE
TO INCREASE THE EFFICIENCY OF AIR, AEROSPACE
HYPERSONIC AND SPACE AIRCRAFT,
ONE - AND REUSABLE USE**

Аннотация. Рассмотрены различные способы изменения теплофизических и других свойств жидких горючих для двигателей летательных аппаратов воздушного, аэрокосмического, гиперзвукового и космического базирования одно – и многоразового использования. На основе экспериментальных исследований разработан способ изменения теплофизических свойств жидкого чистого гидразина – путём внедрения в него чистых сухих фуллеренов. Создана база экспериментальных данных, разработаны методики расчёта теплофизических свойств жидкого чистого гидразина без внедрения фуллеренов и с их внедрением.

Ключевые слова: жидкий чистый гидразин, внедрение фуллеренов, теплофизические свойства, давление, плотность, повышение эффективности двигателей летательных аппаратов.

Abstract. Various ways of changing thermophysical and other properties of liquid combustibles for engines of aircraft, aerospace, hypersonic and cosmic basing are considered the same - one - and reusable use. Based on experimental studies, a method of changing the thermophysical properties of liquid pure hydrazine was developed - by introducing pure dry full -line in it. The basis of experimental data has been created, the methods of calculating the thermophysical properties of liquid

pure hydrazine without the introduction of flullynes and with their implementation were developed.

Keywords: liquid pure hydrazine, the introduction of fullerenes, thermophysical properties, pressure, density, increase the efficiency of engines of aircraft.

В докладе рассмотрены различные способы увеличения эффективности жидких горючих для двигателей авиационных, аэрокосмических, гиперзвуковых и космических летательных аппаратов (ЛА) [1-5]. Одним из перспективных способов является способ изменения и увеличения их теплофизических свойств (ТФС). Рассмотрены результаты экспериментальных исследований с жидким чистым гидразином при внедрении в него нано-материалов - чистых сухих фуллеренов марок C_{60} , C_{70} , C_{84} при различных температурах и давлениях. Экспериментально 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. Экспериментально было установлено, что при добавлении в жидкий чистый гидразин фуллеренов марки C_{60} , C_{70} , C_{84} плотность гидразина может быть увеличена на 2,5 %. Такой способ увеличения ТФС жидкого чистого гидразина, например, его плотности, возможно применять для увеличения массы заправки гидразинового горючего в штатные баки различных ЛА, что будет увеличивать их дальность и время полёта, а также увеличивать ресурс базовых и вспомогательных двигателей и энергоустановок, а также число их включений.

Создана и показана в виде таблиц и графиков экспериментальная база данных по новым значениям ТФС жидкого чистого гидразина при внедрении в него фуллеренов при различных концентрациях.

Разработаны новые методики расчёта ТФС жидкого чистого гидразина и системы «гидразин + фуллерены».

Данную экспериментальную базу, новые методики расчёта и патенты на изобретения авторов доклада могут плодотворно использовать в своей работе учёные, конструкторы, разработчики и создатели новой и перспективной отечественной техники повышенных характеристик различного базирования и назначения.

Материалы доклада будут способствовать повышению ресурса и эффективности различных перспективных отечественных ЛА одно – и многоразового использования.

Литература

1. 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.
2. 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.
3. 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 многократного использования на жидком азотосодержащем горючем // Патент на изобретение РФ № 2738300. Бюлл. № 35 от 11.12.2020 г.
4. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Гортышов Ю.Ф., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Керножицкий В.А., Колычев А.В., Разносчиков В.В., Сафаров М.М., Яновский Л.С., Яновская М.Л. Некоторые пути повышения эффективности жидкостных реактивных двигателей летательных аппаратов на углеводородных и азотосодержащих горючих и охладителях / Под общ. ред. доктора технических наук, профессора Л.С. Яновского. Монография. Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2020. 148 с.
5. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Кореев Е.П., Яновская М.Л. Разработка способа увеличения дальности полёта воздушных, аэрокосмических, гиперзвуковых и космических летательных аппаратов // Матер. докл. 57-ых научных чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Сек. № 2: «Проблемы ракетной и космической техники». РАН. РАКЦ. Калуга: Изд-во «Эйдос». 2022. С. 239-243.

УДК 629.735.33.01

eLIBRARY.RU: 89.25.00+55.49.00+55.42.49+55.42.47+61.51.29

Алтунин В.А.

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

Пронин К.А.
аспирант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

Баданов Н.С.
аспирант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

Фаррахов А.Б.
аспирант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

Жилякова А.Е.
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

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ТОПЛИВНЫХ ФОРСУНОК РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

DEVELOPMENT OF STRUCTURAL SCHEMES OF FUEL NOZZLES OF REACTIVE ENGINES OF AIR AND AEROSPACE AIRCRAFT

Аннотация. В докладе рассмотрены проблемы существующих топливных форсунок воздушно-реактивных двигателей на жидких углеводородных горючих и охладителях для воздушных и аэрокосмических летательных аппаратов. На основе результатов экспериментальных исследований разработаны новые способы борьбы с осадкообразованием, которые необходимо внедрять в новые топливные форсунки. Показаны новые методики учёта осадкообразования при проектировании создании и эксплуатации перспективных форсунок повышенных характеристик по ресурсу, надёжности и эффективности. Доклад сопровождается новыми запатентованными конструктивными схемами топливных форсунок для реактивных двигателей воздушных и аэрокосмических летательных аппаратов.

Ключевые слова: топливная форсунка, воздушно-реактивный двигатель, жидкое углеводородное горючее, осадкообразование и способы борьбы с ним, ресурс, надёжность, эффективность.

Abstract. The report discusses the problems of existing fuel nozzles of air-reactive engines on liquid hydrocarbon-burning combustible and cooler for air and aerospace aircraft. Based on the results of experimental studies, new ways to combat sedimentation have been developed, which must be introduced into new fuel nozzles. New methods for accounting for sedimentation in the design of the creation and operation of promising nozzles of increased characteristics by resource, reliability and efficiency are shown. The report is accompanied by new patented design schemes of fuel nozzles for reactive engines of air and aerospace aircraft.

Keywords: Fuel nozzle, air-reactive engine, liquid hydrocarbon fuel, sedimentation and methods of combating it, resource, reliability, efficiency.

Одной из проблем топливных форсунок воздушно-реактивных двигателей (ВРД) на жидких углеводородных горючих (УВГ) и охладителях (УВО) является негативный процесс осадкообразования [1-11]. Из-за осадкообразования штатная форсунка, например, ВРД марки НК-8-2У, полностью закоксовывается уже через 900 часов (циклов) работы. Частичное закоксовывание форсунок приводит к частичной потере тяги летательного аппарата (ЛА), полное закоксовывание – к полной потере тяги, с дальнейшим образованием течи, возникновением пожара и взрыва. Частичное закоксовывание даже только одной форсунки может привести к нерасчётному струйному распылу жидкого УВГ, к прогару жаровой трубы, к пожару и взрыву двигателя и всего ЛА.

В докладе подробно рассмотрены существующие и перспективные способы борьбы с осадкообразованием в двигателях ЛА.

На основе проведённых экспериментальных исследований [1-11]:

- разработаны новые способы борьбы с осадкообразованием по его предотвращению, уменьшению, ограничению и удалению;
- создана методика учёта и расчёта осадкообразования при проектировании, расчёте и эксплуатации топливных форсунок;
- разработаны и запатентованы новые конструктивные схемы топливных форсунок реактивных двигателей ЛА.

Применение материалов доклада, патентов на изобретения, научных статей и монографий авторов доклада будет способствовать дальнейшему повышению ресурса, надёжности и эффективности отечественных реактивных двигателей воздушных и аэрокосмических ЛА одно и – многоразового использования.

Литература

1. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Гортышов Ю.Ф., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Керножицкий В.А., Колычев А.В., Разносчиков В.В., Сафаров М.М., Яновский Л.С., Яновская М.Л. Некоторые пути повышения эффективности жидкостных реактивных двигателей летательных аппаратов на углеводородных и азотосодержащих горючих и охладителях / Под общ. ред. доктора технических наук, профессора Л.С. Яновского. Монография. Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2020. 148 с.
2. Алтунин К.В. Функционально - стоимостной анализ горелочных устройств и форсунок: монография. Казань: Изд-во КНИТУ – КАИ, 2020. 156 с.
3. Алтунин В.А. (науч. рук.), Шигапов Р.Р. Разработка новых топливных форсунок для воздушно-реактивных двигателей // Сб. тез. докл. 47-ой Международной молодёжной научной конф. «Гагаринские чтения – 2021». Направление № 2: «Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки». (20-23 апреля 2021 г, Москва, МАИ). М.: Изд-во «Перо», 2021. С. 197.
4. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Ефимов Д.Е. Некоторые пути совершенствования двигателей и энергоустановок марки «НК» на жидких и газообразных углеводородных горючих // Тез. докл. 20-ой Международной конф. «Авиация и космонавтика». М.: Изд-во «Перо», 2021. С. 86-88. (Конференция проводится в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от 16 ноября 2020 г. № 075-15-2020-924).
5. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Львов М.Л., Щиголев А.А., Платонов Е.Н., Юсупов А.А., Алиев И.Н., Яновский Л.С., Яновская М.Л. Некоторые пути совершенствования двигателей и энергоустановок марки «НК». Часть 1. // Тепловые процессы в технике. 2021. Т. 13. № 12. С. 530-542.
6. Алтунин В.А. (науч. рук.), Абдуллин М.Р., Ефимов Д.Е., Чигарев М.Р. Некоторые пути совершенствования форсунок ВРД марки НК-8-2У (110-летию со дня рождения Н.Д. Кузнецова – посвящается) // Сб. матер. докл. междунар. молодёжной научной конф. «25 Туполевские чтения», посвящённой 60-летию со дня осуществления Первого полёта человека в космическое пространство Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ. 2021. Т. 2. С. 4-10.

7. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Львов М.Л., Щиголев А.А., Платонов Е.Н., Юсупов А.А., Алиев И.Н., Яновский Л.С., Яновская М.Л. Некоторые пути совершенствования двигателей и энергоустановок марки «НК». Часть 2. // Тепловые процессы в технике. 2022. Т. 14. № 1. С. 9-21.
8. Алтунин К.В. Разработка методики расчета температуры внутренней стенки мультитопливной форсунки с целью предотвращения осадкообразования и перегрева // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. № 6 (735). 2021. С. 37-47.
9. Алтунин В.А. Форсунка // Патент на изобретение РФ № 2155910. Бюл. №25 от 10.09.2000 г.
10. Алтунин К.В. Форсунка. // Патент РФ на изобретение № 2388966. Бюл. № 13 от 10.05.2010.
11. Алтунин К.В. Форсунка. // Патент РФ на изобретение № 2447362. Бюл. № 10 от 10.04.2012 г.

УДК 536+537+665.74+621.31:621.319.7

eLIBRARY.RU: 45.53.43+45.01.81+45.31.29+61.51.29+89.15.45+
+90.27(34+37)

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

Пронин К.А.

аспирант, 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

Фаррахов А.Б.

аспирант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

Жилякова А.Е.

студент, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

Мусина И.М.
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

**РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ
ПРИ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОДОВ ТИПА «ИГЛА – ИГЛА»
В ЖИДКОМ УГЛЕВОДОРОДНОМ ГОРЮЧЕМ В ЗЕМНЫХ
И КОСМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

**DEVELOPMENT OF WAYS TO DETERMINE
CHARACTERISTICS OF ELECTROSTATIC FIELDS
WITH ELECTRODE SYSTEM TYPE "NEEDLE - NEEDLE"
IN LIQUID HYDROCARBON FUEL IN THE EARTH
AND COSMIC CONDITIONS**

Аннотация. В докладе показаны результаты экспериментального исследования электростатических полей в жидком углеводородном горючем в условиях его естественной конвекции. На базе полученных результатов разработаны и запатентованы новые способы определения характеристик высоковольтных электростатических полей в объёме жидкого углеводородного горючего. Данные способы можно применять в различных техносистемах в земных и космических условиях.

Ключевые слова: жидкое углеводородное горючее, естественная конвекция, электростатические поля, система электродов типа «Игла – игла», электрический ветер, осадкообразование, силовые линии электростатического поля, граница зоны насыщения электростатическим полем, величина подаваемого напряжения.

Abstract. The report shows the results of an experimental study of electrostatic fields in a liquid hydrocarbon fuel under its natural convection. On the basis of the results obtained, new methods of determining the characteristics of high -voltage electrostatic fields in the volume of liquid hydrocarbon fuel are developed and patented. These methods can be used in various technological systems in earthly and space conditions.

Keywords: Liquid hydrocarbon fuel, natural convection, electrostatic fields, system of electrodes type “needle - needle”, electric wind,

sedimentation, power lines of the electrostatic field, the boundary of the saturation zone with electrostatic fields, the value of the applied voltage.

Экспериментальные исследования с системой электродов типа «Игла – игла» в условиях естественной конвекции жидких углеводородных горючих для воздушно-реактивных двигателей (ВРД) и жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) в объёме экспериментальной бомбы высокого давления в составе оптической установки Теплера показали, что открывается возможность:

- определения конфигурации распространения силовых линий электростатических полей;
- определения величины подаваемого на отдающую иглу высоковольтного электростатического напряжения;
- определения границы начала зоны насыщения электростатическими полями;

Экспериментально было обнаружено, что:

- внутри силовых линий электростатического поля в объёме жидкого углеводородного горючего на нагреваемой рабочей пластине или металлической форсуночной сетке углеродистый осадок не образуется при любых давлениях. Этот эффект был взят за основу при разработке способа определения конфигурации распространения силовых линий электростатических полей [1];
- при подаче высоковольтного электростатического напряжения на отдающую иглу при любых давлениях образуется завихрение в виде кроны дерева, внутри которой содержатся гидравлические шарики определённого диаметра, размер которых зависит от величины подаваемого напряжения; этот эффект был взят за основу при разработке беззондового способа определения величины подаваемого высоковольтного электростатического напряжения на отдающую иглу в системе электродов типа «игла – игла» в условиях естественной конвекции в замкнутом объёме при докритических, критических и сверхкритических давлениях жидких углеводородных горючих [2];
- при подаче высоковольтного электростатического напряжения на отдающую иглу в объёме жидкого углеводородного горючего при различных давлениях образуется завихрение в виде кроны дерева, высота которой увеличивается с увеличением подаваемого напряжения, но при каком-то увеличенном напряжении эта высота кроны становится постоянной, это означает, что данное напряжение находится на границе зоны насыщения электростатическими полями; данный эффект был взят за основу при разработке беззондового способа определения границы начала зоны насыщения

электростатическими полями при системе электродов типа «Игла - игла» в замкнутом объёме в среде жидких углеводородных горючих (охладителей) [3];

Данные изобретения [1-3] возможно реализовывать как в земных, так и в космических условиях, т.е. при различных значениях гравитационных сил, в ручном, или автоматическом режимах, применяя современные видео-компьютерные и лазерные измерительные технологии, электронную эталонную базу, выводя итоговые проверочные данные в наземный и космический бортовой компьютер, а также на информационное табло наземного оператора и лётчика-космонавта.

Литература

1. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Гортышов Ю.Ф., Дресвянников Ф.Н., Обухова Л.А., Платонов Е.Н., Тарасевич С.Э., Яновская М.Л. Способ определения конфигурации распространения силовых линий электростатических полей в жидких углеводородных средах // Патент РФ на изобретение № 2504843. Бюл. № 2 от 20.01.2014.
2. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Гортышов Ю.Ф., Керножицкий В.А., Колычев А.В., Яновский Л.С., Яновская М.Л. Способ определения величины подаваемого электростатического напряжения на отдающую иглу в системе электродов типа «Игла – игла» в замкнутом объёме с жидким углеводородным горючим (охладителем). // Патент на изобретение РФ № 2785251. Бюл. № 34 от 05.12.2022.
3. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Гортышов Ю.Ф., Керножицкий В.А., Колычев А.В., Яновский Л.С., Яновская М.Л. Способ определения границы начала зоны насыщения электростатическими полями при системе электродов типа «Игла - игла» в замкнутом объёме в среде жидких углеводородных горючих (охладителей) // Патент на изобретение РФ № 2785830. Бюл. № 35 от 14.12.2022 г.

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.

кандидат технических наук
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ, СТАБИЛИЗАЦИИ И КОРРЕКЦИИ КЛА С МАЛОЙ МАССОЙ НА ОСНОВЕ ИМПУЛЬСНЫХ ЛАЗЕРНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

SYSTEM FOR ORIENTATION, STABILIZATION AND CORRECTION OF SPACECRAFT WITH LOW MASS BASED ON PULSED LASER ROCKET ENGINES

Аннотация. В работе представлены результаты исследования системы ориентации, стабилизации и коррекции характеристик КЛА с малой массой с импульсными лазерными ракетными двигателями.

Ключевые слова: КЛА с малой массой, импульсный лазерный ракетный двигатель, приповерхностный импульсный оптический разряд, лазерное излучение, оптический пробой.

Abstract. The paper presents the results of a study of the characteristics of a spacecraft with a low mass with an orientation and stabilization and correction system based on pulsed laser rocket engines.

Keywords: spacecraft with low mass, pulse laser rocket engine, urface pulsed optical discharge, laser radiation, optical breakdown.

Введение

В данной работе проведены исследования применения импульсного лазерного ракетного двигателя в системе ориентации стабилизации и коррекции в КЛА с малой массой.

1. Эксперимент

Разработан и изготовлен рабочий макет КЛА с малой массой [1]. При использовании импульсного лазерного ракетного двигателя в системе ориентации, стабилизации и коррекции масса системы подачи равняется $m_{с.п.} = 0,4$ кг, масса камер $m_k = 0,070$ кг (применяется 1

камера), масса агрегатов автоматики m_a равна массе бака, т.е. $m_a = 0,032$ кг, массу аккумулятора $m_{ак} = 0,978$ кг, масса лазера $m_{л} = 1,128$ кг и масса бака $m_б = 0,032$ кг. Тогда сухая масса $m_{сух} = 2,64$ кг.

Масса топлива рассчитывалась умножением количества включений и массы рабочего вещества внутри камеры в единичном импульсе, в предположении, что суммарный ресурс работы ДУ данного типа КЛА составляет 10^6 включений. Ввиду малых размеров КЛА, была выбрана форма бака в виде тора, обеспечивающая максимально плотную компоновку внутри аппарата. Как показали экспериментальные исследования, пороговые значения интенсивности лазерного излучения для возникновения импульсного оптического разряда в воздухе: 80 ГВт/см². При использовании импульсного приповерхностного оптического разряда при тех же условиях интенсивность лазерного излучения для получения оптического разряда составляет $2,9$ ГВт/см², что в 27 раз меньше.

II. Результаты исследования

Проводились исследования зависимости массы двигательной установки от суммарного импульса тяги. Установлено, что в случае предлагаемого ресурса 10^6 включений масса двигательной установки на основе импульсного лазерного ракетного двигателя имеет меньшую массу, по сравнению с другими типами двигателей ориентации, стабилизации и коррекции

Заключение

Исследования показали, что КЛА с малой массой на основе импульсного лазерного ракетного двигателя для выполнения задач ориентации, стабилизации и коррекции может применяться при высоте орбиты не менее 450 км. В случае использования в импульсном ракетном двигателе приповерхностного оптического разряда пороговые значения интенсивности лазерного излучения для возникновения импульсного оптического разряда в воздухе снижаются в 27 раз.

Полученные результаты позволяют утверждать, что в импульсном лазерном ракетном двигателе с использованием импульсного приповерхностного оптического разряда могут быть существенно снижены требуемые мощности для источника питания лазера, что значительно снизит габаритно-массовые характеристики орбитальных КЛА с малой массой.

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 памяти К.Э. Циолковского. Секция №2: «Проблемы ракетной и космической техники». РАН. РАКЦ. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2019. С. 145-148.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 55.49.29

Кислицкий М.И.

кандидат технических наук
старший научный сотрудник

Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
г. Санкт-Петербург

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОММЕРЧЕСКОГО МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО РАЗГОННОГО БЛОКА

FEATURES OF USING A COMMERCIAL SMALL SPACE TUG

Аннотация. Приведены результаты исследований вопросов применения малых космических разгонных блоков (МРБ). Показано, что их применение имеет существенные отличия от применения существующих больших разгонных блоков (РБ). Определены факторы, влияющие на порядок использования МРБ. Оценены типовые операции, разработана схема использования МРБ. Оптимизация использования МРБ удовлетворит потребности широкого спектра потребителей его услуг и максимизировать прибыль владельца.

Ключевые слова: малый космический разгонный блок, малый космический аппарат, полезная нагрузка, дополнительное использование, космическая услуга.

Abstract. The results of research on the use of small space tugs (SST) are presented. It is shown that their use has significant differences from the use of existing large space tugs. The factors influencing the order of use of SST are determined. Typical operations were evaluated, a scheme for using SST was developed. Optimizing the use of SST will satisfy the needs of a wide range of consumers of its services and maximize the owner's profit.

Keywords: small space tug, small spacecraft, payload, additional use, space service.

В России ведутся разработки по созданию МРБ массой 80 кг [1]. Исследования показали, что процессы целевого применения МРБ и традиционных больших разгонных блоков (РБ) различны. Имеется существенная разница в отношении массы полезной нагрузки (ПН) $M_{\text{пн}}$ к массе РБ $M_{\text{РБ}}$. Для больших РБ $\frac{M_{\text{пн}}}{M_{\text{РБ}}} = 0,1 - 0,2$; для МРБ $\frac{M_{\text{пн}}}{M_{\text{РБ}}} \leq 2$.

В настоящее время среди выводимых на орбиты полезных нагрузок (ПН) малые космические аппараты (МКА) составляют до 80%. Большинство составляют наноспутники формата Cubesat 3U массой ~ 4 кг. Следовательно, при максимальной проектной полезной нагрузке МРБ (150 кг), число транспортируемых МКА - до нескольких десятков. Большой РБ транспортирует 1-2 ПН. В результате для МРБ возрастает потребность в сложных программах перелетов с доставкой разных ПН на разные орбиты и орбитальные позиции.

При исследовании применения МРБ необходимо учитывать следующее.

1. Необходимо стремиться к максимально эффективному использованию ресурсов МРБ.
2. Ракета-носитель сверхлегкого класса (РН СЛК) и МРБ разрабатываются совместно как средство для оказания комплексной космической услуги. В связи с этим необходимо учитывать возможности РН СЛК и накладываемые ей ограничения.
3. Баки с топливом двигательной установки (ДУ) исследуемого МРБ (газообразные кислород и водород) при заправке захламляются до 173 К с целью увеличить массу заправляемых газообразных компонентов топлива. Данное обстоятельство накладывает ограничение на время, протекающее от момента отделения связки от РН до первого включения ДУ МРБ.
4. Анализ показал, что в головном блоке РН СЛК можно разместить до трех МРБ вместе с ПН и использовать их последовательно. Это позволяет реализовывать высокоэнергетические миссии, недоступные для одного МРБ, например, полет к Луне.
5. После завершения транспортной миссии МРБ остается работоспособным и, следовательно, может быть использован для решения дополнительных целевых задач в космосе.
6. Загрузка транспортного средства формируется как результат случайного потока независимых заказов, при этом срок начала транспортной операции фиксирован. Поэтому, в целях повышения эффективности эксплуатации МРБ целесообразно размещать на борту дополнительные полезные нагрузки.

7. Если после завершения транспортной миссии у МРБ имеются остатки топлива, то следует использовать их для понижения высоты орбиты с целью минимизации загрязнения околоземного космического пространства.

Основные типы операций МРБ: перевод ПН с опорной орбиты на рабочую; расстановка ПН в заданные орбитальные позиции. Другие транспортные операции представляют собой комбинации основных операций.

При поступлении заказа на услугу, проводится формирование ПН МРБ, исходя из следующих требований:

- оказать транспортные услуги, заказанные потребителями, в заданный срок;
- обеспечить максимальную загрузку МРБ;
- при наличии возможностей обеспечить решение средствами МРБ дополнительных целевых задач.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации («Создание опережающего научно-технического задела в области разработки передовых технологий малых газотурбинных, ракетных и комбинированных двигателей сверхлегких ракет-носителей, малых космических аппаратов и беспилотных воздушных судов, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках будущего» FZWF-2020-0015).

Литература

1. Кислицкий М.И. Коммерческий малый космический разгонный блок для быстрых перелетов // 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. С.257-262.

УДК 629.786.2

eLIBRARY.RU: 89.25.00

Худяков С.Н.

АО «Государственный ракетный центр
им. академика В.П. Макеева»
г. Миасс, Челябинская обл.

О ВОЗМОЖНОСТИ УСКОРЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА ОРБИТАЛЬНОЙ РАЗГОННОЙ СТАНЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ «ЗЕМЛЯ-МАРС»

ON THE POSSIBILITY OF ACCELERATED IMPLEMENTATION OF THE ORBITAL ACCELERATING STATION PROJECT OF THE TRANSPORT SYSTEM "EARTH-MARS"

Аннотация. Показана возможность реализации во второй половине XXI века проекта орбитальной разгонной станции (ОРС), осуществляющей катапультный разгон беспилотных космических летательных аппаратов (КЛА) марсианских экспедиционных комплексов. Ранний срок реализации проекта ОРС достигается за счёт использования материалов тросового разгонного устройства ОРС с низкой разрывной длиной (1000 км), использования ракетного разгонного блока для доразгона КЛА, использования для восстановления орбитальной скорости ОРС катапультного разгона второй ступени многоразовой двухступенчатой ракеты-носителя, доставляющей КЛА непосредственно к ОРС.

Ключевые слова: орбитальная разгонная станция.

Abstract. It is shown that it is possible of implementation in the second half of the XXI century the project of the orbital accelerating station (OAS), which performs catapult acceleration of unmanned SpaceCraft (SC) of the Martian expedition complexes. The early implementation of the OAS project is achieved through the use of materials of the OAS rope acceleration device with low breaking length (1000 km), the use of a rocket acceleration unit for additional acceleration of the SC, the use for restoring the orbital velocity of the OAS the catapult acceleration of the second stage of the reusable two-stage launch vehicle, which delivers the SC directly to the OAS.

Keywords: orbital accelerating station.

Одним из направлений уменьшения массовых затрат при выведении беспилотных космических летательных аппаратов (КЛА) на отлётные траектории является создание околоземной орбитальной разгонной станции (ОРС). ОРС осуществляет катапультный разгон КЛА с помощью тросового разгонного устройства (ТРУ), обеспечивающего встречное ускоренное движение КЛА и ОРС при разгоне КЛА. В качестве привода ТРУ используется маховик. При разгоне КЛА орбитальная скорость ОРС уменьшается. Для компенсации потери орбитальной скорости ОРС может использоваться

ракетная двигательная установка (РДУ), входящая в состав ОРС [1]. По сравнению с разгоном КЛА марсианских экспедиционных комплексов (МЭК) при помощи ракетного разгонного блока (РБ) использование ОРС с РДУ позволяет уменьшить массовые затраты на разгон КЛА МЭК примерно в 2,7 раза при кратности использования ОРС более 30 [1].

Для компенсации потери орбитальной скорости ОРС также может использоваться катапультный разгон второй ступени многоразовой двухступенчатой ракеты-носителя (РН) со всеми спасаемыми ступенями, доставляющей КЛА непосредственно к ОРС [2]. В этом случае ОРС сначала разгоняет вторую ступень РН, а затем – КЛА. Разгон КЛА осуществляется в направлении движения ОРС, а второй ступени – против движения ОРС, то есть ступень тормозится относительно Земли. При этом частично гасится орбитальная скорость второй ступени РН, то есть существенно уменьшаются массовые затраты на спасение ступени. Схема запуска КЛА с помощью ОРС с использованием торможения второй ступени РН относительно Земли отличается от обычной схемы запуска КЛА с помощью ракетного РБ крайне малыми массовыми затратами при высокой кратности использования ОРС. Так, при кратности использования ОРС, равной 20, массовые затраты ОРС на разгон КЛА МЭК более чем в 10 раз меньше аналогичных затрат обычного одноступенчатого ракетного РБ. При кратности 50 – меньше в 25 раз [2].

Оценка массового выигрыша в [1, 2] проведена для ОРС, у которых в качестве материала троса и маховика ТРУ использовался гипотетический материал троса космического лифта с разрывной длиной (удельной прочностью) 10000 км. Создание материала с такими физико-механическими характеристиками представляется возможным к началу XXII века.

Вместе с тем, высокая массовая эффективность предложенной в [2] схемы разгона КЛА позволяет при использовании этой схемы реализовать проект ОРС транспортной системы «Земля-Марс» даже при использовании материалов с низкой разрывной длиной и при этом при высокой кратности использования ОРС обеспечить снижение массовых затрат на разгон КЛА по сравнению с разгоном только с помощью ракетного РБ. Существенное снижение массовых затрат на разгон КЛА возможно уже при использовании в конструкции ТРУ ОРС материала с меньшей на порядок разрывной длиной по сравнению с материалом троса космического лифта.

Создание материалов с разрывной длиной порядка 1000 км можно ожидать предположительно во второй половине XXI века. Это могут

быть, например, нити на основе углеродных нанотрубок или арамидные нити нового поколения. Использование ОРС первого этапа развёртывания, созданной на основе материалов с разрывной длиной порядка 1000 км, предусматривает включение в состав разгоняемой в сторону Марса массы не только КЛА МЭК, но и ракетного РБ, доразгоняющего КЛА МЭК до необходимой конечной скорости после разгона связки КЛА МЭК и РБ с помощью ОРС. ОРС первого этапа развёртывания обеспечит сравнительно высокую массовую эффективность при разгоне КЛА МЭК и позволит отработать технику и технологию разгона 25-тонных модулей с помощью ТРУ до скорости порядка 2,6 км/с.

Представлены результаты численного моделирования разгона с помощью околоземной ОРС связки из беспилотного КЛА МЭК массой 17000 кг и ракетного РБ массой 8000 кг до скорости 2,6 км/с и последующего доразгона КЛА МЭК с помощью ракетного РБ до конечной скорости 3,68 км/с. ОРС оснащена двумя ТРУ, использующими в качестве привода маховики массой 50000 кг. Разрывная длина материала троса и маховика ТРУ ОРС принята равной 1000 км. Приведена зависимость суммарных массовых затрат ОРС и ракетного РБ на разгон КЛА МЭК массой 17000 кг от кратности использования ОРС. Показано, что при кратности, равной 20, суммарные массовые затраты ОРС и ракетного РБ на разгон КЛА МЭК примерно в 2,4 раза меньше аналогичных затрат обычного одноступенчатого ракетного РБ. При кратности 30 – меньше в 3,0 раза, при кратности 50 – меньше в 3,8 раза.

ОРС второго этапа развёртывания, созданная на основе материалов с разрывной длиной порядка 2000 км и оснащенная двумя маховиками массой по 50000 кг, обеспечивает разгон КЛА МЭК массой 25000 кг до скорости 3,68 км/с уже без использования ракетного РБ. При кратности использования ОРС, равной 20, массовые затраты ОРС на разгон КЛА МЭК примерно в 6,4 раза меньше аналогичных затрат обычного одноступенчатого ракетного РБ. При кратности 30 – меньше в 9,6 раза, при кратности 50 – меньше в 15,9 раза.

Литература

1. Худяков С.Н. О перспективах реализации способа разгона космического летательного аппарата с использованием катапультно отбрасываемого многоразового разгонного блока // Материалы 54-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Часть 1. Калуга: Изд-во АКФ «Политоп», 2019.- С. 357-359.
2. Худяков С.Н. О возможности уменьшения более чем на порядок

массовых затрат на разгон беспилотных космических летательных аппаратов марсианских экспедиционных комплексов при использовании орбитальной разгонной станции // Материалы 56-х Научных чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 1. Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»). 2021.- С. 236-238.

УДК 629.7.01

eLIBRARY.RU: 89.15.02

Чэнь Лэй

аспирант, Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
г. Москва

ОБЩЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ, РАБОТАЮЩЕГО В АТМОСФЕРЕ МАРСА

GENERAL DESIGN OF A SOLAR-POWERED UNMANNED AERIAL VEHICLE OPERATING IN THE MARS ATMOSPHERE

Аннотация. В работе рассмотрены проблемы по условию полета в атмосфере Марса для беспилотного летательного аппарата на солнечной энергии (БПЛАСЭ). Общее проектирование БПЛАСЭ выполнено с учетом оптимальной энергии, более того, профиль и масса летательного аппарата оптимизированы. Результаты показывают, что проектируемый БПЛАСЭ имеет максимальную оставшуюся энергию в положении экватор, что позволяет ему выполнить больше задач.

Ключевые слова: Марс, беспилотный аппарат на солнечной энергии, общее проектирование, оптимизация.

Abstract. In the paper considered the problems on the condition of flight in the Martian atmosphere for a solar-powered unmanned aerial vehicle (UAV). The overall design of the UAV is based on optimal energy, moreover, the profile and weight of the aircraft are optimized. The results show that the designed UAV has the maximum remaining energy in the equator position, which allows it to perform more tasks.

Keywords: Mars, solar-powered UAV, overall design, optimization.

Исследование Марса является важной частью исследования человеком дальнего космоса, и это имеет большое научное значение, чтобы помочь людям понять происхождение и эволюцию Земли, а также формирование и развитие Солнечной системы [1]. По сравнению с другими планетами Солнечной системы Марс имеет много общего с Землей, и люди исследуют Марс уже более 50 лет. Чтобы преодолеть проблемы точности активного в настоящее время марсианского орбитального аппарата и эффективности обнаружения марсохода, предлагается беспилотный летательный аппарат на солнечной энергии (БПЛАСЭ) для задач в атмосфере Марса. Как новый тип устройства обнаружения Марса, он может решить проблемы, которые являются трудными задачами для Марсоходов и орбитальных зондов, что обеспечивают важный технический способ исследования и разработки Марса.

Во-первых, скорость полета БПЛАСЭ Марса намного выше, чем у марсохода, что позволяет значительно повысить эффективность обнаружения; во-вторых, марсианский БПЛАСЭ может справляться со сложным и изменчивым марсианским рельефом; в-третьих, дальность обнаружения будет увеличена, что может помочь марсоходу выбрать направление движения, чтобы предотвратить попадание в песчаную ловушку. Таким образом, БПЛАСЭ Марса, в качестве совместной исследовательской платформы, которая может дополнительно выполнять исследовательские задачи, которые не могут быть решены марсоходами.

Поскольку плотность атмосферы на Марсе составляет всего 1% от земной, а ускорение свободного падения составляет 40% от земного, на этапе общего проектирования следует отметить, что беспилотные летательные аппараты с неподвижным крылом, работающие на солнечной энергии, выполняя миссии на этой планете, имеют чрезвычайно малую нагрузку на крыло. Следует также отметить, что его крейсерская среда в марсианской атмосфере находится в особом состоянии высокой скорости и низкого числа Рейнольдса [2]. Это ставит задачу комплексного проектирования аэродинамики, конструкции и энергии БПЛАСЭ.

С учетом указанных особенностей условия полета в работе представлены уравнения для летательного аппарата такого типа [3]. Общее проектирование БПЛАСЭ выполнено с учетом оптимальной энергии, более того, профиль и масса летательного аппарата оптимизированы. Результаты показывают, что проектируемый БПЛАСЭ имеет максимальную оставшуюся энергию в положении экватор, что позволяет ему выполнить больше задач.

Литература

1. Xian-Zhong Gao, Zhong-Xi Hou, Zheng Guo, Xiao-Qing Chen//Joint optimization of battery mass and flight trajectory for high-altitude solar-powered aircraft. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering, 2014, Vol.228(13) 2439-245.
2. Sharma M., Gupta A., Gupta S.K., Alsamhi S.H., Shvetsov A.V. // Survey on Unmanned Aerial Vehicle for Mars Exploration: Deployment Use Case. Drones, 2022, 6, 4. <https://doi.org/10.3390/drones6010004>
3. Witold J.F. Koning, Ethan A. Romander, Wayne Johnson. // Low Reynolds Number Airfoil Evaluation for the Mars Helicopter Rotor, AHS 74th Annual Forum & Technology Display, May 14-17, 2018, Phoenix, Arizona, USA.

УДК 629.7

eLIBRARY.RU: 55.49.09

Миловидов А.В.

студент

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

г. Москва

Серебрянский С.А.

кандидат технических наук, доцент кафедры 101

«Проектирование и сертификация авиационной техники»

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

г. Москва

ПРИМЕНЕНИЕ ПОДАТЛИВЫХ МЕХАНИЗМОВ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

THE USE OF COMPLIANT MECHANISMS IN AEROSPACE INDUSTRY

Аннотация. При создании новых космических летательных аппаратов требуются новые материалы и механизмы. Они должны выполнять свою функцию, выдерживать действующие нагрузки и иметь достаточно низкую удельную массу. Снижение веса является первоочередной задачей проектирования космического летательного аппарата. В данной работе рассматривается возможность

использования податливых механизмов в конструкции космических аппаратов.

Ключевые слова: конструкционные материалы, жесткость, гибкий механизм, податливый механизм, топологическая оптимизация, метод построения блоков.

Abstract. When creating new spacecraft, new materials and mechanisms are required. They must perform their function, withstand the operating loads and have a sufficiently low specific mass. Weight reduction is the primary task of designing a spacecraft. In this paper, the possibility of using compliant mechanisms in the design of spacecraft is considered.

Keywords: structural materials, rigidity, flexible mechanism, compliant mechanism, topological optimization, method of building blocks.

Развитие космической техники требует постоянного развития технологий изготовления конструкционных материалов, которые позволят снизить массу летательных аппаратов, с требуемыми показателями жесткости, надежности в широком диапазоне температур, а также увеличат гарантийный срок [1].

Сегодня производство по-настоящему востребованного конкурентоспособного продукта немислимо без масштабной проектно-конструкторской, производственной и послепродажной кооперации посредством интегрированных ИТ-систем [2].

Важным свойством конструктивного материала, которое учитывается при проектировании гибких механизмов, является модуль упругости, который определяет жёсткость конструкции. Но стоит уточнить, что важной является величина обратная жёсткости, а именно податливость – равная отношению упругого перемещения к приложенной нагрузке.

$$c = \frac{1}{j} = \frac{\delta}{F} \quad (1)$$

где δ - величина упругой деформации;

F - сила;

$j = \frac{F}{\delta}$, (Н/мкм) – коэффициент жесткости.

Различают податливость при изгибе, податливость при сдвиге, податливость при сжатии и др.

Податливый механизм – это гибкий механизм, который обеспечивает передачу силы и движения за счет упругой деформации тела.

С ростом податливости увеличивается запас упругой энергии, и потому изменение податливости оказывает сильное влияние на кинетику деформации и разрушения. Податливость растет с

уменьшением модулей упругости, с помощью этого параметра можно контролировать напряжения и усилия, возникающие в конструкции. Так же задавать реакцию конструкции на определенные величины и направление нагрузки.

Работа любого гибкого механизма основана на трех параметрах конструкции:

- топология - подразумевает взаимное расположение элементов, разновидности элементов (их типы) и их соединения. С помощью этих параметров можно контролировать основополагающие законы движения точек механизма, восприятие и распределение нагрузок по конструкции;
- геометрия - включает толщину, длину и ширину соединений, определенных топологией. С помощью этих параметров можно контролировать перемещения в соединениях податливых механизмов и воспринимаемые ими нагрузки;
- материал.

Проектирование податливых механизмов достаточно трудоемко, так как требует большого количества вычислений, вызванного сложностью взаимодействия между элементами конструкции. Поведение таких механизмов менее очевидно по сравнению с обычными.

В работе рассматриваются способы, позволяющие упростить разработку таких конструкций. Условно их можно разделить на две большие группы:

- топологическая оптимизация. Этот подход представляет конструкцию в виде изначально неподвижного тела, у которого задана только геометрия, затем на этот объект прикладываются нагрузки и необходимые перемещения, чтобы механизм мог выполнять необходимые функции. Затем с помощью анализа напряжений и кинематики точек конструкции алгоритм изменяет форму объекта, способ соединения звеньев (условно), и варьируя этими параметрами получает оптимальную конструкцию [2];
- метод построения блоков. Заключается в том, что в конструкции используются гибкие элементы, которые уже были разработаны до этого, чтобы упростить разработку необходимого механизма. По сути, заменяются шарниры, ползуны и прочие элементы на гибкие аналоги (рис. 1).

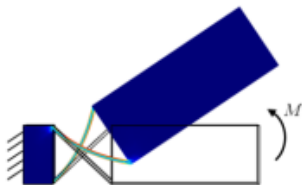


Рис. 1. Перекрестный гибкий качающийся шарнир

Два этих метода кардинально отличаются подходами к анализу механизма и принципам его построения.

Выводы

В условиях работы, при неравномерном нагреве конструкции, будет происходить распределение тепла и расширение тела в определенных местах. Поэтому при низком коэффициенте диффузии и высоком коэффициенте расширения податливая конструкция будет неравномерно расширяться, что будет влиять на ее форму, кинематику, распределение напряжений. Поэтому стоит выбирать материалы с высокой диффузией тепла и низким коэффициентом расширения, чтобы избежать эти проблемы.

Литература

- 1 Семрак А.В., Иванов Р.Д., Баранов М.Е. и др. Использование новых конструктивных материалов в ракетно космической технике // Решетневские чтения. – 2012. – Т. 1. – С. 339-340.
2. Братухин А.Г., Серебрянский С.А., Стрелец Д.Ю. и др. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники. М.: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020, 448 с. – ISBN 978-5-4316-0694-6.
3. Меркулов А.Г. О возможности применения аддитивных технологий в производстве летательных аппаратов // Сборник тезисов докладов Гагаринских чтений 2020 г. М.: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. С.976-977.

Бечаснов П.М.
кандидат технических наук
доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана
г. Москва
Ильин А.М.
инженер МГТУ им. Н.Э. Баумана
г. Москва

МНОГОРАЗОВАЯ ТРЕХСТУПЕНЧАТАЯ СВЕРХТЯЖЁЛАЯ РАКЕТА-НОСИТЕЛЬ С ВЫТЕСНИТЕЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ

REUSABLE THREE-STAGE SUPERHEAVY BOOSTER WITH PRESSURE FEED

Аннотация. Даны предложения по снижению стоимости выведения на орбиту через создание многоразовой РН с вытеснительной подачей топлива. Обоснованы варианты её построения: азотный окислитель, композитные баки и горячий наддув, или жидкий кислород, металлические баки и наддув холодным гелием. Оценена доля ПН, не уступающая системе Starship, предложены способы спасения ступеней.

Ключевые слова: многоразовая РН с вытеснительной подачей, сверхтяжёлая РН, стоимость выведения на орбиту

Abstract. Proposals are given to reduce the cost of orbit launch by the creation of a reusable launch vehicle with a pressure feed. The variants of its construction are justified: a composite structure with a nitrogen-based oxidizer and hot gas pressurization, and a metal one using liquid oxygen and cold helium pressurization. The possible payload fraction, which is not inferior to the Starship system, is estimated, ways of reuse the stages are proposed.

Keywords: reusable booster with pressure feed, superheavy booster, the cost of orbit launch.

В настоящее время проработаны направления космической деятельности со значительным экономическим эффектом: развертывание группировок наблюдения и связи, космических солнечных электростанций, орбитальное производство, добыча внеземных ресурсов и т.п. Все эти задачи нуждаются в дешевом выведении грузов с Земли на орбиту.

С ростом грузоподъёмности РН увеличивается доля её ПН и снижается удельная стоимость выведения. Это побуждает ведущие страны мира разрабатывать сверхтяжёлые (с массой ПН более 50 тонн) РН. Однако это весьма дорого, и сейчас ракеты данного класса эксплуатируются только США. Отечественная РН «Енисей» разрабатывается с 2012 года, заявленная стоимость превышает триллион рублей, а её облик и сроки постоянно меняются. Заявлено применение метана и композитов, недавно было выдвинуто требование полной многоразовости с очередной переработкой и задержкой проекта.

Упростить и удешевить создание сверхтяжёлой РН может следование принципам [1]:

- отказ от безусловной минимизации массогабаритов, унаследованной от проектирования МБР;
- проектирование с минимизацией расходов на разработку, что должно снизить и стоимость серийного изделия;
- упрощение конструкции при приемлемой потере эффективности;
- применение вытеснительной подачи топлива;
- использование коммерческой электроники в системе управления;
- акцент на общемашиностроительных технологиях производства.

Поэтому предлагается выполнить перспективную РН трёхступенчатой с авиационным керосином в качестве горючего и использовать большое количество унифицированных двигателей низкого давления с абляционным (при потребности с завесой в области критики) охлаждением. Для системы подачи проработаны два варианта изделия:

- хранение топлива в композитных баках на основе базальтового волокна и горячий наддув от газогенератора на основных компонентах. Окислитель – азотная кислота;
- хранение топлива в сборных алюминиевых баках с наддувом холодным гелием. Окислитель – жидкий кислород.

Высокая прочность баков обеспечивает возможность многоразового использования всех ступеней. Они входят в атмосферу без повторного включения маршевых двигателей, имея абляционную теплозащиту, и садятся на парашютах в море, сохраняя плавучесть, с последующей буксировкой. Расчётная масса ПН при таком спасении составляет 100 т при стартовой массе 5000 т, что не уступает более технологичной американской системе Starship.

Литература

1. J.R. London. LEO on the cheap. Methods for achieving drastic reductions in space launch costs. London, Books for Business, 2002. - 248 pp.

СЕКЦИЯ 3
«К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И МЕХАНИКА
КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА»

УДК 629.785

eLIBRARY.RU: 89.23.21

Галяев А.А.

доктор технических наук, член-корреспондент РАН
главный научный сотрудник

Института проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН
г. Москва

Самохин А.С.

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

Института проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН
г. Москва

Самохина М.А.

научный сотрудник
Института проблем управления имени В.А. Трапезникова РАН
г. Москва

О ЗАДАЧЕ 12-Х СОРЕВНОВАНИЙ ПО ГЛОБАЛЬНОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ ТРАЕКТОРИЙ – GTOC 12

ABOUT THE PROBLEM OF THE 12-TH GLOBAL TRAJECTORY
OPTIMIZATION COMPETITION – GTOC 12

Аннотация. Доклад посвящён описанию международных соревнований по глобальной оптимизации траекторий GTOC 12. В соревнованиях приняло участие более 100 команд. Задача была посвящена оптимизации добычи полезных ископаемых с астероидов Солнечной системы. В работе подробно описывается постановка задачи, обсуждаются возможные подходы к решению.

Ключевые слова: GTOC, глобальная оптимизация, оптимизация траекторий, полёт к астероиду, малая тяга.

Abstract. The report is devoted to the description of the international global trajectory optimization competition GTOC 12. More than 100 teams took part in the competition. The task was devoted to the optimization of mining from the asteroids of the Solar System. The statement of the problem and the solution approaches are described in detail.

Keywords: GTOC, global optimization, trajectory optimization, flight to an asteroid, low thrust.

Соревнования по глобальной оптимизации траекторий GTOC были основаны Dario Izzo из ESA в 2005 году. С тех пор состоялось уже 12 выпусков. Аудитория участников расширяется каждый год, для участия в соревнованиях 2023 года зарегистрировалось 102 команды. Доклад посвящён описанию постановки задачи, используемых методов и результатов.

Постановка задачи

В 2035 человечество начинает добывать полезные ископаемые с астероидов. Технология добычи астероидов будет значительно развита для автоматического извлечения и переработки ценных минералов. Для успешной добычи на астероиде необходимо осуществить два последовательных рандеву с астероидом одним и тем же или двумя разными космическими кораблями, управляемыми электрическими двигателями малой тяги. За один год с одного астероида добывается 10 килограмм полезного груза. Доступное количество кораблей зависит от добытой массы.

Участникам требовалось добыть как можно больше массы. Добытая масса на каждом астероиде учитывалась с учётом бонусного коэффициента. Изначально все бонусные коэффициенты были равны 1. Далее, если какая-то команда отправляла решение на сайт организаторов, то коэффициенты астероидов, участвующих в этом решении уменьшались.

Всего участникам было предложено на выбор 60000 астероидов. Стартовая масса каждого космического аппарата не должна превосходить 3 тонн, конечная масса не должна быть менее 500 килограмм. Величина тяги ограничена 0.6 Н. Общая продолжительность миссии была ограничена 15 годами. Астероиды двигались в центральном ньютоновском поле сил притяжения Солнца, их орбиты были заданы оскулирующими элементами. Космическим аппаратам разрешалась совершать пертурбационные маневры относительно Венеры, Земли и Марса.

Все космические корабли стартовали с Земли и автоматически сбрасывали добытый груз на Землю при последующем пролёте её с относительной скоростью менее 6 км/с. Итоговые траектории записывались в текстовый файл, проверяемый далее организаторами на корректность решения.

Возможные подходы к решению

Для построения траекторий с малой тягой за основу может быть взято импульсное приближение, при котором задача перелёта к астероиду, между астероидами или возврата к Земле гарантированно решается как задача Ламберта. Это позволяет отобрать удачные астероиды и хорошие времена старта и финиша для них. Затем задача может быть пересчитана на основе принципа Лагранжа для получения значений параметров пристрелки – сопряжённых переменных в импульсной постановке.

После чего возможен переход к построению задачи с непрерывной тягой, для этого вначале может рассматриваться идеально-регулируемая тяга с оптимизацией интеграла от квадрата ускорения, а затем тяга может последовательно ограничиваться в постановке для удовлетворения ограничениям задаче.

Тем самым задача сводится к подбору удачных последовательностей астероидов и оптимизации времён их пролёта, а также реализации выбранных цепочек полета с малой тягой, таким образом, чтобы функционал исходной задачи был как можно выше, а траектории при этом удовлетворяли всем ограничениям.

В итоге многим командам удалось успешно справиться с задачей.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 629.78

Ивашкин В.В.

доктор физико-математических наук
профессор

главный научный сотрудник

Институт прикладной математики
им. М.В. Келдыша РАН

г. Москва

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, г. Москва,

доцент

Российский университет дружбы народов

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЭЙЛЕРА-ЛАМБЕРТА МЕТОДОМ ОХОЦИМСКОГО-ЕГОРОВА

SOLUTION OF THE EULER-LAMBERT PROBLEM BY THE OKHOTSIMSKY-EGOROV METHOD

Аннотация. Рассматривается метод решения задачи Эйлера-Ламберта, предложенный В.А. Егоровым, основанный на работах Д.Е. Охотимского по анализу множества траекторий перелёта между двумя заданными точками в центральном ньютоновском поле, отличающихся углом наклона начальной скорости к трансверсали. Таким образом решение сводится к определению угла наклона скорости соответствующего заданному времени перелёта и числу витков. Приводятся примеры использования предложенного метода.

Ключевые слова: задача Эйлера-Ламберта, определение орбит, импульсные перелёты.

Abstract. A method for solving the Euler-Lambert problem proposed by V.A. Egorov is presented. The method is, based on the work of D.E. Okhotsimsky on the analysis of a set of flight trajectories between two given points in the central Newtonian field. Trajectories of the set, differ from each other by the inclination angle of the initial velocity to the transversal. Thus, the solution boils down to determining the angle of inclination of the velocity corresponding to a given flight time and angular range. Examples of using the proposed method are given.

Keywords: Euler-Lambert problem, orbit determination, impulsive orbital maneuvers.

Задача Эйлера-Ламберта является классической проблемой небесной механики, служащей для определения орбит небесных тел. Впервые она была поставлена Л. Эйлером в 1743 г. для параболических орбит [1]. Затем И. Ламберт в 1761-1771 гг. развил эти результаты, дополнив их случаями эллипса и гиперболы. Традиционно эта задача формулируется как двухточечная краевая задача в рамках модели двух тел, в которой известны векторы положения в два разных момента времени.

Разработано много методов ее решения ([1-7] и др.), сравнительный анализ некоторых из них приведён в работах Р. Бэттина [3], П. Эскобала [4], Р. Рассела [5] и Е. Фантино [6]. Большинство из этих методов основано на том, что траектории между двумя точками

пространства образуют однопараметрическое семейство орбит, соответствующих перелету между заданными точками за определённое время. Методы решения задачи Эйлера-Ламберта отличаются выбором параметра этого семейства, численного метода решения полученного нелинейного уравнения и правилом выбора начального приближения. Всё перечисленное влияет на эффективность численной реализации алгоритма решения. Ввиду важности и популярности задачи Эйлера-Ламберта для проведения проектно-баллистического анализа, при котором требуется решение большого числа подобных задач, получение наиболее эффективного алгоритма её решения является актуальной задачей.

В.А. Егоров отметил, что результаты Д.Е. Охочимского по анализу баллистических перелетов можно использовать для построения нового, наглядного и несложного метода решения задачи Эйлера-Ламберта. В этом случае неизвестным параметром перелёта является угол наклона начальной скорости к трансверсали. К преимуществам предлагаемого метода относится явная зависимость получаемого решения от величины и направления скорости в начальной точке, ограниченность диапазона возможных значений угла наклона скорости и небольшой объем вычислений на каждой итерации. Это позволяет эффективно включать данный метод в вычислительные схемы оптимизации импульсных перелётов космических аппаратов. А так же, можно использовать двухточечные методы сужения области при решении итогового уравнения, обладающие высокой вычислительной устойчивостью и позволяющие гарантированно получать необходимую точность решения.

В качестве примера приводятся решения задачи Эйлера-Ламберта с заданным числом витков. Эффективность разработанного метода (его предлагаем назвать методом Охочимского-Егорова) при решении этих тестовых задач сравнивается с ранее известными методами [5-7].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10206, <https://rscf.ru/project/22-79-10206/>.

Литература

1. Субботин М.Ф. Курс небесной механики. Том 1. Гостехиздат. 1933. 321 с.
2. Жуковский Н.Е. Собрание сочинений. Том 1. Общая механика, математика и астрономия: ОГИЗ. Гос. изд. техн.-теор. лит. Москва – Ленинград, 1948. С. 605-609.

3. Battin R.H. Astronautical guidance: New York, San Francisco, Toronto, London: McGraw-Hill Book Company, 1964 (Русский перев.: «Наведение в космосе», Изд. «Машиностроение», 1966 г., 449 с.).
4. Escobal H.R. Methods of Orbit Determination: John Wiley and Sons, New York, 1965 (Русский перев.: П. Эскобал, Методы определения орбит. Изд. «Мир», М., 1970).
5. Arora N., Russell R.P. A fast and robust multiple revolution Lambert algorithm using a cosine transformation // Paper AAS 13-728, 2013, С. 1-20.
6. Torre Sangra D., Fantino E. Review of Lambert's problem // ISSFD 2015: 25th International Symposium on Space Flight Dynamics, 2015, С. 1-15.
7. Izzo D. Revisiting Lambert's problem. Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. 2015, Vol. 121, No. 1, Jan. 2015. ISSN 0923-2958. doi:10.1007/s10569-014-9587-y. Pp. 1–15.
8. Охоцимский Д.Е. Динамика космических полетов. Конспект лекций в МГУ / М.: Изд-во Московского университета. 1968 г. 158 с.
9. Охоцимский Д.Е., Сихарулидзе Ю.Г. Основы механики космического полета: учебное пособие. М. Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. 448 с.

УДК 521.31

eLIBRARY.RU: 41.19.00

Астахов А.В.

кандидат педагогических наук
доцент КГУ им. К.Э. Циолковского
г. Калуга

ГИПОТЕТИЧЕСКАЯ ПЛАНЕТА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ И РАСЧЕТЫ ЕЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

HYPOTHETICAL PLANET OF THE SOLAR SYSTEM AND CALCULATIONS OF ITS MAIN PARAMETERS

Аннотация. В научной литературе представлены основные параметры гипотетической планеты, которые, как мы считаем, нуждаются в уточнении. По произведенным нами расчетам период ее вращения вокруг своей оси составляет 13 суток 14 часов 49 минут 50,2 секунд, а сидерический год - 12233 года. Произведенные нами расчеты основаны на положении о том, что мы живем в двойной системе

Солнца и Юпитера, и большинство планет в нашей планетной системе движутся по орбитам, плоскости которых совпадают с плоскостью обращения Юпитера.

Ключевые слова: гипотетическая планета, период вращения, период обращения вокруг Солнца, орбита планеты.

Abstract. The scientific literature presents the main parameters of a hypothetical planet, which, as we believe, need to be clarified. According to our calculations, the period of its rotation around its axis is 13 days, 14 hours, 49 minutes, 50.2 seconds, and the sidereal year is 12233 years. Our calculations are based on the assumption that we live in a binary system of the Sun and Jupiter, and most of the planets in our planetary system move in orbits whose planes coincide with the plane of Jupiter's rotation.

Keywords: hypothetical planet, the period of rotation, the period of revolution around the Sun, the orbit of the planet.

Гипотеза, выдвинутая в 2016 году учеными из Калифорнийского технологического института, о возможном существовании девятой планеты основана на том, что удаленные объекты пояса Койпера, наклоненные к плоскости Солнечной системы под углом около 45° , могут удерживаться гравитацией крупной планеты с сильно вытянутой эллиптической орбитой [3, 4].

Сотрудники отдела исследований Солнечной системы, Института астрономии РАН подтверждают возможность существования такой планеты [4].

Изучая научную литературу, мы не обнаружили данных о периоде вращения гипотетической планеты вокруг своей оси, но с помощью компьютерного моделирования, ученые определили, что она может обращаться вокруг Солнца за десять - двадцать тысяч лет [6].

В этой связи нами были произведены расчеты недостающего параметра, и был уточнен период обращения гипотетической планеты вокруг Солнца [1, 2]. Произведенные нами расчеты основаны на положениях представленных отечественными учеными о том, что мы живем в двойной системе Солнца и Юпитера. Планеты в нашей планетной системе движутся по орбитам, плоскости которых совпадают с плоскостью обращения Юпитера и все они испытывают его гравитационное влияние [5].

Ученые полагают, что гипотетическая планета сформировалась из того же материала, что Уран и Нептун. Известно, что планеты - ледяные гиганты вращаются вокруг своей оси быстрее, чем планеты земной группы. Выполненные нами расчеты показали разницу в 19,654 раза ($26238652 \div 1335012,5 = 19,654$) [1]. Таким образом, период

вращения гипотетической планеты вокруг своей оси составил 1176590,3 секунд, или 13 суток 14 часов 49 минут 50,2 секунды.

Планеты земной группы, находясь во внутренней области Солнечной системы, по выполненным нами расчетам, обращаются вокруг Солнца, в 3348 раз быстрее, чем планеты, находящиеся во внешней области ($393735006049.76 \div 117\,597\,625.321 = 3348,15$) [2].

Таким образом, сидерический год гипотетической планеты составляет 12233 земных лет. Вероятнее всего у нее сильно вытянутая орбита. В перигелии, согласно произведенным нами расчетам, гипотетическая планета может находиться между Сатурном и Ураном - 10,28 астрономических единиц от Солнца. В афелии - на расстоянии 2212,9 астрономических единиц от Солнца. Это означает, что гипотетическая планета в перигелии занимает седьмую позицию, а в афелии – девятую.

Обоснование произведенных нами расчетов:

– если время вращения Солнца разделить на время обращения Юпитера вокруг Солнца, мы получим коэффициент $0,00587$ ($2192831,6 \div 373\,146\,618.257 = 0,00587$).

– если полученное нами отношение периодов вращения планет, разделить на разницу периодов обращения планет, то обнаруживается этот же коэффициент ($19,654 \div 3348,15 = 0,00587$).

Литература

1. Астахов А.В. К вопросу о возможности существования девятой планеты в Солнечной системе// Вестник Калужского университета. Научный журнал № 2 (55) (2022). С. 104-105.
2. Астахов А.В. Сидерический год гипотетической планеты. Вестник Калужского университета. Научный журнал № 3 (56) (2022). С. 72-73.
3. Brown Michael E.. The Search For Planet Nine. URL: <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Michael-E-Brown-6303165> (дата обращения: 07.04.2023).
4. Пичугина Т. «Уверен, что это так». Ученые показали, где находится Девятая планета. <https://ria.ru/20210916/planeta-1750136476.html> (дата обращения: 07.04.2023).
5. Солнечная система: жизнь из пыли. http://stp.cosmos.ru/index.php?id=1137&tx_ttnews%5Btt_news%5D=993&cHash=c7c8cd39df285691a07e499d5f70b978 (дата обращения: 07.04.2023).
6. Fesenmaier K. Caltech Researchers Find Evidence of a Real Ninth Planet // Caltech. News. 2016. January 20. URL:

<https://www.caltech.edu/news/caltech-researchers-find-evidence-real-ninth-planet-49523> (дата обращения: 07.04.2023).

УДК 629.785

eLIBRARY.RU: 89.00.00

¹**Гордиенко Е.С.**

кандидат технических наук

математик 1 категории

²**Ивашкин В.В.**

доктор физико-математических наук

профессор,

главный научный сотрудник

¹**Симонов А.В.**

кандидат технических наук,

заместитель начальника отдела

¹**Розин П.Е.**

кандидат технических наук,

начальник сектора

1 – АО «НПО Лавочкина», г. Химки

2 – ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

РЕАЛИЗАЦИЯ ДВУХИМПУЛЬСНОГО ПЕРЕХОДА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА ВЫСОКИЕ КРУГОВЫЕ ОРБИТЫ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЛУНЫ

THE IMPLEMENTATION OF A TWO-PULSE SPACECRAFT TRANSITION TO HIGH CIRCULAR ORBITS OF AN ARTIFICIAL MOON SATELLITE

Аннотация. Рассматривается практическая реализация двухимпульсного выведения космического аппарата на высокие круговые орбиты искусственного спутника Луны с учетом ошибок определения положения и скорости спутника, а также ошибок выдачи импульсов, как по величине, так и по направлению. Рассматриваются двух-, трех- и четырехимпульсные схемы выведения космического аппарата на конечную орбиту у Луны с учетом коррекции. Анализ проводится в три этапа. На первом – определяется номинальная траектория двухимпульсного выведения космического аппарата на высокие орбиты вокруг Луны. На втором этапе – исследуются трех- и четырехимпульсные схемы с учетом коррекции. То есть рассматриваются траектории с одним и двумя корректирующими

импульсами скорости. На третьем этапе приводятся численные и графические результаты анализа. В заключении работы делаются выводы о целесообразности практического применения таких схем и траекторий.

Ключевые слова: космический аппарат, лунные траектории, двухимпульсный переход, трехимпульсный переход, четырехимпульсный переход, коррекция орбиты КА.

Abstract. The practical implementation of two-impulse launch of a spacecraft into high circular orbits of Moon artificial satellite is considered, taking into account errors in determining the position and speed of the satellite, as well as errors impulses issuance, both in magnitude and direction. Two-, three- and four-impulse schemes of spacecraft launching into the final orbit near the Moon with taking into account corrections are considered. The analysis is carried out in three stages. On the first stage, the nominal trajectory of the two-impulse launch of the spacecraft into high orbits is determined. On the second stage, three- and four-impulse schemes with taking into account corrections are investigated. That is, trajectories with one and two correcting velocity impulses are considered. On the third stage, numerical and graphical results of the analysis are presented. Finally, conclusions are drawn about the feasibility of practical application of such schemes and trajectories.

Keywords: spacecraft, lunar trajectories, two-impulse transfer, three-impulse transfer, four-impulse transfer, spacecraft's orbit correction

Дальнейшее освоение Луны требует решения целого ряда задач, среди них обеспечение навигации и связи, как с объектами на Луне и в окололунном пространстве, так и с объектами на Земле и в околоземном пространстве, наблюдение за объектами дальнего космоса, а также ретрансляция сигналов с Земли на Луну и обратно. Их можно решить путем создания лунной многофункциональной спутниковой системы (ЛМСС), расположенной на высоких круговых орбитах вокруг Луны. Поэтому актуальным встает вопрос поиска наилучшей по критерию минимизации характеристической скорости траектории выведения на орбиты такой системы.

Работа продолжает исследования по анализу двухимпульсного перехода на высокие орбиты искусственного спутника Луны, являющегося частным случаем его трехимпульсного аналога [1 – 5]. В ее основе лежит вопрос практической реализации таких траекторий.

При этом двухимпульсное в номинале выведение космического аппарата (КА) на высокие круговые орбиты искусственного спутника Луны (ИСЛ) реализуется с учетом ошибок определения положения и

скорости спутника, а также ошибок выдачи импульсов по величине и по направлению.

Анализ проводится в три этапа. На первом – определяется номинальная траектория двухимпульсного выведения КА на высокие орбиты ИСЛ. На втором этапе – исследуется случай сообщения одного и двух корректирующих импульсов, таким образом, наряду с двухимпульсной рассматриваются трехимпульсная и четырехимпульсная схемы выведения.

Представлены оценки точности определения положения и скорости КА на орбитах вокруг Луны, а также неточности выдачи импульсов скорости по модулю и по направлению.

Приводятся характеристики двигателей, с помощью которых может быть реализована траектория выведения КА на конечную орбиту ИСЛ. Маневры можно реализовать с помощью двигателя большой тяги Д1 (ДБТ) и двигателя малой тяги Д2 (ДМТ). Так, рассмотренный двигатель Д1 обладает следующими характеристиками: тяга $P=4315$ Н, скорость истечения газов из сопла $W_e=3128.3$ м/с, импульс последействия $J_{пд}=1961$ Н*с, а рассмотренные четыре двигателя Д2: тяга $P=49.71$ Н, скорость истечения газов из сопла $W_e=2810.62$ м/с, импульс последействия $J_{пд}=1.879$ Н*с. Принято также, что начальная масса рассмотренного КА $m_0=2039.736$ кг. Делаются выводы о диапазонах величин импульсов, где выгоднее применение двигателя большой тяги Д1, а где – двигателя малой тяги Д2.

Движение КА рассматривается внутри сферы действия Луны (СДЛ), когда расстояние от спутника до центра Луны меньше радиуса СДЛ $R_{СДЛ} \approx 60$ тыс. км. Селеноцентрическая траектория моделируется в рамках задачи четырех тел – КА, Луна с учетом ее нецентральности с разложением селенопотенциала в ряд по сферическим функциям 8×8 , Земля и Солнце, как материальные точки [6].

Для каждой из схем выведения на конечную орбиту проводится массовый расчет, состоящий из 10 тысяч случайных реализаций [7]. Рассматриваются разные варианты решения: так, например, для случая – когда конечное время выведения t_f свободно, а контролируются конечные радиус a_f и наклонение i_f – решается двухпараметрическая краевая задача, а также, когда конечное время выведения t_f наряду с величинами высоты и наклона контролируются – решается трехпараметрическая краевая задача. Для двухпараметрической задачи варьируемыми параметрами являются величины приращений скорости по радиальному направлению ΔV_r и проекции приращений скорости на плоскость (nb), задаваемую трансверсалью n и бинормалью b – ΔV_{nb} , а

для трехпараметрической задачи – приращения характеристической скорости на оси $J2000 \Delta V_x$, ΔV_y и ΔV_z или приращения скорости в орбитальной системе координат $\mathbf{rnb} \Delta V_r$, ΔV_n и ΔV_b . При этом краевая задача решается с использованием итерационного метода Ньютона.

На третьем этапе приводятся численные и графические результаты анализа. В заключении делаются выводы о целесообразности практического применения таких траекторий. Оценено влияние погрешностей определения положения и скорости на траекторию. Из проведенного исследования видно, что практическая реализация номинальной траектории с двухимпульсным маневром торможения при переходе на высокую круговую орбиту ИСЛ приводит к появлению одного или двух корректирующих импульсов с помощью преобразования двухимпульсной схемы в трех- и четырехимпульсную. Анализ показал, что по точности выведения на конечную орбиту ИСЛ, а также по величине затрат суммарной характеристической скорости наилучшим представляется вариант четырехимпульсной схемы, предусматривающий последовательное приложение двух несвязанных корректирующих импульсов скорости с интервалом в ~ 1 сутки для накопления мерной базы измерений [8]. При этом суммарная характеристическая скорость возрастает на ~ 10 м/с. Наихудшим вариантом является трехимпульсная схема выведения со свободным конечным временем t_f , при этом суммарная характеристическая скорость возрастает на ~ 47 м/с.

Литература

1. Гордиенко Е.С., Ивашкин В.В., Симонов А.В., Розин П.Е. Анализ траекторий выведения КА на высокие круговые орбиты искусственного спутника Луны с использованием двухимпульсного торможения // Вестник НПО С.А. Лавочкина, 2023. №2 (60). С. 27 – 37.
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. Гордиенко Е.С. Методика оптимального выведения космического аппарата на высокие круговые орбиты искусственного спутника Луны // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Научный руководитель: д. ф.-м. н. Ивашкин В. В. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 11 апреля 2019 г. 156 с.
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. Муртазин Р.Ф. Эффективное выведение космического аппарата на высокую круговую окололунную орбиту // Космонавтика и ракетостроение. 2019. № 3. С. 5-12.

6. Folkner W.M., Williams J.G., Boggs D.H. The Planetary and Lunar Ephemeris DE 421. 2009. JPL IOM 343R-08-003.

7. В.В. Зеленцов Основы баллистического проектирования искусственных спутников Земли // МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 174 с.

8. Тучин А.Г. Определение параметров движения КА по результатам измерений при наличии шума в динамической системе // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2004, № 2, 32 с.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 629.78

Королевский Э.Д.

аспирант

Российский университет дружбы народов,

г. Москва

Иванюхин А.В.

кандидат технических наук,

научный сотрудник

Научно-исследовательского института
прикладной механики и электродинамики

МАИ, г. Москва

доцент

Российский университет дружбы народов

г. Москва

ОПТИМИЗАЦИЯ ВОЗВРАТА НА ЗЕМЛЮ С ОКОЛОЛУННОЙ ГАЛО-ОРБИТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВИЖЕНИЯ ПО ИНВАРИАНТНЫМ МНОГООБРАЗИЯМ

OPTIMIZATION OF THE RETURN TO EARTH FROM THE LUNAR HALO ORBIT USING INVARIANT MANIFOLDS

Аннотация. В работе рассматривается метод проектирования траекторий перелета космического аппарата (КА) с гало-орбиты около точек либрации L1 и L2 системы Земля-Луна в рамках эфемеридной

ограниченной задачи четырёх тел (Земля – Луна – КА – Солнце). Операция возврата на Землю состоит из нескольких этапов: сход с гало-орбиты, перелёт к Земле, переход на траекторию спуска, вход и движение в атмосфере Земли, основной этап торможения реактивным двигателем. Представлены постановка и решение задачи оптимального управления, примеры полученных траекторий.

Ключевые слова: оптимальное управление космическим аппаратом, задача четырёх тел, гало-орбиты, движение в атмосфере.

Abstract. The paper considers a method for designing trajectories of a spacecraft (SC) from a halo orbit near the libration points L1 and L2 of the Earth-Moon system within the ephemeris four-body problem (Earth – Moon – spacecraft – Sun). The operation of returning to Earth consists of several stages: the initial velocity pulse for halo orbit escape, flight to Earth, entry and movement in the Earth's atmosphere, the main stage of braking by a jet engine. The formulation and solution of the optimal control problem, examples of landing trajectories are presented.

Keywords: optimal control of the spacecraft, four-body problem, halo orbits, motion in the atmosphere.

В настоящее время активно изучается вопрос освоения Луны, как для расширения знаний о космосе и вселенной, так и для развития технологий и построения на Луне промышленных объектов. Всё это потребует проведения интенсивных транспортных операций в системе Земля – Луна с использованием обитаемых или посещаемых орбитальных и лунных станций. Так на сегодняшний день проводятся исследования, связанные с оценкой перспективы размещения посещаемой Лунной станции на гало-орбите (Lunar Gateway), предполагается, что она станет одним из основных элементов космической Лунной транспортной инфраструктуры [1]. Для её размещения планируется использовать почти прямолинейную гало-орбиту (Near Rectilinear Halo Orbits, NRHO). Так как такого типа орбиты являются достаточно устойчивыми и предоставляют возможность регулярного доступа к Земле и Луне. Однако, для их использования необходимо проработать вопросы перелётов между гало-орбитой и поверхностью Земли [2] и Луны [3]. Включая решение задачи возврата на Землю, чему и посвящено настоящее исследование.

Проведен анализ возможности возврата на Землю многоразового КА с реактивной системой посадки. При этом операция возврата на Землю разделена на несколько этапов:

– сход с гало-орбиты и перелёт к Земле по траектории, образованной неустойчивым инвариантным многообразием гало-орбиты,

- импульс скорости для перехода на траекторию спуска,
- движение в атмосфере Земли,
- основной этап торможения реактивным двигателем.

Задача рассматривалась в рамках эфемеридной ограниченной задачи четырёх тел (Земля – Луна – КА – Солнце), модель атмосферы предполагалась экспоненциальной. Для определения импульса скорости при переходе к спуску и управления двигателем конечной тяги использовался необходимый набор условий оптимальности в форме принципа максимума Понтрягина.

В качестве примера рассмотрен возврат на Землю с почти прямолинейной гало-орбиты 9:2 многоразового пилотируемого КА, использующего реактивный способ посадки, аналогичного КА Crew Dragon (SpaceX). Приводятся примеры оптимальных траекторий, соответствующих различным точкам схода с гало-орбиты, получены параметры входа в атмосферу и необходимые затраты топлива. Определен оптимальный закон управления двигательной установкой на основном этапе торможения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10206, <https://rscf.ru/project/22-79-10206/>.

Литература

1. McGuire M.L., Burke L.M., McCarty S.L. et al. Low thrust cis-lunar transfers using a 40 kW-class solar electric propulsion spacecraft // AAS/AIAA Astrodynamics Specialist Conf. Washington, 2017. Art. ID. AAS 17-583. 21 p.
2. Чжоу Жуи. Метод расчета траектории одноимпульсного перелета к гало-орбите вокруг точки либрации L2 системы Земля–Луна // Космические исследования, 2023, том 61, № 5, с. 382–392.
3. Ivanyukhin A.V., Korolevskiy E.D., Starchenko A.E. Trajectory Optimization of a Lunar Direct Landing from Halo-orbits // IOP Conference Series Materials Science and Engineering 927(1).

УДК 629.7

eLIBRARY: 89.23.21

Сесюкалов В.А.

инженер НИИ прикладной механики и
электродинамики ФГБОУ ВО «МАИ»
г. Москва

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СКВОЗНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОБЛЕТА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОБЪЕКТОВ НА БЛИЗКИХ ОКОЛОКРУГОВЫХ ОКОЛОЗЕМНЫХ ОРБИТАХ

FORMULATION OF END-TO-END OPTIMIZATION PROBLEM ABOUT OBJECTS SEQUENCE FLY-BY ON CLOSE NEAR- CIRCULAR EARTH ORBITS

Аннотация. Для выбранной последовательности космических объектов, находящихся на близких околокруговых орбитах (например в поле астероидов или на геостационарную орбиту), сформулирована задача сквозного перелета. Разрешающие уравнения получены в рамках ограниченной задачи двух тел с использованием принципа максимума.

Ключевые слова: задача двух тел, околокруговые орбиты, принцип максимума, малая тяга.

Abstracts. For chosen sequence of space objects located on close near-circular orbits (i.e. asteroid field or geostationary orbit) the end-to-end fly-by problem was formulated. Resulting equations are obtained within two body problem with appliance of maximum principle.

Keywords: two body problem, near-circular orbit, maximum principal, low-thrust.

С учетом растущего интереса в добыче полезных ископаемых в поясе астероидов возникает необходимость в формулировании задачи перелета между близкими околокруговыми орбитами с использованием двигателей малой тяги.

Уравнения движения

В качестве уравнений, описывающих движение летательного аппарата, предлагается использовать следующую систему дифференциальных уравнений в равноденственных элементах [1], [2]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp}{dt} = 2 \frac{p^{3/2}}{b_1} T^\Sigma \\ \frac{de_y}{dt} = \frac{p^{\frac{1}{2}}}{b_1} \left(((1 + b_1) \sin(l) + e_y) T^\Sigma - b_1 \cos(l) S^\Sigma + e_x b_2 W^\Sigma \right) \\ \frac{de_x}{dt} = \frac{p^{\frac{1}{2}}}{b_1} \left(((1 + b_1) \cos(l) + e_x) T^\Sigma + b_1 \sin(l) S^\Sigma - e_y b_2 W^\Sigma \right) \\ \frac{di_y}{dt} = \frac{1}{2} \frac{p^{\frac{1}{2}}}{b_1} b_3 \sin(l) W^\Sigma \\ \frac{di_x}{dt} = \frac{1}{2} \frac{p^{\frac{1}{2}}}{b_1} b_3 \cos(l) W^\Sigma \\ \frac{dl}{dt} = \frac{b_1^2}{p^{3/2}} + \frac{p^{\frac{1}{2}} b_2}{b_1} W^\Sigma \end{array} \right. \quad (1)$$

где

p, e_y, e_x, i_y, i_x, l – равноденственные элементы;

t – время;

$b_1 = 1 + e_x \cdot \cos(l) + e_y \cdot \sin(l)$;

$T^\Sigma, S^\Sigma, W^\Sigma$ – векторы возмущающих ускорений;

$b_3 = 1 + i_x^2 + i_y^2$;

$b_2 = i_x \cdot \sin(l) - i_y \cdot \cos(l)$;

Связь равноденственных элементов с классическими кеплеровскими можно выразить следующей системой равенств:

$$\left. \begin{array}{l} e_x = e \cos(\Omega + \omega) \\ e_y = e \sin(\Omega + \omega) \\ i_x = \tan\left(\frac{i}{2}\right) \cos(\Omega) \\ i_y = \tan\left(\frac{i}{2}\right) \sin(\Omega) \\ l = \Omega + \omega + \nu \end{array} \right\} \quad (2)$$

где

e – эксцентриситет орбиты;

Ω – долгота восходящего узла орбиты;

ω – аргумент перицентра орбиты;

i – наклонение орбиты;

ν – истинная аномалия.

Оптимальное управление

Для проектирования траекторий на начальном этапе удобно решать

задачу с двигателем ограниченной мощности, тогда целевой функционал можно представить в виде:

$$J = \frac{1}{2} \int_0^{t_f} a(\xi)_T^2 + a(\xi)_S^2 + a(\xi)_W^2 d\xi \quad (3)$$

где

t_f – время перелета

a_T, a_S, a_W – компоненты возмущающих ускорений двигательной установки;

Применяя принцип максимума, получим следующую функцию Понترягина:

$$H = \psi_p \cdot f_p + \psi_{ex} \cdot f_{ex} + \psi_{ey} \cdot f_{ey} + \psi_{ix} \cdot f_{ix} + \psi_{iy} \cdot f_{iy} + \psi_l \cdot f_l - \frac{\alpha_0}{2} \cdot (a_T^2 + a_S^2 + a_W^2) + \psi_t \quad (4)$$

где

ψ_i – соответствующая сопряженная переменная;

f_i – соответствующая правая часть системы дифференциальных уравнений (1).

Тогда оптимальное управление принимает вид:

$$\left. \begin{aligned} a_T &= \frac{p^{\frac{1}{2}} \left((\psi_{ex} + \psi_{ey})(b_1 + 1) \cos(l) + 2\psi_p p + \psi_{ex} e_x + \psi_{ey} e_y \right)}{\alpha_0 b_1} \\ a_S &= \frac{p^{\frac{1}{2}} (\psi_{ex} \sin(l) - \psi_{ey} \cos(l))}{\alpha_0} \\ a_W &= \frac{p^{\frac{1}{2}} \left((\psi_{ex} e_y - \psi_{ey} e_x + \psi_l) b_2 - \frac{b_3}{2} (\psi_{ix} \cos(l) + \psi_{iy} \sin(l)) \right)}{\alpha_0 b_1} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Оптимальное время перелета

Если принять орбиты облетаемых объектов невозмущенными, общее время миссии свободным и начальную точку заданной, то для участка перелета с номером i из концевой функции Лагранжа будет очевидно, что:

$$\psi_t(t f_i) = \frac{\psi_l(t f_i) \left(\frac{1+e_i}{1-e_i} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{d}{d(t f_i)} (E f(t f_i)) \left(1 + \tan^2 \left(\frac{E f(t f_i)}{2} \right) \right)}{1 + \frac{(1+e_i) \tan^2 \left(\frac{E f(t f_i)}{2} \right)}{1-e_i}} - \lambda \quad (6)$$

$$\psi_t(t 0_{i+1}) = -\lambda_t$$

где

$t f_i$ – момент времени на конец перелетного участка с номером i ;

e_i – эксцентриситет орбиты i -го объекта;
 $E_f(t f_i)$ – эксцентрисическая аномалия объекта, на момент времени $t f_i$, которую можно определить из решения уравнения Кеплера;
 λ_t – множитель Лагранжа;
 $t 0_{i+1}$ – момент времени на начало перелетного участка с номером $i+1$.
 Для исключения переменной λ_t можно воспользоваться условием:

$$H(t f_i) + \psi_t(t f_i) = H(t 0_{i+1}) + \psi_t(t 0_{i+1})$$

 Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-79-10206, <https://rscf.ru/project/22-79-10206/>.

Литература

1. Николичев И.А. Оптимизация многовиткового межорбитального перелета космического аппарата с электрораактной двигательной установкой с учетом действия возмущений: Дис... – канд. техн. наук. – М.: МАИ, 2017.
2. Константинов М.С., Каменков Е.Ф., Перелыгин Б.П., и др. Механика космического полета: Учебник для втузов. Москва: Машиностроение, 1989. – ISBN 5-217-00145-3.

УДК 629.78

eLIBRARY.RU: 629.78

Петухов В.Г.

Научно-исследовательский институт
 прикладной механики и электродинамики

Юн Сон Ук

МАИ Московский авиационный институт
 (национальный исследовательский университет)

СКВОЗНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ МЕЖПЛАНЕТНЫХ ТРАЕКТОРИЙ С МАЛОЙ ТЯГОЙ С УЧЕТОМ ПРИТЯЖЕНИЯ ПЛАНЕТ И СОЛНЦА НА ВСЕХ УЧАСТКАХ ТРАЕКТОРИИ

END-TO-END OPTIMIZATION OF INTERPLANETARY LOW THRUST TRAJECTORIES CONSIDERING GRAVITY OF THE PLANETS AND THE SUN IN ALL SEGMENTS OF THE TRAJECTORY

Аннотация. В данной работе рассмотрен подход к решению задачи сквозной оптимизации межпланетной траектории с малой тягой. Проведен анализ необходимых условий оптимальности в точках

стыковки участков межпланетной траектории со сменой начала системы координат. Для оптимизации траекторий используется непрямой подход, основанный на использовании принципа максимума и метода продолжения.

Ключевые слова: оптимизация траекторий космических аппаратов с малой тягой, межпланетная траектория, сквозная оптимизация, оптимальная точка стыковки, принцип максимума.

Abstract. This study considers an approach to solve the problem of end-to-end optimization of the interplanetary low-thrust trajectory. The necessary optimality conditions at the match points of segments of interplanetary trajectory with a change of the origin of the coordinate system are analyzed. An indirect approach based on the maximum principle and the continuation method is utilized to optimize the trajectories.

Keywords: optimization of low-thrust trajectories, interplanetary trajectory, end-to-end optimization, optimal match point, maximum principle.

На этапе проектирования перспективных межпланетных космических аппаратов (КА) с электроракетными двигательными установками, включая марсианский пилотируемый комплекс [1], важное значение приобретает задача сквозной оптимизации межпланетных траекторий с малой тягой. Однако, в большинстве работ, включая [1], оптимизация межпланетных траекторий с малой тягой проводится с помощью метода точечных сферы действия с нулевой стыковкой планетоцентрических и гелиоцентрического участков траектории. Такая схема расчета является достаточно эффективной, однако, она не позволяет получить непрерывную траекторию движения КА от начальной геоцентрической орбиты до конечной ареоцентрической орбиты и, очевидно, имеет значительную методическую погрешность. В данной работе рассматривается метод сквозной оптимизации межпланетных траекторий перелета КА с двигателем малой тяги с околоземной орбиты на орбиты вокруг других планет в рамках эфемеридной ограниченной задачи четырёх тел. Задача сквозной оптимизации рассматриваемого класса траекторий является достаточно сложной, так как траектория КА разбивается на несколько участков с разными центральными небесными телами; на всех участках траектории учитывается притяжение Солнца, Земли и планеты назначения, при этом необходимо выполнение условий оптимальности в точках стыковки этих участков.

В работе [2], представлены особенности перехода к другому началу координат при расчете траекторий методом сфер действия и показано,

что существование скачка гравитационного ускорения при входе КА в сферу действия меньшего небесного тела приводит к скачку в сопряженных переменных к вектору положения КА. В рамках ограниченной задачи четырех тел, рассматриваемой, например, в работах [3-6], скачок гравитационного ускорения отсутствует. В работах [3, 4], рассматривались задачи сквозной оптимизации перелета КА с идеально-регулируемым двигателем ограниченной мощности между околоземной и ареоцентрической орбитами, а также между околоземной и окололунной орбитами. В [4, 7], было предложено использовать условие непрерывности всех сопряженных переменных в точке стыковки участков траектории при наличии возмущающих ускорений притяжения планет и Солнца на всех участках траектории. Тем не менее, есть некоторые исследования [5, 6], в которых обосновывается разрыв сопряженных переменных в точке стыковки двух участков по результатам анализа условий оптимальности. В работе [6], показана возможность обеспечения непрерывности оптимального управления при наличии разрыва в значениях некоторых сопряженных переменных в случае сквозной оптимизации траектории перелета к Луне в рамках ограниченной задачи четырех тел при размещении точки стыковки геоцентрического и селеноцентрического участков траектории на мгновенной сфере Хилла Луны.

Целью настоящего исследования является анализ необходимых условий оптимальности в точках стыковки участков межпланетной траектории, в которых производится смена начала системы координат. Для оптимизации траекторий используется непрямой подход, основанный на использовании принципа максимума Понтрягина и метода продолжения. Для анализа рассматриваемой задачи используются уравнения движения КА в инерциальной декартовой системе координат. Приводятся численные примеры оптимальной траекторий перелета с промежуточной околоземной орбиты на орбиты вокруг Марса и Юпитера. Показано, что наличие или отсутствие скачка в сопряженных к положению КА переменных в точках стыковки планетоцентрического и гелиоцентрического участков траекторий зависит от формулировки задачи сквозной оптимизации, а именно от способа выбора положения и времени точки стыковки.

Литература

1. Loeb H., Petukhov V., et al. Realistic concept of a manned Mars mission with nuclear-electric propulsion. //Acta Astronautica, 116, 299–306 (2015).

2. Ивашкин В.В. Оптимизация космических маневров при ограничении на расстояния до планет. - М: - Наука, 1975. - 392 с.
3. Ranieri C.L., Ocampo C.A. Indirect optimization of low Earth orbit to low lunar orbit transfers. AIAA/AAS Astrodynamics Specialist Conference and Exhibit 18-21 August 2008, Honolulu, Hawaii, AIAA 2008-7075.
4. Ranieri, C.L., Ocampo, C.A. Indirect Optimization of Three-Dimensional Finite-Burning Interplanetary Transfers Including Spiral Dynamics. // Journal of Guidance, Control, and Dynamics, Vol. 32 (2), 2009.
5. Vadali, S., Nah, R., and Braden, E., "Fuel-Optimal Planer Earth-Mars Trajectories Using Low-Thrust Exhaust Modulated Propulsion," // Journal of Guidance, Control, and Dynamics, Vol. 23, No. 3, May-Jun 2000.
6. Petukhov V.G., Yoon S.W. End-to-End Optimization of Power-Limited Earth–Moon Trajectories. // Aerospace, 10 (3), 231, 1–22 (2023).
7. Самохин А.С. Методика построения экстремалей Понтрягина в задачах сквозной траекторной оптимизации межпланетных перелётов с учётом планетоцентрических участков. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, МГУ, 2021, 157 с.

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.

аспирант 1-го курса МГТУ им. Н. Э. Баумана

УПРАВЛЯЕМЫЙ ПОСРЕДСТВОМ СМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС ПОЛЕТ СПУСКАЕМОГО АППАРАТА ОСНАЩЕННОГО НАДУВНЫМ ТОРМОЗНЫМ УСТРОЙСТВОМ

CONTROLLING THE MOTION OF A DESCENT VEHICLE EQUIPPED WITH AN INFLATABLE BRAKING DEVICE BY SHIFTING THE CENTER OF MASS

Аннотация. В работе проведено исследование управляемого движения спускаемого аппарата оснащенного надувным тормозным устройством. Рассматривается управление движением спускаемого

аппарата методом смещения центра масс. Исследования выполнены с применением составленной математической модели движения. В математической модели проведен учет шарнирных моментов и учет изменений инерционных характеристик спускаемого аппарата возникающих в процессе управления.

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод о применимости рассмотренного способа управления и сформулировать требования к системе автоматического управления.

Ключевые слова: спускаемый аппарат, полезная нагрузка, математическая модель, надувное тормозное устройство, космический аппарат, управление движением.

Abstract. In the work, a study was made of the controlled movement of a descent vehicle equipped with an inflatable braking device. The control of the movement of the descent vehicle by the method of shifting the center of mass is considered. The studies were carried out using the compiled mathematical model of movement. The mathematical model takes into account hinge moments and takes into account changes in the inertial characteristics of the descent vehicle arising in the control process. The analysis of the obtained results made it possible to draw a conclusion about the applicability of the considered control method and to formulate requirements for the automatic control system.

Keywords: descent vehicle, payload, mathematical model, inflatable aeroshell, spacecraft, motion control.

В работе проведено исследование управляемого движения спускаемого аппарата (СА) оснащенного надувным тормозным устройством (НТУ). СА данного типа являются перспективными, так как НТУ обладают рядом преимуществ перед жесткими тормозными устройствами. К данным преимуществам относятся [1]:

1. Повышение объемной доли полезной нагрузки под головным обтекателем ракетопосылителя. Связано это с вариативностью укладки надувной конструкции, что позволяет более эффективно использовать имеющийся объем.
2. Диаметр надувных тормозных систем не ограничен размером обтекателя ракетопосылителя. Таким образом, возможно создать больший диаметр миделева сечения спускаемого аппарата, это позволит достичь более приемлемую скорость посадки на ранних этапах спуска и осуществить посадку на возвышенностях.
3. Сложенная надувная тормозная система не закрывает доступ к полезной нагрузке. Данное преимущество позволяет использовать датчики и энергосистему полезной нагрузки космического аппарата

при межпланетном полете и это дает возможность избежать дублирования этих систем.

Однако, гибкость НТУ вызывает его деформацию в процессе движения в атмосфере планеты. Деформация НТУ приводит к изменению аэродинамических характеристик и аэродинамической устойчивости СА [2]. Перечисленные особенности могут привести к значительному отклонению точки посадки от расчетной, либо разрушению СА в атмосфере в процессе спуска.

Управление движением СА позволит устранить последствия вызванные деформацией НТУ.

Рассмотрен метод управления методом изменения углового положения полезной нагрузки [3]. В работе представлены результаты исследования движения СА, возникающего при управлении указанным способом.

Проведено моделирование движения СА состоящего из трех составных частей (рис 1).

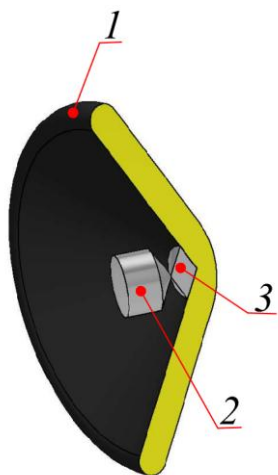


Рис. 1. Схема рассматриваемого спускаемого аппарата

1. Надувное тормозное устройство
2. Космический аппарат
3. Поворотное устройство

Поворотный механизм предназначен для поворота космического аппарата (КА) относительно точки их сопряжения. В результате этого поворота происходит смещение центра масс. Смещение центра масс вызывает поворот продольной оси СА относительно вектора набегающего потока на некоторый угол атаки. На СА, движущийся

под углом к набегающему потоку действуют силы перпендикулярные вектору скорости. За счет этих сил предполагается управлять движением СА.

В работе рассмотрено изменение параметров траектории пространственного движения СА с учетом углового движения, возникающего при осуществлении управления предложенным методом. Решение уравнений математической модели выполнено методом Рунге-Кутты 4-го порядка.

Разработанная математическая модель позволила провести исследования пространственного движения спускаемого аппарата. В результате моделирования получены: траектории движения СА, а также зависимости изменения его углового положения в процессе управляемого полета.

Исследования выполнены с применением разработанной математической модели, учитывающей особенности данного способа управления. К одной из особенностей данного способа управления относится изменение инерционных свойств СА, таким образом, что возникает сложное угловое движение. Данное угловое движение характеризуется наличием угловых скоростей относительно 3-х взаимно перпендикулярных осей системы координат связанной со СА [4]. Еще одной особенностью является наличие моментов, необходимых для поворота ПН и удержания ее в заданном угловом положении. Эти механические моменты так же влияют на угловое движение СА и учитываются в математической модели.

Результаты решения представлены в виде траектории движения СА, годографа вектора угловой скорости.

Результаты, полученные в работе позволяют сделать вывод о возможности реализации данного способа управления. Так же, полученные результаты будут использованы при разработке экспериментальной установки с целью верификации принятых в работе допущений.

Литература

1. Hughes S.J., Dillman R.A., Starr B.R., Stephan R.A., Lindell M.C., Player Ch.J., Cheatwood F. McNeil. Inflatable Re-Entry Vehicle Experiment (IRVE) Design Overview. *AIAA Paper* 2005-1636. May 2005.
2. Финченко В.С., Пичхадзе К. М., Ефанов В.В. Надувные элементы в конструкциях космических аппаратов — прорывная технология в ракетно-космической техники. Химки, НПО имени С.А. Лавочкина, 2019. 488 с.

3. Корянов В.В., Кухаренко А.С. Оценка параметров движения спускаемого аппарата с надувным тормозным устройством путем отклонения элементов конструкции. *Инженерный журнал: наука и инновации*, #4(124)/2022, <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2022-4-2174>
4. Корянов В.В., Кухаренко А.С. Влияние неравенства главных моментов инерции на вращательное движение летательного аппарата. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2023, вып. 2. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2023-2-2254>

УДК 629.78, 531.551

eLIBRARY.RU: 6616-8654, 7494-6326, 8130-2323

Зубко В.А.¹

аспирант, младший научный сотрудник

Эйсмонт Н.А.¹

кандидат технических наук

ведущий научный сотрудник

Суханов А.А.¹

кандидат физико-математических наук

ведущий научный сотрудник

Федяев К.С.¹

кандидат физико-математических наук

научный сотрудник

Беляев А.А.¹

младший научный сотрудник

1 отдел космической динамики

и математической обработки информации

ИКИ РАН, г. Москва

АНАЛИЗ ТРАЕКТОРИЙ ПЕРЕЛЕТА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА К ВЕНЕРЕ С ПРОЛЕТОМ АСТЕРОИДОВ

ANALYSIS OF SPACECRAFT TRAJECTORIES TO VENUS WITH ASTEROID FLYBY

Аннотация. Проведено исследование траекторий полета к Венере с попутным пролетом астероидов. Показано, что при использовании схем полета, включающих гравитационный маневр, требуемый для доставки посадочного аппарата в заданный район на поверхности

Венеры, возможен пролет хотя бы одного астероида без дополнительных затрат характеристической скорости.

Ключевые слова: гравитационный маневр, резонансная орбита, Венера, астероид.

Abstract. The study of flight trajectories to Venus with asteroids passing by. It is shown that when using flight schemes that include gravity assist maneuver required to return the lander to a given area on the surface of Venus, at least one asteroid can be pass by.

Keywords: gravity assist manoeuvre, resonant orbit, Venus, asteroid.

Исследование астероидов является важным элементом развития научного познания состава и строения Солнечной системы. Их изучение, начавшееся с наземных наблюдений в первой половине 19-го века, на данный момент перешло в стадию активного исследования с использованием средств космического базирования (космические телескопы, исследовательские зонды). Среди наиболее известных миссий отметим «Вега-1,2», «Джотто», Deep Impact, NEAR, «Хаябуса», Osiris-ReX, «Новые Горизонты» и др. [1-5]

В данной работе на примере российского проекта «Венера-Д» исследуется сценарий миссии полета к Венере, при котором космический аппарат, совершающий полет к планете после гравитационного маневра и перехода на резонансную орбиту с целью повторной встречи с Венерой, осуществляет пролет небольшого астероида. Такой сценарий полета к Венере был предложен в работах [6, 7] в рамках разработки методики построения траекторий полета к Венере.

В рамках данной работы демонстрируется, что приведенная ранее схема может быть существенно улучшена за счет безымпulsiveго пролета космическим аппаратом астероида в процессе его полета к месту посадки на поверхности Венеры. В рамках исследования было отобрано 117 малых небесных тел из каталога Лаборатории Реактивного Движения НАСА (JPL NASA), удовлетворяющих, главным образом, критерию характерного размера, который должен был быть более 1 км. В интервале дат старта с 2029 по 2050 гг определено 53 сценария полета к Венере в рамках описанной выше схемы, обеспечивающие попутный пролет малых небесных тел на небольшом расстоянии без дополнительных затрат характеристической скорости, а также с учетом дополнительных ограничений, обусловленных спецификой рассматриваемой миссии. Выбранный интервал дат старта принят с учетом того, что все основные миссии по исследованию Венеры, а именно, «Венера-Д»,

DAVINCI+, VERITAS, EnVision запланированы к реализации в период с 2029 по середину 2030 х гг.

Среди 53 сценариев наиболее заметными оказались сценарии с пролетом астероидов класса М (металлические) (3554) Амун, (3753) Круитни, находящихся в орбитальном резонансе 1:1 с Землей, и (5731) Зевс, который является одним из самых крупных объектов среди выбранных. Показано, что в рамках разработанных схем возможен безымпulseный пролет кометы 2P/Энке при старте космического аппарата в 2032 или в 2044 году.

Исследованы ограничения накладываемые на достижимые области посадки на поверхности Венеры, возникающие вследствие безымпulseного пролета астероида космическим аппаратом, движущимся по резонансной орбите. Показано, что в любом рассмотренном окне старта существует как минимум один астероид, пролет которого возможен при движении космического аппарата к заданной точке посадки.

Литература

1. Veverka J. et al. NEAR's flyby of 253 Mathilde: Images of a C asteroid //Science. – 1997. –V. 278. – №. 5346. – P. 2109-2114.
2. Veverka J. et al. NEAR encounter with asteroid 253 Mathilde: overview //Icarus. – 1999. – V. 140. – №. 1. – P. 3-16.
3. Belton M.J. S. et al. Galileo's encounter with 243 Ida: An overview of the imaging experiment //Icarus. – 1996. – V. 120. – №. 1. – P. 1-19.
4. Porco C.C. et al. Cassini imaging Science: Initial results on Phoebe and Iapetus //science. – 2005. – V. 307. – №. 5713. – P. 1237-1242.
5. Stern S.A. et al. The new Horizons Kuiper belt extended mission //Space Science Reviews. – 2018. – V. 214. – P. 1-23.
6. Эйсмонт Н. А. и др. Резонансные орбиты в задаче расширения достижимых областей посадки на поверхности Венеры //Письма в Астрономический журнал. – 2021. – Т. 47. – №. 5. – С. 352-367.
7. Eismont N. et al. Expansion of landing areas on the Venus surface using resonant orbits in the Venera-D project //Acta Astronautica. – 2022. – Т. 197. – С. 310-322.

УДК: 629.78

eLIBRARY.RU: 89.21.00

Беляев А.А.
аспирант
Гаврилова А.А.

студент
Корянов В.В.
кандидат технических наук, доцент
МГТУ им. Н.Э. Баумана
г. Москва

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ГЛОБАЛЬНОСТИ МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ОРБИТАЛЬНЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

AN APPROACH TO ESTIMATE THE GLOBALITY OF SPACE OBJECT OBSERVATION BY SPACE BASED TELESCOPES

Аннотация. Описан подход к оценке эффективности мониторинга околоземного космического пространства оптическими средствами космического базирования через показатель глобальности мониторинга. На основе получаемых оценок показателя глобальности мониторинга получены некоторые проектные параметры космического сегмента, обеспечивающие наибольшие значения данного показателя с учётом светотеневой обстановки в околоземном космическом пространстве. Также определены типы орбит космических объектов, недоступных для наблюдения с космического сегмента мониторинга.

Ключевые слова: мониторинг околоземного космического пространства (ОКП), солнечно-синхронные орбиты, космический сегмент мониторинга ОКП, техногенные космические объекты.

Abstract. An approach to estimate of the efficiency of near-Earth space observations by space-based telescopes through the monitoring globality value is described. Some design parameters of the space system are derived from estimates of the monitoring globality value. The types of orbits of space objects inaccessible for observation from the space-based observation system have also been determined.

Keywords: near-Earth space observation, sun-synchronous orbits, space system of near-Earth space observation, man-made space objects.

Активное освоение человеком околоземного космического пространства (ОКП) привело к проблеме, известной как проблема техногенного засорения ОКП «космическим мусором». Вследствие чего, ведущие мировые космические агентства ведут активную деятельность, направленную на выявление, предупреждение и парирование возникающих угроз орбитальным космическим

средствам. Так, на сегодняшний день, успешно функционирует Российская автоматизированная система предупреждения об опасных ситуациях в ОКП (АСПОС ОКП) [1, 2]. В состав системы входят только наземные ОЭС мониторинга ОКП, что приводит к ограничениям при наблюдении ТКО на низких околоземных орбитах (с высотами менее 2000 км).

Таким образом, возникают задачи, связанные с обеспечением глобальности и непрерывности мониторинга объектов, процессов, явлений в ОКП. В настоящее время ведутся работы по созданию российской системы информационно-аналитического обеспечения безопасности космической деятельности «Млечный путь». Одна из главных задач системы – обеспечение снижения рисков в процессе эксплуатации космической техники на этапе её активного использования [3]. В составе системы «Млечный путь», наряду с наземными радиолокационными станциями (РЛС) и ОЭС, планируется создание космического сегмента мониторинга ТКО ОКП. Это позволит повысить степень глобальности мониторинга, особенно в области низких орбит.

Предлагается следующая модель космического сегмента мониторинга: КА наблюдения располагаются на солнечно-синхронной орбите (ССО) в плоскости терминатора, при этом бортовые ОЭС наблюдения ориентированы от Солнца. Также в работе предполагается, что мониторинга ТКО в ОКП производится в режиме обзора. Такая концепция не является принципиально новой, в частности, в работах [4-6] приводятся некоторые предложения и реализации подобных систем.

В настоящей работе описывается подход к оценке эффективности мониторинга ОКП оптическими средствами космического базирования через показатель глобальности мониторинга. Показатель глобальности мониторинга ОКП определяется как отношение количества ТКО, потенциально наблюдаемых с КА наблюдения космического сегмента мониторинга, к общему количеству рассматриваемых ТКО без учёта временных ограничений. Кроме того, предлагаемый подход позволяет выявить орбитальные параметры заведомо не наблюдаемых ТКО при заданных характеристиках космического сегмента, параметров ОЭС и светотеневой обстановки.

Подход основан на геометрическом представлении процесса мониторинга. Так пространственная область наблюдения при данной модели космического сегмента мониторинга будет ограничена двумя соосными конусами, усекаемыми плоскостью ССО КА наблюдения.

Орбиты ТКО, пересекающие данную область, потенциально могут быть наблюдаемыми.

При оценке показателя глобальности нельзя не учитывать светотеневую обстановку в ОКП. В первом приближении можно принять, что тень, отбрасываемая Землей, представляет собой цилиндрическую поверхность, ось которого может менять свой наклон к плоскости экватора в диапазонах от -23.4 до 23.4 градусов. Кроме того, нельзя не учитывать прецессию линии узлов орбит околоземных КО, т.к. взаимная ориентация орбит наблюдаемого ТКО и ССО орбиты КА наблюдения будет непосредственно влиять на показатель глобальности.

Для получения количественных результатов использовались данные об орбитах КО в низкой околоземной области с высотами до 3000 км из каталога NORAD [6]. Эксцентриситеты орбит, ввиду их малости, принимались равными нулю.

Методика расчета следующая: для фиксированного положения тени относительно плоскости экватора Земли определяются ТКО, чьи орбиты пересекают наблюдаемую область с учётом прецессии линии узлов. Такая концепция обусловлена неопределённостью начальных положений ТКО и КА наблюдения в пространстве. Таким образом, полученная оценка значения глобальности является потенциальной и максимально достижимой при заданных характеристиках космического сегмента. В свою очередь, такая оценка полезна с точки зрения проектирования архитектуры космического сегмента, т.к. моделирование процесса мониторинга оптическими средствами космического базирования на ограниченном промежутке времени требует существенно больших временных затрат ввиду необходимости учета большого количества различных начальных условия движения КО и светотеневой обстановки для комплексной оценки показателя глобальности мониторинга.

Полученные результаты позволяют хоть и в первом приближении, но качественно оценить показатель глобальности мониторинга ТКО в зависимости от характеристик космического сегмента мониторинга и светотеневой обстановки. Кроме того, можно выявить характеристики космического сегмента, обеспечивающие наибольшее значение показателя глобальности. Также можно показать типы орбит ТКО, недоступные для наблюдения с космического сегмента.

Литература

1. Мониторинг техногенного засорения околоземного пространства и предупреждение об опасных ситуациях, создаваемых космическим

мусором: монография / Алешин В.И. [и др.]; под ред. Макарова Ю.Н. Рязань: ЦНИИмаш, 2015. 237 с.

2. Вениаминов С.С. Космический мусор – угроза человечеству. 2-е издание, исправ. и доп. М.: ИКИ РАН, 2013. 207 с.

3. Концепция создания системы информационно-аналитического обеспечения безопасности космической деятельности в околоземном космическом пространстве «Млечный путь» на период 2022-2025 годов и на перспективу до 2035 года.

4. Olmedo E., Sánchez-Ortiz N., Ramos-Lerate M. Orbits and pointing strategies for space based telescopes into an european space surveillance system //European Space Agency,(Special Publication) ESA SP. – 2009.

5. Thorsteinson S. Key Findings from the NEOSat Space-Based SSA Microsatellite Mission. – 2018.

6. Maskell P., Oram L. Sapphire: Canada's answer to space-based surveillance of orbital objects //Advanced Maui Optical and Space Surveillance Conference. – 2008.

7. NORAD Two-Line Element Sets Current Data. [Электронный ресурс]. Режим доступа URL: <https://www.space-track.org/> (дата обращения 31.05.2023).

УДК: 521.135

eLIBRARY.RU: 41.03.00

Гафурова Д.Р.

бакалавр, стажёр-исследователь лаборатории
динамических систем и приложений

МИЭМ НИУ ВШЭ

г. Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ОРБИТ ВОКРУГ ТОЧЕК ЛИБРАЦИИ В КРУГОВОЙ ОГРАНИЧЕННОЙ ЗАДАЧЕ ТРЕХ ТЕЛ

A STUDY OF THE PERIODIC ORBIT FAMILIES IN CIRCULAR RESTRICTED THREE BODY PROBLEM

Аннотация. Работа посвящена исследованию периодических орбит около точек либрации в круговой ограниченной задаче трёх тел. Были найдены начальные условия орбит из семейств основных

периодических орбит около точек либрации L1 и L2 в системе Земля-Луна, а также бифурцирующих из них n -периодических орбит. Проведен анализ полученных решений на устойчивость и определены точки бифуркации.

Ключевые слова: круговая ограниченная задача трёх тел, орбиты около точек либрации, периодические орбиты, точки либрации L1 и L2, система Земля-Луна.

Abstract. This paper focuses on the study of the periodic libration point orbits in the Circular Restricted Three Body Problem. The families of L1 and L2 elemental periodic orbits and certain n -periodic orbits have been computed for the Earth-Moon system. The analysis of the Floquet multipliers is conducted for the bifurcation point detection and the orbit stability evaluation.

Keywords: Circular Restricted Three Body Problem, libration point orbits, periodic orbits, libration points L1 and L2, Earth-Moon system.

В круговой ограниченной задаче трёх тел [1] изучается движение материальной точки в гравитационном поле двух массивных тел, движущихся по круговым орбитам вокруг их общего барицентра. Она обладает пятью особыми точками, которые называются точками либрации. Данная работа посвящена исследованию периодических решений около точек либрации в этой задаче. Такие орбиты используются в качестве опорных траекторий движения космического аппарата при проектировании космических миссий. К орбитам около точек либрации отправлялись различные космические аппараты [2], в том числе первая российско-немецкая рентгеновская обсерватория Спектр-РГ [3].

Так как в этой задаче нет общего аналитического решения, для поиска и анализа периодических орбит используются численные подходы. С помощью метода дифференциальных коррекций в работах [4]–[6] были рассчитаны основные семейства периодических орбит около точек либрации, и некоторые периодические орбиты, бифурцирующих из них. В [7] представлен подход, позволяющий рассчитывать квазипериодические и периодические решения около точек либрации.

В данной работе используется численный метод, описанный в [8]. С его помощью были рассчитаны периодические орбиты, ранее не исследованные в [8]. Для анализа устойчивости и бифуркаций семейств решений исследуются множители Флоке орбит.

Результаты

В работе были найдены начальные условия орбит из семейств гало орбит, горизонтальных и вертикальных орбит Ляпунова около точек либрации L1 и L2 в системе Земля-Луна, а также бифурцирующих из них семейств n -периодических орбит. На рис. 1 представлены карты начальных условий исследованных в работе периодических орбит около точки L1.

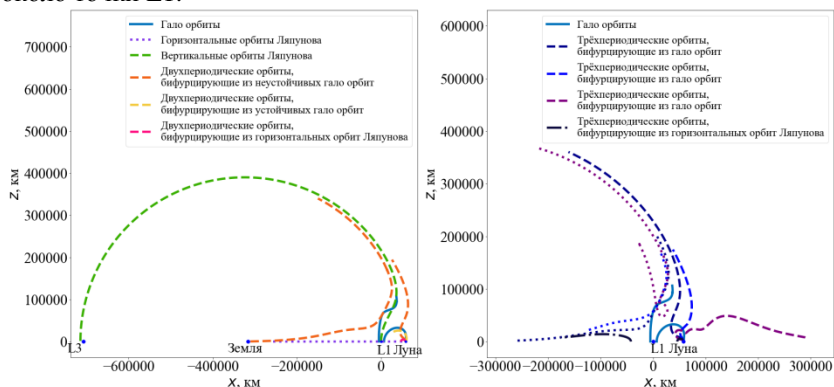


Рис. 1. Карта начальных условий периодических орбит около точки L1

Для каждого найденного семейства решений проведен анализ устойчивости и определены точки бифуркации. Периоды рассчитанных в работе решений достигают 80 дней, а амплитуды орбит - 10^6 км.

Заключение

В работе были рассчитаны периодические орбиты около точек либрации L1, L2 в системе Земля-Луна. Проведен анализ полученных решений на устойчивость и определены точки бифуркации. Исследованные орбиты могут быть использованы на начальных этапах планирования космических миссий в качестве начального приближения движения космического аппарата.

Литература

1. Мюррей К., Дермотт С. Динамика Солнечной системы / Пер. с англ. под ред. И. И. Шевченко. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 588 с
2. "NASA, Missions." <https://www.nasa.gov/missions> (дата обращения 14.05.2023)
3. Российская космическая обсерватория «Спектр-РГ», URL: <https://www.roscosmos.ru/srg/> (дата обращения 14.05.2023)
4. Howell K. C. Three-dimensional, periodic, halo orbits. Celest. Mech., vol. 32, no. 1, pp. 53–71, Jan. 1984, doi: 10.1007/BF01358403.

5. Folta D.C., Bosanac N., Guzzetti D., and Howell K.C., “An earth-moon system trajectory design reference catalog,” Adv. Astronaut. Sci., vol. 153, pp. 191–210, 2015, doi: 10.1016/j.actaastro.2014.07.037.
6. Bury L., McMahon J., and Lo M. “A study of periodic orbits near Europa,” Celest. Mech. Dyn. Astron., vol. 134, no. 3, Jun. 2022, doi: 10.1007/s10569-022-10076-6.
7. Aksenov S., Bober S., and Guskova M., “Mapping of initial conditions for libration point orbits,” Adv. Sp. Res., vol. 68, no. 6, pp. 2501–2514, 2021, doi: 10.1016/j.asr.2021.04.035.
8. Гафурова Д.Р. Построение и исследование периодических решений круговой ограниченной задачи трех тел // Межвузовская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов имени Е.В. Арменского. Материалы конференции. – 2022 – С. 18-22

УДК 629.787

eLIBRARY.RU: 55.49.07

Шеремет А.А.

аспирант

Рыжков В.В.

аспирант

Московский авиационный институт (МАИ)

г. Москва

ФОРМА ДЕСАНТНОГО МОДУЛЯ С РОТОРНОЙ СИСТЕМОЙ ДЛЯ ПОЛЕТА В АТМОСФЕРЕ ВЕНЕРЫ

THE SHAPE OF THE DESCENT MODULE WITH A ROTOR SYSTEM FOR FLIGHT IN THE VENUS ATMOSPHERE

Аннотация. Десантный модуль с роторной системой для полета и посадки в атмосфере Венеры должен будет иметь уникальную и тщательно продуманную форму, чтобы выдерживать суровые условия планеты. Тщательно продуманная форма корпуса может оптимизировать вес и аэродинамику, облегчая достижение подъемной силы и управление полетом десантного модуля с роторной системой.

Ключевые слова: Венера, роторная система, форма, десантный модуль, корпус.

Abstract. A descent module with a rotary system for flight and landing in the atmosphere of Venus will need to have a unique and carefully

designed shape to withstand the harsh conditions of the planet. A carefully thought-out hull shape can optimize weight and aerodynamics, making it easier to achieve lift and control the flight of a rotary-wing descent module.

Keywords: Venus, rotor system, shape, descent module, body.

Форма десантного модуля - это важный конструктивный момент, который может повлиять на характеристики и устойчивость аппарата во время полета. Ниже представлены некоторые факторы, которые могут повлиять на форму десантного модуля с роторной системой.

Аэродинамика: форма аппарата должна быть оптимизирована для создания достаточной подъемной силы, чтобы аппарат мог взлетать и летать в плотной венерианской атмосфере. Форма корпуса аппарата может повлиять на его аэродинамические свойства, такие как отношение подъемной силы к тяге и устойчивость в полете.

Ограничения по массе и объему: форма аппарата также должна быть разработана с учетом ограничений по массе и объему, налагаемых требованиями к мощности, полезной нагрузке и конструкции аппарата. Форма аппарата может быть компактной и обтекаемой, чтобы минимизировать сопротивление и уменьшить массу аппарата. Размер аппарата также может быть ограничен грузоподъемностью ракеты-носителя.

Посадка и мобильность: на форму десантного модуля также могут повлиять требования миссии к посадке и мобильности. Может потребоваться конструкция аппарата для безопасной посадки на неровной или наклонной местности.

Полезная нагрузка и приборы: на форму аппарата также могут повлиять требования миссии к полезной нагрузке и приборам. Форма может потребовать размещения научных приборов или другого оборудования, а также автономных систем управления.

Требования к мощности: форма аппарата также может быть спроектирована таким образом, чтобы оптимизировать потребление энергии. Например, аппарату с меньшим диаметром ротора может потребоваться меньше энергии для отрыва от поверхности и поддержания полета, чем аппарату с большим диаметром ротора. Форма лопастей ротора также может влиять на энергопотребление и эффективность аппарата.

Требования к конструкции: форма аппарата должна быть спроектирована таким образом, чтобы выдерживать нагрузки и напряжения, возникающие во время полета и посадки. Может потребоваться адаптация формы к конкретной конфигурации ротора и

требованиям миссии, чтобы гарантировать, что она сможет выдержать силы, создаваемые роторной системой.

Возможные формы корпуса аппарата

Цилиндрический корпус: цилиндрический корпус может обеспечить обтекаемую форму, которая уменьшает сопротивление и улучшает стабильность во время полета. Эта форма также может вместить ряд научных инструментов и оборудования внутри корпуса [1].

Сплюснутый корпус: сплюснутая и вытянутая форма может обеспечить большую устойчивость во время полета и посадки. Такая форма также может обеспечить большую площадь поверхности для солнечных батарей или радиаторов для рассеивания тепла,

Конический корпус: коническая форма может обеспечить хорошую устойчивость и маневренность во время полета. Такая форма также может обеспечить широкую базу для посадки на неровной местности.

Гибко соединяемый корпус: гибко соединенный корпус может позволить десантному модулю двигаться и приспосабливаться к изменениям в венерианской среде, например, к внезапным порывам ветра. Такая конструкция также может сделать аппарат более устойчивым при посадке на неровной местности.

В конечном итоге, форма корпуса аппарата будет зависеть от конкретных требований миссии и необходимости сбалансировать аэродинамику, массу и объем, конструктивные требования, потребности в полезной нагрузке и приборах, требования к мощности, а также требования к посадке и мобильности.

Литература

1. Young, L.A., et al. "Rotary-Wing Decelerators for Probe Descent Through the Atmosphere of Venus." 2nd International Planetary Probe Workshop. Moffett Field, CA. 2004. P- 211.

СЕКЦИЯ 4
«К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКОЙ
БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ»

УДК: 612.753

eLIBRARY.RU: 89.00.00

Васильева Г.Ю.

кандидат медицинских наук,
ведущий научный сотрудник-зав.лабораторией
ГНЦ РФ ИМБП РАН г. Москва

Гимадиев Р.Р.

младший научный сотрудник
ГНЦ РФ ИМБП РАН
ассистент кафедры госпитальной терапии
с курсами гематологии, эндокринологии
и клинической лабораторной диагностики
ФГАОУВО «Российский университет
дружбы народов имени
Патриса Лумумбы», г. Москва

Васильев И.М.

научный сотрудник
ГНЦ РФ ИМБП РАН,
хирург
Флебологический центр
ГКБ им В.В. Вересаева ДЗМ, г. Москва

Воробьёва А.В.

младший научный сотрудник
ГНЦ РФ ИМБП РАН

Лукичёва Н.А.

младший научный сотрудник
ГНЦ РФ ИМБП РАН

Гордиенко К.В.

научный сотрудник
ГНЦ РФ ИМБП РАН

ДИНАМИКА БИОМАРКЕРОВ КОСТНОЙ ТКАНИ У ЗДОРОВЫХ МУЖЧИН ПРИ НАХОЖДЕНИИ В УСЛОВИЯХ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ

DYNAMICS OF BONE TISSUE BIOMARKERS IN HEALTHY MEN UNDER THE CONDITIONS OF "DRY" IMMERSION

Аннотация. Впервые проведено исследование динамики концентрации гормонов и биохимических маркеров метаболизма костной ткани у здоровых мужчин, находившихся в условиях «сухой» иммерсии 21 сутки без применения средств профилактики. Получены данные, характеризующие процессы метаболизма костной ткани и регуляции фосфорно-кальциевого обмена в условиях 21-суточной «сухой» иммерсии.

Ключевые слова: костная ткань, метаболизм, гормональная регуляция, «сухая» иммерсия, факторы космического полёта.

Abstract. For the first time, a study of the dynamics of the concentration of hormones and biochemical markers of bone metabolism in healthy men who were in conditions of "dry" immersion for 21 days without the use of preventive measures was conducted. Data were obtained characterizing the processes of bone tissue metabolism and the regulation of phosphorus-calcium metabolism under conditions of 21-day "dry" immersion.

Keywords: bone tissue, metabolism, hormonal regulation, "dry" immersion, factors of space flight.

Вопросы развития минерально-костных изменений у космонавтов при действии факторов космического полёта (КП) остаются одним из приоритетных направлений исследований космической медицины. Исследования ионного состава крови и транспорта кальция в почках, динамики кальцийтропных гормонов и маркеров метаболизма костной ткани, а также содержания костного минерала и минеральной плотности кости (МПК) до и после КП различной длительности выявило развитие отрицательного баланса минеральных веществ [1-4] и снижение МПК в экспертных отделах скелета у участников космических миссий [5-8]. Однако, всеми исследователями отмечается большая вариабельность результатов, полученных после КП, и высказывается предположение об индивидуальной предрасположенности к развитию данных изменений.

Известно, что регуляция ремоделирования кости является многоступенчатым процессом, в обеспечении которого участвуют как

гормоны, непосредственно регулирующие фосфорно-кальцевый обмен (паратиреоидный гормон, кальцитонин, кальцитриол), так и гормоны, влияющие опосредованно (глюкокортикоиды, половые, тиреоидные). Прямое действие на костные клетки оказывают локальные факторы, такие как факторы роста, некоторые интерлейкины, костные морфогенетические белки и др. Определение биомаркеров метаболизма костной ткани в совокупности с рентгенографическими методами позволяет не только оценить состояние кости, но и выявить индивидуальные или групповые паттерны адаптации к условиям микрогравитации. Комплексный подход к анализу даст возможность персонализированного выбора стратегии профилактики до и во время КП, а также предложить оптимальные методы восстановления кости после возвращения космонавтов на Землю.

Цель исследования - оценка влияния длительного хронического пребывания человека в условиях опорной и весовой разгрузки без применения средств профилактики на содержание гормонов и маркеров метаболизма костной ткани. Для анализа динамики биомаркеров было обследовано 10 мужчин (средний возраст $29,3 \pm 3,56$ лет) – участников эксперимента «Состояние физиологических систем организма человека при моделировании отдельных факторов космического полета в условиях 21-суточной «сухой» иммерсии без средств профилактики и с использованием искусственной силы тяжести, создаваемой при помощи центрифуги короткого радиуса. Этап 1» [9]. До начала «сухой» иммерсии, на 7 и 14 сутки пребывания в СИ и на 0-е и 7-е сутки после окончания у всех испытуемых проводили взятие проб венозной крови (натощак в утренние часы, в положении лёжа) и сбор мочи.

В крови определяли содержание адренокортикотропного и паратиреоидного гормонов (ПТГ), кальцитонина, остеокальцина, С-концевых телопептидов коллагена I типа (b-CrossLaps), N-терминального пропептида проколлагена I-го типа (P1NP), 25-гидроксикальциферола (25(OH)D), кальция, фосфора и других показателей. В суточной моче был проведен анализ кальция, фосфора и др. Анализ проводили биохимическими методами (ионоселективный, иммуноферментный анализ (ИФА), бихроматическая рефлекссионная фотометрия и т.д.) с использованием коммерческих тест-систем.

Анализ полученных результатов показал достоверное увеличение концентрации маркеров резорбции кости при одновременном снижении концентрации маркеров костеобразования. В частности, на

7, 14 сутки СИ и на +0 наблюдался рост уровня АКТГ и ПТГ и отрицательная динамика остеокальцина и PINP ($p \leq 0,01$) в крови. В эти же периоды концентрация b-CrossLaps увеличивалась и в сыворотке крови, и в моче ($p \leq 0,01$), выходя в ряде случаев за пределы референсных значений. Определение содержания 25(OH)D в сыворотке крови выявило, что все испыталы вошли в эксперимент с неблагоприятными значениями (референсные значения установлены Федеральным клиническим рекомендациям Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина Д у взрослых (2014)). В период проведения СИ у испыталы с исходно более высоким уровнем (четыре человека), наблюдалось прогрессирующее снижение 25(OH)D, продолжающееся и в период восстановления, а у троих испыталы с наименьшими фоновыми значениями - его увеличение. Обращает на себя внимание развитие фосфатурии у всей группы испыталы на 7 сутки СИ (95% CI 54,74-115,28 ммоль/л), с возвращением к нормальным значениям на 14 сутки СИ, а также выраженной кальциурии на +0 сутки (95% CI 5,22-8,07 ммоль/л).

Таким образом, показано изменение процессов костеобразования/резорбции кости в условиях длительной СИ. Так как ранее исследования влияния условий «сухой» иммерсии на динамику концентрации гормонов, регулирующих минеральный обмен, и маркеров костного метаболизма проводили фрагментарно, полученные в условиях опорной разгрузки результаты исследования, расширяют представления о механизмах адаптации физиологических систем, участвующих в регуляции гомеостаза кости.

Авторы благодарят генерального директора ООО «ЕвроТест» Игоря Александровича Тюрина за помощь в проведении анализа биоматериала.

Работа выполнена в рамках темы 65.1 фундаментальных научных исследований РАН.

Литература

1. Григорьев А.И., Козыревская Г.И., Дорохова Б.Р., Лебедев В.И., Моруков Б.В. Особенности водно-солевого обмена и функционального состояния почек у членов экипажа первой экспедиции «Салют-4» // Космич. биология и авиакосмич. медицина. 1977. Т.11, № 5. С. 41-47.
2. Газенко О.Г., Григорьев А.И., Наточин Ю.В. Водно-солевой гомеостаз и космический полёт // Проблемы космической биологии. - М.: Наука, 1986. Т. 54. - 240 с.

3. Smith S.M., Wastney M.E., Larina I.M., Nyquist L.E., Abrams S.A., Taran E., Shih C.-Y., Lane H.W., Morukov B.V. Calcium metabolism before during and after 4-month space flight. Kinetic and biochemical changes // Amer. J. Physiol. - 1999. - V. 277. - P. 1-10.
4. Моруков Б.В., Ничипорук И.А., Третьяков В.С., Ларина И.М. Биохимические маркеры обмена костной ткани у космонавтов после продолжительного космического полета // Физиология человека. 2005. - Т. 31. - № 6. - С. 1-6.
5. Бирюков Е.Н., Красных И.Г. Изменение оптической плотности костной ткани и метаболизма кальция у космонавтов А.Г. Николаева и В.И. Севастьянова // Космич. биология. 1970. Т.4, № 6. С.42-46.
6. Оганов В.С. Костная система, невесомость и остеопороз // Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2014. 291 с.
7. Vico L., Linossier M.-T., Locrelle H., Normand M., Gerbaix M., Thomas T., van Rietbergen B., Vilaythiou N., Zouch M., Bonnet N., Novikov V., Vassilieva G. Cortical and Trabecular Bone Microstructure Did Not Recover at Weight-Bearing Skeletal Sites and Progressively Deteriorated at Non-Weight-Bearing Sites During the Year Following International Space Station Missions // Journal of Bone and Mineral Research. 2017. Т. 32. № 10. С. 2010-2021.
8. Гордиенко К.В., Новиков В.Е., Сервули Е.А., Носовский А.М., Васильева Г.Ю. Детальный анализ данных центральной остеоденситометрии космонавтов участников программ "МИР" И МКС // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2018. Т. 52. № 6. С. 33-36.
9. Томиловская Е.С., Рукавишников И.В., Амирова Л.Е., Шигуева Т.А., Савеко А.А., Китов В.В., Васильева Г.Ю., Пономарев С.А., Смирнова Т.А., Козловская И.Б., Орлов О.И. 21- суточная «сухая» иммерсия: особенности проведения и основные итоги // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2020. Т. 54. № 4. С. 5-14.

УДК 613.693

eLIBRARY.RU: 89.01.09

Дворников М.В.

доктор медицинских наук, профессор

Матюшев Т.В.

доктор биологических наук, кандидат технических наук

Меденков А.А.

доктор медицинских наук, кандидат психологических наук, профессор

Максимова И.Д.

Мальшев А.Д.

Рыбина А.С.

Московский авиационный институт
г. Москва

О ВКЛАДЕ УЧЕНЫХ ИНСТИТУТА АВИАЦИОННОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ В АВИАКОСМИЧЕСКУЮ МЕДИЦИНУ

ON CONTRIBUTION OF SCIENTISTS OF THE INSTITUTE OF AVIATION AND SPACE MEDICINE TO AEROSPACE MEDICINE

Аннотация. Статья посвящена 100-летию со дня рождения видных ученых института авиационной и космической медицины В.Г. Воловича, В.Б. Малкина и Е. А. Юганова в теорию и практику авиакосмической медицины. Приводятся факты и данные о их научных исследованиях в период подготовки и осуществления первых пилотируемых космических полетов. Показывается их вклад в становление отечественной космической медицины. Излагаются основные направления их исследований в интересах обеспечения безопасности осуществления космических полетов.

Ключевые слова: безопасность космических полетов, космическая медицина, подготовка космонавтов, система жизнеобеспечения,

Abstract. The article is devoted to the 100th anniversary of the birth of prominent scientists of the Institute of Aviation and Space Medicine V.G. Volovich, V.B. Malkin and E. A. Yuganov in the theory and practice of aerospace medicine. The facts and data on their scientific research during the preparation and implementation of the first manned space flights are presented. Their contribution to the formation of Russian space medicine is shown. The main directions of their research in the interests of ensuring the safety of space flights are outlined.

Keywords: space flight safety, space medicine, cosmonaut training, life support system.

В становление отечественной космической медицины внесли вклад многие талантливые ученые, исследователи и организаторы научных исследований. Практические научные исследования по медико-биологическим проблемам пилотируемых космических полетов, о которых мечтал и искренне верил в их осуществимость К.Э. Циолковский, начались в 1948 году 75 лет тому назад в войсковой

части 64688, за условным наименованием которой скрывался возрожденный в 1947 году Научно-исследовательский институт авиационной медицины, созданный в 1935 году. В 1959 году он стал именоваться Государственным научно-исследовательским испытательным институтом авиационной и космической медицины. Среди его сотрудников оказалось много молодых перспективных ученых, родившихся в начале 20-х годов XX века, 100-летние юбилеи которых мы отмечаем сегодня. В их числе два выпускника Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова 1946 года Виталий Георгиевич Волович и Евгений Михайлович Юганов. А также выпускник второго Московского медицинского института им. Сеченова Виктор Борисович Малкин. Путь их в авиационную и космическую медицину был различным, но их вклад в фундаментальную теорию и историческую практику авиакосмической медицины бесценен.

Самый сложный, но очень яркий путь в институт был у В.Г. Воловича. Родился он в г Гагра. После окончания ВМА он оказался в воздушно-десантных войсках и активно осваивал парашютные прыжки, которые помогли ему стать флагманским врачом Северного морского пути, активно развивавшегося после войны, участником работы специальных экспедиций Север-3 и Север-4, по освоению ледовых аэродромов. В 1949 году 9 мая он вместе с Медведевым совершили первый в мире прыжок на Северный полюс, о котором в те годы не афишировалось. В дальнейшем он получил опыт медицинского обеспечения работы станции «Северный полюс-3. В Институт авиационной медицины он пришел в 1952 году, имея на груди Орден боевого Красного знамени и орден Ленина. Работая в отделе разработки средств аварийного спасения, он вскоре занялся проблемой выживания не только полярных летчиков, но и космонавтов в автономных условиях приземления в трудно прогнозируемых районах. По его инициативе была разработана система поиска и спасания космонавтов, группы десантируемых врачей, программа наземной подготовки космонавтов. Он лично принимал участие в обследовании первых космонавтов после их приземления, начиная с Ю.А. Гагарина. За эти работы в 1961 году был награжден орденом Трудового Красного Знамени. В дальнейшем под его непосредственным руководством и личном участии было проведено около 40 научных экспедиций по изучению особенностей выживания в Арктике, в пустынях, в тайге, а также на море при приводнении. Он стал доктором медицинских наук, профессором, воспитал плеяду учеников. После увольнения из Вооруженных сил

несколько лет проработал в Институте медико-биологических проблем РАН, но потом вернулся в родной институт. Он по праву признан одним из основоположников науки выживания в экстремальных условиях. Его перу принадлежат десятки монографий и художественных книг. Умер В.Г. Волович 5 сентября в 2013 году в Москве и похоронен на Николо-Архангельском кладбище

Его однокашником по ВМА был Е.М. Юганов. Он родился 10 октября 1923 года в деревне Демидово Псковской губернии. После учебы в ВМА им. С.М. Кирова в 1941-1946 году и службы в войсках он с 1950 по 1978 год проходил службу в в/ч 64688 в должностях: младший научный сотрудник, старший испытатель, старший научный сотрудник, с 1959 года — заместитель руководителя и с 1961 по 1969 год — руководитель отдела по исследованию и медицинскому обеспечению полётов в верхних слоях атмосферы. Как специалист в области вестибулярной физиологии активно включился в решении медицинских проблем космического полета. Он принимал участие в обосновании и формировании систем отбора и подготовки космонавтов. В 1957 года «За создание и запуск первого в мире искусственного спутника Земли» Е. М. Юганов был награждён Орденом «Знак Почёта», а в 1961 году «За успешное выполнение специального задания Правительства по созданию образцов ракетной техники, космического корабля-спутника "Восток" и осуществление первого в мире полёта этого корабля с человеком на борту» был награжден орденом Трудового Красного Знамени. В 1966 году Е. М. Юганов защитил докторскую диссертацию по проблеме «Реакции вестибулярного анализатора в условиях измененной весомости». Он стал профессором. В 1969 он сменил О.Г. Газенко на должности заместителем начальника ГосНИИИ авиационной и космической медицины а по научной работе, которую возглавлял по 1978 год. После увольнения из Вооруженных сил с 1978 по 1989 год — научный сотрудник Института медико-биологических проблем. Е. М. Юганов является автором более ста научных трудов, в том числе многочисленных монографий. Умер Е.М. Юганов 13 марта в 1989 году в Москве и похоронен на Введенском кладбище.

Виктор Борисович Малкин родился 7 мая 1923 года в г. Москва. Его отец Борис Филиппович Малкин был врачом партизанского отряда и погиб в 1942 году. В.Б. Малкин в 1941 году поступил во второй Московский Государственный медицинский института, который окончил с отличием. С 1945 по 1948 год учился в аспирантуре Института физиологии АМН СССР под руководством академика Лины Соломоновны Штерн. В студенческие годы В.Б. Малкин очень

серьезно занимался шахматами, в 1949 году стал кандидатом в мастера спорта по шахматам, неоднократно становился призером чемпионатов по шахматам г. Москвы. Дальнейшая научная деятельность В.Б. Малкина с 1949 по 1984 год была связана с в/ч 64688, т.е. с ГосНИИИ авиационной и космической медицины, в отделе исследований по высотной физиологии и разработке медико-технических требований к средствам защиты человека в высотных и стратосферных полетах. В 1951 году по материалам полученным в аспирантуре на тему «О возможности прекращения фибрилляции сердца сильным электрическим током» он защитил кандидатскую диссертацию, что позволило ему занять должность старшего научного сотрудника, которая для гражданского персонала являлась высшей ступенью. Все годы в высотном отделе шли интенсивные исследования по проблеме безопасности высотных и стратосферных полетов летчиков и космонавтов. Научный авторитет В.Б. Малкина был очень высок, а его энциклопедические знания в широкой области физиологических исследований создали ему большую известность в научных кругах за пределами института. В 1961 году за участие в подготовке первых космонавтов В.Б. Малкин был награжден медалью «За трудовое отличие». В 1963 году он обобщил огромный материал и успешно защитил докторскую диссертацию на тему «Эффективность избыточного давления кислорода в легких для сохранения длительной работоспособности человека на высотах 13 – 30 тысяч метров».

Известен В.Б. Малкин исследованиями по изучению биоэлектрической активности головного мозга человека в экстремальных состояниях. Он разработал методику электроэнцефалографических исследований летчиков и космонавтов в интересах врачебно-лётной экспертизы. Им в 1963 году впервые в мире был предложен метод автоматической диагностики опасных состояний человека в условиях воздействия высотных факторов. Он продолжал исследования ЭЭГ у шахматистов. Большой вклад внес В.Б. Малкин в медицинское обеспечение безопасности подготовки альпинистов высотников, в разработке экспресс методов высотной подготовки по повышению переносимости кислородного голодания. При его самом активном участие была подготовлена группа советских альпинистов, успешно покоривших Эверест в 1982 году. После выхода на пенсию с 1985 по 1998 год В.Б. Малкин преподавал в Российской государственной академии физической культуры на кафедре шахмат. Много времени В.Б. Малкин уделял литературной деятельности, популяризации достижений отечественной науки. Он автор более 300 научных статей и 14 монографий по проблеме гипоксии, физиологии

дыхания, методов электроэнцефалографии и пульсоксиметрии, психологии шахмат и деятельности человека в экстремальных условиях. Большое внимание уделял вопросам истории медицины, творчеству видных ученых. Он соавтор книг посвященных основоположнику высотной физиологии П.Беру, первой женщине академику Лине Самойловне Штерн. В.Б. Малкин активно поддерживал идею научных чтений в Калуге, на вторых чтениях в 1967 году выступил с совместным с О.Г. Газенко докладом о трудах К.Э. Циолковского в области космической биологии. На протяжении многих руководил работой секции «Проблемы космической медицины и биологии». Был В.Б. Малкин и в числе активных инициаторов создания Российской академии космонавтики имени К.Э. Циолковского, в которой был избран действительным членом со дня ее основания в 1991 году. Умер В.Б. Малкин 1 мая 2003 года, похоронен в Москве.

Краткая информация о замечательных ученых ГосНИИИ авиационной и космической медицины В.Г. Воловиче, В.Б. Малкине, Е.М. Юганове – 100-летних юбилеях 2023 года будет способствовать сохранению светлой памяти их яркой жизни, их личной дружбы, их совместной самоотверженной деятельности, а также результатов их научного творчества, внесших заметный вклад в историю отечественной космической медицины, в успешное осуществление первых космических полетов.

Литература

1. Бодров В. А., Малкин В. Б., Покровский Б. Л., Шпаченко Д. И. Психологический отбор летчиков и космонавтов. М.: Наука, 1984. – 264 с.
2. Волович В.Г. Академия выживания. М.:АОЗТ "Техноплюс", 1996. – 363 с.
3. Волович В.Г. Засекреченный полюс М.: Терра-книж. клуб, 1998. - 291 с.
4. Малкин В.Б., Гиппенрейтер Е.Б. Острая и хроническая гипоксия. М.: Наука, 1977. – 319 с.
5. Росин Я.А., Малкин В.Б. Лина Соломоновна Штерн. М.: Наука, 1987. – 78 с.
6. Юганов, Е. М. К проблеме особенностей и взаимодействия отолитового и купулярного аппаратов вестибулярного анализатора человека в условиях измененной. М.: Наука, 1965. Т. 4. С. 54–69

Даниличев С.Н.
ведущий врач-офтальмолог
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»
Звездный Городок

ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНО-КОНТРАСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОРГАНА ЗРЕНИЯ КОСМОНАВТОВ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

CHANGES IN THE FREQUENCY-CONTRAST INDICATORS OF THE COSMONAUTS' VISUAL ORGAN AFTER LONG-TERM ORBITAL SPACE FLIGHTS

Аннотация. У 8 космонавтов проведен анализ послеполетных частотно-контрастных характеристик органа зрения на средние и низкие пространственные частоты (решетки Габора). Контрастная чувствительность на 3-4 сутки после длительного орбитального космического полета ухудшилась у всех космонавтов. Более выражено, она ухудшилась в «лучших» глазах. Кроме того, на частоту 0,3 цикл. / град. у 3 космонавтов «лучший» глаз стал «худшим». Такая же инверсия наблюдалась у 6 космонавтов на частоту 1,0 цикл. / град.; у 3 космонавтов на частоту 4,0 цикл. / град.; у 4 космонавтов на частоту 8,0 цикл. / град.

Ключевые слова: длительные космические полеты, частотно-контрастная характеристика органа зрения

Abstract. Annotation: The analysis of the post-flight frequency-contrast characteristics of the visual organ for medium and low spatial frequencies (Gabor gratings) was carried out in 8 astronauts. Contrast sensitivity for 3-4 days after a long orbital space flight worsened in all astronauts. More pronounced, it worsened in the "best" eyes. In addition, at a frequency of 0.3 cycles. / deg. in 3 cosmonauts, the "best" eye became the "worst". The same inversion was observed in 6 cosmonauts at a frequency of 1.0 cycle. / deg.; in 3 cosmonauts at a frequency of 4.0 cycle. / deg.; in 4 cosmonauts at a frequency of 8.0 cycle. / deg.

Keywords: long-term space flights, frequency-contrast characteristics of the visual organ

К.Э. Циолковский в развитии пилотируемой космонавтики большое значение уделял человеческому фактору *в процессе*

управления космическими аппаратами и наблюдению с околоземной орбиты космических и земных объектов и явлений. В проблеме восприятия и распознавания образов одно из центральных мест занимает вопрос локального и глобального анализа изображений. Глобальный механизм анализа изображений работает в полосе низких пространственных частот, локальный механизм – в области высоких пространственных частот [1,2]. В научных работах по космической офтальмологии отмечаются изменения частотно-контрастной характеристик (ЧКХ) органа зрения у космонавтов после космических полетов [3].

Материал и методы

Исследование частотно-контрастной характеристики органа зрения на средние и низкие визуальные пространственные частоты по программе «Эрготест-3», разработанной в лаборатории физиологии зрения Института физиологии РАН (Пронин С.В., Шелепин Ю.Е). Которая позволяет проводить визоконтрастometriю с помощью стационарных компьютеров и ноутбуков.

Результаты

Обследовали орган зрения 8 космонавтов РФ, совершивших длительные орбитальные космические полеты до, и на 3-4 сутки после полетов на средние и низкие частоты (0,3; 1,0; 4,0 и 8,0 цикл. / град.). Преимущество этих частот связано с тем, что частотно-контрастная чувствительность на них зависит от состояния сетчатки, зрительного тракта и нейро-сенсорных полей, а не от изменений в оптической системе глаза.

У всех 8 космонавтов до космического полета наблюдались различия в контрастной чувствительности правого и левого глаза по всем исследованным частотам, но на низкие частоты 0,3 и 1,0 цикл./град. они были статистически достоверны ($p < 0,01$). Глаз, в котором контрастная чувствительность была выше, мы условно назвали «лучший», а другой «худший». Контрастная чувствительность на 3-4 сутки после полета ухудшилась у всех космонавтов в обоих глазах на все исследованные частоты, но больше она ухудшилась в «лучших» глазах на частоту 0,3 цикл./град. у 3 космонавтов; на частоту 1,0 цикл./град. у 6 космонавтов; на частоту 4,0 цикл./град. у 3 космонавтов; на частоту 8,0 цикл./град. у 4 космонавтов.

Выводы:

1. Длительные орбитальные космические полеты ухудшают ЧКХ органа зрения у космонавтов на низкие и средние пространственные частоты.

2. В большей мере ухудшению ЧКХ на низкие и средние пространственные частоты подвержены «лучшие» глаза.

3. Изменения частотно-контрастной чувствительности на низкие и средние пространственные визуальные частоты следует учитывать при планировании программ, связанных с наблюдением космических и земных объектов, особенно в завершающей стадии космического полета

Литература

1.Шелепин Ю.Е. Локальный и глобальный анализ в зрительной системе // Современная психофизика / Под ред. В.А. Барабанщикова. – М.: Институт психологии РАН, 2009. – С. 310–335.

2.Шошина И.И., Шелепин Ю.Е., Вершинина Е.А., Новикова К.О. Функциональные особенности магноцеллюлярной и парвоцеллюлярной систем при шизофрении // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Психология». – 2014в. – Т. 27. – № 4. – С. 10–16.

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.

УДК 616.28

eLIBRARY.RU: 76.29.54

Сигалева Е.Э.

доктор медицинских наук, профессор РАН

Пасекова О.Б.

старший научный сотрудник

Мацнев Э.И.

доктор медицинских наук, профессор

Марченко Л.Ю.

научный сотрудник

Ильин В.К.

доктор медицинских наук, профессор, член-корр. РАН

ГНЦ РФ – ИМБП РАН

г. Москва

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНА СЛУХА И СОСТАВ МИКРОФЛОРЫ ЛОР-ОРГАНОВ В УСЛОВИЯХ 7-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ

FUNCTIONAL STATE OF THE HEARING ORGAN AND THE MICROFLORA COMPOSITION UNDER CONDITIONS OF 7-DAY "DRY" IMMERSION

Аннотация. С участием 10-ти здоровых мужчин-добровольцев в возрасте от 25 до 36 лет проведено экспериментальное исследование функционального состояния органа слуха и состава микрофлоры наружных слуховых проходов и слизистых оболочек полости рта и носа в условиях наземного моделирования физиологических эффектов микрогравитации – 7-суточной «сухой» иммерсии (7СИ). Для оценки функционального состояния улитки внутреннего уха, а также для оценки функции среднего уха и подвижности барабанной перепонки добровольцев использовали методы регистрации отоакустической эмиссии на частоте продукта искажения (ОАЭЧПИ) и тимпанометрии (ТМ). Оценивали показатели соотношения «сигнал/шум» отоакустического ответа (дБ), давления в полости среднего уха (даПа) и максимального комплианса тимпанограммы (мл). Для исследования состава микрофлоры ЛОР-органов добровольцев осуществляли забор проб с кожной поверхности наружных слуховых проходов и со слизистых оболочек полости рта и носа. Производили серийное разведение материала в физрастворе, затем исследуемый материал высевали на питательные среды и после 48-часовой инкубации проводили идентификацию культур и количественный подсчет состава микрофлоры. Для оценки изменений состава микрофлоры использовали эубиотический индекс. Индекс рассчитывали по отношению количества положительных изменений микрофлоры к количеству отрицательных изменений микрофлоры.

По результатам проведенного исследования, 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. Отмечены негативные изменения в составе микрофлоры ЛОР-органов, выражающиеся в количественном снижении протективных микроорганизмов и нарастании числа условно-патогенных групп. Значения эубиотического индекса были меньше единицы.

Таким образом, выявленные изменения демонстрируют возможное негативное воздействие условий моделируемой микрогравитации (7СИ) и перераспределения жидких сред организма в краниальном направлении на функциональное состояние и состав микрофлоры ЛОР-органов человека. Рассматривается целесообразность внедрения данных методов оценки состояния ЛОР-органов и динамического контроля за состоянием видового и количественного состава микрофлоры слизистых оболочек у космонавтов в реальном космическом полете.

Ключевые слова: тимпанометрия, микрофлора, отоакустическая эмиссия на частоте продукта искажения, микрогравитация, «сухая» иммерсия.

Abstract. The experimental study of the functional state of the organ of hearing and the composition of the microflora of the external auditory canals and mucous membranes of the mouth and nose was carried out with the participation of 10 healthy male volunteers aged 25 to 36 years under conditions of ground-based simulation of the physiological effects of microgravity - a 7-day "dry" immersion. To assess the functional state of the cochlea of the inner ear, as well as to assess the function of the middle ear and the mobility of the tympanic membrane of volunteers, the methods of registration of otoacoustic emission at the frequency of the distortion product (DPOAE) and tympanometry (TM) were used. The indicators of the signal-to-noise ratio of the otoacoustic response (dB), pressure in the middle ear cavity (daPa), and the maximum tympanogram compliance (mL) were evaluated. To study the composition of the microflora of the ear- throat – nose (ENT) organs of volunteers, samples were taken from the skin surface of the external auditory canals and from the mucous membranes of the mouth and nose. The material was serially diluted in saline, then the test material was sown on nutrient media, and after a 48-hour incubation, the cultures were identified and the composition of the microflora was quantitatively calculated. The eubiotic index was used to assess changes in the microflora composition. The index was calculated by the ratio of the number of positive changes in the microflora to the number of negative changes in the microflora.

According to the results of the study, a significant decrease ($p \leq 0.05$) in the indicator of the signal-to-noise ratio of the DPOAE at a stimulation frequency below 1 kHz, a significant increase ($p \leq 0.05$) in the pressure in the middle ear cavity and a decrease in the equivalent volume of the external auditory passage according to TM. Negative changes were noted in the composition of the microflora of the ENT organs, expressed in a quantitative decrease in protective microorganisms and an increase in the

number of conditionally pathogenic groups. The eubiotic index values were less than one.

Thus, the revealed changes demonstrate the possible negative impact of the conditions of simulated microgravity (7-day "dry" immersion) and the redistribution of body fluids in the cranial direction on the functional state and composition of the microflora of human ENT organs. The expediency of introducing these methods for assessing the state of the ENT organs and dynamic monitoring of the state of the species and quantitative composition of the microflora of the mucous membranes of astronauts in a real space flight is considered.

Keywords: tympanometry, microflora, distortion product otoacoustic emission, microgravity, "dry" immersion.

Динамическая оценка функционального состояния организма космонавтов является важным компонентом медицинского обеспечения безопасности пилотируемых космических полетов. Модельные наземные эксперименты позволяют изучать особенности физиологического состояния организма человека при воздействии отдельных факторов космического полета. Модель "сухой" иммерсии, с момента ее появления в 1970-х гг., является основной в России для изучения эффектов невесомости. [1], [2]. Микрогравитация и ограничение двигательной активности в условиях космического полета приводят к различным физиологическим изменениям в отдельных органах и системах организма космонавтов [3], [4], [5]. Предполагают, что возможным этиологическим фактором этих изменений является механизм перераспределения жидких сред организма в краниальном направлении [6], [7]. В наших собственных исследованиях [8], в условиях 21-суточной «сухой» иммерсии (21СИ), по данным оценки функционального состояния улитки внутреннего уха с использованием метода регистрации двух классов отоакустической эмиссии (ОАЭ), была подтверждена достоверная связь изменений параметров ОАЭ в низкочастотном диапазоне с перераспределением жидких сред организма в краниальном направлении. Настоящие исследования в эксперименте с 7СИ являются продолжением изучения влияния моделируемой микрогравитации и, в частности, феномена перераспределения жидких сред в краниальном направлении, на функциональное состояние внутреннего и среднего уха человека. В настоящее исследование были дополнительно включены методы тимпанометрии (для оценки функции среднего уха и подвижности барабанной перепонки), а также динамическая оценка состава микрофлоры ЛОР-органов у добровольцев. Предполагается, что

перераспределение жидких сред организма в краниальном направлении влияет не только на состояние ликвородинамики головного мозга и внутреннего уха, но также способствует развитию отека, ухудшению вентиляционной функции слуховой трубы, что создает условия для нарушения микробного баланса данных областей с возможным последующим развитием инфекционного воспалительного процесса [9], [10].

Целью настоящего исследования явилось изучение влияния условий моделирования физиологических эффектов микрогравитации - 7-суточной «сухой» иммерсии (СИ) - на функциональное состояние среднего и внутреннего уха добровольцев, а также динамическая оценка состава микрофлоры ЛОР-органов 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 суток»). 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 для частот 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, соответственно. Оценку результатов исследований проводили отдельно для правого и левого уха. Исследование микрофлоры наружных слуховых проходов и верхних дыхательных путей в условиях 7СИ проводили трижды: до начала СИ («фон»), на 7-е сутки пребывания обследуемого в иммерсионной ванне («7-е сутки СИ») и через неделю после окончания СИ («+ 7-е сутки СИ»).

Отбор проб микрофлоры со слизистых оболочек полости носа, глотки и наружных слуховых проходов производили с помощью увлажненного тампона, с последующим приготовлением серийных разведений содержимого в физрастворе, посевом полученного материала на питательные среды: кровяной агар (для определения общего микробного числа), агар Эндо (для количественной оценки роста грамотрицательных палочек), маннитол (солевой агар) для количественной оценки роста стафилококков и агар Сабуро (для количественной оценки роста дрожжей и дрожжеподобных микроорганизмов). Производился количественный подсчет состава микрофлоры исследуемых областей. Для оценки изменений состава микрофлоры использовали эубиотический индекс (ЭИ). Для вычисления ЭИ определяли изменение количества того или иного микроорганизма в конкретном биотопе (на момент отбора) по сравнению с предыдущим взятием пробы. Далее оценивали направленность этих изменений: положительное (для протективных групп микроорганизмов) или отрицательное (для условно-патогенных групп микроорганизмов).

Статистическую обработку полученных результатов проводили методом описательной статистики с использованием пакета STATISTICA (версия 10.0) для Windows (StatSoft, Inc.). Для сравнения значимости различий между средними значениями выборок использовали 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 кожи наружного слухового прохода и гиперемия барабанной перепонки (у 6-ти из 10-ти добровольцев – 60%). 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.

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. Результаты проведенных исследований состава микрофлоры наружных слуховых проходов и носоглотки в условиях 7СИ свидетельствовали о негативной динамике количественного и видового состава микробиоценоза всех биотопов. Эти изменения выражались в замене кокковой непатогенной флоры патогенными видами, главным образом, золотистым стафилококком, появлением в составе микробиоценоза грамотрицательной микрофлоры – неферментирующих лактозу кишечных палочек, синегнойной палочки, клебсиеллы. По данным характеристики динамики эубиотического индекса в ходе 7СИ, количество негативных изменений микрофлоры ЛОР-органов нарастало и превосходило количество позитивных изменений в 2 раза, что свидетельствует об отрицательном сдвиге баланса микрофлоры в условиях моделируемой микрогравитации.

Таким образом, настоящее исследование продемонстрировало, что перераспределение жидких сред организма в краниальном направлении приводит к развитию функциональных нарушений органа слуха добровольцев. На 7-е сутки пребывания в иммерсионной среде у 10 добровольцев по данным регистрации тимпаногаммы 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 [11].

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. Комплексное использование методов объективной неинвазивной оценки влияния факторов космического полета на функциональное состояние органа слуха, а также динамическая оценка состава микрофлоры ЛОР-органов, позволяют усовершенствовать систему медицинского обеспечения будущих межпланетных космических полетов.

Исследование функционального состояния слуховой системы человека выполнено при финансовой поддержке базовой тематики РАН № 65.1

Исследование состояния микрофлоры наружного слухового прохода и носоротоглотки выполнено при финансовой поддержке базовой тематики РАН № 64.2

Литература

1. Козловская И.Б. Фундаментальные и прикладные задачи иммерсионных исследований. Авиакосмическая и экологическая медицина. 2008. Т.42. №5. С.3-7.
2. 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
3. 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
4. Pechenkova E., Nosikova I., Rumshiskaya A., Litvinova L., Rukavishnikov I., Merzhina 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.
5. 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.
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. Пасекова О.Б., Сигалева Е.Э., Марченко Л.Ю., Иванов К.П., Мацнев Э.И., Орлов О.И. Перспектива использования метода регистрации различных классов отоакустической эмиссии для динамической

оценки состояния внутричерепного давления // Сенсорные системы. 2022. Т.36. № 4. С. 338-348. DOI: 10.31857/S0235009222040059.

9. Богомолов В.В., Поляков А.В., Мацнев Э.И., Попова И.И., Ковачевич И.В., Алферова И.В., Репенкова Л.Г., Сигалева Е.Э. Диагностика и лечение заболеваний ЛОР-органов у российских космонавтов в полетах на орбитальной станции «Мир» и МКС. Авиакосмическая и Экологическая Медицина. 2020. Т. 54. № 3. С. 22-27.

10. N.N.Lizko. Problems of microbial ecology in man space mission// Acta Astronaut. 1991; 23:163-9. doi: 10.1016/0094-5765(91)90115-1.

11. 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.

УДК 612.1/.8 (616.74)
eLIBRARY.RU: 89.27.29

Кукоба Т.Б.

кандидат педагогических наук, доцент
ведущий научный сотрудник

Научно-исследовательского испытательного
Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина
Звездный городок

Ларионов А.В.

инженер – электроник 3 категории

Научно-исследовательского испытательного
Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина
Звездный городок

Киреев К.С.

Кандидат медицинских наук
начальник 40 отдела – врач-анестезиолог-реаниматолог
Центра подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина
Звездный городок

ОСОБЕННОСТИ ПОДДЕРЖАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ У ОПЕРАТОРОВ ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ГИДРОСРЕДЫ

FEATURES TO MAINTAIN THE VERTICAL POSITION OF THE OPERATOR AFTER PERFORMING EXTRAVEHICULAR ACTIVITIES IN A HYDRO-ENVIRONMENT

Аннотация. С целью определения способности оператора поддерживать вертикальную позу после выполнения операций внекорабельной деятельности (ВКД) в условиях моделированной невесомости в гидросреде (далее – тренировки) было проведено стабилметрическое тестирование 15 операторов. Сравнение стабилметрических характеристик показало, что после тренировки у операторов значительно ухудшалась устойчивость поддержания вертикальной позы и способность поддерживать равновесие, а повороты вектора скорости стали более резкими.

Ключевые слова: вертикальная устойчивость, внекорабельная деятельность, моделируемая невесомость, гидросреда.

Abstract. In order to determine the characteristics of the operator to maintain a vertical stand after performing operations of extravehicular activity (EVA) in conditions of simulated weightlessness in the hydro environment (hereinafter referred to as training), a stabilometric testing of 15 operators was carried out. A comparison of the stabilometric characteristics showed that after training, the stability of maintaining a vertical posture and the ability to maintain balance significantly deteriorated, and the turns of the velocity vector increased and became more abrupt.

Keywords: Vertical stability, extravehicular activity, simulated weightlessness, hydro-environment.

Существенные нарушения функции равновесия были отмечены у космонавтов даже после полетов небольшой длительности [1; 2]. В этой связи, необходимо оценить, каким образом, влияют на вертикальную позу отдельные элементы их подготовки к космическому полёту, а именно пребывание оператора в скафандре под повышенным давлением в гидросреде.

В исследовании приняли участие 15 операторов, из которых: один космонавт, выполнивший 3 космических полета (КП); одиннадцать космонавтов, не имеющих опыта КП; три инструктора по подготовке

космонавтов по ВКД. Операторы выполняли тренировки в скафандрах «Орлан-ГН» в гидролаборатории Центра подготовки космонавтов (ЦПК) продолжительностью до 4 часов. Внутри скафандра создавалось рабочее избыточное давление воздуха $0,4 \text{ кг/см}^2$. До начала тренировки и по ее окончанию проводили стабилотографический тест на компьютерном стабилотоанализаторе «Стабилан-01-2». В течение 30 секунд оператор стоял на платформе в «вертикальной позе». Оценка достоверности различий между результатами, полученными до и после тренировки, осуществлялась с использованием Т-критерия Стьюдента. Статистические расчеты проводили в пакете программы Excel 2010.

Отклонений в состоянии здоровья операторов до, во время и после тренировки не выявлено. После тренировки у операторов зарегистрированы отрицательные изменения стабилотографических показателей в поддержании вертикальной позы, что проявилось: в увеличении среднего значения «разброса» значений показателей смещения центра давления ($P=0,05$) как по фронтальной ($P=0,02$), так и, в сагиттальной плоскости ($P=0,05$); общего снижения качества равновесия ($P=0,04$) и продолжительности в зависимости от площади ($P=0,04$); увеличении нормированной площади векторограммы ($P=0,03$), а также, коэффициента резкого изменения направления ($P=0,03$). Выявленные особенности изменения показателей указывают на ухудшение у операторов возможности поддержания вертикальной позы в статическом положении после тренировки в скафандре по операциям ВКД в условиях гидросреды.

Литература

1. Левик, Ю. С. Исследования в космосе и новые концепции в физиологии движений // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2020. – Т. 54, № 6. – С. 80-91.

2. Амирова Л. Е. Шишкин Н.В., Китов В. В. [и др.] Роль зрительной обратной связи в контроле вертикальной устойчивости человека до и после 5-суточной "сухой" иммерсии // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2017. – Т. 51, № 7. – С. 31-37.

УДК 616.61

eLIBRARY.RU: 76.29.36

Яковлева А.С.
студентка Московского
государственного медико-стоматологического
университета
г. Москва

ПРОБЛЕМЫ ПАТОФИЗИОЛОГИИ ПОЧЕК В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ

PROBLEMS OF KIDNEY PATHOPHYSIOLOGY IN MICROGRAVITY

Аннотация. Аннотация: В данной статье рассмотрено современное состояние проблемы физиологии и патофизиологии почек в космосе, а также влияние микрогравитации на их работу.

Ключевые слова: физиология почек, осморегуляция, клубочковая функция, микрогравитация, гомеостаз.

Abstract. This article examines the current state of the problem of kidney physiology and pathophysiology in space, as well as the effect of microgravity on their work.

Keywords: kidney physiology, osmoregulation, glomerular function, microgravity, homeostasis.

Важные механизмы патофизиологии почек, а также понимания осморегуляторных процессов, происходящих в космической среде, до сих пор остаются без ответа. Не до конца изучено влияние космической радиации, остеопороза и других патологических факторов на формирование хронической болезни почек у космонавтов. Серьезную проблему представляет собой ортостатическая непереносимость, которую может помочь решить более эффективное исследование почечной фильтрации и объемного гомеостаза. Кроме того, ряд urgentных состояний, таких как, острая задержка мочи или ускоренное образование камней в почках с исходом в почечную колику, может привести к определенным медицинским осложнениям, которые могут поставить под угрозу всю миссию. В настоящем докладе представлены современные представления о влиянии микрогравитации на функцию почек, регуляцию объема и осморегуляцию, а также обсуждаются пробелы в знаниях, которые необходимо устранить в будущих исследованиях. [1]

Вопросы патофизиологии почек в условиях космоса можно разделить на несколько разделов:



Рис. 1. Классификация вопросов патофизиологии почек в условиях космоса.

Влияние космического полета на гломерулярную функцию неоднозначно. При проведении измерения клиренса креатинина и инулина было отмечено, что он увеличивается в первые дни полёта, но затем нормализуется. Увеличение скорости клубочковой фильтрации наблюдается при снижении объема внеклеточной и плазменной жидкости и потребления воды. Снижение концентрации мочевины в плазме крови подтверждает преходящее увеличение скорости гломерулярной фильтрации. Теоретически это объясняется тем, что микрогравитация приводит к изменению баланса между афферентной и эфферентной констрикцией артериол почечных клубочков, тем самым увеличивая фильтрационную фракцию. [2]

Наиболее заметным изменением состава мочи при космическом полете является увеличение экскреции кальция на 20-80 мг/день. В ходе исследований было продемонстрировано, что высокое содержание кальция в моче индуцирует почечную потерю воды путем протеолиза аквапорина-2 и, таким образом, ограничивает максимальную концентрацию мочи и насыщение кальцием. Этот феномен объясняется модуляцией концентрации мочи кальцием через снижение регуляции экспрессии аквапорина-2.

В исследовании Л.Х. Пастушковой и соавт. показано, что после космического полета в моче обнаруживаются три белка, которые отсутствовали на Земле. Один из них, аминопептидаза А, связан с гипоксией и тубулярной дисфункцией почек. Однако ее обнаружили

только на 7-й день полета. Поэтому будущие исследования должны учитывать измерения в полете для более точных результатов. [3]

Заключение. Чтобы иметь возможность безопасно увеличивать продолжительность будущих космических полетов, необходимо проведение исследований базовой физиологии почек, осморегуляции и регулирования объема, а также разработку новых контрмер, направленных на сохранение функции почек и предотвращение потенциально опасных для жизни ортостатических нарушений и литогенеза в почках.

Литература

1. Liakopoulos, V. et al. The kidney in space. International Urology and Nephrology [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11255-012-0289-7> (Дата обращения: 26.05.2023)
2. Tamma, G. et al. Early Biomarkers of Altered Renal Function and Orthostatic Intolerance During 10-day Bedrest [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9065601/> (Дата обращения: 25.05.2023)
3. Пастушкова Л.Х., Киреев К.С., и др. Обнаружение белков тканей почек и мочевыводящей системы в моче человека после космического полета [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23967230/> (Дата обращения: 26.05.2023)

УДК 629.78+613.693
eLIBRARY.RU 89.27.00

Миняйло Я.Ю.

младший научный сотрудник
ФГБУ «НИИ Центр подготовки
космонавтов имени Ю.А. Гагарина»

Киреев К.С.

заместитель начальника управления
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»
Звёздный городок

ВЛИЯНИЕ «ВРАЩЕНИЯ» НА ЦЕНТРИФУГЕ ЦФ-18 НА ВЕСТИБУЛЯРНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ

INFLUENCE CF-18 CENTRIFUGE EFFECT ON VESTIBULAR STABILITY

Аннотация. Рассмотрено влияние вращения на центрифуге ЦФ-18 на вестибулярную устойчивость и параметры сохранения вертикальной позы обследуемого. Выявлены достоверные изменения в коэффициенте функции равновесия и коэффициенте резкого изменения направления движения. Наблюдаемые изменения подтверждают наличие изменений в вестибулярной устойчивости вследствие вращения на центрифуге ЦФ-18..

Ключевые слова: стабилотрама, равновесие, тест Ромберга, вестибулярная устойчивость.

Abstract. CF-18 centrifuge effect on vestibular stability and maintaining vertical posture parameters is considered. Significant changes in the coefficient of the equilibrium function and the sharp change coefficient in the movement direction were revealed. The observed changes confirm the presence of changes in vestibular stability as a result of vertigo after rotation at CF-18 centrifuge.

Keywords: stabilogram, equilibrium, Romberg test, vestibular stability.

Известно, что у отдельных космонавтов после космического полета отмечаются изменения в способности поддерживать равновесие. После возвращения на Землю они могут испытывать головокружение, неустойчивость при ходьбе, проблемы с координацией движений и другие нарушения равновесия. В данном исследовании проводилась экспериментальная оценка возможности использования вращений на центрифуге ЦФ-18 для оценки функции равновесия.

Материал и методы

До и непосредственно после вращения 10 здоровых волонтеров на центрифуге (ЦФ-18), проведена оценка функции постурального равновесия с использованием стабилотрамы «Стабилан 01-2». На основе семи тестовых исследований: удержание вертикальной позы при «просмотре чистого экрана (фоновая проба), трех тестов с «открытыми глазами» обследуемых, двух тестов с оптокинетическими стимулами («*движение полос вправо и влево*»), соответственно; тестов с закрытыми глазами в трех позициях головы («*вправо, вверх и прямо*») и, теста с удержанием равновесия «с закрытыми глазами» на «*неустойчивой опоре*» в виде пластины пенополиуретана.

С использованием стабилотрамы «Стабилан 1-02», анализировались: средняя скорость (v) центра давления, угловая скорость центра давления (w), коэффициент функции равновесия (КФР) и коэффициент резкого изменения направления движения (КРИНД).

Результаты и обсуждение

В результате проведённых исследований были получены значения четырёх параметров в семи тестах до и после вращений на ЦФ-18. Для каждого параметра рассчитывалось его процентное изменение по формуле (1).

$$p_j^i = \frac{(p_b^i - p_a^i)}{p_a^i} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $i = \{1, \dots, 7\}$ - номер теста;

$p = \{\text{КФР, КРИНД, } v, w\}$ - анализируемый параметр;

$j = \{1, \dots, 10\}$ - номер испытателя;

p_j^i - процентное изменение параметра p ;

p_b^i - значение параметра в i -ом тесте после вращения;

p_a^i - значение параметра в i -ом тесте до вращения;

Процентное изменение параметра p_j^i может принимать как положительные значения (увеличение параметра), так и отрицательные (уменьшение). Для оценки общей картины поведения параметров у десяти испытателей полученные значения процентных изменений переводились в весовые коэффициенты согласно таблице 1.

Таблица 1.

p_j^i	0-5 %	5-15%	15-25%	35-35%	35-45%	>45%
k_j^i	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1

Рассчитывалось среднее значение весовых коэффициентов для данного параметра в конкретном тесте с участием 10 добровольцев по формуле (2). Результирующий коэффициент показывает, на сколько процентов в среднем меняется рассматриваемый параметр. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

$$k^i = \frac{\sum_{j=1}^{10} k_j^i}{10} \cdot 100\% \quad (2)$$

Таблица 2

№	Тест	Глаза	КФР	КРИНД	v	w
1	Полосы влево	Открыты	6	16	-6	10
2	Фон		-2	-12	10	-4

3	Полосы вправо		0	-2	10	0
4	Голова вправо	Закр ы	30	14	-28	6
5	Голова вверх		12	0	-4	4
6	Голова прямо		2	-12	0	2
7	Поролон		-14	10	16	4

Как видно из таблицы 2, наибольшие изменения были выявлены в параметре КФР (в тестах с закрытыми глазами и коррелирующих с ним изменениях в средней линейной скорости, а также, изменения параметра КРИНД в 4 тестах. Они отражают наличие вестибулярных изменений, вызванных вращением на центрифуге ЦФ-18, проявляющихся, в особенностях «механизма поддержания» вертикальной позы.

Литература

1. Благинин А.А., Котов О.В., Жильцова И.И., и др. Возможности компьютерной стабилграфии в оценке функционального состояния организма оператора авиакосмического профиля // Военно-медицинский журнал, 2016, N 8, с. 51-57.
2. Кручинин П. А. Анализ результатов стабилметрических тестов со ступенчатым воздействием с точки зрения механики управляемых систем // Биофизика. — 2019. — Т. 64, № 5. — С. 1010–1020.

СЕКЦИЯ 5 «АВИАЦИЯ И ВОЗДУХОПЛАВАНИЕ»

УДК: 533.6; 681.2
eLIBRARY.RU: 30.01.09

Горбушин А.Р.
кандидат технических наук, доцент
Центрального аэрогидродинамического института
имени профессора Н. Е. Жуковского
г. Жуковский

ИССЛЕДОВАНИЯ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЕ

K.E. TSIOLKOVSKY'S RESEARCH IN A WIND TUNNEL

Аннотация. Рассмотрены две аэродинамические трубы К.Э. Циолковского. Показано, что К.Э. Циолковский первым создал хонейкомб для аэродинамической трубы, уникальный динамометр для измерения силы сопротивления, разработал методику определения сопротивления поддерживающих устройств, определил оптимальную площадь поперечного сечения исследуемых тел, получил формулу для силы сопротивления пограничного слоя.

Ключевые слова: К.Э. Циолковский, аэродинамическая труба, пограничный слой, сила сопротивления, динамометр.

Abstract. Two wind tunnels of K.E. Tsiolkovsky are considered. It is shown that K.E. Tsiolkovsky was the first to create a honeycomb for wind tunnel, a unique dynamometer for measuring drag force, developed a method for determining the drag of supporting devices, determined the optimum cross-sectional area of the tested bodies and got a formula for the drag force of boundary layer.

Keywords: K.E. Tsiolkovsky, wind tunnel, boundary layer, drag force, dynamometer.

Информация о первых аэродинамических трубах, построенных в мире, наиболее полно представлена в работе [1]. За рубежом в 19-м веке было создано 10 аэродинамических труб: три в Англии, одна в Австрии, две во Франции, три в Дании и одна в США. В России в это время было построено три аэродинамических трубы: одна В. А. Пашкевичем в Михайловской артиллерийской академии в Санкт-

Петербурге в 1871 г [2] и две К. Э. Циолковским в 1896 и 1899 гг. в своем доме в Калуге [3–5].

Схема первой трубы К. Э. Циолковского представлена на Рис. 1. Лопастей (позиция *Л* на Рис. 1) в установке Циолковского приводились в движение с помощью груза (позиция *Г* на Рис. 1). На выходе из прибора была установлена решетка (позиция *Р* на Рис. 1) из 11 горизонтальных и 3 вертикальных перегородок, служивших для выравнивания потока. В современных трубах это устройство называется хонейкомбом. К. Э. Циолковский первым применил это устройство для повышения равномерности потока в аэродинамической трубе.

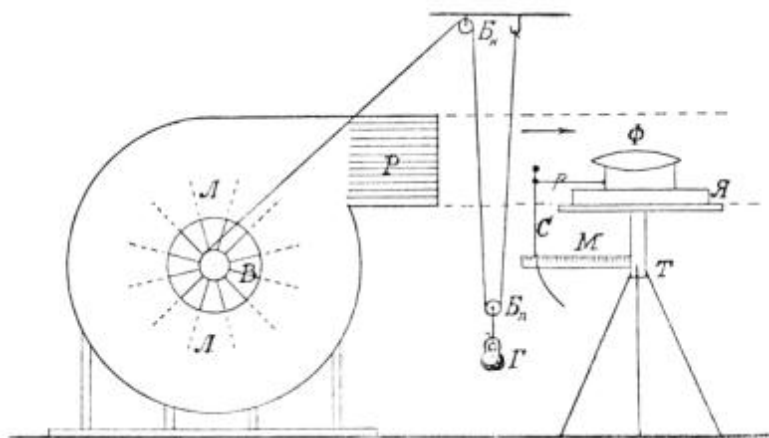


Рис. 1. Первая аэродинамическая труба К. Э. Циолковского с динамометром [3].

Для измерения сопротивления исследуемых тел (позиция *Ф* на Рис. 1) Циолковский спроектировал и изготовил уникальный прибор, показанный в правой части Рис. 1 (позиция *Я* на Рис. 1) и представляющий собой динамометр. Разрешающая способность динамометра была очень высокой: 1 мг. Циолковский был первым из создателей труб, кому удалось спроектировать динамометр, измеряющий непосредственно силу сопротивления с высокой точностью.

К. Э. Циолковский провел методические исследования по определению скорости потока и сопротивления элементов динамометра: измерительной стрелки (позиция *С* на Рис. 1), жестяных

лент, стоек и перекладины. В процессе испытаний сопротивление этих элементов вычиталось из результатов измерений.

Проведя испытания с пластинами площадью 80 и 100 см², Циолковский сделал вывод, что сечение потока являлось «совершенно достаточным (как бы безграничным) для форм, площадь поперечного сечения которых не превышает 80 см²» [3]. Это первое исследование в России (а возможно и в мире) одного из важнейших вопросов методики экспериментальных исследований в аэродинамических трубах: определение влияния границ потока на аэродинамические характеристики исследуемых объектов.

По результатам опытов с цилиндрами Циолковский получил формулу для трения, отнесенного к сопротивлению пластинки, установленной перпендикулярно к направлению потока:

$$\frac{T}{F} = \frac{0.00623}{V^{0.396} L^{0.37}}. \quad (1)$$

Если округлить в формуле (1) степени в знаменателе до значения 0.4, отнести трение к скоростному напору и площади цилиндра, то она преобразуется в формулу для коэффициента трения плоской пластинки:

$$C_f = \frac{0.613}{Re^{0.4}}. \quad (2)$$

Формула (2) дает промежуточный результат между формулой Блазиуса и формулами для коэффициента сопротивления плоской пластинки с турбулентным пограничным слоем.

Литература

1. Lee J.L. The origin of the wind tunnels in Europe, 1871-1900 // Air Power History 1998. – V. 45.
2. Пашкевич В. Об опытах, произведенных с целью определения зависимости сопротивления воздуха на продолговатый снаряд от угла, составляемого его осью фигуры с направлением его поступательной скорости // Артиллерийский журнал. – 1878. – №3. – С. 256-268.
3. Циолковский К. Давление воздуха на поверхности, введенные в искусственный воздушный поток // Вестник опытной физики и элементарной математики. – 1898. – №269, 270. – 1899. – №271, 272.
4. Gorbushin A.R. Pioneering Russian wind tunnels and first experimental investigations, 1871–1915 // Progress in Aerospace Sciences –2017. – 95C. – P. 99-139.

5. Горбушин А.Р. Первые аэродинамические трубы России и первые экспериментальные исследования, 1871–1915 // Труды ЦАГИ. – 2019. – Вып. 2775. – С. 1–72.

УДК 629.7

eLIBRARY.RU: 89.01.09

Офицеров В.А.
заведующий научно-просветительским
и экспозиционным отделом филиала
ФГБУК «ГМИК имени К.Э. Циолковского»
в г. Москве – «Научно-мемориальный
музей профессора Н.Е. Жуковского»

**НАСТОЯЩЕЕ СЛУЖЕНИЕ НАУКЕ.
К 135-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ В.П. ВЕТЧИНКИНА**

**TRUE SERVICE TO SCIENCE. TO THE 135TH ANNIVERSARY
OF THE BIRTH OF V.P. VETCHINKIN**

Аннотация. Посвящена первому авиационному инженеру России, ученому в области аэродинамики, ветроэнергетики, ракетной техники и теоретической космонавтики, 135-летие со дня рождения которого отмечается в 2023 г.

Ключевые слова: ученый В.П. Ветчинкин; история авиации и космонавтики.

Abstract. Dedicated to the first aviation engineer of Russia, a scientist in the field of aerodynamics, wind power, rocket technology and theoretical cosmonautics, whose 135th birthday is celebrated in 2023.

Keywords: scientist V.P. Vetchinkin; history of aviation and cosmonautics.

Среди когорты незаурядных личностей, тех, кто двигал историю вперед, вносил существенный вклад в научно-техническое развитие нашей страны, Владимир Петрович Ветчинкин занимает достойное место. Профессор, лауреат Сталинской премии, заслуженный деятель науки и техники, действительный член Академии артиллерийских наук, В.П. Ветчинкин всю свою жизнь посвятил служению науке в области аэродинамики, ветроэнергетики, ракетной техники и теоретической космонавтики.

В Научно-мемориальном музее профессора Н.Е. Жуковского сохраняется обширный фонд ученого, отражающий многогранность его деятельности. В материалах фонда также находятся материалы выступлений современников и учеников В. П. Ветчинкина на заседаниях, которые проходили в музее в 1963 и 1998 годах.

Наиболее емкая оценка результатов его деятельности была дана замечательным ученым в области ракетно-космической техники С. М. Белоцерковским: «Владимир Петрович Ветчинкин – ближайший ученик Николая Егоровича Жуковского. Он первый авиационный инженер в России... В области авиации им сделано очень много – динамика полета, прочность самолета, теория винтов и т.д. Это величайшие достижения Владимира Петровича. Создавая авиацию, Н.Е. Жуковский и В.П. Ветчинкин заложили основы новой авиационной науки, они воспитали целую плеяду учеников, они создали научные и учебные центры, где этот процесс шел. Владимир Петрович был одним из организаторов наших замечательных заведений – ЦАГИ в 18-м году и Академия им. Н.Е. Жуковского в 20-м году. Ветчинкиным созданы кафедры динамики полета в ВВИА им. Н.Е. Жуковского и позже в МАИ... В.П. Ветчинкин являлся прямым продолжателем и пропагандистом идей К.Э. Циолковского, что отмечал и сам Циолковский... Он очень много и глубоко занимался вычислительной математикой. Он был занят, кроме других идей, проблемами приближенных вычислений и численными методами, которые для составления алгоритмов на современных компьютерах чрезвычайно нужны. О В.П. Ветчинкине можно сказать то, что отметил в Н.Е. Жуковском другой наш замечательный ученый – В.В. Голубев: Ветчинкин любил науку, а не себя в науке...».

В фонде В.П. Ветчинкина сохраняются материалы его научных изысканий, а также документы автобиографического, личного характера. Они позволяют узнать его собственную оценку работы с Н.Е. Жуковским, участия в организации работы Центрального аэрогидродинамического института, научных исследований в различных областях знания, преподавательской и прочей деятельности.

Вслед за своим учителем Н.Е. Жуковским он всю жизнь стремился соединить теорию с практикой, при этом шел дальше своего учителя, лично участвуя в экспериментах и рискованных испытаниях.

С.М. Белоцерковский с сожалением говорил, что ему всегда казалось, что современники недооценили В.П. Ветчинкина. К его словам важно лишь добавить пожелание, чтобы новые поколения сохраняли память и стремились дать адекватную оценку таким

незаурядным личностям, как Владимир Петрович Ветчинкин. Благодаря им происходят научные и технологические прорывы, изменяющие к лучшему жизнь людей.

Литература

1. Научно-мемориальный музей профессора Н. Е. Жуковского. Фонд В.П. Ветчинкина, опись 15.

УДК 629

eLIBRARY.RU: 73.37.33

Архипцева А.А.

экскурсовод

ГМИК им. К.Э. Циолковского

Мемориальный отдел

«Дом-музей К.Э. Циолковского»

г. Калуга

МОДЕЛИ ОБОЛОЧКИ ДИРИЖАБЛЯ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО КАК ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ФОРМА ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИДЕЙ УЧЕНОГО В ОБЛАСТИ ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ

K. E. TSIOLKOVSKY AIRSHIP SHELL MODELS AS AN INSTRUMENTAL FORM OF POPULARIZATION OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL IDEAS OF A SCIENTIST IN THE FIELD OF AERONAUTICS

Аннотация. Рассмотрен круг вопросов, связанных с созданием К. Э. Циолковским моделей дирижабля собственной конструкции: цели, внешний вид, назначение, материал. Освящена хронология событий, связанных с моделированием Циолковского в области воздухоплавания – от первых моделей из бумаги до гигантской оболочки Дирижаблестроя. Представлены сведения о сохранившихся моделях, изготовленных Циолковским.

Ключевые слова: металлический аэростат К. Э. Циолковского, модель дирижабля, моделирование, воздухоплавание.

Abstract. The range of issues related to the creation by K. E. Tsiolkovsky of models of an airship of his own design is considered: goals, appearance, purpose, material. The chronology of events related to the modeling of Tsiolkovsky in the field of aeronautics is consecrated - from

the first paper models to the giant shell of dirigible-building. The information about the preserved models made by Tsiolkovsky is presented.

Keywords: K. E. Tsiolkovsky metal balloon, airship model, modeling, aeronautics.

В 1885 г. воздушный океан бороздили дирижабли преимущественно мягкой системы. Проанализировав недостатки существующих аэростатов, Циолковский решил создать свой. Разработанная им конструкция не нуждалась в баллонете, отличалась надежностью жесткой оболочки, габаритами и грузоподъемностью. Но самое главное – он предложил оболочку переменного объема из гофрированного металла – «дышащую», подогрев несущего газа в которой способствовал регулировке подъема.

Впервые конструкцию дирижабля из гофрированного металла Циолковский изложил в 1892 г. в брошюре «Аэростат металлический управляемый». Десятки изданных с тех пор научных трудов ученый посвятил своему детищу: рассуждал о конструктивных особенностях аппарата, оговаривал отдельные узлы и детали, давал советы по сборке, представлял исторические сведения, анализировал разные конструкции, прогнозировал развитие дирижаблестроения.

К строительству моделей ученый приступил еще в Боровске. Сначала это были небольшие плоскостные модели преимущественно из бумаги.

С появлением у Циолковского в 1894 г. гофрировального станка, плоскостные модели из металла стали гофрированными. Небольшой гофрировальный станок скоро стал прообразом большого самодельного станка для гофрировки металла, родилась идея строительства больших моделей оболочек.

С постройкой в 1908 г. в собственном доме веранды-мастерской Циолковский приступил к созданию больших моделей из гофрированного металла. В начале 1912 г. он изготовил 2 модели и разместил их на веранде, со временем моделей стало больше. В своих брошюрах Циолковский печатал приглашения для их осмотра, выставлял модели в музеях и учреждениях Калуги, Москвы, Петербурга, Киева. Самое большое количество моделей (более 100) было представлено в 1925 г. в Политехническом музее на диспуте, посвященном конструкции дирижабля ученого.

Изготовленные Циолковским модели сегодня находятся в Государственном музее истории космонавтики его имени. Это особо ценные мемориальные предметы, раритетные экспонаты,

представляющие собой творческое наследие ученого в области дирижаблестроения.

Небольшие плоскостные модели хранятся в фондах. Модель оболочки из картона в виде выкройки, являет собой образец сборки конструкции. Отдельные плоскостные модели выполнены из гладкого листового металла (комбинация жести и латуни) и коленкора. На плоскостных моделях Циолковский старался отобразить способы крепления металлических листов методом спайки и шарнирного соединения. В Доме-музее Циолковского представлены как небольшие плоскостные модели из металла, так и 2 двухметровые модели.

По чертежам и описаниям ученого, по образцам сохранившихся моделей выполнены реплики, ставшие музейными экспонатами в ГМИК и в Музее-квартире Циолковского в Боровске.

С учетом модели оболочки, созданной в Дирижаблестрое, которая представляет собой одну из станций московского метро (ст. Маяковская), сегодня можно очертить хронологические рамки моделирования ученого: 1890-1935 гг. И, хотя попытка строительства этой оболочки не увенчалась успехом, решение о создании цельнометаллического дирижабля-гиганта до конца своих дней ученый считал политически верным, математически доказанным, теоретически выверенным.

Литература

1. Циолковский К.Э. Аэростат металлический управляемый. М., 1892. 83 с.
2. ГМИК. Ф. 2. Оп. 4. Д. 183. Л. 1-21.
3. ГМИК. Ф. 2. Оп. 4. Д. 148. Л. 1-12.
4. АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 4. Л. 13-14 об.
5. ГМИК. Ф. 6. Оп. 1. Д. 70. Л. 3-4.
6. К.Э. Циолковский-фотограф: снимки, сделанные ученым: каталог. Калуга, 2002. 48 с.; Модели оболочки дирижабля системы К.Э. Циолковского: фотодокументы: каталог. Калуга, 2005. 64 с.
7. ГМИК. Ф. 6. Оп. 1. Д. 173. Л. 200-213 об.
8. Фотодокументы о жизни и деятельности К.Э. Циолковского: прижизненные изображения ученого: каталог. Калуга, 2004. 128 с.
9. ГМИК. Ф.1. Оп. 1. Д. 182.
10. ГМИК. М-1-64; М-1-65; Т-1-5.
11. ГМИК. М-1-153; М-1-155.
12. ГМИК. М-1-67.
13. ГМИК. М-1-11; Д-1-14; М-1-66; М-1-68; М-1-74; М-1-77; М-1-78.
14. ГМИК. М-1-51; М-1-1; М-1-2.

15. ГМИК. Ф. 6. Оп. 1. Д. 84. Л. 10.

УДК: 629

eLIBRARY.RU: 55.47.01

Боков С.Р.

преподаватель

Московский государственный технический
университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

Ефимов В.В.

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры

Московский государственный технический
университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR CIVIL AVIATION UNMANNED AIRCRAFT APPLICATION

Аннотация. Беспилотные воздушные суда имеют потенциал для выполнения авиационных строительно-монтажных работ, транспортировки грузов и пассажиров, а также для решения задач мониторинга. Для успешного внедрения их на рынок авиационных работ необходимо решить множество задач. По результатам исследования авторами были определены задачи, решение которых будет способствовать успешному использованию беспилотных воздушных судов для доставки грузов, в том числе на тросовой внешней подвеске.

Ключевые слова: беспилотное воздушное судно, перевозка грузов, груз на внешней подвеске.

Abstract. Unmanned aerial vehicles have potential for aviation construction and installation works, goods and passengers' transportation as well as for monitoring tasks. A lot of problems are needed to solve for unmanned aerial vehicle's successful introduction to the aviation market. Facilitating the use of unmanned aerial vehicles for the delivery of goods on an external sling has been identified according to the results of the study.

Keywords: Unmanned aerial vehicle, cargo transportation, cargo on an external sling.

Авиационные работы (АР) – работы, выполняемые с применением гражданских воздушных судов. Их можно выполнять с применением не только пилотируемых воздушных судов, но и беспилотных. Среди всех АР наиболее выгодными в коммерческом смысле являются следующие: транспортно-связные, строительно-монтажные (СМР) и погрузочно-разгрузочные работы (ПРР).

Выполнение СМР и ПРР проводится с применением вертолетов ввиду их возможности зависать в заданной точке пространства. При выполнении данных работ пилот сталкивается со сложностями в пилотировании летательного аппарата и управлении грузом на внешней подвеске (ГВП) [1].

Однако успешно выполнить данный вид работ можно еще и с помощью беспилотных воздушных судов (БВС). Работы проводятся в зоне опасного сочетания высоты и скорости. В случае отказа одного двигателя в этой зоне неминуемо произойдет авиационное происшествие. Поэтому использование БВС представляется более безопасным.

Существуют технические, юридические и организационные проблемы, препятствующие внедрению БВС. Большое число исследователей стремятся их решить [2]. Технические проблемы связаны с вопросами эксплуатации БВС. Наблюдается интенсивный поиск решения подобного рода проблем в области военного применения БВС.

Для безопасной эксплуатации БВС мультироторного типа ГВП необходимо решить следующие задачи:

1. Определить ограничения ожидаемых условий эксплуатации;
2. Разработать теоретические методы, позволяющих определить безопасные режимы полета;
3. Определить условия безопасности транспортировки грузов на внешней подвеске с помощью беспилотных мультироторных воздушных судов;
4. Определить влияния груза на внешней подвеске на устойчивость и управляемость беспилотного мультироторного воздушного судна.

Часть данных проблем можно решить, опираясь на работы исследователей вопросов устойчивости и управляемости пилотируемых вертолетов с ГВП [1, 3].

Литература

1. Ефимов, В.В. Результаты вычислительных экспериментов по исследованию динамики вертолета и груза на его внешней тросовой подвеске при полете в неспокойном воздухе / В. В. Ефимов, С. А.

Паршенцев // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2008. – № 125. – С. 151-159. – EDN KVVGKB.

2. Витковский, Е.В. Сравнительный анализ возможностей пилотируемых и беспилотных ВС гражданского назначения / Е. В. Витковский, М.А. Киселев // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества : Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию МГТУ ГА, Москва, 25–26 мая 2021 года. – Москва: ИД Академии Жуковского, 2021. – С. 174-175. – EDN KOYPTV.

3. Ефимов, В.В. Автоколебания грузов на тросовой внешней подвеске вертолета / В. В. Ефимов // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. – 2011. – № 12. – С. 23-28. – EDN OONWAL.

УДК 629.7.01

eLIBRARY.RU: 73.37.01

Печейкина М.А.

старший преподаватель

Национальный исследовательский

университет «МЭИ»

г. Москва

Раков Д.Л.

кандидат технических наук

старший научный сотрудник института машиноведения

им. А.А. Благонравова РАН (ИМАШ РАН)

г. Москва

БЕЗБАЛЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АЭРОСТАТИЧЕСКИМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

BALLASTLESS CONTROL OF AEROSTATIC AIRCRAFT

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы управления и моделирования для летательных аппаратов легче воздуха. В ходе работы исследовались вопросы безбалластного управления подъемной силой аэростатов.

Ключевые слова: управление аэростатическими системами, моделирование, безбалластное управления подъемной силой, морфологическая матрица решений.

Abstract. The paper deals with control and modeling issues for lighter-than-air aircraft. The issues of ballastless control of aerostatic lift force have been investigated in the course of the work.

Keywords: aerostatic systems control, modeling, ballastless lift force control, morphological decision matrix.

Совершенствование аэростатических систем определяется не только улучшением существующего уровня техники, но и поиском новых решений, способных обеспечить надежный и безопасный режимы полета. Одним из ключевых факторов является выбор метода создания подъемной силой [1]. Изменение высоты полета летательных аппаратов легче воздуха осуществляется увеличением подъемной силы посредством сбрасывания части балласта или повышением температуры газа, а при спуске - уменьшением подъемной силы путем выпуска части газа или охлаждением подъемного газа.

Материалы и методы

Изменение подъемной силы аэростатических систем можно в определенной степени компенсировать динамической силой корпуса [1]. Однако динамическая сила изменяется пропорционально квадрату линейных размеров аэростата, а масса и статическая подъемная сила – пропорционально кубу линейных размеров. Следовательно, при увеличении объема летательного аппарата использование динамической силы для восстановления статического равновесия становится проблематичным.

Одним из авторов предложен ряд решений для управления подъемной силой аэростатов за счет компрессии заборного воздуха [4]. Для анализа возможного множества решений использован морфологический подход и построена морфологическая матрица (Рис. 1) [2,3]. Мощност морфологического множества в матрице равна 324 решениям [5].

	P ¹	P ²	P ³	P ⁴
P ₁	P ₁ ¹	P ₁ ²	P ₁ ³	
P ₂	P ₂ ¹	P ₂ ²	P ₂ ³	P ₂ ⁴
P ₃	P ₃ ¹	P ₃ ²	P ₃ ³	
P ₄	P ₄ ¹	P ₄ ²	P ₄ ³	
P ₅	P ₅ ¹	P ₅ ²	P ₅ ³	

	P ¹	P ²	P ³	P ⁴
P ₁	P ₁ ¹	P ₁ ²	P ₁ ³	
P ₂	P ₂ ¹	P ₂ ²	P ₂ ³	P ₂ ⁴
P ₃	P ₃ ¹	P ₃ ²	P ₃ ³	
P ₄	P ₄ ¹	P ₄ ²	P ₄ ³	
P ₅	P ₅ ¹	P ₅ ²	P ₅ ³	

Рис. 1. Морфологическая матрица (справа) и исследуемое решение (слева)

Принципиальная схема управления подъемной силой показана на рисунке 2, а на рисунке 3 аэростатические системы классической схемы и с емкостью давления.



Рис. 2. Схема управления подъемной силой

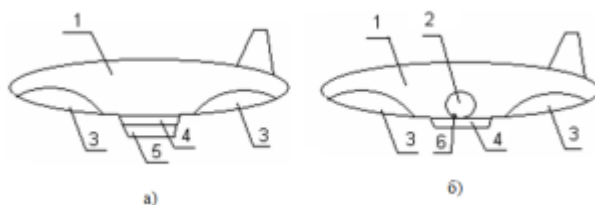


Рис. 3. Дирижабль мягкой схемы:

(а) стандартная схема, б) с емкостью давления

(1 – несущий газ во внешней оболочке, 2 – емкость давления, 3 – баллонеты, 4 – полезная нагрузка, 5 – балласт, 6 – компрессор)

Результаты и обсуждение

Для различных технических решений проведены расчеты на базе программы «LANE» [5]. На рисунке 4 даны характеристики вертикального маневра аэростата.

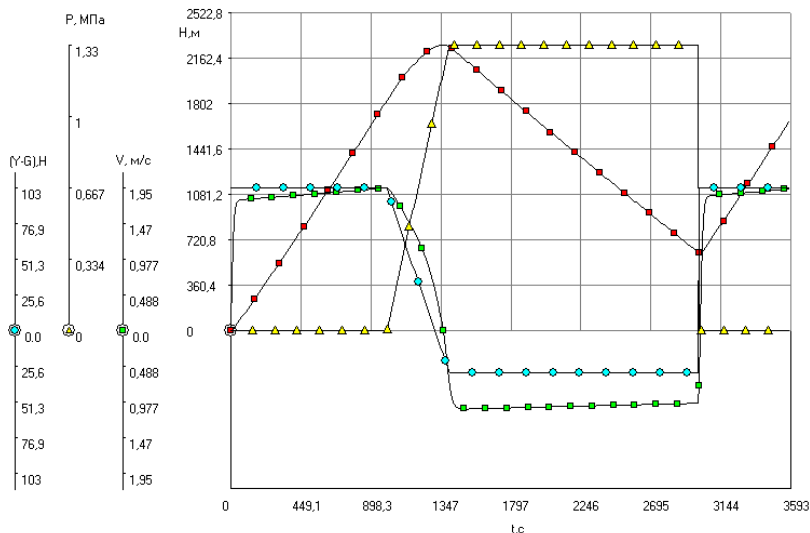


Рис. 4. Траекторные характеристики безбалластного аэростата (экранная форма)

По сравнению с технологией, использующей закачку воздуха в баллоны, предложенная позволяет регулировать подъемную силу путем повышения давления в оболочке, а также откачивать несущий газ из основной оболочки аэростата, что приводит к уменьшению массы и скорости реакции аппарата.

Литература

1. Бойко Ю. С. Воздухоплавание – М.: МГУП, 2001. – 461 с.
2. Половинкин А. И. Автоматизация поискового конструирования. – М.: Радио и связь, 1981. – 368 с.
3. Zwicky F. Discovery, Invention, Research – Through the Morphological Approach, 1969.
4. Rakov D., Thorbeck J. Vergleich von verschiedenen Konzepten für aerostatische stratosphärischen Plattformen// Jahrbuch Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress. – 2002. – Pp. 1217-1224.
5. Rakov D. Development of Lane software for the modelling complex engineering systems in Aerospace // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Pp.1-6.

Щербаков Ю.В.

Кандидат технических наук
сотрудник МАИ
г. Москва

Дидковский А.А.

начальник отдела
МИЦ МГТУ им. Н.Э. Баумана
г. Москва

Ефремов Д.И.

главный конструктор
ООО «Стратонавтика»
г. Москва

Хмель Д.С.

ведущий конструктор
АО «НПО Лавочкина»
г. Химки

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОЗДАНИЯ МАЛОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО АЭРОСТАТА С БАЛЛАСТНОЙ ОБОЛОЧКОЙ

THEORY AND PRACTICE OF CREATING A SMALL AUTOMATIC BALLOON WITH A BALLAST SHELL

Аннотация. Создана и отработана модель аэростата с балластной оболочкой. Модель позволяет определить высоты статического равновесия, высоту выполнения газовой оболочки, прочность балластной оболочки, скорость всплытия и учитывает возможную негерметичность балластной оболочки.

Ключевые слова: воздухоплавание, свободный аэростат, автоматический дрейфующий аэростат, балластная оболочка, оболочка сверхдавления.

Abstract. A balloon model with a ballast shell has been created and tested. The model allows to determine the heights of static equilibrium, the height of the gas shell, the strength of the ballast shell, the rate of ascent and takes into account the possible leakage of the ballast shell.

Keywords: aeronautics, free balloon, automatic drifting balloon, ballast shell, overpressure shell.

Работы по разработке и созданию аэростата с балластной оболочкой велись в рамках социальной акции [1], по последним данным аэростат пролетел более 4000 км.

28 января 2023 года в воздушное пространство США зашел китайский аэростат, который был сбит лишь 4 февраля 2023 года при помощи 4 истребителей [2]. Сложность обнаружения и уничтожения стратостатов определяет интерес к их использованию для целей разведки. Многосуточный полет в струйных течениях интересен для проведения научных исследований [3].

Конструкция аэростата и расчетная модель

Аэростат состоит из газовой и балластной оболочек, полезной нагрузки со сбрасываемой капсулой. Общий вид представлен на рисунке 1.

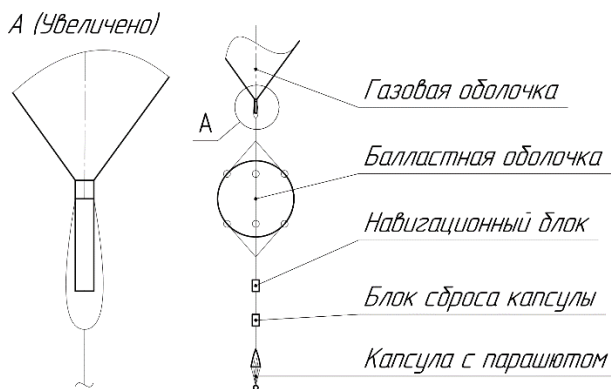


Рис. 1. Общий вид аэростата

Расчетная модель реализована в Mathcad. В качестве модели атмосферы принята стандартная атмосфера, функция аэродинамического сопротивления взята как для сферы и учитывала кризис сопротивления [4].

Прочность балластной оболочки определялась избыточным давлением относительно высоты выполнения. Коэффициент запаса рассчитывался по критерию Хилла. Скорость всплытия у земли определялась как для сферы.

Результаты и обсуждение

С использованием данной расчетной модели спроектированы и изготовлены два аэростата, проведены испытания балластной оболочки на 12 кПа, создано и испытано на коротких запусках в

стратосферу электронное оборудование навигации, радиотрансляции и сброса. На втором аэростате внедрена дополнительная газовая оболочка для увеличения скороподъемности на высотах до 12 км.

С практической точки зрения выработаны критерии по подбору погоды, местности запуска, распределения массы, дозирования газов и выпуска оболочки.

Таким образом, подготовлены и отработаны все расчетные модели и технологии, необходимые для регулярных запусков свободных аэростатов с полезной нагрузкой до 10 кг.

Литература

1. Из России в США запустили стратостат с посланиями детей мировым лидерам науки и технологий: [Электронный ресурс] // Телеканал «Звезда». URL: <https://tvzvezda.ru/news/2023412138-65roG.html> . (Дата обращения: 01.06.2023).
2. Инцидент с китайским аэростатом: [Электронный ресурс] // Свободная энциклопедия «Википедия». URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Инцидент_с_китайским_аэростатом . (Дата обращения: 01.06.2023).
3. Following an anomaly, a NASA overpressure balloon crashes: [Электронный ресурс] // портал Presse-citron. URL: <https://www.presse-citron.net/suite-a-une-anomalie-un-ballon-a-surpression-de-la-nasa-secrase/> . (Дата обращения: 01.06.2023).
4. Теория пограничного слоя. Г. Шлихтинг, перев. с немецкого, Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», Москва, 1974. Рис. 390, табл. 24, библиограф. Ссылок 1583.

УДК 629.735

eLIBRARY.RU: 55.47.00

Агафонов М.М.

начальник сектора

Гранич В.Ю.

заместитель генерального директора

Зинченко А.П.

ведущий инженер

Феокистов А.Н.

начальник сектора

ФАУ «ЦАГИ»

ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СХЕМ БПЛА САМОЛЕТНОГО ТИПА С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ВЗЛЕТОМ И ПОСАДКОЙ

FEATURES OF AERODYNAMIC SCHEMES OF AIRPLANE-TYPE UAVS WITH VERTICAL TAKEOFF AND LANDING

Аннотация. В докладе рассмотрены особенности аэродинамических схем БПЛА самолетного типа с вертикальным взлетом и посадкой, предложена системная типология БПЛА, представлены беспилотные летательные аппараты самолетного типа с вертикальным взлетом и посадкой: комбинированного типа, конвертоплан, тейлситтер, колеоптер, вентиляторного типа, с зонтообразным крылом.

Ключевые слова: БПЛА, классификация, системная типология, аэродинамическая схема, технические характеристики.

Abstract. The paper presents the features of aerodynamic schemes of airplane-type UAVs with vertical takeoff and landing, system typology of UAVs is proposed, airplane-type UAVs with vertical takeoff and landing are presented: combined type, convertoplane, teilsitter, coleopter, fan-type, with umbrella wing.

Keywords: UAV, classification, system typology, aerodynamic scheme, technical characteristics.

Линейка беспилотных летательных аппаратов очень широкая, начиная от микро и мини (для обеспечения разведывательной информацией в малом радиусе действия) до аппаратов большой дальности и продолжительности полета.

Чтобы более точно охарактеризовать БПЛА как объект исследований и определить спектр возможных направлений научно-исследовательских работ, в работе проведен анализ существующей системы классификации БПЛА в России и за рубежом, тактико-технические характеристики существующих и разрабатываемых БПЛА, их области применения. Действующие системы классификации БПЛА жестко привязывают характеристики БПЛА к их типам и в тоже время не учитывают стремительного развития и многообразия БПЛА.

В работе предложена для применения системная типология БПЛА, основой которой является конструктивная особенность, а именно характеристика, определяющая принцип создания подъемной силы БПЛА и его полета:

– с машущим крылом;

- самолетный;
- вертолетный;
- мультикоптер (квадрокоптер);
- комбинированного типа;
- конвертоплан;
- тейлситтер;
- колеоптер;
- вентиляторного типа;
- с горизонтальным расположением фюзеляжа;
- с зонтообразным крылом;
- аэростатический;
- глайдер.

Вторым основным параметром типологии является **взлетный вес**, который включает: вес пустого БПЛА, вес топлива или топливных элементов, вес полезной нагрузки. Вес полезной нагрузки часто приводится вместе со взлетным весом.

Третьим основным параметром является длительность или продолжительность полета БПЛА.

Другие параметры (дальность, скорость, высота, геометрические размеры) также важны, но имеют уточняющее значение в решениях при оценке и сравнении БПЛА.

В работе представлены беспилотные летательные аппараты самолетного типа с вертикальным взлетом и посадкой: комбинированного типа, конвертоплан, тейлситтер, колеоптер, вентиляторного типа, с зонтообразным крылом.

Показаны особенности их аэродинамических схем, конструктивные решения, приведены изображения и технические характеристики БПЛА по типам.

УДК: 629.733.33:629.78
eLIBRARY.RU: 73.37.63

Анисимов А.А.

кандидат военных наук, доцент
ведущий научный сотрудник НИЛ-1
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»

Куликов И.Н.

кандидат военных наук, доцент
ведущий научный сотрудник НИЛ-1
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»

Крючков Б.И.

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ИНТЕРЕСАХ
ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ**

**THE POSSIBILITIES OF USING UNMANNED AERIAL VEHICLES
IN THE INTERESTS OF MANNED COSMONAUTICS**

Аннотация. Актуальность материалов доклада определяется ролью внедрения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в различных сферах человеческой деятельности. В работе рассматриваются возможности применения БЛА при реализации пилотируемых космических программ. Интерес представляют вопросы использования БЛА различного типа при организации поиска и спасания космонавтов после посадки, а также при ведении напланетной деятельности.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, космическая деятельность, виды обеспечения космонавтов, квадрокоптер, беспилотный дирижабль.

Abstract. The relevance of the report materials is determined by the role of the introduction of unmanned aerial vehicles (UAVs) in various spheres of human activity. The paper considers the possibilities of using UAVs in the implementation of manned space programs. Of interest are the issues of using various types of UAVs in organizing the search and rescue of astronauts after landing, as well as in conducting planetary activities.

Keywords: unmanned aerial vehicle, space activities, types of support for astronauts, quadcopter, unmanned airship.

Беспилотный летательный аппарат – это летающая платформа, различного типа, оснащённая полезной нагрузкой. К БЛА авиационного класса, рассматриваемым в работе, не относятся ракеты, снаряды, аэростаты без двигателей и другие безмоторные летательные аппараты. В современной классификации различают следующие типы БЛА, отличающиеся назначением, конструкцией и принципом работы, а также способом организации взлёта и посадки летательного аппарата [1] (рис. 1):

- БЛА самолетного типа;
- БЛА вертолётного типа;
- БЛА смешанного типа (конвертопланы);
- БЛА аэростатного типа (дирижабли).



Рис. 1. Основные типы современных БЛА

Базовые направления применения БЛА в интересах пилотируемой космонавтики в условиях земной атмосферы при обеспечении стартов и посадок пилотируемых космических кораблей [2]:

- оперативный авиационный мониторинг земной и водной поверхности с использованием средств лазерного сканирования, фото-видеофиксации, инфракрасной или мультиспектральной съемки;
- ретрансляция радиосвязи;
- транспортировка материалов, медикаментов, спасательного снаряжения и пр.;
- обозначение и целеуказание в интересах поиска и спасания космонавтов;
- производство и трансляция видеосъемки с места приземления космического корабля;
- комплексный контроль безопасности территории космической базы;
- пространственно-технический мониторинг космического корабля на стартовой позиции.

К перспективным направлениям применения БЛА при обеспечении напланетной деятельности можно отнести следующие [3]:

- надповерхностная транспортировка грузов и материалов;
- дистанционная инвентаризация и паспортизация элементов инфраструктуры напланетной космической базы;

- оперативная авиаразведка открытых участков местности;
- визуальный и приборный авиационный контроль территории космической базы;
- проведение площадной и линейной аэрофотосъёмки и воздушного лазерного сканирования поверхности планеты в интересах создания цифровых моделей рельефа и цифровых моделей местности;
- дистанционный мониторинг подповерхностных полостей планеты, включая лунные лавовые туннели, пещеры, разломы и пр. с использованием мини и микро БЛА;
- ретрансляция связи и навигационной информации;
- обеспечение безопасности напланетной деятельности экипажей.

Литература

1. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние. Владимир Станиславович Фетисов, Любовь Михайловна Неугодникова, Владимир Владимирович Адамовский, Роман Анатолиевич Красноперов // Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 с.: ил. Электронная копия: <https://coollib.com/b/322192/read>
2. Куликов И.Н., Анисимов А.А., Крючков Б.И. Использование дирижаблей и беспилотной авиационной техники в операциях поиска и спасания космонавтов // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Быковские чтения – 2023», 14 июня 2023
3. Крючков Б.И., Куликов И.Н., Бурдин Б.В. Исследование и использование лавовых туннелей в перспективных лунных миссиях (часть I) / Пилотируемые полеты в космос №4 (41) 2021 г, 15 с

УДК 533.682

eLIBRARY.RU: 55.42.47

Акинфиев В.О.

кандидат технических наук
начальник отдела ФАУ «ЦАГИ»

Ливерко Д.В.

научный сотрудник ФАУ «ЦАГИ»

Решетин В.О.

младший научный сотрудник ФАУ «ЦАГИ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТЕПЕНИ ДВУХКОНТУРНОСТИ ТРДД ПРИ АНАЛИЗЕ ВИХРЕВОГО ЗАСАСЫВАНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ С ВПП

BYPASS RATIO SIMULATION OF THE TURBOFAN ENGINE IN THE ANALYSIS OF THE VORTEX SUCTION OF SOLID PARTICLES FROM THE RUNWAY

Аннотация. Рассмотрена проблема повреждаемости двигателей твердыми частицами, поднятыми вихрем с поверхности ВПП. Представлены материалы экспериментальных исследований воздухозаборных устройств двигателей с различной степенью двухконтурности на режимах инжектирования посторонних предметов в двигатель с поверхности ВПП. Показана важность моделирования степени двухконтурности двигателя. Описано устройство, защищенное патентом, обеспечивающее моделирование степени двухконтурности двигателя, при испытаниях воздухозаборников ТРДД на режимах вихреобразования.

Ключевые слова: воздухозаборник, вихревой захват посторонних частиц, экспериментальные исследования.

Abstract. The problem of damage to aircraft engines by solid particles lifted by a vortex from the surface of the runway is considered. Materials of experimental studies of air intake devices of engines with various bypass ratio in the models of injecting foreign objects into the engine from the runway surface are presented. The importance of modeling the bypass ratio is shown. A patent-protected device providing simulation of the bypass ratio, in tests of air intakes of turbofan engines on the vortex formation modes is described.

Keywords: air intake, vortex sucks particles into the engine, experimental research.

Проблема повреждаемости двигателя посторонними предметами, поднятыми вихрем с поверхности взлетно-посадочной полосы (ВПП) под воздухозаборником стала особенно актуальной в связи с разработкой самолетов с низкорасположенными мотогондолами и возросшим расходом воздуха через двигатель. Попадание твердых частиц в двигатель связано с образованием вихревого течения под воздухозаборником [0].

Исследование причин и закономерностей повреждения ГТД посторонними предметами, а также разработка мероприятий для их защиты ведется с 1950-х годов [0, 0]. Был сформулирован принцип

моделирования вихревого засасывания частиц. Этот принцип воспринимается как подобие по числу Фруда Fr в невязком потоке, а именно равенство отношения аэродинамических и массовых сил в натуре и на модели в ядре вихря:

$$Fr = R/G \sim V^2/d. \quad (1)$$

где

R – аэродинамические силы;

G – массовые силы;

V – скорость потока

M – масштаб модели;

d – диаметр частицы;

Так как $d_{\text{натур}}/d_{\text{мод}} = M$, то при геометрическом масштабировании в M раз скорость потока должна быть уменьшена в $M^{1/2}$ раз.

В ЦАГИ для экспериментальных исследований вихреобразования разработан стенд $[0, 0]$ с возможностью моделирования расхода воздуха через воздухозаборник (ВЗ), степени двухконтурности ТРДД и высоты расположения ВЗ над поверхностью взлетно-посадочной полосы (ВПП). Стенд оснащен ветровой установкой для моделирования обдува ВЗ.

Известно, что при уменьшении высоты расположения двигателя над ВПП имеет место монотонное увеличение вихреобразования между ВЗ и экраном. Для существующих двигателей с умеренной степенью двухконтурности (не больше 4...5) получена зависимость, названная критериальной, характеризующая самозащищенность двигателя от попадания твердых частиц (рис. 1.). Для оценки вихреобразования предложен критериальный параметр

$$V_{\Gamma \max} = G_{np}/(20 \cdot H^2), \quad (2)$$

где

G_{np} [кг/с] – приведенный расход воздуха через воздухозаборник;

H [м] – расстояние от оси воздухозаборника до ВПП;

20 [кг/м³] – постоянная величина [0].

Чем выше значение $V_{\Gamma \max}$, тем серьезнее проблема защиты двигателя от повреждения посторонними предметами.

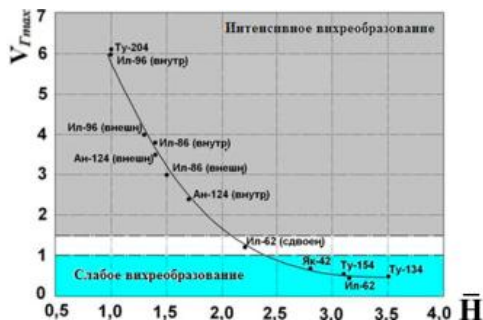


Рис. 1. Критериальная зависимость для двигателей с умеренной степенью двухконтурности

Результаты, испытаний на специализированном стенде, для двигателя с $m = 6$ и очень малых значений относительной высоты расположения воздухозаборника над экраном $\bar{H} = H/D_0$ (вплоть до $H/D_0 = 0.68$), качественно подтверждают справедливость этого закона (H – расстояние от оси воздухозаборника до ВПП, D_0 – характерный диаметр воздухозаборника по входной кромке обечайки).

Для двигателя с более высокой степенью двухконтурности зависимость интенсивности вихреобразования от H/D_0 принимает иной вид. Так для $m = 8.5$ увеличение вихреобразований наблюдается при уменьшении H/D_0 только до $H/D_0 \approx 0.8$ (рис. 2). При дальнейшем уменьшении H/D_0 наблюдается резкий спад с последующей стабилизацией интенсивности вихреобразований [0].

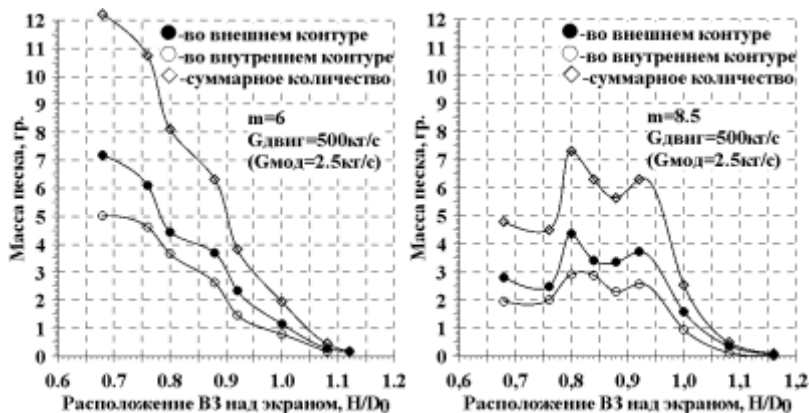


Рис. 2. Влияние степени двухконтурности

Обнаруженный факт влияния степени двухконтурности двигателя на вихреобразование под воздухозаборником представляется чрезвычайно важным с точки зрения разработок компоновок самолетов с подкрыльевыми двигателями.

Литература

1. Майкапар Г. И., Жукова Л. А. О защите двигателей от попадания посторонних предметов. Технические отчеты ЦАГИ. 1957.
2. Акинфиев В. О., Петровский Е. А. Модель воздухозаборника двухконтурного двигателя летательного аппарата // Патент на изобретение RU 2 707 588 С1. Приоритет 29.03.2019.
3. Защита авиационных ГТД от повреждения посторонними предметами. Обзор иностранной литературы // БНТИ ЦАГИ, 1989.
4. Комов А. А. Обеспечение защищенности двигателей от попадания твердых посторонних предметов при формировании конструктивного облика самолетов. // Сборник трудов ЛИИ, 2004.
5. Васильев В. И. Теоретические и экспериментальные данные по вихревому засасыванию посторонних предметов в воздухозаборники ГТД. // Доклад на международной конференции “Авиационные технологии - 2000”. – Жуковский 19-24.08.1997
6. Акинфиев В. О., Ливерко Д. В., Петровский Е. А., Решетин В. О. Стенд для исследования засасывания посторонних предметов в воздухозаборник двигателя и методология обработки результатов эксперимента. // Труды ЦАГИ, 2019 Выпуск № 2788.
7. Акинфиев В. О., Ливерко Д. В., Решетин В. О. Влияние степени двухконтурности двигателя на вихревое засасывание твердых частиц с ВПП. // Материалы XXIX Научно-технической конференции по аэродинамике. д. Богданиха, 1-2 марта, 2018.

УДК 629.7.085

eLIBRARY.RU: 30.00.00

Гончаренко В.П.

Грибков Ю.А.

Пилипчук А.П.

Миронов Д.А.

кандидаты технических наук

доценты Военной академии

Республики Беларусь

г. Минск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БПЛА НА ЭТАПЕ ВЗЛЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРЕМЫ ОБ ИЗМЕНЕНИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

DETERMINING THE KINEMATIC CHARACTERISTICS OF UAV AT THE TAKEOFF STAGE USING THE THEOREM OF CHANGE IN KINETIC ENERGY

Аннотация. Для определения кинематических характеристик беспилотного летательного аппарата на этапе взлета с катапультной установки может быть применена методика на основе теоремы об изменении кинетической энергии теоретической механики. Летательный аппарат рассматривается как материальная точка.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, пусковая установка, взлет, теорема об изменении кинетической энергии, кинематические характеристики.

Abstract.

To determine the kinematic characteristics of an unmanned aerial vehicle at the stage of takeoff from a catapult installation, a technique based on the theorem on the change in the kinetic energy of theoretical mechanics can be applied. The aircraft is considered as a material point.

Keywords: unmanned aerial vehicle, launcher, takeoff, kinetic energy change theorem, kinematic characteristics.

В настоящее время не вызывает сомнения актуальность использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в интересах Вооруженных сил. Задачи, которые возложены на БПЛА, достаточно разнообразны – от разведывательных до ударных. Отсюда и многообразие БПЛА в соответствии с предназначением.

Важным этапом полета БПЛА самолетного типа является взлет. Существуют различные способы обеспечения взлета. Для взлета малоразмерных БПЛА используются пусковые установки (ПУ) типа катапульты, которые позволяют обеспечить безопасный взлет при наличии у летательного аппарата силовой установки сравнительно небольшой мощности [1].

ПУ, обладая определенным запасом энергии, обеспечивают взлет БПЛА посредством ее «передачи» летательному аппарату. При этом, в зависимости от конкретного БПЛА, запас энергии ПУ должен обеспечить заданные кинематические характеристики БПЛА (начальную скорость при отрыве от ПУ, начальную высоту при

которой БПЛА способен осуществлять самостоятельный устойчивый полет).

Поэтому существует необходимость решения задачи выбора оптимальных характеристик ПУ, позволяющих обеспечить безопасный взлет БПЛА. Решение задачи оптимизации параметров ПУ для выработки предъявляемых к ней требований предлагается решить с помощью одной из теорем теоретической механики – теоремы об изменении кинетической энергии материальной точки [2]:

$$\frac{m g_{\text{кон}}^2}{2} - \frac{m g_{\text{нач}}^2}{2} = \sum A, \quad (1)$$

где $g_{\text{кон}}$ – скорость БПЛА во время схода с ПУ;

$g_{\text{нач}}$ – начальная скорость БПЛА при отрыве от ПУ;

$\sum A$ – сумма работ активных сил и реакций связей.

В работе рассматривается катапультная установка, использующая силу упругости, с целью сообщения БПЛА начальной кинетической энергии для обеспечения взлета и достижения необходимых кинематических характеристик дальнейшего устойчивого самостоятельного полета. Ее расчетная схема представлена на рис. 1.

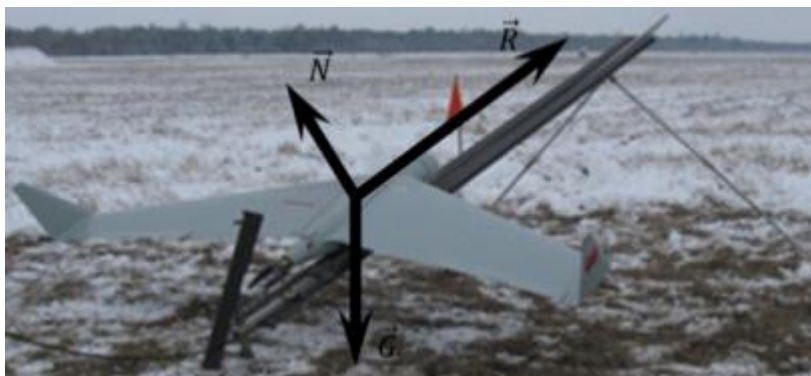


Рис. 1. Расчетная схема катапультной установки

Для решения данной задачи БПЛА рассматривается как материальная точка. При этом на него действуют три активные силы: сила нормальной реакции от опоры (пусковой установки) \vec{N} , сила тяжести \vec{G} и сила упругой реакции пружинного механизма \vec{R} . В

качестве допущения подъемная сила и сила лобового сопротивления на этапе движения по направляющим ПУ не учитывается.

В качестве исходных данных использованы следующие: α – угол установки катапульты к горизонту; c – коэффициент жесткости пружины; d – длина рабочей части ПУ в начальный момент со сжатым пружинным механизмом; m – масса БПЛА.

Сумма работ сил, приложенных к БПЛА, имеет вид:

$$\sum A = A_N + A_G + A_R, \quad (2)$$

где A_N – работа нормальной реакции пусковой установки;

$A_G = -mgd \sin \alpha$ – работа силы тяжести;

$A_R = cd^2 / 2$ – работа упругой реакции пружинного механизма.

С учетом изложенного выше, получаем следующую зависимость для определения скорости БПЛА в момент схода с пусковой установки:

$$g_{\text{кон.}} = \sqrt{cd^2 / m - 2gd \sin \alpha}. \quad (3)$$

Литература

1. Пилипчук А.П., Грибков Ю.А. Математическое моделирование пусковой установки для запуска БПЛА // Сборник научных трудов БелГУТ «Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки». – 2012. – Вып. № 6. – С.106–109.
2. Чигарев А.В. Теоретическая механика. Динамика материальной точки. – Минск: Новое знание, 2010. – 528 с.

УДК 629.7.017

eLIBRARY.RU: 55.47.05

Титов Е.И.

инженер лаборатории №2

«Композиционные материалы и конструкции» НПО-101

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

Серебрянский С.А.

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры 101

«Проектирование и сертификация авиационной техники»

Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

РАСЧЁТ СЛАБЫХ ЗВЕНЬЕВ КОНСТРУКЦИИ ОСНОВНЫХ ОПОР ШАССИ САМОЛЁТА В СТАТИЧЕСКОЙ ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ

CALCULATION OF THE WEAK LINKS OF THE MAIN LANDING GEARS IN THE STATIC FORMULATION OF THE PROBLEM

Аннотация. Типовая конструкция основных опор шасси пассажирских самолётов имеет три точки крепления, в которых возможна передача опасных нагрузок с конструкции шасси на бак-кессон крыла, что может привести к разрушению конструктивных элементов бака.

В данной работе рассматриваются срезные болты, называемые слабыми звеньями конструкции, разрушение которых снижает результаты последствий.

Ключевые слова: опоры шасси, разрушающие нагрузки, конструктивные элементы, слабое звено, статическая постановка задачи.

Abstract. The typical design of the main landing gears of passenger aircraft has three attachment points, where it is possible to transfer dangerous loads from the structure of the landing gear to the wing-box fuel tank, which can lead to the destruction of the structural elements of the tank.

This paper considers shear bolts, called weak links of the structure, the destruction of which reduces the results of the consequences.

Keywords: landing gears, destructive loads, structural elements, weak link, static problem statement.

При проектировании типовых узлов навески основных опор шасси (ООШ), как и любых других агрегатов и систем самолёта, опираются на нормы лётной годности, в которых указываются требования для всех систем и агрегатов конкурентоспособного самолёта [1].

Постановка задачи

Узлы навески шасси должны соответствовать требованиям указанных норм о недопущении повреждения топливной системы при грубой посадке с разрушением узлов навески шасси на планер. Для недопущения передачи опасных напряжений обычно используют срезные болты местах крепления шасси к элементам планера, называемые «слабые звенья».

В данной работе рассматривается подход к расчёту слабых звеньев конструкции ООШ в статической и динамической постановке задачи [2, 3].

Звенья шасси заданы как титановые, слабое звено – стальное. Геометрия исследуемого соединения была взята с типовой конструкции подкоса основной опоры шасси.

Характер действующей силы принят из условия гарантированного разрушения слабого звена в пиковом значении силы за короткое время, что соответствует ситуации грубой посадки с разрушением узлов навески шасси.

Методика исследования

Для аналитического определения расчётного напряжения среза необходимо воспользоваться равенством:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F_{\text{ср}}}{S_{\text{ср}}} = \sigma_{\text{т}} * k, \text{ [МПа]} \quad (1)$$

где

$\tau_{\text{ср}}$ – расчётное напряжение среза;

$S_{\text{ср}}$ – площадь сечения среза;

$\sigma_{\text{т}}$ – предел текучести материала;

k – коэффициент, зависящий от материала.

Площадь сечения, в котором будет происходить срез, для нашего случая определяется как:

$$S_{\text{ср}} = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi d^2}{4} \right), \quad [\text{мм}^2] \quad (2)$$

Тогда сила, при приложении которой произойдёт разрушение слабого звена, находится по формуле:

$$F_{\text{ср}} = \tau_{\text{ср}} * S_{\text{ср}}, \quad [\text{Н}] \quad (3)$$

Задача в динамической постановке решалась при помощи метода конечных элементов в решателе Dynamic explicit.

Результаты исследования

Результатом исследования является сравнение пиковых значений сил, переданных слабым звеном в статической и динамической постановке задачи. Разница пиковых значений сил значительно превышает 5%, что исключает погрешность, вызванную разными способами решения задачи.

Вывод

Проанализировав результаты, полученные в ходе статической постановке задачи, были сделаны выводы, что существует необходимость внедрения в процесс проектирования слабых звеньев

узлов навески ООШ новых методов расчёта напряжённо-деформированного состояния (НДС) конструкции.

Отсутствие слабого звена может внести серьёзное влияние на последовательность разрушения элементов конструкции ООШ при грубой посадке самолёта и кратковременную передачу нагрузки, превышающей допустимую, на конструктивные элементы планера, вплоть до его разрушения и разливу топлива.

Литература

1. Братухин А.Г., Серебрянский С.А., Стрелец Д.Ю. [и др.]. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники. Москва, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020, 448 с. – ISBN 978-5-4316-0694-6.
2. Бехтина, Н. Б. Применение усовершенствованной математической модели работы шасси в системе математического моделирования для расследования инцидента при посадке самолета Ту-154 / Н. Б. Бехтина // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2009. – № 138. – С. 183-190. – EDN LDESLR.
3. Журавлёв А.А., Ерофеев М.В., Серебрянский С.А., Выбор оптимальных форм и расчёт проушин типа ухо-вилка для заданной нагрузки. Тез. докл. 21-й Межд. конф. «Авиация и космонавтика», Москва, Издательство «Перо», 2022, с. 31-32.

УДК: 629.7.077

eLIBRARY.RU: 73.37.37

Шорыгин О.П.

д-р техн. наук, главный научный сотрудник

Гонцова Л.Г.

канд.техн. наук, начальник отдела

Беляевский А.Н.

ведущий инженер

Максютов А.К.

инженер первой категории

ФАУ «Центральный аэрогидродинамический институт
имени профессора Н. Е. Жуковского»

ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫНУЖДЕННОЙ ПОСАДКИ САМОЛЕТОВ НА ВОДУ

SAFETY ISSUES OF DITCHING

Аннотация. Разработаны способы моделирования аварийной посадки самолётов на воду. Получены данные о влиянии параметров захода на посадку и конструктивных параметров самолета на характеристики аварийной посадки на воду.

Ключевые слова: аварийная посадка на воду, динамически подобная модель, эксперимент.

Abstract. Methods for modeling of ditching have been developed. Data were obtained on the influence of landing approach parameters and aircraft design parameters on the characteristics of ditching.

Keywords: ditching, dynamically similar model, experiment.

Общие показатели безопасности полетов самолетов над водной поверхностью зависят в значительной степени от решения проблем, возникающих при вынужденном приводнении этих летательных аппаратов.

В соответствии с требованием Норм летной годности, все самолеты, выполняющие полеты над водой, должны получить Заключение о возможности выполнения аварийной посадки на воду и рекомендации по ее осуществлению. Так как проведение натурных испытаний требует больших затрат и связано с возможной потерей самолета, такие исследования проводятся с помощью динамически подобных крупномасштабных моделей, запускаемых катапультной. Полученные результаты являются основой для выбора оптимальных параметров аварийного приводнения, а также для разработки практических рекомендаций по проектированию и конструированию летательных аппаратов. Поскольку речь идет о безопасности пассажиров, степень надежности теоретического и экспериментального моделирования аварийной посадки летательных аппаратов на воду и достоверность полученных результатов модельных экспериментов, а также достоверность разработанных на их основе проектно-конструкторских рекомендаций по выбору параметров, повышающих безопасность такой посадки, должны быть крайне высокими.

Для обеспечения безопасной вынужденной посадки самолета на воду должен быть выполнен ряд условий:

– отсутствие зарывания самолета в воду при пробеге;

- отсутствие резких курсовых разворотов;
- отсутствие значительного повреждения конструкции;
- отсутствие чрезмерных перегрузок;
- обеспечение продолжительного плавания после приводнения, достаточного для эвакуации экипажа и пассажиров;
- наличие и правильное размещение спасательных средств.

Возможность удовлетворения этих требований зависит от ряда параметров самолета и условий посадки.

В результате исследований закономерностей гидродинамики глиссирования тел гладких форм, в том числе – условий существования отрывных и безотрывных режимов обтекания, найдены неизвестные ранее физические особенности этих процессов и разработана принципиально новая методика моделирования отрывных течений. В частности, разработан метод создания на моделях искусственного отрыва потока, что позволяет получить подобие натурной и модельной динамики приводнения. Разработаны способы моделирования разрушения узлов крепления отдельных агрегатов самолета в процессе посадки на воду. Получены данные о влиянии параметров, определяющих режимы захода на посадку и конструктивных параметров самолета на повышение безопасности аварийной посадки на воду.

К параметрам, определяющим режимы захода на посадку, относятся:

1. Кинематические параметры приводнения:
 - посадочная скорость самолета;
 - угол наклона траектории в момент касания воды;
 - угол тангажа в момент касания воды;
 - угол крена в момент касания воды;
2. Положение механизации крыла;
3. Положение шасси;
4. Направление посадки относительно ветра и волн.

К конструктивным относятся:

- форма поперечного сечения днища фюзеляжа;
- форма бокового вида и удлинение фюзеляжа;
- высота и угол установки крыла;
- форма профиля, угол стреловидности и угол поперечного V крыла;
- положение горизонтального оперения;
- расположение двигателей.

Приведенные материалы могут быть использованы для оценки характеристик вынужденной посадки самолета на воду и сравнения характеристик самолетов различных компоновок, что позволит учесть

требования аварийной посадки на воду на ранних этапах проектирования самолета. Эти материалы также могут быть использованы для выработки предварительных рекомендаций по выполнению вынужденной посадки самолета на воду.

Результаты проведенных исследований, разработанная на их основе методика моделирования аварийной посадки летательных аппаратов на воду и полученные с ее помощью результаты используются при сертификации большинства современных самолетов. Эти результаты также могут быть использованы при проектировании новых перспективных образцов летательных аппаратов с учетом требований обеспечения безопасности аварийной посадки на воду.

Литература

1. Шорыгин О.П., Гонцова Л.Г., Беляевский А.Н. Моделирование вынужденной посадки авиационно-космической техники на воду// Полет – 2008. – М. – № «90 лет ЦАГИ». – С. 100-107.
2. Модель для исследования посадки самолёта на воду: Патент №2724035 (Россия) Заявка 2019116754 от 30.05.2019/ Шорыгин О.П., Гонцова Л.Г., Беляевский А.Н., Максютлов А.К.; Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФГУП «ЦАГИ»).

УДК 629.735.33
eLIBRARY.RU: 55.47.81

Меликова М.Б.
кандидат психологических наук
начальник сектора
Летно-исследовательского
института имени М. М. Громова
г. Жуковский

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕТЧИКОМ НЕИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В НЕСТАНДАРТНЫХ ПОЛЕТНЫХ СИТУАЦИЯХ

THE USE OF INSTRUMENT AND NON-INSTRUMENT INFORMATION MODELS BY PILOTS IN UNEXPECTED SITUATIONS

Аннотация. Доклад посвящен элементам «образа самолета», входящего в состав модели пилота, описывающей адаптивное управление.

Ключевые слова: психологическая регуляция действий летчика, «образ самолета», сложность, непредвиденные ситуации, потеря управления, взаимодействие «экипаж-автоматика».

Abstract. The report is devoted to the elements of the aircraft mental image which is a part of the pilot's model describing adaptive control.

Keywords: psychological regulation of control activity, complexity, unexpected events, loss of control (LOC), crew-automation interaction.

Постановка проблемы. Наиболее опасным видом авиационных происшествий (АП) признана потеря управления в полете. Существует особая категория АП, связанных с потерей управления высокоавтоматизированным самолетом, которая не укладывается в понимание «потери управления», выработанное на материале эксплуатации предшествующих поколений воздушных судов и ограничивающееся ориентировкой летчика и необычным пространственным положением самолета. Следует обратить внимание на потерю управления, вызванную проблемами взаимодействия «экипаж-автоматика» [1]. В зарубежных подходах преобладают мероприятия по совершенствованию подготовки пилотов к неожиданным ситуациям, концентрирующиеся на преодолении эффекта неожиданности, повышения гибкости принятия решений и развития пространственной ориентировки [2].

Одной из важных проблем согласования техники и человека является отсутствие специальных средств взаимодействия «летчик-самолет», поддерживающих адаптивное управление высокоавтоматизированным ВС. Наиболее сложным с методической точки зрения представляет собой адаптивное управление в случае проявления скрытых свойств сложной системы при определенном сочетании параметров или из-за технических неисправностей.

Методическим основанием решения задачи помощи пилоту высокоавтоматизированного ВС в нестандартной полетной ситуации служит разработка модели летного мастерства, описывающего адаптивное управление классическим ВС, которая включает описание высшего регулятора деятельности летчика – «чувство самолета». Система помощи летчику должна компенсировать трансформацию взаимодействия «летчик-самолет», вызванную внедрением технологий автоматизации и дистанционного управления. По результатам анализа действий летчиков высокоавтоматизированных ВС в критических

ситуациях было выделено 4 типа неэффективного «виртуального» взаимодействия «летчик-самолет» в «Стеклянных кабинах», отмеченных снижением адаптивных возможностей летчика, а также «виртуальное дистанционное взаимодействие» внешнего экипажа с беспилотным ЛА.

В докладе представлены особенности «виртуального взаимодействия», раскрыта модель контроля летчиком инвариантности поведения ВС, выделяющая «межпараметрические шкалы» реакций ВС, которые образуют неинструментальную и инструментальную модель полета (НИМ и ИМ), входящие в «чувство самолета», названы типы МП-шкал.

Литература

1. Меликова, М. Б. Пилотирование высокоавтоматизированных пассажирских ВС в составе взаимодействия «экипаж-автоматика» / М. Б. Меликова // 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, 21–23 сентября 2021 года. Том Часть 1. – Калуга: Эйдос, 2021. – С. 312-313. – EDN DZZABM.
2. CAA SN-2020/018 Avoidance of loss-of-control in-flight. Pilot awareness of aircraft state, during periods of multiple system malfunctions and flight control issues/ - CAA, 2020

УДК 351.814.33
eLIBRARY.RU: 73.37.11

Дармограев М.С.
магистрант

Московский государственный технический
университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

Адамов Д.С.
старший преподаватель кафедры ТЭ РЭО ВТ
Московский государственный технический
университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

**ПРИНЦИП РАБОТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДОПОЛНЕНИЯ
АСУВД, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО СОБЛЮДЕНИЕ НОРМ
ЭШЕЛОНИРОВАНИЯ ВС ПРИ ПРЕРЫВАНИИ ИЛИ
ПРЕКРАЩЕНИИ ОВД НА ОСНОВЕ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ**

**THE PRINCIPLE OF OPERATION OF THE FUNCTIONAL
COMPLEMENT OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM,
ENSURING COMPLIANCE WITH THE NORMS OF SEPARATION
OF AIRCRAFT DURING THE INTERRUPTION OR
TERMINATION OF ATC BASED ON SURVEILLANCE SYSTEMS**

Аннотация. В настоящее время восточная часть территории Российской Федерации не имеет полного покрытия системами наблюдения за полетами, что не позволяет авиадиспетчерам в полной мере обеспечивать безопасное горизонтальное и вертикальное эшелонирование воздушных судов (ВС). На случай длительного отсутствия информации о месте положения ВС специалистами по обслуживанию воздушного движения (ОВД) был разработан порядок действий согласно Технологии работы диспетчера радиолокационного управления (РЛУ) и процедурного контроля (ПК). Для минимизации риска возникновения потенциально конфликтных ситуаций (ПКС) и конфликтных ситуаций (КС) было создано функциональное дополнение автоматизированной системы управления воздушным движением (АСУВД), обеспечивающее соблюдение установленных интервалов между ВС.

Ключевые слова: функциональное дополнение, программное обеспечение, безопасное эшелонирование, воздушное судно, конфликтная ситуация.

Abstract. Currently, the eastern part of the territory of the Russian Federation has poor coverage by flight surveillance systems, which does not allow air traffic controllers to fully ensure the safe horizontal and vertical separation of aircraft. In case of a prolonged absence of location information, air traffic service specialists developed a procedure according to the Technology of the radar control dispatcher and procedural control. In order to minimize the risk of potentially conflict situations and conflict situations, a functional addition to the automated air traffic control system was developed, ensuring compliance with the established intervals between aircraft.

Keywords: functional addition, software, safe separation, aircraft, conflict situation.

Цели и задачи

Целью работы является повышение уровня безопасности полетов ВС ГА за счет автоматизации части функций диспетчера РЛУ и ПК в условиях отсутствия радиолокационной информации и дефицита времени для принятия обособленных решений при осуществлении управления воздушным движением (УВД).

Решаемая автором задача заключается в разработке функционального дополнения АСУВД, которое способно обеспечивать авиадиспетчера всей необходимой информацией о параметрах движения ВС (приборная и воздушная скорость, занимаемый эшелон полета (ЭП), время прохождения контрольных точек по маршруту следования и т.д.), которые рассчитываются за счет преобразования уже имеющихся данных, полученных путем опроса экипажа ВС после потери сигнала от приемоответчика вторичной радиолокации в режиме «S» (переводом приборной скорости в воздушную и путевую, расчетом времени занятия назначенного эшелона полета по значениям вертикальной скорости, и т.д.), а также идентифицировать ПКС с целью недопущения их дальнейшего развития. Кроме того, программное обеспечение способно самостоятельно рассчитывать местоположение ВС, находящихся в определенном воздушном пространстве, кратчайшее расстояние между ними на основе показателей их движения, а также выдавать предупреждающие индикации специалистам ОВД о возможных опасных сближениях конкретных бортов [1]. При помощи баз данных, которые необходимо периодически обновлять, решения авиадиспетчера будут основываться не только на информации, сформированной на основе комплексного анализа параметров движения ВС, но и плановой информации воздушного движения.

Таким образом, благодаря использованию предложенного функционального дополнения становится возможным осуществление бесконфликтного обслуживания воздушного движения и упорядочивания потоков ВС.

Литература

1. Риски и безопасность авиационных систем: монография / Г. Н. Гипич, В. Г. Евдокимов, Е. А. Куклев, В. С. Шапкин. – Москва : ФГУП ГосНИИ ГА : Авиатехприемка, 2013. – 225 с.

УДК 629.735

eLIBRARY.RU: 73.37.17

Бобрин М.А.

Соискатель

Московский государственный технический
университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

Клёмина Л.Г.

Кандидат технических наук, доцент
г. Москва

Шестаков И.Н.

доктор технических наук, доцент
ГосНИИГА
г. Москва

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ПОЛЁТЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

INTELLIGENT SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL IN FLIGHT OF THE HYDRAULIC SYSTEM OF THE AIRCRAFT

Аннотация. Обеспечение безопасности полёта (БП) летательного аппарата (ЛА) нуждается в создании автоматической бортовой системы контроля гидравлической системы (ГС) ЛА, основой которой является система допускового контроля. Для осуществления этого разработаны: мониторинг состояния элементов ГС ЛА, схемы расположения датчиков в системе и алгоритмы корректного определения допусков параметров ГС.

Ключевые слова: автоматический контроль в полёте, техническое обслуживание (ТО) по состоянию, допусковый контроль, мониторинг состояния ГС, прогнозирование отказов элементов ГС.

Abstract. Ensuring flight safety (FFS) of the aircraft (AC) requires the creation of an automatic on-board control system of the hydraulic system (HS) of the aircraft, the basis of which is a system of tolerance control. For this purpose, the following have been developed: monitoring of the state of the aircraft hydraulic system elements, schemes of the sensors location in the system and algorithms for correct determination of the tolerance parameters of the hydraulic system.

Keywords: automatic in-flight control, condition-based maintenance (MOM), tolerance control, HS condition monitoring, failure prediction of HS elements.

В Руководстве по управлению безопасностью полётов (РУБП ИСАО) указывается на необходимость системы управления БП, что требует наличие системы управления БП эксплуатируемых ЛА, основой которой должна являться система управления техническим состоянием планера ЛА, его систем и двигателей, базовой частью, которой будет система допускового автоматического контроля ЛА.

В технической эксплуатации ЛА всегда стремились к ТО по состоянию со встроенной системой автоматического контроля и вычислителем, память которого будет являться паспортом ЛА [1].

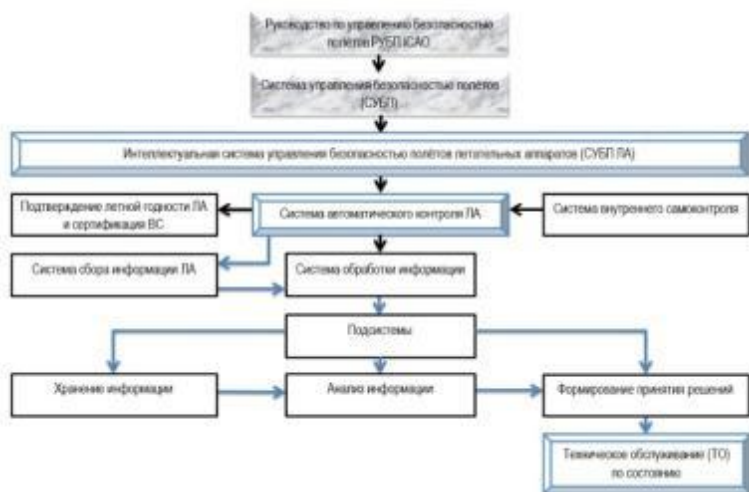


Рис. 1. Структура интеллектуальной системы управления безопасностью полётов летательного аппарата

Материалы и методы исследования

В настоящее время производится допусковый контроль систем, работающих в статическом режиме, когда переходные процессы закончились и параметры установились [2].

Наличие эксплуатационного допуска обусловлено влиянием на параметры ГС физических процессов, происходящих в атмосфере, на самолёте, в ГС и условиями эксплуатации [3, 4].

По экспериментальным данным с помощью метода аппроксимации получена зависимость коэффициента кинематической вязкости от температуры. С помощью интегральных и дифференциальных исчислений и законов Ньютона – Фурье получена зависимость давления жидкости от температуры окружающей среды, температуры

на выходе из насоса, положения точки замера и скорости движения жидкости [5, 6].

Для оценки работоспособности функциональных подсистем (ФП) ГС найдены их выходные параметры, т.е. скорости перемещения выходных звеньев или время выполнения ими операций. Выходные параметры с помощью аналитического метода расчёта определены рабочей точкой системы, т.е. расходом и давлением, в системе являющейся точкой пересечения кривой потребного давления системы и характеристики насоса [7].

Мониторинг состояния ГС нуждается в определении частоты опроса датчиков и прогнозирования отказов элементов. При возникновении предотказного состояния какого – либо элемента система должна проинформировать об этом экипаж, аэродром базирования и по прилёту необходимо будет после разгрузки встать в цех для проведения ТО по состоянию.

Результаты и обсуждения исследования

В результате исследования разработана перспективная структура интеллектуальной СУБП ЛА (рис. 1) с функцией аналитической и предиктивной диагностики ГС ЛА.

Полученные результаты дают возможность создать программу для системы автоматического контроля ГС ЛА в полёте и поиске неисправностей, а также для управления БП, с помощью ТО по состоянию.

Литература

1. Смирнов Н. Н. Техническое обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. – М.: ВИНТИ, 1983. – 165 с.
2. Лебедев А. М. Теория и методы синтеза интегрированных систем диагностического управления, контроля и испытаний бортовых систем и комплексов воздушного судна в целях обеспечения лётной годности и безопасности полётов. – Ульяновск: УВАУ ГА, 2005. – 236 с.
3. Воробьёв В. Г. Техническая эксплуатация авиационного оборудования. – М.: Транспорт, 1990. – 296 с.
4. Михайлов А. В. Эксплуатационные допуски и надёжность в радиоэлектронной аппаратуре. – М.: Советское радио, 1970. – 216 с.
5. Болгарский А. В., Мухачев Г. А., Щукин В. К. Термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1975. – 495 с.
6. Шорин С. Н. Теплопередача. – М.: Высшая школа, 1964. – 489 с.
7. Матвеев А. М., Зверев И. И. Проектирование гидравлических систем летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1982. – 296 с.

Чунгул А.В.
доктор медицинских наук, профессор
лауреат Премии Правительства РФ
в области науки и техники
генеральный директор
ООО «Корпорация Русская эргономика
и интеллектуальные системы»
г. Москва

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В АВИАЦИИ

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AVIATION

Аннотация. Современный этап мирового прогресса сопряжен с активной автоматизацией различных сфер деятельности человека на основе технологий искусственного интеллекта (ИИ). В настоящее время в авиации применяются: автопилоты; системы ограничения предельных режимов полета; приведения к горизонту; предупреждения сближения с объектами в воздухе и землей и др. Все эти системы можно рассматривать как предвестники ИИ в авиации, функционирование которых направлено на оптимизацию деятельности летного состава и обеспечение безопасности полетов.

Ключевые слова: авиация, искусственный интеллект, безопасность полетов, пилот, навык.

Abstract. The current stage of development of world progress is associated with the active automation of various spheres of human activity based on artificial intelligence (AI) technologies. Currently, the following are used in aviation: autopilots; systems for limiting the maximum flight modes; bringing to the horizon; prevention of approach to objects in the air and on the ground; automatic navigation systems, etc. All these systems can be considered as harbingers of AI in aviation, the functioning of which is aimed at optimizing the activities of flight crews and ensuring flight safety.

Keywords: aviation, artificial intelligence, flight safety, pilot, skill.

Проблема мировой авиации заключается в том, что при сохранении темпов роста количества полетов, существующих систем автоматизации полета может оказаться недостаточно на фоне ограничений в их пропускной способности и психофизиологических возможностей летных экипажей.

В свою очередь внедрение систем автоматического управления несет угрозу безопасности полётов по причине снижения у пилотов навыков ручного пилотирования.

Поэтому пилоты в случаях сбоев в работе автоматики осуществляют переход от автоматического к ручному пилотированию с задержкой до 30 сек. начала целесообразных действий, с проявлениями двигательных ошибок и пробных движений органами управления [1].

Характерно, что по свидетельству данных статистики за 8-летний период исследований, ошибки пилотов при ручном пилотировании стали причиной 92% всех инцидентов на воздушном транспорте.

Проведенный анализ тенденций развития авиационных технологий свидетельствует, что в ближайшем будущем следует ожидать появления новых средств и способов на основе технологий ИИ, позволяющих оптимизировать летательные аппараты различного назначения, качественно изменить профессиональную деятельность пилотов, снизить их нагрузку и повысить безопасность полетов.

При этом, пилот будет оставаться еще какое-то время основным звеном управления, принимающим решения.

Однако в перспективе может произойти окончательное исключение человека, из непосредственного пилотирования передав эти функции «специалистам» удаленного доступа к бортовым системам автоматического управления.

В докладе предлагаются технологии разработки систем ИИ и их классификацию, с учетом психофизиологических закономерностей функционирования системы «пилот - летательный аппарат - среда» в интересах повышения уровня безопасности полетов [2].

Литература

1. Лапа В.В., Пономаренко В.А., Чунтул А.В. Психофизиология безопасности полетов. – М.: МОО «Ассоциация журналистов, пишущих на правоохранительную тематику», 2013. – 396 с.
2. Чунтул А.В. Человек в вертолете. Психофизиология профессиональной деятельности экипажей современных и перспективных вертолетов. – М.: Когито-Центр, 2018. – 320 с.

УДК 629.7.01

eLIBRARY.RU: 73.37.01

Раков Д.Л.
кандидат технических наук

старший научный сотрудник
Института машиноведения
им. А.А. Благонравова РАН
г. Москва

УНИВЕРСАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

UNIVERSAL SOFTWARE FOR MODELING AEROSPACE SYSTEMS

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы моделирования сложных аэрокосмических систем на этапе предэскизного проектирования. Разработанное программное обеспечение LANE представляет собой последовательный процесс итерационных процедур для моделирования летательных аппаратов.

Ключевые слова: программное обеспечение, предэскизное проектирование, моделирование.

Abstract. The paper deals with the modeling of complex aerospace systems at the pre-design stage. The developed LANE software is a sequential process of iterative procedures for aircraft modeling.

Keywords: software, preconceptual design, aircraft modeling.

Спецификой задач проектирования летательных аппаратов является, как правило, необходимость синтеза математических моделей для численного расчета, с целью верификации технических решений, принятых на этапе структурного синтеза [1,2].

Материалы и методы

После этапа структурного синтеза и анализа необходимо провести моделирование и параметрические расчеты выбранных технических решений. При моделировании целесообразно использовать программное обеспечение LANE, созданное автором. Программа позволяет исследовать разнообразные конфигурации летательных аппаратов (ЛА) и было создано авторами для быстрого моделирования различных типов ЛА на стадии предэскизного проектирования. Компоненты основаны на математических моделях и методах анализа, моделирования и оценки летных характеристик ЛА. Оперативное моделирование помогает уменьшить количество ошибок и необходимость коррекций, а также значительно сокращает время анализа различных конфигураций ЛА [3,4]. Программа позволяет анализировать множество вариантов самолетов, двигательных



Linux, version 2.0.26 (Alpha)



Результаты и обсуждение

Разработанное программное обеспечение позволяет создать основу для поддержки итерационного процесса проектирования нетрадиционных ЛА (электрические самолеты, гибриды и т.д.) на этапе предэскизного проектирования (Рис. 2). Применение «грубых» моделей позволяет проанализировать множество возможных конфигураций ЛА, и, следовательно, расширить область поиска и повысить качество проработки вариантов.

Литература

1. Мишин В. П., Осин М. И. Введение в машинное проектирование летательных – М.: Машиностроение, 1978. – 128 с.
2. Половинкин, А. И. Автоматизация поискового конструирования. – М.: Радио и связь, 1981. – 368 с.
3. Rakov D. Development of Lane software for the modelling complex engineering systems in Aerospace // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. – 2020. – C.1-6.
4. Rakov D.L. Superlight reentry vehicles // Space Technology. – 2004. – V. 24.-Pp. 237-243.
5. Rakov D., Thorbeck J. Vergleich von verschiedenen konzepten für aerostatische stratosphärischen // Jahrbuch Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress. – 2002. – Pp. 1217-1224.
6. Bardenhagen A., Rakov D. Advanced morphological approach in aerospace design during conceptual stage //Facta Universitatis. Series: Mechanical Engineering. – 2019. V.17. – Pp. 321-332.

УДК 629.7.036.034

eLIBRARY.RU: 73.37.41

Тарасов Е.А.

аспирант

Московский государственный технический
университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

Комов А.А.

доктор технических наук, доцент

Московский государственный технический
университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОТРЫВА КАПОТОВ ПРИ ВЗЛЕТЕ ВОЗДУШНОГО СУДНА С СОВРЕМЕННОЙ КОМПОНОВКОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ

PREVENTION OF FAN COWL LOSS DURING TAKEOFF OF AN AIRCRAFT WITH MODERN POWERPLANT LAYOUT

Аннотация. Описаны причины возникновения вихревого течения. Определены недостатки расположения двигателей с точки зрения удобства технического обслуживания. Созданы необходимые схемы системы предотвращения отрыва капотов. Создан стенд, имитирующий работу системы. Произведена оценка характеристик надежности системы.

Ключевые слова: система предотвращения; турбореактивный двухконтурный двигатель; надежность авиационного оборудования; безопасность полетов; техническое обслуживание и ремонт; техническая эксплуатация.

Abstract. The reasons for the occurrence of a vortex flow are described. The shortcomings of the location of the engines from the point of view of ease of maintenance are identified. Functional and schematic diagrams of the system for preventing the hoods from being torn off have been created. A stand was created that simulates the operation of the system. An assessment of the reliability characteristics of the developed object was made.

Keywords: prevention system; turbojet bypass engine; reliability of aviation equipment; flight safety; maintenance and repair; technical operation.

Современная компоновка силовой установки (СУ) подразумевает расположение двигателей ВС на высоте, исключающей вихреобразование (рисунок 1 и 2). Это необходимо для исключения возможности заброса посторонних предметов с поверхности перрона в двигатели при запуске и рулении ВС.

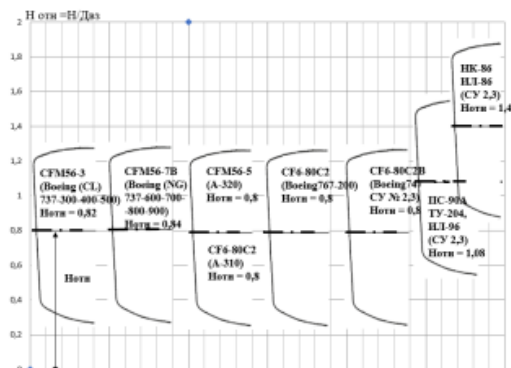


Рис. 1. Компоновка двигателей на различных типах ВС

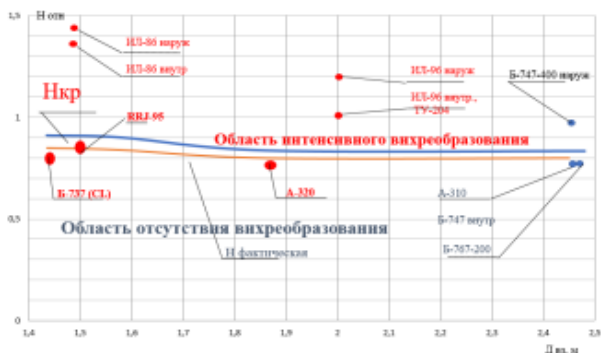


Рис. 2. Высота расположения воздухозаборников двигателей ВС

Такое расположение двигателей затрудняет техническое обслуживание, так как открытие, закрытие и инспекцию замков капотов приходится осуществлять в положении лежа (рисунок 3). В условиях ограниченного времени и внешних факторов это становится предпосылкой для отрыва капотов при взлете, причиной которого послужило их незакрытие после технического обслуживания (ТО).



Рис. 3. Пример положения, в котором производится процедура закрытия капотов двигателя

В целях уменьшения количества подобных авиационных инцидентов была разработана система предотвращения отрыва капотов ТРДД PowerJet SaM146 воздушных судов типа Sukhoi Superjet 100 [1-2].

Система выполняет две функции:

- индикация положения капотов двигателя, капотов реверса, лючка и крышки горловины масляного бака;
- блокировка первоначальной раскрутки вала компрессора высокого давления при несоответствии текущей конфигурации двигателя той, которая считается безопасной для совершения взлета.

Также была построена структурная схема системы и вычислены некоторые параметры надежности системы (рисунок 4).

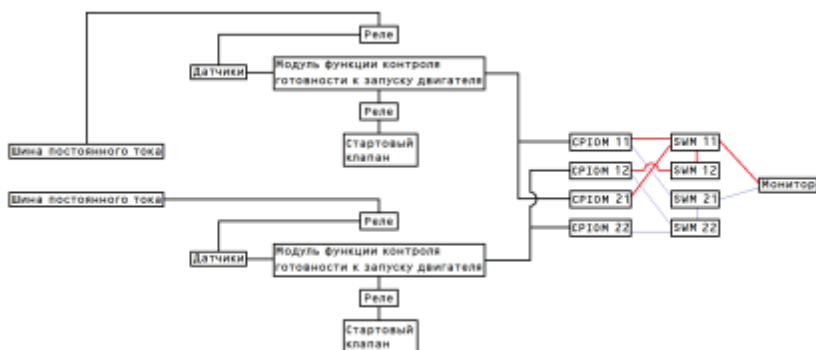


Рис. 4. Структурная схема системы

Вероятность безотказной работы каждой из систем в канале управления клапаном для каждого двигателя составила 79,6 %.

Вероятность безотказной работы каждой из систем в канале индикации для каждого двигателя составила 90,4 %.

Интенсивность отказов систем каждого двигателя в канале индикации составила $\lambda = 10 \cdot 10^{-6}$, в канале управления клапаном $\lambda = 22,8 \cdot 10^{-6}$.

Средняя наработка на отказ в канале индикации составила $T_c = 100000$ ч, в канале управления клапаном $T_c = 43859,65$ ч.

Литература

1. Тарасов, Е. А. Разработка системы предупреждения ошибок при работе с капотами двигателя самолёта Sukhoi Superjet 100 / Е. А. Тарасов // Гагаринские чтения - 2022 : Сборник тезисов работ международной молодёжной научной конференции XLVIII, Москва, 12–15 апреля 2022 года. – Москва: Издательство "Перо", 2022. – С. 138-139. – EDN ZYDUNI.
2. Комов, А. А. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на вихреобразование ГТД / А. А. Комов // Научное значение трудов К.Э. Циолковского: история и современность : материалы 55-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского, Калуга, 15–17 сентября 2020 года. Том Часть 1. – Калуга: Эйдос, 2020. – С. 353-357. – EDN IVQVQU.

Жемаева Д.А.

Кулешов Д.А.

студенты

Московский государственный технический
университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

Гевак Н.В.

научный руководитель

кандидат технических наук, доцент

доцент кафедры ТЭРЭО ВТ

Московский государственный технический
университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ БОРТОВОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ГРАФОВ

ON THE USE OF DIAGNOSTIC MODELS OF ON-BOARD ELECTRONIC EQUIPMENT BASED ON GRAPHS

Аннотация. В докладе предложено использование в качестве диагностической граф-модель, что должно позволить учет влияние на качество диагностирования влияние различных факторов: конструкционных, экономических, эксплуатационных.

Ключевые слова: техническая диагностика РЭО, моделирование, граф-модель.

Abstract. The report suggests using a graph model as a diagnostic model, which should allow taking into account the influence of various factors on the quality of diagnosis: structural, economic, operational.

Keywords: technical diagnostics of avionics equipment, modeling, graph model.

Одним из основных навыков авиационного инженера является способность диагностирования сложных технических систем, примером которой может служить авиационное оборудование. Техническая диагностика (ТД) включает в себя теорию и методы организации объектов технической природы, а также принципы построения средств диагноза, а процесс реализации носит название техническое диагностирование [1].

Теория основывается на анализе совокупности признаков объекта и определении его наиболее важных, но недоступных для наблюдения параметров. Одной из основных задач ТД является выбор множества диагностических параметров на основе разработанной диагностической модели [2].

Бортовое радиоэлектронное оборудование (БРЭО) как объект моделирования обладает функциональным разнообразием. Такое многообразие является причиной поиска и выбора такого метода формального описания системы и ее составных частей, который бы в достаточной мере определял взаимосвязи между выбранными характеристиками. Поэтому в качестве такой модели предлагается является граф-модель [3].

Графоаналитические модели – это диаграммы прохождения сигналов, которые состоят из вершин, включающих данные о параметрах, событиях и явлениях, а также ребер, отражающих причинно-следственные связи между вершинами [1].

Предполагается, что модель подвергается математической обработке с целью минимизации множества образующих элементов и выявления их наиболее информативного подмножества и образования тем самым рабочего признакового пространства.

Граф-модель позволяет определять важные для решения диагностических задач связи и влияния. С помощью нее можно проследивать взаимосвязь между параметрами, учитывать их разнообразие, а также наблюдать чувствительность характеристик к изменению состояния системы. Еще одним преимуществом является возможность учитывать при выборе множества диагностических параметров влияние различных факторов: конструкционных, экономических, эксплуатационных.

Данный метод дает одно из наиболее наглядных представлений объектов диагностирования, поэтому его удобно использовать при технической диагностике БРЭО [2].

Литература

1. В.В. Карибский, П.П. Пархоменко, Е. С. Согомонян, В.Ф. Халчев. Основы технической диагностики. В 2-х книгах. Кн. I. Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза. Под редакцией П.П. Пархоменко. М., «Энергия», 1976.
2. Диагностирование на граф-моделях: На примерах авиационной и автомобильной техники/Я.Я. Осис, Я.А. Гельфандбейн, З.П. Маркович, Н.В. Новожилова. – М.: Транспорт, 1991. – 244 с.

3. Давыдов П.С. Техническая диагностика радиоэлектронных устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1988. – 256 с.: ил. – ISBN 5-256-00012-8.

УДК: 355.237

eLIBRARY.RU: 14.37.09

Бабенко Г.Н.

кандидат технических наук

Баланчук Н.Ю.

аспирант

Московский государственный технический
университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

Боков С.Р.

преподаватель

Московский государственный технический
университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

ТЕСТИРОВАНИЕ КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

TESTING AS PART OF THE EDUCATIONAL PROCESS EFFICIENCY CONTROL SYSTEM

Аннотация. В статье представлены результаты оценки возможности применения системы тестирования в качестве инструмента мониторинга эффективности образовательного процесса. Сформулированы требования к разработке и функционированию системы тестирования в контексте оценки компетенций инженеров гражданской авиации. Сделанные выводы и решения могут послужить основой для технического задания на разработку автоматизированной цифровой системы тестирования для учебных заведений технической направленности.

Ключевые слова: андрагогика, проверка знаний, система контроля, тест, тестирование.

Abstract. The article discusses the problems of testing methods and offers solutions that allow using tests as a basis for a system for monitoring the effectiveness of the educational process. The conclusions and decisions made can serve as the basis for the terms of reference for the development of an automated digital testing system for technical educational institutions.

Keywords: andragogy, knowledge testing, control system, test, testing.

На сегодняшний день Международная организация гражданской авиации (ИКАО) смещает фокус внимания в сторону «competency-based training» – подходу к обучению и оценке, в котором акцент делается на приобретение и демонстрацию определенных компетенций, необходимых для выполнения требуемой работы или задачи. Такой подход не только экономически обоснован, но и обеспечивает адекватную и полную оценку результата обучения, т.к. такая оценка достижима только путем анализа эффективности трудовой деятельности обучаемых. Это объясняется тем, что применение компетенций является ключевым фактором в обеспечении эффективности трудовой деятельности, т.е. конечной целью обучения.

Таким образом компетенции отражают практическую способность применять знания и умения в реальной работе. В свою очередь умения и устойчивые навыки могут быть сформированы только на основе знаний, поэтому высокий уровень знаний и правильная их передача являются важнейшей составляющей процесса обучения и представляют собой первую ступень в процессе формирования компетенций инженера.

В данной статье авторы рассматривают тестирование прежде всего в контексте проверки знаний как первой ступени в процессе формирования компетенции.

Для определения требований к эффективной системе тестирования авторами были выполнены следующие работы:

- проведён анализ ценных качеств и ограничений тестирования [2], на основании которого сформулирован вывод о применимости данного метода в качестве ключевого элемента системы оценки эффективности образовательного процесса;
- обобщен и систематизирован практический опыт реализации систем тестирования в российских и зарубежных авиационно-учебных центрах гражданской авиации;
- переработаны и адаптированы стандарты Агентства авиационной безопасности Европейского союза (EASA), применяемые к системам тестирования [1] и обучения инженеров гражданской авиации (EASA Part-66) 3].

Литература

1. European Union Aviation Safety Agency: «Methodology for setting up questions and managing question data banks for examination purpose (pilots and licensed maintenance staff)». <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/research-reports/gm-question-bank#group-downloads>.

2. Бальчугов, А. В. Методика статистической обработки результатов тестирования знаний / А. В. Бальчугов // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2021. – № 8. – С. 363-364.
3. Easy Access Rules for Continuing Airworthiness (Regulation (EU) No 1321/2014) <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-continuing-airworthiness-0>.

УДК 629.7.083.03
eLIBRARY.RU: 73.37.41

Рыбалкина А.Л.

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
Московский государственный технический
университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СУТОЧНЫЕ РИТМЫ И УТОМЛЯЕМОСТЬ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

INDIVIDUAL CIRCADIAN RHYTHMS AND FATIGUE OF CIVIL AVIATION MAINTENANCE STAFF

Аннотация. В работе представлены результаты исследования индивидуальных суточных ритмов и утомляемости инженерно-технического персонала (ИТП) гражданской авиации (ГА). На основе метода анкетирования ИТП различных авиакомпаний ГА были получены данные о распределении ИТП по индивидуальным суточным ритмам (жаворонки, совы, голуби), а также проведено сравнение показателей утомляемости для разных индивидуальных суточных ритмов и четырех типов рабочих смен.

Ключевые слова: индивидуальные суточные ритмы, утомляемость, инженерно-технический персонал, человеческий фактор, анкетирование.

Abstract. The article presents the results of the individual circadian rhythms and fatigue relationship study of civil aviation maintenance staff. Based on the method of questioning of various airlines maintenance staff obtained data on the maintenance staff distribution by individual circadian rhythms (larks, owls, pigeons), and also compared fatigue indicators for different individual circadian rhythms and four work shifts types.

Keywords: individual circadian rhythms, fatigue, maintenance staff, human factor, questioning.

Одним из ключевых факторов, способствующих возникновению ошибок ИТП, является утомляемость [1]. С целью выявления связи между утомляемостью ИТП и его индивидуальными суточными ритмами была проведена первая серия исследований, включающих анкетирование инженерно-технического персонала различных авиакомпаний. Число опрошенных составляло 77 человек.

Для определения индивидуальных суточных ритмов человека (жаворонок, сова или голубь) применялся тест Хорна-Остберга [2]. Состояние усталости ИТП оценивалось в баллах по следующим показателям: чувство усталости, самочувствие, активность, настроение, интерес к работе, концентрация внимания, субъективная оценка работоспособности, качество профессиональной деятельности. Обработка показателей осуществлялась с учетом различных смен: дневная смена, ночная смена, суточная смена, пятидневная рабочая неделя.

В результате было установлено, что в случайной выборке специалистов с суточным ритмом голуби незначительно больше, по сравнению с жаворонками (53,4% и 45,2% соответственно). А совы составляли всего 1,4%. При этом в дневную смену: чувство усталости у голубей и жаворонков одинаковое; у голубей выше показатели самочувствия, активности, настроения, интереса к работе, концентрации внимания; у жаворонков значительно выше субъективная оценка работоспособности и выше показатели качества профессиональной деятельности.

В ночную смену: чувство усталости у голубей значительно выше, чем у жаворонков; у голубей выше показатели интереса к работе, концентрации внимания и качества профессиональной деятельности; у жаворонков значительно выше показатель настроения и выше показатель самочувствия. Также были проанализированы показатели усталости для суточной смены, пятидневной рабочей недели.

В целом, результаты первой серии исследований свидетельствуют о влиянии индивидуальных суточных ритмов на проявление симптомов утомления у инженерно-технических специалистов, обслуживающих авиационную технику, что позволяет, в дальнейших исследованиях, подойти к решению задач разработки средств и способов, оптимизирующих условия профессиональной деятельности контингента ГА.

Литература

1. Еникеев, Р. В. Методика управления утомляемостью инженерно-технического персонала / Р. В. Еникеев, А. Л. Рыбалкина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2020. – Т. 9, № 3(51). – С. 132-137. – DOI 10.46548/21vek-2020-0952-0024. – EDN YUBVIF.
2. Тест на определение хронотипа Хорна-Остберга. [Электронный ресурс]. URL: <https://bllesk.ru/testy/test-na-opredelenie-hronotipa-horna-ostberga> (23.05.23)

УДК 629.735.33
eLIBRARY.RU: 73.37.17

Сары Асуде
студентка

Московский государственный технический
университет гражданской авиации (МГТУ ГА)

О ПРОБЛЕМАХ ОБУЧЕНИЯ ПИЛОТИРОВАНИЮ, СВЯЗАННЫХ С ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ФАКТОРОМ

ON THE PROBLEMS OF PILOT TRAINING RELATED TO THE HUMAN FACTOR

Аннотация. Данное исследование было проведено с целью изучения факторов, снижающих качество обучения в летных училищах Турции. Проведен опрос, касающийся проблем обучения пилотированию, и на основе этого опроса – исследование аспектов человеческого фактора, влияющих на подготовку пилотов. Выявлены проблемы, связанные с достаточностью и качеством обучения, работой с летным инструктором, стрессом и т.д. Предложены пути решения выявленных проблем.

Ключевые слова: авиационное происшествие, летная подготовка, человеческий фактор, обучение, ошибки пилотирования.

Abstract. This research was conducted in order to study factors that reduce quality of training in flight schools in Turkey. A survey was conducted regarding the problems of piloting training and, based on this survey, a study of human factors aspects affecting pilot training. Problems related to the sufficiency and quality of training, work with a flight instructor, stress, etc. were identified. Ways of solving the identified problems are proposed.

Keywords: aircraft accident, flight training, human factor, education, piloting mistakes.

Человеческий фактор является основным или способствующим причинным фактором в 80% авиационных происшествий [1]. В 2017 и 2022 годах в Турции произошли два авиационных происшествия с учебными самолетами. Эти происшествия вызвали много вопросов относительно подготовки пилотов [2]. Поэтому был проведен опрос среди пилотов и курсантов летных училищ Турции, касающийся проблем обучения пилотированию, и на основе этого опроса – исследование аспектов человеческого фактора, влияющих на подготовку пилотов.

Анкеты содержали вопросы, касающиеся достаточности и качества обучения, стрессовых ситуаций при обучении, особенностей работы с летным инструктором, влияния спешки, типа самолета на котором проходит обучение, качества его обслуживания и т.д.

В результате опроса были выявлены следующие проблемы:

1. 45% опрошенных отметили, что негативное поведение летного инструктора оказывает отрицательное влияние на полет.
2. 82% опрошенных отметили, что в случае спешки могли бы пропустить зачитывание контрольной карты, что говорит о недостаточной подготовке в этой области.
3. 18% опрошенных проходят обучение на самолетах старого типа.
4. 33% опрошенных не считают обучение достаточным.
5. 45 % опрошенных считают, что в иностранных летных училищах лучше.
6. 92% опрошенных отмечают необходимость заучивания тестов наизусть.
7. 92% опрошенных отмечают наличие стресса при переучивании с военной на гражданскую авиацию и наоборот.
8. 86% опрошенных испытывают больший стресс при посадке, чем при взлете.

Предложены пути решения выявленных проблем:

1. Выяснить причины негативного поведения летных инструкторов и довести до них эту информацию. Создать непринужденную учебную обстановку, в которой курсанты могут изучать аварийные процедуры.
2. Увеличить подготовку в вопросе необходимости обязательного зачитывания контрольных карт, а также проблем, связанных со спешкой.
3. Узнать причины недоверия к старым типам воздушных судов. Закупить дополнительные самолеты новых типов.
4. Более тщательное исследование вопросов, которым обучают недостаточно и включение их в программу обучения.

5. Выяснить чем лучше подготовка в иностранных летных училищах и внести корректировки в программу обучения.
6. Больше внимания уделять теоретической подготовке, а не заучиванию тестов.
7. Провести исследование какие темы наиболее сложные для изучения и увеличить подготовку по этим темам.
8. Увеличить подготовку по теме выполнения посадки воздушных судов.

Литература

1. Рыбалкина, А. Л. Методика оценки риска предстоящего полета для вертолетов с учетом неблагоприятных метеоусловий / А. Л. Рыбалкина, Е. И. Трусова, В. Д. Шаров // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2018. – Т. 21, № 6. – С. 124-140. – DOI 10.26467/2079-0619-2018-21-6-124-140. – EDN YRNSYX.
2. Ayjet kazasında acı haber ogrenci pilot hayatını kaybetti. [Электронный ресурс]. URL: <https://havahaber.com/ayjet-kazasinda-aci-haber-ogrenci-pilot-hayatini-kaybetti/>

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Абдуллин М.Р., 201, 212
Агафонов М.М., 319
Адамов Д.С., 339
Акинфиев В.О., 324
Александров С.В., 135
Алтунин В.А., 201, 205, 208, 211, 215
Алтунин К.В., 212, 215
Анисимов А.А., 321
Артемьев А.В., 57
Артемьев О. Г., 63
Архипцева А.А., 308
Астахов А.В., 241
Аюкаева Д.М., 166

Б

Бабаевский П.Г., 190
Бабенко Г.Н., 356
Баданов Н.С., 212
Бажура А.С., 190
Баланчук Н.Ю., 356
Беляев А.А., 261, 263
Беляев М.Ю., 164
Беляев М.Ю., 166
Беляевский А.Н., 334
Бечаснов П.М., 233
Бикмучев А.Р., 219
Бобрин М.А., 342
Богачёв С.А., 49
Богомолов А.В., 35
Богомолов В.В., 35, 39
Боков С.Р., 311, 356
Бондаренко Ю.А., 179, 183
Бродский И.Э., 63
Бронников С.В., 173

В

Васильев И.М., 273
Васильева Г.Ю., 273
Вернигора Л.В., 196
Власов В.Д., 72
Войтов Д.Ю., 54
Волков С.А., 88
Воробьева А.В., 273

Г

Гаврилова А.А., 263
Галяев А.А., 236
Гафурова Д.Р., 267
Гевак Н.В., 354
Герасютин С.А., 147
Гимадиев Р.Р., 273
Глумов В.М., 14
Головин А.А., 54
Гонцова Л.Г., 334
Гончаренко В.П., 328
Горбушин А.Р., 303
Гордиенко Е.С., 244
Гордиенко К.В., 273
Гранич В.Ю., 319
Грибков Ю.А., 328
Груздев А.И., 72
Грушевицкая Т.Г., 129
Гусев А.В., 186

Д

Давлатов Н.Б., 208
Даниличев С.Н., 283
Дармограев М.С., 339
Дворников М.В., 277
Дидковский А.А., 317
Дронов П.А., 43
Дружинин Ю.О., 137

Е

Егорочкин К.А., 54
Емельянов С.Г., 63
Ефимов В.В., 311
Ефремов Д.И., 317

Ж

Жданова К.А., 91
Желнина Т.Н., 94
Жемаева Д.А., 354
Жилякова А.Е., 201, 212, 216
Жумаев З.С., 91

З

Зайко Ю.К., 35, 39
Зайцев А.В., 199
Заичкин И.Н., 54
Зарипова М.А., 208
Зарубин Д.С., 43
Захаркин В.С., 54
Захаров А.А., 84
Зиганшин Б.Р., 219
Зинченко А.П., 319
Золотарев И.А., 39
Зубко В.А., 261

И

Иванова Ю.А., 72
Иванюхин А.В., 238, 248
Ивашкин В.В., 238, 244
Ильин А.М., 233
Ильин В.К., 285
Ильина И.Ю., 66, 69
Исаченко А.М., 153
Исков Д. А., 81
Июдин А.Ф., 35

К

Казмерчук П.В., 196
 Калегает В.В., 35, 39
 Каменев Н.Д., 91
 Канушкин С.В., 199
 Каримов Р.В., 199
 Киреев К.С., 294, 299
 Кислицкий М.И., 221
 Клёмина Л.Г., 342
 Климов П.А., 39
 Клюшников В.Ю., 27, 47
 Козлов Н.А., 190
 Колинова С.А., 143
 Комов А.А., 350
 Кондиров В.В., 81
 Кораблев О.И., 43
 Кореев Е.П., 206, 209
 Коробушин Д.В., 77
 Королевский Э.Д., 248
 Корянов В.В., 257, 264
 Кошлаков А.В., 43
 Кошлаков В.В., 4
 Кривобоков Е.Э., 81
 Кричевский С.В., 32
 Крючков Б.И., 321
 Кукоба Т.Б., 294
 Кулешов Д.А., 354
 Куликов И.Н., 321
 Кухаренко А.С., 257

Л

Лазарев Н.Д., 54
 Ларионов А.В., 294
 Ливерко Д.В., 324
 Лосицкий В.П., 6
 Лукичёва Н.А., 273
 Лыткин В.В., 113
 Львов М.В., 205
 Лябзина В.Е., 54

М

Майорова В.И., 54
Максимова И.Д., 278
Максютов А.К., 334
Малышев А.Д., 278
Мамедов Т.Т., 43
Марченко Л.Ю., 285
Матвеева Т.В., 166
Матюшев Т.В., 277
Мацнев Э.И., 285
Меденков А.А., 277
Меликова М.Б., 337
Мельников В.М., 179, 183
Мельникова В.Г., 54
Менг Ж., 186
Миловидов А.В., 229
Миняйло Я.Ю., 299
Миронов Д.А., 328
Монахов М.И., 166
Мусатова Т.П., 158
Мусина И.М., 201, 216
Мутин А.А., 35

Н

Нестеренко А.Н., 44
Никитин Е.А., 81
Носов Д.Ю., 72

О

Овчинников М.Ю., 43, 49
Оседло В.И., 35, 39
Офицеров В.А., 306

П

Пантелеймонов И.Н., 84
Пасекова О.Б., 285
Перепухов Д.Г., 43
Перетятко О.Ю., 35, 39
Петрукович А.А., 43

Петухов В.Г., 254
Печейкина М.А., 313
Пилипчук А.П., 328
Пинг З., 186
Пичугин С.Б., 164, 193
Платонов Е.Н., 201
Потюпкин А.Ю., 84, 88
Приданников С.Ю., 44
Пронин К.А., 201, 212, 215

Р

Раков Д.Л., 313, 347
Рачкин Д.А., 54
Решетин В.О., 324
Розин П.Е., 244
Рыбалкина А.Л., 358
Рыбина А.С., 278
Рыжков В.В., 270
Рыков Е.В., 57
Рябогин Н.В., 43

С

Самбуров С.Н., 63
Самохин А.С., 236
Самохина М.А., 236
Сары Асуде, 360
Саттаров А.Г., 219
Саульский В.К., 66, 69
Сафаров М.М., 209
Свертилов С.И., 35, 39
Сергеев В.Е., 75, 77
Серебрянский С.А., 229, 331
Сесюкалов В.А., 250
Сигалева Е.Э., 285
Симонов А.В., 244
Смоленцева Л.А., 171
Сочнев А.В., 219
Ступак Г.Г., 263
Судаков В.С., 143
Суслов К.С., 50

Суханов А.А., 261

Т

Тарасов Е.А., 350
Твердохлебова Е. М., 81
Твердохлебова Е.М., 75
Тененбаум С.М., 54
Тертицкий Г.М., 164
Тимофеев Ю.А., 88
Титенко Е.А., 63
Титов Е.И., 331
Толстель О.В., 44
Трофимов С.П., 43

У

Усиков С.Б., 84

Ф

Фаррахов А.Б., 212, 216
Федяев К.С., 261
Феоктистов А.Н., 319
Фролов С.Н., 63

Х

Хартов В.В., 80
Химочко О.Л., 84
Хмель Д.С., 317
Хорунжий А.В., 119
Худяков С.Н., 224

Ч

Чеснов В.М., 139
Чунтул А.В., 345
Чурило И.В., 190
Чэнь Лэй, 227

Ш

Шаповалов Р.В., 75, 77

Шаталов В.К., 57
Шаханов А.Е., 57
Шеремет А.А., 270
Шестаков И.Н., 342
Шестаков С.А., 50
Шиленков Е.А., 63
Шорыгин О.П., 334
Штокал А.О., 57
Шувалов В.А., 50

Щ

Щеглов Г.А., 91
Щербаков Ю.В., 317
ЩигOLEV А.А., 205

Э

Эйсмонт Н.А., 261

Ю

Юданов Н.А., 43
Юн Сон Ук, 254
Юсупов А.А., 201, 205, 215

Я

Яковлева А.С, 296
Яновская М.Л., 202, 206, 209, 212, 216
Яшин И.В., 39

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ 4

ЦЕНТР КЕЛДЫША: 90 ЛЕТ НА ПЕРЕДОВЫХ РУБЕЖАХ
РАЗРАБОТКИ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ

KELDYSH RESEARCH CENTER: 90 YEARS AHEAD OF THE TIMES
OF ROCKETRY DEVELOPMENT

Кошляков В.В. 4

К 125-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АВТОРА И СОЗДАТЕЛЯ
ЛЕГЕНДАРНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЛПОВОГО ОГНЯ БМ-13 (КАТЮША)
Г.Э. ЛАНГЕМАКА

TO THE 125TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF THE AUTHOR
AND CREATOR OF THE LEGENDARY BM-13 (KATYUSHA)
MULTIPLE LAUNCH ROCKET SYSTEM G.E. LANGEMAK

Лосицкий В.П. 6

Б.Н. ПЕТРОВ - ТЕОРЕТИК РОССИЙСКОЙ КОСМОНАВТИКИ.
К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

B.N. PETROV IS THE THEORIST OF RUSSIAN COSMONAUTICS. TO
THE 110TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH

Глумов В.М. 14

АКАДЕМИК В.Ф. УТКИН. 100 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

ACADEMICIAN V.F. UTKIN. 100 YEARS FROM THE BIRTH

Клюшников В.Ю. 27

ПРОБЛЕМА ЭКСПАНСИИ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА В КОСМОС:
ЦИОЛКОВСКИЙ, ИСТОРИЯ, РЕАЛЬНОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ

THE PROBLEM OF HUMANITY EXPANSION INTO SPACE:
TSIOLKOVSKY, HISTORY, REALITY, PROSPECTS

Кричевский С.В. 32

**VII Симпозиум «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ
РОССИЙСКИХ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ИХ**

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ».....	35
--	-----------

ЭКСПЕРИМЕНТЫ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА НА
СПУТНИКАХ КЛАССА КУБСАТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ
ОКОЛОЗЕМНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ И ГАММА-ВСПЛЕСКОВ

EXPERIMENTS OF MOSCOW STATE UNIVERSITY ON CUBESATS
FOR THE STUDY OF NEAR-EARTH ELECTRONS AND GAMMA-
RAY BURSTS

Богомолов В.В., Богомолов А.В., Зайко Ю.К., Июдин А.Ф., Калегаев В.В., Мутин А.А., Оседло В.И., Перетяцько О.Ю., Свертилов С.И.....	35
---	----

ГРУППИРОВКА НАНО-СПУТНИКОВ МОСКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА: ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА
КОСМИЧЕСКОЙ РАДИАЦИИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ТРАНЗИЕНТОВ

NANO-SATELLITE CONSTELLATION OF MOSCOW UNIVERSITY:
POSSIBILITIES FOR SPACE RADIATION AND ELECTROMAGNETIC
TRANSIENT MONITORING

Свертилов С.И., Богомолов В.В., Зайко Ю.К., Золотарев И.А., Калегаев В.В., Климов П.А., Перетяцько О.Ю., Оседло В.И., Яшин И.В.....	39
---	----

МИССИЯ НА МАРС НА БАЗЕ МКА С ЭРДУ

MISSION TO MARS ON THE BASIS OF THE SMALL SPACECRAFT
WITH ERDU

Овчинников М.Ю., Перепухов Д.Г., Трофимов С.П., Петрукович А.А., Кораблев О.И., Зарубин Д.С., Рябогин Н.В., Мамедов Т.Т., Кошляков А.В., Юданов Н.А., Дронов П.А., Нестеренко А.Н., Приданников С.Ю., Толстель О.В.....	44
--	----

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УНИФИКАЦИИ МАЛЫХ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В
СОСТАВЕ МОГОСПУТНИКОВОЙ ГРУППИРОВКИ

A SYSTEMIC APPROACH TO THE UNIFICATION OF SMALL SATELLITES FUNCTIONING AS PART OF A MEGA-CONSTELLATION

Клюшников В.Ю. 47

ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ В МАГНИТОСФЕРЕ ЗЕМЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ ПОСТРОЕНИЙ МАЛЫХ КА

MEASUREMENT OF MAGNETIC FIELDS AND ELECTRIC CURRENTS IN THE EARTH'S MAGNETOSPHERE USING SPECIAL ORBITAL CONFIGURATIONS OF SMALL SPACECRAFTS

Богачёв С.А., Овчинников М.Ю., Шувалов В.А., Суслов К.С., Шестаков С.А. 50

ПЛАТФОРМА CUBESAT 6U XL, РАЗРАБОТКИ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА, ДЛЯ РЕШЕНИЯ НАУЧНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

BMSTU CUBESAT 6U XL PLATFORM FOR SCIENTIFIC AND APPLIED PROBLEMS

Майорова В.И., Рачкин Д.А., Тененбаум С.М., Мельникова В.Г., Лазарев Н.Д., Лябзина В.Е., Егорочкин К.А., Заичкин И.Н., Захаркин В.С., Головин А.А., Войтов Д.Ю. 54

ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УЗЛОВ И СИСТЕМ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

OBJECTIVES AND PROSPECTS FOR IMPROVING UNITS AND SYSTEMS OF SMALL SPACECRAFT

Штокал А.О., Рыков Е.В., Артемьев А.В., Шаханов А.Е., Шаталов В.К. 57

АДАПТИВНЫЙ ПРИНЦИП УПРАВЛЕНИЯ ГРУППИРОВКОЙ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

ADAPTIVE CONTROL PRINCIPLE FOR THE GROUPING OF SMALL SPACECRAFT

Емельянов С.Г., Самбуров С.Н., Артемьев О. Г., Фролов С.Н., Шиленков Е.А., Титенко Е.А., Бродский И.Э. 63

ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОСПУТНИКОВЫХ СТРУКТУР НА
ОСНОВЕ «ВЕКТОРНОЙ МОДЕЛИ ОБЗОРА ЗЕМЛИ»

OPTIMIZING MULTI-SATELLITE STRUCTURES USING «VECTOR
MODEL OF THE EARTH SURVEY

Саульский В.К., Ильина И.Ю. 66

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ
КОСМИЧЕСКОЙ ГРУППИРОВКИ ДЛЯ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ
ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

METHOD FOR DETERMINING OPTIMAL SPACE SYSTEM
STRUCTURE FOR EARLY DETECTION FOREST FIRES

Ильина И.Ю., Саульский В.К. 69

ИННОВАЦИОННАЯ ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ СИСТЕМА
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С
ПОВЫШЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ДУГООБРАЗОВАНИЮ

INNOVATIVE HIGH-VOLTAGE SPACECRAFT POWER SUPPLY
SYSTEM WITH INCREASED ARRC RESISTANCE

Иванова Ю.А., Власов В.Д., Груздев А.И., Носов Д.Ю. 72

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УДАЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО
МУСОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПОСОБОВ ИСПАРЕНИЯ
МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В ОКОЛОЗЕМНОМ
КОСМИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR THE REMOVAL OF
SPACE DEBRIS USING EVAPORATION METHODS OF SMALL
SPACECRAFT IN NEAR-EARTH SPACE

Твердохлебова Е.М., Шаповалов Р.В., Сергеев В.Е. 75

ВЛИЯНИЕ СОЗДАНИЯ МНОГОСПУТНИКОВЫХ КОСМИЧЕСКИХ
ГРУППИРОВОК НА ПРОБЛЕМУ ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОРЕНИЯ
ОКП И СПОСОБЫ ЕЁ РЕШЕНИЯ

INFLUENCE OF CREATION OF MULTI-SATELLITE SPACE
GROUPINGS ON THE PROBLEM OF MAN-MADE BLOCKAGE OF
NEAR-EARTH OUTER SPACE AND METHODS FOR ITS SOLUTION

Коробушин Д.В., Шаповалов Р.В., Сергеев В.Е. 77

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ РАСЧЕТОВ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАПАСОВ РАДИОЛИНИЙ БОРТОВЫХ И
ЗЕМНЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-
КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

**METHODOLOGICAL APPROACH TO CALCULATING THE ENERGY
STORAGE OF RADIO LINKS OF ONBOARD AND GROUND RADIO
ELECTRONIC EQUIPMENT OF ROCKET AND SPACE EQUIPMENT**

Хартов В.В., Твердохлебова Е. М., Исков Д. А., Никитин Е.А.,
Кривобоков Е.Э., Кондиров В.В. 81

ПЕРСПЕКТИВНАЯ МОДЕЛЬ СПУТНИКОВОГО ИНТЕРНЕТА

A PROMISING MODEL OF SATELLITE INTERNET

Пантелеймонов И.Н., Захаров А.А., Потюпкин А.Ю., Химочко О.Л.,
Усиков С.Б. 84

**ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ НАЗЕМНОГО
КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСПУТНИКОВЫМИ
ОРБИТАЛЬНЫМИ ГРУППИРОВКАМИ С УЧЁТОМ ФАКТОРОВ
НАДЁЖНОСТИ СРЕДСТВ**

**ESTIMATION OF THE CAPACITY OF THE GROUND CONTROL
COMPLEX FOR MULTI-SATELLITE ORBITAL CONSOLIDATIONS,
ACCORDING TO THE FACTORS OF RELIABILITY OF MEANS**

Потюпкин А.Ю., Тимофеев Ю.А., Волков С.А. 88

**ОТКРЫТЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «УЕМКА» ДЛЯ
УПРАВЛЕНИЯ ЦЕЛЕВЫМИ УСТРОЙСТВАМИ SMART-
НАНОСПУТНИКОВ**

**OPENSOURCE ENDPOINT MANAGEMENT SOFTWARE «UEMKA»
FOR SMART-NANOSATELLITES**

Щеглов Г.А., Жумаев З.С., Жданова К.А., Каменев Н.Д. 91

**Секция 1. «ИССЛЕДОВАНИЕ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА
К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО И ИСТОРИЯ РАКЕТНО-
КОСМИЧЕСКОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ» 94**

«Я ЗАЖЕГ ЭТОТ ОГОНЬ». К 120-ЛЕТИЮ НАУЧНОГО ТРУДА
К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО "ИССЛЕДОВАНИЕ МИРОВЫХ
ПРОСТРАНСТВ РЕАКТИВНЫМИ ПРИБОРАМИ" (1903-2023)

"I LIT THIS FIRE." ON THE 120TH ANNIVERSARY OF
K.E. TSIOLKOVSKY'S SCIENTIFIC WORK "EXPLORATION OF
WORLD SPACES BY JET DEVICES" (1903-2023)

Желнина Т.Н. 94

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И В.И. ВЕРНАДСКИЙ О ВОЗМОЖНОМ
БУДУЩЕМ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

K.E. TSIOLKOVSKY AND V.I. VERNADSKY ABOUT THE POSSIBLE
FUTURE OF MANKIND

Лыткин В.В. 113

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ Н.А. РОЖКОВА О БУДУЩЕМ
ЧЕЛОВЕЧЕСТВА: ИСТОРИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ
ФОРМИРОВАНИЯ ВЗГЛЯДОВ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО

N.A. ROZHKOVS' IDEAS ABOUT THE FUTURE OF MANKIND: THE
HISTORICAL CONTEXT OF THE FORMATION OF THE VIEWS OF
K.E. TSIOLKOVSKY

Хорунжий А.В. 119

НАСИЛИЕ И ВОЙНА В КОСМИЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ
ФАНАСТИКЕ (ОТ И. ЕФРЕМОВА И Р. ХАЙНЛАЙНА ДО
С. ТАРМАШЕВА)

SOVIET SCIENCE FICTION AS A MIRROR OF THE SUCCESS OF
COSMONAUTICS

Грушевицкая Т.Г. 129

АКТУАЛЬНОСТЬ ПЛАНА «КОСМИЧЕСКИХ ДОСТИЖЕНИЙ»
К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО

RELEVANCE OF THE PLAN "SPACE ACHIEVEMENTS" BY
K.E. TSIOLKOVSKY

Александров С.В. 135

ВОПРОС О ВНЕЗЕМНОЙ ЖИЗНИ В ТРУДАХ РОССИЙСКИХ
УЧЕНЫХ (ОТ М.В. ЛОМОНОСОВА ДО К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО)

THE QUESTION OF EXTRATERRESTRIAL LIFE IN THE WORKS OF
RUSSIAN SCIENTISTS (FROM M.V. LOMONOSOV TO
K.E. TSIOLKOVSKY)

Дружинин Ю.О. 137

ВЕКТОРНЫЕ И СКАЛЯРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА
СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ КОСМОНАВТИКИ (ИСТОРИКО-
НАУЧНЫЙ АСПЕКТ)

VECTOR AND SCALAR PARAMETERS OF THE PROCESS OF
FORMATION AND DEVELOPMENT OF COSMONAUTICS
(HISTORICAL AND SCIENTIFIC ASPECTS)

Чеснов В.М. 139

ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ЖРД РД-170

FROM HISTORY OF CREATION OF RD-170 LRE

Судаков В.С., Колинова С.А. 143

ПРОБЛЕМЫ МАРСИАНСКОЙ ПИЛОТИРУЕМОЙ ЭКСПЕДИЦИИ И
ИХ ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

PROBLEMS OF THE MARTIAN MANNED EXPEDITION AND THEIR
POSSIBLE SOLUTIONS

Герасютин С.А. 147

ВОЕНАЧАЛЬНИКИ СОВЕТСКО-РОССИЙСКОГО КОСМОСА

MILITARY LEADERS OF THE SOVIET-RUSSIAN SPACE

Исаченко А.М. 153

А.П. ФАЙДЫШ-КРАНДИЕВСКИЙ - СОЗДАТЕЛЬ МОНУМЕНТА
«ПОКОРИТЕЛЯМ КОСМОСА» В МОСКВЕ

A.P. FAIDYSH-KRANDIEVSKY IS THE CREATOR OF THE
MONUMENT TO THE CONQUERORS OF SPACE IN MOSCOW

Мусатова Т.П. 158

**Секция 2. «ПРОБЛЕМЫ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ»..... 164**

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ В
ЭКСПЕРИМЕНТЕ «УРАГАН» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АППАРАТУРЫ «ICARUS»

EVALUATION OF ACCURACY OF DATA OBTAINED DURING
«URAGAN» INVESTIGATION USING «ICARUS» HARDWARE

Беляев М.Ю., Пичугин С.Б., Тертицкий Г.М., Харчиков М.А. 164

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
«ИЗГИБ» НА МКС

SOME RESULTS OF THE «IZGIB» SPACE EXPERIMENT ON BOARD
THE ISS

Монахов М.И., Аюкаева Д.М., Беляев М.Ю., Матвеева Т.В. 166

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И
ИССЛЕДОВАНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С МЕЖДУНАРОДНОЙ
КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ, В ПАО «РКК «ЭНЕРГИЯ»

PROCESSING OF EXPERIMENTAL AND RESEARCH RESULTS
OBTAINED FROM THE INTERNATIONAL SPACE STATION AT RSC
ENERGIA COMPANY

Смоленцева Л.А. 171

СРЕДСТВА ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ
ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

TRAINING TOOLS FOR OPERATORS OF THE MANNED SPACE
VEHICLE AUTOMATED CONTROL SYSTEM

Бронников С.В. 173

К 30-ЛЕТИЮ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «ЗНАМЯ-2» ПО
РАЗВЕРТЫВАНИЮ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ КРУПНОГАБАРИТНОЙ
КОНСТРУКЦИИ НА ТГК «ПРОГРЕСС», КАК МЕЧТЫ
К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО

TO THE 30TH ANNIVERSARY OF THE ZNAMYA-2 SPACE
EXPERIMENT ON THE DEPLOYMENT OF A CENTRIFUGAL
LARGE-SIZED STRUCTURE AT PROGRESS TGC, LIKE K.E.
TSIOLKOVSKY'S DREAM

Мельников В.М., Бондаренко Ю.А. 179

СОСТОЯНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПРОЕКТА КОСМИЧЕСКОЙ
СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ OMEGA

STATE OF THE PROMISING SPACE SOLAR POWER PROJECT
OMEGA

Бондаренко Ю.А., Мельников В.М. 183

СЕЛЕНОДЕЗИЧЕСКОЕ ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ V: ЛУННОЕ ВРЕМЯ И
НАВИГАЦИЯ

SELENODESIC EXPLORATION OF THE MOON V: LUNAR TIME
AND NAVIGATION

Гусев А.В., Менг Ж., Пинг З. 186

МОДЕЛЬНЫЕ ПОРОШКОВЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ИМИТАТОРА
ЛУННОГО ГРУНТА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ АДДИТИВНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
ИНФРАСТРУКТУРЫ ЛУННОЙ БАЗЫ ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ

MODEL POWDER POLYMER COMPOSITES BASED ON LUNAR
SOIL SIMULATOR FOR ADDITIVE TECHNOLOGIES FOR
MANUFACTURING OF LUNAR BASE INFRASTRUCTURE
ELEMENTS FROM LOCAL RAW MATERIALS

Бабаевский П.Г., Козлов Н.А., Бажура А.С., Чурило И.В. 190

ВЕРОЯТНОСТЬ ДОСТАВКИ ПАКЕТА СООБЩЕНИЯ ПО
МНОГОПРОЛЁТНОЙ НИЗКООРБИТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ СВЯЗИ
ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ НЕШТАТНОЙ СИТУАЦИИ

A PROBABILITY OF MESSAGE PACKET DELIVERY OVER
MULTIHOP LOW EARTH ORBIT COMMUNICATIONS SYSTEM IN
EMERGENCY MODE

Пичугин С.Б. 193

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЕРЕЛЕТОВ КА С МАЛОЙ ТЯГОЙ МЕТОДОМ
ЛИНЕАРИЗАЦИИ

OPTIMIZATION OF LOW-THRUST SPACECRAFT FLIGHTS BY THE
LINEARIZATION METHOD

Казмерчук П.В., Вернигора Л.В. 196

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ БИНАРНОГО УПРАВЛЕНИЯ
С АДАПТАЦИЕЙ В ОСОБЫХ ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЯХ

FEATURES OF NONLINEAR BINARY CONTROL OF DYNAMIC
SYSTEMS WITH ADAPTATION IN SPECIAL PHASE STATES

Зайцев А.В., Канушкин С.В., Каримов Р.В. 199

НЕКОТОРЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЖИДКОСТНЫХ
РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ (100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
АКАДЕМИКА В.Е. АЛЕМАСОВА – ПОСВЯЩАЕТСЯ)

SOME WAYS TO IMPROVE LIQUID MISSILE ENGINES (100TH
ANNIVERSARY OF BIRTH ACADEMICIAN V.E. ALEMASOV -
DEDICATED)

Алтунин В.А., Платонов Е.Н., Абдуллин М.Р., Пронин К.А.,
Юсупов А.А., Мусина И.М., Жилиякова А.Е., Яновская М.Л. 201

АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЁТА КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ
К МОТОРНОМУ АВИАЦИОННОМУ МАСЛУ В СЛОЖНЫХ
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АВИАЦИОННЫХ И
АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ANALYSIS OF THE METHODS FOR CALCULATING THE HEAT
TRANSFER COEFFICIENT TO MOTOR AVIATION OIL IN
DIFFICULT THERMODYNAMIC CONDITIONS OF AVIATION AND
AEROSPACE ENGINES

Алтунин В.А., Львов М.В., Щиголев А.А., Юсупов А.А., Кореев Е.П.,
Яновская М.Л. 205

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ИЗМЕНЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ЧИСТОГО ГИДРАЗИНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ,
АЭРОКОСМИЧЕСКИХ, ГИПЕРЗВУКОВЫХ И КОСМИЧЕСКИХ

ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ОДНО – И МНОГОРАЗОВОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

DEVELOPMENT OF A METHOD OF CHANGING THE
THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF PURE HYDRAZINE TO
INCREASE THE EFFICIENCY OF AIR, AEROSPACE HYPERSONIC
AND SPACE AIRCRAFT, ONE - AND REUSABLE USE

Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М.,
Кореев Е.П., Яновская М.Л. 209

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ТОПЛИВНЫХ
ФОРСУНОК РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ И
АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

DEVELOPMENT OF STRUCTURAL SCHEMES OF FUEL NOZZLES
OF REACTIVE ENGINES OF AIR AND AEROSPACE AIRCRAFT

Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Пронин К.А.,
Баданов Н.С., Фаррахов А.Б., Жияякова А.Е., Яновская М.Л. 212

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРИ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОДОВ
ТИПА «ИГЛА – ИГЛА» В ЖИДКОМ УГЛЕВОДОРОДНОМ
ГОРЮЧЕМ В ЗЕМНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

DEVELOPMENT OF WAYS TO DETERMINE CHARACTERISTICS OF
ELECTROSTATIC FIELDS WITH ELECTRODE SYSTEM TYPE
"NEEDLE - NEEDLE" IN LIQUID HYDROCARBON FUEL IN THE
EARTH AND COSMIC CONDITIONS

Алтунин В.А., Алтунин К.В., Пронин К.А., Юсупов А.А.,
Фаррахов А.Б., Жияякова А.Е., Мусина И.М., Яновская М.Л. 216

СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ, СТАБИЛИЗАЦИИ И КОРРЕКЦИИ КЛА
С МАЛОЙ МАССОЙ НА ОСНОВЕ ИМПУЛЬСНЫХ ЛАЗЕРНЫХ
РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

SYSTEM FOR ORIENTATION, STABILIZATION AND CORRECTION
OF SPACECRAFT WITH LOW MASS BASED ON PULSED LASER
ROCKET ENGINES

Саттаров А.Г., Бикмучев А.Р., Сочнев А.В., Зиганшин Б.Р. 219

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОММЕРЧЕСКОГО МАЛОГО
КОСМИЧЕСКОГО РАЗГОННОГО БЛОКА

FEATURES OF USING A COMMERCIAL SMALL SPACE TUG

Кислицкий М.И. 221

О ВОЗМОЖНОСТИ УСКОРЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА
ОРБИТАЛЬНОЙ РАЗГОННОЙ СТАНЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ
СИСТЕМЫ «ЗЕМЛЯ-МАРС»

ON THE POSSIBILITY OF ACCELERATED IMPLEMENTATION OF
THE ORBITAL ACCELERATING STATION PROJECT OF THE
TRANSPORT SYSTEM "EARTH-MARS"

Худяков С.Н. 223

ОБЩЕЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО
АППАРАТА НА СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ, РАБОТАЮЩЕГО В
АТМОСФЕРЕ МАРСА

GENERAL DESIGN OF A SOLAR-POWERED UNMANNED AERIAL
VEHICLE OPERATING IN THE MARS ATMOSPHERE

Чэнь Лэй 227

ПРИМЕНЕНИЕ ПОДАТЛИВЫХ МЕХАНИЗМОВ В
АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

THE USE OF COMPLIANT MECHANISMS IN AEROSPACE
INDUSTRY

Миловидов А.В., Серебрянский С.А. 229

МНОГОРАЗОВАЯ ТРЕХСТУПЕНЧАТАЯ СВЕРХТЯЖЁЛАЯ
РАКЕТА-НОСИТЕЛЬ С ВЫТЕСНИТЕЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ

REUSABLE THREE-STAGE SUPERHEAVY BOOSTER WITH
PRESSURE FEED

Бечаснов П.М., Ильин А.М. 233

**Секция 3. «К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И МЕХАНИКА
КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА»**

О ЗАДАЧЕ 12-Х СОРЕВНОВАНИЙ ПО ГЛОБАЛЬНОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ ТРАЕКТОРИЙ (GTOC 12)

ABOUT THE PROBLEM OF THE 12-TH GLOBAL TRAJECTORY
OPTIMIZATION COMPETITION (GTOC 12)

Галяев А.А., Самохин А.С., Самохина М.А. 236

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЭЙЛЕРА-ЛАМБЕРТА МЕТОДОМ
ОХОЦИМСКОГО-ЕГОРОВА

SOLUTION OF THE EULER-LAMBERT PROBLEM BY THE
OKHOTSIMSKY-EGOROV METHOD

Ивашкин В.В., Иванюхин А.В. 238

ГИПОТЕТИЧЕСКАЯ ПЛАНЕТА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ
И РАСЧЕТЫ ЕЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

HYPOTHETICAL PLANET OF THE SOLAR SYSTEM AND
CALCULATIONS OF ITS MAIN PARAMETERS

Астахов А.В. 241

РЕАЛИЗАЦИЯ ДВУХИМПУЛЬСНОГО ПЕРЕХОДА
КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА ВЫСОКИЕ КРУГОВЫЕ
ОРБИТЫ ИСКУССТВЕННОГО СПУТНИКА ЛУНЫ

IMPLEMENTATION OF A TWO-PULSE SPACECRAFT TRANSITION
TO HIGH CIRCULAR ORBITS OF AN ARTIFICIAL MOON
SATELLITE

Гордиенко Е.С., Ивашкин В.В., Симонов А.В., Розин П.Е. 244

ОПТИМИЗАЦИЯ ВОЗВРАТА НА ЗЕМЛЮ С ОКОЛОЛУННОЙ
ГАЛО-ОРБИТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВИЖЕНИЯ ПО
ИНВАРИАНТНЫМ МНОГООБРАЗИЯМ

OPTIMIZATION OF THE RETURN TO EARTH FROM THE LUNAR
HALO ORBIT USING INVARIANT MANIFOLDS

Королевский Э.Д., Иванюхин А.В. 248

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СКВОЗНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ОБ ОБЛЕТЕ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОБЪЕКТОВ НА БЛИЗКИХ
ОКОЛОКРУГОВЫХ ОРБИТАХ

FORMULATION OF END-TO-END OPTIMIZATION PROBLEM ABOUT
OBJECTS SEQUENCE FLY-BY ON CLOSE NEAR-CIRCULAR
ORBITS

Сесюкалов В.А. 250

СКВОЗНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ МЕЖПЛАНЕТНЫХ ТРАЕКТОРИЙ С
МАЛОЙ ТЯГОЙ С УЧЕТОМ ПРИТЯЖЕНИЯ ПЛАНЕТ И СОЛНЦА
НА ВСЕХ УЧАСТКАХ ТРАЕКТОРИИ

END-TO-END OPTIMIZATION OF INTERPLANETARY LOW
THRUST TRAJECTORIES CONSIDERING GRAVITY OF THE
PLANETS AND THE SUN IN ALL SEGMENTS OF THE
TRAJECTORY

Петухов В.Г., Юн Сон Ук 254

УПРАВЛЯЕМЫЙ ПОСРЕДСТВОМ СМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС
ПОЛЕТ СПУСКАЕМОГО АППАРАТА ОСНАЩЕННОГО
НАДУВНЫМ ТОРМОЗНЫМ УСТРОЙСТВОМ

CONTROLLING THE MOTION OF A DESCENT VEHICLE EQUIPPED
WITH AN INFLATABLE BRAKING DEVICE BY SHIFTING THE
CENTER OF MASS

Корянов В.В., Кухаренко А.С. 257

АНАЛИЗ ТРАЕКТОРИЙ ПЕРЕЛЕТА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА
К ВЕНЕРЕ С ПРОЛЕТОМ АСТЕРОИДОВ

ANALYSIS OF SPACECRAFT TRAJECTORIES TO VENUS WITH
ASTEROID FLYBY

Зубко В.А., Эйсмонт Н.А., Суханов А.А., Федяев К.С., Беляев А.А.
..... 261

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ГЛОБАЛЬНОСТИ МОНИТОРИНГА ТКО
ОРИТАЛЬНЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ

AN APPROACH TO ESTIMATE THE GLOBALITY OF SPACE
OBJECT OBSERVATION BY SPACE BASED TELESCOPES

Беляев А.А., Гаврилова А.А., Ступак Г.Г., Корянов В.В. 264

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ОРБИТ ВОКРУГ ТОЧЕК
ЛИБРАЦИИ В КРУГОВОЙ ОГРАНИЧЕННОЙ

ЗАДАЧЕ ТРЕХ ТЕЛ

STUDY OF THE PERIODIC ORBIT FAMILIES IN CIRCULAR RESTRICTED THREE BODY PROBLEM

Гафурова Д.Р. 267

ФОРМА ДЕСАНТНОГО МОДУЛЯ С РОТОРНОЙ СИСТЕМОЙ ДЛЯ ПОЛЕТА В АТМОСФЕРЕ ВЕНЕРЫ

FORM OF THE LANDING MODULE WITH A ROTOR SYSTEM FOR FLIGHT IN THE VENUS ATMOSPHERE

Шеремет А.А., Рыжков В.В. 270

Секция 4. «К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ» 273

ДИНАМИКА БИОМАРКЕРОВ КОСТНОЙ ТКАНИ У ЗДОРОВЫХ МУЖЧИН ПРИ НАХОЖДЕНИИ В УСЛОВИЯХ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ

DYNAMICS OF BONE TISSUE BIOMARKERS IN HEALTHY MEN UNDER THE CONDITIONS OF “DRY” IMMERSION

Васильева Г.Ю., Гимадиев Р.Р., Васильев И.М., Воробьёва А.В.,
Лукичёва Н.А., Гордиенко К.В. 273

О ВКЛАДЕ УЧЕНЫХ ИНСТИТУТА АВИАЦИОННОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ В АВИАКОСМИЧЕСКУЮ МЕДИЦИНУ

ON CONTRIBUTION OF SCIENTISTS OF THE INSTITUTE OF AVIATION AND SPACE MEDICINE TO AEROSPACE MEDICINE

Дворников М.В., Матюшев Т.В., Меденков А.А., Максимова И.Д.,
Малышев А.Д., Рыбина А.С. 278

ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНО-КОНТРАСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОРГАНА ЗРЕНИЯ КОСМОНАВТОВ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

CHANGES IN THE FREQUENCY-CONTRAST INDICATORS OF THE COSMONAUTS' VISUAL ORGAN AFTER LONG-TERM ORBITAL SPACE FLIGHTS

Даниличев С.Н.	283
---------------------	-----

**ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНА СЛУХА И СОСТАВ
МИКРОФЛОРЫ ЛОР-ОРГАНОВ В УСЛОВИЯХ 7-СУТОЧНОЙ
«СУХОЙ» ИММЕРСИИ**

**FUNCTIONAL STATE OF THE HEARING ORGAN AND THE
MICROFLORA COMPOSITION UNDER CONDITIONS OF 7-DAY
"DRY" IMMERSION**

Сигалева Е.Э., Пасекова О.Б., Мацнев Э.И., Марченко Л.Ю., Ильин В.К.	285
--	-----

**ОСОБЕННОСТИ ПОДДЕРЖАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ У
ОПЕРАТОРОВ ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ
ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ
ГИДРОСРЕДЫ**

**FEATURES TO MAINTAIN THE VERTICAL POSITION OF THE
OPERATOR AFTER PERFORMING EXTRAVENICULAR ACTIVITIES
IN A HYDRO-ENVIRONMENT**

Кукоба Т.Б., Ларионов А.В., Киреев К.С.	294
--	-----

**ПРОБЛЕМЫ ПАТОФИЗИОЛОГИИ ПОЧЕК В УСЛОВИЯХ
МИКРОГРАВИТАЦИИ**

PROBLEMS OF KIDNEY PATHOPHYSIOLOGY IN MICROGRAVITY

Яковлева А.С.	296
--------------------	-----

**ВЛИЯНИЕ «ВРАЩЕНИЯ» НА ЦЕНТРИФУГЕ ЦФ-18 НА
ВЕСТИБУЛЯРНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ**

**INFLUENCE CF-18 CENTRIFUGE EFFECT ON VESTIBULAR
STABILITY**

Миняйло Я.Ю., Киреев К.С.	299
--------------------------------	-----

Секция 5. «АВИАЦИЯ И ВОЗДУХОПЛАВАНИЕ» 303

**ИССЛЕДОВАНИЯ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В
АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЕ**

K.E. TSIOLOVSKY'S RESEARCH IN A WIND TUNNEL

Горбушин А.Р. 303

НАСТОЯЩЕЕ СЛУЖЕНИЕ НАУКЕ. К 135-ЛЕТИЮ СО ДНЯ
РОЖДЕНИЯ В.П. ВЕТЧИНКИНА

TRUE SERVICE TO SCIENCE. TO THE 135TH ANNIVERSARY OF
THE BIRTH OF V.P. VETCHINKIN

Офицеров В.А. 306

МОДЕЛИ ОБОЛОЧКИ ДИРИЖАБЛЯ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО КАК
ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ФОРМА ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКИХ ИДЕЙ УЧЕНОГО В ОБЛАСТИ
ВОЗДУХОПЛАВАНИЯ

K. E. TSIOLKOVSKY AIRSHIP SHELL MODELS AS AN
INSTRUMENTAL FORM OF POPULARIZATION OF SCIENTIFIC
AND TECHNICAL IDEAS OF A SCIENTIST IN THE FIELD OF
AERONAUTICS

Архипцева А.А. 308

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR CIVIL AVIATION UNMANNED
AIRCRAFT APPLICATION

Боков С.Р., Ефимов В.В. 311

БЕЗБАЛЛАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ АЭРОСТАТИЧЕСКИМИ
ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

BALLASTLESS CONTROL OF AEROSTATIC AIRCRAFT

Печейкина М.А., Раков Д.Л. 313

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОЗДАНИЯ МАЛОГО
АВТОМАТИЧЕСКОГО АЭРОСТАТА С БАЛЛАСТНОЙ
ОБОЛОЧКОЙ

THEORY AND PRACTICE OF CREATING A SMALL AUTOMATIC
BALLOON WITH A BALLAST SHELL

Щербачков Ю.В., Дидковский А.А., Ефремов Д.И., Хмель Д.С. 317

ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СХЕМ БПЛА
САМОЛЕТНОГО ТИПА С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ВЗЛЕТОМ И
ПОСАДКОЙ

FEATURES OF AERODYNAMIC SCHEMES OF AIRPLANE-TYPE
UAVS WITH VERTICAL TAKEOFF AND LANDING

Агафонов М.М., Гранич В.Ю., Зинченко А.П., Феоктистов А.Н. 319

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ В ИНТЕРЕСАХ ПИЛОТИРУЕМОЙ
КОСМОНАВТИКИ

THE POSSIBILITIES OF USING UNMANNED AERIAL VEHICLES IN
THE INTERESTS OF MANNED COSMONAUTICS

Анисимов А.А., Куликов И.Н., Крючков Б.И. 321

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТЕПЕНИ ДВУХКОНТУРНОСТИ ТРДД ПРИ
АНАЛИЗЕ ВИХРЕВОГО ЗАСАСЫВАНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ С
ВПП

BYPASS RATIO SIMULATION OF THE TURBOFAN ENGINE IN THE
ANALYSIS OF THE VORTEX SUCTION OF SOLID PARTICLES
FROM THE RUNWAY

Акинфиев В.О., Ливерко Д.В., Решетин В.О. 324

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БПЛА
НА ЭТАПЕ ВЗЛЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРЕМЫ ОБ
ИЗМЕНЕНИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

DETERMINING THE KINEMATIC CHARACTERISTICS OF UAV AT
THE TAKEOFF STAGE USING THE THEOREM OF CHANGE IN
KINETIC ENERGY

Гончаренко В.П., Грибков Ю.А., Пилипчук А.П., Миронов Д.А. 328

РАСЧЁТ СЛАБЫХ ЗВЕНЬЕВ КОНСТРУКЦИИ ОСНОВНЫХ ОПОР
ШАССИ САМОЛЁТА В СТАТИЧЕСКОЙ ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ

CALCULATION OF THE WEAK LINKS OF THE MAIN LANDING
GEARS IN THE STATIC FORMULATION OF THE PROBLEM

Титов Е.И., Серебрянский С.А. 331

ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫНУЖДЕННОЙ
ПОСАДКИ САМОЛЕТОВ НА ВОДУ

SAFETY ISSUES OF DITCHING

Шорыгин О.П., Гонцова Л.Г., Беляевский А.Н., Максютлов А.К. 334

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕТЧИКОМ НЕИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ И
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В НЕСТАНДАРТНЫХ
ПОЛЕТНЫХ СИТУАЦИЯХ

THE USE OF INSTRUMENT AND NON-INSTRUMENT
INFORMATION MODELS BY PILOTS IN UNEXPECTED
SITUATIONS

Меликова М.Б. 337

ПРИНЦИП РАБОТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДОПОЛНЕНИЯ
АСУВД, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО СОБЛЮДЕНИЕ НОРМ
ЭШЕЛОНИРОВАНИЯ ВС ПРИ ПРЕРЫВАНИИ ИЛИ
ПРЕКРАЩЕНИИ ОВД НА ОСНОВЕ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ

THE PRINCIPLE OF OPERATION OF THE FUNCTIONAL
COMPLEMENT OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM,
ENSURING COMPLIANCE WITH THE NORMS OF SEPARATION OF
AIRCRAFT DURING THE INTERRUPTION OR TERMINATION OF
ATC BASED ON SURVEILLANCE SYSTEMS

Дармограев М.С., Адамов Д.С. 339

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО
КОНТРОЛЯ В ПОЛЁТЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

INTELLIGENT SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL IN FLIGHT OF
THE HYDRAULIC SYSTEM OF THE AIRCRAFT

Бобрин М.А., Клёмина Л.Г., Шестаков И.Н. 342

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В АВИАЦИИ

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AVIATION

Чунтул А.В. 345

УНИВЕРСАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ
МОДЕЛИРОВАНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

UNIVERSAL SOFTWARE FOR MODELING AEROSPACE SYSTEMS

Раков Д.Л. 346

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОТРЫВА КАПОТОВ ПРИ ВЗЛЕТЕ
ВОЗДУШНОГО СУДНА С СОВРЕМЕННОЙ КОМПОНОВКОЙ
СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ

PREVENTION OF FAN COWL LOSS DURING TAKEOFF OF AN
AIRCRAFT WITH MODERN POWERPLANT LAYOUT

Тарасов Е.А., Комов А.А. 349

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ
МОДЕЛЕЙ БОРТОВОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ГРАФОВ

ON THE USE OF DIAGNOSTIC MODELS OF ON-BOARD
ELECTRONIC EQUIPMENT BASED ON GRAPHS

Жемаева Д.А., Кулешов Д.А., Гевак Н.В. 354

ТЕСТИРОВАНИЕ КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

TESTING AS PART OF THE EDUCATIONAL PROCESS EFFICIENCY
CONTROL SYSTEM

Бабенко Г.Н., Баланчук Н.Ю., Боков С.Р. 356

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СУТОЧНЫЕ РИТМЫ И УТОМЛЯЕМОСТЬ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ГРАЖДАНСКОЙ
АВИАЦИИ

INDIVIDUAL CIRCADIAN RHYTHMS AND FATIGUE OF CIVIL
AVIATION MAINTENANCE STAFF

Рыбалкина А.Л. 358

О ПРОБЛЕМАХ ОБУЧЕНИЯ ПИЛОТИРОВАНИЮ, СВЯЗАННЫХ С
ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ФАКТОРОМ

ON THE PROBLEMS OF PILOT TRAINING RELATED

TO THE HUMAN FACTOR

Сары Асуде..... 360

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ 363

СОДЕРЖАНИЕ..... 371