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

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ. ИСТОРИЯ, ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОСМОНАВТИКИ

Материалы
LXI Научных чтений, посвященных разработке научного
наследия и развитию идей К.Э. Циолковского

Часть 1

Калуга, 2026

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

K.E. TSIOLKOVSKY. HISTORY, ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF COSMONAUTICS

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

Part 1

Kaluga, 2026

ББК
И
LXI Научные чтения, посвященные разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского 2026 г., проводятся при содействии Правительства Калужской области

***
Ответственные за выпуск:
Н.А. Абакумова, А.А. Мясников, Л.Н. Канунова

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

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ. ИСТОРИЯ, ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОСМОНАВТИКИ

И
Материалы LXI Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 1. Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»). 2026. – ... с. – 350 экз.

ISBN

ISBN
ISBN

© Авторы докладов, 2026

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 94
eLIBRARY.RU:03.23.55

Соловьев В.А.
Solovyov V.A.
академик РАН
генеральный конструктор – заместитель генерального директора,
генеральный конструктор по пилотируемым
космическим системам и комплексам
ПАО «РКК «Энергия»

К 65-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО ПИЛОТИРУЕМОГО ПОЛЁТА В КОСМОС

ON THE 65TH ANNIVERSARY OF THE FIRST MANNED SPACE FLIGHT

Аннотация. Доклад посвящен 65-летнему юбилею первого пилотируемого полета в космос.

Ключевые слова: программа «Восток», создание орбитальных станций серии «Салют» и многомодульной станции «Мир», МКС.

Abstract. The report is dedicated to the 65th anniversary of the first manned space flight.

Keywords: the Vostok program, the creation of the Salyut series orbital stations and the Mir multi-module station, the ISS.

В докладе кратко описана история создания первых баллистических ракет, первого спутника, проектирования корабля «Восток», его основные характеристики. В материале кратко освещаются ключевые этапы развития: эпоха программы «Восток», создание орбитальных станций серии «Салют» и многомодульной станции «Мир», участие в международном проекте Международной космической станции. Рассказано о нештатных ситуациях, имевших место в полете Ю.А. Гагарина на корабле «Восток», их причинах и последствиях.

Прошедшие 65 лет отечественной пилотируемой космонавтики - это хроника беспрецедентного прорыва, дерзких мечтаний и грандиозных свершений. От первых робких шагов на орбите до

создания сложнейших космических лабораторий, каждый этап этого пути отмечен новаторскими идеями, стойкостью духа и неукротимым стремлением человека к звездам.

65-летие отечественной пилотируемой космонавтики - это не только повод вспомнить героическое прошлое, но и уверенный шаг в будущее. От первого полёта Гагарина до перспективных замыслов освоения Луны и Марса, российская космонавтика продолжает писать свою историю, демонстрируя миру стремление человека к освоению неизведанного и веру в безграничные возможности науки и техники.

УДК 908
eLIBRARY.RU: 13.51.00

Тимошенкова Е.А.
Timoshenkova E.A.
правнучка К.Э. Циолковского
заведующий отделом
Дом-музей К.Э. Циолковского

ПО СТРАНИЦАМ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ МЕМОРИАЛЬНОГО ДОМА-МУЗЕЯ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО. К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОТКРЫТИЯ

THROUGH THE PAGES OF HISTORY OF THE K.E. TSIOLKOVSKY MEMORIAL HOUSE-MUSEUM. ON THE 90TH ANNIVERSARY OF ITS OPENING

Аннотация. В статье рассказывается об истории создания Мемориального дома-музея К.Э. Циолковского (от покупки семьей ученого небольшого домика на окраине Калуги до создания мемориального музея ученого), который на протяжении девяноста лет открывает свои двери известным деятелям науки, культуры, искусства, политическим деятелям, космонавтам, знакомя их с жизнью и творчеством великого русского ученого К.Э. Циолковского.

Ключевые слова: Дом-музей К.Э. Циолковского, юбилей.

Abstract. The article tells the story of the creation of the K.E. Tsiolkovsky House-Museum (from the purchase of a small house on the outskirts of Kaluga by the scientist's family to the creation of the world's first space museum - the K.E. Tsiolkovsky House-Museum), which for ninety years has opened its doors to famous figures in science, culture, art,

politics, and cosmonauts, introducing them to the life and work of the great Russian scientist K.E. Tsiolkovsky.

Keywords: K.E. Tsiolkovsky House-Museum, anniversary.

Имя великого русского ученого, основоположника теории реактивного движения и космонавтики Константина Эдуардовича Циолковского известно во всем мире. Вся его жизнь - настоящий подвиг во имя людей, на благо всего человечества.

Более сорока лет жизни ученого было связано со старинным русским городом Калугой, и здесь свято сохраняется память об этом великом человеке. И, пожалуй, самым убедительным доказательством этого является Дом-музей ученого – драгоценная реликвия русского народа.

Небольшой домик на окраине города ученый приобрел весной 1904 года. Был он одноэтажным - одна жилая комната, кухня с чуланом и холодные темные сени. Дом, запущенный сад и огород, привела в порядок жена ученого, Варвара Евграфовна. Сам Циолковский, с утра до вечера занятый педагогической и научной работой, лишь изредка помогал жене: поправлял покосившийся забор, колол дрова, восстановил развалившийся от старости сруб колодца.

Спустя четыре года в результате сильного наводнения дом серьезно пострадал: фундамент дома, полы, печи, долго не проходила сырость. Главное, были повреждены книги и рукописи, испорчены физические и химические приборы, которые с большим трудом приобретались Константином Эдуардовичем на скромный заработок учителя. Необходимо было делать ремонт. Вскоре Циолковский нанял плотников, которые пристроили второй этаж - рабочий кабинет ученого и веранда-мастерская.

Прожили Циолковские в этом доме до 1933 года. Здесь им были написаны десятки важнейших работ по воздухоплаванию, авиации, реактивному движению, космонавтике, философии и многим другим проблемам. В 1933 году Калужский городской совет подарил К.Э. Циолковскому дом №1 по улице Циолковского в связи с 75-летием учёного.

19 сентября 1935 года ученого не стало. По Постановлению Московского облисполкома (Калуга тогда относилась к Московской области) решено было старый дом семьи Циолковских превратить в музей ученого. Для его создания родные ученого передали многие подлинные рукописи, книги, письма Константина Эдуардовича, вещи, которыми он пользовался. 19 сентября 1936 года музей принял первых посетителей. На первом этаже гости знакомились с научно-техническими идеями ученого, а также достижениями 30-х годов в

области авиации и воздухоплавания. В комнатах второго этажа была во всех деталях воссоздана бытовая обстановка. В течение многих лет она оставалась неизменной.

В 1941 году город был оккупирован фашистами. В здании музея расположились на постой солдаты-связисты. Часть наиболее ценных экспонатов сотрудникам музея и родственникам ученого удалось спасти. Погибли уникальные детали пишущей машинки, сделанные его руками, деревянные валы для гофрирования оболочек дирижаблей, самодельная мебель. Сразу после освобождения Калуги в декабре 1941 года в музее начались восстановительные работы, и два месяца спустя израненный и разграбленный музей вновь принял посетителей. Первыми его гостями стали воины-фронтовики.

1950-1960 гг. в работе музея прошли под пристальным вниманием Главного конструктора ракетно-космических систем Сергея Павловича Королева. Важным этапом в работе музея стал 1957 год. Страна готовилась торжественно отметить 100-летие со дня рождения Циолковского. По заданию С.П. Королева группа специалистов прибыла в Калугу. Целью поездки было ознакомление с музеем и выяснение, какая конкретно помощь ему требуется. Работы в музее велись по двум направлениям: ремонт здания, которым руководил заместитель С.П. Королева по общим вопросам Лев Авдеевич Малышев. Созданием новой экспозиции руководил доктор технических наук Борис Андреевич Адамовича.

С.П. Королев приехал в музей 15 сентября в составе большой делегации ученых. 17 сентября он уже выступал в Москве в Колонном зале Дома Союзов с докладом о творческом наследии Циолковского. Благодаря Королеву в жизни «домика у Оки» наступил новый этап – этап пропаганды первых шагов отечественной космонавтики. Именно в Доме-музее весной 1958 года появился первый космический экспонат – дублер первого искусственного спутника Земли. Фактически, музей стал первым и единственным в мире музеем, который, на примере уникальных экспонатов, начал рассказывать людям о космической науке, ее достижениях и перспективах.

К 1961 году, году полета Юрия Алексеевича Гагарина, музей располагал рядом уникальных космических экспонатов. В музее можно было увидеть дублер первого искусственного спутника Земли, копии вымпелов, доставленных на Луну, Венеру и Марс, скафандр, макеты космических аппаратов. Лишь одна часть экспозиции оставалась неизменной – кабинет ученого и веранда-мастерская. Однако, многие из уникальнейших экспонатов размещать было негде - их невозможно было разместить в маленьких комнатах старого

деревянного дома. Естественно, возник вопрос о расширении экспозиционных площадей.

13 мая 1960 года Совет Министров РСФСР принял распоряжение о строительстве в Калуге Государственного музея К.Э. Циолковского, впоследствии получивший название Государственного музея истории космонавтики имени К.Э. Циолковского. Первый камень в его основание 13 июня 1961 года заложил Юрий Алексеевич Гагарин.

Чем ближе становилось открытие Государственного музея истории космонавтики, тем острее вставал вопрос о дальнейшей судьбе мемориального дома. В ходе многочисленных дискуссий ученые, музееведы, сотрудники музея, родные ученого пришли к единому мнению – в доме должна быть полностью воссоздана мемориальная обстановка. В работе над новой экспозицией неоценимую помощь сотрудникам музея оказала единственная оставшаяся к тому времени в живых, дочь ученого – Мария Константиновна. Ею были переданы в музей около 200 бытовых предметов, семейные фотографии, письма.

В настоящее время в музее семь небольших комнат. На первом этаже дома расположены гостиная, столовая-прихожая, комната старшей дочери и маленькая кухня. Второй этаж можно назвать творческой лабораторией ученого. Здесь его кабинет с книгами и приборами, знаменитые «слухачи» (слуховые трубы) и подзорная труба на самодельном штативе. Рядом веранда-мастерская с моделями дирижаблей, гофрировальными станками, столярным и слесарным инструментом.

А чем сейчас живет музей? Несколько лет назад сотрудники музея завершили многолетнюю исследовательскую работу по созданию генеалогического древа рода Циолковских, было восстановлено около 150 имен людей, связанных с ученым. В настоящее время с ним можно познакомиться в доме-музее. Совместно с ГМИК им. К.Э. Циолковского ведутся несколько издательских проектов. А также большое внимание уделяется разработке научно-просветительских проектов для гостей всех возрастов. Одним из проектов стал проект «Велоботинок Циолковского» – вело путешествие по памятным местам, связанным с ученым.

90 лет назад порог музея переступил первый посетитель. К настоящему времени в музее побывали более двух с половиной миллионов человек.

Перелистайте книги отзывов музея, записи видных политических и общественных деятелей, ученых, космонавтов, работников культуры и искусства. По их отзывам можно судить о том впечатлении, которое оставило посещение музея. Вот только несколько отзывов:

«С большим удовольствием и волнением побывал в доме, где жил и творил Константин Эдуардович, - записал в Книге посетителей музея Юрий Алексеевич Гагарин, - Очень счастлив, что мне первому удалось осуществить мечту Циолковского – завершить труд многих тысяч людей, готовивших первый полет человека в космос. Для нас, космонавтов, пророческие слова Циолковского об освоении космоса всегда будут программными, всегда будут звать вперед».

«*Пусть вечно помнит человечество дела и мысли К.Э. Циолковского. Нам очень жаль, что этот человек не может видеть своими глазами, как его труд и мысли, его идеи воплощаются в жизнь»* – летчики-космонавты П. Беляев и А. Леонов.

Так много или мало 90 лет? Наверно, все-таки, немного. И завтра, и через 10 лет маленькие комнаты музея встретят своих гостей, которые приходят сюда, чтобы прикоснуться к жизни и творчеству ученого, мечтавшего, чтобы его труды принесли человечеству «горы хлеба и бездну могущества». Наверное, они согласятся с космонавтом Игорем Волком, который после знакомства с музеем написал: *«Сегодня я горд. Судьба позволила мне прикоснуться к Великому. И этим Великим стал маленький домик на берегу Оки».*

УДК 94
eLIBRARY.RU:03.01.09

Сорокин И.В.
Sorokin I.V.
доктор технических наук
главный эксперт по целевому использованию
пилотируемых космических комплексов
РКК «Энергия»

ПОСЛЕДНИЙ ПРОЕКТ К.П. ФЕОКТИСТОВА. К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПЕРВОГО КОСМОНАВТА-УЧЁНОГО

K.P. FEOKTISTOV'S FINAL PROJECT. COMMEMORATING THE 100th ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF THE FIRST COSMONAUT-SCIENTIST

Аннотация. Доклад посвящен Константину Петровичу Феоктистову, первому гражданскому космонавту страны и мира, космонавту-ученому. К 100-летию со дня рождения.

Ключевые слова: космический корабль «Восток», экипаж космического корабля, космические разработки.

Abstract. This report is dedicated to Konstantin Petrovich Feoktistov, the first civilian cosmonaut of the country and the world, a cosmonaut-scientist. On the 100th anniversary of his birth.

Keywords: Vostok spacecraft, spacecraft crew, space developments.

Константина Петровича Феоктистова, первого гражданского космонавта страны и мира, первого космонавта-ученого (его официальное наименование в экипаже космического корабля «Восход» с В.М. Комаровым и Б.Б. Егоровым был «космонавт – научный сотрудник») коллеги по работе и руководство называли «проектантом от Бога». В полёте Феоктистов первым из профессионалов-учёных проверил, как работает его техника в космосе. А космической техники, к разработке которой он имел самое непосредственное отношение в качестве ведущего проектанта и руководителя работ, было не просто немало – это была практически вся номенклатура «космических» изделий предприятия, называвшегося последовательно ОКБ-1, ЦКБМ, НПО «Энергия». Константин Петрович был ведущим проектантом первого ИСЗ, космических кораблей «Восток» (выбор формы спускаемого аппарата в виде сферы – изначально его идея), «Восход», «Союз», «Союз-Т», «Союз-ТМ», «Прогресс», «Прогресс-М», лунного пилотируемого корабля и лунной кабины для пилотируемой посадки на Луну (создававшихся по программам Л1 и Н1-Л3), орбитальных станций «Салют» и модулей орбитального комплекса «Мир», инженерных проработок пилотируемого марсианского экспедиционного комплекса… Последним проектом, разработкой которого руководил К.П. Феоктистов в 1980-е годы, стал проект многоразового космического корабля «Заря» массой до 15 тонн, эксплуатируемого как с экипажем от 2 до 8 человек, так и в беспилотном грузовом варианте на орбитах от низких околоземных до геостационарной с функциями корабля транспортного, корабля-спасателя, корабля для решения специальных задач. Многоразовость достигалась за счет использования новых теплозащитных материалов (на основе опыта работ с орбитальным кораблём «Буран») и, даже по нынешним меркам, радикального решения об использовании для возвращения на Землю и посадки пилотируемого корабля не традиционной парашютной системы, а посадочных двигателей. 24 ЖРД тягой по 1,5 тс каждый должны были обеспечивать мягкую посадку возвращаемого корабля по командам бортового цифрового вычислительного

комплекса, формируемым на основе постоянно поступающей информации от посадочных радиолокаторов о высоте и скорости изделия над поверхностью Земли. Автор, будучи в ходе реализации проекта ответственным за работу посадочных радиолокаторов корабля, рассказывает о «последнем проекте К.П. Феоктистова» через призму личного почти пятилетнего взаимодействия с Константином Петровичем, как руководителем работ.

УДК 629.7
eLIBRARY.RU: 89.01.01

Немцов С.А.
Nemtsov S.A.
внук Д.Ф. Устинова
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РАКЕТОСТРОЕНИЯ НА ПРИМЕРАХ МАЛОИЗВЕСТНЫХ ФАКТОВ. К 80-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ОТРАСЛИ

THE HISTORY OF RUSSIAN ROCKET SCIENCE, ILLUSTRATED BY LITTLE-KNOWN FACTS. ON THE 80TH ANNIVERSARY OF THE INDUSTRY'S FOUNDING

Предисловие

Текущий 2026 год стал юбилейным: 80-летие будет отмечено с даты создания исторически значимого в ракетно-космической отрасли документа: Постановления Совета Министров СССР 1017-419 СС от 13 мая 1946 года «Вопросы реактивного вооружения».

Целью данной работы является изучение истории ракетной техники и космонавтики. Мы хотим рассмотреть отдельно взятый документ, который находился под грифом «СЕКРЕТНО» вплоть до 2008 года, рассмотреть его роль в развитии ракетной техники, технологий производства и представить личности, которые стояли у истоков отечественного ракетостроения. Параллельно будем пытаться анализировать внешнеполитические события и геополитические проблемы, которые влияли на решения по составлению данного документа именно в описываемый исторический промежуток. Уникальность данного исследования будет заключаться в том, что рассматриваемый документ был под грифом «Совершенно секретно» и многие ранее общеизвестные исторические выводы касательно

событий, предшествующих лидерству Советского Союза в космосе требуют переосмысления потомками.

Личности

В нашей работе мы будем делать акцент и на личностях, принимавших участие и оказавших влияние в формировании ракетно-космической отрасли.

Три человека четко ассоциируются, как базисные, в вопросах истории отечественной ракетно-космической отрасли и космонавтики. Циолковский Константин Эдуардович – мыслитель – философ, идеи которого лежат в принципах современной космонавтики, Королев Сергей Павлович – ученый и конструктор Советских ракетно-космических систем, под чьим руководством был произведен запуск первого искусственного спутника земли и космического корабля с человеком на борту. Гагарин Юрий Алексеевич – первый космонавт, старший лейтенант ВВС СССР на тот момент. Это люди, которые стали культовыми и исторически связанными с космонавтикой, их заслуга в истории мировой космонавтики не подлежит никакому сомнению.

В этой работе мы рассмотрим события и покажем личности без действий которых были бы невозможны результаты в покорении космоса, которых достиг СССР в столь короткие сроки после окончания Великой Отечественной войны, оставившей экономику Советского Союза в разрушенном состоянии. А именно всего через 12 лет, 4 октября 1957 года был успешно запущен первый искусственный спутник Земли и через 16 лет, 12 апреля 1961 года состоялся исторический полет первого в мире человека в космос и 18 марта 1965 года советский космонавт, Леонов А.А., первым в мире вышел в открытый космос, также была серия достижений в военно-промышленном применении ракетной техники, которые помогли сохранить мировой военно-технический паритет. На идею создания исследований в этом направлении нас подтолкнула неожиданная фотография, найденная в семейном архиве Дмитрия Федоровича Устинова, в то время занимающего должность Наркома вооружений СССР. Снимки визуально относятся к раннему послевоенному периоду. На фотографиях виден пустой автобан, дорожные указатели на немецком и русском языках: «Берлин – Калау/Лакау» (см. «Приложение 1») , это регион трассы , между Дрезденом и Берлином , автомобиль «Horch» с немецкими номерными знаками «СТ 29-92», Устинов Дмитрий Федорович вместе с Чертоком Борисом Евсеевичем (см. «Приложение 2»), известным ученым-конструктором ракетно-космической отрасли СССР, одним из ближайших сподвижников

Королева С.П. Никаких данных, о точной дате поездках, её причине и историю поездки, запечатленной не этом снимке не было известно, что мы также и постараемся выяснить в данной работе.

История появления современной ракетной техники в СССР

Работы по ракетной технике в СССР предпринимались ещё в 30-х годах. Одним из кураторов данного направления был маршал Михаил Николаевич Тухачевский. Тухачевский М.Н. в ноябре 1932 года был инициатором старта работ по конструированию ракетных двигателей на жидком топливе, которые привели в сентябре 1933 года к созданию Реактивного научно-исследовательского института РККА (РНИИ), занимавшегося разработкой ракетного оружия в СССР.

Сергей Павлович Королев и Валентин Петрович Глушко совместно работали в НИИ-3 РНИИ. Оба были арестованы по одному делу в 1939 году, далее, будучи уже осужденными, продолжали работать над созданием ракетной техники, находясь в заключении в закрытых КБ.

16 июля 1944 года нарком внутренних дел СССР Берия Л.П. обратился к Сталину И.В. с предложением о снятии судимости с особо отличившихся заключенных, которые принимали участие в создании «РД-1» – самолетного реактивного двигателя, прошедшего успешные испытания. Решением Президиума Верховного Совета СССР от 27 июля 1944 года были досрочно освобождены со снятием судимости заключённые из упомянутого списка и в их число вошли Королев С.П. и Глушко В.П., им были выданы паспорта.

Работать бывшим заключенным предложили во вновь созданном ОКБ-РД (Опытно-конструкторское бюро ракетных двигателей), ещё оно называлось ОКБ-СД (то же, только Специальных Двигателей), а ранее это было КБ-2. В этом КБ главным конструктором был назначен Глушко В.П., а одним из его заместителей был утвержден Королёв С.П. ОКБ занималось разработкой реактивных двигателей , которые испытывали на самолетах. Успешным считался проект вышеописанного жидкостного двигателя РД-1, над которым велись работы ещё в закрытом КБ. Двигатель проходил испытания на таких видах самолетов, как Пе-2Р, Як-3, Су-6, Су-7, Ла-7. Была интересная модификация РД-1Х3 с химическим поджигом рабочей смеси. Был разработан и проходил испытания двигатель РД-3, обладавшей большей тягой, по сравнению с РД-1 и мог использоваться как маршевый двигатель, в отличие от РД-1, выполняющий только функцию ускорения во время полета. В результате произведенных работ многие сотрудники ОКБ были отмечены государственными наградами, так Глушко орденом «Трудового Красного Знамени», а Королев С.П. орденом «Знак Почета».

В тоже время, пока наши ученые находились в заключении, работая в закрытых КБ, немецкие специалисты по ракетной технике смогли сильно продвинулись вперед, ввиду выделения существенных ресурсов и политической воле, смогли провести большое количество экспериментов и пусков техники .

Точкой отсчета истории развития ракетной техники в СССР можно назвать находку в Польше, при отступлении Немецких войск в 1944 году, деталей ракеты ФАУ-2 и отправки её в СССР для исследований: «Тогда, в 1944 г., отечественные инженеры впервые получили возможность ознакомиться с немецкой ракетной техникой: в их распоряжение попали элементы конструкции ракеты А-4 (Фау-2), поступившие в Москву с германского испытательного ракетного полигона в Польше, захваченного советскими войсками». Исследования проводились в НИИ-1, бывшем Реактивном научно-исследовательском институте (РНИИ). В группу исследователей входил Черток Б.Е., сыгравший важную роль в развитии всей ракетной техники и автор мемуаров, посвященных истории создания ракетной техники и космонавтики «Ракеты и люди», которая будет неоднократно переиздана: «Научная группа, в которую, в частности, входили Исаев А.М., Мишин В.П., Пилюгин Н.А., Черток Б.Е. и Воскресенский Л.А., по найденным обломкам восстановила общий вид ракеты, ее основные характеристики и принципы управления» .

В мае 1945 года, сразу после окончания боевых действий и подписания пакта о безоговорочной капитуляции, в Германию приехала специальная комиссия, под руководством Чертока Б.Е.: «А уже с мая 1945 г. в Германии работала техническая комиссия по изучению немецкой трофейной ракетной техники. По инициативе Чертока Б.Е., который был тогда поставлен во главе группы специалистов, направленной из Советского Союза для изучения трофейной ракетной техники. Ссовместно с немецкими инженерами, не эвакуировавшимися в союзнические зоны оккупации, непосредственно в Пенемюнде была создана организация, названная ее работниками «Институт РАБЕ» (от нем. Raketenbau – ракетостроение)».

Одной из задач комиссии было нахождение квалифицированных кадров на территории Германии, которые могли участвовать в работах по созданию ракетной техники. Задачу назвали операция «Ост», которую поручили осуществлять начальнику институтской разведки Василию Ивановичу Харчеву были предоставлены особые полномочия: «Семену Чижикову были даны указания снабжать Харчева «под отчет» для операции «Ост» коньяком, сливочным

маслом и различными деликатесами. С начальником штаба дивизии договорились, что по заявкам Харчева для него будет в нужных местах открываться и закрываться граница между нашей и американской зонами». Одной из задач поиска кадров была поставлена цель поиска Вернера фон Брауна, который находился уже в Американской зоне влияния. При этом самого Вернера фон Брауна не удалось получить, хотя поиски шли прямо «по пятам», однако много талантливых специалистов-ракетчиков, включая его заместителя, Гельмута Грёттрупа, удалось привлечь для работ по воссозданию ракетной техники. Примечательно, что в 1965 году, на международном конгрессе в Афинах, состоялась встреча Советских космонавтов с Вернером фон Брауном (приложение 4), в которой принимал участие Леонов А.А. По воспоминаниям Леонова А.А. Вернер фон Браун сообщил, что если бы первое предложение о сотрудничестве было от Советской стороны, Американцы не опередили, то он его также бы принял, и работал бы на отечественное ракетостроение.

8 июля 1945 года Гайдуков Л.М. генерал-лейтенант, артиллерист, заведующий отделом ЦК ВКБ(б) был отправлен в составе комиссии в Германию для изучения трофейных образцов ракетного вооружения: «Чуть позже в Германию прибыл один из руководителей технической комиссии, генерал-лейтенант Гайдуков Л.М., имевший богатый опыт организатора воинских частей гвардейских минометов – знаменитых отечественных реактивных систем залпового огня, широко известных под названием «Катюша». Он внимательно ознакомился с результатами исследований «Института РАБЕ», и опыт военного ракетчика позволил ему оценить и качество проделанной работы, и перспективность ее продолжения, и те возможности, которые могли бы получить Вооруженные силы нашей страны в случае поступления на вооружение ракетного оружия собственного производства». Работы по исследованиям чуть было не свернули и только усилия Гайдукова спасли проект. Вот как об этом вспоминает Черток Б.П.: «В конце 1945 года все специалисты авиационной промышленности, а персонально Черток и Пилюгин, получили приказ прекратить работу в Нордхаузене, Бляйхероде и Леестене и вернуться в Москву. Этот приказ замнаркома авиационной промышленности Дементьева был опротестован Гайдуковым. Нам он прямо сказал, что никого не выпустит».

На месте оказалось, что союзники по антигитлеровской коалиции уже вывезли основное оборудование и ключевой персонал в США, и работы надо было начинать заново. 8 сентября 1945 года в Берлин прибыл Королев С.П. Было принято решение о необходимости

создания рабочих групп по ракетостроению с привлечением Советских и оставшихся немецких специалистов на территории Германии. В Германии создалась группа из 4-х предприятий, занимающихся ракетостроением: институт «Рабе» (головной НИИ), завод «Монтания» (двигатели для ФАУ-2), завод в Зондерхаузене (сборка аппаратуры системы управления) и стендовая база в Леестене (огневые испытания).

Впоследствии, в феврале 1946 года был организован совместный институт «Нордхаузен» , который состоял из четырех: института «Рабе», завода «Монтания» (двигатели для ФАУ-2), завода в Зондерхаузене (сборкой аппаратуры системы управления) и стендовой базы в Леестене (огневые испытания). Генеральным директором был назначен Гайдуков Л.М., главным конструктором Королев С.П, а его заместителем Глушко В.П. (02.09.1908 - 10.01.1989, инженер и ученый в ракетно-космической деятельности, создатель Советского жидкостного ракетостроения). В группе оказались Рязанский М.С., в будущем руководитель НИИ-885, Глушко В.П., в будущем руководитель НИИ-456, Черток Б.Е. в будущем заместитель главного инженера в НИИ-88.

Оценив перспективы развития ракетной техники, Гайдуков, в 1946 году, обратился напрямую к Сталину с докладной запиской о перспективности работ по ракетной технике и необходимости создания Ракетной отрасли в СССР: «Лев Михайлович Гайдуков, генерал-лейтенант, заведующий отделом ЦК – фигура в отечественном промышленном ракетостроении исключительная. Ему удалось заинтересованно доложить Сталину о работах по ракетному оружию в Германии и необходимости начать аналогичные в Советском Союзе». Сталин согласился с аргументами Гайдукова Л.М. и понял перспективность развития данных разработок.

Встал выбор, кто из наркоматов возьмёт на себя ответственность за выполнение данной задачи. Отказались все, кроме наркомата вооружений. Устинов Д. Ф., сообщил, что сможет дать ответ по этому решению только после изучения вопроса и отправил в Нордхаузен своего заместителя и единомышленника Рябикова В.М., генерал-майора, ранее инженера и заместителя Устинова Д.Ф. на заводе «Большевик» (бывш. Обуховский завод в С. Петербурге), также получившего образование в Военмехе. В ходе поездки Рябиков оценил все возможные перспективы и, по приезду, доложил наркому вооружений Устинову Д.Ф. о текущем положении дел. После этого Дмитрий Федорович дал согласился курировать ракетостроение в СССР . Впоследствии Устинов Д.Ф. и Рябиков В.М. подготовили текст

проекта постановления, которое будет называться: Постановление Совета Министров СССР 1017-419 СС «Вопросы реактивного вооружения».

Постановление Совета Министров СССР

В 2008 году снят гриф секретности с постановления Совета Министров СССР 1017-419 СС от 13 мая 1946 года «Вопросы реактивного вооружения» где Устинов Д.Ф. назначается заместителем председателя специального комитета по ракетной технике при Совете Министров СССР (Комитет №2), при председательстве Маленкова Г.М., члена ЦК КПСС, председателя совета министров СССР, близкого соратника Сталина, чья кандидатура была вписана лично Сталиным И.В. карандашом синего цвета, поставлена подпись Иосифа Виссарионовича, когда как все остальные были напечатаны машинкой (см. «Приложение 3»). Маленков Г.М. был председателем комитета для весомости позиций, а фактически всю организаторскую деятельность вел наркомат вооружений под руководством Устинов Д.Ф.

Постановление вышло за личной подписью Сталина и с его пометками карандашом 13 мая 1946 года. Проведение необходимых работ в Германии было возложено на непосредственно подчиненного Устинова Д.Ф – Носовского Н.Э., начальника первого главного управления Наркомата вооружений.

Задачи комитета №2 были четко описаны в Постановлении. Самое важное, сделать работающую копию «ФАУ-2» и локализовать производство на территории СССР и подготовить специалистов.

Обязать Специальный Комитет по Реактивной Технике представить на утверждение Председателю Совета Министров СССР план научно-исследовательских и опытных работ на 1946—1948гг., определить как первоочередную задачу — воспроизведение с применением отечественных материалов, ракет типа ФАУ-2 (дальнобойной управляемой ракеты) и Вассерфаль (зенитной управляемой ракеты)», также Постановление давало достаточно чёткое указание что ракетостроение должно развиваться, в технических аспектах в трех направлениях, которые и до сих пор актуальны, это жидкостные РД, твердотопливные РД и самолеты, с РД установками (реактивные самолеты).

Определить головными министерствами по разработке и производству реактивного вооружения:

а) Министерство вооружения — по реактивным снарядам с жидкостными двигателями;

б) Министерство сельскохозяйственного машиностроения — реактивным снарядам с пороховыми двигателями;
в) Министерство авиационной промышленности — по реактивным самолетам-снарядам».

Примечательно, что в первоначальном плане предполагалось закупать оборудование у потенциального противника. Под проект выделено много средств, но насколько они были реализованы, выяснить по открытым источникам не представляется возможным: «22. Поручить Специальному Комитету представить Совету Министров СССР предложения о командировании в США Комиссии для размещения заказов и закупки оборудования и приборов для лабораторий Научно-исследовательских институтов по реактивной технике, предусмотрев в этих предложениях предоставление Комиссии права закупки по открытой лицензии на сумму 2 миллиона долларов».
Внимательно прочитав этот документ, мы делаем заключение что Постановление дало импульс началу новой технологической революции в СССР. На реализацию выделялись колоссальные средства, только в документе фигурируют суммы в 70 миллионов марок для обеспечения работоспособности проекта и ещё открыта лицензия на сумму 2 миллиона долларов для закупок оборудования в США, а еще и средства для повышенной мотивации сотрудников проекта и инфраструктурные затраты: выделение производственных площадок, выделение автотранспорта, строительство домов для сотрудников и так далее.

Предоставлены практически неограниченные полномочия и прямое подчинение всех подразделений проекта Комитету, а также установлен запрет на все виды проверок и отчетов перед сторонними организациями которые могли делать запросы только через Совет Министров СССР. Так, совет конструкторов мог сконцентрироваться на выполнении своей миссии: «Несмотря на давление тоталитарной власти, им был осуществлен уникальный вариант технократического управления».

Документ был подготовлен совместно Устиновым Д.Ф. и его заместителем Рябиковым В.М.: «Таким образом, именно доклад Рябикова В.М. об итогах его поездки в Германию окончательно убедил Устинова Д.Ф. в необходимости широкого развертывания работ по ракетной технике. В течение нескольких месяцев Устинов Д.Ф. совместно с начальником Главного артиллерийского управления Советской Армии маршалом. Яковлевым Н.Д готовил докладную записку Сталину И.В. об организации работ по ракетной технике на территории Германии и в Советском Союзе».

Постановление – пошаговый план проекта, который в итоге был блестяще осуществлён: «подготовка и реализация исторического Постановления Совета Министров СССР № 1017-419сс «Вопросы реактивного вооружения» от 13 мая 1946 года, каждый пункт которого являлся не просто «декларацией о намерениях». В этих пунктах содержались контролируемые показатели, которые позволяли оценивать ход выполнения работ, определять узкие места и оказывать необходимые управленческие воздействия и назначены ответсвенные за каждый из секторов работ. Результаты, которые были достигнуты при реализации запланированного, привели к созданию в нашей стране развитой ракетно-космической отрасли, показали, помимо прочего, качество планирования и организации работы.

Последствия Постановления на развитие ракетно-космической отрасли в СССР

Постановлением структурированы задачи по видам выполняемых работ и их специализации.

Распределены зоны ответственности между Министерствами и введена персональная ответственность представителя организации:

– Министерство вооружений» отвечало за снаряды с жидким топливом, ответственный Устинов Д.Ф.;

– Министерство сельскохозяйственного машиностроения за снаряды с пороховыми (твердотопливными) двигателями, неконтактные взрыватели, ответственный Ванников Б.Ф.;

– Министерство авиационной промышленности за реактивные самолеты-снаряды, жидкостные ракетные двигатели, ответственный Хруничев М.В.

– Министерство электропромышленности за радио-теле аппаратуру и системы определения цели, ответственный Кабанов И.Г.;

– Министерство судостроительной промышленности за стабилизаторы, гироскопы, корабельное и подводное оборудование, ответственный Горегляд А.А.;

– Министерство химической промышленности за жидкое топливо и химические компоненты, ответственный Первухин М.Г.;

– Министерство машиностроения и приборостроения за пусковые аппараты и компрессорное оборудование, ответственный Паршин П.И.

Постановлением предписывалась ответственность министерств и персонально их представителей за создание сети научно-технических центров, производственных и сервисных площадок.

Головным центром стало НИИ-88, в составе Министерства вооружений, директором назначен Гонор Л.Р., бывший выпускник ВОЕНМЕХА, сотрудник и директор завода Большевик, чьим

распоряжением создан отдел №3 под управлением Королева С.П., с 1946 года его заместителем на долгие годы стал Черток Б.Е., который был специалистом по космическим аппаратам и системам их управления.

Центры создавались не как конкурирующие между собой организации, а взаимно дополняющие. В целях выполнения поставленной задачи было невозможно пользоваться только отечественными специалистами и было принято решение привлечь бывших сотрудников из Германии. Так 308 немецких специалистов вместе с семьями, приехали в СССР для работ, в том числе в НИИ-88.
В сеть центров входили:
– НИИ-456 специализировался на ракетных двигателях, руководитель Глушко В.П.;
– НИИ-885 специализировался на разработке систем управления, руководитель Рязанский М.С.;
- НИИ-10 специализировался на гироскопах, главный конструктор Кузнецов В.И.

Не забыли и об образовании, так Параграф 5.п.29 Постановления об «Реализации в ВУЗах и Университетах подготовку профильных специалистов» поручил персонально министру высшего образования Кафтанову С.В. организовать подготовку новых специалистов, так, например были созданы:
– в 1945 году на базе Казанского авиационного института была создана кафедра «Ракетные двигатели», руководителем назначили Глушко В.П., а одним из старших преподавателей стал Королев С.П.;
– в 1946 году была открыта кафедра ракетостроения в «Военмехе».

В целях реализации Параграфа 5 пункта 25 о поручении Министерству Вооруженных Сил СССР, Булганину Н.А., «о создании полигона для реактивных вооружений», так в июне 1947 года определено место для испытательного полигона – Капустин Яр.
20 августа 1947 года начались строительные работы, 17 сентября 1947 года была проведена неудачная попытка запуска ракеты – произошла авария, а уже 18 октября 1947 года Королёв С.П. проводит первый удачный пуск ракеты.

На основании записки на имя Сталина И.В. от 28 ноября 1947 года мы понимаем, что первые 29 ракет «Фау-2» были привезены из Германии, собранные на заводе «Нордхаузен» из немецких деталей, а также поступило 10 комплектов для сборки, приехавших в разобранном виде.
Итогом работы «Нордхаузена» можно считать записку на имя Сталина И.В. от 31 декабря 1946 года, за многочисленными

подписями, в том числе и Устинова Д.Ф., где , кроме всего прочего, упоминается что в Германии удалось собрать 40 ракет «Фау-2»: 30 - боевых и 10 учебных. При этом 17 ракет не полностью комплектных из-за отсутствия графитовых рулей. Дополнительно есть комплекты для сборки ещё 10-ти ракет и всё это готово для отправки в Советский Союз.

В ходе запусков инженеры собрали достаточно много информации о слабых местах ракет, так как многие пуски были неудачными. В период с 18 октября по 13 ноября 1947 года было совершено 11 пусков, из которых только 5 оказались успешными. В вышеуказанной записке прямо указывается на то, что в последующие 10 ракет, видимо из поступивших из Нордхаузена 10-ти разобранных комплектов, будут уже вноситься инженерные изменения и эти ракеты будут называться «Р-1». Таким образом, делаем заключение, что первые ракеты , которые иногда называют «Р-1» это «ФАУ-2» Советской сборки в Нордхаузене. Остаётся загадкой, только, куда делась одна ракета, так как в записке от 31 декабря 1946 года было указано 30 боевых ракет и 10 разобранных, а в записке от 28 ноября 1947 года приехало только 29 боевых ракет и 10 разобранных.

На память о первом пуске на полигоне Капустин Яр , установлена памятная доска: «Участники первого пуска ракеты». На ней, среди многих, первые две фамилии: первая – Устинов Д.Ф., вторая – Королев С.П.

В 1946 году был сформирован уникальный неформальный орган принятия решений «Совет главных конструкторов». На нём решались исключительно правильность тех или иных технических решений. В совет, в самом начале деятельности, вошли: «Сергей Павлович Королев – главный конструктор ракетной системы; Валентин Петрович Глушко – главный конструктор жидкостных ракетных двигателей; Николай Алексеевич Пилюгин – главный конструктор автономной системы управления; Михаил Сергеевич Рязанский – главный конструктор систем радионавигации и радиоуправления; Владимир Павлович Бармин – главный конструктор наземного заправочного, транспортного и стартового оборудования; Виктор Иванович Кузнецов – главный конструктор гироскопических командных приборов. Очень велика была роль Мстислава Всеволодовича Келдыша. Он считался главным теоретиком космонавтики и, действительно, был организатором математической школы, которая обеспечила решение многих практических задач ракетодинамики».

Стало понятно в какой промежуток времени были сделаны фотографии Устинова Д.Ф. с Чертоком Б.П.(см. «Приложение 2»), о который мы говорили в предисловии. Фотография была сделана с мая по август 1946 года, с момента создания Постановления до назначения Королева С.П. на должность в НИИ-88. В Постановлении также было прописано командирование Д.Ф. Устинова, как и других руководителей Комитета, на 15 дней в Германию – для более полного изучения и обобщения уже проведенной работы. Один из результатов поездки Устинова в Германию оказался важным для дальнейшего развития отрасли. Ознакомившись с результатами работ в институте «Нордхаузен», Д.Ф. Устинов принял решение рекомендовать главного инженера этого института С.П. Королёва на должность начальника одного из важнейших отделов НИИ-88». Сам Черток Б.П. в своих воспоминаниях, после близкого знакомства с Устиновым Д.Ф. пишет: «Должен признаться, что молодой энергичный Устинов мне понравился. Да и не только мне. Рязанский М.С. сказал: «Знаешь, я жалею о таком распределении только потому, что вместо такого умного и энергичного министра, как Устинов, надо мной будет какой-нибудь трусливый долдон или просто равнодушный чиновник».

Работы по исследованиям чуть было не свернули и только усилия Гайдукова Л.М. спасли проект. Вот как об этом вспоминает Черток Б.П.: «В конце 1945 года все специалисты авиационной промышленности, а персонально Черток и Пилюгин, получили приказ прекратить работу в Нордхаузене, Бляйхероде и Леестене и вернуться в Москву. Этот приказ замнаркома авиационной промышленности Дементьева П.В. был опротестован Гайдуковым Л.М.. Нам он прямо сказал, что никого не выпустит». В постановлении, впоследствии, была подстраховка от таких действий в постановлении в параграфе 4 п. 14 о запрещении отзыва сотрудников министерствам и ведомствам.

Параграф 4 пункт 17 о переводе Конструкторских Бюро и немецких специалистов в СССР был реализован следующим образом: Институт «Нордхаузен» проработал до 1947 года, а затем, вместе с сотрудниками и всем необходимым оборудованием был перевезен в Советский Союз. Большая часть сотрудников стала работать в НИИ-88 Министерства вооружений СССР (Сейчас ЦНИИМАШ в г. Королев МО), который был создан на базе артиллерийского завода № 88 Министерства вооружений СССР 16 мая 1946 года, 9 августа 1946 года Устинов назначает Королева С.П. главным конструктором «изделия №1», директором завода назначается Гонор Л.М., выпускник ВОЕНМЕХА, бывший директор завода «Большевик», а 30 августа 1946 года главным конструктором 3-го отдела НИИ-88 назначен

Королев С.П. Таким образом, получается, что Сергей Павлович одновременно был главным конструктором в «Нордхаузене» и 3-ем отделе НИИ-88.

Становится понятно, что главным конструктором в «Нордхаузен» Королев С.П. назначен по ходатайству Гайдукова Л.М., а в НИИ-88 по распоряжению Устинова Д.Ф. и Королев С.П., к моменту этих назначений уже не был заключенным.

Исторические предпосылки и военный ракурс развития

Военное применение ракетной техники оставалось главным фокусом разработчиков. Во всём мире началась гонка вооружений и ракетная техника была наиболее перспективным видом носителей зарядов. Сразу после окончания войны США применили ядерное оружие по территории Японии. Целью были города Хиросима и Нагасаки - что было с военной точки зрения бессмысленно, так как Япония на тот момент не представляла угрозы, это событие было расценено как знак политического ядерного доминирования в мире. Над СССР нависла потенциальная угроза безопасности и так как наши союзники по антигитлеровской коалиции начали объединяться в антисоветскую коалицию, то необходимо было создать ядерную боеголовку и наиболее быстрый, точный и грузоподъемный транспорт. Таким транспортом все воспринимали ракетную технику. Ядерный паритет был восстановлен, потенциальный противник принял холодный душ когда Советские инженеры разработали, а Минобороны в 1956 году принял на вооружение первую в мире ракету с ядерной боеголовкой.

Хронология эволюции военной ракетной техники в СССР:

1955 год – Р-11 — ПЕРВАЯ СОВЕТСКАЯ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКАЯ РАКЕТА; 1956 год – Р-5М — ПЕРВАЯ В МИРЕ РАКЕТА С ЯДЕРНОЙ БОЕГОЛОВКОЙ; 1960 год – Р-7 — ПЕРВАЯ В МИРЕ МЕЖКОНТИНЕНТАЛЬНАЯ БАЛЛИСТИЧЕСКАЯ РАКЕТА;

1967 год – УР-100 — ПЕРВАЯ КРУПНОСЕРИЙНАЯ МЕЖКОНТИНЕНТАЛЬНАЯ БАЛЛИСТИЧЕСКАЯ РАКЕТА СССР.

Новый космодром – дорога человека в космос

Появление более мощных и эффективных двигателей подразумевало появление более тяжелых и габаритных ракет. Полигон Капустин Яр уже не подходил по своим характеристикам. Было принято решение о строительстве нового космодрома на основании Постановления Совета Министров СССР «О новом полигоне для Министерства обороны СССР» № 292-181сс от 12 февраля 1955 года. Выбор пал на часть пустынной территории в Казахстане, которую назвали Байконур. Строительство первого здания начали 5 мая 1955 года, 20 июля 1955 года заложили стартовую площадку и 4 октября

1957 года состоялся запуск первого искусственного спутника Земли. Запуск осуществлялся на ракете с двигателем РД-107(семёрка). До последнего времени этот космодром был рекордсменом по количеству запусков в мире.

Байконур стал активно использоваться практически сразу, кроме военных запусков начинались и гражданские, целью которых стало покорение космоса. С этой площадки были запущены:

– 04.10.1957 - первый искусственный спутник Земли;

– 03.04.1961 прошло заседание Президиума ЦК КПСС с участием Устинова Д.Ф. На основании его доклада было принято решение о запуске человека в космос. Результатом стало Постановление Президиума ЦК КПСС «О запуске космического корабля-спутника» № 322/1 от 3 апреля 1961 г. с резолюцией: «Одобрить предложение тт. Устинова, Руднева, Калмыкова, Дементьева, Бутомы, Москаленко, Вершинина, Келдыша, Ивашутина, Королева о запуске космического корабля-спутника «Восток-3А» с космонавтом на борту».

12 апреля 1961 года впервые в мире выведена станция с человеком на борту. Станция совершила один оборот вокруг земли в течение 108 минут и благополучно приземлилась. Первым человеком, покорившем космическое пространство, стал Гагарин Юрий Алексеевич.

В 1961 году участники запуска первого человека в космос закрытым постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 14 апреля 1961 года №322 были награждены званием «Герой Социалистического Труда СССР». Часть из них получила вторую золотую медаль «Серп и Молот». Среди награждённых были, например, Устинов Д.Ф. и Королёв С.П.

Семейный архив

В семье Устинова Д.Ф. есть предание, что в эти даты, Дмитрий Федорович, вернувшись с работы домой сообщил свой жене, Брыкаловой Таисие Алексеевне, что подготовил для неё крайне необычный подарок на день рождения (Таисия Алексеевна родилась 12 апреля 1903 года). Косвенным подтверждением является запись предложений Хрущева Н.С. в связи с запуском космического корабля «Восток» с Гагариным Ю.А. 11 апреля 1961 г.: «Сейчас мне звонил Устинов, часа два-три назад. Намечалось на тринадцатое, и, видимо, поддались суеверию и говорят, что завтра будут пускать».

Заключение

Основные выводы, которые мы можем сделать из анализа Постановления и исторически связанных событий следующие:

– Постановление создавали специалисты, которые быстро разобрались в производственных особенностях нового направления и имели

компетенцию и знания во внутренних технологических потенциалах инженерно-промышленного потенциала страны;
– Политическое руководство страны поручило также прорабатывать направление пилотируемой космонавтики, что подтверждается запиской Хруничева М.В. к Сталину И.В. от 20 июня 1946 года , что подчеркивает серьезность намерений Советской стороны и перспективный взгляд на предстоящие работы;
– работы по реактивной технике прописаны в Постановлении как важнейшая государственная задача и первоочередная к выполнению;
– Успех данной инициативы сложился из трех векторов сил: политической, инженерно-технологической и энтузиазме участников. Вектора сил были настолько сонаправлены, что успех «первых в мире» и получил воплощение в реальности.

Даже тот фактор, что США первые получили «голову» этих технологий – Вернера Фон Брауна вместе с передовой командой, технологиями и оборудованием. Советской команде оставалось довольствоваться только тем, что Американцы оставили , считая уже ненужным. Таким образом Советской стороне пришлось работать при более сложных вводных данных.

Работа исследователей и энтузиастов,на начальном этапе, как пример Гайдукова, позволил нам подготовить почву и заинтересовать высшее руководство страны.
Ракетный проект был исследован на перспективность «Наркоматом вооружений" и когда было получены обнадеживающие результаты, был прописан план выполнения работ предложенный и утвержденный в «Постановлении Совета Министров СССР №1017-419 СС от 13 мая 1946» – назначены ответственные, прописаны зоны их ответственности, назначены и контролировались сроки выполнения работ.

Решен был вопрос с административным ресурсом, проведены согласования с руководством. Весь проект работал не в директивном режиме, а совещательном с профессионалами, как «стартап» (пример «Совет главных конструкторов»). Если бы проект попал не в «Наркомат вооружений» , а в любое другое ведомство, как пример, «Наркомат авиационной промышленности», пытавшийся вывести своих сотрудников из проекта, возможно сроки появления ракетной техники в стране были бы реализованы в другое время.

Многие решения настолько хороши, что применяются до сих пор и серийно производятся, как например РД-107. Хочется отметить такие достижения в последующие года как: создание эффективной системы ПВО, разработка системы сдерживающей ядерной «триады»,

уникальная разработка «ТОПОЛЬ», разработка и создание уникального многоразового космического аппарата «Буран», который первый в мире приземлился в полностью автоматическом режиме.
Все эти задачи успешно курировал Наркомат вооружений во главе с Устиновым Д.Ф. Руководство страны отметило эти заслуги 11-ю орденами Ленина, 2-мя званиями Героя Социалистического Труда, Героем Советского Союза и многими другими наградами. Всю жизнь Дмитрий Федорович посвятил реализации проекта укрепления обороноспособности страны и развитие ракетной техники оказалось одной из ключевых задач.

Стоит отметить, что многие фамилии, перечисленные в докладе вместе с Устиновым Д.Ф. работали и учились, составляя команду единомышленников.

Общим выводом данной работы, является то, что Постановление стало ключевым документом, на основании которого была построена современная ракетно-космическая отрасль, которая на долгие десятилетия помогает сохранить стратегический военно-тактический потенциал России и ключевые фигурами, стоявшие у истоков Советской ракетно-космической программы стоит считать также: Устинова Дмитрия Федоровича, Рябикова Василиия Михайловича и Гайдукова Льва Михайловича.

Литература

1. Постановление Совета Министров СССР № 1017-419сс от 13 мая 1946 раздел 4 пункт 22 стр.7. URL:https://www.roscosmos.ru/media/files/history/13may1946/postanovlenie.pdf (дата обращения: 15. 03. 2024).
2. Записка Сталину И.В. от 31/12/1946 г. URL: https://www.roscosmos.ru/media/files/history/13may1946/4.pdf (дата обращения: 20.05.2024).
3. Записка Сталину И.В. от 28/11/1947 г. URL:https://www.roscosmos.ru/media/files/history/13may1946/5.pdf (дата обращения: 20.05.2024).
4. Брусиловский А. воспоминания Б.Е. Чертока цитируются по статье: История космонавтики // Калининградская правда. 2002. № 29–30 от 9 февраля.
5. Космические адреса Санкт-Петербурга. Северная столица в истории космонавтики и ракетной техники / Под общей редакцией М.Н. Охочинского. СПб: БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, 2018. – 720с.:цв.ил.стр.199,200,202,204,205.

6. Маров М.Я., Хантресс У.Т. Советские роботы в Солнечной системе. Технологии и открытия. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. — С. 62. — 612 с. — ISBN 978-5-9221-1427-1.
7. Путь в ракетной технике / Под общей редакцией Б.И. Каторгина . ОАО «НПО Энергомаш имени академика В.П. Глушко» 2004 ООО «Машиносторение-Полет», 2004 стр.426.
8. Советская космическая инициатива в государственных документах. 1946-1964 гг./ Под ред. Ю.М. Батурина. - Москва: Издательство «РТСофт», 2008. — 416 с. ил. стр.30,46,123,236,303.
9. Черток Б.Е. Ч-50 Ракеты и люди. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1999. – 416 с.: ил. стр.5, 7, 98.
10. Черток Б.Е. Ракеты и люди. От самолетов до ракет. – Москва: Издательство «РТ Софт» , 2023 – 352 с.: ил. стр.295, 316,328
11. Черток Б.Е. Ракеты и люди. Подлипки - Капустин ЯР - Тюратам. - М.: «РТ Софт», 2023. С. 656 с., ил. стр.25.
12. Биография Сергея Королева РИА НОВОСТИ: Электронное СМИ - 03.03.2020. - URL:https://ria.ru/20170112/1485399857.html?ysclid=lu5hq0qumi914834982 (дата обращение 23.03.2023).
13. Рухнули все представления о зле: с чего началась и чем закончилась бомбардировка Хиросимы и Нагасаки - Известия сетевое издание - 6.08.2020 - URL:https://iz.ru/1043130/arsenii-zamostianov/rukhnuli-vse-predstavleniia-o-zle-s-chego-nachalas-i-chem-zakonchilas-bombardirovka-khirosimy-i (дата обращения: 24.03.2024).
14. Смертоносное изобретение: кто придумал порох и когда это произошло Техинсайдер: электронное СМИ - 24.08.2023 - URL:https://www.techinsider.ru/news/1609597-smertonosnoe-izobretenie-kto-pridumal-poroh-i-kogda-eto-proizoshlo/?ysclid=lu5et8rcsk245062256 (дата обращения 23.03.2024).
15. Технические характеристики боевых оперативно-тактических и баллистических ракет использованы с ресурса: URL:https://topwar.ru/122390-pyat-znamenityh-raket-sovetskogo-soyuza.html?ysclid=ltyqaaabvk822911445 (дата обращения 20.03.2024г.).

Приложение 1



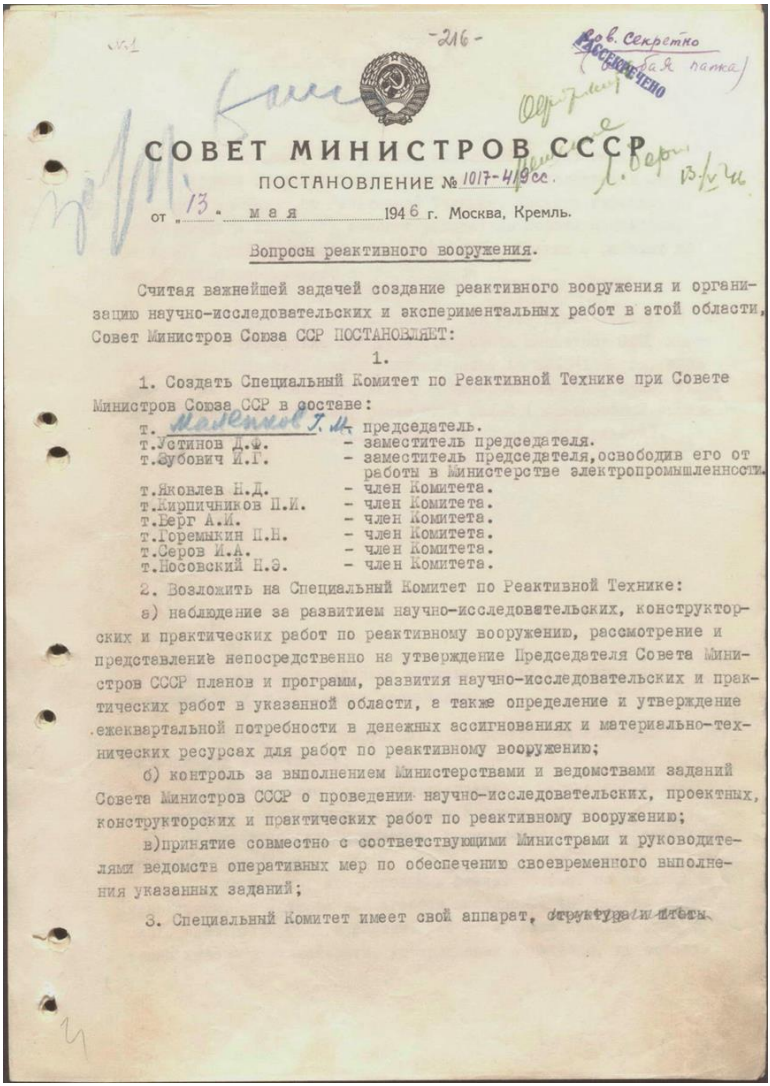
Фотография из семейного архива Устинова Д.Ф.

Приложение 2



Фотография из семейного архива Устинова Д.Ф.

Приложение 3



-216-

Сов. Секретно

СОВЕТ МИНИСТРОВ СССР

ПОСТАНОВЛЕНИЕ № 1017-419сс.

от 13 мая 1946 г. Москва, Кремль.

Вопросы реактивного вооружения.

Считая важнейшей задачей создание реактивного вооружения и организацию научно-исследовательских и экспериментальных работ в этой области, Совет Министров Союза ССР ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1.

1. Создать Специальный Комитет по Реактивной Технике при Совете Министров Союза ССР в составе:

т. Маленков Г.М. председатель.
т.Устинов Д.Ф. – заместитель председателя.
т.Зубович И.Г. – заместитель председателя, освободив его от работы в Министерстве электропромышленности.
т.Яковлев Н.Д. – член Комитета.
т.Кирпичников П.И. – член Комитета.
т.Берг А.И. – член Комитета.
т.Горемыкин П.Н. – член Комитета.
т.Серов И.А. – член Комитета.
т.Носовский Н.Э. – член Комитета.

2. Возложить на Специальный Комитет по Реактивной Технике:

а) наблюдение за развитием научно-исследовательских, конструкторских и практических работ по реактивному вооружению, рассмотрение и представление непосредственно на утверждение Председателя Совета Министров СССР планов и программ, развития научно-исследовательских и практических работ в указанной области, а также определение и утверждение ежеквартальной потребности в денежных ассигнованиях и материально-технических ресурсах для работ по реактивному вооружению;

б) контроль за выполнением Министерствами и ведомствами заданий Совета Министров СССР о проведении научно-исследовательских, проектных, конструкторских и практических работ по реактивному вооружению;

в) принятие совместно с соответствующими Министрами и руководителями ведомств оперативных мер по обеспечению своевременного выполнения указанных заданий;

3. Специальный Комитет имеет свой аппарат, структура и штаты

Приложение 4



Фотография из интернет ресурса: https://historyporn.d3.ru/verner-fon-braun-i-sovetskie-kosmonavty-aleksei-leonov-i-pavel-beliaev-16-i-mezhdunarodnyi-kongress-po-astronavtike-afiny-gretsiia-13-sentiabria-1965-goda-758654/?sorting=rating&filter=unread
дата обращения 19.02.2026г

УДК 621.317.1
eLIBRARY.RU: 89.01.11

Митькин А.С.
Mitkin A.S.
кандидат физико-математических наук
генеральный конструктор
АО «НПО Лавочкина», г. Химки

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МАЛЫХ КА: АНАЛИЗ ОБЩЕПРИНЯТЫХ ПОДХОДОВ И НОВЫЙ ПОРЯДОК ИСПЫТАНИЙ В СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ МАЛЫХ КА

ELECTRICAL TESTS OF SMALL SPACECRAFT: ANALYSIS OF COMMON APPROACHES AND NEW TESTING PROCEDURE FOR SMALL CRAFT PRODUCTION

Аннотация. Представлен анализ подходов к электрическим испытаниям КА в отрасли, их проведение является дорогостоящим и длительным, что допустимо для сложных и уникальных КА. Данные подходы нуждаются в адаптации для электрических испытаний при серийном производстве современных малых КА дистанционного зондирования Земли. Предложен подход к проведению электрических испытаний малых спутников в условиях ограниченного времени.

Ключевые слова: малые космические аппараты, электрические испытания, протолетная технология испытаний, серийное производство малых космических аппаратов.

Abstract. An analysis of approaches to electrical spacecraft testing in the industry is presented. Their implementation is expensive and time-consuming, which is acceptable for complex and unique spacecraft, but requires adaptation for electrical testing of modern small mass-produced remote sensing spacecraft. An approach to conducting electrical tests of small satellites under time-limited conditions is proposed.

Keywords: demonstration solar space power plant, solar energy, spacecraft, energy transmission.

Общепринятые подходы проведения электрических испытаний КА в отрасли отличаются консерватизмом и строгим следованием государственных стандартов. Электрические испытания подразумевают определенную очередность – сначала отрабатываются системы, например такие как, система электроснабжения (СЭС), бортовой комплекс управления (БКУ) [1-2]. Только после успешной отработки систем изделие верхнего уровня допускается к следующих контрольных этапам испытаний.

В качестве альтернативы используется протолётная технология испытаний КА. В этом случае КА собирается сразу из штатных приборов, полностью готовых к эксплуатации, и после прохождения всех испытаний готов к запуску. Параллельно со сборкой КА создается стенд «на столе», имитирующий работу КА для электрических испытаний по документации главного конструктора.

На практике при электрических испытаниях КА повсеместно применяется метод декомпозиции, закрепленный в международных стандартах, который опирается на иерархическое деление структуры изделия: от общего облика космического аппарата до подсистем, блоков и интерфейсов. Такой подход позволяет последовательно проверять электрические и функциональные связи составных частей КА [3].

Новые подходы к организации электрических испытаний малых КА для многоспутниковых систем должны учитывать ограничения по времени, чтобы встроить весь цикл электрических испытаний в такт производства, например, один аппарат в несколько дней, без потери качества и минимизировать влияние человеческого фактора при проведении испытаний.

Качество и надежность серийно изготавливаемого КА так же, как и для комплектующих изделий должны подтверждаться отработанностью технологии изготовления. Одним из ключевых вопросов, определяющих качество и надежность комплектующих это выбор электронно-компонентной базы и оценка правильности ее применения с учетом особенностей функционирования спутника. Качество комплектующих, как для КА, так и для его СЧ, что в свою очередь достигается точной и полной повторяемостью комплектующих изделий всех уровней.

Также для обеспечения качества осуществляется расширенный входной контроль, который должен быть достаточен для выявления аномалий в комплектующих. Это может быть комплексный стенд входного контроля имитирующий космический аппарат, состоящий из штатных образцов приборов.

Особого внимания требует вопрос необходимости проведения электрических испытаний в термовакуумной камере. Этот вид испытаний КА наиболее точно имитирует реальную космическую среду, что позволяет убедиться в качестве изготовления, но является длительным как по подготовке, так и при проведении. В условиях серийного выпуска возможен переход к выборочному контролю в барокамере, в рамках проведения периодических испытаний, проводимых для подтверждения стабильности технологии изготовления.

На рис. 1 показаны необходимые условия проведения электрических испытаний серийного КА при ограничении времени.



Рис. 1. Условия проведения электрических испытаний серийного КА

Переход от единичного проектирования уникальных спутников к серийному изготовлению малых космических аппаратов вынуждает пересмотреть общепринятые подходы к проведению электрических испытаний, которые могут занять длительное время.

Литература

1. Митькин А. С. Применение унификации и модульного подхода при создании космических аппаратов и наземной аппаратуры для их испытаний / А. С. Митькин // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2025. – Т. 28, № 4. – С. 85–94. DOI: 10.21293/1818-0442-2025-28-4-85-94
2. Кравцов А.С., Литус И.Д. Оптимизация проведения электрических испытаний приборов малого космического аппарата // Решетневские чтения. 2025. С. 692-695.
3. Фортескью П., Суинерд Г., Старк Д. Разработка систем космических аппаратов. 2023. 768 с.

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

УДК 629.78
eLIBRARY.RU: 89.25.15

Клюшников В.Ю.
Klyushnikov V.Yu.
доктор технический наук
старший научный сотрудник
главный ученый секретарь
АО «ЦНИИмаш»
г. Королев

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАНОСПУТНИКОВ В ПЕРВОЙ ЧЕТВЕРТИ XXI ВЕКА

TRENDS IN NANOSATELLITE DEVELOPMENT IN THE FIRST QUARTER OF THE XXI CENTURY

Аннотация. В работе анализируется эволюция наноспутниковых платформ с начала XXI века по 2026 год. Показано, что наноспутники прошли путь от образовательных инструментов до полноценных коммерческих и научных платформ, способных решать задачи дистанционного зондирования Земли, обеспечения связи и проведения фундаментальных научных исследований. Рассмотрены ключевые технологические драйверы: миниатюризация бортовой электроники, переход к модульным платформам (6U–12U), внедрение электрореактивных двигательных установок и коммерчески доступных компонентов (COTS). Особое внимание уделено российским разработкам, включая создание полностью отечественной платформы наноспутников в Самарском университете, разработку электротермического двигателя и малого космического аппарата «Аист-СТ» с радиолокационной станцией. Выявлены системные вызовы, связанные с проблемой космического мусора и необходимостью внедрения эффективных систем сведения с орбиты.

Ключевые слова: наноспутники, CubeSat, малые космические аппараты, дистанционное зондирование Земли, космический мусор, двигательные установки, миниатюризация, кубсат.

Abstract. The paper analyzes the evolution of nanosatellite platforms from the beginning of the 21st century to 2026. It is shown that nanosatellites have progressed from educational tools to full-fledged commercial and scientific platforms capable of solving Earth remote sensing, communications, and fundamental research tasks. Key technological drivers are examined: on-board electronics miniaturization, transition to modular multi-unit platforms (6U–12U), introduction of electric propulsion systems and Commercial Off-The-Shelf (COTS) components. Special attention is paid to Russian developments, including the creation of a fully domestic nanosatellite platform at Samara University, the development of an electrothermal engine, and the Aist-ST small spacecraft with a radar system. Systemic challenges related to space debris and the need to implement effective deorbiting systems are identified.

Keywords: nanosatellites, CubeSat, small spacecraft, Earth remote sensing, space debris, propulsion systems, miniaturization, CubeSat.

Введение

Первая четверть XXI века стала периодом кардинальной трансформации космической отрасли, в значительной степени обусловленной стремительным развитием наноспутников. По состоянию на 2024 год число запущенных наноспутников и CubeSat превысило 2500 аппаратов, при этом второй тысяче запусков потребовалось около 4 лет по сравнению с почти 16 годами для первой тысячи [5, с. 601]. Объём мирового рынка малых спутников в 2025 году оценивался в 10,02 млрд долл. США с прогнозируемым ростом до 15,48 млрд к 2032 году [1]. В более узком сегменте нано- и микроспутников (массой от 1 до 100 кг) рынок в 2025 году составил 3,94 млрд долл. с прогнозом роста до 5,59 млрд к 2032 году [3]. Цель настоящей работы — систематизация ключевых тенденций развития наноспутников и оценка перспектив отрасли.

Технологическая эволюция

Наноспутники прошли путь от простейших образовательных 1U CubeSat до многофункциональных платформ массой до 100 кг. Активно развиваются 6U и 12U платформы, позволяющие размещать более сложную целевую аппаратуру [2]. Ключевым фактором прогресса стало использование коммерчески доступных компонентов (COTS), стоимость которых может быть на 60% ниже специализированных космических аналогов [2]. Значительные успехи

достигнуты в области двигательных установок для наноспутников. В Самарском университете разработан электротермический двигатель на спиртоводной смеси, показавший в наземных испытаниях удельный импульс вдвое выше французского аналога [4]. Учёными Самарского университета и МАИ создана система расчёта параметров импульсного газового клапана для плазменных двигателей, что позволит проектировать более экономичные и лёгкие двигатели для наноспутников [4]. В обзорной работе Февгаса с соавторами [2, с. 16] представлена комплексная таксономия двигательных систем наноспутников и проанализированы перспективные направления их развития для задач дистанционного зондирования Земли.

Архитектурные и бизнес-модели

Доминирующим трендом становится переход к универсальным модульным платформам. Как отмечает отраслевой анализ 360iResearch [1], сектор малых спутников эволюционировал от экспериментальных миссий к стратегическому элементу коммерческой, гражданской и оборонной деятельности. Ключевыми факторами стали снижение массы и энергопотребления, прогресс в области миниатюрных полезных нагрузок и модульные архитектуры шин, которые снизили барьеры входа и позволили более широкому кругу участников разрабатывать и эксплуатировать орбитальные миссии [1]. Российский подход, реализованный в Самарском университете, предполагает полный замкнутый цикл производства — от проектирования до написания программного обеспечения. Как отмечает заведующий кафедрой космических исследований И.В. Белоконов, «если устанавливать чужие системы, то в случае нештатной ситуации мы ограничены в понимании происходящего» [4]. Такой подход обеспечивает полный контроль над функционированием аппарата. В МГТУ им. Н.Э. Баумана совместно с холдингом «Российские космические системы» ведётся работа по созданию системы малых космических аппаратов формата CubeSat с перспективой производства около 100 спутников [4].

Примером развития российской школы малых космических аппаратов стал запуск МКА «Аист-СТ» 28 декабря 2025 года с космодрома Восточный ракетой-носителем «Союз-2.1б» [6]. Аппарат размерностью 16U оснащён радиолокатором с синтезированной апертурой X-диапазона [6]. При массе около 30 кг «Аист-СТ» является первым в мире спутником формата CubeSat с полноценной радиолокационной станцией и подтвердил свою работоспособность, передав первые радиолокационные изображения поверхности Земли в июне 2026 года, включая снимки территории Японии, Панамского и

Суэцкого каналов [4]. Радар обеспечивает разрешающую способность в маршрутном режиме около 12 метров, в детальном — не хуже 2,5 метра [6]. На аппарате также проводится научный эксперимент по измерению степени загрязнения внешней поверхности корпуса спутника частицами собственной внешней атмосферы [6].

Новые прикладные сферы

Наноспутники активно применяются для дистанционного зондирования Земли, включая мониторинг растительности, природных катастроф, океанографии, а также как платформы для интернета вещей (IoT) [2, с. 16]. Значимым событием стал запуск спутников «СамСат-Ионосфера» (2024 г.) для исследования верхней ионосферы и магнитного поля Земли [4]. Наноспутники выходят за пределы низкой околоземной орбиты: аргентинский 12U CubeSat ATENEA в 2026 году участвует в миссии NASA Artemis II для тестирования радиационной защиты и систем связи в дальнем космосе [2, с. 16]. Согласно прогнозу The Business Research Company [3], в ближайшие годы ожидается рост числа академических и исследовательских наноспутниковых миссий, а также расширение применения наноспутников для предоставления данных дистанционного зондирования в реальном времени. Рынок нано- и микроспутников, по оценкам, будет расти с совокупным среднегодовым темпом 16,4% и достигнет 7,6 млрд долл. к 2030 году [3].

Заключение

За четверть века наноспутники трансформировались в самостоятельный сектор космической индустрии. Основные тенденции: переход к крупным платформам (6U–12U), внедрение электроракетных двигателей, миниатюризация научной аппаратуры и развитие технологий автономного сведения. Российские разработки демонстрируют конкурентоспособность в области создания полностью отечественных платформ и двигательных установок. В ближайшем десятилетии ожидается дальнейший рост числа запусков и повсеместное внедрение бортового искусственного интеллекта для автономной обработки данных.

Литература

1. 360iResearch. SmallSats & CubeSats Market by Satellite Class, Orbit, Payload, Propulsion, Application, End User – Global Forecast 2026-2032. – 2026. – 187 p. – URL: https://www.giiresearch.com/report/ires1969027-smallsats-cubesats-market-by-satellite-class-orbit.html (дата обращения: 05.07.2026).

2. Fevgas G., Lagkas T.D., Sarigiannidis P., Argyriou V. Advances in Remote Sensing and Propulsion Systems for Earth Observation Nanosatellites // Future Internet. – 2025. – V. 17. – № 1. – P. 16. – DOI: 10.3390/fi17010016.
3. The Business Research Company. Nanosatellite and Microsatellite Global Market Report 2026. – 2026. – 250 p. – URL: https://www.researchandmarkets.com/reports/5792734/nanosatellite-microsatellite-market-report (дата обращения: 05.07.2026).
4. Научная Россия. Большое будущее малых спутников [Электронный ресурс]. – 2025. – URL: https://sci-ru.org (дата обращения: 05.07.2026).
5. Kulu E. CubeSats & Nanosatellites – 2024 Statistics, Forecast and Reliability // IAC-24, B4, 6A, 83232. – 2024. – P. 601-614. – DOI: 10.52202/078365-0069.
6. Prokosmos. Первый в России радиолокационный «кубсат» готов к запуску [Электронный ресурс]. – 2025. – 14 ноября. – URL: https://prokosmos.ru/2025/11/14/pervii-v-rossii-radiolokatsionnii-kubsat-gotov-k-zapusku (дата обращения: 05.07.2026).
7. Fortune Business Insights. CubeSat Market Size, Share & Industry Analysis, By Size, Component, Payload, Application, End User, & Regional Forecast, 2026-2034 [Электронный ресурс]. – 2026. – URL: https://www.fortunebusinessinsights.com/cubesat-market-113707 (дата обращения: 05.07.2026).

УДК 629.78:550.3
eLIBRARY.RU: 89.53.00

Белоконов И.В.
Belokonov I.V.
доктор технических наук, профессор
заведующий межвузовской кафедрой
космических исследований
Синицын Л.И.
Sinitsyn L.I.
кандидат технических наук
доцент межвузовской кафедры
космических исследований
Кумарин А.А.
Kumarin A.A.
младший научный сотрудник
Шафран С.В.
Shafran S.V.
младший научный сотрудник

Щербаков М.С.
Shcherbakov M.S.
младший научный сотрудник
Самарский университет им. Королева
г. Самара

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГРАММЫ САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПО ИЗУЧЕНИЮ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ НАНОСПУТНИКОВ

RESULTS OF SAMARA UNIVERSITY'S PROGRAM ON THE STUDY OF GEOPHYSICAL FIELDS USING NANOSATELLITES

Аннотация. С 2020 года в Самарском университете реализуется программа по изучению геофизических полей с помощью наноспутников (НС) на платформе собственной разработки. В докладе представлены основные результаты, полученные в рамках данной программы. В частности, обсуждается выполнение научной программы по измерению параметров ионосферы и магнитосферы НС «СамСат-Ионосфера» на низкой околоземной орбите.

Ключевые слова: наноспутник, кубсат, ионосфера, магнитное поле, плазма.

Abstract. Since 2020, Samara University has been implementing a program to study geophysical fields using nanosatellites based on a proprietary platform. This report presents the main results obtained under this program. Specifically, it discusses the implementation of a scientific program to measure ionospheric and magnetospheric parameters using the SamSat-Ionosphere nanosatellite in low Earth orbit.

Keywords: nanosatellite, CubeSat, ionosphere, magnetic field, plasma.

Качество жизни людей во многом определяется состоянием геофизических полей (ГФП), которые оказывают значительное влияние на стабильность и точность спутниковой связи и навигации. Кроме того, состояние ГФП отражает процессы, происходящие внутри Земли, и может рассматриваться как предвестник землетрясений и цунами.

С 2020 года в Самарском университете реализуется программа исследования ГФП с помощью НС формата кубсат 3U. На базе космической платформы собственной разработки создано семейство

НС СамСат, на которых установлена научная аппаратура для измерения параметров ионосферы и магнитосферы Земли.

В 2023 году в рамках российской программы запуска малых космических аппаратов «УниверСат» был выведен на солнечно-синхронную орбиту НС SamSat-ION, на котором установлена научная аппаратура: резонансный датчик совместной разработки с ИПФ РАН, позволяющий проводить измерения плотности электронной концентрации ионосферы; двухчастотный навигационный приёмник разработки Самарского университета для вычисления полного электронного содержания по сигналам СРНС ГЛОНАСС; а также магнитометр, размещённый на штанге на удалении 30 см от бортовых систем [1]. По итогам этой миссии была выполнена доработка платформы и 5 ноября 2024 года на солнечно-синхронную орбиту был выведен модернизированный НС «СамСат-Ионосфера» с идентичной научной аппаратурой, который в настоящее время продолжает успешно функционировать.

В декабре 2024 года на НС «СамСат-Ионосфера» было проведено пробное включение двухчастотного навигационного приёмника. Телеметрическая информация подтвердила штатное включение и отключение приёмника, получен статус приёмника и идентификатор его программного обеспечения.

На протяжении 2025 года НС «СамСат-Ионосфера» обеспечивал оперативный мониторинг магнитного поля над территорией России и ежедневно передавал научные измерения тематическому заказчику — в Институт прикладной геофизики им. Фёдорова. Использование магнитометрических измерений, полученных с помощью НС «СамСат-Ионосфера» было подтверждено на Совете РАН по космосу. На рисунке 1 приведено распределение модуля магнитного поля Земли над территорией РФ, полученное с помощью магнитометров НС «СамСат-Ионосфера».

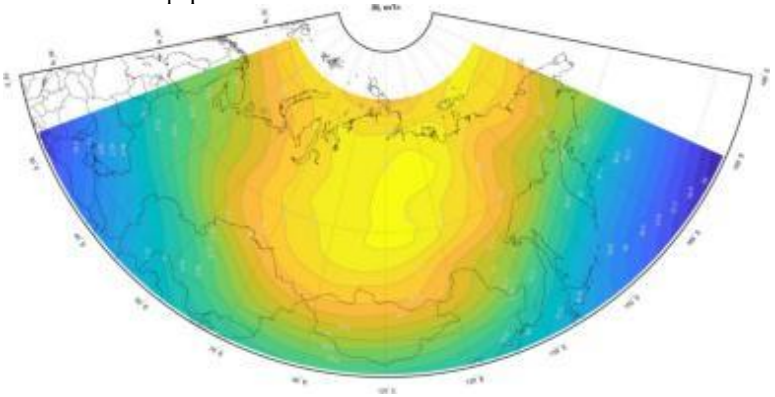


Рис. 1. Распределение модуля магнитного поля Земли над территорией РФ за период с 27.02.2025 по 20.04.2025

С конца 2025 года активно выполняется научная программа, связанная с измерением плотности электронной концентрации ионосферы по траектории движения НС с помощью экспериментального резонансного датчика. Особенностью этого датчика является возможность проведения измерений с частотой дискретизации до 500 Гц.

В мае 2026 был проведён ряд экспериментов по изучению влияния на параметры ионосферы и магнитосферы ВЧ-излучения многофункционального радиокомплекса «Сура», а также ОНЧ-излучения передающей радиостанции «Голиаф». В рамках этих экспериментов НС «СамСат-Ионосфера» с установленным на борту резонансным датчиком успешно дополнил научные измерения, полученные с помощью космического комплекса для мониторинга геофизической обстановки «Ионозонд». Результаты экспериментов в настоящее время обсуждаются с заказчиками космического комплекса «Ионозонд» — федеральной службой России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Российской академией наук.

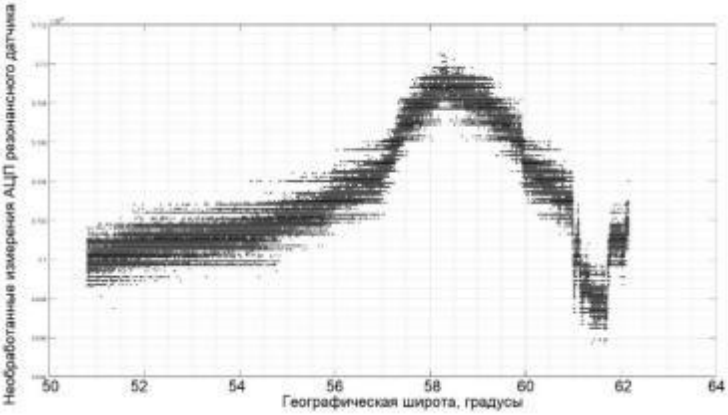


Рис. 2. Необработанные значения с АЦП резонансного датчика во время прохождения НС «СамСат-Ионосфера» над работающим СДВ-передатчиком «Голиаф»

К настоящему моменту на межвузовской кафедре космических исследований Самарского университета завершена работа над новым аппаратом — НС «СамСат-ОРИОН», который предназначен для дистанционного зондирования ионосферы методом

радиопросвечивания. Научной аппаратурой этого НС является двухканальный передатчик разработки ИКИ РАН и навигационный приёмник, разработанный в Самарском университете.

Таким образом НС «СамСат-ОРИОН» будет являться третьим космическим аппаратом межвузовской кафедры космических исследований Самарского университета, функционирующем в составе группировки наноспутников для непрерывного мониторинга состояния ГФП.

Литература

1. Belokonov I., Boltov E., Lomaka I., etc. Lessons learned of nanosatellite SamSat-ION mission: preliminary results // 75th International Astronautical Congress (IAC 2024). — 2024. DOI: 10.52202/078372-0067.

УДК 629.78, 523.98
eLIBRARY.RU: 89.25.21

Богачёв С.А.
Bogachyov S.A.
доктор физико-математический наук
заведующий лабораторией
Кузин С.В.
Kuzin S.V.
доктор физико-математический наук
ведущий инженер
Холодилов А.А.
Holodilov A.A.
ведущий инженер
Червинский В.И.
Chervinsky V.I.
инженер
Трифонов А.В.
Trifonov A.V.
ведущий инженер
Лобода И.П.
Loboda I.P.
кандидат физико-математических наук
научный сотрудник
ИКИ РАН, г. Москва

МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ «АВРОРА» ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ СОЛНЦА

SMALL SPACECRAFT «AURORA» FOR OBTAINING IMAGES OF THE SUN

Аннотация. ИКИ РАН и ГК «Геоскан» совместно предложен и находится на стадии реализации проект первого в мире кубсата формата 16U, предназначенного для получения изображений Солнца в вакуумной УФ области спектра — космический аппарат «Аврора». Целью работ является частичное восстановление возможностей отечественной науки по изображающему мониторингу солнечной активности в недоступной с Земли коротковолновой области спектра. В случае успешной реализации инструмент должен предоставить изображения с детализацией около 2 угловых секунд, что сравнимо с характеристиками солнечных телескопов на космической обсерватории КОРОНАС-Фотон.

Ключевые слова: Малый космический аппарат (МКА), CubeSat, солнечная корона, вакуумный ультрафиолет (ВУФ), космическая погода, солнечный телескоп, космическое приборостроение, мониторинг солнечной активности, формат 16U.

Abstract. The Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences and Geoscan State Corporation have jointly proposed and are currently implementing the world's first 16U CubeSat, the Aurora spacecraft, designed to image the Sun in the vacuum UV spectrum. The aim of this project is to partially restore Russian scientific capabilities for imaging solar activity in the short-wavelength spectral region inaccessible from Earth. If successfully implemented, the instrument should provide images with a resolution of approximately 2 arc seconds, comparable to the performance of the solar telescopes on the CORONAS-Photon space observatory.

Keywords: Small spacecraft (SSC), CubeSat, solar corona, vacuum ultraviolet (VUV), space weather, solar telescope, space instrumentation, solar activity monitoring, 16U format.

Цели и задачи проекта

ИКИ РАН совместно с группой компаний Геоскан в настоящее время ведут работы по созданию малого космического аппарата (МКА) «Аврора» формата 16U для первого в мире получения изображений переходного слоя и короны Солнца в вакуумном ультрафиолетовом (ВУФ) диапазоне спектра с борта аппарата класса CubeSat. Мотивацией

для работы является необходимость восстановления отечественного сегмента изображающего мониторинга солнечной активности, полностью утраченного после 2009 года, когда прекратила работу последняя отечественная солнечная обсерватория «КОРОНАС-Фотон». Соответствующие данные исключительно важны для прогноза космической погоды и обеспечения безопасности космической деятельности. Изображения Солнца в ВУФ-диапазоне дают наиболее точную информацию для прогноза. При этом они недоступны для получения с поверхности Земли из-за поглощения атмосферой.

Проект предполагает решение целого ряда нетривиальных инженерно-технических задач, связанных с миниатюризацией солнечного телескопа, что необходимо для встраивания его в жесткие массогабаритные и энергетические ограничения платформы CubeSat. На данный момент в приложении к приборам данного типа это не было реализовано ни одной страной мира в успешном орбитальном эксперименте.

Техническое описание

МКА «Аврора» разрабатывается по модульному принципу и состоит из служебной платформы «Геоскан 16U» и полезной нагрузки (ПН) — зеркального ВУФ-телескопа (см. рисунок 1).

Космическая платформа (16U) разрабатывается компанией Геоскан, точнее модернизируется под задачи солнечной астрономии на основе ранее отработанных решений для ДЗЗ. Платформа имеет следующие основные харатеристики:

– Корпус и энергоснабжение:

Силовая конструкция (251.3×251.3×512 мм), включающая 6 панелей на основе арсенида галлия (GaAs) и аккумуляторную батарею ёмкостью 230 Вт·ч. Расчетный энергобаланс составляет 997.5 Вт·ч/сутки выработки против 384.25 Вт·ч/сутки потребления.

– Система ориентации и стабилизации:

Трехосная система на базе звездного датчика (ЗД), волоконно-оптического гироскопа (ВОГ), четырех маховиков и электромагнитных катушек. Данное решение обеспечивает точность наведения на Солнце не хуже 10 угловых минут и стабилизацию 2"/с, необходимые для проведения высокоточных съемок.

– Радиолиния:

Включает командно-телеметрический канал в УКВ-диапазоне (435 МГц) для приема команд и передачи телеметрии, а также высокоскоростной X-диапазон (10.45 ГГц) на основе стандарта DVB-S2 с фазированной антенной решеткой. Пропускная способность до 250

Мбит/с обеспечивает передачу суточного объема научных данных (до 150 Мбайт) за сеанс связи длительностью 5–10 секунд.

Сведения о полезной нагрузке:

– Оптическая схема:

Двухзеркальный телескоп Ричи-Кретьена с главным зеркалом диаметром 75 мм и полем зрения 2°. Оптическая скамья выполнена из инварового сплава для минимизации температурных деформаций.

– Детектор:

КМОП-матрица с обратной освещённостью формата 2048×2048 пикселей, чувствительная в диапазоне 0.1 нм – 1 мкм.

– Основной спектральный диапазон: 30.4 нм.

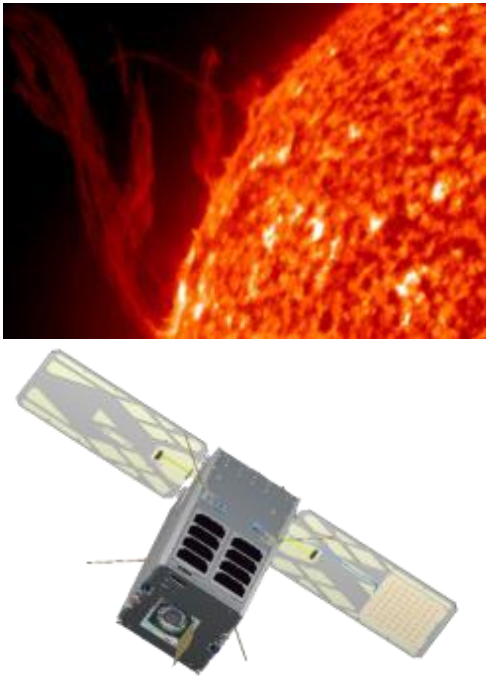


Рис. 1. Вид Солнца в рабочем диапазоне телескопа 30.4 нм и предварительный облик космического аппарата Аврора

Кооперация и сроки реализации

Головным исполнителем выступает Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), который обладает

уникальным опытом создания солнечной оптики, в т.ч. для миссий КОРОНАС-И, КОРОНАС-Ф и КОРОНАС-Фотон.

Индустриальным партнером является ООО «Геоскан» — разработчик российской унифицированной платформы CubeSat 16U, прошедшей летную квалификацию на аппаратах «ИнноСат16» и «Лобачевский».

Реализация проекта запланирована на 2026 год.

Работы ведутся при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-15-2026-348 от 21.05.2026 о предоставлении грантов в форме субсидий, предусмотренных федеральным проектом: «Кадры для космоса».

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

Оседло В.И.
Osedlo V.I.
кандидат физико-математических наук
заместитель директора
НИИЯФ МГУ, г. Москва
Свертилов С.И.
Svertilov S.I.
доктор физико-математических наук
заведующий кафедрой физики космоса
физического факультета МГУ, г. Москва
Яшин И.В.
Yashin I.V.
кандидат физико-математических наук
ведущий научный сотрудник
НИИЯФ МГУ, г. Москва

ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ ОРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

FURTHER DEVELOPMENT OF MOSCOW UNIVERSITY ORBITAL CONSTELLATION

Аннотация. На сегодняшний день развернута космическая группировка Московского университета – на орбиту выведен 21 спутник формата кубсат. Дальнейшее развитие орбитальной группировки связано с запуском нескольких спутников формата 3U

для изучения космических гамма-всплесков, подготовкой экспериментов на спутнике формата 16U по мониторингу солнечной активности. Также готовится миссия к астероиду Апофис.

Ключевые слова: группировка, кубсаты, мониторинг, гамма-всплески, солнечная активность, астероид.

Abstract. Moscow University's space constellation has been deployed to date, with 21 CubeSat satellites launched into orbit. Further development of the orbital constellation involves the launch of several 3U satellites for studying cosmic gamma-ray bursts and the preparation of experiments on a 16U satellite for monitoring solar activity. A mission to the asteroid Apophis is also being prepared.

Keywords: constellation, CubeSats, monitoring, gamma ray bursts, solar activity, asteroid.

На сегодняшний день развернута космическая группировка Московского университета – на орбиту выведен 21 спутник формата кубсат с аппаратурой НИИЯФ МГУ, из которых 8 успешно функционируют. В ходе экспериментов получено несколько Гбайт данных. Зарегистрировано несколько десятков астрофизических всплесков и солнечных вспышек в жестком рентгеновском и гамма диапазонах [1]. Также осуществляется регулярный мониторинг космической радиации в околоземном космическом пространстве (ОКП), в том числе солнечных космических лучей, потоков захваченных, квазизахваченных и высыпающихся частиц во время геомагнитных возмущений различной интенсивности [2]. Следует отметить запуск в декабре 2025 г. кубсата формата 16U «НИИЯФ МГУ 80», на котором проводятся наблюдения высотных атмосферных разрядов в разных диапазонах электромагнитного спектра и динамики радиационных полей в ОКП. Особо необходимо выделить астробиологические эксперименты, в ходе которых получены уникальные данные по выживаемости микроорганизмов в условиях воздействия неблагоприятных факторов космической среды.

В дальнейшем планируется продолжить пополнение группировки новыми космическими аппаратами. Должно быть запущено несколько спутников формата 3U для изучения космических гамма-всплесков, в том числе на них планируется осуществить эксперименты по локализации источников всплесков методом триангуляции. Начата подготовка экспериментов на спутнике формата 16U по мониторингу солнечной активности и наблюдениям эффектов космической погоды. На этом космическом аппарате должен быть установлен комплекс приборов в составе гамма-спектрометра для патрулирования вспышечной активности Солнца, детекторов электронов и протонов

высоких энергий и частиц надтепловой плазмы, а также магнитометрическая аппаратура для контроля магнитоволновой обстановки в ОКП.

В 2029 г. планируется реализовать миссию к астероиду Апофис в период его максимального сближения с Землей. В ходе миссии предполагается осуществить облет астероида и комплексные наблюдения его поверхности, исследовать его изотопный и элементный состав, электромагнитное поле и газопылевой компонент.

Литература

1. Bogomolov A.V., BogomolovV.V., Iyudin A.F., Kalegaev V.V., Myagkova I.N., Osedlo V.I., Svertilov S.I., Yashin I.V. Observations of solar cosmic ray events and hard X-ray during strong solar flares in October 2024 on Moscow University nanosatellite Avion // J. of Atm. and Solar-Terrestrial Phys. - 2025. - V.277. - P.106656 - 106661

2. Богомолов А.В., Богомолов В.В., Еремеев В.Е., Июдин А.Ф., Калегаев В.В., Мягкова И.Н., Свертилов С.И. Явления космической погоды, наблюдавшиеся в экспериментах на кубсатах группировки МГУ «Созвездие-270» во время гелиогеофизических возмущений 2024 года // Космич. исслед. - 2025. - Т.63. - №6. С.610-623.

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

Богомолов В.В.
Bogomolov V.V.
кандидат физико-математических наук
доцент кафедры физики космоса
физического факультета МГУ, г. Москва
Свертилов С.И.
Svertilov S.I.
доктор физико-математических наук
заведующий кафедрой физики космоса
физического факультета МГУ, г. Москва
Оседло В.И.
Osedlo V.I.
кандидат физико-математических наук
заместитель директора НИИЯФ МГУ,г. Москва
Бенгин В.В.
Bengin V.V.
кандидат физико-математических наук

старший научный сотрудник
НИИЯФ МГУ, г. Москва
Васильев Н.А.
Vasiliiev N.A.
аспирант
физического факультета МГУ, г. Москва
Гарипов Г.К.
Garipov G.K.
старший научный сотрудник
НИИЯФ МГУ, г. Москва
Золотарев И.А.
Zolotarev I.A.
кандидат физико-математических наук
научный сотрудник
НИИЯФ МГУ, г. Москва
Климов П.А.
Klimov P.A.
доктор физико-математических наук
заведующий лабораторией
НИИЯФ МГУ, г. Москва
Шемухин А.А.
Shemukhin A.A.
кандидат физико-математических наук
заведующий лабораторией
НИИЯФ МГУ, г. Москва
Краснопеев С.В.
Krasnopeev S.V.
ведущий инженер
НИЛАКТ ДОСААФ, г. Калуга
Папков А.П.
Papkov A.P.
генеральный директор – генеральный конструктор
НИЛАКТ ДОСААФ, г. Калуга

НОВЫЙ СПУТНИК МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА «НИИЯФ МГУ 80»: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

NEW SPACECRAFT ‘SINP MSU 80” OF MOSCOW UNIVERSTY: FIRST RESULTS AND PERSPECTIVES

Аннотация. В рамках реализации космической программы Московского университета 28 декабря 2025 г. был выведен на орбиту спутник формата кубсат 16U «НИИЯФ МГУ 80», названный в честь 80-летнего юбилея НИИЯФ МГУ. На спутнике установлена разнообразная аппаратура для проведения астрофизических, космофизических, геофизических и астробиологических исследований. В настоящее время проводятся летные испытания, анализируются первые результаты.

Ключевые слова: спутник, кубсат, астрофизика, геофизика, астробиология.

Abstract. In framet of Moscow University's space program, the 16U CubeSat "SINP MSU 80" was launched into orbit on December 28, 2025. Named in honor of the SINP MSU's 80th anniversary, the satellite carries a variety of instruments for astrophysical, space-physical, geophysical, and astrobiological research. Flight tests are currently underway, and initial results are being analyzed.

Keywords: spacecraft, cubesat, astrophysics, geophysics, astrobiology.

В рамках реализации космической программы Московского университета 28 декабря 2025 г. спутник формата кубсат 16U «НИИЯФ МГУ 80», названный в честь 80-летнего юбилея НИИЯФ МГУ был выведен на солнечно-синхронную полярную орбиту высотой ~500 км. На спутнике установлена разнообразная аппаратура, предназначенная для исследования транзиентных явлений в верхней атмосфере, околоземной радиации, космических гамма-всплесков, солнечных вспышек, а также воздействия факторов космического пространства на микроорганизмы. В состав полезной нагрузки входят трековый гамма-спектрометр ТГС, оптический и УФ спектрометр-фотометр СОНЭТ, комплекс детекторов космической радиации в составе комбинированного детектора излучений КОДИЗ-2 и электростатического энерго-анализатора частиц ЭЗЧ и два биоконтейнера БИОЛ-1 и БИОЛ-2 [1].

Прибор ТГС предназначен для исследования атмосферных вспышек гамма излучения, которые, как считается, связаны с высотными электромагнитными разрядами. Аппаратура СОНЭТ также

предназначена для исследования высотных разрядов в оптическом и ультрафиолетовом диапазонах. Прибор КОДИЗ-2 обеспечивает измерение потоков и спектров электронов с энергиями 0.16 – 10.0 МэВ и протонов с энергиями 2 – 160 МэВПрибор ЭЗЧ позволяет измерять потоки и спектры электронов, так называемой, надтепловой плазмы – в диапазоне энергий от 0.1 до 20 кэВ.

В настоящее время проводятся летные испытания космического аппарата и установленных на нем приборов. Получены первые данные, в частности по вариациям потоков заряженных частиц, всплескам электромагнитного излучения. В дальнейшем планируется проводить регулярные наблюдения астрофизических и атмосферных гамма-всплесков и атмосферных транзипентных явлений, осуществлять мониторинг потоков энергичных заряженных частиц и надтепловой плазмы в околоземном пространстве.

Литература

1. Bogomolov, V.V., Iyudin, A.F., Kalegaev, et.al. Upcoming MSU cubesats for space weather and astrophysical research // Adv. in Space Res. - 2024. - S0273–1177(24)01075–5. DOI: 10.1016/j.asr.2024.10.043.

УДК: 579.65, 629.783
eLIBRARY.RU: 89.15.00

Золотарев И.А.
Zolotarev I.A.
кандидат физико-математических наук
научный сотрудник
НИИЯФ МГУ, г. Москва
Гарипов Г.К.
Garipov G.K.
старший научный сотрудник
НИИЯФ МГУ, г. Москва
Ткаченко Д.И.
Tkachenko D.I.
сотрудник НИИЯФ МГУ, г. Москва
Антонюк Г.И.
Antonyuk G.I.
младший научный сотрудник
НИИЯФ МГУ, г. Москва
Сазонова А.В.
Sazonova A.V.
сотрудник НИИЯФ МГУ, г. Москва

Лебедев М.О.
Lebedev M.O.
сотрудник НИИЯФ МГУ, г. Москва
Ефимкин А.Н.
Efimkin A.N.
сотрудник НИИЯФ МГУ, г. Москва
Силина Е.В.
Silina E.V.
доктор медицинских наук
профессор кафедры патологической физиологии
заведующий лабораторией науки о жизни
Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, г. Москва
Золотарева Л.С.
Zolotareva L.S.
сотрудник НИИЯФ МГУ, г. Москва
Оседло В.И.
Osedlo V.I.
кандидат физико-математических наук
заместитель директора
НИИЯФ МГУ, г. Москва

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ НА ОРБИТАЛЬНОЙ БИОЛАБОРАТОРИИ БИОЛ-2 НА СПУТНИКЕ НИИЯФ-МГУ-80

BIOLOGICAL EXPERIMENT ON THE BIOL-2 ORBITAL BIOLABORATORY ONBOARD THE SINP-MSU-80 SATELLITE

Аннотация. Представлены результаты космического эксперимента БИОЛ-2 на спутнике «НИИЯФ-МГУ-80» и данные параллельного наземного эксперимента. Эксперимент направлен на изучение влияния условий космического полета на жизненно важные функции микроорганизмов — флуоресцентных штаммов E. coli, размещенных в восьми герметичных контейнерах, посредством флуоресцентных измерений.

Ключевые слова: космос, микроорганизмы, радиопротекторы, наноспутники.

Abstract. The results of the BIOL-2 space experiment onboard the SINP-MSU-80 satellite and data from a parallel ground-based experiment are presented. The experiment is aimed at studying the effects of space flight conditions on the vital functions of microorganisms—fluorescent

strains of E. coli placed in eight sealed containers—by means of fluorescence measurements.

Keywords: space, microorganisms, radioprotectors, nanosatellites.

Использование флуоресценции позволяет исследовать динамику жизнедеятельности микроорганизмов в реальном времени на борту малых космических аппаратов без разрушения образцов и без возврата на Землю [1, 2]. В рамках этого подхода на спутнике «НИИЯФ-МГУ-80», запущенного в декабре 2025 г., выполняется эксперимент БИОЛ-2.

Полезная нагрузка спутника включает прибор с флуоресцентными штаммами E. Coli, размещенными в восьми герметичных ампулах, различающихся по концентрации клеток и наличию радиопротекторных препаратов. Это позволяет оценить общее изменение физиологического состояния микроорганизмов, вклад радиационного фактора и эффективность радиопротекторов. Состояние клеток контролируется по интенсивности флуоресценции, возбуждаемой зондирующими вспышками света. Одновременно проводится наземный эксперимент с тем же составом проб для выделения эффектов именно космического полета.

За время эксперимента в космосе интенсивность флуоресценции микроорганизмов снизилась: в ампулах с высокой концентрацией клеток на ~30% от исходного уровня; относительно наземного эксперимента – на 8% без радиопротекторов и на 6–7% с радиопротекторами. Данные указывают на сохранение жизнеспособности микроорганизмов при умеренном снижении активности. Окончательные выводы о вкладе радиационного фактора и эффективности радиопротекторов будут сделаны по итогам дальнейшего анализа.

Литература

1. Гарипов Г.К., Панасюк М.И., Свертилов С.И., Конюхов И.В., Погосян С.И., Рубин А.Б., Андреев Д.Е. Поиск внеземных микроорганизмов на космических объектах из космоса // Космические исследования. 2020. Т. 58, № 4. С. 276–283.

2. Гарипов Г.К., Рубин А.Б., Погосян С.И., Андреев Д.Е., Конюхов И.В., Оседло В.И., Свертилов С.И. Астробиологические эксперименты на спутниках формата кубсат // Идеи К.Э. Циолковского в теориях освоения космоса. Материалы 59-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Калуга: Эйдос, 2024. Т. 1. С. 39–42.

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

Гарипов Г.К.
Garipov G.K.
старший научный сотрудник
НИИЯФ МГУ, г. Москва
Рубин А.Б.
Rubin A.B.
доктор биологических наук
академик РАН
заведующий кафедрой биофизики
биологического факультета МГУ, г. Москва
Погосян С.И.
Pogosyan S.N.
доктор биологических наук
профессор кафедры биофизики
биологического факультета МГУ, г. Москва
Андреев Д.Е.
Andreev D.E.
доктор химических наук
заведующий лабораторией
НИИ ФХБ МГУ, г. Москва
Конюхов И.В.
Konykhov I.V.
кандидат биологических наук
старший научный сотрудник
биологического факультета МГУ, г. Москва
Оседло В.И.
Osedlo V.I.
кандидат физико-математических наук
заместитель директора
НИИЯФ МГУ, г. Москва
Свертилов С.И.
Svertilov S.I.
доктор физико-математических наук
заведующий кафедрой физики космоса
физического факультета МГУ, г. Москва

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПОИСКА ВНЕЗЕМНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ НА КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

SOME PROBLEMS ON THE SEARCH FOR EXTRATERRESTRIAL MICROORGANISMS ON SPACE OBJECTS

Аннотация. В докладе обсуждаются вопросы поиска внеземных микроорганизмов на удаленных космических объектах и изучения динамики выживания земных микроорганизмов в экстремальных космических условиях по флуоресцентному излучению микроорганизмов, которое возникает при воздействии на них зондирующих вспышек света с помощью аппаратуры в составе космического аппарата.

Ключевые слова: космос, микроорганизмы, наноспутники, флуоресцентное излучение.

Abstract. The report discusses the issues of searching for extraterrestrial microorganisms on remote space objects and studying the dynamics of the survival of terrestrial microorganisms in extreme space conditions by the fluorescent radiation from microorganisms that occurs when they are illuminating by probing light flashes on board of spacecraft.

Keywords: space, microorganisms, nanosatellites, fluorescent radiation.

Недавнее открытие марсианках метеоритов на Земле свидетельствует о том, что между космическими объектами Солнечной системы существуют естественные транспортные связи. При этом могут транспортироваться не только фрагменты грунта, но и образцы различных молекулярных соединений, включая споры жизнеспособных микроорганизмов, находящихся на поверхности, как астероида, так и космического тела. Таким образом, можно ожидать, что микроорганизмы на космических объектах могут иметь общие свойства с земными микроорганизмами, которые не зависят от особенностей среды обитания в силу своей устойчивости к мутациям.

Для поиска таких микроорганизмов на удаленных космических объектах из космоса с помощью микроспутников предлагается использовать свойство, характерное для земных микроорганизмов, флуоресцировать при облучении их зондирующими вспышками света [1].

Оценки показывают, что при мощности источника зондирующего излучения в импульсе 100 Вт и площади входного окна телескопа 100 $см^2$ поиск микроорганизмов может проводиться как из космоса с

орбиты спутника на площадях соизмеримых с размерами космического объекта, так и на поверхности космического объекта в районе посадки спускаемого аппарата. При этом колонии микроорганизмов могут быть обнаружены на расстоянии сотен километров от поверхности космического тела, а на расстоянии десятков метров единичные микроорганизмы

Аппаратура для поиска и изучения микроорганизмов по флуоресцентному излучению имеет малые габариты и малую мощность потребления.

Литература

1. Гарипов Г.К., Панасюк М.И., Свертилов С.И., Конюхов И.В., Погосян С.И., Рубин А.Б., Андреев Д.Е., Поиск внеземных микроорганизмов на космических объектах из космоса Явления // Космич. исслед. - 2020. - Т.58. - №4. С. 276-283.

УДК 523.4-854:519.254
eLIBRARY.RU: 89.15.00

Каваносян С.С.
Kavanosyan S.S.
заместитель начальника отдела
АО «ЦНИИмаш», г. Королев
Твердохлебова Е.М.
Tverdokhlebova E.M.
доктор технических наук
начальник Центра
АО «ЦНИИмаш», г. Королев
Молодцов К.А.
Molodtsov K.A.
инженер 1 категории
АО «ЦНИИмаш», г. Королев

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЫСЫПАНИЙ ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ РАДИАЦИОННЫХ ПОЯСОВ ЗЕМЛИ ПО ДАННЫМ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

IDENTIFICATION OF ELECTRON PRECIPITATION FROM THE EARTH RADIATION BELTS BASED ON MOSCOW UNIVERSITY SATELLITE DATA

Аннотация. Предложен способ автоматизированной идентификации высыпаний электронов из радиационных поясов Земли на основе анализа формы распределения скользящего стандартного отклонения скорости счета детекторов космической радиации. Количественным индикатором наличия высыпаний служит коэффициент асимметрии распределения, который используется для идентификации событий высыпаний. Методика апробирована на данных измерений с помощью нано-спутников формата кубсат группировки Московского университета имени М.В. Ломоносова и продемонстрировала свою эффективность.

Ключевые слова: коэффициент асимметрии, скользящее среднее, форма распределения, стандартное отклонение, идентификация, высыпания электронов, кубсаты, космические аппараты.

Abstract. A method of automatical identification of electron precipitation from the Earth’s radiation belts based on the analysis of the sliding standard deviation distribution shape is proposed. A quantitative indicator of the precipitation presence is the distribution asymmetry coefficient, which is used to identify precipitation events. The method has been tested with the use of data from M.V. Lomonosov Moscow State University cubesat satellite constellation and has demonstrated its effectiveness in detection.

Keywords: skewness coefficient, moving average, distribution shape, standard deviation, electron precipitation search, CubeSats, spacecraft.

Детектирование спорадических высыпаний релятивистских электронов из радиационных поясов Земли (РПЗ) в атмосферу является одной из задач космических аппаратов (КА) орбитальной группировки Московского университета имени М.В. Ломоносова. В настоящее время в рамках развертывания орбитальной группировки Московского университета на низкие круговые орбиты (высотой ~500 – 800 км) выведен 21 КА формата кубсат с регистрирующими приборами, разработанными и созданными в Научно-

исследовательском институте ядерной физики имени Д.В. Скобельцына [1, 2].

Задача автоматизированной идентификации событий высыпаний во временных рядах данных возникает из-за необходимости обработки больших массивов информации, поступающей с КА. Интенсивность радиации значительно варьируется при пересечении различных L-оболочек, в зоне пересечения РПЗ и в области Южно-Атлантической магнитной аномалии, а также отсутствие систем стабилизации КА вносит искажения в регистрируемые потоки космической радиации. Эти факторы требуют трудоемкой ручной настройки для каждого участка орбиты. В связи с этим возникает потребность в разработке устойчивого к нестационарному фону автоматизированного метода, способного проводить поиск событий высыпаний электронов в больших массивах временных рядов. Предлагается статистический подход, основанный на анализе формы распределения скользящего стандартного отклонения скорости счета. Ключевая идея которого заключается в том, что появление возрастания (высыпания) заметно искажает форму распределения, вытягивая его правый «хвост», что может быть количественно оценено через коэффициент асимметрии.

Предложен способ выявления возрастаний (в том числе обусловленных высыпаниями электронов из РПЗ) во временных рядах данных при помощи критерия, основанного на превышении коэффициентом асимметрии распределения скользящего стандартного отклонения пороговой величины. Данный подход позволяет идентифицировать высыпания электронов из радиационных поясов во временных рядах на фоне флуктуаций скорости счета, связанных с вращением КА и изменчивости потока космической радиации. Данная методика апробирована на данных с КА «Авион», «Альтаир», «UTMN», «Монитор-2», «Монитор-3» и «Монитор-4», продемонстрировал свою эффективность в детектировании высыпаний электронов из радиационных поясов Земли и может быть применима для автоматизированной обработки больших массивов данных с КА, оснащенных детекторами космической радиации.

Литература

1. Свертилов С.И., Твердохлебова Е.И., Оседло В.И. и др. Возможности группировки наноспутников при мониторинге космической радиации и электромагнитных транзиентов // Космонавтика и ракетостроение, издательство ЦНИИмаш (Королев), том 136, № 3, с. 112-125.

2. Космическая погода. URL: https://swx.sinp.msu.ru/tools/davisat.php?gcm=1.

УДК 621.314.5
eLIBRARY.RU 89.57.25

Пантелеймонов И.Н.
Panteleymonov I.N.
начальник лаборатории
ФГАУ НИЦ Телеком, г. Москва
Шувалов В.А.
Shuvalov V.A.
кандидат технических наук
старший научный сотрудник
ведущий научный сотрудник
АО «ЦНИИмаш», г. Королев
Яхин И.Х.
Yakhin I.Kh.
начальник отдела
ФГАУ НИЦ Телеком, г. Москва
Алексеев Р.А.
Alekseev R.A.
начальник управления развития спутниковых систем
АО «Спутниковая система «Гонец», г. Москва
Пантелеймонов Т.И.
Panteleymonov T.I.
студент РТУ МИРЭА, г. Москва

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ «КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ»

ARCHITECTURE OF THE INFORMATION EXCHANGE SYSTEM IN THE “SPACE WEATHER SYSTEM”

Аннотация. Рассматриваются физическая и логическая архитектура объектов системы информационного обмена в многоспутниковой мультиорбитальной космической системе «Космической погоды». Актуальность работы обусловлена необходимостью обеспечения постоянной доступности малых космических аппаратов (МКА) многоспутниковых орбитальных группировок (МОГ) в целях обеспечения информационного обмена в

режиме реального времени, а также – минимизацией затрат на создание бортовых радиотехнических комплексов.

Ключевые слова: малый космический аппарат, спутник-ретранслятор, антенная система, сверхвысокочастотное оборудование, устройство цифровой обработки сигналов.

Abstract. The physical and logical architecture of information exchange system objects in the multi-satellite multiorbital space system "Space Weather" is considered. The urgency of the work is due to the need to ensure the continued availability of small spacecraft (MSCs) of multi–satellite orbital groupings (MOGS) in order to ensure real-time information exchange, as well as to minimize the cost of creating on-board radio systems.

Keywords: small spacecraft, repeater satellite, antenna system, UHF equipment, digital signal processing device.

АРХИТЕКТУРА КС [1-2]:

0-й уровень – наземная сеть УЗС, ЦУП, ЦОИ и ЦУС;

1-й уровень – МКА на НО;

2-й уровень – сети СР;

3-й уровень – МКА на ВЭО.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОСТАВУ И ОСНОВНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ОБОРУДОВАНИЯ СВИЯЗИ И РЕТРАНСЛЯЦИИ МСРД [3-4]

Предложения по составу оборудования бортовой информационной системы КА (без учета резервирования):

1. антенные системы (АС):

1.1. антенные системы низкоскоростных абонентских линий связи (НАЛС) – две системы из 4-х малонаправленных спиральных антенн каждая, размещенные по оси симметрии минус Y для связи с ЗС и +Y для связи с СР;

1.2. антенные системы высокоскоростных абонентских линий связи (ВАЛС) – одна двухзеркальная полноповоротная антенная система с системой наведения, расположенная по оси симметрии Y на выносной штанге для связи с ЗС в зоне радиовидимости ЗС и для связи с СР вне зоны радиовидимости ЗС;

2. СВЧ-оборудование:

2.1. малошумящий усилитель-конвектор;

2.2. усилитель мощности-конвектор;

2.3. волноводный тракт;

2.4. СВЧ-коммутатор тракта промежуточной частоты (ПЧ);

3. устройство цифровой обработки сигналов – модем

4. сетевое и вычислительной оборудование (СВО):
4.1. бортовой контролер управления работой (БКУ) БИС;
4.2. бортовой коммутатор;
5. оборудование космической платформы (КПл) КА, необходимое для обеспечения работы БИС – входит функционально:
5.1. бортовая навигационная система;
5.2. приёмник сигналов GPS/ГЛОНАСС;
5.3. бортовой стандарт частоты и времени.

Предложения по составу оборудования бортовой ретрансляционного комплекса (БРТК) СР:
1. бортовой радиотехнический комплекс (БРК) АЛС, включающий в свой состав:
1.1. бортовой радиотехнический комплекс НАЛС – аналогичен по составу БИС МКА;
1.2. бортовой радиотехнический комплекс ВАЛС;
2. бортовой радиотехнический комплекс (ФЛС);
3. бортовой радиотехнический комплекс межспутниковых линий связи (МЛС);
4. сетевое и вычислительное оборудование;
5. оборудование КПл СР, необходимое для обеспечения работы БРТК – входит функционально:

В состав каждого БРК входят:
1. антенные системы;
2. СВЧ-оборудование;
3. устройства цифровой обработки сигналов.

1. Антенные системы БРК ВАЛС:
– приемная цифровая АФАР (ЦАФАР) и передающая ЦАФАР, расположенные по оси симметрии КПл минус Y, с отдельным наведением и сопровождением остронаправленных лучей каждого абонента;
– одна двухзеркальная полноповоротная антенная система с системой наведения, расположенная по оси симметрии +Y для связи с КА, размещенных на более высоких орбитах;

Антенные системы БРК ФЛС:
– одна двухзеркальная полноповоротная антенная система с системой наведения, расположенная по оси симметрии минус Y;

Антенные системы БРК МЛС:
– две двухзеркальные полноповоротные антенные системы с системой наведения, расположенные по оси симметрии +X и минус X;

2. Состав СВЧ-оборудования зеркальной антенны системы БРК аналогичен составу СВЧ-оборудования зеркальной антенной системы МКА.

3. Состав УЦО зеркальной антенны системы БРК ФЛС аналогичен составу УЦО зеркальной антенной системы МКА.

4. Состав сетевого и вычислительного оборудования:

– бортовой компьютер управления работой (БКУ) БРТК;

– бортовой маршрутизатор (БМ);

– сервер аутентификации и регистрации МКА в СР;

– сервер баллистической информации.

Состав оборудования КПл СР, необходимого для обеспечения работы БРТК аналогичны составу оборудования КПл МКА, необходимого для обеспечения работы БИС МКА.

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И МАССЫ МКА и СР

Таблица 1. Оценочный расчет энергопотребления и массы МКА

Название	Энергопотребление			Масса	
	расчет.		проц. от ПН	проц. от ПН	расчет.
	Вт	кВт	проц.	проц.	кг
КПл	187		100	100	32,36
БИС	87				22,36
ЦА	100				10
ПН	187				32,36
КА	374	0,37			64,72

Таблица 2. Оценочный расчет энергопотребления и массы СР

Название	Энергопотребление			Масса	
	расчет.		проц. от ПН	проц. от ПН	расчет.
	Вт	кВт	проц.	проц.	кг
КПл	1 288		100	100	68,83
БИС	1 188				59
ЦА	100				10
ПН	1 288				68,83
СР	2 577	2,58			137,66

Литература

1. Пантелеймонов И.Н., Захаров А.А., Потюпкин А.Ю., Химочко О.Л., Усиков С.Б. Перспективная модель спутникового интернета. // Тез. докл. на 58-х научных чтений, посвященных разработке научного

наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. г. Калуга, 19 сент. 2023. Калуга. 2023. Ч.1, С.84–88.
2. Пантелеймонов И.Н., Потюпкин А.Ю. Основные направления концепции создания спутниковой глобальной сети передачи данных для космических аппаратов на низких орбитах. // Тез. докл. на 55-х научных чтений памяти К.Э. Циолковского. г. Калуга, 14–15 сент. 2020. Калуга. 2020. Ч.1, С.74–77.
3. Пантелеймонов И.Н., Захаров А.А. Модель информационного обмена с многоспутниковыми группировками космических аппаратов с применением технологий автоматического установления связи. // Тез. докл. на 57-х научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. г. Калуга, 20 сент. 2022. Калуга. 2022. Ч.1, С.21–24.
4. Шувалов В.А., Пантелеймонов И.Н., Нуштаева В.С., Феденев А.В., Данилов Н.Д., Яхин И.Х., Мыров Д.О., Филатов В.В. Основные направления концепции построения перспективной многоспутниковой группировки ретрансляции данных от малых космических аппаратов на низких орбитах // Тез. докл. на 60-х научных чтениях, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. г. Калуга, 17 сент. 2025. Калуга. 2025. Ч.1, С. 52–54.

УДК 629.783:621.382.2
eLIBRARY.RU: 629.783:621.382.2

Сухой Ю.Г.
Sukhoy Yu.G.
доктор технических наук
старший научный сотрудник
заместитель начальника НТЦ
АО «НПК «СПП», г. Москва
Никольская Т.В.
Nikolskaya T.V.
главный специалист-эксперт
АО «НПК «СПП», г. Москва

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА МАЛЫХ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

APPLICATION OF LED LIGHT SOURCES ON SMALL LOW-ORBIT SATELLITES

Аннотация. Работа посвящена оценке возможности наблюдения светодиодных источников излучения, размещаемых на малых КА, наземными оптико-электронными средствами. Показаны преимущества и недостатки размещения светодиодных панелей видимого и инфракрасного диапазона на малых КА. Приведены требования к электропитанию светодиодных источников, размещаемых на КА.

Ключевые слова: светодиод, светодиодная панель, светодиодная матрица, малый космический аппарат.

Abstract. The work is devoted to the assessment of the possibility of observation of LED radiation sources placed on small satellites by ground-based optical and electronic means. The advantages and disadvantages of placing LED panels on small satellites in the visible and infrared range shown. The requirements for power supply of LED sources placed on satellites are given.

Keywords: LED, LED panel, LED matrix, small satellite.

В настоящее время созданы высокоэффективные источники излучения (мощные светодиоды) с малыми массогабаритными характеристиками, что позволяет использовать их в качестве навигационных маяков на космических аппаратах [1,2,3]. Для наземных потребителей актуальной становится задача уточнения координат с использованием светодиодных источников излучения, размещённых на малых низкоорбитальных КА (МНКА). Характер сигнала светодиодного источника, используемого для навигации, может быть дополнен кодировкой по цвету и частоте импульсов при работе в импульсном режиме, что дополнительно к задаче навигации обеспечит определение ориентации МНКА при размещении на нём нескольких светодиодных источников, а также его идентификацию без определения орбиты и получения детальных оптических изображений.

Диапазон применения светодиодов на МНКА расширяется за счёт возможности выбора светодиодов с разными углами излучения (узкий угол – до 30°, средний угол – от 30° до 120°, широкий угол - от 120° до 180°, что обеспечивает управление направленностью света. В данной

работе рассмотрено применение светодиодов видимого, ближнего инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов, попадающих в окна прозрачности атмосферы. Для проверки возможности регистрации наземными оптико-электронными средствами светодиодных источников, расположенных на МНКА, в видимом и инфракрасном спектре проведены расчёты их наблюдаемой звёздной величины.

В качестве рассматриваемых светодиодных источников выбраны следующие устройства: SMD (Surface-Mount Device), COB (Chip-on-Board) и высокомощные диодные матрицы. SMD (Surface-Mount Device) – диоды для поверхностного монтажа, которые могут быть однокристальными или многокристальными. Многокристальные конструкции обеспечивают повышенную яркость. В устройствах COB (Chip-on-Board) множество светодиодных кристаллов монтируются непосредственно на подложку и покрываются слоем люминофора. Они обеспечивают высокую плотность светового потока и однородное свечение. Высокомощные матрицы представляют из себя интегрированное множество светодиодных кристаллов в единый модуль с общей системой охлаждения.

Обычно они применяются для освещения больших пространств, архитектурной подсветки, стадионов. Одиночные светодиоды видимого диапазона непригодны для наблюдения с Земли, так как дают незначительный световой поток, необходимо использовать светодиодные панели. Высокомощные матрицы имеют очень большие потребляемые ток и мощность, требуют отвода тепла для предотвращения перегрева, что ограничивает их использование.

Определено, что с использованием простой широкоугольной камеры различить светодиодную панель в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне волн на фоне звёздного неба затруднительно. Наблюдаемая звёздная величина мощной светодиодной панели в видимом диапазоне, с доступной на МНКА системой электропитания и не требующей охлаждения, на высотах от 500 до 1000 км составляет: для панели 10 см×10 см - 12.2^{m}, для панели 20 см×20 см – 10.7^{m}, а для панели 30 см×30 см – 9.8^{m}. Для наблюдения светодиодных панелей в видимом диапазоне световых волн с поверхности Земли необходим телескоп с апертурой рефрактора не менее 60÷70 мм, рефлектора – не менее 70-80 мм и при условии отсутствия возмущающих факторов. Например, многоканальный широкопольный мониторинговый телескоп ММТ-9 (размер апертуры 71 мм) на станции оптических наблюдений «Архыз», имеющий достаточно большие габариты, несмотря на то, что расположен в благоприятных для наблюдения условиях, имеет предел проницаемости по движущимся объектам

10.5^{m} в поле зрения канала $11° \times 9.5°$ при пространственном разрешении 15.7". На основании проведённых исследований сделан вывод, что с использованием светодиодов, излучающих свет в видимом диапазоне, возможно создание мощных светодиодных панелей для низкоорбитальных спутников астро-ориентиров с солнечными батареями. По предварительным оценкам размер такого спутника может составить около 1-2 м в диаметре для размещения на его поверхности светодиодных панелей и солнечных батарей, а внутри спутника - системы энергопитания светодиодных панелей.

Размещение светодиодных панелей видимого диапазона на малых спутниках затруднительно из-за небольшой свободной площади на поверхности спутника, ограничений по электропитанию и влияния светодиодных панелей на работу оптической аппаратуры. Исследования применения светодиодов ближнего инфракрасного диапазона, попадающего в окна прозрачности атмосферы Земли, для навигации наземных потребителей показали их преимущество перед светодиодами видимого спектра по оптической мощности излучения.

Определены требования к светодиодным панелям ближнего инфракрасного диапазона световых волн для наблюдения их наземными потребителями, которые показали, что светодиодные панели инфракрасного диапазона целесообразно устанавливать на МНКА, позволяющих использовать для питания светодиодов свои солнечные батареи или устанавливать для этого дополнительные солнечные батареи, а также аккумуляторные батареи для питания светодиодов на теневых участках. Использование для наблюдения с Земли светодиодов ближнего инфракрасного диапазона имеет также преимущество перед использованием ультрафиолетовых (УФ) светодиодов, так как ультрафиолетовое излучение сильно поглощается атмосферой Земли, особенно в нижних слоях, и для его фиксации требуются специализированные УФ-детекторы. Кроме этого, ультрафиолетовое излучение светодиодов, расположенных на КА, при наблюдении с Земли сильно подвержено влиянию фоновых помех, например, от ультрафиолетового излучения Солнца.

Следует также отметить, что при одинаковом энергопотреблении инфракрасные светодиоды ($850 \div 900$ нм) обладают излучающей мощностью в $2 \div 5$ раз большей, чем ультрафиолетовые ($320 \div 380$ нм). Таким образом, проведённые исследования показали, что установка светодиодных панелей на существующие МНКА типа «кубсат» затруднительна ввиду отсутствия достаточной площади для их размещения, а также электропитания требуемой мощности (например, на МНКА «Геоскан 3U» доступная мощность полезной нагрузки (ПН)

составляет 15 Вт, максимальная масса ПН – 6 кг). Размер солнечных батарей МНКА типа «кубсат» рассчитан в основном на служебные системы, для электропитания светодиодных панелей необходимо увеличивать площадь солнечных батарей. Требуется также защита оптических камер, смотрящих на Землю от засветки. Размещение светодиодных панелей на КА типа «кубсат» возможно при использовании дополнительной системы электропитания из солнечных и аккумуляторных батарей, и выполнении требований штатного функционирования специализированной бортовой аппаратуры.

Литература

1. Багров А.В., Вернигора Л.В., Вятлев П.А., Мартынов М.Б., Папченко Б.Н., Сысоев В.К. Создание светодиодных оптических маяков для космических аппаратов // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2011. № 4. С. 37 – 43.
2. Багров А.В., Барабанов А.А., Вернигора Л.В., Вятлев П.А., Мартынов М.Б., Пичхадзе К.М., Сысоев В.К. Применение лазерных диодных маяков для определения координат космических и наземных объектов // Космические исследования. 2013. Т. 51, № 5. С. 419–427.
3. Вернигора Л.В., Пичхадзе К.М., Сысоев В.К. Анализ параметров излучателя оптического маяка для системы навигации космических аппаратов // Труды МАИ. 2017. № 95.
URL: http://trudymai.ru/published.php?ID=84553.

УДК 629.783+535.3
eLIBRARY.RU: 629.783+535.3

Никольская Т.В.
Nikolskaya T.V.
главный специалист-эксперт
АО «НПК «СПП», г. Москва
Боровский В.Ф.
Borovsky V.F.
кандидат технических наук, доцент
начальник НТЦ
АО «НПК «СПП», г. Москва
Сухой Ю.Г.
Sukhoy Yu.G.
доктор технических наук
старший научный сотрудник,
заместитель начальника НТЦ
АО «НПК «СПП», г. Москва

ВЫСОКОТОЧНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРБИТ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАСШТАБИРУЕМОЙ СЕТИ КВАНТОВО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

DETERMINATION OF SMALL SATELLITE ORBITS USING A SCALABLE NETWORK OF QUANTUM-OPTICAL SYSTEMS

Аннотация. Работа посвящена возможности высокоточного определения орбит малых космических аппаратов (МКА) с использованием измерений квантово-оптических систем. Рассмотрены требования по применению для этой цели масштабируемой сети автоматических компактных квантово-оптических систем (АК КОС). По результатам измерительной информации АК КОС предлагается осуществлять высокоточное определение орбит МКА для обеспечения рационального управления их орбитальной группировкой в целях повышения эффективности их использования для решения социально-экономических и научных задач.

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

Abstract. The work is devoted to the possibility of high-precision determination of the orbits of small space satellites (SSS) using measurements of quantum-optical systems. The requirements for the use of

a scalable network of automatic compact quantum-optical systems (AC QOS) for this purpose are considered. It is propose based on the measurement information from the AC QOS to perform high-precision determination of the orbits of the SSS in order to ensure the rational management of their orbital group in order to increase the efficiency of their use for solving socio-economic and scientific problems.

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

Использование малых низкоорбитальных космических аппаратов (МНКА) для решения народнохозяйственных задач (навигации, геодезии, картографирования) получает всё большее применение. Для определения орбит на МНКА используются, главным образом, радиотехнические измерения дальности до МНКА, а также угловые измерения и измерения аппаратуры спутниковой навигации (АСН). В последнее время появилась возможность использовать лазерную спутниковую дальнометрию для оперативного определения параметров МНКА непосредственно после их выведения за счет установки на МНКА уголковых отражателей и создания масштабируемой сети автоматических компактных (АК) КОС.

За счёт применения АК КОС повышается точность измерения расстояний до МНКА, обеспечивается возможность оценки пространственной ориентации МНКА на основе разностных измерений дальности до разнесенных отражателей или за счёт отражения разнесёнными отражателями световых волн в разных оптических диапазонах. Измерения АК КОС позволяют проводить контроль точности определения орбит малых КА по радиотехническим измерениям, а также калибровку радиотехнических средств измерений.

В лазерной дальнометрии применяется импульсный метод работы лазера, обеспечивающий точность около 1-2 сантиметров в измерениях дальности [1,2]. В Российской Федерации применяются в основном КОС типа «Сажень» различных модификаций [3] и лазерная станция «Точка» [4] для контроля орбит среднеорбитальных космических аппаратов (КА). КОС редко используют для измерений текущих навигационных параметров (ТНП) движения МНКА из-за отсутствия на них отражающих элементов, высокой угловой скорости движения МНКА и недостаточной проработки методик получения достаточного количества КОС при малом числе станций [5].

Одним из путей повышения точности определения орбит МНКА является Создание масштабируемой измерительной сети АК КОС, что

позволит получать информативные выборки измеренных ТНП МНКА за счёт оптимального планирования измерений. Для этого требуется создание и применение КОС более простой конструкции, чем универсальные, с возможностью круглосуточной работы и высокой мобильностью, что позволит оперативно формировать масштабируемую сеть АК КОС в зависимости от метеоусловий и типа орбит МНКА. Для АК КОС целесообразно использовать компактные малогабаритные лазеры с небольшой энергией импульса, обеспечивающие их работу до высот 2000÷3000 км, что позволит существенно уменьшить габариты станций для их мобильного оперативного развёртывания в масштабируемой сети.

При соответствующем подборе составных частей АК КОС возможно использовать телескопы с маленьким диаметром апертуры телескопа для облегчения её конструкции. Для создания АК КОС требуется применение эффективных фотоприёмников и малогабаритных высокоскоростных опорно-поворотных устройств в связи с большой скоростью движения МНКА относительно измерительной станции. В этой связи проведена работа по выбору апертуры телескопического приемного устройства для лазера АК КОС с разными энергиями в импульсе в зависимости от дальности до МНКА при расходимости лазерного пучка 20 угловых секунд, коэффициенте прозрачности атмосферы 0.7, коэффициенте пропускания оптики 0.8, длительности импульса 10 пс.

Расчеты показали, что для работы по МНКА с одним уголковым отражателем на дальности 1000 км от АК КОС можно использовать импульсно-периодический лазер с энергией в импульсе около 0.5 мДж и апертурой телескопа 5 см. Для дальности до МНКА 1500 км можно использовать лазер с энергией в импульсе 1.5 мДж с той же апертурой приёмного телескопа, а для дальности 2000 км требуется увеличение апертуры до 10 см. Для перекрытия всего диапазона низких высот можно использовать лазер с энергией в импульсе 1.5 мДж и апертурой телескопа около 10 см. Возможно применение лазеров с меньшей энергией в импульсе, но с более длительным импульсом или с большей апертурой приёмного телескопа.

Разработана концепция создания АК КОС и масштабируемой измерительной сети. Исходя из количества солнечных дней на территории Российской Федерации были определены места рационального размещения АК КОС. На рисунке показано размещение АК КОС для обеспечения измерений по МНКА с высотой полета более 500 км на территории России в наземном автоматизированном

комплексе управления КА научно-социального и экономического назначения (НАКУ КА НСЭН и измерений).

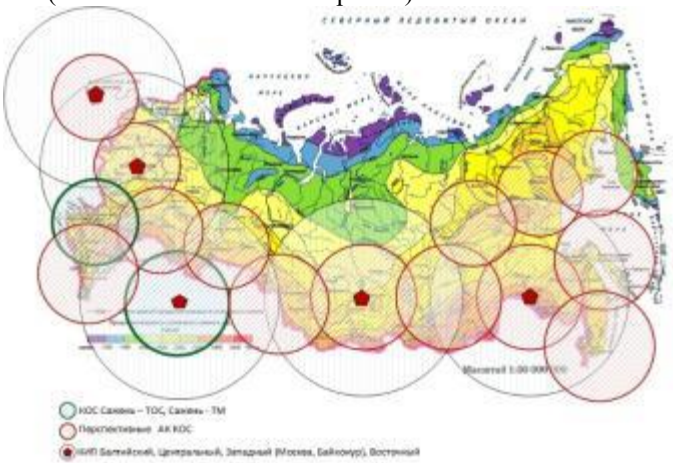


Рис. 1. Размещение АК КОС в НАКУ КА НСЭН и измерений

Литература

1. Бокшанский В.Б. [и др.] Лазерные приборы и методы измерения дальности. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012 - 92 с.

2. Шаргородский В.Д. Лазерная дальнометрия. Задачи. Современное состояние. Перспективы. Презентация. https://docs.yandex.ru/docs/view?tm

3. Бурмистров В.Б., Бурмистров Е.В., Гаязов И.С., Иванов Д.В., Ильин Г.Н., Ипатов А.В., Кацев Ю.В., Коваль В. В., Корнев А.Ф., Митряев В.А., Рахимов И.А., Смоленцев С.Г. Модернизация спутникового лазерного дальномера «Сажень-ТМ» в обсерватории «Светлое» // Труды ИПА РАН. 2023. Вып. 66. С. 3–10.

4. Борисов Б.А., Донченко С.И., Жабин А.С., Мурашкин В.В., Пархоменко Н.Н., Рой Ю.А., Садовников М.А., Соколов А.Л., Титов Е.В., Шаргородский В.Д. О создании радиолазерных комплексов «Точка» для решения задач космической геодезии и навигации // Фотоника. 2022. Т.16. № 5. С. 370-391.

5. Никольская Т.В. Определение контролируемых параметров малых космических аппаратов с использованием оптических сигналов. К.Э. Циолковский: проблемы индустриализации космоса и рационального использования земных ресурсов. Материалы 60-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 1. Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»). 2025. ISBN 978-5-907928-67-1 (ч.1) Стр. 66-69.

УДК 535.361:551.501
eLIBRARY.RU: 629.783+535.3

Марфин В.В.
Marfin V.V.
генеральный директор
АО «НПО Лавочкина», г. Химки

ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛИДАРОВ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ И ТЕКУЩИХ ЦЕЛЕЙ ЛУННЫХ МИССИЙ

FUNDAMENTALS OF SPACEBORNE LIDAR APPLICATION TO ACHIEVE STRATEGIC AND CURRENT GOALS OF LUNAR MISSIONS

Аннотация. Расматриваются основы применения лидаров на базе малых космических аппаратов для высокоточного картографирования лунной поверхности с целью выявления районов залегания водяного льда и определения мест для посадки будущих лунных миссий, а также для обеспечения безопасной посадки на поверхность Луны.

Ключевые слова: Малый космический аппарат, космический лидар, лунная миссия, безопасная посадка, водяной лед.

Abstract. Fundamentals of application of small satellite-based lidars, designed for precision mapping of lunar surface to reveal areas of water ice and to detect landing locations for subsequent lunar missions, as well as for supporting safety landing on lunar surface are considered.

Keywords: small satellite, spaceborne lidar, lunar mission, safety landing, water ice.

В 2020-е годы лунные миссии, как уже осуществленные, так и планируемые, преследуют следующие цели:

– Создание условий для постоянного присутствия на Луне, формирование в этих интересах информационной базы для осуществления перспективных инфраструктурных и логистических проектов, а также проектов систем энергоснабжения и теплоснабжения, призванных обеспечить устойчивое функционирование экономических процессов на Луне и эксплуатацию ее ресурсов.

– Стратегическое позиционирование в окололунном пространстве, усиление контроля за обстановкой в окололунном пространстве для обеспечения будущих миссий, как гражданских, так и военных,

осуществление которых может потребовать применения высокоманевренных КА в «стрессовых орбитальных условиях».
– Высокоточное трехмерное картографирование лунной поверхности с сверхнизких высот для выявления безопасных мест посадки будущих миссий, создания опорной информационной базы для автономной навигации посадочных модулей при посадке и уклонении их от препятствий.
– Поиск воды (водяного льда) с сверхнизких орбит, локализация соответствующих районов и оценка возможных запасов воды на поверхности Луны с последующим проведением экономических исследований, направленных на сравнительный анализ затрат на транспортировку воды с Земли и использование водных ресурсов на Луне.
– Отработка и тестирование в ходе исследовательских лунных миссий критических космических технологий в области создания и применения космических лидаров на базе МКА, навигационного обеспечения посадочных лунных модулей с использованием лидаров, применения гибридных электрохимических двигательных установок и систем управления КА на сверхнизких окололунных орбитах.

Для достижения целей лунных миссий в их составе применяются малые космические аппараты на базе космических лидаров и связанные с их применением технологии. Лидарным технологиям принадлежит ключевая роль в современных и будущих лунных миссиях, что обусловлено их уникальными возможностями по получению высокоточных данных о рельефе и других сведений о лунной поверхности (кратерах, горах, склонах и др.) в экстремальных условиях освещенности и неровности лунной поверхности. Особый интерес вызывает разработка, доставка на первом этапе строительства лунной базы и применение четырех высокомобильных автоматических малых космических аппаратов – дронов, получивших название MoonFall (рисунок 1), предназначенных для детального исследования и 3D картографирования лунной поверхности в районе южного полюса с учетом его сложного рельефа и наличия опасных для посадки объектов. Аппараты MoonFall способны совершать многократно короткие «прыжки» («подскоки») - перелеты с места на место на расстояние до 50 км. При этом они должны в автономном режиме, без участия человека, планировать и осуществлять перелеты, проводить съемку труднодоступных или даже недоступных для традиционных роверов районов, включая сильно пересеченные и постоянно затененные районы, кратеры и другие места, могущие содержать водяной лед. Для этого в их составе будут применяться оптико-

электронные камеры высокого разрешения и лидары. Все четыре аппарата MoonFall будут доставлены на Луну одновременно космической платформой Firely Elyctra Dark. Однако посадка аппаратов будет осуществлена раздельно в разные назначенные места с последующим их независимым функционированием в течение одного посадке от опасных объектов и адаптироваться к часто изменяющейся лунной обстановке. Это достигается за счет применения на их борту лидаров и специального программного обеспечения.

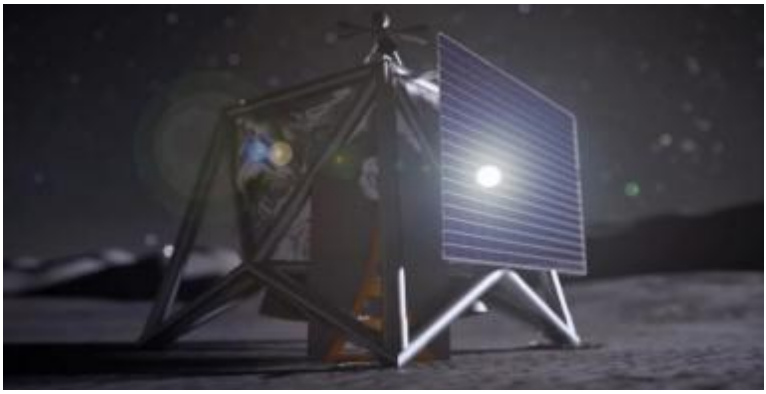


Рис. 1. Автоматический аппарат-дрон MoonFall

Каждый автоматический аппарат-дрон будет передавать добываемую информацию на Землю до отправки на Луну первых астронавтов. По результатам обработки этой информации для астронавтов, прибывающих в район южного полюса Луны, будут подготовлены детально проработанные маршруты передвижения, «проторенные» автоматическими аппаратами-дронами MoonFall.

В настоящее время разрабатываются способы автономной относительной навигации посадочных модулей на базе МКА, а также способы поиска препятствий и уклонения от них на основе сопоставления трехмерных лидарных снимков лунной поверхности при снижении посадочного модуля с соответствующими участками опорной трехмерной информации, закладываемой на борт перед запуском. В этих целях будут применяться так-называемые флеш-лидары. Концепция применения флеш-лидара для обеспечения мягкой посадки МКА иллюстрируется рисунком 2.



Рис. 2. Концепция применения флеш-лидара для обеспечения мягкой посадки МКА

В отличие от сканирующих фотонных лидаров, применяемых для съемки с орбиты, флеш-лидары применяются после схождения с орбиты для формирования полного трехмерного изображения района посадки МКА по каждому отраженному лазерному импульсу практически в реальном масштабе времени. Для этого реализуется так-называемый режим сверхразрешения путем многократной съемки одного и того же участка местности под различными углами и с различных позиций. По результатам съемки формируются трехмерные изображения с повышенным уровнем разрешения за счет когерентного накопления исходных снимков. В рассматриваемом флеш-лидаре в режиме сверхразрешения осуществляется трехмерная съемка участков размером 70х300 метров и формирование высокоточной 3D модели местности с разрешением не хуже 10 см, как показано на рисунке 3.

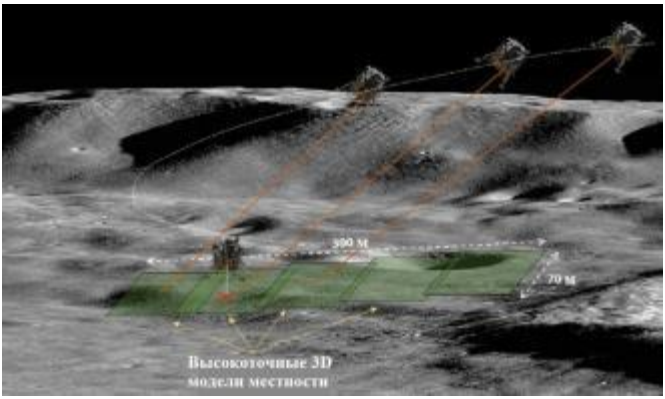


Рис.3. Многократная съемка района посадки МКА в режиме сверхразрешения для формирования синтезированного изображения, обеспечивающего надежное обнаружение опасных препятствий и выбор безопасного места посадки.

В ходе перспективных лунных миссий планируется также использование инновационных лидаров, создаваемых по таким проектам как Moonraker [3], SALI (Small All-range Lidar) [4], CASALS (Concurrent Artificially-intelligent Spectrometry and Adaptive Lidar System) [5] и LASSO (Lunar Assay via Small Satellite Orbiter) [6]. Особенностью этих перспективных лидаров является то, что они интегрируются в состав существующих модульных малых космических платформ, включая платформы типа CubeSat.

Литература

1. Private Peregrine lander launches to the moon: what science could it do? // URL: space.com
2. 1709.PDF // URL: hou.usra.edu
3. Design and analysis of the Moonraker spacecraft for lunar lidar mapping // URL: star.spaceops.org
4. Small all range lidar (SALI) for topographic mapping and altimetry across the Solar system // URL: https://ntrs.nasa.gov
5. CASALS: an adaptive lidar and spectrometry smallsat for a NASA explorer mission // URL: repositum.tuwien.at
6. Lunar Assay via Small Satellite Orbiter (LASSO) // URL: https://usfcr.com

УДК 535.361:551.501
eLIBRARY.RU: 629.783+535.3

Марфин В.В.
Marfin V.V.
генеральный директор
АО «НПО Лавочкина», г. Химки

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЛИДАРЫ ПО ПРОЕКТАМ PILOT-D И LEIA ДЛЯ ЛУННЫХ МИССИЙ

EXPERIMENTAL LIDAR DESIGNS PILOT-D AND LEIA FOR LUNAR MISSIONS

Аннотация. Рассматриваются МКА на базе космических лидаров. Лидары PILOT-D и LEIA разрабатывались для обеспечения безопасной посадки КА на поверхность Луны. Они не получили практического применения. Однако полученный опыт, полученный при их создании, не потерял своей актуальности в части использования критических технологий. В этой связи рассматриваются современные способы информационного обеспечения их посадки на лунную поверхность с использованием этих лидаров.

Ключевые слова: лунная миссия, лидар, космический аппарат, посадка, лунная поверхность, водяной лед, южный полюс.

Abstract. Small satellites based on spaceborne lidar are considered. Lidars PILOT-D and LEIA were designed to support safety landing on the Moon’s surface. They have not received practical application. However, the experience obtained from their creating has not lost its relevance in terms of using critical technologies. In this regard, actual techniques of information support for their landing on the lunar surface using these lidars are considered.

Keywords: lunar mission, lidar, spacecraft, landing, lunar surface, water ice, South Pole.

В докладе рассматриваются проекты лидаров на базе малых космических аппаратов, предназначенных для высокоточного картографирования лунной поверхности с целью выявления районов залегания водяного льда и определения мест для посадки будущих лунных миссий. Опыт уже осуществленных лунных миссий свидетельствует о том, что применение космических лидаров – это основополагающий способ достижения стратегических и текущих целей лунных миссий. Однако при современном уровне развития

лидарных технологий не удавалось создание недорогостоящего унифицированного прибора для решения задач съемки лунной поверхности с окололунной орбиты и одновременно для решения задач автономной относительной навигации посадочного модуля, обнаружения препятствий и уклонения от них. В результате КА для осуществления комплексной лунной миссии должен иметь в своем составе два лидара вследствие того, что каждый из лидаров обладает ограниченным динамическим диапазоном. Это приводит к удорожанию таких КА и невозможности их реализации в мало-массогабаритном исполнении, что неприемлемо при интенсификации лунных миссий для достижения стратегических целей. В этой связи прорабатываются проекты унифицированных космических лидаров на базе недорогих МКА для применения на окололунных орбитах и прецизионной посадкой на лунную поверхность. Один из таких МКА приведен на рисунке 1.



Рис. 1. Космический лидар на базе МКА

В состав космического лидара входит лазер, работающий в ближнем ИК диапазоне, и передающая оптическая система, содержащая дифракционный оптический элемент, с помощью которого реализуются два режима формирования размеров лазерного луча:

– режим однократного увеличения масштаба съемки 1X, обеспечивающий площадную съемку в полосе 1 км для трехмерного картографирования полярных областей с целью выбора мест посадки;

– режим восьмикратного увеличения масштаба съемки 8X, обеспечивающий детальную съемку выбранных мест посадки в полосе

425 метров с целью выявления потенциальных угроз и препятствий с беспрецедентной детальностью.

В состав лидара также входит приемный тракт, включающий два телескопа, обеспечивающий прием отраженного лазерного излучения соответственно в режиме 1X и 8X. Телескоп для режима 1X имеет диаметр апертуры 78 мм и обеспечивает разрешение 4 метра. Телескоп для режима 8X имеет диаметр апертуры 150 мм и обеспечивает разрешение 0,5 метров. В лидаре используется фотонный матричный детектор с 128x32 фотодиодами.

Полученные с использованием такого МКА данные предполагается использовать для планирования мест посадки последующих пилотируемых и автоматических лунных миссий. В этих целях планируется:

– Площадная широкополосная лидарная съемка полярных областей и других участков лунной поверхности общей площадью до 5 миллионов квадратных километров со следующими характеристиками: линейное разрешение на местности 4 метра, точность определения профиля рельефа (точность измерений по вертикали) не хуже 1 метра, точность привязки к местности до 1 см. Полученные данные будут использоваться для предварительного поиска мест посадки будущих миссий.

– Детальная съемка потенциальных районов посадки размером 425x425 квадратных метров и других районов, представляющих особый интерес, с разрешением 0,5 метров, вертикальной точностью не хуже 1 метра и точностью привязки к местности 1 см. Результаты детальной съемки будут использоваться для детального планирование посадки с учетом выявленных угроз и опасных препятствий.

Другой вариант МКА с космическим лидаром представлен на рисунке 2. В его составе планировалось применение системы, получившей название PILOT (Precise Intelligent Landing using Onboard Technology) [1]. Система включает посадочные цифровые камеры, лидар для трехмерной съемки лунной поверхности в районе посадки и лидар для обнаружения опасных препятствий и уклонения от них. Данные от системы PILOT поступали в высокоскоростной бортовой компьютер для выработки управляющих воздействий на двигательные установки.



Рис. 2. МКА на базе системы PILOT

В процессе посадки на высоте ниже 500 метров информация с выхода цифровых камер и лидара системы PILOT-D, а также данные о параметрах движения КА поступали на вход компьютера для формирования в реальном масштабе времени карты лунной поверхности с определением элементов местности, представляющих потенциальную опасность, и последующей выработки управляющих команд для двигательных установок.

Для обнаружения опасных препятствий в районе посадки в составе системы PILOT дополнительно планировалось использование лидара LEIA (Lidar for Extra-terrestrial Imaging Applications) [2].

Лидар LEIA мог осуществлять сканирование района посадки так, как показано на рисунке 3.



Рис. 3. Диаграмма сканирования района посадки лидаром LEIA

Лидар LEIA должен был быть активирован при посадке КА дважды: на высоте 1300 м … 500 м и на высоте 250 м … 220 м для выявления опасных препятствий в районе посадки и корректировки при необходимости траектории спуска КА.

Применение МКА с лидаром LEIA имело целью обеспечение трехмерного картографирования района посадки и выявление опасных препятствий в реальном масштабе времени при быстро меняющихся условиях освещенности и даже при отсутствии освещения, что характерно для лунных приполярных областей. Поэтому применение лидаров типа LEIA и системы типа PILOT является необходимым условием осуществления безопасной посадки КА на поверхность Луны, особенно при решении задачи поиска водяного льда в районе южного полюса.

Литература

1. Moon landing systems PILOT latest developments, challenges and prospectives // URL: indico.esa.event.
2. LEIA: the landing LIDAR for ESA-Roscosmos' LunaResurs mission // URL: https://www.researchgate.net.

УДК 621.313
eLIBRARY.RU: 89.25.21

Баженов И.М.
Bazhenov I.M.
инженер
Лизунов А.А.
Lizunov A.A.
к.т.н., главный научный сотрудник
Лизунов С.А.
Lizunov S.A.
Кандидат технических наук
директор проекта
объединенной дирекции космических систем
Маслов А.И.
Maslov A.I.
доктор технических наук
заместитель руководителя службы качества по НИОКР
АО «ВПК «НПО машиностроения», г. Реутов

МНОГОУРОВНЕВЫЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ МОЩНОСТИ БОРТОВОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПРИВОДОВ ОРИЕНТАЦИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

A MULTILEVEL METHOD FOR OPTIMIZING ONBOARD POWER CONSUMPTION AND POSITIONING ACCURACY OF ORIENTATION DRIVES IN THE SIMULATION OF ELECTROMECHANICAL SOLAR ARRAY ROTATION SYSTEMS FOR SMALL SPACECRAFT

Аннотация. Разработана имитационная модель электромеханической системы поворота солнечных батарей спутника дистанционного зондирования Земли, включающая уравнения движения ротора привода и динамику электрической цепи двигателя с учётом упругих деформаций, термальных, радиационных воздействий. Реализованы алгоритмы термокомпенсации и адаптивной фильтрации. Применён многоуровневый подход к учёту различного рода возмущений, включая вибрации и микрометеоритные удары. Предложены методы оптимизации моделей, позволяющие обеспечить гибкость симуляции и существенно повысить точности позиционирования при минимальном энергопотреблении и высокой надёжности в условиях орбитальной эксплуатации.

Ключевые слова: электромеханическая система, солнечные батареи, термодеформации, позиционирование, фильтр Калмана.

Abstract. A simulation model of the electromechanical solar array drive system for an Earth observation satellite has been developed. The model includes rotor motion equations and the electrical circuit dynamics of the motor, taking into account elastic deformations, thermal and radiation effects. Thermocompensation and adaptive filtering algorithms have been implemented. A multi-level approach is applied to account for various disturbances, including vibrations and micrometeoroid impacts. Optimization methods are proposed to ensure simulation flexibility and significantly improve positioning accuracy while minimizing energy consumption and maintaining high reliability under orbital operating conditions.

Keywords: electromechanical system, solar arrays, thermodeformations, positioning, Kalman filter.

Для современных спутников дистанционного зондирования Земли характерны ограниченные ресурсы энергопитания и высокие требования к точности ориентации солнечных батарей. Представленная имитационная модель электромеханической системы (ЭМС) поворота солнечных батарей построена на комбинировании кинематических и динамических уравнений ротора приводного механизма с математическим описанием электрической цепи двигателя. В модели учтены упругие деформации конструкции: матрицы жёсткости и демпфирования получены через конечно-элементный анализ (КЭА) в ANSYS Workbench, включающий статический, модальный и термомеханический расчёты и анализ радиационной деградации материалов.

Данные КЭА экспортируются через API PyAnsys и сохраняются в формате HDF5 с последующей интерполяцией зависимостей жёсткости и демпфирования от температуры и накопленной дозы радиации. Для редукции размерности упругих моделей применён метод Крейга–Бэмптона, выделяющий доминирующие моды деформаций. При моделировании учтены температурные колебания, вызывающие линейные и угловые деформации в алгоритмах термокомпенсации на основе данных виртуальных температурных датчиков в критических узлах конструкции.

Общая система уравнений движения с учётом упругих моментов описывается выражением вида:

$$M(\theta,t)\ddot{\theta} + C(T)\cdot\dot{\theta} + K(T,\gamma)\cdot\theta = M_{вн}(t) + M_{упр}(\theta,t),$$

где $M(\theta, t)$ – матрица приведённой инерции ротора;

$\theta^{\cdot}$ – угловое ускорение, скорость и положение привода;

$C(T)$ – матрица демпфирования, зависящая от температуры;

$K(T, \gamma)$ – матрица жёсткости с учётом температуры T и накопленной дозы радиации γ;

$M_{вн}(t)$ – момент внешних воздействий;

$M_{упр}(\theta, t)$ – момент, обусловленный упругими деформациями конструкции.

Вибрационные воздействия, детерминированные колебания от работы бортовых систем и развертывания механизмов моделируются через спектральную плотность, стохастические возмущения от микрометеоритных ударов и термоупругих колебаний воспроизводятся методом Монте-Карло. Для фильтрации шумов с датчиков углового положения реализован адаптивный фильтр

Калмана, автоматически перенастраиваемый в зависимости от текущих спектральных характеристик возмущений.

Радиационные эффекты влияют на электронные компоненты и механические узлы: коэффициент трения в подшипниковых узлах изменяется с накоплением дозы γ, что включено в уравнения движения через параметризацию по радиации.

Для достижения баланса между энергопотреблением и точностью проведены процедуры оптимизации: варьируются коэффициенты регуляторов приводов, профили скорости поворота и стратегии управления с учётом ограничений по мощности. Анализ чувствительности системы выявил ключевые параметры, влияющие на энергозатраты и погрешность ориентации. Оптимизация проводится с использованием численных методов и эвристических алгоритмов.

Математическая реализация выполнена на Python с использованием библиотек для решения дифференциальных уравнений, импорта данных КЭА для адаптации сеточных моделей. Подход обеспечивает гибкость при изменении условий среды и конфигурации конструкции, позволяя оптимизировать энергопотребление приводов и достигать требуемой точности при длительной эксплуатации.

Результаты моделирования показывают, что интеграция алгоритмов термокомпенсации, адаптивной фильтрации и оптимизации параметров управления позволяет снизить отклонения от требуемой ориентации до величин, не превышающих принятую допустимую погрешность, при сокращении энергозатрат. Предложенный многоуровневый метод применим при проектировании новых спутников дистанционного зондирования Земли с высокими требованиями к надёжности и долговечности.

Литература

1. Козлов Р.В., Дубов Д.Д., Букреев В.Г., Пичугин А.П. Моделирование солнечной батареи космического аппарата в процессе эксплуатации на орбите // *Доклады ТУСУР*. 2025. Т. 28, № 3. С. 163–170. DOI: 10.21293/1818-0442-2025-28-3-163-170.Craig, R.R. & Bampton, M.C. 1968, “Coupling of substructures for dynamic analysis”, AIAA Journal, vol. 6, no. 7, pp. 1313–1319.

2. Abdelal Gasser, Atef Ayman. Thermal fatigue analysis of solar panel structure for micro-satellite applications // International Journal of Mechanics and Materials in Design. – 2008. – Vol. 4, No. 1. – P. 53–62. – doi:10.1007/s10999-008-9057-3

3. Kong Chenjie, Liu Huan, Lin Baojun et al. Energy Adaptability Analysis Based on the Stall Fault of Solar Array Drive Assembly for Medium Earth

Orbit Satellite // Energies. – 2025. – Vol. 18, No. 9, 2315. – doi:10.3390/en18092315.
4. Sanfedino F., Thiébaud G., Alazard D., et al. Advances in Fine Line-Of-Sight Control for Large Space Flexible Structures [Electronic resource] // arXiv:2209.13374. – 2022.
5. Abdelal G. F., Abuelfoutouh N., Gad A. H. Finite Element Analysis for Satellite Structures: Applications to Their Design, Manufacture and Testing. – London: Springer, 2012. – 334 p. – ISBN 978-1-4471-4636-0.
6. Галкин Д.И. Алгоритм оценки параметров ориентации космического аппарата с использованием фильтра Калмана // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 2. DOI: 10.18698/2308-6033-2013-2-527.

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

УДК 93/94
eLIBRARY.RU: 03.23.00

Желнина Т.Н.
Zhelnina T.N.
г. Калуга

«ИССЛЕДОВАНИЕ МИРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ РЕАКТИВНЫМИ ПРИБОРАМИ» В ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ: К 100-ЛЕТИЮ СО ВРЕМЕНИ ИЗДАНИЯ (1926-2026)

«INVESTIGATION OF WORLD SPACES BY REACTIVE VEHICLES» IN THE HISTORY OF COSMONAUTICS: ON THE 100TH ANNIVERSARY OF ITS PUBLICATION (1926–2026)

Аннотация. Предмет статьи - история работы «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) в контексте эпохи 1920-х годов. Это произведение относится к тем научным трудам, которые создаются на стыках эпох. С одной стороны, оно примыкает к одноименным работам К.Э. Циолковского 1903, 1911-1912, 1914 годов, отражая высказанное ученым в 1914 году и неоднократно позднее повторенное желание написать «полную теорию ракеты». С другой стороны, его с полным основанием можно рассматривать как объемный, обобщенный ответ на запросы 1920-х годов - времени «ракетного и космического бума». Вопрос о возможности космических полетов с конца первой половины 1920-х годов стал темой оживленных дискуссий как в научных сообществах, так и среди обычных граждан в разных странах - в наибольшей степени в СССР и в Германии. Обсуждались и пути решения на практике транспортной проблемы космонавтики. При этом внимание большинства исследователей было сосредоточено на идее использования космическими кораблями аэродинамического качества.

Циолковский, хорошо знакомый (из разных и многочисленных источников информации) с трудами своих советских и зарубежных коллег, также работал в этом направлении, придя к заключению о целесообразности использования в космонавтике авиационного опыта. Труд «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) вошел в историю космонавтики как дальнейшее развитие теории ракетно-космического полета, обобщенная программа индустриализации космоса человечеством и концепция аэрокосмической транспортной системы, сочетавшей черты ракеты и самолета. Но его главная отличительная особенность - почти не замечаемая до сих пор - постановка вопроса «как можно начать работу космических достижений немедленно, сейчас же». И ответ на него: сосредоточившись на создании ракетного самолета. В течение последующих десяти лет Циолковский был предельно погружен в проблемы реактивной авиации и воздушно-космических транспортных средств, мечтая об орбитальных самолетах и надеясь приблизить их время.

Ключевые слова: К.Э. Циолковский, «Исследование мировых пространств реактивными приборами», эпоха 1920-х годов в истории космонавтики, «план космических достижений», аэрокосмические транспортные системы.

Abstract. The subject of the article is the history of the work «Investigation of World Spaces by Reactive Vehicles» (1926) in the context of the 1920s. This work belongs to those scientific works that are created at the junction of eras. On the one hand, it is related to the works of the same name by K.E. Tsiolkovsky from 1903, 1911–1912, and 1914, reflecting the scientist's desire expressed in 1914 and repeated many times later to write a «complete theory of the rocket». On the other hand, it can rightfully be regarded as a comprehensive, generalized response to the demands of the 1920s — the era of the «rocket and space boom». The question of the feasibility of space flights from the end of the first half of the 1920s became a topic of lively discussion both in scientific communities and among ordinary citizens in various countries — to the greatest extent in the USSR and Germany. Ways to practically solve the transportation problem in space exploration were also discussed. At the same time, the attention of most researchers was focused on the idea of using aerodynamic lift by spacecraft. Tsiolkovsky, who was well acquainted (through various and numerous sources of information) with the works of his Soviet and foreign colleagues, also worked in this field and came to the conclusion that it would be advisable to use aviation experience in space exploration. The work «Investigation of World Spaces by Reactive Vehicles» (1926) went down in

the history of cosmonautics as a further development of the theory of rocket -spaceflight, a generalized program for the industrialization of space by humanity, and a concept of an aerospace transport system that combined the features of a rocket and an aircraft. But its main distinguishing feature — almost unnoticed until now — was the formulation of the question «how can we begin to achieve space accomplishments immediately, right now». And the answer to it was: by focusing on the creation of a rocket aircraft. Over the next ten years, Tsiolkovsky was completely immersed in the problems of jet aviation and aerospace transport vehicles, dreaming of orbital aircraft and hoping to bring their time closer.

Keywords: K.E. Tsiolkovsky, «Investigation of World Spaces by Reactive Vehicles», the era of the 1920s in the history of cosmonautics, «plan for space achievements», aerospace transport systems.

В богатейшем научном наследии К.Э. Циолковского по теоретической космонавтике выделяется труд «Исследование мировых пространств реактивными приборами», над которым ученый работал с 1896 года и который был опубликован в виде двух частей с перерывом в восемь лет в мае 1903 года и с октября 1911 года по апрель 1912 года в петербургских журналах «Научное обозрение» и «Вестник воздухоплавания» [1-2]. Именно он принес Циолковскому заслуженную мировую славу основоположника теоретической космонавтики и обессмертил его имя. Этот труд стал первой в мире научной работой, в которой были изложены основы теории ракетно-космического полета, дано описание пассажирской космической ракеты как транспортного средства, намечена стратегия овладения пространством и природными богатствами космоса, обоснована цель космонавтики: обезопасить жителей Земли от планетарных и космических катастроф, обеспечить экономическое и культурное развитие человечества.

Вслед за Циолковским попытку математически доказать возможность достичь космической скорости на аппарате ракетного типа предпринял Р. Эсно-Пельтри. В опубликованной в 1913 году статье «Considération sur les résultats d'un allégement indéfini des moteurs» («Соображения о результатах безграничного уменьшения веса моторов») он привел расчеты наибольшей скорости ракеты, но пришел к заключению, что только овладение внутриатомной энергией позволит строить ракетные корабли, способные достичь других небесных тел и вернуться обратно на Землю. Ознакомившись с этим выводом французского исследователя, Циолковский сформулировал пять теорем, из которых следовало, что использование в качестве

топлива ракеты жидких углеводородов и кислорода дает все основания рассчитывать на получение космической скорости. Эти теоремы ученый опубликовал в феврале 1914 года на страницах брошюры, которую представил как дополнение к труду «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903-1911/1912) [3] (позднее он стал именовать дополнение «III-й частью»).

Таким образом, до декабря 1919 года, - когда вышла в свет работа Р. Годдарда «A Method of Reaching Extreme Altitudes» («Метод достижения предельных высот»), - публикации «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903/1911-1912 и 1914) оставались единственным в мире сводным научным трудом, в котором доказывалась возможность преодоления силы земного тяготения на ракете с химическим топливом.

И до 1923 года – времени издания книги Г. Оберта «Die Rakete zu den Planetenräumen» («Ракета к планетам») – это был единственный в мировой литературе труд, в котором теоретические основы ракетно-космического полета излагались в совокупности с описанием деятельности землян по освоению космоса в промышленных масштабах, строительства станций в околоземном пространстве, на Луне и в поясе астероидов.

Казалось бы, при такой грандиозности научных результатов в области теоретической космонавтики, полученных в 1896-1914 годах, Циолковский должен был, не останавливаясь, продолжать работу в этом направлении. Но этого не произошло. Больше того, в течение тридцати лет с 1896 по 1925 год можно выделить всего только шесть (!) завершенных эпизодов научного творчества, в рамках которых Циолковский создал законченные произведения по космонавтике, – кроме трех названных частей «Исследование мировых пространств реактивными приборами», - повесть «Вне Земли», опубликованную в сокращении в январе-апреле 1918 года в журнале «Природа и люди» и переизданную полностью Калужским обществом изучения природы и местного края отдельной брошюрой в конце лета 1920 года, а также оставшиеся в рукописях «Жизнь в космическом эфире» (1919), «Космический корабль» (1924), «Заатмосферные путешествия» (1925).

Все другие дошедшие до нас рукописи по космонавтике (1916, 1921, 1923, 1924, 1925) представляют собой разрозненные незаконченные подготовительные материалы – расчеты, заметки и наброски. Общее количество сохранившихся рукописных страниц по космонавтике 1896-1925 годов – около пятисот; опубликованных – около двухсот пятидесяти. Надо признать, что при всем многообразии научных, общественно-исторических и философских интересов

Циолковского в названный период, как и ранее, главное место в его творчестве занимал дирижабль (от теории металлической оболочки, способной менять объем, до изготовления сотен моделей, которые должны были бы подтвердить осуществимость теоретических выводов). Труды Циолковского по воздухоплаванию в период с середины 1880-х годов по 1925 год насчитывают более трех тысяч рукописных и около восьмисот опубликованных страниц.

Зато в последние десять лет жизни и научной деятельности Циолковского его изыскания по космонавтике наконец стали систематическими и начали доминировать над работами в других областях науки и техники. Импульсы к активной и непрерывной научной деятельности именно в космическом направлении к Циолковскому в избытке поступали извне. Ведь это было время, когда вопросы, связанные с осуществлением полета в космос, интенсивно разрабатывались многими исследователями и оживленно обсуждались на страницах научной и научно-популярной литературы в СССР и за рубежом, прежде всего, в Германии. Исследования в области теории межпланетных сообщений, как тогда называли эту сферу научного знания, перестали быть уделом отдельных, не общавшихся между собой ученых. Теоретический потенциал космонавтики уже наращивался усилиями международного научного сообщества, пронизанного тесными творческими связями и контактами, в которые Циолковский был вовлечен в одним из первых.

Среди работ Циолковского последнего десятилетия его жизни также немало произведений, занимающих особое место и в творчестве ученого, и в истории космонавтики. Открывает этот ряд, бесспорно, труд «Исследование мировых пространств реактивными приборами» [4], увидевший свет в виде брошюры в первой половине ноября 1926 года. Она была напечатана с подзаголовком «переиздание работ 1903 и 1911 гг. с некоторыми изменениями и дополнениями» тиражом 2000 экземпляров (на средства автора) в одной из калужских типографий. Но подзаголовок не вполне точен. Циолковский взял несколько глав из труда «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1903/1911-1912), но в целом одноименная работа 1926 года стала совершенно новым произведением ученого. Уже тот факт, что она была написана 69-летним Циолковским достаточно быстро (с начала лета до середины осени 1926 года) и между ее написанием и изданием не было даже короткой паузы, свидетельствует о том, насколько важно было для него приобщиться к процессу дальнейшей разработки теоретических проблем космонавтики в условиях охватывавшего все более широкие общественные слои интереса к ней и быстро

увеличивавшегося числа исследователей. Тем более, что брошюра «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) была первой новой публикацией Циолковского по космонавтике за шесть лет, прошедших после издания брошюры «Вне Земли» (1920)!

Труд «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) примечателен тем, что в его содержании особенно ярко высвечивается отблеск эпохи, в которую он был создан. Литература 1923-1925 годов свидетельствовала о предельной сосредоточенности исследователей на решении проблемы гигантского относительного запаса топлива, требуемого для перелетов по маршруту Земля - космос или другое небесное тело - Земля. Ведь даже при допускавшейся тогда скорости истечения 5000 м/с и более, масса топлива должна была в десятки, а то и в сотни и тысячи раз (в зависимости от цели полета) превосходить массу самой космической ракеты.

В поисках ответа на вопрос, как осуществить космический полет, располагая заведомо малым количеством топлива, которое баки ракеты способны реально вместить, Г. Оберт и Ф.А. Цандер выдвинули проекты космических транспортных средств, основанные на принципе ступенчатости. Оберт летом 1923 года в книге «Die Rakete zu den Planetenräumen» (Ракета к планетам) представил проект двухступенчатой ракеты, разгоняемой в полете до скорости 500 м/с дополнительной «*вспомогательной*» ракетой, в двух вариантах: а) беспилотном («*Modell B*») для изучения верхних слоев земной атмосферы и б) пилотируемом («*Modell E*») для создания и обслуживания околоземных станций и «*космических зеркал*» («*Weltraumspiegel*») – гигантских (диаметром до 100 км) накопителей солнечной энергии. Полеты к другим небесным телам Оберт предложил осуществлять на специальных межпланетных кораблях, снабженных отделяемыми топливными баками; они заправляются топливом на орбитальных станциях, с которых и стартуют, направляясь к цели своего путешествия; достигнув небесного тела, корабль отделяется от топливного бака, остающегося на орбите вокруг планеты, а сам совершает спуск на ее поверхность; дальнейшие действия происходят в обратном порядке: корабль взлетает с небесного тела, стыкуется с топливным баком и возвращается на околоземную станцию.

Цандер, найдя проект многоступенчатой ракеты Оберта (как и проект одиночной ракеты Циолковского 1903 года) труднореализуемым, в качестве альтернативы предложил летом 1924 года в статье «Перелеты на другие планеты» двухступенчатую

аэрокосмическую систему из большого (стратосферного) и малого (космического) самолетов. Предусматривалось не отбрасывать отработанные элементы конструкции - стратосферный самолет, - а расплавлять и использовать в качестве дополнительного горючего для космического самолета. Силовая установка должна была состоять из воздушно-реактивного двигателя (ВРД), использовавшего при полете в плотных слоях атмосферы в качестве окислителя кислород окружающего воздуха, и жидкостного ракетного двигателя (ЖРД), включавшегося при достижении разреженных слоев атмосферы. Для межпланетных перелетов предполагалось использовать силу давления света, а спуск космического самолета в атмосферах планет осуществлять планированием.

Последнюю идею в конце 1925 года повторил В. Гоман в книге «Die Erreichbarkeit der Himmelskörper. Untersuchungen über das Raumfahrtproblem» («Достижимость небесных тел. Исследование проблемы космического полета»), дополнительно предложивший экономить расход топлива в космическом полете за счет выбора таких траекторий, при которых сила тяготения небесных тел «помогала» бы движению межпланетного корабля. Далее он высказал мысль пополнять запасы топлива в ходе самого путешествия используя вещества, которые можно найти на других небесных телах – промежуточных или конечных целях межпланетного полета. Исходя из этого, Гоман рассматривал Луну как перевалочный пункт на пути к планетам Солнечной системы, разделив тем самым мнение, высказанное впервые в 1924 году М. Валье в книге «Der Vorstoß in den Weltenraum. Eine technische Möglichkeit? Eine wissenschaftlich gemeinverständliche Betrachtung» («Прорыв в космос. Возможен ли он технически? Научно-популярное рассмотрение вопроса»).

В ранних работах Циолковский исходил из того, что, в общем, для полетов вокруг Земли и вокруг Солнца достаточно будет запаса топлива, в четыре-восемь раз превосходящего массу ракеты со всем содержимым (кроме топлива). При этом он считал целесообразным производить старт космической ракеты вне плотных слоев атмосферы, куда она может быть поднята дирижаблем. Не уставал он также повторять, что прежде чем прокладывать межпланетные трассы, следует прочно обосноваться на околоземных орбитах и уже оттуда летать к другим небесным телам. (Кстати, обе эти идеи в схожем контексте высказал в 1923 г. Оберт.) Осенью 1921 года в рукописях Циолковского появилась мысль о том, чтобы предварительно разгонять ракету по наземному восходящему пути. А весной-летом 1924 года он пришел к выводу о необходимости придавать ракете

ускорение вспомогательными средствами и прибегать к аэродинамическому торможению при спуске в атмосфере планет с целью уменьшения расхода топлива. В 1926 году Циолковский уже рассматривал конкретные случаи перелетов Земля – околоземная орбита – Земля и Земля – Венера – Земля и находил, что для их осуществления понадобится топлива, соответственно, в 99 и 9999 больше, чем масса ракеты без топлива.

Размышляя над возможностью реализовать идею космического полета, несмотря на практически неодолимое соотношение массы топлива и «сухой» массы, Циолковский, вслед за Обертом и Цандером, остановился на принципе ступенчатости. Но в отличие от составной ракеты Оберта и составного самолета Цандера ученый предложил космическую транспортную систему (КТС) смешанного типа, состоящую из обладающего аэродинамическим качеством космического летательного аппарата (КЛА) с ЖРД и сообщающей ему начальную скорость наземной ракеты также на жидком топливе, которая должна была двигаться на воздушной подушке (или слое какого-либо смазывающего вещества) по восходящей под углом 20-30° эстакаде. Далее ученый высказал идеи использования при старте скорости вращения Земли, а при движении по земле и в плотных слоях атмосферы дополнительных источников энергии из внешней среды. Сочетая в себе некоторые черты проектов Оберта и Цандера, КТС Циолковского принципиально отличалась от них двумя особенностями, отразившимися в облике отдельных ступеней. Будучи убежденным в преимуществе как можно более продолжительного наземного разгона КТС (ученый был уверен, что это позволит существенно снизить требуемый запас топлива), он отвел первой (задней) ступени роль гигантской ракетной катапульты. Предпочтение, которое Циолковский в поисках подходящей аэродинамической формы КЛА отдавал тогда несущему корпусу, сказалось на конструкции второй (передней) ступени: отказавшись от крыльев он соединил боками несколько фюзеляжей веретенообразной формы. В работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) ученый называл ступени просто – земная ракета и космическая ракета. Но вскоре он стал использовать для обозначения аппарата, выходящего на орбиту и при возвращении на Землю совершающего планирующий спуск в атмосфере, заимствованный у своего берлинского корреспондента А.Б. Шершевского термин «ракетоплан» (в рукописях Циолковского впервые он встречается 27.12.1926, а в начале 1930-х годов прочно вошел в обиход советских ракетчиков).

Мысль использовать авиационный опыт для осуществления космического полета в 1924-1926 годах была достаточно распространена в кругу исследователей и энтузиастов космонавтики. Ее вполне разделял и Оберт (в 1928-1929 годах он разработал проект КТС многократного использования, состоящей из двух ракетных самолетов, выполненных по схеме «летающее крыло»). Однако, отдать приоритет ракетным самолетам на начальном этапе практических работ Оберт категорически отказался. Он настаивал на необходимости сначала научиться строить баллистические ракеты, рассчитанные на все бóльшие высоты, с тем, чтобы в дальнейшем использовать этот опыт в ракетной авиации.

Таким образом, по вопросу о том, с чего начинать экспериментальную деятельность, конечной целью которой виделся полет за пределы земного тяготения, мнения Циолковского и Оберта разделились. Единомышленником Циолковского оказался М. Валье. Совпадение их позиций, к которым они пришли независимо друг от друга, и которые обнародовали почти одновременно, поразительно. Валье, заявив о себе летом 1924 года как о приверженце и популяризаторе идей Оберта, очень скоро выработал собственный взгляд на решение проблемы межпланетных перелетов и на приоритеты в работах, направленных на создание КТС. Ему представлялось целесообразным прокладывать маршруты к другим планетам через базы на Луне, а не через орбитальные станции. А строительство ракетных самолетов он считал более актуальной задачей по сравнению с разработкой проектов высотных ракет. Идею ракетного самолета как предшественника КТС он обсуждал сначала в частной переписке, потом стал уделять ей все больше места в своих многочисленных публичных докладах и, наконец, изложил ее в декабре 1926 года в статье «*Vom Flugzeug zum Weltraumschiff*» («От самолета к космическому кораблю»), которая окончательно привела к его разрыву с Обертом.

Циолковский и Валье не только, в противоположность Оберту, призывали начинать работу по преобразованию обычных самолетов в летательные аппараты, рассчитанные на космические высоты и скорости. Даже сущность этого преобразования представлялась им одинаково: замена винтомоторной группы жидкостными ракетными двигателями и постепенное (от конструкции к конструкции) уменьшение площади крыльев.

Правда, искомый результат виделся им по-разному. Для Циолковского, как упоминалось, важно было придти к многофюзеляжному ракетоплану, Валье в конце эволюционного ряда

высотных самолетов с ЖРД представлял себе многоступенчатую космическую ракету конструкции Оберта. Но эта деталь не затеняла главного в воззрениях Циолковского и Валье: оба они были убеждены, что эксперименты с ракетными самолетами позволят скорее приблизиться к осуществлению космического полета, чем строительство баллистических ракет.

В дальнейшем Циолковский только укреплялся в этой мысли. В 1929 году он вообще отказался от классической ракеты в качестве первой ступени КТС и заменил ее несколькими ступенями в виде многофюзеляжных ракетопланов (так называемыми «ракетными поездами»). С 1932 года ученый рассматривал ракетопланы только крылатых схем. В 1933 году он предложил выполнять предварительный разгон ракетоплана стратосферным самолетом с ВРД. А с середины декабря 1934 года Циолковский был убежден, что наиболее перспективный способ достичь на орбитальном самолете космической скорости заключается в дозаправке его топливом в полете от нескольких таких же самолетов. К сожалению, в литературе все еще распространено ошибочное мнение, что для Циолковского путь в космос пролегал через использование многоступенчатых ракет. Но это мнение основано на очень плохом знании рукописей ученого и на – вольном или невольном – стремлении во что бы то стало «осовременить» его представления и «подтянуть» их к историческим реалиям космонавтики.

Транспортной составляющей проблематика труда «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) не исчерпывалась. Немало страниц в нем отведено программе освоения космоса. В целом ее содержание с 1911 года особых изменений не претерпело. В 1926 году Циолковский по-прежнему считал, что первостепенными задачами космонавтики должно быть создание обитаемых станций сначала на околоземных орбитах, затем в поясе астероидов. Вместе с тем, в его рассуждениях на эту тему появился новый аспект - указание на необходимость превращения внеземных станций в центры космической промышленности, поскольку служить межпланетными портами они смогут только при условии максимальной независимости от Земли. Соответственно, описывая устройство околоземных станций («многокамерных жилищ») на расстоянии 1-2 тысяч километров от Земли, Циолковский исходил из необходимости развития индустрии в космосе. Принцип полной независимости от земных ресурсов в процессе освоения космоса предопределил и ответ Циолковского на вопрос, как сообщить скорость межпланетным кораблям в перелетах между космическими

станциями и небесными телами. Предложения ученого использовать в качестве источников энергии КЛА электричество и силу давления света в 1926 году принципиальной новизной не отличались, но, прозвучав в совокупности с идеей индустриализации космоса, они придали его программе развития космонавтики комплексный характер.

Композиционно «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) не отличалось от одноименного труда (1903-1911/1912), включая те же основные части: теорию полета ракеты, изложение устройства ракетно-космического транспортного средства и описание деятельности людей по освоению космоса и обустройству в нем своих жилищ.

Но отношение Циолковского к этой деятельности в 1926 году было уже принципиально иным. Теперь он ее планировал, создавая «мост» между текущим состоянием и желаемым будущим. Сформулированное им понятие «плана космических достижений» превращало набор идей и предложений в четкую, аргументированно обоснованную последовательность действий с разбивкой большой цели на конкретные этапы и задачи, которые можно было начинать выполнять уже сегодня. «Теперь мы поговорим о том, **как можно начать работу космических достижений немедленно, сейчас же** <выделено Циолковским>» [4, с. 114], - до осени 1926 года (да и позднее) подобных разговоров не встречалось на страницах трудов пионеров космонавтики.

Призыв к немедленным действиям по подготовке космического полета стал характерной чертой работ Циолковского последнего десятилетия жизни. Суть этой подготовки ему виделась в переходе «от аэроплана к реактивному прибору – для завоевания солнечной системы». «Самолет должен быть преобразован. Он не будет пригоден для целей воздушного транспорта <sic!>, но постепенно станет пригоден для космических путешествий. Разве и сейчас аэроплан, летая на высоте 12 килом., не одолевает уже 70—80% всей атмосферы и не приближается к сфере чистого эфира, окружающего Землю! Поможем же ему достигнуть большего. Вот грубые ступени (со многими промежуточными, которые опускаю) развития и преобразования аэропланного дела, достигающего высших целей» [4, с. 115].

И далее в шести пунктах из шестнадцати Циолковский раскрыл свое видение эволюции ракетоплана в орбитальный самолет, создание которого позволит пройти остальные этапы космического пути человечества от строительства оснащенных оранжереями и скафандрами околоземных поселений до заселения пространств иных

звездных систем. Так «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) стало прологом к продолжительным и непрерывным работам Циолковского в области реактивной авиации и аэрокосмических транспортных систем.

Как обычно, Циолковский сам распространял экземпляры брошюры «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) среди своих многочисленных корреспондентов, начав рассылку 15.11.1926. В СССР первыми ее получили в ноябре-декабре 1926 года Н.А. Рынин, Я.И. Перельман, Ф.А. Цандер. За рубежом первым получателем брошюры «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) стал А.Б. Шершевский, который быстро подготовил сокращенный перевод текста на немецкий язык и опубликовал рецензию. В апреле 1927 года большую статью на основе этой работы опубликовал Р. Ладеман. Тогда же Шершевский и Ладеман предприняли немалые усилия, чтобы заинтересовать издательство Р. Ольденбурга предложением издать «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926). Переговоры длились долго, но в конце концов издательство сочло невозможным финансировать издание немецкоязычных переводов работ иностранных ученых – Циолковского, Годдарда и Эсно-Пельтри. Несмотря на это многие германские энтузиасты идеи космического полета смогли ознакомиться с содержанием труда «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) в реферативном изложении Шершевского и Ладемана. Из работ Циолковского по космонавтике в Германии она получила наибольшую известность и высокую оценку. Фактом не только единичного (отдельными лицами), но и общественного признания заслуг Циолковского как первого теоретика космонавтики стала публикация в массовом журнале германского «Verein für Raumschiffahrt» («Общества космоплавания») его фотопортрета с подписью «Профессор Циолковский. Проработавший много лет борец за идею космического полета в России» [5].

Среди получателей брошюры также члены ГИРД и ГДЛ, РНИИ и Военно-технической академии РККА имени Ф. Э. Дзержинского, Всеукраинская академия наук и редакции многих журналов. Сохранились экземпляры этой брошюры с дарственными надписями Циолковского Ю.В. Кондратюку (15.02.1929) И.Т. Клейменову (17.02.1934), М.К. Тихонравову (17.02.1934).

Один из первых в советской литературе научных откликов о труде «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) принадлежит Н.А. Рынину: «Хотя автор и говорит, что в этой работе

сделаны лишь некоторые изменения и дополнения, однако, по существу эта книга затрагивает ряд новых вопросов, не разбиравшихся в его ранее напечатанных сочинениях вопросов, о которых писали до 1926 г. Оберт, Гоманн, Макс Вальер, итальянские артиллеристы и др., при чем К. Циолковский, со свойственной ему оригинальностью, дает этим вопросам часто новое интересное трактование» [6]. Прямую связь между идеями Циолковского, высказанными в труде «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926), и своими работами еще на их раннем этапе счел необходимым подчеркнуть С.П. Королев: «Обычная винтомоторная авиация <…> уже не может дать нужного превосходства самолета обороны над им же подобными самолетами нападения. <…> Выход есть только один - ракетные самолеты, идея которых была предложена К.Э. Циолковским» [7].

А Я.И. Перельман охарактеризовал «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1926) как «долгожданный подарок для многих» - капитальный труд, который гармонично вписался в интеллектуальный контекст научных поисков в области космонавтики во второй половине 1920-х годов и со страниц которого впервые прозвучал призыв, не мешкая, приступать к строительству ракетных самолетов.

Литература

1. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами // Научное обозрение. 1903. № 5. С. 45-75.
2. Циолковский К. Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами // Вестник воздухоплавания. 1911. № 19. С. 16-21. № 20. С. 29-32. № 21-22. С. 31-37. 1912. № 2. С. 2-7. № 3. С. 15-16. № 5. С. 2-5. № 6-7. С. 6-9. № 9. С. 7-11.
3. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами (дополнение к I и II части труда того же названия). Калуга, изд. автора, 1914.
4. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами (переиздание работ 1903 и 1911 г. с некоторыми изменениями и дополнениями). Калуга, изд. автора, 1926.
5. Die Rakete. 15.01.1928. S. 12.
6. Рынин Н.А. К.Э. Циолковский. Его жизнь, работы и ракеты. Л., 1931. С. 82.
7. Королев С.П. Заявление Народному комиссару внутренних дел СССР Л. П. Берия. 13.07.1940 // Оригинал принадлежит В.П. Тарану. - Электронная копия: архив Т.Н. Желниной.

УДК 93/94(47).084:575.1
eLIBRARY.RU: 03.23.00

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

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ЕГО СОВРЕМЕННИКИ ОБ УЛУЧШЕНИИ ПРИРОДЫ ЧЕЛОВЕКА

K.E. TSIOLKOVSKY AND HIS CONTEMPORARIES ON THE IMPROVEMENT OF HUMAN NATURE

Аннотация. В статье реконструируются конкретные предложения К.Э. Циолковского по улучшению природы человека, включая искусственный отбор, регламентацию деторождения и формирование человека будущего. Дана оценка степени изученности вопроса. Устанавливаются параллели между взглядами Циолковского и идеями его современников — Н.К. Кольцова, А.С. Серебровского, Н.Ф. Гамалеи, Т.И. Юдина и других. Особое внимание уделяется социальному контексту: в России сформировалась альтернатива западной «негативной» евгенике, основанная на приоритете гигиены, генеалогических исследований и социальных преобразований, что сближало сторонников евгеники (включая Циолковского) с официальным нарративом первых послереволюционных лет. Делается вывод, что при внешнем своеобразии формы и терминологии евгенические идеи Циолковского были закономерны и созвучны эпохе, а их изучение имеет высокий эвристический потенциал как для понимания его наследия, так и для реконструкции общественной и научной мысли России первой трети XX века.

Ключевые слова: К.Э. Циолковский, евгеника, Н.К. Кольцов, А.С. Серебровский, искусственный отбор, Русское евгеническое общество.

Abstract. This article reconstructs K.E. Tsiolkovsky's specific proposals for improving human nature, including artificial selection, birth control, and the formation of the human being of the future. The current state of research on this topic is assessed. Parallels are drawn between Tsiolkovsky's views and the ideas of his contemporaries—N.K. Koltsov, A.S. Serebrovsky, N.F. Gamaleya, T.I. Yudin, and others. Particular attention is paid to the social context: an alternative to Western "negative" eugenics emerged in

Russia, based on the priority of hygiene, genealogical research, and social transformation. This brought eugenicists (including Tsiolkovsky) closer to the official narrative of the early post-revolutionary years. It is concluded that, despite the external originality of form and terminology, Tsiolkovsky's eugenic ideas were logical and in keeping with the era, and their study has high heuristic potential both for understanding his legacy and for reconstructing the social and scientific thought of Russia in the first third of the 20th century.

Keywords: K.E. Tsiolkovsky, eugenics, N.K. Koltsov, A.S. Serebrovsky, artificial selection, Russian Eugenics Society.

Цель данной статьи – рассмотреть степень изученности вопроса об идеях К.Э. Циолковского по улучшению природы человека; проанализировать эти идеи как в контексте философско-этического учения мыслителя и их роли в его социальной утопии; так и в контексте взглядов и представлений его современников; подтвердить или опровергнуть предположение о закономерности появления у Циолковского и других авторов социальных утопий в России таких идей и их конкретного содержания в рассматриваемый период первой трети XX в.

Идеи Циолковского и его современников по улучшению природы человека становились предметом анализа на Чтениях в рамках работы Секции № 1 «Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история ракетно-космической науки и техники» неоднократно. Рассматривались работы зарубежных авторов, в частности, М. Хагемайстера и Б. Гройса, в которых взгляды ученого квалифицировались как «биополитическая утопия» и сравнивались с проектами других утопистов рассматриваемого периода [1]; в ряде докладов были проанализированы конкретные меры по созданию «человека будущего», предложенные мыслителем [2; 3]. Однако если взять весь массив отечественных публикаций, посвященных научному наследию Циолковского (а не только труды секции №1 Чтений), выяснится, что эта тема до сих пор остается во многом «открытой», поскольку относится, по меткому выражению В.В. Казютинского, к ряду «…неудобных» идей <Циолковского>, довольно сильно контрастирующих с современной культурой. К ним относятся, например, идея «суда космоса», то есть погашения «страдальческих», низкоразвитых форм жизни; идея «улучшения» человеческой породы методами евгеники … Многие исследователи космической философии либо вуалировали подобные идеи, либо заменяли их туманными эвфемизмами» [4, с. 135]. В результате серьезный академический

разговор о взглядах Циолковского в этой области оказывается затруднен еще на этапе постановки вопроса.

В рамках работы Секции № 1 было неоднократно показано, что работы Циолковского необходимо изучать, с одной стороны, в контексте всего его творчества (учитывая, что в широко распространенную терминологию он вкладывал собственные смыслы), а с другой - в контексте его эпохи. Будучи вырванными из контекста, многие его высказывания обретают иной, зачастую противоположный смысл. В целом подобное исследование должно проводиться на достаточно репрезентативной источниковой базе, включающей архивные либо академически опубликованные труды Циолковского – без лакун, контаминации фраз и искажения текста, с проработанным научным аппаратом (образцом здесь является издание трудов Циолковского, подготовленное Т.Н. Желниной и В.М. Мапельман, ставшее сейчас уже библиографической редкостью [5]). В противном случае при использовании недостоверных сведений получаются либо очередные исследования, где взгляды Циолковского подгоняются под представления автора такого исследования о его версии[1] «русского космизма» (например, [6]), либо – без учета указанного выше контекста идей Циолковского выдвигаются крайне негативные оценочные суждения о его работах на рассматриваемую тему. Так, в статье 2014 г. «К.Э. Циолковский и русская евгеника» воспроизводятся некоторые нарративы, восходящие к А.Л. Чижевскому, приводятся существенно контаминированные отрывки нескольких работ Циолковского из сборника «Русский космизм: Антология…», а затем - тезис о наличии во взглядах Циолковского социал-дарвинизма и расизма, и в целом – о наивной натурфилософии «отца космонавтики» [7, с. 51]. По сути, воспроизводится ситуация времен советской историографии, когда философские и социологические работы ученого называли его заблуждениями, с сожалением констатируя, что «калужский мыслитель» не осилил марксизм-ленинизм. Напомним, что в постсоветское время эволюция исследований мировоззренческих работ ученого шла по траектории от подчеркивания их самобытности и оригинальности до подтверждения того факта, что все идеи Циолковского, например, по созданию «Идеального строя жизни» были, несмотря на внешнее своеобразие, вполне закономерны и созвучны идеям его современников (см., например, [8]). Логично предположить, что и вопросы совершенствования человечества как вида окажутся столь же своевременны и созвучны эпохе их появления,

[1] О версиях «русского космизма» см. [4]

а приведенные выше оценочные суждения окажутся лишь следствием нарушения одного из главных принципов историзма - оценивать прошлое не с позиций современных стандартов, норм и ценностей, а с учетом конкретно-исторических условий той эпохи, в которой явление или идея возникла и существовала.

Таким образом, заявленная тема данной статьи вполне актуальна, несмотря на высокую степень изученности проблемы. Идеи Циолковского по совершенствованию природы человека были рассмотрены как в контексте его проекта «Идеального строя жизни», так и в сравнении с авторами других социальных утопий этого периода и в этом смысле признаны закономерными для своей эпохи. Однако представляется необходимым понять, почему же они появились именно в таком виде и именно в это время, для чего нужно посмотреть шире – на общественно-политическую и научную повестку первой трети XX в.

Как неоднократно отмечали исследователи, «пути к личному счастью, законность и общественное устройство, способы наибыстрейшего размножения и усовершенствования человека (евгеника)» [9, с. 37] были для Циолковского различными аспектами единого плана построения «Идеального строя». Кратко резюмируя его идеи в области улучшения человеческой породы, можно выделить несколько основных направлений. Ученый ставил задачу повысить умственный потенциал и моральные качества человека; создать существо, равно чуждое радостям и горестям (что в рамках его философии «Монизма вселенной» обеспечивало бы счастливое «переселение атомов»); сформировать организм, приспособленный к иным условиям обитания и обладающий большими, чем у современного человека, возможностями. Важнейшим инструментом здесь выступал искусственный подбор. Циолковский находил, что люди во многом несовершенны, и считал это признаком незаконченной эволюции человека как вида, делая вывод: «Искусственный подбор должен быть со временем применен не только к растениям и животным, но и к человеку» [10, с. 16]. В брак могли бы вступать все желающие, но не все могли бы иметь детей – из опасения плохой наследственности, как физиологической, так и моральной. Впрочем, одаренность и высокая оценка обществом перевешивали запреты: так, гения с несносным характером следовало изолировать от общества, а в потомстве – исправить его наследственные черты (подробнее см. [2]). Целями создаваемой многоуровневой иерархии общин в проекте ученого были «… взаимное изучение, отобрание лучших и улучшение пород» [11, л. 140]. «Цель также в том, чтобы

воспользоваться гениальными людьми, размножить их, усовершенствовать и наполнить ими мир», - писал он [11, л. 126]. Для добровольно вступивших в иерархию общин «Идеального строя» Циолковский предусматривал «Общую систему по мере восхождения обществ», подразумевавшую, в частности:

«…5. Постепенное усиление строгости подбора родичей. 6. Постепенное стремление увеличить силу размножения. Хорошими производителями улучшают низшие общества. 7. Постепенные ограничения свободы браков и страстей. Ослабление родственных чувств» [12, л. 8-9]. В перспективе же он считал необходимым устранить половое размножение, поскольку «эти сильнейшие пружины человеческой души (нервной системы) … играют первенствующую роль после хлебного вопроса» [10, с. 14]. Важно подчеркнуть, что все эти требования должны были соблюдаться членами общины добровольно, в случае же несогласия с ними (как и со многими другими правилами общинной жизни) предполагался свободный выход из таковой общины. В целом все решения должны были приниматься в далеком будущем добровольно людьми, которые проникнутся философскими идеями Циолковского и будут действовать по своим убеждениям, а императивом эти требования могли бы стать только когда проект охватил бы все население Земли (и то предусматривалась возможность выхода «на отруба»). Это ключевой пункт (многократно повторяющийся в работках ученого), который «обнуляет» многие негативные оценки, данные исследователями евгеники в работах Циолковского и роднит эти идеи с «позитивной евгеникой» - сложившейся в России, а затем и СССР антитезой многих западных направлений евгеники.

Активное распространение идей по улучшению человеческого рода в России начинается с самого начала XX в., когда были изданы переводы трудов основателей и наиболее известных зарубежных адептов евгеники. Особенно заметным интерес к ней становится после Русско-японской войны 1904–1905 гг. и Первой русской революции, когда в обществе остро ощущалась потребность в «обновлении» и «оздоровлении» нации. Основными пропагандистами этих идей выступили выдающийся микробиолог и бактериолог Н.Ф. Гамалея и будущий основоположник советской генетики психических заболеваний Т.И. Юдин, активно публиковавшиеся в медицинских и общественно-политических журналах. Уже в 1910 г. в программном заявлении журнала «Гигиена и санитария», основанного Гамалеей, указывалось, что «генеративная гигиена (евгеника)» должна составлять важную часть российского здравоохранения. В 1912 г.

Гамалея опубликовал обзор «Об условиях, благоприятных для улучшения природных качеств людей». При этом исследователи отмечают, что в России достаточно рано складывается неприятие ряда методов западной евгеники – прежде всего негативной евгеники с ее акцентом на стерилизацию и сегрегацию «неполноценных», – и формируются основы того, что в 1920-е годы получит название «позитивной евгеники», противопоставляемой западной. В качестве альтернативы российские ученые предлагали улучшение социальных условий, перевоспитание и профилактическую медицину [13].

Вкратце можно резюмировать, что в дореволюционной России в структуре понятий «евгеника» и «улучшение человеческого рода» выделяются три основных составляющих: гигиена (от улучшения бытовых условий народа до полового просвещения); генеалогия (как попытка «диагностики гениальности» и законов наследования таланта для формирования в будущем более совершенного человека); и социальные преобразования, без которых достичь реального улучшения не представлялось возможным [13; 14]. Дискуссии выплескивались за пределы медицинских журналов и получали широкий общественно-политический резонанс. Циолковский с большой вероятностью мог быть в курсе этих дискуссий, хотя прямых указаний на это нет. И тем не менее, структура первой опубликованной Циолковским работы, посвященной вопросам социальных преобразований «Горе и гений» 1916 года, практически полностью воспроизводит упомянутую ранее модель, характерную для общественно-политического дискурса того времени: кроме конкретных социальных преобразований, включающих пути выявления и пестования гениев, тут и вопросы гигиены от характеристики текущего неудовлетворительного положения дел до механизмов дезинфекции жилищ будущего, регламентация половой жизни и ограничение деторождения при неблагоприятной наследственности, улучшение породы человека и увеличение рождаемости [15].

В послереволюционной России все три указанные выше составляющие получили дальнейшее развитие и новый импульс, связанный с идеологией нового, революционного государства, ставившего перед собой задачу формирования нового человека [14; 16–18].

20 ноября 1920 г. в Петрограде было учреждено Русское евгеническое общество (просуществовало до 1929 г.). Инициаторами выступили видные биологи и врачи: Ю.А. Филипченко - зоолог, генетик, основатель кафедры генетики Петроградского университета;

Н.К. Кольцов - биолог, основатель Института экспериментальной биологии; В.И. Вернадский - геохимик, минералог; А.С. Серебровский - генетик, автор работ по генетике человека и селекции животных. Общество издавало «Русский евгенический журнал». К 1922 г. в обществе состояло около 100 членов, среди которых были не только биологи и медики, но и литераторы - например, Максим Горький, симпатизировавший евгеническим идеям. Активное участие в работе общества принимал и нарком здравоохранения Н.А. Семашко. Основными направлениями его деятельности были научные исследования, пропаганда идей евгеники и организация дискуссий. Различные Комиссии, кружки и просто неформальные объединения заинтересованных евгеникой ученых возникали также в Москве и других городах.

И здесь мы снова встречаем ту же модель, которая сформировалась до революции – гигиена, генеалогия и социальные преобразования. Гигиена подразумевала охват всех аспектов жизни человека – от бытовых условий до полового просвещения. Гигиена – в том числе половая – предполагала широкий комплекс просветительских мероприятий и после революции становится элементом идеологии нового государства – достаточно вспомнить дискуссии о «быте» и «новой морали» 1920-х годов [16]. «Диагностика гениальности» включала не только составление генеалогий для выяснения причин появления выдающихся людей [14], но и посмертный анализ архитектоники мозга многих известных личностей – еще до революции ученые исследовали мозг И.С. Тургенева, М.Е. Салтыкова-Щедрина, Д.И. Менделеева и др. выдающихся деятелей науки и культуры. После революции это направление продолжилось изучением мозга В.И. Ленина, для чего создана специальная лаборатория, которой руководил приглашенный руководством страны немецкий анатом и нейролог Оскар Фогт. Лаборатория в 1928 г. была преобразована в Институт мозга, при котором по предложению В.М. Бехтерева был создан и «Всесоюзный пантеон мозга» (в дальнейшем ставший частью Музея эволюции мозга АМН СССР) [20-22].

Что касается социальных преобразований, то без них, по общему убеждению участников дискуссий, реальное улучшение человеческой породы оставалось невозможным – и именно этот тезис сближал идеи сторонников евгеники как с социальными утопиями рассматриваемого периода, так и с официальным нарративом, как минимум, первой половины 1920-х годов: «Будущий человек должен … быть снабжен и здоровыми инстинктами, сильной волей, врожденным стремлением жить, любить и работать, должен быть физически здоров и гармонично

наделен всем тем, что желает его организм жизнеспособным. Этот новый человек — сверхчеловек, "Homo creator" — должен стать действительно царем природы и подчинить ее себе силою своего разума и своей воли», - писал Н.К. Кольцов [23, с. 37]. Примечательно, что современные историки евгеники находят здесь параллели как с высказываниями Л.Д. Троцкого, так и К.Э. Циолковского [18, с. 327-328]. Справедливости ради стоит отметить, что этот нарратив можно встретить и в публикациях конца 1920-х годов, например, в сборнике «Жизнь и техника будущего», в котором речь шла о «богатой психике грядущего сверхчеловека, для которого гениальность поистине станет ординарным явлением» [24, с. 367] и описывалась архитектоника «коры мозга В.И. Ленина, который (т. е. мозг) является несомненно прототипом мозга грядущего сверхчеловека» [24, с. 368].

Впрочем, явные параллели между предложениями Циолковского и высказанными Кольцовым идеями простираются гораздо шире идей создания нового типа человека. «Культурное государство должно взять на себя важную роль естественного подбора и поставить сильных и особенно ценных людей в наиболее благоприятные условия. Неразумная благотворительность приходит на помощь слабым. Разумное, ставящее определенные цели евгеники, государство должно прежде всего позаботиться о сильных и об обеспечении их семьи, их потомства», - писал в 1923 г. Кольцов, предлагая следующий метод: «…Улавливание ценных по своим наследственным свойствам производителей: физически сильных, одаренных выдающимися умственными или нравственными способностями людей и постановка всех этих талантов в такие условия, при которых они не только сами могли бы проявить эти способности в полной мере, но и прокормить и воспитать многочисленную семью, и притом непременно преимущественно в сравнении с людьми, не выходящими за среднюю норму. Именно это преимущество имеет евгеническую цену, так как равенство условий размножения и для выдающихся, и для посредственных приведет только к увеличению всего народонаселения и не изменит в желательную сторону наследственных свойств человеческой расы» [23, с. 45]. «…Можно ожидать, что выдающиеся люди скорее других поймут громадную ценность евгенического брака, и тогда потомство их, получая наследственные свойства со стороны обоих родителей, будет особенно высоких качеств», - писал он [23, с.46]. У Циолковского можно найти множество близких по смыслу высказываний. Например, в работе «Монизм вселенной» 1925 г.: «Многочисленное население Земли будет усиленно размножаться, но право производить детей будут иметь только лучшие особи. Все будут

иметь жен и счастливо жить с ними, но не все будут иметь детей. Таким образом, численность людей, дойдя до своего предела, не будет возрастать, но зато качество их будет непрерывно изменяться к лучшему. Естественный подбор заменится искусственным, причем наука и техника придут ему на помощь» [25, с. 19].

Еще больше параллелей можно найти с работами другого сооснователя Русского евгенического общества - А.С. Серебровского. В работе 1929 г. «Антропогенетика и евгеника в социалистическом обществе» он писал: «Решение вопроса по организации отбора в человеческом обществе несомненно возможно будет только при социализме после окончательного разрушения семьи, перехода к социалистическому воспитанию и отделения любви от деторождения.

Мы полагаем, что решением вопроса об организации отбора у человека будет распространение получения зачатия от искусственного осеменения рекомендованной спермой, а вовсе не обязательно от «любимого мужчины. … Социализм, разрушая частнокапиталистические отношения в хозяйстве, разрушит и современную семью, а в частности разрушит в мужчинах разницу в отношении к детям от своего или не своего сперматозоида. … Что касается положительной части воспитания, то она должна будет заключаться лишь во внедрении идеи о том, что для зачатия ребенка должна быть использована сперма не просто «любимого человека», но что во исполнение селекционного плана сперма эта должна быть получена из определенного рекомендованного источника» [16, с. 409-411]. Сразу вспоминается работа Циолковского 1928 г. «Что делать на Земле?», в которой тот предлагал: «Многодетные матери всячески должны награждаться. Далее должно произвести опыты улучшения людской породы так. Отборные мужчины-производители, по согласию с женихами и их невестами, должны последних оплодотворить, т. е. зачатие должно производиться не женихами, а особыми производителями. Когда женщина забеременела, она может жить с женихом до рождения ребенка и нового зачатия (производителем) после чего муж опять вступает в союз с той же женой. … Возможно, разумеется, оплодотворение производить теми же оплодотворителями, но искусственно. Так избежим неловкое чувство ревности…» [26, л. 12-13]. По подсчетам ученого, «один хороший производитель … может в течение своей жизни оплодотворить тысячи жен» [26, л.13]. «…От одного выдающегося и ценного производителя можно получить до 1000 и даже до 10 000 детей. При таких условиях селекция человека пойдет вперед гигантскими шагами», - вторит ему Серебровский [16, с. 412].

В задачи данной статьи не входит рассмотрение истории и судьбы евгенических и генетических исследований в СССР 1930-х годов. Для целей данного исследования достаточно будет упомянуть, что поддержка евгеники (и генетики) государством начала сокращаться с 1929 г. (чем и было вызвано закрытие Русского евгенического общества). Последнюю попытку привлечь внимание власти к задачам евгеники и генетики, а также к идее создания нового (сверх)человека можно зафиксировать в 1936 г., когда будущий нобелевский лауреат Герман Меллер работавший тогда в СССР по приглашению Н.И. Вавилова, направил И.В. Сталину письмо, в котором он противопоставлял буржуазной евгенике евгенику социалистическую: «Подлинная евгеника может быть только продуктом социализма и, подобно успехам в физической технике, явится одним из средств, которое будет использовано социализмом для улучшения жизни» [27, с. 68]. «Не пустая фантазия, что посредством сочетания благоприятного воспитания и общественных и материальных преимуществ, которые может дать социализм, с одной стороны, с научным применением генетики, освобожденной от буржуазных общественных и идеологических оков, с другой стороны, – возможно будет в течение лишь нескольких поколений наделить даром даже так называемого «гения» практически каждого отдельного индивидуума – поднять фактически всю массу на уровень, на котором сейчас стоят наши наиболее одаренные индивидуальности, те, которые больше всего способствуют прокладыванию новых путей жизни» [27, с. 69], - пророчествовал он: «Многие матери завтрашнего дня, освобожденные от оков религиозных предрассудков, будут горды смешать свою плазму с плазмой Ленина или Дарвина и дать обществу ребенка, наследующего их биологические качества» [27, с. 69]. Желаемого эффекта письмо Меллера не дало – судьба и евгеники, и генетики к этому моменту уже была определена на самом высоком уровне и соответствующий дискурс запущен в рамках пропагандистской машины [28].

Принцип историзма требует отметить, что этичность многих предложений евгеники (не только Циолковского) для нас сегодня представляется, мягко говоря, сомнительной [4; 29]. Однако вопрос состоит в том, как и почему в тот момент рассуждали люди, как им в тот момент представлялось это – этичным или нет. Как было показано выше, подобные взгляды высказывали многие выдающиеся отечественные ученые: биолог Н.К. Кольцов, генетик А.С. Серебровский и др. Как развитие евгеники, так и опыты – например, по гибридизации человека и обезьяны – поддерживали в это время нарком здравоохранения Н.А. Семашко и В.И. Вернадский [30],

то есть, для современников Циолковского, как минимум в атеистическом СССР, такого рода предложения были вполне аутентичными, не вызывавшими шока, отторжения или осуждения, а были частью научного дискурса этой эпохи. При этом существуют значительные пересечения между предложениями Циолковского и тезисами Кольцова и Серебровского – как в части искусственного отбора, так и в части социальной организации размножения. Таким образом, и в этом аспекте его творчества за внешним своеобразием языка и форм выражения своих мыслей у Циолковского скрывается комплекс идей, весьма характерных для указанного периода, и рассматривать их вне этого контекста было бы методологически неверно.

Подводя итог, можно констатировать: евгенические идеи Циолковского, рассмотренные в контексте его целостного проекта «Идеального строя жизни» и в сравнении со взглядами современников, являются закономерными для своей эпохи, причем не только для авторов утопических проектов, но и для широких кругов отечественной научной общественности и политических деятелей рассмотренного периода. Изучение этих идей в рамках исторического исследования требует не оценочных суждений с позиций сегодняшнего дня, а последовательного применения принципа историзма и работы с репрезентативной источниковой базой. Дальнейшие исследования в этом направлении могут обогатить как понимание научного наследия К.Э. Циолковского, так и картину общественной и научной мысли России первой трети XX в., то есть имеют высокий эвристический потенциал.

Литература

1. Желнина Т.Н. Жизнь и деятельность К.Э. Циолковского в немецкой литературе 2003-2007 гг. // К.Э. Циолковский: исследование научного наследия. Материалы XLIII Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга, ИП Кошелев А. Б. (Изд-во «Эйдос»), 2008. С. 45-52.
2. Хорунжий А.В. Человек будущего в социальной утопии К.Э. Циолковского // К.Э. Циолковский и будущее космонавтики. Материалы XLVI Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга, Изд-во «Эйдос», 2011. С. 27-33.
3. Данилова С.В. Проблема формирования «нового человека» в работах К.Э. Циолковского // К.Э. Циолковский. Проблемы и будущее российской науки и техники. Материалы 52-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга, Изд-во АКФ «Политоп», 2017. С. 81-86.

4. Казютинский В.В. Космическая философия и современные течения философской мысли // Идеи К.Э. Циолковского и проблемы космонавтики. Материалы XLI Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга, ИП Кошелев А.Б. (Изд-во «Эйдос»), 2006. С. 135-137.
5. Циолковский К.Э. Космическая философия / К.Э. Циолковский; Отв. ред. В.С. Авдуевский; Сост., подгот. текстов, коммент. Т.Н. Желниной, В.М. Мапельман; Рос. акад. наук. Комис. по разраб. науч. наследия К.Э. Циолковского. - Москва: УРСС, 2001. - 478 с.
6. Терехов С.В. Эволюционные идеи в естественнонаучном направлении русского космизма: К.Э. Циолковский, А.Л. Чижевский, В.И. Вернадский: автореферат дис... кандидата философских наук: 09.00.03 / Моск. пед. гос. ун-т. - Москва, 2003. - 16 с.
7. Иванюшкин А.Я. К.Э. Циолковский и русская евгеника // Здравоохранение Российской Федерации. - 2014. - № 1 (58). - С. 48-52.
8. Хорунжий А.В. «Идеальный строй» К.Э. Циолковского как стержень личности и зеркало эпохи// Открывая современность заново. М.: РУДН, 2011. - С. 438 - 467.
9. Циолковский К.Э. Любовь к самому себе, или истинное себялюбие. - Калуга: автор, 1928 (тип. Кал. губ. сов. нар. хоз.). - 39 с.
10. Циолковский К.Э. Причина космоса: (Конспект. Август 1925 г.) - Калуга: Б. и., 1925. - 33 с.
11. Циолковский К.Э. Общественный строй. 1917 г. - июль 1918 г. // Архив РАН. - Ф. 555. - Оп. 1. - Д. 387. - Л. 1-204.
12. Циолковский К.Э. Постепенность законов для обществ разных категорий, 1919 г. // Архив РАН. - Ф. 555. - Оп. 1. -Д. 400. - Л. 1-14.
13. Кременцов Н.Л. Международная евгеника и российское медицинское сообщество, 1900-1917// Историко-биологические исследования. - 2015. - Т. 7. № 1. - С. 7-40.
14. Пчелов Е.В. Евгеника и генеалогия в отечественной науке 1920-х годов // Родословная гениальности: Из истории отечественной науки 1920-х гг. М.: Старая Басманная, 2008. - С. 7-60.
15. Циолковский К.Э. Горе и гений / Издание и собственность автора. - Калуга: изд. автора, 1916. - 8 с.
16. «Русская евгеника»: сборник оригинальных работ русских ученых (хрестоматия) / под общ. ред. В.Б. Авдеева. - Москва: Белые альвы, 2012. - 573 с.
17. Саймитдинов А.К. Советская евгеника: идеи по преобразованию «человеческой породы» // Abyss (Вопросы философии, политологии и социальной антропологии) URL: http://abyss.su/abyss_issue/15/4 (дата обращения: 10.07.2026).

18. Сомов В.А. «Евгеника или жизнь»: судьба одного научного направления в условиях становления советского социализма (1920-1930-гг.) // Вестник антропологии. - 2025. - № 3. - С. 322-334. - DOI 10.33876/2311-0546/2025-3/322-334.
19. Половой вопрос в свете научного знания: Сборник статей акад. В.М. Бехтерева, Д.А. Гудим-Левковича, проф. М.М. Завадовского, проф. В.Ф. Зеленина, проф. В. В. Иванова, Н. Ш. Мелик-Пашаева, проф. Г.П. Сахарова, С.А. Селицкого, проф. Е.К. Сеппа, проф. Н.А. Семашко, проф. Р. М. Фронштейна / Под ред. проф. В.Ф. Зеленина. - Москва; Ленинград: Гос. изд-во, 1926. - VI, 328 с.
20.Боголепова И.Н. Строение мозга В. И. Ленина / И.Н. Боголепова, Н.Н. Боголепов. - Москва: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2004. - 138 с.
21. Боголепова И.Н. История Института мозга. Ч. 1: 1925-1945. - Москва: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2004. - 59 с.
22. Боголепова И.Н. Музей эволюции мозга РЦНН РАМН М.: ЗАО «РКИ Соверо пресс». 2009. 84 с.
23. Кольцов Н.К. Улучшение человеческой породы / Проф. Н.К. Кольцов. - Петроград: Время, 1923. - 62, [1] с.
24. Мелик-Пашаев, Н. Ш. Человек будущего (в свете современных достижений биологии и медицины) // Жизнь и техника будущего (Социальные и научно-технические утопии): Сборник статей / Арк. А-н, проф. А.Б. Залкинд, проф. М.Б. Лобач-Жученко, арх. П. Блохин, прив.-доц. Н. Ш. Мелик-Пашаев, проф. С.В. Орлов, проф. А. Чаянов; Под ред. Арк. А-на, Э. Кольмана. - Москва, Ленинград: Московский рабочий, [1928]. - С. 337-431.
25. Циолковский К.Э. Монизм вселенной: (Конспект. Март 1925 г.) - Калуга: Б. и., 1925. - 32 с.
26. Циолковский К.Э. Что делать на Земле, 1928 г. // Архив РАН. - Ф.555. - Оп.1. - Д.461. - Л.1- 28.
27. Письмо Германа Меллера - И.В. Сталину / Предисловие И.А. Захарова. Публикация Ю.Н. Вавилова // Вопросы истории естествознания и техники. № 1, 1997. С. 65-76.
28. Митин М.Б. Некоторые итоги и задачи работы на философском фронте// Под знаменем марксизма. - 1936. - №1. - С. 21-45.
29. Лыткин В.В. Проект «космической антропологии» К.Э. Циолковского: национальное или интернациональное // К.Э. Циолковский. Проблемы и будущее российской науки и техники. Материалы 52-х Научных чтений памяти К. Э. Циолковского. Калуга, Изд-во АКФ «Политоп», 2017. С. 70-74.
30. Россиянов К.О. Опасные связи: И. И. Иванов и опыты скрещивания

человека с человекообразными обезьянами // Вопросы истории естествознания и техники. - 2006. - № 1. - С. 3-51.

УДК 93/94
eLIBRARY.RU: 03.23.00

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

ОБРАЗ БУДУЩЕГО В УТОПИЧЕСКИХ ПРОЕКТАХ В.Ф. ОДОЕВСКОГО И К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО

THE IMAGE OF THE FUTURE IN THE UTOPIAN PROJECTS OF V.F. ODOEVSKY AND K.E. TSIOLKOVSKY

Аннотация. В статье проводится сравнение отдельных параметров утопических систем В.Ф. Одоевского и К.Э. Циолковского, прослеживается семантическая близость проектов. Автор рассматривает проект Одоевского в контексте Второй научной революции, в то время как Циолковский трудился в период появления неклассической науки. Серьезные различия двух мыслителей проявились в понимании социально-политического идеала.

Ключевые слова: образ будущего, научный прогресс, воздухоплавание, вторая и третья научные революции.

Abstract. This article compares individual parameters of the utopian systems of V.F. Odoevsky and K.E. Tsiolkovsky, tracing the semantic similarities between their projects. The author examines Odoevsky's project in the context of the Second Scientific Revolution, while Tsiolkovsky worked during the emergence of non-classical science. Significant differences between the two thinkers manifested themselves in their understanding of the socio-political ideal.

Keywords: image of the future, scientific progress, aeronautics, second and third scientific revolutions.

Образ будущего в наследии К.Э. Циолковского не будет полным, если не понять ни социокультурного контекста его творчества, ни самой отечественной утопической традиции. В этом смысле соотнесение идей К.Э. Циолковского и князя В.Ф. Одоевского,

литератора и мыслителя вполне допустимо и оправдано. На первый взгляд сопоставление их взглядов кажется довольно смелым - ведь они жили в разные эпохи. Если апогей литературного творчества Одоевского пришелся на первую треть XIX века, то Циолковского - на тот же период века XX. И тем не менее, в этих различных эпохах есть немало общего: это время долгого XIX века, наполненного могучим индустриальным порывом, при котором наука стала важнейшим фактором прогресса.

Сам В.Ф. Одоевский как мыслитель сформировался в неспокойный век романтизма с его пафосом стремления к совершенному будущему, но притом отдаленному от нас и временем, и пространством. Стремление к «небывшему», преодоление буржуазной пошлости и своекорыстного расчета порождало романтическое настроение, рождало мировоззренческий идеализм. Эта эпоха одновременно и подсказывала решения - упование на силу разума и науки, вера в способность науки практически преобразовать жизнь. К тому имелись реальные предпосылки - в эпоху романтизма открыт был природный магнетизм, явления гипноза, вводящего человека в сомнамбулическое состояние, электромагнитные поля. Многие из этих открытий не имели объяснения, но романтикам давали пищу для дерзновенных прозрений.

В 1830-е годы Одоевский пишет свой знаменитый первый философский роман России «Русские ночи», в эти же годы им был опубликован утопический роман «4338 год».

Весьма любопытно, что роман писателя был переиздан в 1926 году, издательством и акционерным обществом «Огонек», призванным сформировать у постреволюционной молодежи сознание человека будущего [3, с. 638]. Именно в эту эпоху торжества нового человека творит и Циолковский, размышляя о жизни человечества в космическом пространстве. В 1918 году он написал свою знаменитую работу «Гений среди людей», увидевшую свет в 1992 году.

Показательно, но роман аристократа николаевской эпохи Одоевского оказался востребован новой эпохой. «Наш XX век в свои юные 26 лет достиг во многом того, что относит Одоевский XLIV веку… Гималайский и Каспийский туннель – и нам воспоминается, что в Англии поднят вопрос о построении туннеля через Ламанш. Телефон («магнетический телеграф»), фотография (камер-обскура) электрические поезда («электроходы») и проч. - все это вышло в обиход нашей жизни… Если бы мы сейчас заглянули в современную большую лабораторию, то увидели бы там то же «единство наук», но, конечно, в иных формах, чем в утопии Одоевского», - отметил О. Цехновицер [2, с. 8].

Если В.Ф. Одоевский сформировался как ученый в условиях второй научной революции (XVIII - первая половина XIX вв.), то К.Э Циолковский творил в условиях Третьей (конец XIX века – середина XX-го века), когда формируется электромагнитная картина мира, определяются новые подходы к космосу, к самому человеку и обществу.

Одоевский разрабатывает свой утопический проект в контексте парадигмы второй научной революции - его интересуют практическое применение науки во всех сферах и технологии. Социальные вопросы для него стоят на втором месте.

Прежде всего он подчеркивает могущество человека над природой, способность людей создавать и осуществлять дерзновенные проекты.

«Нынешние успехи химии делают возможным предположение об изобретении эластического стекла, которого недостаток чувствует наша нынешняя промышленность… Нынешнее медицинское употребление газов также должно некогда обратиться в ежедневное употребление подобно перцу, ванили, спирту, кофе, табаку, которые некогда употребляли только в виде лекарства: об аэростатах нечего и говорить… Девятнадцатое столетие еще не кончится, как аэростаты войдут во всеобщее употребление и изменят формы общественной жизни в тысячу раз более, нежели паровые машины или общественные дороги». [1, с. 14-15].

Причем, Одоевский полагал, что эти новые изобретения и открытия не являются произволом разума, а прогнозируются самим естественным ходом общественного развития. «Я не нахожу ничего такого, существование чего не могло быть естественным образом выведено из общих законов развития сил человека в мире природы и искусства», -отмечал мыслитель [1, с. 14].

Особенные изменения, по мнению Одоевского, проявились в воздухоплавании. По его мнению, человечество в 4338 году двигается по воздуху, по воздушным путям в высоких слоях атмосферы.

Одоевский верил в могущество человека, в его возможность управлять силами природы, изменять климат земли, связывая с возможностью создания теплохранилищ, построенных у экватора, «которые отсюда тянутся почти по всему северному полушарию». «Представь себе, - писал Одоевский, - здесь непрерывно огромные машины вгоняют горячий воздух в трубы, соединяющиеся с главными резервуарами, а с этими резервуарами соединены все теплохранилища, особо устроенные в каждом городе сего обширного государства; из городских хранилищ теплый воздух переведен частию в дома и в крытые сады, а частью устремляется по направлению воздушного

пути, так, что во всю дорогу, несмотря на суровость климата, мы почти не чувствовали холода. Так Русские победили даже враждебный свой климат!» [1, с. 19-20].

Одоевский, видимо хорошо знакомый с астрономией, осознавал опасность космических угроз и столкновения с различными неземными телами. По его мнению, именно русские ученые должны возглавить эту деятельность по спасению Земли.

«Здешние ученые <ученые в России - В. Б.> очень спокойны, и решительно говорят, что если только рабочие не потеряют присутствия духа при действии снарядами, то весьма возможным будет предупредить падение кометы на Землю; нужно только знать заблаговременно, на какой пункт комета устремится: но астрономы обещают вычислить это в точности, как скоро она будет видима в телескоп» [1, с. 20].

Наиболее развита сфера воздухоплавания, основанная на использовании гальваностатов, воздушных кораблей. Пионером в создании их является Россия, поскольку русские, по его мнению, станут мировым лидером научного прогресса: «Они так верят в силу науки и в собственную бодрость духа» [1, с. 17.] Каждым гальваностатом «управляет особый профессор». Перемещаются гальваностаты в высоких слоях атмосферы, где созданы для них воздушные станции. Управляет этим флотом воздушных судов Министр гальваностатики вместе с Министром Астрономии. В их компетенцию входит также обсуждение вопросов космической безопасности и отражение кометных угроз [1, с. 17].

Одоевский верит, что наука способна нормировать человеческую жизнь, задать ей рамки поведения. Прежние ценности в свете науки уже не имеют значения. «Худощавость и бледность здесь <в обществе – В. Б.> считается признаком невежества, потому что здесь в хорошее воспитание входит наука здравия и часть медицины, так, что кто не умеет беречь своего здоровья, о том, особенно о дамах, говорят, что они худо воспитаны» [1, с. 21]. Этот взгляд на нормирование жизни наукой схож с идеями Циолковского, который предлагал радикальные предложения по улучшению человеческой природы. В отличие от умозрительной утопии Одоевского, Циолковский был свидетелем реальных социальных трансформаций, которые произошли в России в 1917 году.

Любопытно общество, описываемое Одоевским. С первого взгляда, можно предположить, что общественными процессами управляет меритократическая элита, мудрецы и ученые. Он описывает идеальное правление страной, во главе которого стоит Министр Примирений,

первый сановник Империи, по сути, Высший Судья, правящий на основе мудрости и добра. Показателен образ этого человека - он молод, но его голова покрыта сединой от многочисленных трудов и книг [1, с. 39.] Одоевский выделяет «все высшее общество», куда входят Министр философии, Министр Изящных искусств, Министр воздушных сил, Поэты и философы, и Историки первого и второго класса. Все чиновники получают образование в Училище Государственных Людей, куда отбирают «с самого раннего возраста», а по окончанию прямо поступают на «высшие Государственные места» [1, с. 37].

При знакомстве с такими идеями, не трудно увидеть социально-ранжированное общество, социум, разделенный на элиту и всех остальных. Показательно, что в компетенцию элиты входит обсуждение вопросов науки и высшей культуры. При этом Одоевский ни словом не упоминает о жизни простых людей, его волнует лишь вопрос о единстве наук, о преодолении отраслевого дифференцирования научного знания, не позволяющего, по его мнению, обеспечивать полноценное развитие общества. Словом, наука у Одоевского - монополия элиты, а само общество жестко дифференцировано. В некотором смысле, утопия Одоевского - это вариант рационализированной монархии, где права интеллектуальной элиты поставлены на должную высоту. Наука управляет такой монархией. Предложенная Одоевским утопическая концепция существенно отличается от воззрений Циолковского, социальный проект которого был другим. «Основной ячейкой будущего общества Циолковский видел общину, перед которой стояли две основные цели: «Одна цель — взаимное изучение, отобрание лучших и улучшение пород. Другая — облегчение материальной жизни, например, выгоды общежития, обработки земли, фабричного дела, владения совершенными орудиями и т. д.» [4]. «Цель такого устройства — извлечь наиболее целесообразным способом самых дорогих для человечества людей и объединить ими мир. <...> Цель также в том, чтобы воспользоваться гениальными людьми, размножить их, усовершенствовать и наполнить ими мир. Их обязанность — заботиться о всем человечестве, объединить их общественными законами, совершенствовать общественное устройство и самих людей», — пояснял Циолковский [4].

Кроме того, концепция будущего общества создавалась Циолковским в совершенно других исторических условиях: на историческую арену вышли народные массы, разрушившие сословную непроницаемость общественного устройства. «Князь-демократ»

Одоевский создал научную утопию в рамках аристократической сословности, проект Циолковского был наполнен глубочайшей верой в силу науки и человека, ученый верил в демократическое будущее людей.

Литература

1. Одоевский В.Ф. 4338 год. Петербургские письма. М., Изд-во «Огонек», 1926.
2. Цехновицер О. Вступительная статья // Одоевский В.Ф. 4338 год. Петербургские письма. М., Изд-во «Огонек», 1926. С. 3-10.
3. Танцевова А.В. «Открывая эпоху»: К 100-летию создания советского еженедельника «Огонек» // Гуманитарные и юридические исследования. 2023. Т. 10 (4). С. 638.
4. Хорунжий А.В. Человек будущего в социальной утопии К.Э. Циолковского // Научные Чтения памяти К.Э. Циолковского. 2011. https://readings.gmik.ru/lecture/2011-CHELOVEK-BUDUSCHEGO-V-SOTSIALNOY-UTOPII-KE-TSIOLKOVSKOGO.

УДК 14
eLIBRARY.RU: 13.00.00

Романенко М.А.
Romanenko M.A.
кандидат философских наук
Южный федеральный университет
г. Ростов-на-Дону

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА В УТОПИИ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО

THE EVOLUTION OF THE HUMAN BODY IN K.E. TSIOLKOVSKY'S UTOPIA

Аннотация. В статье автор обращается к теме человеческой телесности в утопическом проекте К.Э. Циолковского. На материале работ «Вне Земли», «Будущее Земли и человечества» и «Идеальный строй жизни» прослеживается логика перехода от технической адаптации тела к космосу до программы его целенаправленного биологического и социального совершенствования.

Ключевые слова: Циолковский, утопия, человек, тело, телесность.

Abstract. The article concerns the theme of human corporeality in K.E. Tsiolkovsky's utopian project. Drawing on *Beyond the Earth*, *The Future of Earth and Mankind*, and *The Ideal Social Order*, the author traces the logic of transition from the technical adaptation of the body to space toward a program of its deliberate biological and social perfection.
Keywords: Tsiolkovsky, utopia, human being, body, corporeality.

Константин Эдуардович Циолковский хоть и вошел в историю как основоположник космонавтики, но также известен и своими философскими изысканиями. В его системе мысли научно-технические решения и инженерные разработки не являются самоцелью, все они служат более фундаментальной задаче – преобразованию человека и общества. Говорить о его проекте будущего общественного устройства мы будем в терминах утопии [2; 3; 4], понимая под последней универсальный культурный механизм создания и воплощения альтернативных возможностей, реализующий имманентное стремление человека к лучшему. Этот распространенный в современных utopian studies подход к утопии, основанный на идеях Э. Блоха, Ф. Джеймисона и Р. Левитас, и станет ключевым методологическим ориентиром в рассматриваемом сюжете.

Утопия Циолковского хоть и является по большей части научно-техническим видением будущего, тем не менее обладает устойчивой антропологической направленностью. Проявляется это в том, что она, согласно принципу холизма, пересобирает не отдельные институты, а всю систему человеческого существования, вплоть до природы самого субъекта, для которого эта система предназначена[1]. Так, в проекте Циолковского возникает мотив телесности, поскольку освоение космического пространства неотделимо от изменения человеческого тела. Тело в этой системе не является данностью, напротив – рассматривается как материал, подлежащий целенаправленному совершенствованию наравне с техникой и обществом.

Снять вопрос о неприкосновенности человеческого тела Циолковскому позволяет приверженность материалистическому пониманию мира [8][2]. Но к своему материализму он добавляет

[1] Это отвечает теоретическому представлению об утопии Р. Левитас как о методе «воображаемой реконструкции общества» [9].

[2] Здесь и далее работы К.Э. Циолковского будут анализироваться последовательно, сноски на них будут даваться один раз при первом упоминании работы, цитаты приводятся по указанному изданию, сноски для каждой цитаты дополнительно не приводятся.

панпсихизм – учение о том, что чувствительность является неотъемлемым свойством всей материи вселенной, а не исключительной привилегией живых организмов. Между «мертвой» и «живой» материей, по его словам, нет строгой границы, есть лишь «непрерывная лестница» возрастания чувствительности, не останавливающаяся на границе живого. Тело человека тем самым лишается особого онтологического статуса, поскольку представляется точкой на общей лестнице материи.

Как показал В.В. Лыткин, в основе этой позиции лежит принцип материалистического монизма как прямое продолжение идеи «всеединства», восходящей к В.В. Соловьеву и Н.Ф. Федорову и предполагающей единство законов развития для живой и косной материи, человека, Земли и космоса в целом [1]. Раз одни и те же законы управляют развитием звезд, планет и организмов, то и человеческое тело подчинено общей логике космической эволюции и не выведено из нее как нечто исключительное.

Другой важный момент – это идея атома как переносчике сознания. Циолковский описывает, как атом, блуждая по вселенной, то живет жизнью мозга, то жизнью кости или волоса, то пребывает в «глубоком обмороке», в небытии, то вновь пробуждается в новом организме. Смерть конкретного тела не прерывает существование атома, а лишь переводит его в состояние небытия, которое, по мысли Циолковского, субъективно не ощущается: «для мертвых нет времени, и нельзя его считать». Все воплощения атома, разделенные миллиардами лет, сливаются «в одну субъективно-непрерывную прекрасную и нескончаемую жизнь».

Отсюда вытекает принципиальный вывод. Если личность не тождественна конкретному телу, а представляет собой временное пристанище странствующего атома, то изменение тела не является насилием над природой человека. Это лишь очередной шаг странствия по лестнице форм материи, снятый той же логикой, что снимает страх перед смертью.

Далее обратимся к представлениям К.Э. Циолковского о возможностях трансформации тела человека и рассмотрим две последовательные линии: адаптацию тела к условиям космоса и совершенствование вида как такового.

В повести «Вне Земли» [5] Циолковский показывает, как изменение тела выглядит на пока еще обратимом уровне, когда остается узнаваемо человеческим, но обрастает новыми практиками и техническими дополнениями.

Первое, с чем сталкивается человек в космосе, – это невесомость как радикально новый телесный опыт. Пассажиры ракеты теряют привычные ориентиры настолько, что не могут отличить верх от низа, а сердце у них «то и дело замирает», однако их успокаивает один из героев: «мы к этому волшебству понемногу привыкнем и будем находить его вполне естественным». Вслед за этим меняется вся телесная повседневность человека. И спать, есть, читать приходится по-новому, поскольку пища «разлетается в разные стороны», вода «вылетает из рюмки в виде нескольких шаров», а вместо кроватей и стульев нужны легкие «держалки». Отдельная «картина купанья» в барабане, где вращение создает искусственную тяжесть, показывает, что даже базовые телесные практики в новых условиях требуют инженерного пересмотра, а не являются делом привычки.

Скафандр представлен в повести как первый технический протез тела для существования во внеземной среде. Циолковский описывает его с почти конструкторской точностью. Это «специальная одежда», «облекающая все тело с головой», непроницаемая для газов, снабженная резервуарами для кислорода и системой поглощения продуктов выделения, при этом «не обезображивающая человека». Показательно и то, что здесь обсуждаются возможности его массового производства: оно «достигнет совершенства и дешевизны, – и едва ли ... не сравняется с одеждой». Так, тело в космосе получает техническое дополнение, рассчитанное на существование миллиардов людей.

Следующим шагом к адаптации человека к космосу станут оранжереи, которые позволят отказать от привычного земного питания. Растения на борту ракеты обеспечивают не только кислород, но и пищу, замыкая жизнеобеспечение в автономный цикл, не зависящий от Земли.

В главе «Резюме о жизни в эфире» герои повести, обсуждая неудобства новой среды и способы их преодоления, приходят к выводу, что со временем не только достигнут совершенства используемые для этого технические средства, но «даже человечество так преобразится, <…> что не будет в пустоте нуждаться ни в скафандрах, ни в жилищах». По сути, это переход от адаптации тела к его целенаправленному биологическому и социальному совершенствованию, предполагающее изменение самой природы.

Именно такой подход должен сопровождать расселение человечества в космосе. Как пишет Циолковский в работе «Будущее Земли и человечества» [6], по мере развития техники жилищ в эфире меняется и физиологическая потребность в кислороде: «со временем выработается порода существ, довольствующихся все меньшим и

меньшим количеством кислорода». Циолковский говорит и о социальном механизме отбора, изначально связывая космическую экспансию с идеей избирательного размножения: на Земле «многие остаются без потомства: именно, люди с разными недостатками», а «избыток более совершенного населения отправляется за атмосферу и заполняет Солнечную систему».

О такой управляемой социальной инженерии идет речь и в работе «Идеальный строй жизни» [7]. Здесь Циолковский прямо ставит вопрос об искусственном подборе применительно к человеку: «не лучше ли их усиливать искусственным подбором родителей?» Он предлагает подчинить деторождение общественному контролю, при этом допускает брак «на основании склонности брачующихся». Еще не рожденному существу Циолковский приписывает права особого рода – не на жизнь как таковую, а на ее качество, «чтобы иметь возможно совершенное тело, ум и нравственные качества». В результате – «самое человечество преобразовывается до неузнаваемости».

Таким образом, тема телесности у Циолковского не сводится к отдельным фантастическим допущениям. Она встраивается в логику его утопического проекта, где идея монизма, техническая адаптация тела к новым условиям и программа переделки вида образуют единую последовательность. Человек в этой системе является переходной формой материи и разума, движущейся по «непрерывной лестнице» совершенствования.

Литература

1. Лыткин В.В. «Космическая философия» К.Э. Циолковского: от всеединства к «Монизму вселенной» // Гуманитарные ведомости ТГПУ им. Л.Н. Толстого. – 2016. – №1 (17). – С.18-32.
2. Паниотова Т. С. Утопия vs дистопия в творчестве К.Э. Циолковского // Научное наследие и развитие идей К.Э. Циолковского: Материалы 54-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского, Калуга, 17–19 сентября 2019 года. – Калуга: АКФ «Политоп», 2019. – С. 264-269.
3. Романенко М.А. Утопическая традиция в освоении будущего: творчество К.Э. Циолковского // К.Э. Циолковский и прогресс науки и техники в XXI веке : материалы 56-х научных чтений, Калуга, 21-23 сентября 2021 года. Часть 1. – Калуга: Эйдос, 2021. – С. 110-115.
4. Хорунжий А.В. «Идеальный строй» К.Э. Циолковского как стержень личности и зеркало эпохи // Открывая современность заново. – М.: РУДН, 2011. – С. 438-467.

5. Циолковский К.Э. «Вне Земли». Сборник научно-популярных и научно-фантастических работ. – М.: ООО «Луч», 2008. – 368 с.
6. Циолковский К.Э. Будущее Земли и человечества. URL: https://www.tsiolkovsky.org/wp-content/uploads/2021/07/13-tsiolkovsky-budushhee-zemli-i-chelovechestva.pdf?ysclid=msnq85nrx8738433407 (дата обращения 01.08.2026).
7. Циолковский К.Э. Идеальный строй жизни. URL: https://www.tsiolkovsky.org/wp-content/uploads/2019/09/Idealnyj-stroj-zhizni.pdf (дата обращения 01.08.2026).
8. Циолковский К.Э. Монизм Вселенной. URL: https://www.tsiolkovsky.org/wp-content/uploads/2021/09/67-tsiolkovsky-monizm-vselennoj.pdf?ysclid=msnsr9dmhw801240069 (дата обращения 01.08.2026).
9. Levitas R. Utopia as Method: The Imaginary Reconstitution of Society. – London: Palgrave Macmillan, 2013. – 268 p.

УДК: 93/94
eLIBRARY.RU: 03.23.00

Круглов В.Н.
Kruglov V.N.
доктор экономических наук
Институт управления, бизнеса
и технологий, г. Калуга

ЛИЧНОСТЬ ЦИОЛКОВСКОГО НА ФОНЕ СРЕЗА ЭПОХИ: ГЕНИАЛЬНЫЕ МЫСЛИ, ПРОЕКТЫ, ЗАБЛУЖДЕНИЯ

THE PERSONALITY OF TSIOLKOVSKY AGAINST THE BACKGROUND OF THE EPOCH: GENIUS IDEAS, PROJECTS, AND MISTAKES

Аннотация. Наследие К.Э. Циолковского обширно и многозначно. И, чем больше проходит времени, тем актуальнее становятся многие его гипотезы, высказывания и мысли. И это далеко не парадокс. Ибо сама личность ученого не принадлежит исключительно срезу его временного проживания. Для гения становится тесным не только время, но и пространство. Исходя из этого автор статьи поставил своей задачей взглянуть на отдельные аспекты исследований Константина Эдуардовича с точки зрения его предшественников, последователей и, во многом, – наших современников из самых различных творческих

отраслей. Материал, без сомнения, спорный. Но ведь в спорах рождается истина. Не так ли?

Ключевые слова: космизм, методология, прогнозирование, имплицированные факты, ресурсы, теория, эмпирика, искусственный интеллект, футуризм, социальная компонента.

Abstract. The legacy of Konstantin Tsiolkovsky is vast and multifaceted. As time passes, many of his hypotheses, statements, and thoughts become more relevant. This is not a paradox. The scientist's personality transcends the boundaries of his temporary residence. For a genius, time and space become limited. Based on this, the author of the article set out to look at certain reference points of Konstantin Eduardo ich's research from the perspective of his predecessors, followers, and, in many ways, contemporaries from various creative fields. The material is undoubtedly controversial. However, it is in the process of debate that truth is born. Inet it?

Keywords: cosmism, methodology, forecasting, implicit facts, resources, theory, empiricism, artificial intelligence, futurism, and the social component.

Есть хорошая поговорка о том, что «талантливый человек – талантлив во всем». В том числе, и в заблуждениях, которые у него тоже по-своему гениальны [1, с.187]. Это определение в полной мере можно отнести к жизни и творчеству Констатнина Эдуардовича Циолковского.

В свое время Карл Маркс дал достаточно четкое определение о том, что «любая политика является по-сути дела ничем иным, как концентрированных отражением экономики». Памятуя другую его аксиому, где говорится, что «окончательным критерием истинности любой гипотезы всегда будет практика», – мы в полной мере можем убедиться в абсолютной достоверности первого тезиса [2, с. 103]. Все конфликты и войны в этом мире связаны не с идеологическими противоречиями (хотя зачастую и рядятся в них), а с перераспределением существующих ресурсов, что в точности соответствует главному методологическому (преходящему) противоречию всех времен и народов, утверждающему об ограниченности ресурсов по сравнению с желаниями (проектами) человечества.

Если классифицировать в укрупненном масштабе, то именно решению данной проблемы были посвящены многочисленные философские, социальные и экономические труды Константина Эдуардовича (как и многих его современников и предшественников).

Великий ученый предполагал наличие неичислимого ресурсного потенциала во Вселенной, а также оптимизационное управление им на планете Земля [3, с. 451].

Естественно, что в то далекое время он не мог даже предположить об эффекте «смещения полюсов богатства», когда транснациональные компании, межгосударственные союзы и олигархические сообщества начинают аккумулировать в своих руках подавляющую часть добавленной стоимости в виде чистого дохода (в отдельных случаях до 80-85%), оставляя «все остальное» наемным работникам [4, с. 173]. К чему это приводит мы с вами видим сегодня. Разница только в заработных платах в таком городе, как Москва, составляет десятки раз, если же говорить о разниче в стоимости активов, то по их масштабам можно действительно «улететь в Космос» [5, с. 28].

Наш великий земляк эксплицировал во многом технологизированную матрицу на социальный уклад будущих столетий, исходя из «разумной теории потребления». Но, как видим, при капиталистическом укладе (тем более, глобалистическом его наполнении) такой подход явно «не работает». Созданное мировое «общество потребления» основано на чистогане наживы без учета каких-то ни было ограничений, способного «переварить» любые «неограниченные» ресурсы и сделать их «ограниченными».

Та же теория «золотого миллиарда» полностью перечеркивает проекты калужского ученого о равноправном, всесторонне развитом мировом сообществе планеты Земля [6, с. 64]. Ибо антагонистические противоречия социально-экономического профиля решить технологическими и политическими путями становится просто-напросто невозможно. Ведь во всех идеальных вариантах утопических иллюзий всегда присутствуют такие морально-нравственные императивы, как совесть, честь, эмпатия, достоинство, сострадание. К сожалению, в век глобализациип, цифровой экономики и искусственного интеллекта (ИИ) эти категории перестают играть свою роль и, как правило, атрофируются в общественном пространстве, чего также не мог учесть исследователь [7, с. 69].

Одну из своих системных работ по утопическому переустройству социально-экономического пространства страны Циолковский называет не как-нибудь иначе, а именно «проповедь» [16, с. 3]. Позитивизм здесь выступает как некая особая методология познания. Точками отсчета становятся: разумность Вселенной, Бытия, макро- и микромира [8, с. 37]. Но… «нет пророка в своем Отечестве». Хотя, весьма многие предшественники-мыслители Циолковского исходили

именно из данной ипостаси, – от А.С. Пушкина до Л.Н. Толстого. Как верно подметил первый из классиков:

Мы все глядим в Наполеоны;
Двуногих тварей миллионы
Для нас орудие одно.
(А.С. Пушкин «Евгений Онегин»)

Современники Константина Эдуардовича, не только в науке, а и в культуре, философии, литературе, поэзии шли теми же самыми путями. Они порой выдвигали прорывные теории и вместе с тем, обосновывая социальные аспекты развития будущего, были во многом наивны, как дети [9, с. 104]. Как, скажем, предвидение возможностей человеческих в «Мире электрона» Валерия Брюсова.

Быть может, эти электроны –
Миры, где пять материков,
Искусства, знанья, войны, троны
И память сорока веков!
Еще, быть может, каждый атом –
Вселенная, где сто планет;
Там все, что здесь, в объеме сжатом,
Но также то, чего здесь нет.

Или футуристское (с примесью имажинизма) «Мы желаем звездам тыкать» Велимира Хлебникова.

Мы желаем звездам тыкать,
Мы устали звездам выкать,
Мы узнали сладость рыкать.

Что это: экстраполяция примитивизма или примитивизм экстраполирования? Или, как говорил великий Гойя: «Сон разума порождает чудовищ?» А может, извечная попытка впередиидущих человечества выдавать желаемое за действительное? [10, с. 463]

Исходя из этих позиций, «город будущего» калужского мечтателя из утопии «Мы и дома» – это не версификация ли «Города Солнца» Томмазо Кампанелла с мечтой о справедливом и мудром общественном устройстве? Где есть действительно приемлемые абсолютно всеми общественные ценности. Где нет (и не может быть) настолько богатого человека, чтобы позволить себе купить другого, но также и нет человека настолько бедного, что готов продать себя за деньги другому [11, с. 192].

Будущее благосостояние общества Циолковский во многом связывал с технократическим аспектом: ростом научно-технического прогресса, качества жизни, демографического подъема. Приоритеты классовых, национальных, квази-элитных группировок у великого

ученого напрочь отсутствовали и в расчет не принимались. А ведь, как учит эмпирический опыт, именно они всегда становились определяющими при борьбе за перераспределение мировых ресурсов и, в конечном счете, мирового господства [12, с. 149].

Вместе с тем следует признать, что семантические модели космизма у мыслителей того времени (и предыдущих времен тоже) во многом схожи. Утопии многих веков – это своеобразный луч солнца на фоне зарождающегося и набирающего силу капитализма. А «угол падения (как известно) всегда равен углу отражения». Поэтому на социально-экономические и философские взгляды Циолковского, представляется, во многом повлияли не только «pro», но и «contra» тогдашнего времени [13, с. 189].

Ведь вместе с утопиями появляются и антиутопии, причем, зачастую с элементами сатиры. Скажем, тот же роман Евгения Замятина «Мы». Но, как говорится, «в любой шутке есть лишь доля шутки, а все остальное – неприкрытая правда». И фантазии тоталитарного режима будущего явно предвосхищают нынешние геобаллистические тенденции из разряда конспирологической направленности [14, с. 57]. Замятин уже тогда хорошо видел и прогнозировал доминанту технократических отношений над духовностью и сознанием. Не являясь сторонником «теории заговора» автор, тем не менее, блестяще показал целый ряд нюансов тупиковых путей прогресса. Воспринял ли Константин Эдуардович эти коррекционные посылы? Вполне может быть, исходя опять-таки из его непростого эмпирического опыта.

Сегодня – система ИИ в военном деле («блестяще» зарекомендовавшая себя при военных ударах по мирному населению Палестины, Ливана и Ирака и названная с предельной степенью цинизма «Евангелие»), – доказывает не столько «преимущества нейросетей, сколько их ограниченности. А в начале двадцатых годов прошлого века данный алгоритм не без успеха замещала система НКВД (с той же степенью отсутствия совести, справедливости, честности, но с огромным пиететом к существующему политическому заказу).

Действовал же данный механизм исключительно «во благо», чего стоил при этом один только из наиболее известных лозунгов системы: «Железной рукой загоним человечество к счастью». В чем и пришлось убедиться Константину Эдуардовичу в 1919 году. Приблизительно в то же самое время, когда Александр Вертинский со слезливым надрывом в голосе говорил задержавшему его офицеру контрразведки:

«Но вы же не можете мне запретить петь?» И слышал в ответ: «Не только петь, но и дышать можем разрешить только через раз» [15, с. 8].

Что ж, любые испытания на срезе эпохи всегда делают человека более социально зрелым и ответственным. Тем более, что приоритетными исследованиями К.Э. Циолковского всегда были и оставались те «караваны ракет», которые помогут людям сменить земную колыбель на вселенское здание научного знания и безграничных возможностей. А если при этом на параллельных курсах удавалось создать что-нибудь достаточно интересное и значимое – говорило только о том, что «действительно талантливый человек – всегда талантлив во всем». Как, скажем, говоря о клонировании гениальных людей с целью усовершенствования окружающего мира, Циолковский в полной мере прогнозирует будущее развитие генной инженерии.

Литература

1. Авдеева И. Л. Методология стратегического управления изменениями в контексте современных вызовов и возможностей экономики // Среднерусский вестник общественных наук. 2022. Т. 17. № 1. С. 186-200.
2. Ануфриев А.Е. Космогонические утопии Велимира Хлебникова (Цикл эссе «Кол из будущего») //Вестник Вятского государственного университета. 2012. С. 99-102.
3. Багян Г.А. Пути решения актуальных проблем государственного управления в Российской Федерации // Modern Science. 2020. № 5-1. С. 450-454.
4. Гужина Г.Н. Особенности проектного управления на предприятиях малого бизнеса // Среднерусский вестник общественных наук. 2022. Т. 17. № 6. С. 172-189.
5. Желнина Т.Н. 1919 год в жизни К.Э. Циолковского // XXXIII Научные чтения, посвященные разработке творческого наследия К.Э. Циолковского (Калуга, 15-18 сентября 1998 года). Тезисы докладов. М., ИИЕТ РАН, 1998. С. 20-216.
6. Желнина Т.Н. Актуальные проблемы археографии научного наследия К.Э. Циолковского (на основе трудов в области космонавтики) // К.Э. Циолковский и современность. Материалы XLV Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга. ИП Кошелев А.Б. (Изд-во «Эйдос»), 2010. С. 54-56.
7. Желнина Т.Н. Увековечение памяти и мировое признание научных заслуг К.Э. Циолковского (основные даты) // К.Э. Циолковский. Проблемы и будущее российской науки и техники. Материалы 52-х

Научных чтений памяти К.Э. Циолковского. Калуга, Изд-во АКФ «Политоп», 2017. С. 65-69.
8. Иванов О.Б., Бухвальд Е.М. Национальные проекты России: региональное измерение // ЭТАП. 2019. №1. С. 37-53
9. Круглов В.Н. Рост экономики региона: инновационный подход // Новая наука: стратегии и векторы развития: Международное научное периодическое издание по итогам Международной научно-практической конференции (Магнитогорск, 8 апреля 2017). Стерлитамак: АМИ, 2017. № 4-3-1. С.104-106.
10. Круглов В.Н., Тютин Д.В. Региональный опыт борьбы с бедностью: поиски и находки // Управленческий учет. №3. 2021. С. 462-471.
11. Круглов В.Н. Особенности проектного управления при создании эффективной территориальной инфраструктуры // Управленческий учет. № 3. 2026. С. 186-193.
12. Круглов В.Н. Пути совершенствования программно-целевого управления на муниципальном уровне // Управленческий учет. № 2. 2026. С. 249-256.
13. Круглов В.Н. Черты и особенности проектного менеджмента на современном этапе развития // Управленческий учет. № 6. 2024. С. 183-190.
14. Риск-менеджмент: учебное пособие / коллектив авторов; под общ. ред. В.Н. Круглова. М.: КНОРУС, 2022. 260 с.
15. Циолковский К.Э. Общественный строй. 1917 г. – июль 1918 г. // Архив РАН. Ф. 555. Оп. 1. Д. 387.
16. Циолковский К.Э. Монизм вселенной. (Конспект. Март 1925). Калуга, 1925. 32 с.

УДК 93/94
eLIBRARY.RU: 03.23.00

Желнина Т.Н.
Zhelnina T.N.
г. Калуга

ИСТОРИЯ АВТОБИОГРАФИЧЕСКИХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ К.Э ЦИОЛКОВСКОГО

THE HISTORY OF THE AUTOBIOGRAPHICAL WORKS OF K.E. TSIOLKOVSKY

Аннотация. Восстановлены обстоятельства и причины написания автобиографических произведений К.Э. Циолковского. Основные выводы: 1) девять автобиографий Циолковского следует рассматривать как результат единого, продолжавшегося в течение более тридцати лет, мемуаротворческого процесса, подчиненного главной цели автора – донести до читателей свое видение, свою оценку пройденного жизненного пути; 2) композиционно автобиографии Циолковского эволюционировали от короткого изложения основных автобиографических сведений до подробного жизнеописания; 3) будучи самостоятельными произведениями, написанными в разные годы, автобиографии неразрывно связаны между собой, фиксируя как повторяющиеся, так и уникальные сведения.

Ключевые слова: жизнь и деятельность К.Э. Циолковского, автобиографическая и мемуарная литература

Abstract. The circumstances and reasons behind the writing of K.E. Tsiolkovsky’s autobiographical works have been reconstructed. The history of their posthumous publications has been studied. The main conclusions are: 1) The nine autobiographies by Tsiolkovsky should be viewed as the result of a single memoir-writing process that lasted for more than thirty years and was subordinated to the author’s main goal — to convey to readers his vision and his assessment of the life journey he had travelled; 2) Compositionally, Tsiolkovsky’s autobiographies evolved from a brief presentation of the main autobiographical details to a detailed life story; 3) Although they are independent works written in different years, the autobiographies are inextricably linked to each other, recording both recurring and unique information.

Keywords: The life and work of K.E. Tsiolkovsky, autobiographical and memoir literature.

К.Э. Циолковский оставил девять автобиографических произведений, несущих на себе отпечаток личности автора и времени, в которое они создавались. В них - множество сведений из жизни и деятельности ученого, его личных свидетельств о тех или иных событиях, раздумий и впечатлений, в том числе, и не отразившихся в других документах. Ссылки на автобиографии Циолковского нередко встречаются в биографической литературе. Среди них нет не опубликованных хотя бы один раз и более или менее подробно не прокомментированных. Но используются они, в основном, с целью извлечь из них подходящую цитату или какой-то факт. Их написание как единый, хотя и прерывавшийся порой на годы, мемуаротворческий процесс не привлекает внимания исследователей. Единственная обобщающая работа, в которой частично освещался этот вопрос, была опубликована более сорока лет назад [1].

Предмет настоящей работы - детальное восстановление исторической обстановки, условий, обстоятельств, причин, личных мотивов написания Циолковским автобиографических произведений; история их текста по всем вариантам и редакциям. Источниковая основа - вся совокупность сохранившихся рукописей и прижизненных публикаций.

Поделиться в печати подробностями о себе, о жизни и трудах Циолковский решился не сразу. Когда в 1901 году к нему обратился петербургский литературовед А. И. Яцимирский с просьбой дать автобиографию для сборника «Галерея русских самородков», он ответил категорическим отказом, объяснив его так: «Я бы с удовольствием исполнил Ваше желание, если бы 1) я был твердо уверен, что я действительно самородок, 2) если бы мне не было совестно писать о самом себе и показывать свою физиономию публично, как нечто заслуживающее внимания, 3) и, наконец, если бы я не был занят» [2]. Действительно, во время летних каникул 1901 года Циолковский был слишком поглощен опытами по сопротивлению воздуха, чтобы отвлекаться на свое жизнеописание.

Только три года спустя – Циолковскому шел сорок седьмой год – он опубликовал более или менее подробные автобиографические сведения. К этому его подтолкнула ситуация, сложившаяся в 1902 году вокруг результатов его экспериментов по аэродинамике. Циолковский проводил их более одного года на средства, предоставленные Императорской Санкт-Петербургской Академией наук, проводил, будучи абсолютно уверенным в их важности и новизне. И, конечно, рассчитывал на положительную оценку их со стороны специалистов.

Однако академик М.А. Рыкачев, поддержавший в октябре 1899 года представленную Циолковским программу экспериментов и ходатайствовавший перед Академией об их финансировании, спустя три года отказался опубликовать отчет по их итогам в том виде, в каком его составил ученый, и попросил сопроводить каждый вывод данными, на основании которых он был сформулирован. Циолковский увидел в этой просьбе излишнюю придирчивость академика и недоверие к проведенным им исследованиям. Он счел нужным открыто объясниться с ученым миром, попытавшись осмыслить собственный путь в науке и отношение к нему профессиональных ученых, как к исследователю. Так было написано предисловие ко второму изданию работы «Простое учение о воздушном корабле и его построении». Издание вышло на средства автора отдельной брошюрой летом 1904 года [3]. Это предисловие - первое автобиографическое произведение Циолковского.

Следует отметить, что и позднее Циолковский чаще всего принимался писать автобиографию, когда сталкивался с отрицательной оценкой его научных работ или с непониманием обстоятельств его жизни. Вообще вопрос об отношении к его работам научного сообщества и широкой общественности всегда волновал Циолковского. Тем более что этот вопрос напрямую был связан с другим, не менее значимым для него вопросом, - о степени известности его исследований и о его приоритете в разработке тех или иных научных проблем.

Еще один аспект, представлявшийся Циолковскому важным для освещения в автобиографиях, – истоки и причины его научных занятий. После автобиографии 1904 года он касался вскользь этих сюжетов на страницах ряда опубликованных трудов - «Исследование мировых пространств реактивными приборами» (1911-1912), «Защита аэроната» (1911), «Первая модель чисто металлического аэроната из волнистого железа» (1913), «Исследование мировых пространств реактивными приборами. (Дополнение к первой и второй части труда того же названия)» (1914), «Вне Земли» (1920). В дальнейшем Циолковский часто ссылался на предисловия в брошюрах «Простое учение о воздушном корабле и его построении» и «Вне Земли», как на опубликованные источники автобиографических сведений.

Но рассказывать публично о своей жизни Циолковский долгое время решительно отказывался. Так, он писал 12.10.1919 членам Калужского общества изучения природы и местного края: «Свою биографию я не могу сейчас раскрыть и имею на то уважительные причины. Да и значение мое, как ученого или изобретателя, далеко не

установилось. Если судьба продолжит еще мою жизнь, то настанет время и для автобиографии. Если же нет, беда невелика: от людей, которых я не стою праха, ничего не осталось, кроме легенд, но от этого их значение не утратилось. Прежде всего и выше всего – мои незаконченные еще работы. Если еще мне суждено существовать, то все силы свои я должен употребить на то, что я считаю, может быть, по заблуждению безмерно важным для человечества и что я еще не высказал. Покамест я этого не сделаю, я буду страдать. В биографии же есть немножко и честолюбия, хотя и не это меня сейчас удерживает от ее составления» [4].

Любопытно, однако, что за три месяца до написания этих строк - в июле 1919 года - Циолковский вновь работал над автобиографией и вновь эта работа сопровождалась переживаниями по поводу непризнания его трудов научным сообществом, точнее по поводу того, что он не был переизбран в члены-соревнователи[4] Социалистической академии общественных наук. Циолковский был очень рад контактам с академией, продолжавшимся с 25.08.1918 до 01.07.1919, при материальной поддержке которой (ему ежемесячно высылалось жалованье в размере 300 рублей) он писал большой труд «Мысли о лучшем общественном устройстве». Неудивительно, что разрыв связей с академией ученый воспринял достаточно болезненно, явно усмотрев в нем нежелание представителей академической науки видеть в своих рядах самоучку. Понятно, почему лейтмотивом новой автобиографии стал ответ на вынесенный на обложку рукописи вопрос «Как дошел?». В течение трех дней – 14, 23 и 24 июля 1919 года - Циолковский пытался объяснить себе и воображаемым читателям почему он не получил образования и остался самоучкой и какое место в его жизни занимает научная деятельность. Окончательное название рукописи - «Фатум, судьба, рок» (первоначальный подзаголовок «Из автобиографии» был вычеркнут) [5]. Судя по пометкам «Длинно и слабо» и «Слабо» [5, л. 1а, 1], текст автору не нравился, и он не предполагал его публиковать. Об этом же свидетельствует и тот факт, что Циолковский не стал перебелять черновик текста автобиографии. Он был отложен, а вместе с ним и заметки «Хронология», написанные 29.07.1919, - перечень, видимо, наиболее ярко сохранившихся в памяти ученого событий, пережитых им в детские годы, каждое из которых он постарался хотя бы приблизительно датировать.

К хронологически упорядоченным воспоминаниям о своей жизни Циолковский вернулся только тринадцать лет спустя.

---

[4] Соревнователь - претендент в действительные члены.

Летом 1924 года, уступив просьбе редакции журнала «Техника и жизнь», Циолковский наконец написал короткую «Автобиографию», да еще в двух вариантах. Это произошло в период между 24.06.1924 и 01.07.1924, если основываться на дате письма редакции и на дате входящего номера, проставленного на экземпляре белового автографа текста «Автобиографии», который был прислан Циолковским. По неизвестным нам причинам «Автобиография» не была опубликована, и рукопись вернулась из редакции к автору [6]. Относительно происхождения второго варианта ясности нет. Можно предположить, что автограф «Автобиографии», побывавший в редакции журнала «Техника и жизнь», сначала был единственным источником текста и что перед отправкой Циолковский переписал его уже в двух экземплярах (под копирку), но переписал не дословно, а внося по ходу в содержание некоторые изменения [7].

Третий вариант «Автобиографии» 1924 года, озаглавленный «Автобиографические черты», был написан для Н. А. Рынина между 06.06.1926 и 11.06.1926 [8]. Эти крайние даты установлены на основании письма Рынина с просьбой прислать автобиографию и письма Циолковского с сообщением о ее отправке [9; 10]. До настоящего времени «Автобиографические черты» считались самостоятельным текстом и датировались 1927 годом. Однако эта авторская дата, вписанная Циолковским в единственный экземпляр первоначально недатированной машинописной копии, явно означала время перепечатки текста на машинке [8, л. 3].

Вообще Рынин обратил внимание Циолковского на желательность опубликования его автобиографии еще в феврале 1926 года: «Я думаю, что многим из Ваших читателей, а в том числе и мне, было бы весьма интересно и поучительно узнать, как Вы работаете и работали и условия (несомненно, тяжелые), в которых протекает Ваша работа. Было бы очень хорошо, если бы Вы могли написать свою автобиографию, изложив в ней историю своих работ по аэродинамике, авиации, аэростатике и пр. Я думаю, что эта книга, снабженная фотографиями, рисунками, получила бы широкое распространение, и Ваш пример неослабевающей энергии, несмотря на многие препятствия на пути, послужил бы на пользу подрастающего поколения» [11].

С мнением Рынина Циолковский в целом согласился, но дал понять, что по обыкновению слишком занят, чтобы отвлекаться на написание истории своей жизни: «Вы правы: моя автобиография не была бы бесполезна. Но жить осталось мало, а сказать нужно еще много. Интересы человечества всего важнее. Надо не только делать

хорошее, но и выбирать деятельность самую плодотворную. Притом моя биография очень скудная, если не считать непрерывной работы и стремления быть полезным. Что мы знаем о Христе, но это не мешает нам пожинать плоды его трудов» [12]. Однако в начале июня 1926 года, освободившись от забот, связанных с организованным Ассоциацией натуралистов-самоучек строительством в Москве на средства Авиахима СССР очередной модели оболочки его дирижабля, Циолковский исполнил желание Рынина прислать биографические сведения. Свою заинтересованность в них Николай Алексеевич объяснил тем, что писал «историю развития полетов» и хотел включить в этот труд биографию Циолковского [13].

Чуть позже и Я.И. Перельман сообщил о своем желании поместить в новом издании книги «Межпланетные путешествия» биографические сведения о Циолковском, а также предисловие ученого [14; 15]. Откликаясь на вторую просьбу Перельмана, Циолковский написал заметку «Из автобиографии» (другие названия «Автобиографические черты» и «Отзыв для Перельмана»), которая и была опубликована под заголовком «Предисловие К.Э. Циолковского» в шестом издании «Межпланетных путешествий» в 1929 году [16]. Что касается первой просьбы, то Циолковский, в принципе, наверное, мог бы послать Перельману «Автобиографические черты» 1926 года (написанные для Рынина), но 01.05.1928 он принялся за работу над новой автобиографией. Судя по ее заголовку «Из моей жизни», он собирался углубиться в подробные воспоминания о своем жизненном пути. Однако терпения явно не хватило и ученый оборвал написанное уже на первых страницах, отослав читателей к материалам, опубликованным в брошюрах «Простое учение о воздушном корабле и его построении» и «Вне Земли» [17]. Текст «Из моей жизни» Перельман опубликовал в 1932 году в книге «Циолковский. Его жизнь, изобретения и научные труды», дополнив его сведениями, почерпнутыми «из других источников» [18].

Весной 1928 года у Циолковского нашлись дела поважнее, чем размышления о пережитом и былом. Опять появилась надежда на продолжение работ по строительству моделей оболочки дирижабля системы Циолковского. К их организации подключилось Научно-техническое управление ВСНХ СССР, выделившее на их проведение 14375 рублей. И еще Циолковский очень переживал по поводу того, что специалисты обошли вниманием давшееся ему с огромным трудом исследование по проблеме происхождения Солнечной системы, в ходе которого он предпринял расчет процесса образования планетной системы, что позволило, как ему казалось, пересмотреть возраст

планет и Солнца. В конце концов он принялся за написание аннотации своих астрономических сочинений и ее распространение среди корреспондентов. Не оставлял ученый и занятий другими научными и мировоззренческими вопросами. Ну а с 1929 года он с головой ушел в исследования в области реактивной авиации. В общем в течение нескольких лет Циолковскому опять было не до автобиографии.

Зато в 1932 году он написал сразу три автобиографических произведения, - откликаясь на просьбы и, в не меньшей степени, повинуясь собственной внутренней потребности оживить в памяти пережитое. В тот год страна широко отмечала 75-летие со дня рождения Циолковского. Резко увеличилось число материалов в прессе, посвященных жизни и деятельности калужского «ученого-самоучки», стремительно возрос интерес общественности к его личности, происхождению, образованию, условиям жизни, взаимоотношениям с научным миром, особенностям пути в науке. В автобиографиях 1932 года Циолковский, так или иначе, касался большинства этих вопросов, в том числе отталкиваясь от того, что писали о нем другие авторы. Две из них - «Краткая автобиография» (12.05.1932) [19] и «Черты из автобиографии» (19.09.1932) [20] - были по-прежнему короткими и носили скорее обзорный характер. Третье произведение «Моя жизнь. (Черты из автобиографии)» (14.10.1932) отличалось от предыдущих наличием достаточно подробных воспоминаний о детстве, а также приложения «Знаменательные моменты жизни», в котором перечислялись основные творческие достижения Циолковского с 1891 по 1932 годы [21]. Именно это произведение легло в основу последней наиболее полной и содержательной автобиографии Циолковского. Изучение ее довольно сложной и запутанной творческой истории показало, что Циолковским было создано две редакции текста – первая была названа «Моя жизнь», вторая - «Черты из моей жизни».

С большой долей вероятности можно предположить, что к работе над первой редакцией под названием «Моя жизнь» Циолковский приступил 07.-09.11.1932. Основанием для такого предположения являются надписи на двух обложках, в которых хранились рукописи [22]. К тому времени накопилось внушительное количество публикаций о жизни и деятельности Циолковского. Ученый воспринимал их достаточно критически, находил в них ошибки, пробелы, пристрастное отношение к себе[5] и все больше проникался пониманием того, что необходимо дополнить биографическую

[5] Хотя и признавался: «О себе я читать ничего не хочу и не охотник» [23].

литературу собственным жизнеописанием и объяснить наконец читателям, почему он не занимался наукой профессионально, жил вдали от научных центров, совмещал научную деятельность с работой учителем в начальных и средних учебных заведениях и отказался от научной специализации, увлекаясь изучением самых разных проблем естествознания и техники.

Автобиография «Моя жизнь» объемом пятьдесят семь машинописных страниц (это в три раза больше, чем самая «подробная» из написанных ранее автобиографий) была закончена, по-видимому, незадолго до конца зимы 1932-1933 года. Наиболее раннее упоминание о ней содержится в письме Циолковского В.В. Рюмину 03.03.1933: «Вы как-то просили сведения о моей жизни. Сейчас я Вам могу послать мою автобиографию 50 листов машинописи. Предупреждаю, что ею пользуются Перельман и литератор Бобров» [24]. Известно, что кроме названных лиц экземпляры машинописи «Моей жизни» получили С.И. Самойлович и Н.Д. Моисеев. Известно также, что Циолковский сразу же попытался опубликовать эту автобиографию – через А.М. Горького, - хотя и не верил в успех[6]. Предчувствие не обмануло ученого. Скорее всего экземпляр машинописной копии «Моя жизнь» до А.М. Горького не дошел – писатель в то время находился в Сорренто. Во всяком случае в его архиве этой рукописи Циолковского не обнаружено. Так что надежда Циолковского на посредничество Горького в издании автобиографии «Моя жизнь» не оправдалась.

Не удалась и вторая попытка Циолковского увидеть ее напечатанной. В конце марта 1933 года он вел переговоры с редакцией журнала «Наши достижения» и после того, как та проявила интерес к его автобиографии, отправил экземпляр машинописи в сопровождении письма, черновик которого сохранился: «Моя автобиография может показаться очень странной для большинства. Но ведь это биография калеки, лишившегося нормальных сношений с людьми вследствие глухоты от десятилетнего возраста. Биография слепых, глухонемых и разных других уродов была бы еще странней и непонятней. Надо с этим мириться и не требовать того, чего можно ждать от людей здоровых. Изменяйте и исправляйте, как хотите» [25]. Однако через два с половиной месяца машинопись была выслана ученому обратно со словами: «"Автобиографию" по Вашей просьбе возвращаем. Ее действительно нельзя использовать на страницах журнала, - и по

[6] «Автобиография (моя) послана Горькому, но едва ли будет принята в журнал» [23].

размерам, и по содержанию эта рукопись не для "Н‹аших› д‹остижений›". Кстати, почему послереволюционный период Вашей жизни и изложение основных проблем, какие Вас волновали в жизни, освещены так скудно? Ведь это для читателя – наиболее интересное в рукописи» [26].

Тем временем 05.03.1933 к Циолковскому обратился помощник редактора отдела техники Государственного словарно-энциклопедического издательства «Советская энциклопедия»: «Считая необходимым поместить Вашу биографию в Большой Советской энциклопедии, просим не отказать выслать нам Вашу краткую биографию» [27]. Из обширной биографической литературы Циолковский выбрал очерк С. В. Безсонова, который сопроводил двумя своими брошюрами «Изданные труды К. Э. Циолковского» и «Отклики литературные», а также специально написанной короткой (пять машинописных страниц) автобиографией, озаглавленной «Ответ на отношение Г<о>с<ударственного> издат<ельства> от 5 марта 1933 г.» [28][7]. Она могла бы стать последним автобиографическим произведением Циолковского, если бы не его решение в декабре 1934 года вернуться к работе над рукописью «Моя жизнь».

На этот раз окунуться в размышления о своей жизни и пути в науке его побудило несогласие с некоторыми рассуждениями профессора Н.Д. Моисеева, автора биографического очерка о Циолковском, которым открылась первая (из двух) книга избранных трудов ученого, выпущенных Госмашметиздатом по случаю его 75-летия [30]. Любопытно, что Моисеев при написании очерка пользовался текстом автобиографии Циолковского «Моя жизнь» - цитировал его и даже придерживался его композиции. Он проследил становление молодого исследователя, формирование его научного метода и развитие как ученого. Выводы, которые Моисеев сделал из его же – Циолковского – признаний, не оставили героя биографического очерка равнодушным. Моисеев счел самообразование Циолковского-юноши бессистемным, знания, приобретенные им только по учебникам «среднего качества», а не по специальной литературе, элементарными, обобщения и теории его весьма упрощенными и снабженными «хотя и объемистыми и пространными, но в высшей степени элементарными расчетами». К тому же в представлении Моисеева Циолковский был принципиальным одиночкой, индивидуалистом, сторонившимся общества коллег и не испытывавшим необходимости ни в

[7] Эти материалы были использованы И. А. Меркуловым при написании статьи «Циолковский» [29].

сотрудничестве с ними, ни в учениках [30, с. 10, 17, 19, 26]. А главным, пожалуй, ударом для Циолковского было то, что за многочисленными направлениями его научных занятий и духовных поисков Моисеев увидел известную разбросанность и счел ее признаком дилетантства: «Сознаемся в том, что он не является ни настоящим философом, ни астрономом, ни физиком, ни биологом. Выступления его на этих фронтах внутренне мотивированы и оправданы все теми же великолепными техническими проектами» [30, с. 35].

Реакция Циолковского: «В биографии профессора Моисеева я себя не узнал» [31] и «Моя автобиография не может быть понята здоровыми по очень простой причине: сытый голодного не разумеет» [32, л. 7об.]. Откликом ученого на оценку его научной деятельности, данную Моисеевым («профессорскую (классовую)», по его словам), стали написанный 01.12.1934 набросок «Почему из меня не вышел деятельный революционер» [33] и последовавшая за ним две недели спустя заметка «По поводу моей биографии, приложенной к первому тому моих трудов («Цельнометаллический дирижабль») и написанной почтенным профессором Моисеевым» [34] (см. также [35]). Циолковский очень рассчитывал, что удастся ее «припечатать к 1-му тому» [35, л. 3]. Когда стало ясно, что это невозможно сделать, не затягивая на продолжительное время выход издания в свет, ученый обратился к заведующему издательством с предложением: «<…> Исправить биографию нельзя – так много в ней ошибок, недоговорок и искажений. Примечание тов<арища> Латынина[8] заглаживает отчасти увлечение профессора. Поэтому я прошу оставить все, как есть и не задерживать выход нужной книги, тем более, что напраслина и для меня полезна. Не лучше ли издать мою автобиографию с некоторыми

[8] Имелось в виду послесловие Е. В. Латынина к очерку Н. Д. Моисеева, основным посылом которого было: не Циолковский отвернулся от научного сообщества, а мир царской науки не принял его работы, «необычным языком говорящие о необычных и новых вещах». Латынин писал: «Суд современников, дающих оценку великому человеку, исключительно трудная вещь. Поэтому немудрено, что в очерке биографии К. Циолковского, составленном проф. Моисеевым, есть ряд догадок, подчас необоснованных, и ряд спорных мест. Распространенное мнение, что Циолковский всю жизнь являлся принципиальным одиночкой не является бесспорным. <…> По нашему мнению, корни этого одиночества лежат в том непонимании и враждебно-насмешливом отношении, которое проявила техническая интеллигенция царской России к идеям Циолковского, идеям, вносящим революцию в технику передвижения» [36].

изменениями, прибавлением и предисловием, вроде приложенного тут[9]. <…> Публика, я думаю, и не обратит внимания на недостатки "опыта" доброго Моисеева» [37].

Предложение было принято 28.12.1934 с оговоркой: «По вопросу об издании Вашей автобиографии мы можем говорить лишь в 1935 г. – сейчас по авиационной редакции такой возможности, к сожалению, нет» [38].

Известны еще, по крайней мере, две попытки Циолковского опубликовать последнюю автобиографию, предпринятые в декабре 1934 года. Так, 19.12.1934 он, видимо, не без подсказки Я. И. Перельмана, обращался в Ленинградское областное издательство: «Не можете ли издать мою автобиографию – особо или в одном из Ваших журналов. Около 70 страниц машинописи. Есть фото: мои, моих родителей, некоторых детей и братьев. Прилагаю предисловие к автобиографии <набросок «Почему из меня не вышел деятельный революционер» - Т. Ж.>. Награжденный орденом Красного Трудового Знамени, остаюсь с приветом Циолковский. Ответ нужен категорический. Материальные условия не важны» [39].

Сохранился также набросок еще одного письма аналогичного содержания, но, к сожалению, без указания адресата: «РВС, Отдел военных изобретений, прислал мне два тома моих трудов. В первом томе помещена моя биография, написанная профессором Моисеевым. Он основывался на сомнительных данных, и потому вышло много ошибок и односторонняя окраска с высоты профессорского величия. Не можете ли для устранения этой односторонности и неосведомленности помочь мне издать давно мною написанную автобиографию» [40].

Совершенно очевидно, что во всех письмах речь шла об автобиографии «Моя жизнь» (1932-1933), но, ее текст уже, явно, не удовлетворял Циолковского. И он без промедления, думается, еще в декабре 1934 года принялся за его переработку.

За основу был взят один из экземпляров машинописной копии «Моя жизнь», на котором была проведена большая правка. Она включила вычерки (изъяты некоторые эпизоды личного характера) и многочисленные вставки, которые делались на тексте машинописи, а также писались на отдельных листах. Одна из самых больших вставок – биографическая справка о С. Наливайко, с которым, по словам Циолковского, его предки состояли в родстве, - была сделана в главу

[9] Имелся в виду набросок «Почему из меня не вышел деятельный революционер».

«Наследственность». Также с 1932 года до 1935 года был продолжен перечень Знаменательные моменты моей жизни». Текст пополнился предисловием (им стал набросок «Почему из меня не вышел деятельный революционер») и получил новый заголовок «Черты из моей жизни».

Так внесенные в текст «Моя жизнь» изменения дали его вторую редакцию «Черты из моей жизни». Здесь важно подчеркнуть, что «Моя жизнь» и «Черты из моей жизни» соотносятся именно как редакции текста одного произведения, а не являются самостоятельными произведениями, поскольку налицо совершенно логическое развитие текста с целью уточнить и дополнить отдельные места, но не менять его смысл. Важно также отметить, что ранним источником текста второй редакции стал черновой автограф, который сложился из правленной машинописи «Моя жизнь» и написанных карандашом отдельных вставок [41]. Как обычно в таких случаях, Циолковский отдал черновик в перепечатку, заказав, тоже по обыкновению, пять экземпляров машинописной копии. И продолжил поиски возможности издать последнюю автобиографию. Он был готов согласиться на любые редакторские изменения ее текста – исправления и сокращения. Его вполне устроил вариант, предложенный Ю.М. Курочкиным, заведующим научно-техническим отделом свердловского журнала «Техника - смене» - органа «уральских юнтехов», который в пять раз сократил текст «Черты из моей жизни» и опубликовал это «извлечение» под названием «Черты моей жизни» [42].

Циолковский торопился. В феврале 1935 года дремавшая в нем болезнь – рак желудка - заявила о себе в полную силу. Ученый сосредоточился на трех последних главных делах своей жизни – он стремился дописать главы о реактивных двигателях сочинения «Основы построения газовых машин, моторов и летательных приборов», закончить составление сборника «Космическая философия» и издать автобиографию. Не дожидаясь ответа из Ленинградского областного издательства и рассмотрения вопроса о судьбе его автобиографии в ОНТИ НТКП СССР, не особенно, видимо, рассчитывая на обещание В. А. Сытина, заместителя председателя Комитета по изучению стратосферы при Осоавихиме СССР[10], он решил обратиться в редакции журналов и подготовил письмо: «<…>

[10] «<...> Вашу автобиографию получил, прочитал сейчас же и нахожусь в полном восторге! Это замечательная автобиография! Приму все меры, чтобы издать ее в самый короткий срок – в два-три месяца, а, может быть, и скорее» [43].

Журнал "Техника смене" (Свердловск) просил меня написать для него краткую мою биографию. У меня была готовая машинопись в 60 страниц. Я предложил журналу выбрать из нее подходящий материал. Он извлек из машинописи 12 страниц, прислал копию с извлечения и возвратил мою полную автобиографию. Не пожелаете ли Вы сделать то же для Ваших читателей (сообразно их возрасту). Там найдете и детское, и юное, и мужественное. Тогда сообщите, и я вышлю Вам свою автобиографию для выбора желаемого материала. Копию с выбора и подлинник необходимо возвратить. С товар<ищеским> приветом К. Циолковский» [44].

Успел ли Циолковский разослать по многим адресам это письмо – неизвестно. По крайней мере возможность опубликования автобиографии «Черты из моей жизни» он обсуждал с редакцией журнала «В бой за технику» и 25.03.1935 даже послал туда ее текст [45], который, однако, так и не появился в печати. А 28.05.1935 пришло долгожданное письмо из Леноблгиза: «<...> Приносим извинение за задержку ответа, которая была вызвана выяснением возможности печатать предложенную Вами рукопись (автобиографию) в нашем издательстве. Планом Ленинградского областного издательства на 1935 г. предусмотрено печатание исключительно массово-политической и сельскохозяйственной (областной) книги, и мы, к сожалению, в данное время не имеем возможности внести изменения в тематику плана издательства на 1935 г.» [46].

Циолковскому оставалось жить сто шестнадцать дней. История издания последней автобиографии ученого началась после его кончины.

Основные выводы: 1) девять автобиографий Циолковского следует рассматривать как результат единого, продолжавшегося в течение более тридцати лет, мемуаротворческого процесса, подчиненного главной цели автора – донести до читателей свое видение, свою оценку пройденного жизненного пути; 2) композиционно автобиографии Циолковского эволюционировали от короткого изложения основных автобиографических сведений до подробного жизнеописания; 3) будучи самостоятельными произведениями, написанными в разные годы, автобиографии неразрывно связаны между собой, фиксируя как повторяющиеся, так и уникальные сведения.

Литература

1. Желнина Т.Н. Автобиографические заметки К.Э. Циолковского как источник для изучения жизни и деятельности ученого // Из истории авиации и космонавтики. Вып. 49. М., 1984. С. 61-93.

2. Циолковский К.Э. Яцимирскому А.И. 24.07.1901 // Институт русской литературы (Пушкинский дом) РАН. Рукописный отдел. Ф. 193. № 429.
3. Циолковский К.Э. Простое учение о воздушном корабле и его построении. 2-е издание, исправленное и дополненное, с краткой историей трудов автора. Калуга, изд. автора, 1904. С. III-XV.
4. АРАН. Ф. 555. Оп. 3. Д. 116. Л. 1-2.
5. Циолковский К.Э. Фатум, судьба, рок. 14, 23, 24, 29.07.1919 // АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 1. Л. 1а, 1-6.
6. АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 2. Л. 1-2об.
7. АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 2. Л. 3-4об
8. АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 3. Л. 1-2об.; 3-5
9. Рынин Н.А. Циолковскому К.Э. 06.06.1926 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 548. Л. 4-4об.
10. Циолковский К.Э. Рынину Н.А. 11.06.1926 // Рынин Н.А. К.Э. Циолковский. Его биография, работы и ракеты. Л., 1931. С. 8.
11. Рынин Н. А. Циолковскому К. Э. 14.02.1926 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 548. Л. 3-3об.
12. Циолковский К.Э. Рынину Н.А. <23.02.1926> // РГВИА. Ф. 236. Оп. 1. Д. 1. Л. 7об. - АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 17. Л. 12.
13. Рынин Н. А. Циолковскому К. Э. 06.06.1926 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 548. Л. 4-4об.
14. Перельман Я. И. Циолковскому К. Э. 04.04.1928 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 482. Л. 45-46об., 47. Здесь л. 46об.
15. Перельман Я. И. Циолковскому К. Э. 28.04.1928 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 482. Л. 48-49.
16. Перельман Я. И. Межпланетные путешествия. 6-е изд. Л., Прибой, 1929. С. 6.
17. Из моей жизни. 01.05.1928 // АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 4. Л. 1-3; 4-6; 7-9; 10-11об.
18. Перельман Я. И. Циолковский. Его жизнь, изобретения и научные труды. М.-Л., 1932. С. 9-14.
19. Краткая автобиография. 12.05.1932 // АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 6. Л. 1-4а; 5-6об.
20. Черты из автобиографии. 19.09.1932 // АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 7. Л. 1-4; 5-12.
21. Моя жизнь. (Черты из автобиографии). 14.10.1932 // АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 8. Л. 1-11; 12-22.
22. АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 13. Л. 76об.
23. Циолковский К. Э. Рюмину В.В. 10.04.1933 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 21. Л. 24.

24. Циолковский К.Э. Рюмину В.В. 03.03.1933 // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 21. Л. 23.
25. Циолковский К.Э. редакции журнала «Наши достижения». <Не р. 29.03.1933-не п. 17.06.1933> // АРАН. Ф. 555. Оп. 3. Д. 174. Л. 1об.
26. Редакция журнала «Наши достижения» Циолковскому К.Э. 17.06.1933 // АРАН. Ф. 555. Оп. 3. Д. 174. Л. 1, 2.
27. Помощник редактора отдела техники Государственного словарно-энциклопедического издательства «Советская энциклопедия» Циолковскому К. Э. 05.03.1933 // АРАН. Ф. 555. Оп. 3. Д. 147. Л. 1.
28. Ответ на отношение Г<о>с<ударственного словарно-энциклопедического> издат<ельства "Советская энциклопедия"> от 5 марта 1933 г. <Не р. 05.03.1933> // АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 10. Л. 1-5.
29. Большая советская энциклопедия. Т. 60. М., ОГИЗ РСФСР, 1934. С. 734-737
30. Моисеев Н.Д. К.Э. Циолковский (опыт биографической характеристики) // Избранные труды К.Э. Циолковского. Кн. I «Цельнометаллический дирижабль». М., Госмашметиздат, 1934. С. 7-35.
31. АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 17. Л. 2.
32. АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 16. Л. 7-7 об.
33. АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 12. Л. 1-1об.; 2-2об.
34. По поводу моей биографии, приложенной к первому тому моих трудов ("Цельнометаллический дирижабль") и написанной почтенным профессором Моисеевым. 15.12.1934 // Оп. 4. Д. 13. Л. 7-7об.
35. Циолковский К.Э. Латынину Е.В. 12.12.1934 // Оп. 4. Д. 15. Л. 1-2об.; 3-3об.
36. Избранные труды К.Э. Циолковского. Кн. 1. Цельнометаллический дирижабль. М., Госмашметиздат ОНТИ НКТП СССР, 1934. С. 35-36.
37. Циолковский К.Э. Коссаковскому З.М. <Не п. 21.12.1934> // АРАН. Ф. 555. Оп. 4. Д. 13. Л. 3-3об.
38. Латынин Е.В. Циолковскому К.Э. 28.12.1934 // АРАН. Ф. 555. Оп. 3. Д. 154. Л. 1.
39. Циолковский К.Э. в Ленинградское областное издательство. 19.12.1934 // АРАН. Ф. 555. Оп. 3. Д. 153. Л. 1-1об.
40. АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 17. Л. 1-1об.
41. АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 13. Л. 2-65; 174.
42. Техника смене (Свердловск). 1935. № 2. С. 9-12. № 3. С. 6-8. № 4. С. 6-9.
43. Сытин В.А. Циолковскому К.Э. 05.02.1935 // АРАН. Ф. 555. Оп. 3. Д. 152. Л. 8-8об.

44. Циолковский К.Э. Проект письма в редакции журналов. 3-й вар. 28.02.1935 // АРАН. Ф. 555. Оп. 2. Д. 16. Л. 3-3об.
45. Цыпин, зав. редакцией журнала «В бой за технику», Циолковскому К.Э. 22.03.1935 // Оп. 3. Д. 160. Л. 15. Пометка Циолковского об отправке автобиографии: л. 16.
46. Рапопорт, секретарь книжного сектора Ленинградского областного издательства Циолковскому К.Э. 28.05.1935 // АРАН. Ф. 555. Оп. 3. Д. 153. Л. 2.

УДК 629.783
eLIBRARY.RU: 89.01.00+89.29.00

Дружинин Ю.О.
Druzhinin Yu.O.
кандидат технических наук
Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН
г. Москва

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПЕРВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

K.E. TSIOLKOVSKY AND THE FIRST IDEAS ABOUT THE IMPLEMENTATION OF SPACE COMMUNICATIONS

Аннотация. Организация связи с космическим кораблем не стала предметом детального изучения К.Э. Циолковским. Только в научно-фантастической повести «Вне Земли» (1920) он описал оптический телеграф, а также импровизированный оптический прибор (по типу гелиографа), отражающий солнечные лучи. В этом времени, однако, уже рассматривался вопрос распространения радиоволн в космическом пространстве, и ставились первые опыты радиоастрономии. Отказ К.Э. Циолковского от использования радиосвязи объясняется, вероятно, несовершенством современных ему радиотехнических средств и неясностью с прохождением радиоволн через атмосферу Земли.

Ключевые слова: космическая связь, радиоастрономия, ионосфера, оптические приборы.

Abstract. K.E. Tsiolkovsky did not study the organization of communications with a spacecraft in detail. Only in his science fiction

novella “Beyond the Earth” (1920) did he describe an optical telegraph, as well as an improvised optical device (similar to a heliograph) that reflected sunlight. At the time, however, the propagation of radio waves in outer space was already being considered, and the first experiments in radio astronomy were being conducted. K.E. Tsiolkovsky’s rejection of radio communication is likely explained by the imperfections of contemporary radio technology and the uncertainty surrounding the propagation of radio waves through the Earth’s atmosphere.

Keywords: space communications, radio astronomy, ionosphere, optical instruments.

Впервые К.Э. Циолковский высказался об организации космической связи с помощью оптических сигналов в заметке, помещенной в «Калужском вестнике» [1].

Примерно в это же время К.Э. Циолковский начал писать научно-фантастическую повесть «Вне Земли», которую после длительного перерыва закончил в 1917 году и опубликовал с сокращениями в 1918 г. в журнале «Природа и люди» и полностью отдельной брошюрой в 1920 г. В повести экипаж ракеты, находясь на околоземной орбите, сначала телеграфировал на Землю азбукой Морзе, включая и выключая мощную дуговую лампу. Затем для экономии энергии был сделан гелиограф с плоским зеркалом площадью в 1 м^2. С расстояния в 1000 км его сигнал наблюдался с Земли как блестящая планета диаметром в 0,7’. Передача велась дважды за период обращения ракеты вокруг Земли (100 минут) перед закатом и после восхода Солнца.

В романе Жоржа Ле Фора и Анри де Граффиньи «Необыкновенные приключения русского ученого» (1889) для межпланетной связи использовался фотоэлектрический телефон.

После того, как в 1888 г. Г. Герц экспериментально доказал существование свободных электромагнитных волн, возник вопрос о возможности излучения их небесными телами. Открылась также возможность использовать их для космической связи.

В 1890 г. Т. Эдисон регистрировал странные шумы в телефонной трубке, присоединенной к очень длинной линии. Корреляция этих шумов с солнечными вспышками привела К. Фламмариона к мысли «о возможности слышать все то, что совершается на Солнце; а раз это будет достигнуто, то можно будет слышать и то, что происходит на ближайших к нам планетах… Таким образом может в будущем возникнуть телефонное сообщение, например, между Землею и Марсом…» [3, № 46, с. 470].

А.Г. Столетов в речи «Эфир и электричество», прочитанной 2 января 1890 г. на втором общем собрании VIII съезда русских естествоиспытателей и врачей, произнес: «Нет ли в спектре солнца лучей с большой длиной волны, вроде Гертцовых лучей? Весьма возможно, что есть, что солнце шлет к нам лучи, лежащие далеко за пределом инфракрасного спектра, не производящие заметного нагревания, но способные действовать электромагнитно» [4, с. 11].

Первые попытки обнаружить радиоизлучение Солнца О. Лоджа (1894), И. Вилсинга и Ю. Шейнера (1896), Ф.Я. Капустина (во время солнечного затмения 28 июля / 9 августа 1896 г.) и Ш. Нордмана (1902), были безуспешны [5, 6].

В 1899 г. Н. Тесла сообщил о приеме им сигнал с Марса, и радиоаппаратура тотчас появилась в романах Г. Уэллса «Первые люди на Луне» (1900) и Е. Жулавского «На серебряной планете» (1903).

В 1902 г. А.Е. Кеннели и О. Хевисайд, опираясь на опыты Г. Маркони, предсказали существование электропроводящих верхних слоев земной атмосферы (ионосферу), отражающих радиоволны. В 1926 г. существование ионосферы было доказано экспериментально. Так что Г. Оберт вновь обратился к оптической связи [7, с. 504].

Только в 1932 г. К. Янски [5, с. 20-22] обнаружил на волне 14,6 м радиоизлучение из центра Галактики. Хотя его работа не привлекла тогда внимание астрономов, она не только положила начало радиоастрономии, но и показала возможность внеземной радиосвязи.

Таким образом, можно предположить, что К.Э. Циолковский применил оптическую сигнализацию не только из-за несовершенства радиоаппаратуры его времени, но и в связи с отсутствием ясности с прохождением радиоволн из космоса в атмосферу Земли.

Литература

1. Циолковский К.Э. Может ли когда-нибудь Земля заявить жителям других планет о существовании на ней разумных существ // Калужский вестник. 26 ноября 1896. № 68.

2. Циолковский К.Э. Вне Земли // Вне Земли. Сб. научно-популярных и научно-фантастических работ. – М.: ООО «Луч», 2008. С. 98–238.

3. Лякиде А. Сообщение между небесными мирами // Природа и люди. 1892. № 45. С. 720, 722; № 46. – С. 738–740.

4. Столетов А.Г. Эфир и электричество // Дневник VIII-го Съезда русских естествоиспытателей и врачей. № 6. 3 января 1890 г. [СПб, 1890]. Прибавление. С. 1–12.

5. Кайдановский Н.Л. У истоков радиоастрономии // Историко-астрономические исследования. Вып. XVIII. М.: Наука, 1986. С. 17–40.

6. Электромагнитная радиация солнца // Метеорологический вестник. 1897. № 4. С. 182–184.
7. Оберт Г. Ракета в космическое пространство // Пионеры ракетной техники. Избранные труды (1891-1938). М.: Наука, 1976. С. 424–510.

УДК 94(47)+94(100):316.77
eLIBRARY.RU: 03.23.55

Моругова А.Д.
Morugova A.D.
магистр кафедры всеобщей истории
РУДН
г. Москва

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ОПЫТЫ ПО ВЫРАБОТКЕ ОБЩЕЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ЯЗЫКА В XX-XXI ВВ.

K.E. TSIOLKOVSKY AND EXPERIMENTS IN THE DEVELOPMENT OF A COMMON HUMAN LANGUAGE IN THE XIX-XXI CENTURIES

Аннотация. Статья посвящена анализу работы К.Э. Циолковского «Общечеловеческая азбука, правописание и язык» (1927) в контексте его социально-утопического проекта «Идеального строя жизни» и в рамках языкового творчества XIX–XXI вв. Рассмотрена предложенная Циолковским концепция единой общечеловеческой азбуки на основе латиницы и кириллицы как условие для естественного формирования общего языка будущего. Работа сравнивается с успешными проектами международных вспомогательных языков - эсперанто и межславянским, - а также соотносится с утопической традицией конструирования идеального общества. Делается вывод о том, что идеи Циолковского по унификации общечеловеческой коммуникации остаются актуальными и созвучными современной лингвистической практике.

Ключевые слова: К.Э. Циолковский, общечеловеческий язык; искусственные языки; международные вспомогательные языки; эсперанто; межславянский язык; социальная утопия; конструирование языков.

Abstract. The article is devoted to the analysis of the work of K.E. Tsiolkovsky “The universal human alphabet, spelling and language” (1927) in the context of his social-utopian project “The Ideal Order of Life”

and within the framework of linguistic creativity of the 19th–21st centuries. The concept of a single universal alphabet based on the Latin and Cyrillic alphabet as a condition for the natural formation of a common language of the future, proposed by Tsiolkovsky, is considered. The work is compared with successful projects of international auxiliary languages - Esperanto and Inter-Slavic - and also relates to the utopian tradition of constructing an ideal society. It is concluded that Tsiolkovsky's ideas on the unification of universal human communication remain relevant and consonant with modern linguistic practice.

Keywords: K.E. Tsiolkovsky, universal language; artificial languages; international auxiliary languages; Esperanto; interslavic language; social utopia; construction of languages.

Исследование научного наследия любого выдающегося ученого подразумевает, кроме изучения конкретных деталей каждой из его идей, их изучение в контексте как всего его творчества, так и в контексте той эпохи, в которой проходили его становление и научная деятельность. Данная статья посвящена анализу работы К.Э. Циолковского «Общечеловеческая азбука, правописание и язык», опубликованной в 1927 г. [1]. Соответственно, задачи исследования можно сформулировать так: рассмотреть содержание указанной работы, определить ее место в научном наследии Циолковского, а также в контексте языкового творчества современников и потомков ученого.

Человечество с давних пор и по сей день активно создает различные искусственные языки. Если не считать языки программирования, то только с XII в. было создано минимум 79 языков, из них 70 - за последние 200 лет. Здесь и языки международного общения (сольресоль, волапюк, универсаль, интерлингва и др.), и языки для подтверждения философских и лингвистических концепций (логлан, ложбан, ифкуиль и др.), для общения с внеземными цивилизациями (линкос), для вымышленных миров в литературе и кинематографе (квенья, на'ви, дотракийский и др.).

Попытки создания общечеловеческого языка в XIX–XXI вв. были связаны с разными факторами: как с внешнеполитическими потрясениями (революционные события 1848–1849 гг., Первая мировая война 1914–1918 гг. и др.), так и с внутриполитическими (образование национальных государств, развитие общественной мысли среди малых и титулованных народов и др.). Опыты формирования единого языка имеются как на локальном (например,

вытекающие из идей панславистов меж- и панславянские; незавершенный западно- и северогерманский фолкспраак и др.), так и на международном уровне - волапюк, эсперанто и эсперантоиды.

И прежде всего в данной статье необходимо ответить на вопрос - а что же говорил про общечеловеческий язык Циолковский? Действительно ли он предлагал создать еще один искусственный язык, как можно было бы предположить из названия его книги?

Публикация Циолковского «Общечеловеческая азбука, правописание и язык» ранее рассматривалась в рамках Чтений К.Э. Циолковского в докладах В.Д. Ивкина первой половины 1970-х гг., О.Г. Воздвиженской и О.Г. Кашубы в 1986 г. [см. 2, с. 31, 76], а выступление В.Г. Иванова на конференции «Василий Ерошенко и его время» в Коломне в 2002 г. было полностью посвящено именно этой работе [3].

Свою работу Циолковский начинает с задачи: «Каждый человек должен быть проникнут высшими идеями, ведущими всех людей к счастью и совершенству… Но какое может быть братство, если вследствие различия языков мы друг друга не понимаем!» [1, с. 1]. Самое же решение поставленной проблемы Циолковский видит не в создании нового, всеобъемлющего языка, а в создании универсальной азбуки: «Не будем выдумывать новый язык, так как успех рискован и такие опыты (эсперанто) пока не дали практических результатов. Гораздо проще и надежнее, если все языки будут, по возможности, доступны для усвоения. Тогда естественным путем образуется международный язык» [1, с. 1].

Как отмечает В.Г. Иванов, Константин Эдуардович отводил особое место именно написанию различных алфавитов, считая графику основной причиной трудноусваиваемости иностранных языков [3, с. 3]. Помимо графической составляющей языка, Циолковский выделяет другие проблемы, а именно приемы преподавания и «дурную орфографию» [1, с. 2]. Основной же целью он ставит создание такого алфавита, который мог бы передавать фонетику из разных языков и предоставил бы возможность абсолютно каждому человеку читать на других языках.

За основу новой общечеловеческой азбуки К.Э. Циолковский предлагал взять французский, обосновывая это тем, что язык краток, сроден со многими европейскими языками [1, с. 1], а самое важное - является языком дипломатии. Сам алфавит состоит из 7 гласных, 20 согласных, а также вводятся новые цифры (0 – О, 1 – I. 2 – П, 3 – Т, 4 – Ш, 5 – Щ, 6 – Б, 7 – Z, 8 – S, 9 – 9). Азбука Циолковского состоит из смеси кириллицы и латиницы, аргументируя удобство следующим

образом: «Для иностранцев не знакомы… 6 фигур. Но (Ы) и (Щ) не употребляются, а остальные (4) по своей оригинальности легко запомнятся. Французам не надо и (Ц), и (Ъ). Им незнакомы будут только две буквы. Для нас русских незнакомы… целых 8 фигур из 27 штук» [1, с. 9].

Можно согласиться с В.Г. Ивановым, который отмечал европоцентризм Циолковского в данном вопросе [3, с. 5], подчеркивая, что автор не использует иные графические изображения звуков, которые приняты в восточных языках. Действительно, в своей работе К.Э. Циолковский пишет: «Восточные языки малокультурных народов дики, бедны и отстали в своем развитии, как их наука и техника» [1, с. 1].

В целом, можно отметить, что в работе «Общечеловеческая азбука, правописание и язык» Циолковский НЕ предлагал создать какой-либо новый язык для человечества, но считал необходимым его появление на базе конвергенции существующих языков в будущем. Для этого он предлагал создать необходимые условия, то есть, по его мнению, создать на основе латиницы и кириллицы единую общечеловеческую азбуку, которая и позволит всем народам легко читать тексты на любых языках, что и приведет в конце концов к образованию общего языка, являющегося апостериорным натуралистическим и при этом изначально плановым. Существующие опыты (в частности, эсперанто) он оценивал невысоко, но считал необходимым в будущем появление общего языка как необходимого условия для распространения высших идей, долженствующих привести человечество к совершенству, то есть - к идеальному обществу.

Идеи о создании идеального общества (называемого также утопическим), существуют не первое тысячелетие, начиная как минимум с трудов античных философов и заканчивая жанром научной фантастики XXI в. Как правило, в современной культуре под утопией понимается создание того общества, которое находится в заведомо благоприятных условиях, создавая некий наилучший вариант жизни.

Сам термин «утопия» появляется в XVI в. с публикации работы Томаса Мора «Золотая книжечка, столь же полезная, сколь и забавная о наилучшем устройстве и о новом государстве на острове Утопия» (кратко: «Утопия») в 1516 г. [4, с. 149]. Кратко обращаясь к работе Т. Мора, которая является критикой социальной структуры своего времени, можно выделить два основных посыла:

1) справедливость в обществе: «Допускать, чтобы кто-нибудь один жил среди изобилия удовольствий и наслаждений, а другие повсюду стонали и плакали - это значит быть сторожем не королевства, а

тюрьмы» [5]. Помимо некого «чувства справедливости», можно заметить момент и «уравнивания», что достаточно часто будет проявляться в иных утопических работах;

2) воспитание общества: «Дети должны получать равное общественное воспитание и первоначальное обучение… каждый «утопиец» обязан был обучиться, по крайней мере, одному ремеслу еще в детском возрасте» [5]. Вопрос о воспитании гомогенного общества «с нуля», также станет основной темой утопистов, отразившись на работах XX в.

Также можно в «Утопии» Томаса Мора выделить и другие проблемы человеческого общества, которые имеют свою актуальность и в XXI веке, но именно выделение проблематики справедливости и воспитания общества, а именно их общий знаменатель - создание гомогенного сообщества людей, станет нарративом во многих утопических работах.

Возвращаясь непосредственно к утопии, А.В. Хорунжий в своей работе приводит определение Э.Я. Баталова: «Утопию можно определить как произвольно сконструированный образ идеального социума, принимающего различные формы… и простирающиеся на всю жизненную среду человека…» [6, с. 213]. Таким образом, если мы понимаем утопию как образ идеального социума, проектирующийся на различные аспекты человеческой жизненной среды, то создание консолидирующих факторов (самоопределение, общечеловеческий язык) могут считаться инструментами для образования идеального общества.

С этой точки зрения «Общечеловеческая азбука, правописание и язык» является органичной составляющей проекта «Идеального строя жизни» Циолковского - стержнем всего его творчества и всей его научной деятельности, направленной на поиск путей и способов привести человечество к счастью. А его обращение к теме единого языка вполне закономерно как в рамках непосредственно социально-утопического проекта ученого, так и в целом, в рамках утопической традиции первой трети XX в.: «…новый, реформированный язык, соответствующий новому уровню развития человечества и его новому социальному устройству, пытались в начале века создать многие авторы социальных утопий разных направлений, как, например, А.А. Богданов и анархисты-биокосмисты» [7, с. 457–458].

Впрочем, это обращение закономерно и в рамках всех опытов последних 200 лет по созданию единого языка, о чем говорилось в начале данной статьи. Наиболее показательными из таковых являются эсперанто и межславянский. Все они входят в так называемые

международные вспомогательные языки (МВЯ), где каждый язык имеет свою философию и свою миссию - войти в позицию langue franque (или lingua franca - лингва франка) или же объединить определенную социальную группу.

Эсперанто, который, как указывалось выше, Циолковский оценивал не очень высоко, является тем не менее одним из самых крупных и успешных проектов в рамках МВЯ. Данный язык относится к группе апостериорных [8, с. 8], т. е. к таким, которые создавались на основе существующих естественных языков. Свою историю эсперанто отсчитывает с 1887 г., когда польский окулист Людвиг Лазарь Заменгоф (псевд. Д-р Эсперанто) выпустил книгу «Международный язык» [8, с. 56].

Самое важное, что нужно отметить в работе Л. Заменгофа - задачи его труда: «1) Чтобы язык был чрезвычайно легким, так чтобы его можно было изучить шутя. 2) Чтобы каждый, изучивший этот язык, мог сейчас же им пользоваться для объяснения с людьми различных наций… 3) Найти средства для преодоления индифферентизма мира и для побуждений его… начать употреблять предлагаемый язык как живой…» [9, с. 8–9].

Л. Заменгоф свой вариант международного языка базировал на романской группе, используя также лексику из германских и славянских языков. Сам автор обозначал, что грамматика международного языка учится за час, вокабуляр составляет порядка 900 слов [9, с. 9–11].

«Международный язык» доктора Эсперанто является примером успешного МВЯ - с 1905 г. проводятся конгрессы эсперантистов, на сегодняшний момент носителями данного языка себя считают порядка 340 тысяч человек [8, с. 67–68].

Второй проект, который входит в МВЯ и является также апостериорным - межславянский язык (Меджусловјански / Medžuslovjanski). Предыстория создания связана с подъемом национального самосознания у славянских народов в XIX в., прежде всего, у западных и южных славян. Как отмечает А. Пиперски, межславянский язык относится к зональным [8, с. 75] - язык, который ориентирован на определенную группу людей (в нашем случае - славян). Если эсперанто должен выполнять функцию единого международного и общечеловеческого языка, то межславянский создавался как проект унификации славянских языков.

Современный проект межславянского, который окончательно оформился в 2017 г., явился продолжением двух своих предшественников: в 2006 г. появляется Словјански, в 2007 -

Новословѣнскы [10] (и по сути вытеснил проект Словио 1999 г., ставший неактивным в 2011 г.).

Авторы проекта также пишут о своей миссии, тем самым отвечая на вопрос «Зачто меджусловјанскы?». Первая задача языка - помочь людям, живущим в славянских странах; вторая - общение со всем «славянским миром» [10] без потребности перевода на родной язык. Как результат - человек лучше понимает другие славянские языки и дает основу для более ускоренного изучения родственных славянам языков. В апреле 2024 г. межславянский язык получил официальный код в стандарте ISO 639-3 [10] - isv (Interslavic).

Подводя итоги, можно говорить о том, что предложения Циолковского по формированию единого общечеловеческого языка были вполне закономерны как в логике развития его проекта «Идеального строя жизни», так и в рамках современных ему лингвистических течений. При этом опыты общечеловеческих языков (как зональных, так и в позициях langue franque) - чаще не утопические проекты, а скорее являются основой для создания потенциальных и живых языков. Имеются и различные подходы при создании международного языка. Так Циолковский не предлагал создавать общечеловеческий язык, но считал необходимым его возникновение в будущем. Для этого он создал вариант международного алфавита, который со временем должен был привести к естественному появлению общечеловеческого языка. Проекты на примере эсперанто и межславянского показывают другой путь - создание языков с нуля на основе естественных, существующих языковых групп. Но и сейчас у многих сторонников таких языковых проектов существует представление, что создание единого языка станет шагом к созданию гомогенного, единого общества, которое не будет отличаться ни по языку, ни по национальности, ни по конфессиональной идентичности - что характерно для утопических идей об идеальном обществе. Таким образом, и в настоящее время идеи Циолковского по упрощению и унификации общечеловеческой коммуникации являются актуальными и созвучными современной практике.

Литература

1. Циолковский К.Э. Общечеловеческая азбука, правописание и язык. Калуга, 1927. 11 с. [Электронный ресурс]. URL: https://psv4.userapi.com/s/v1/d2/2qoNfsa1dZG4-30s_zZamPzSme2mVIqOEtAmxMY7pUxY9muejmwI_S5jK8XIrryBDK1alPF-0oga571o0zuWMblbGKJ7yzxHSFaQB5kqN7YjHiHCOhlQb8_2XK0D5ge

G9ZLcJtSKJ-
7J/Obschechelovecheskaya_azbuka_pravopisanie_i_yazyk.pdf?dl=1 (дата обращения: 09.07.2026).
2. Желнина Т.Н. Исследование научного творчества К.Э. Циолковского и история ракетно-космической науки и техники. Итоги работы и перечни докладов (1967–2025). М.: Лето, 2025. - 288 с.
3. Иванов В.Г. Об общечеловеческой азбуке Циолковского. Коломна, 2002. [Электронный ресурс]. URL: https://www.academia.edu/36786541/Об_общечеловеческой_азбуке_Циолковского (дата обращения: 09.07.2026).
4. Клесс Г. Утопия и утопизм: история осмысления понятий // Практики и интерпретации. Т. 3 (3), 2018. - С. 148 -160.
5. Мор Т. Утопия. [Электронный ресурс]. URL: https://lib.ru/INOOLD/MOR/utopia.txt_with-big-pictures.html (дата обращения: 06.07.2026).
6. Хорунжий А. В. Социальная утопия К. Э. Циолковского: построение меритократии // Исследование научного творчества К. Э. Циолковского. Калуга: «Эйдос», 2007. - С. 212-237.
7. Хорунжий А. В. «Идеальный строй» К. Э. Циолковского как стержень личности и зеркало эпохи // Открывая современность заново. М.: РУДН, 2011. - С. 438–467.
8. Пиперски А. Конструирование языков: от эсперанто до дотракийского. М.: АНФ, 2017. - 224 с.
9. Заменгоф Л. Международный язык. Варшава: Типо-Литография Х. Кельтера, 1887. - 42 с. [Электронный ресурс]. URL: https://archive.org/details/UnuaLibroRus2aEld/mode/2up (дата обращения: 13.07.2026).
10. Меджусловјанскы језык // steen.free.fr. [Электронный ресурс]. URL: http://steen.free.fr/interslavic/ (дата обращения: 14.07.2026).

УДК 001.32
eLIBRARY.RU: 03.01.39

Канунова Л.Н.
Kanunova L.N.
ученый секретарь
ГМИК им. К.Э. Циолковского
г. Калуга

АКАДЕМИК А.Ф. БОГОМОЛОВ: НАУЧНЫЙ ВКЛАД В КОСМИЧЕСКУЮ ОТРАСЛЬ

ACADEMICIAN A.F. BOGOMOLOV: SCIENTIFIC CONTRIBUTION TO THE SPACE INDUSTRY

Аннотация. Алексей Федорович Богомолов – ученый-радиотехник, специалист в области разработок радиоастрономических и радиофизических комплексов, создатель средств радиотелеметрии и траекторных измерений для ракетно-космической техники, стоял у истоков создания отечественной космонавтики, входил в Совет главных конструкторов.

Ключевые слова: космонавтика, ракетно-космическая техника, радиотелеметрия, телевидение.

Abstract. Alexey Fedorovich Bogomolov is a radio engineer, a specialist in the development of radio astronomy and radiophysics systems, the creator of radio telemetry and trajectory measurement equipment for rocket and space technology, he stood at the origins of the creation of domestic cosmonautics, and was a member of the Council of Chiefs.

Keywords: cosmonautics, rocket and space technology, radiotelemetry, television.

Сегодня никого не удивляет телевидение, общение с космонавтами онлайн, интерактивная связь с аппаратами в дальнем космосе. Эти достижения связаны с именем выдающегося конструктора и ученого Алексея Федоровича Богомолова. Доктор технических наук, академик Академии наук СССР, заслуженный деятель науки и техники СССР А.Ф. Богомолов 35 лет стоял во главе созданного в 1947 году Сектора специальных работ Московского энергетического института (МЭИ). Основными направлениями работы ОКБ МЭИ (с 1958 года – Особое конструкторское бюро МЭИ) были радиотелеметрия, траекторные измерения, фазовая пеленгация, антенные системы. Эти компетенции и в настоящее время остаются базовыми в деятельности компании, которая входит в холдинг «Российские космические системы» (АО «Особое конструкторское бюро Московского энергетического института»).

Алексей Федорович прожил вместе со страной богатую на события жизнь. Родился он 20 мая (2 июня) 1913 года в деревне Ситское, ныне Юхновского района Калужской области. С 1923 года жил в Москве.

В 1927 году окончил школу-семилетку, в 1929 году – 1-й Московский институт трудового воспитания. В 1929-1932 годах

работал в организации «Стройэлектро»: электромонтажником, бригадиром, старшим электриком.

В 1937 году с отличием окончил Московский энергетический институт по специальности «Техника высоких напряжений» и был рекомендован в аспирантуру.

Карьеру инженера-электротехника прервала Великая Отечественная война. Алексей Богомолов был командиром взвода, затем инженером по радиолокации зенитно-артиллерийских частей Ленинградского фронта. Его военные заслуги были отмечены орденом Красной Звезды, медалями «За оборону Ленинграда», «За победу над Германией».

В конце 1945 года Алексей Федорович был отозван из армии и приступил к работе на кафедре радиотехнических приборов МЭИ, которую он возглавил в 1955 году и руководил которой в течение 25 лет. Читал курс по радиолокации и занимался научно-исследовательской работой. В 1954 году им был издан один из самых первых отечественных учебников по радиолокации «Основы радиолокации».

С октября 1953 года по октябрь 1988 года – Главный конструктор и директор Сектора специальных работ (Особого конструкторского бюро) МЭИ.

А.Ф. Богомолов организовал и возглавил огромную работу по разработке и изготовлению бортовой и наземной аппаратуры систем «Трал», «Бинокль» и «Иртыш».

К пуску первых ракет Р-7 в 1957 году были введены в строй станции траекторных и телеметрических измерений на протяжении всей трассы полета от Тюра-Тама до Камчатки, а на борт первых ракет были поставлены по три комплекта бортовой аппаратуры «Трал» и по комплекту ответчиков и маяков для работы траекторных станций.

Серийное производство первой в мире космической радиотелеметрической системы «Трал» для контроля траектории полета ракет началось в 1954 году. На базе аппаратуры «Трал» была создана информационно-измерительная система для спутников серии «Космос» – с этой аппаратурой было осуществлено более 2000 удачных пусков. За эти разработки А.Ф. Богомолов был удостоен звания Героя Социалистического Труда, а ряд сотрудников ОКБ МЭИ награждены орденами и медалями.

В ОКБ МЭИ под руководством Богомолова были созданы средства радиотелеметрии и траекторных измерений, обеспечивших разработку и испытания первых баллистических ракет, межконтинентальных

ракет, запуск первых искусственных спутников Земли, проведения научных экспериментов в космосе.

В результате была развернута огромная работа по решению следующих задач:

– продолжение и завершение работ по обеспечению отработки ракеты Р-7, обеспечение отработки новых ракет Р-7А и Р-9 главного конструктора С.П. Королева, ракет Р-16 и Р-36 главного конструктора М.К. Янгеля;

– разработка сокращенных и малогабаритных модификаций бортовой аппаратуры «Трал» для научных спутников главного конструктора М.К. Янгеля;

– разработка долговременных бортовых запоминающих устройств для научных спутников с созданием средств автоматической обработки большого объема научной телеметрической информации;

– разработка специальных каналов связи и приемных антенн больших размеров для обеспечения дальней космической связи;

– разработка систем телеметрии, траекторных измерений и космического телевидения для космических кораблей «Восток» с человеком на борту.

Были успешно решены и другие задачи. Началось широкое использование измерительных средств ОКБ МЭИ на ракетах главного конструктора В.П. Макеева, на ракетах ПВО главных конструкторов П.Д. Грушина и С.А. Лавочкина.

Был разработан ряд новых модификаций бортовой аппаратуры телеметрии и траекторных измерений с резким сокращением массы, габаритов и энергопотребления.

Была введена в строй большая антенна космической связи ТНА-400 и на ее базе создана первая станция дальней космической связи «Катунь», принявшая участие в ряде дальних космических операций.

Станции траекторных измерений были постепенно заменены новыми станциями «Кама» и «Висла» со значительно более высокими техническими показателями по дальности, точности и надежности. С этой аппаратурой было осуществлено более двух тысяч удачных пусков различных космических объектов.

Значительное участие принимал А.Ф. Богомолов в работах по обеспечению территории страны телевизионным вещанием.

В 1966-1967 годах под его руководством были спроектированы и построены первые серийные 12-метровые антенны «Орбита». С помощью этих антенн в 1967 году была решена задача – ретрансляция телевизионного сигнала Центрального телевидения на всю

территорию СССР и ряда других стран. Всего было введено в строй около двухсот ретрансляционных станций с такими антеннами.

Одним из первых Алексей Федорович понял значение создания больших высокоэффективных наземных антенн. В 1960-1965 годах под его руководством были сооружены антенны с диаметром зеркала 32 метра, а затем с диаметром 64 метра для обеспечения связи с межпланетными исследовательскими аппаратами, запускаемыми к планетам Солнечной системы. На полигоне «Медвежьи озера» были сооружены радиотелескопы с полноповоротными зеркальными антеннами диаметром 64 метра, с современной приемопередающей аппаратурой, устройствами обработки и представления информации, вычислительным центром и линиями внутренней и международной связи.

На их основе был создан пункт приема данных, обеспечивавший получение научной информации с автоматических межпланетных аппаратов «Венера-15», «Венера-16», «Вега», «Фобос» и других.

С именем А.Ф. Богомолова связаны глубокие исследования проблем радиолокационного картографирования.

Конструкторские и организаторские способности Алексея Богомолова высоко ценил Сергей Павлович Королев, большим уважением и доверием которого пользовался руководитель ОКБ МЭИ. Он входил в состав легендарного Совета Главных конструкторов, который объединил ведущих советских ученых и конструкторов ракетно-космической отрасли.

Вклад Алексея Богомолова в развитие космических исследований отмечен званием Героя Социалистического Труда, Ленинской премией, двумя Государственными премиями СССР, золотой медалью АН СССР им. А.С. Попова, тремя орденами Ленина. Академик награжден орденами: Октябрьской Революции, Отечественной войны 2-й степени, Трудового Красного Знамени, Красной Звезды, «Знак Почета», медалями. Был заслуженным деятелем науки и техники РСФСР.

Уроженец деревни Ситское Юхновского района Калужской области Алексей Федорович Богомолов (1913-2009) – выдающийся ученый, имя которого должно стоять в ряду имен знаменитых людей, прославивших Калужскую землю.

Литература

1. Космический мемориал: А.Ф. Богомолов//http://sm.evg rumjantsev.ru/desingers/bogomolov-a.html.
2. Участники войны: https://pamyat-naroda.ru

3. Сайт МЭИ: https://mpei.ru
4. https://pandia.org
5. Еженедельная газета «ПЕТРОВКА, 38» https://petrovka-38.com, № 15 от 27.04.2026 г.
6. Авторский блог Евгений Зубков. https://vk.com/wall.
7. https://sdelanounas.ru Новейшие разработки ОАО «Особое конструкторское бюро Московского энергетического института».
8. Следи за успехами. https://ru.wikipedia.org.

УДК 929
eLIBRARY.RU: 03.36.13

Герасютин С.А.
Gerasjutin S.A.
научный редактор журнала РАН
«Земля и Вселенная»
г. Москва

КОНСТРУКТОР АВИАЦИОННОЙ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ П.В. ЦЫБИН

DESIGNER OF AVIATION AND ROCKET‑SPACE TECHNOLOGY P.V. TSYBIN

Аннотация. Представлены основные направления творческой деятельности в 1940–1988 гг. конструктора, проектировщика авиационной и ракетно-космической техники лауреата Ленинской премии, Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, инженера-полковника Павла Владимировича Цыбина (1905–1992), работавшего в ОКБ-1 под руководством его друга и соратника академика С.П. Королева. Рассказано о ключевых проектах П.В. Цыбина по разработке грузовых и десантных планеров, авиационных и зенитно-ракетных систем, пилотируемого космоплана, спутника-разведчика «Зенит-2», космических кораблей «Восток», «Восход», «Союз», «Союз Т» и орбитальных станций серии «Салют».

Ключевые слова: авиация, планер, проект, ракета, спутник-разведчик, пилотируемый космический корабль, орбитальная станция.

Abstract. The article presents the main areas of creative activity in 1940–1988 by P.V. Tsybin (1905–1992), a designer and project manager of aviation and rocket and space technology, a laureate of the Lenin Prize, an Honored Worker of Science and Technology of the RSFSR, and an

engineer-colonel who worked at OKB-1 under the leadership of his friend and colleague, Academician S.P. Korolev. The article describes P.V. Tsybin's key projects in the development of cargo and landing gliders, aviation and anti-aircraft missile systems, a manned spaceplane, the Zenit-2 reconnaissance satellite, the Vostok, Voskhod, Soyuz, Soyuz T spacecraft, and the Salyut series of orbital stations.

Keywords: aviation, glider, project, rocket, reconnaissance satellite, manned spacecraft, orbital station.

Павел Владимирович Цыбин - один из создателей образцов передовой авиационной, реактивной и ракетно-космической техники, которые остаются вершинами инженерно-конструкторской мысли, имеющими дальнюю перспективу. Выдвинутые им инновационные разработки стали значимыми в период 1945–1988 гг.

В 1920 г. П.В. Цыбин совершил первый полет на балансирном планере собственной конструкции, в 1926 г. его призвали в Красную армию, он поступил в Ленинградскую военно-техническую школу ВВС в Гатчине на отделение авиатехников, где построил вместе с О.К. Антоновым учебный планер «Стандарт», участвовал в слетах планеристов в Коктебеле. Тогда же он познакомился с С.П. Королевым. После авиашколы работал в отделе учебных заведений Управления ВВС РККА, а затем служил в Пермской школе летчиков и техников морской авиации, в 1939–1941 гг. учился в Военно-воздушной академии им. Н.Е. Жуковского. В 1940–1948 гг. на авиазаводе № 468 группа конструкторов под его руководством создала грузовые планеры, в том числе десантный планер Ц-25, который мог перевозить до 25 человек, более 500 таких аппаратов использовалось до 1956 г. [1; 2].

В 1945–1948 гг. в КБ на заводе № 468 в Бескудниково под руководством П.В. Цыбина по заданию Летно-исследовательского института спроектированы летающие лаборатории Ц-1 для исследования аэродинамики околозвуковых скоростей. Летчики-испытатели Султан Амет-хан, Сергей Анохин и Николай Рыбко выполнили на них более 100 полетов, достигнув скорости 1200 км/ч. В 1947 г. в связи с переводом завода на выпуск гражданской продукции КБ закрыли.

В 1948 г. П.В. Цыбин был приглашен на работу в ОКБ-1 при НИИ-88 на должность начальника отдела, он принимал участие в разработке и испытаниях первых советских баллистических ракет Р-1 и Р-2. В 1950 г. он принимал участие в испытаниях и сдаче крылатой ракеты класса «воздух–море» и зенитно-ракетных систем С-25 для

противовоздушной обороны Москвы, разработанных в КБ-1 (ныне – ЦНИИ «Комета») [2].

В 1951–1955 гг. работал в должности начальника отдела 3-го Главного управления Совета Министров СССР.

В 1955 г. П.В. Цыбина назначают главным конструктором ОКБ-256, где вел разработку управляемого реактивного снаряда РСС (С-30) и стратегического бомбардировщика-разведчика РС, которые должны были стартовать в воздухе с самолетов-носителей Ту-95Н конструктора А.Н. Туполева или А-57 конструктора Р.Л. Бартини. В 1956 г. по инициативе П.В. Цыбина группа инженеров обратилась в Правительство с предложением о создании высотного сверхзвукового стратегического реактивного самолета-разведчика РСР (Р-020) со скоростью 3600 км/ч. Тогда же в ОКБ-256 под его руководством был построен уменьшенный вариант самолета-разведчика НМ-1, который совершил 32 успешных испытательных полетов [3]. В 1958 г. С.П. Королев уговорил его спроектировать возвращаемый с орбиты многоразовый пилотируемый космоплан со складывающимися крыльями «Лапоток», запускаемый ракетой-носителем «Восток» (8К72). Но в октябре 1959 г., в рамках происходившего тогда сокращения советской оборонной промышленности, ОКБ-256 было закрыто, а его штат передан сначала в ОКБ-23 В.М. Мясищева, а осенью 1960 г. вместе с расформированным ОКБ-23 – в ОКБ-52 В.Н. Челомея, который в апреле 1961 г. закрыл работы по РСР (Р-020) [4; 5].

С конца 1960 г. П.В. Цыбин вновь работал в ОКБ-1 (с 1966 г. – ЦКБЭМ, с 1974 г. – НПО «Энергия») заместителем главного конструктора, с 1980 г. – научным консультантом. Здесь он возглавил работы по конструированию первого советского спутника-разведчика [6] «Зенит-2» на базе корабля-спутника «Восток» (первый пуск состоялся 26 апреля 1962 г.). Затем он занимался разработками беспилотной модификации космического корабля «Восток» и спутника связи «Молния-1» (1961–1965), проектом военно-исследовательского комплекса – корабля «Звезда» и орбитальной станции «Союз-ВИ» (1965–1970), пилотируемых кораблей «Союз», «Союз Т» и долговременных орбитальных станций серии «Салют» (1962–1980). В 1980-х гг. П.В. Цыбин в качестве научного консультанта принимал участие в создании многоразовой транспортной космической системы «Энергия» – «Буран» [7; 8].

П.В. Цыбин автор и соавтор более 150 научных трудов, ему принадлежат многие изобретения и рационализаторские предложения, примененные в авиационной и ракетно-космической технике.

Литература
1. Скоренко Т. Троянские кони войны // Популярная механика. 2013. № 5. С. 106–110.
2. Песляк А.М. Опередивший время. Почему не взлетел самолет-разведчик Павла Цыбина // Независимое военное обозрение. 1 апреля 2021 г.
3. ОКБ-256 П.В. Цыбина: https://www.testpilot.ru/russia/tsybin/tsybin.php.
4. Афанасьев И.Б. Неизвестные корабли. М., Знание, 1991. 61 с.
5. Лукашевич В.П., Афанасьев И.Б. Космические крылья. Крылатые ракетно-космические системы. М., Лента Странствий, 2009. С. 106–108.
6. Песляк А.М. В предчувствие «Бурана». Павел Цыбин работал не ради наград // Независимое военное обозрение. 8 апреля 2021 г.
7. Широкорад А.Б. Битва за космос. СВО и «космическое» оружие будущего. М., Вече, 2024. С. 47–51, 238–245, 306–314.
8. Черток Б.Е. Ракеты и люди. Горячие дни холодной войны. М., Машиностроение, 1997. 536 с.

УДК 94(47):629.78
eLIBRARY.RU: 03.23.55

Колпаков П.А.
Kolpakov P.A.
кандидат исторических наук
РУДН
г. Москва

К.П. ФЕОКТИСТОВ – КОНСТРУКТОР, ПОКОРИВШИЙ КОСМОС. К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

K.P. FEOKTISTOV – THE DESIGNER WHO CONQUERED SPACE TO THE 100TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH

Аннотация. Статья посвящена вехам биографии К.П. Феоктистова, обращение к которым позволило отразить значимые события его деятельности и достижения как конструктора и космонавта. Рассмотрены предпосылки участия К.П. Феоктистова в космическом полете экипажа корабля «Восход-1». На основе документов, опубликованных «Роскосмосом» и Российским государственным архивом научно-технической документации реконструированы

особенности условий полета и содержание проводившихся экспериментов. Изучение воспоминаний К.П. Феоктистова позволило осмыслить его позицию по вопросу о приоритете принципа целесообразности при реализации проектов в области космонавтики.

Ключевые слова: К.П. Феоктистов, С.П. Королев, космонавт, конструктор, космический корабль, ОКБ-1, «Восход-1».

Abstract. The article is devoted to certain milestones in K.P. Feoktistov's biography, which allowed us to reflect on the significant events in his career and achievements as a designer and cosmonaut. The stages of his design career are described. The article highlights the background of K.P. Feoktistov's participation in the space flight of the Voskhod-1 crew. Based on the scientific and technical documentation published by Roscosmos and the Russian State Archive, the article reconstructs the flight conditions and the experiments conducted. Studying K.P. Feoktistov's memoirs allowed us to understand his position on the priority of the expediency principle in implementing space exploration projects.

Keywords: K.P. Feoktistov, S.P. Korolev, cosmonaut, designer, spacecraft, OKB-1, Voskhod-1.

7 февраля 2026 г. исполнилось 100 лет со дня рождения восьмого советского космонавта, конструктора К.П. Феоктистова. Константин Петрович родился в Воронеже. В 16 лет он ушел на фронт и служил в разведке. Его жизнь могла прерваться уже в 1942 г., когда во время задания К.П. Феоктистов был схвачен немцами, которые, решив тут же расправиться над юношей, расстреляли его. Он чудом выжил и сумел спастись, впереди у К.П. Феоктистова был большой и яркий путь: знакомство с книгой Я.И. Перельмана «Межпланетные путешествия», после которого он увлекся космонавтикой, поступление в МВТУ им. Н.Э. Баумана, работа в СКБ-385 (Государственный ракетный центр им. академика В.П. Макеева), в НИИ-4 Министерства обороны СССР, в Особом конструкторском бюро № 1 (с 1966 г. – Центральное конструкторское бюро экспериментального машиностроения, сегодня – Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева), в НПО «Энергия»; затем –преподавательская работа в «Бауманке» [1, С. 40–41].

Выдающийся ученый-конструктор в области авиационной и космической электротехники Б.Е. Черток вспоминал о погруженности К.П. Феоктистова в любимое дело: «На всем протяжении работ по проектированию пилотируемых кораблей от "Востоков" до "Союзов" он проявил себя самым "быстрым разумом" из проектантов, с

которыми мне приходилось работать. Удивительно было наблюдать, что Королев терпеливо выносил упрямство, а иногда излишнюю принципиальность, доходящую до фанатизма, в характере Феоктистова. Кое-кто из моих товарищей иногда жаловался на диктаторский, даже деспотичный стиль Феоктистова при обсуждении проектных вопросов. Это касалось только проектов, а отнюдь не человеческих отношений, в которых Феоктистов мог служить образцом интеллигентной порядочности. Его фанатизм объяснялся еще и тем, что он сам мечтал о полете в космос» [2, с. 284].

К перспективе размещения в спускаемом аппарате «Востока» двух или даже трех космонавтов К.П. Феоктистов, будучи начальником проектной группы проектного отдела № 9 ОКБ-1, отнесся скептически. Габариты не позволяли поместить в аппарате более одного катапультируемого кресла. Кроме того, уже велась работа над проектом корабля «Союз», который смог бы обеспечить полет на орбиту экипажа численностью до трех человек. Однако, по воспоминаниям самого Константина Петровича, главный конструктор С.П. Королев смог найти действенную мотивацию, обозначив, что, если найдется способ разместить в «востокоподобном» корабле двух-трех человек, то одним из них мог бы стать инженер. Конечно, К.П. Феоктистов «загорелся» этой идеей: «Появилась какая-то надежда на осуществление моей детской мечты самому отправиться в заманчивое и необыкновенное космическое путешествие. <…> Можно даже сказать, что это стремление явилось одним из важнейших стимулов в работе» [3].

Решение сложной задачи было найдено. В утвержденном 12 февраля 1964 г. главным конструктором ОКБ-1 С.П. Королевым проекте многоместного космического корабля «Восход» значилось, что «для обеспечения возможности полета трех человек в корабле "Восход" необходимо (по сравнению с кораблями "Восток") провести перекомпоновку оборудования в спускаемом аппарате, установить три кресла для пилотов, соответственно сняв катапультируемое кресло и скафандр, доработать ряд бортовых систем и установить дополнительное оборудование» [4].

О крайне стесненных условиях, в которых находились космонавты в корабле «Восход-1», свидетельствуют сделанные командиром корабля В.М. Комаровым записи в бортовом журнале: «Удобства размещения и работы экипажа в креслах: постоянно находиться в такой позе трудно. У меня к 20.00-21.00 часу появилось желание вытянуть ноги, распрямить их в коленном суставе. Удобство привязной системы: неудобно затягивать коленные ремни. Их длина

должны быть больше». Относительно удобным было размещение, как свидетельствуют записи В.М. Комарова, К.П. Феоктистова: «Большая возможность к перемещению у научного сотрудника. Он мог наблюдать во все иллюминаторы. Перемещения в кабине затруднены, а врачу невозможны. С большим трудом врач поменялся местами с научным сотрудником» [5, л. 44].

Как научный сотрудник К.П. Феоктистов отслеживал выполнение экипажем полетного задания, в бортовой журнал им вносились записи о проведении экспериментов, осуществлении фото и киносъемки [6].

В Российском государственном архиве научно-технической документации в фонде «Федерация космонавтики России» хранится доклад К.П. Феоктистова о полете на корабле-спутнике «Восход» 12–13 октября 1964 г. Документ содержит упоминания о проведенных исследованиях: производилось наблюдение звездного неба с целью проверки возможности и удобства ориентировки при имевшейся конструкции корабля и иллюминаторов, оценки условий астронавигационных измерений; выполнялся эксперимент по изучению поведения жидкости в невесомости; неоднократно определялся период обращения корабля по моменту его захода в тень Земли. Отрыв от Земли был охарактеризован К.П. Феоктистовым как «мягкий», спуск и приземление – «очень хорошо», а самочувствие после полета – как отличное [7, л. 28–28 об.].

Побывав в космосе, К.П. Феоктистов неизменно стремился вновь отправиться в полет. Однако этой мечте не было суждено воплотиться. Впереди ему предстояла работа над кораблем «Восход-2», кораблями «Прогресс» (11Ф615), лунными кораблями 11Ф93 и 11Ф94 [8].

В 2009 г. «Российская газета» опубликовала последнее интервью с К.П. Феоктистовым. В ходе общения с корреспондентом Константин Петрович отметил определяющую роль поддержки С.П. Королева относительно того, что его полет в космос состоялся. Во взглядах К.П. Феоктистова органично сосуществовала мечта о покорении космического пространства и прагматизм, реалистичное понимание ресурсов, имеющихся и необходимых для достижения высоких целей. Основой для успешного будущего российской космонавтики он видел целесообразность, пользу и рентабельность проектов: «Надо найти эффективное применение человеку на орбите. Надо добиваться результатов, которые соответствовали бы расходам» [9].

Известно, что К.П. Феоктистов критически отзывался о векторе развития, принятом космонавтикой. В книге «Зато мы делали ракеты: Воспоминания и размышления космонавта-исследователя» он выразил мнение об отсутствии целесообразности многих решений: «Мы

привыкли к полетам космонавтов на орбитальные станции. Как оказалось – шуму много, а пользы пока не видно. <…> С мечты о межпланетных полетах началась космическая техника <…> Но вот уже началось XXI столетие, а межпланетные пилотируемые корабли не только никуда не летают, но даже не проектируются» [10, с. 238]. При внимательном изучении такой позиции оказывается, что за ней стоит не разочарование или вовсе отрицание перспектив. Конструктор и космонавт настаивал на том, что для реализации амбициозных проектов «должны обнаружиться «серьезные намерения и серьезные причины» [10, с. 262]. Воплощение намерений в развитии космонавтики связывалось Константином Петровичем с очевидными вопросами объема имеющихся в распоряжении ресурсов и приоритетностью задач: «По-видимому, нам пока придется ограничиться спутниками оборонного назначения, контролирующими околоземное космическое пространство, атмосферу, поверхность Земли. Одновременно они могли бы использоваться для контроля природных ресурсов, обнаружения лесных пожаров, наводнений и т. п., а также для обеспечения связи» [10, с. 264]. Но, отдавая главенство прикладным задачам, он не отвергал необходимости научного поиска и конструкторских изысканий на перспективу.

На закате наполненного подвигами и яркими событиями жизненного пути Константин Петрович продолжал мечтать о космосе, но даже в этот период его мечты были подчинены решению конкретных научных вопросов и практических проблем. Во время упомянутого интервью 2009 г. на вопрос, хотел ли бы он полететь второй раз, как это сделал американский астронавт Джон Гленн, К.П. Феоктистов ответил: «Очень. Хотя бы просто потому, что тут программа ясна: попытаться нащупать границы допустимого – по здоровью, возрасту» [9]. Преданность своему видению и устремленность к цели были для Константина Петровича главными принципами, следование которым позволило добиться выдающихся результатов и навсегда вписать свое имя в историю отечественной космонавтики. Таким был отважный ветеран Великой Отечественной войны, конструктор и космонавт, Герой Советского Союза, доктор технических наук, мечтатель и прагматик Константин Петрович Феоктистов. Его полная содержания и смысла жизнь, которую, без преувеличения, можно сравнить с полетом по сложной траектории, завершилась 21 ноября 2009 г.

Литература

1. Памяти Константина Петровича Феоктистова // Земля и Вселенная. – 2010. – № 2. – С. 40–44.

2. Черток Б.Е. Ракеты и люди. Фили–Подлипки–Тюратам. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1999. – 448 с.
3. Феоктистов К.П. Траектория жизни. Между вчера и завтра [Электронный ресурс] // Сайт «Милитера» («Военная литература»). – URL: https://web.archive.org/web/20200124104117/http://militera.lib.ru/explo/feoktistov_kp/05.html (дата обращения: 10.06.2026).
4. Проспект «Многоместный космический корабль “Восход”» [Электронный ресурс] // Государственная корпорация по космической деятельности «Роскомос». – URL: https://www.roscosmos.ru/media/files/history/voshod/01.pdf (дата обращения: 09.06.2026).
5. ПАО «РКК «Энергия». – Ф. 1. – Оп. 31.0. – Д. 1708 н/с «Бортовой журнал КК «Восход» [Электронный ресурс] // Государственная корпорация по космической деятельности «Роскомос». – URL: https://www.roscosmos.ru/media/files/history/voshod/17.pdf (дата обращения: 09.06.2026).
6. ПАО «РКК «Энергия». – Ф. 1. – Оп. 31.0. – Д. 1707 н/с «Бортовой журнал КК «Восход»» [Электронный ресурс] // Государственная корпорация по космической деятельности «Роскомос». – URL: https://www.roscosmos.ru/media/files/history/voshod/16.pdf (дата обращения: 10.06.2026).
7. РГАНДТ. – Ф. 24. – Оп. 1-1. – Д. 16 «Дело о рекордах первого в мире космического полета экипажа на многоместном космическом корабле-спутнике «Восход» 12-13 октября 1964 г.» [Электронный ресурс] // Российский государственный архив научно-технической информации. – URL: https://rgantd.ru/news/pamyatnye-daty/k-100-letiyu-konstantina-feoktistova-konstruk tor-kotoryy-pokoril-kosmos/#gallery-9 (дата обращения: 11.06.2026).
8. Феоктистов Константин Петрович [Электронный ресурс] // Государственная корпорация по космической деятельности «Роскомос». – URL: https://www.roscosmos.ru/1886/ (дата обращения: 11.06.2026).
9. «Российская газета» публикует последнее интервью космонавта Константина Феоктистова [Электронный ресурс] // Российская газета. – URL: https://rg.ru/2009/11/23/feoktistov.html?ysclid=mrq34n6fzc498178067&utm_referrer=https%3A%2F%2Fya.ru%2F (дата обращения: 11.06.2026).
10. Феоктистов К.П. Зато мы делали ракеты: Воспоминания и размышления космонавта-исследователя. – М.: Время, 2005. – 288 с.

УДК 93/94
eLIBRARY.RU: 03.23.00

Мироненко А.И.
Mironenko A.I.
магистр кафедры истории России
РУДН
г. Москва

МАТЕРИАЛЫ К БИОГРАФИИ Ю.В. КОНДРАТЮКА В МУЗЕЕ КОСМОНАВТИКИ ИМЕНИ Ю.В. КОНДРАТЮКА В НОВОСИБИРСКЕ

MATERIALS FOR A BIOGRAPHY IN THE YU. V. KONDRATYUK COSMONAUTICS MUSEUM IN NOVOSIBIRSK

Аннотация. Статья посвящена реконструкции одного из ключевых эпизодов биографии Ю.В. Кондратюка (А.И. Шаргея) – его аресту в 1930 г. по обвинению во «вредительстве» и последующей реабилитации. На основе материалов следственного дела, опубликованных проектом «Сетевой дом Кондратюка» Музея космонавтики имени Ю.В. Кондратюка, анализируется механизм конструирования обвинения органами ОГПУ. Особое внимание уделено двум этапам пересмотра дела – отказу в реабилитации в 1958 г. и окончательному оправданию в 1970 г., - что позволяет проследить эволюцию политической конъюнктуры и превращение фигуры Кондратюка в символически значимого героя советской космической программы.

Ключевые слова: Ю.В. Кондратюк, А.И. Шаргей, Космическая программа, ОГПУ, вредительство, Музея космонавтики имени Ю.В. Кондратюка, Новосибирск.

Abstract. This article reconstructs one of the key episodes in the biography of Yuri Kondratyuk (A.I. Shargei) – his arrest in 1930 on charges of "sabotage" and subsequent rehabilitation. Based on investigative case materials published by the "Kondratyuk Network House" project of the Yuri Kondratyuk Cosmonautics Museum, the mechanism for constructing charges by the OGPU is analyzed. Particular attention is paid to two stages of the case review – the denial of rehabilitation in 1958 and the final acquittal in 1970 – allowing us to trace the evolution of the political situation and the transformation of Kondratyuk into a symbolically significant hero of the Soviet space program.

Keywords: Yuri Kondratyuk, A.I. Shargei, Space Program, OGPU, sabotage, Yuri Kondratyuk Cosmonautics Museum. Kondratyuk, Novosibirsk.

Биография Александра Игнатьевича Шаргея, более известного как Юрий Васильевич Кондратюк, равно как и его научное наследие, уже долгое время находятся в поле зрения исследователей. Одним из первых авторов, обратившихся к деталям сложной биографии Ю.В. Кондратюка, стал В.Н. Сокольский [1]. Как отмечает Т.Н. Желнина, уже к 1963 г. именно он установил настоящее имя Кондратюка, причину и обстоятельства «смены личности», дату и место рождения А.И. Шаргея, а также факт его службы в Белой армии в годы Гражданской войны [2].

В 1964 г. вышла статья Б.Н. Воробьева и В.Н. Тростникова «О неопубликованной работе Ю.В. Кондратюка «Тем, кто будет читать, чтобы строить»», в которой были приведены фрагменты рукописи 1919 г. В том же году в издательстве «Наука» вышла книга «Пионеры ракетной техники. Кибальчич, Циолковский, Цандер, Кондратюк. Избранные труды», где эта работа уже была опубликована полностью, а также было включено «Завоевание межпланетных пространств» [3]. В подготовке этого издания принял участие В.Н. Сокольский.

Следующим крупным и известным биографом Ю.В. Кондратюка стал его родственник по матери – А.В. Даценко. Самая ранняя из встречающихся его рукописей биографии инженера датируется 1981 г., хотя официальное издание этой работы последовало только в 1986 г. [4; 5]. Вполне логичным кажется тот факт, что одним из центральных сюжетов исследований А.В. Даценко стали генеалогия и семейная биография А.И. Шаргея. Характерной чертой его работ стало активное изучение семейной памяти об А.И. Шаргее. Несмотря на глубину изысканий и погруженность автора, нельзя не отметить некоторую художественность работ А.В. Даценко. Так, В.К. Малиновский пишет: «А.В. Даценко является автором художественно–биографических книг, в которых, наряду с достоверной информацией, присутствуют домыслы, догадки и прямые ошибки, происходящие из неполного или ошибочного знания» [6].

В 1988 г. вышла еще одна биография Ю.В. Кондратюка за авторством Б.И. Романенко [7]. Через 10 лет, а именно в 1998 г. вышла еще одна работа автора, приуроченная к 100-летнему юбилею ученого. Важно отметить, что Б.И. Романенко был не просто биографом, но и учеником и сослуживцем Ю.В. Кондратюка. Именно его перу принадлежат конкретизация фактов боевого пути и обстоятельств

гибели Юрия Васильевича, внесшие существенную ясность в череду домыслов и ошибок. Отметим, что первые газетные публикации автора, посвященные участию Ю.В. Кондратюка в Великой Отечественной войне, вышли в газете «Новатор» уже в 1973 г. [8-10].

В 1990 г. была опубликована документальная повесть А.Г. Раппопорта, в которой автор суммировал результаты, достигнутые другими исследователям. Важным элементом труда стало введение в научный оборот материалов следствия по делу инженера. Кроме прочего, А.Г. Раппопорт предпринял попытку создания психологического портрета Ю.В. Кондратюка, используя синтез источников и художественного домысла [11].

Среди важнейших работ современной отечественной историографии по проблеме стоит выделить статью В.К. Малиновского, в которой автор «расставляет все точки над i», производя научную корректировку биографии Ю.В. Кондратюка [6]. В.К. Малиновский подробно разбирает основные проблемные эпизоды биографии ученого (генеалогия, боевой путь, смена имени), обращаясь к наиболее распространенным версиям событий и развенчивая популярные мифы.

Одним из знаковых этапов на пути признания заслуг А.И. Шаргея стало открытие в 1993 г. «Музея космонавтики имени Ю.В. Кондратюка» в Новосибирске. К 2024 г. в здании проведена полная реконструкция. Кроме того, в 2023 г. музеем был создан и запущен проект «Сетевой дом Кондратюка». Сайт позволяет ознакомиться с большим количеством научных публикаций, заметок в периодических изданиях и документов (в т. ч. не введенных в научный оборот), связанных с талантливым инженером [12]. В настоящей работе предпринята попытка повторного анализа материалов следствия по делу Ю.В. Кондратюка. Сканированные копии отдельных документов из следственного дела, в т. ч. протоколов допросов и различных делопроизводственных документов, а также некоторых сопутствующих материалов были опубликованы «Сетевым домом Кондратюка». Часть из документов, попавших в дело, публиковалась на краеведческом форуме «Новосибирск в фотозагадках» [13]. Отметим, что до настоящего времени эти материалы были лишь частично подвергнуты детальному анализу и осмыслению в контексте известных фактов и мифов из биографии Ю.В. Кондратюка.

Прежде чем обратиться к анализу существа предъявленных Ю.В. Кондратюку обвинений, необходимо поместить его арест в широкий контекст репрессивной политики конца 1920-х – начала 1930-х годов. К этому времени кампания по борьбе с

«вредительством» в промышленности и на транспорте приобрела общесоюзный размах и характер целенаправленной охоты на «старых специалистов». Громкие политические процессы – Шахтинское дело (1928 г.) и дело «Промпартии» (1930 г.) – сформировали вполне устойчивую практику, при которой любые технические неполадки, срывы сроков строительства и хозяйственные просчеты интерпретировались не как следствие системных управленческих дефектов, а как результат сознательной подрывной деятельности. Обвинение по ст. 58 п. 7 Уголовного кодекса РСФСР подразумевало «подрыв государственной промышленности, транспорта, торговли, денежного обращения или кредитной системы… в контрреволюционных целях…». Такая формулировка, однако, нередко служила лишь инструментом репрессивной политики и перекладывания ответственности за управленческие ошибки.

Напомним, что Юрий Васильевич Кондратюк прибыл в Сибирь, в район Рубцовска (станция Большая Речка), в 1927 г., будучи назначен 20 апреля техником по постройке элеватора. Уже в августе ученого перевели в Новосибирск для проведения и организации работ по механизации и реконструкции зерновых складов краевого «Хлебпродоукта». С января 1928 г. Ю.В. Кондратюк приступил к механизации элеваторов [7, с. 23-25]. Знаковым событием в жизни инженера стала подача 20 марта 1928 г. заявки на изобретение «Ковша для элеватора- транспортера», за которое Юрий Васильевич, бывший уже 11 июня районным механиком «Союзхлеба», был удостоен вознаграждения. Именно на эти средства в 1929 г. была издана рукопись, принесшая впоследствии всемирную славу автору – «Завоевание межпланетных пространств». Один экземпляр книги Ю.В. Кондратюк направил К.Э. Циолковскому, получив в ответ книгу «Исследование мировых пространств реактивными приборами» [7, с. 23-27].

Однако уже 2 мая 1930 года был арестован районный инженер «Хлебостроя» Петр Кириллович Горчаков, что, по замечанию А.Г. Раппопорта, послужило началом операции по раскрытию «вредительской организации». К тому времени помощником П.К. Горчакова работал Ю.В. Кондратюк [11, с. 107-109]. 30 июля он был арестован полномочным представительством Объединенного государственного политического управления (далее – ПП ОГПУ) по ордеру №895 [14].

Обыск проводился на двух адресах – в домах №95 по Красному проспекту (квартира Ю.В. Кондратюка) и № 120 на ул. Максима Горького [15]. К тому времени, по утверждению А.Г. Раппопорта,

Юрий Васильевич жил на квартире арестованного начальника: «В записках из заключения, адресованных жене, О.Н. Горчаковой, П.К. Горчаков <…> просил Ольгу Николаевну уступить Кондратюку большую комнату в их квартире – они жили до ареста в одной квартире по улице Максима Горького, 120» [11, с. 107–109]. Сотрудниками ПП ОГПУ были изъяты: множество частной и рабочей переписки Горчаковых и Кондратюка, служебные документы, фотокарточки, чертежи, протоколы собраний работников «Союзхлеба» и т. д. [15].

Среди материалов, сопровождавших арест ученого, одним из наиболее примечательных кажется постановление об избрании меры пресечения, утвержденное в день ареста и проливающее свет на предъявляемое Ю.В. Кондратюку обвинение. Позволим себе процитировать источник:

«…Гр. КОНДРАТЮК, являясь помощником райинжа по механической части Новосибирской конторы «Хлебострой» и находясь в близких взаимоотношениях с райинжем «Хлебостроя» – гр. [Горчаковым][11], обвиняющемся ПП ОГПУ по С[ибирскому] К[раю] во вредительстве при строительстве элеваторов в Сибири – способствовал этому вредительству в части проведения несовершенной и заведомо недоброкачественной механизации как элеваторов, так и мехамбаров.

В результате действий КОНДРАТЮКА сроки строительства механизированных зернохранилищ были сорваны и последние на тот или иной период времени не могли быть эксплуатированы в кампанию хлебозаготовок, а будучи закончены, уже требуют больших затрат на их переоборудование.

Вышеуказанные действия подходят под признаки преступлений, предусмотренных ст.ст. 17 и 58–7 Уг. Код…» [16].

Предъявленное обвинение выглядит несколько парадоксальным, особенно на фоне результатов проверки отдела рабоче-крестьянской инспекции (далее – РКИ) при Сибкрайисполкоме, представленных на заседании 27 сентября 1929 г. Инспекция, в ходе обследования элеваторного строительства, заключала:

[11] В копиях постановления фамилия скрыта в соответствии со ст. 7 Федерального закона от 27 июля 2006 г. № 152- ФЗ «О персональных данных», однако исторический контекст и должность обвиняемого позволяют утверждать, что речь идет о П.К. Горчакове.

«…з) Тормоз со стороны Правления Союзхлеба в проведении в жизнь ценного изобретения КОНДРАТЮКА, дающий увеличение производительности норий на 72%, и недопустимая волокита Правления Союзхлеба с дачей определенного заключения по разработанному районным инж. [Горчаковым][12] и механиком КОНДРАТЮКОМ Сибирского типа элеватора – мехамбара с механической засыпкой зерна в завальные ямы, дающего удешевление на 39% против проекта Правления и большие преимущества по эффективности эксплуатации…» [17].

Таким образом, в сравнении двух источников обнажается абсурдная коллизия: результаты разработок П.К. Горчакова и Ю.В. Кондратюка, признанные РКИ как прогрессивные и экономически выгодные, в интерпретации ОГПУ, спустя всего лишь год, трансформируются в акт злонамеренного вредительства, а указанная РКИ «волокита» Правления подменяется в обвинительном заключении виной инженера. В этом контексте, прежде всего, обращает на себя внимание формула «заведомо недоброкачественная механизация». Данное словосочетание едва ли являлось продуктом конкретного технического расследования: оно представляло собой типовое юридическое клише, широко использовавшееся органами ОГПУ при конструировании обвинений по хозяйственным делам рубежа 1920–1930- х гг. Ссылка на «заведомость», то есть на сознательный и умышленный характер действий, позволяла следователям автоматически подводить любые инженерные решения и управленческие просчеты под признаки контрреволюционного преступления, не утруждая себя доказательством собственно преступного умысла.

Допросы Юрия Васильевича производились 2, 5, 8 и 10 августа 1930 г. Показания, данные механиком, подтверждают заключения РКИ от 1929 г. С большим количеством деталей и примеров Ю.В. Кондратюк разъяснял 2 августа, что Правление «Союзхлеба» опаздывало с назначением мест строительства и выбором типов строений. Так, на разъезды №29 и №32 уже были заброшены материалы и рабочая сила, но строительство отменили. В Черепаново «первоначально предполагалось строить элеватор без сушилки, потом

[12] В копиях протокола фамилия скрыта в соответствии со ст. 7 Федерального закона от 27 июля 2006 г. № 152- ФЗ «О персональных данных», однако исторический контекст и должность обвиняемого позволяют утверждать, что речь идет о П.К. Горчакове.

оказалось, что его надо строить с сушилкой», а в Бурле «большая возня была с назначением типа элеватора». Согласования точного расположение построек сталкивалось с проблемами и на уровне местных властей и взаимодействия с органами путей и сообщения, как, например, произошло в Куйтуне. По замечанию механика, Правление опаздывало с высылкой чертежей, от чего пострадали работы по постройке Канского и Коченевского элеваторов. Кроме прочего, все стройки 1927 г., как и множество других, задерживались из-за недостатка строительных материалов. Многие работы приостанавливались из-за задержек в отправке оборудования и специалистов, например, монтеров. В числе основных причин запозданий в строительстве Юрий Васильевич называл хронический недостаток рабочих – плотников и слесарей. Не всегда сходились строительные и монтажные чертежи. Конечно, отмечается и пагубная для строительства роль Сибирских расстояний [18].

В допросе, проводившемся 5 августа, механик подверг критике присылаемые из Москвы проекты механизации амбаров в различных населенных пунктах Сибири, в реализации которой принимал участие Ю.В. Кондратюк. Часть проектов дорабатывались инженерами Сибирского «Союзхлеба». Однако, говоря об этом, Юрий Васильевич отмечал: «Полагаю, что неудачность проектов, присылающихся нам из Москвы для механизации старых складов, происходила от неумения подойти к этой новой тогда задаче и от неумения дать что-либо новое сверх варьирующихся на разные лады американских стандартов. Предполагаю также и небрежное отношение к этой работе как к побочной - случайной» [19].

8 августа на допросе речь шла о конфликте, возникшем между Ю.В. Кондратюком и Сибирским Правлением «Союзхлеба». По мнению Юрия Васильевича, специалисты Правления «сопротивлялись» введению в строительство элеваторов нового, «Сибирского» типа, отдавая предпочтение «Канадскому» типу. Обращаясь к техническим характеристикам обоих проектов, помощник районного инженера обосновывает высокую эффективность и экономическую целесообразность (превосходящий в два раза объем и оперативная мощность при практически идентичной цене) постройки элеваторов именно местного типа, полагая, что «успех Сибирского проекта как бы подрывал престиж и авторитет правленской проектировки в части деревянного строительства» [20].

Наконец последний протокол, от 10 августа, содержит описание технических характеристик сушилок и работ по их строительству [21].

4 сентября 1930 г. было подписано постановление о предъявлении обвинения Ю.В. Кондратюку. Обвинение развивало формулировки, представленные еще 30 июля. Сотрудниками экономического отдела ПП ОГПУ были конкретизированы «методы вредительской деятельности», в которые были включены задержки в подготовке проектов, а также в высылке чертежей и оборудования на строительные площадки. Сам же Ю.В. Кондратюк в ходе своих допросов указывал на то, что участия в этих этапах организации работы он не принимал вовсе [22].

Отметим, что в краеведческой среде Новосибирска устоялась и активно популяризируется версия о том, что обвинение базировалось на обстоятельствах строительства уникального зернохранилища «Мастодонт» в Камне-на-Оби. Дело в том, что сушилка была воздвигнута без применения скобяных изделий и гвоздей, не имел «Мастодонт» и окончательного проекта. Согласно упомянутой версии, Ю.В. Кондратюк ложно обвинялся в преднамеренной постройке проекта, который, по убеждению сотрудников ПП ОГПУ, в скором времени «должен был бы развалиться». Зернохранилище простояло до 1990-х годов. Однако эта версия не находит подтверждений в опубликованных «Сетевым домом Кондратюка» материалах следствия. Стройка в Камне-на-Оби упоминается лишь в копии протоколах административно-технического совещания при Сибирской Краевой конторе «Союзхлеб» от 24 февраля 1930 г. Характер совещания полностью соответствует его названию – в протоколе представлены отдельные технические характеристики и описания хранилища, а также ориентировочная смета [23].

10 мая 1931 г. заседание судебной коллегии ОГПУ в Москве заочно вынесло приговор. Юрий Васильевич Кондратюк был приговорен к трем годам исправительно-трудовых лагерей (с отсчетом срока от 30 июля 1930 г.). П.К. Горчаков был приговорен к пяти годам. Еще четверо подсудимых «получили» аналогичные сроки - три и пять лет лишения свободы [11, с. 115-116]. По протесту прокурора Верховного Суда СССР П.А. Красикова, приговор был заменен ссылкой – Ю.В. Кондратюк работал в «шарашке», а точнее в Проектном бюро № 14 ПП ОГПУ при Кузбасстрое инженером-конструктором по железобетонным конструкциям [6, с. 47]. Отметим, что 27 апреля 1933 г. Ю.В. Кондратюк был досрочно освобожден и прикреплен для работы к Харьковскому Наркомтяжпрому [24].

Для понимания процесса реабилитации, как юридической, так и общественной, отдельный интерес представляет проведенное в 1958 г.

«рассмотрение в порядке надзора» архивно-следственного дела в отношении П.К. Горчакова, Ю.В. Кондратюка и др. [25].

Результаты этого рассмотрения представлены в отдельном постановлении – старший помощник прокурора Новосибирской области в принесении надзорного протеста по делу отказал. Основанием для такого решения послужило повторное установление вины осужденных прокуратурой, но и на этот раз, фактически, вина Правления «Союзхлеба» и иных смежных структур была переложена на осужденных:

«Анализ показаний обвиняемых, свидетелей и актов, сосредоточенных во 2-м томе, дела дает основание утверждать, что обвиняемые <…>, составляющие ядро инженерно-технического персонала «Сибхлебстроя», проявляли преступно- халатное отношение к порученному им делу – строительству элеваторов, навесов и сушилок в Сибири, не добивались от центра своевременных смет, проектных чертежей, стройматериалов и оборудования, в результате чего систематически срывали планы строительства, а в отдельных случаях допускали и некачественное строительство» [25].

Такая формулировка, использованная в постановлении сотрудником надзорного органа, подтверждает показания, данные Ю.В. Кондратюком в 1930 г.

Отдельный акцент в постановлении сделан на том факте, что П.К. Горчаков допускал суждения антисоветского характера, что, по замечанию старшего помощника прокурора, в 1930 г., «в постановлении о предъявлении обвинения почему-то не вменялось». Но уже в 1958 г. инженер все же был охарактеризован как «антисоветски настроенная личность». Еще одним обоснованием нецелесообразности вынесения надзорного протеста стала амнистия от 27 марта 1953 г. – «судимость со всех их снята», что, по мнению прокуратуры, делало реабилитацию излишней [25].

Этот эпизод, на первый взгляд парадоксальный для эпохи «оттепели», на деле демонстрирует глубину инерции репрессивного мышления. Текст постановления 1958 г. не только не опроверг обвинительную конструкцию 1930 г., но, по сути, воспроизвел ее.

Лишь 26 марта 1970 г., как упоминалось выше, Ю.В. Кондратюк и другие осужденные были полностью реабилитированы. Судебная коллегия по уголовным делам Верховного Суда РСФСР пришла к неутешительным для предшествующих инстанций выводам. Определение коллегии приводит все явные недочеты предъявленного в 1930 г. обвинения, включая «нарушение норм закона» в получении признаний части осужденных, и заключает:

«Других объективных доказательств вины <…> Кондратюка <…> в деле нет. Нет данных и о том, что в системе «Сибхлебстроя» существовала в те годы вредительская организация. В материалах дела есть данные о том, что при строительстве в Сибири элеваторов, мехамбаров и зарносушилок в 1927–1930 гг. допускались недочеты и упущения вследствие несвоевременной высылки из центра системы рабочих чертежей, оборудования, что задерживало строительство, но следствием не установлено, что к этому имели отношение кто- либо из привлеченных к ответственности лиц. Доказательств вины <…> Кондратюка <…> в материалах дела нет. Осуждены они необоснованно» [26].

Учла Судебная коллегия и то, что руководивший следствием по делу Кондратюка и др. начальник ПП ОГПУ был осужден к высшей мере наказания за «нарушения законности». С наибольшей долей вероятности речь идет и печально известном Л.М. Заковском, расстрелянном в 1938 г.

Теперь, после реабилитации, сотрудникам КГБ, ученым и исследователям предстояло разобраться в биографии Ю.В. Кондратюка. Причиной начавшейся «гонки» за восстановление биографии ученого стала другая «гонка» – космическая. Дальнейшее развитие темы настоящего исследования, а именно истории восстановления биографии и признания вклада Ю.В. Кондратюка в развитие космонавтики, требует дальнейшего введения в научный оборот новых источников.

Проведенный анализ материалов следственного дела Ю.В. Кондратюка позволяет сделать несколько принципиальных выводов, значимых для биографии ученого. Во-первых, «дело Кондратюка» представляет собой хрестоматийный пример того, как хозяйственные просчеты центральных ведомств плановой экономики перекладывались на плечи местного инженерно-технического персонала с последующей криминализацией их действий по политическим статьям. Показания Юрия Васильевича на допросах, детально фиксировавшие хронические задержки поставок, отсутствие своевременных чертежей и противоречивые распоряжения Правления «Союзхлеба», не были опровергнуты следствием – они были просто проигнорированы. Во-вторых, документы ставят под вопрос устойчивый краеведческий тезис, связывающий арест Кондратюка со строительством хранилища «Мастодонт» в Камне-на-Оби. Ни один из доступных следственных материалов не содержит упоминаний об этом объекте в качестве эпизода вредительской деятельности. В-третьих, история пересмотра дела, от отказа 1958 г. до реабилитации 1970 г.,

вскрывает глубокую инерцию ведомственного мышления. Прокуратура, даже в условиях «оттепели», воспроизвела логику образца 1930 года. Окончательное торжество справедливости стало возможным лишь тогда, когда изменилась сама оптика: успехи космической программы превратили Кондратюка из безвестного «врага народа» в фигуру общесоюзного масштаба, один из символов инженерного гения, заложившего фундамент для будущих космических побед.

Литература

1. Сокольский В.Н. Работы отечественных ученых – пионеров ракетной техники (исторический очерк) // Пионеры ракетной техники. Кибальчич, Циолковский, Цандер, Кондратюк. Избранные труды. М.: Наука, 1964. С. 601–633.
2. Желнина Т.М. В.Н. Сокольский – историк техники, организатор науки, наставник. К 100-летию со дня рождения // Материалы 59-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 1. Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Изд-во «Эйдос»), 2024. С. 108–126.
3. Земная проекция звездной судьбы // Наука из первых рук. 2011. Т. 37. № 1. URL: https://scfh.ru/papers/zemnaya-proektsiya-zvezdnoy-sudby/ (дата обращения: 17.07.2026).
4. Даценко А.В. «Жизнь в творческом горении. Ю.В. Кондратюк (1897–1942)». Машинописный вариант книги с дарственными надписями автора и Г. С. Мигиренко // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/publications/datsenko-a-v-zhizn-v-tvorcheskom-gorenii-yu-v-kondratyuk-1897-1942-mashinopisnyy-variant-knigi-s-dar/?ysclid=mrow2h9e61140867947 (дата обращения: 17.07.2026).
5. Даценко А.В. Жизнь в творческом горении: Об одном из пионеров ракет. техники и космонавтики Ю.В. Кондратюке. Киев: Знание УССР, 1986.
6. Малиновский В.К. Некоторые штрихи к биографии А.И. Шаргея (Ю.В. Кондратюка) // Семь искусств. 2020. №10. URL: http://actlab.ru/text/N=Article.pdf (дата обращения: 17.07.2026).
7. Романенко Б.И. Юрий Васильевич Кондратюк. М.: Знание, 1988.
8. Романенко Б.И. Живые памятники // Новатор (газета). 1973. № 18.
9. Романенко Б.И. Судьба однополчан // Новатор (газета). 1973. № 26.
10. Романенко Б. И. Звезда Кондратюка-Шаргея. Калуга: Калужская облорганизация Союза журналистов России, 1998.
11. Раппопорт А.Г. Траектория судьбы. Новосибирск: Новосибирское книжное издательство, 1990.

12. Сетевой дом Кондратюка [Электронный ресурс]. URL: https://юкондратюк.рф (дата обращения: 17.07.2026).
13. Шаргей Александр Игнатьевич (псевдоним Кондратюк Юрий Васильевич) // Новосибирск в фотозагадках. URL: https://nsk-kraeved.ru/viewtopic.php?id=218&p=2& (дата обращения: 17.07.2026).
14. Копия анкеты для арестованных и задержанных с зачислением за ОГПУ на Кондратюка Юрия Васильевича. 1930 г. // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/documents/kopiya-ankety-dlya-arestovannykh-i-zaderzhannykh-s-zachisleniem-za-ogpu-na-kondratyuka-yuriya-vasile/ (дата обращения: 17.07.2026).
15. Копия протокола обыска Ю.В. Кондратюка на 2-х листах от 30.07.1930 г. // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/documents/kopiya-protokola-obyska-yu-v-kondratyuka-na-2-kh-listakh-ot-30-07-1930-g/ (дата обращения: 17.07.2026).
16. Копия постановления об избрании меры пресечения в отношении Ю.В. Кондратюка от 30.07.1930 г. // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/documents/kopiya-postanovleniya-ob-izbranii-mery-presecheniya-v-otnoshenii-yu-v-kondratyuka-ot-30-07-1930-g/ (дата обращения: 17.07.2026).
17. Копия из протокола заседания отдела РКИ при Сибкрайисполкоме от 27.09.1929 г. о результатах обследования элеваторного строительства // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/documents/kopiya-iz-protokola-zasedaniya-otdela-rki-pri-sibkrayispolkome-ot-27-09-1929g-o-rezultatakh-obsledov/ (дата обращения: 17.07.2026).
18. Копия протокола допроса Ю.В. Кондратюка на 3-х машинописных листах от 02.08.1930 г. // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/documents/kopiya-protokola-doprosa-yu-v-kondratyuka-na-3-kh-mashinopisnykh-listakh-ot-02-08-1930-g/ (дата обращения: 17.07.2026).
19. Копия протокола допроса Ю.В. Кондратюка на 3-х машинописных листах от 05.08.1930 г. // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/documents/kopiya-protokola-doprosa-yu-v-kondratyuka-na-3-kh-mashinopisnykh-listakh-ot-05-08-1930-g/ (дата обращения: 17.07.2026).
20. Копия протокола допроса Кондратюка Ю.В. на 2-х листах от 08.08.1930 г. // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/documents/kopiya-protokola-doprosa-yu-v-kondratyuka-na-3-kh-mashinopisnykh-listakh-ot-05-08-1930-g/ (дата обращения: 17.07.2026).

21. Копия протокола допроса Ю.В. Кондратюка на 3-х машинописных листах от 10.08.1930 г. // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/documents/kopiya-protokola-doprosa-yu-v-kondratyuka-na-3-kh-mashinopisnykh-listakh-ot-10-08-1930-g/ (дата обращения: 17.07.2026).
22. Копия постановления о предъявлении обвинения в отношении Ю.В. Кондратюка от 04.09.1930 г. // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/documents/kopiya-postanovleniya-o-predyavlenii-obvineniya-v-otnoshenii-yu-v-kondratyuka-ot-04-09-1930-g/ (дата обращения: 17.07.2026).
23. Копия протокола административно-технического совещания при Сибирской Краевой конторе «СОЮЗХЛЕБ» от 24.02.1930 г. // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/documents/kopiya-protokola-administrativno-tekhnicheskogo-soveshchaniya-pri-sibirskoy-kraevoy-kontore-soyuzkhl/ (дата обращения: 17.07.2026).
24. Копия выписки из протокола заседания коллегии ОГПУ от 27.04.1933 г. о пересмотре дела № 108854 Кондратюка Ю.В. и его досрочном освобождении с прикреплением для работы к Наркомтяжпрому с использованием в г. Харькове // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/documents/kopiya-vypiski-iz-protokola-zasedaniya-kollegii-ogpu-ot-27-04-1933g-o-peresmotre-dela-108854-kondrat/ (дата обращения: 17.07.2026).
25. Копия постановления от 20.08.1958 о пересмотре архивно-следственного дела №554332 // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/documents/kopiya-postanovleniya-ot-20-08-1958-o-peresmotre-arkhivno-sledstvennogo-dela-554332-na-/ (дата обращения: 17.07.2026); ОГА СБУ. Ф. 65. Д. С-787. Т. 1. Л. 166–167.
26. Копия определения судебной коллегии по уголовным делам Верховного суда РСФСР о реабилитации Ю.В. Кондратюка и др. от 26.03.1970 г. // Сетевой дом Кондратюка. URL: https://юкондратюк.рф/documents/kopiya-opredeleniya-sudebnoy-kollegii-po-ugolovnym-delam-verkhovnogo-suda-rsfsr-o-reabilitatsii-yu-v/ (дата обращения: 17.07.2026).

УДК 629.76
eLIBRARY.RU: 55.42.49

Судаков В.С.
Sudakov V.S.
АО «НПО Энергомаш
имени академика В.П. Глушко»
Колинова С.А.
Kolinova S.A.
АО «НПО Энергомаш
имени академика В.П. Глушко»

ИЗ ИСТОРИИ РАЗРАБОТКИ ДВИГАТЕЛЯ ОРМ-65 (К 90-ЛЕТИЮ С НАЧАЛА СОЗДАНИЯ)

FROM THE HISTORY OF ORM-65 ENGINE CREATION (ON THE 90TH ANNIVERSARY OF ITS CREATION START)

Аннотация. Рассказывается об истории создания в РНИИ под руководством В.П. Глушко жидкостного ракетного двигателя ОРМ-65 для ракетоплана РП-318 и крылатой ракеты 212 конструкции С.П. Королева. Этот двигатель прошел многочисленные огневые испытания как на стенде, так и в составе летательных аппаратов. В 1939 году крылатая ракета 212 с ЖРД ОРМ-65 дважды успешно испытывалась в полете.

Ключевые слова*:* жидкостный ракетный двигатель (ЖРД), ракетоплан, огневые испытания, камера сгорания, крылатая ракета.

Abstract. History of creation of ORM-65 engine under leadership of V.P. Glushko at RNII for RP-318 rocket glider and 212 winged rocket of S.P. Korolev design. This engine conducted many fire tests as at test bench and in compositions of flying apparatus. 212 winged rocket with ORMM-65 engine had twice successful tests in flight in 1939.

Keywords: liquid rocket engine (LRE), rocket glider, fire tests, combustion chamber, winged rocket.

В этом году отмечается девяностолетие со дня начала разработки ЖРД ОРМ-65. Эти работы проводились в Москве в азотнокислотном секторе РНИИ под руководством В.П. Глушко. ЖРД был предназначен для ракетоплана РП-318 и крылатой ракеты 212 конструкции С.П. Королева.

Основной целью работ было создание ракетного двигателя, работающего на азотной кислоте, пригодного для эксплуатации на ракетах и торпедах на жидком топливе [1].

Согласно полученным в начале 1936 г. техническим требованиям должен быть получен опытный образец двигателя, отработанный и испытанный в лабораторных условиях, вполне пригодный для эксплуатации и обладающий нижеуказанным характеристикам:

1. Тяга 150-160 кг
2. Продолжительность непрерывной работы не менее 75 с (желательно 100 с)
3. Удельная тяга не менее 180 кг/кг/сек (желательно 210 кг/кг/сек)
4. Давление подачи у входа в двигатель не более 35 атм.

В соответствии с этими требованиями в процессе работы было спроектировано, построено и испытано два варианта двигателя с тягой 150 кг (ОРМ-64 и ОРМ-65) [2].

Двигатель ОРМ-64 для зажигания использовал шашку с пиропатроном, т.к. использование штатного тогда химического воспламенителя на основе белого фосфора было весьма неудобно из-за огнеопасности и самовоспламеняемости этой жидкости. Пуск проводился при начальном давлении в баках 8-12 атм.

Было проведено 3 ОИ в мае и июле 1936г, а также 3 коротких ОИ в горизонтальном положении двигателя. Суммарное время работы – 267 сек. Использовалась камера сгорания, ранее отработавшая 235 сек. Таким образом, ее наработка составила 503 сек, и она не имела никаких следов разрушения двигателя.

Этот ЖРД был собран из старых деталей двигателя на 300 кг, т. к. производство нового ЖРД ОРМ-65 было задержано в мастерских.

ЖРД ОРМ-65 отличался от ОРМ-64 в основном несколько измененной установкой форсунок и использованием охлаждаемой цилиндрической части камеры. Давление в камере – 24 атм, температура в камере – 3000 К.

С одним экземпляром ЖРД в октябре-ноябре 1936 г. было проведено 17 пусков с наработкой 927,4 с. Разрушений или повреждений не было. ЖРД ОРМ-65 был признан пригодным для эксплуатации и допущен к сдаточным испытаниям.

Характеристики ЖРД	По ТТТ	По факту
Давление подачи, атм	Не более 35	30
Тяга, кг	150-160	160
Уд.тяга, кг/кг/с	180	211
Время работы (непрерывное), с	75	более 121

Полное время работы, с	75	более 930
Вес, кг	не более 10	ОРМ-64 – 10 ОРМ-65 – 14,7 ОРМ-66 – около 7

ОРМ-65 не удовлетворял ТТТ лишь в отношении веса и габарита. Было предложено изготовить окончательный вариант ЖРД ОРМ-66, учитывающий опыт работы с ОРМ-64 и ОРМ-65 и требования в отношении веса и габаритов.

Итак, ЖРД ОРМ-65 выдерживали многократные пуски. Например, ОРМ-65 № 1 за 49 пусков наработал на земле 30,7 мин, в том числе на стенде – 20 пусков (09-11.1936г), на крылатой ракете 212 – 8 пусков – 04-09.1937 г. и 10.1938 г., на ракетоплане РП-318 – 21 пуск (12.1937 – 01.1938 г.). ЖРД ОРМ-65 № 2 на шестом пуске в марте 1938 г. проработал на ракетоплане РП-318 непрерывно 230 сек, четырнадцатый и шестнадцатый пуски выполнены при летных испытаниях крылатой ракеты 212 в январе и марте 1939 г. [3].

Испытания после марта 1938 г. проводились без участия Глушко.

Двигатель ОРМ-65 является наиболее надежным двигателем своего времени. Да и по своим параметрам, можно сказать, что он был среди лучших в мире на тот период времени ЖРД [4]. К сожалению, не удалось изготовить и испытать ОРМ-66 – дальнейшее усовершенствование ОРМ-65 с существенно уменьшенным весом и габаритами.

Литература

1. Глушко В.П. Путь в ракетной технике. Избранные труды. 1924-1946. М.: Машиностроение, 1977.
2. Судаков В.С. и др. ГДЛ. М.: НПО Энергомаш, 2021.
3. Глушко В.П. Альбом конструкций ЖРД. Часть 1. М.: Воениздат, 1958.
4. НПО Энергомаш. Путь в ракетной технике. Под ред. акад. Б.И. Каторгина. М.: Машиностроение, 2004.

УДК 93/94
eLIBRARY.RU: 03.23.55

Батченко В.С.
Batchenko V.S.
кандидат исторических наук
Институт российской истории РАН
РГАНТД
г. Москва

«ИНТЕРСПУТНИК»: ПОРЯДОК ОРГАНИЗАЦИИ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ

«INTERSPUTNIK»: ORGANIZATION AND OPERATION PRINCIPLES

Аннотация. Статья посвящена началу работы международной организации соцстран по космической связи «Интерспутник». Описана структура организации, финансовая сторона, составные компоненты, соотношение собственности объектов и этапы складывания сети космической связи соцстран.

Ключевые слова: Интерспутник, Интеркосмос, история космонавтики, космическая связь, искусственные спутники Земли.

Abstract. The text is discussed to the beginning of the work of the international organization of socialist countries for space communications "Intersputnik". The structure of the organization, the financial side, the components, the relationship of ownership of objects and the stages of the formation of a network of space communications of socialist countries are described.

Keywords: Intersputnik, Intercosmos, history of space exploration, space communication, artificial Earth satellites.

В марте 1970 г. на совещании рабочей группы «Интеркосмос» по космической связи в Улан-Баторе был подготовлен проект соглашения о международной организации «Интерспутник». Совещание одобрило программу, согласно которой «земные станции в диапазоне 4-6 Ггц для работы со спутниками связи Советского Союза могут быть построены на территориях стран-участниц в период 1971-1975 гг.» [1, л. 7об.].

15 ноября 1971 г. министры связи 9 соцстран в Москве подписали соглашение о создании международной системы связи «Интерспутник», обеспечивающей передачу программ телевидения, телефонных и телеграфных сообщений и других видов информации [2,

л. 24-26; 3, с. 217]. В рамках этой организации на территории стран-участниц расставляли станции приема и передачи сигнала от спутников «Молния». Работа этих станций способствовала развитию телефонно-телеграфной и телевизионной связи. Соглашение вступило в силу 12 июля 1972 г., позже к нему присоединились Афганистан, Вьетнам и НДРЙ [4, л. 17].

Международная организация «Интерспутник» являлась юридическим лицом, она могла «заключать договоры, приобретать, арендовать и отчуждать имущество и предпринимать процессуальные действия» [2, л. 13]. За ней закрепили местопребывание в г. Москве, а официальными языками организации признали английский, русский, французский и испанский.

Система управления «Интерспутником» выстраивалась следующим образом: во главе стоял *Совет* – его руководящий орган, в состав которого входили по одному представителю от каждого члена организации. У каждого члена совета было по одному голосу. Совет собирался не реже одного раза в год на очередные сессии. При необходимости могли собираться и внеочередные сессии [2, л. 14]. В целом совет осуществлял координацию, техническое руководство и контроль материальных ресурсов «Интерспутника».

Уровнем ниже в управлении стояла *Дирекция* – постоянный исполнительный и административный орган во главе с Генеральным директором. Генерального директора и его заместителя выбирали из членов организации сроком на 4 года, должности директора и его заместителя запрещалось занимать представителям одного государства [2, л. 18].

Финансы «Интерспутника» контролировала *Ревизионная комиссия* из трех членов, которых избирали на три года из представителей разных государств. Для обеспечения деятельности в «Интерспутнике» формировался уставный фонд, размер долевого участия в котором устанавливался «пропорционально степени использования ими <государствами – Б. В.> каналов связи» [2, л. 19]. Прибыль начислялась также в зависимости от взносов.

Составными компонентами «Интерспутника» считались: *космический комплекс* (спутники связи, бортовые средства и наземные системы управления) и *земные станции*, через которые осуществлялась взаимная связь между ИСЗ [2, л. 11]. И если космический комплекс являлся собственностью «Интерспутника» (или мог арендоваться у его членов, имеющих такие системы), то земные станции напрямую принадлежали государствам или признанным эксплуатационным организациям.

В создании международной системы связи предусматривалось три этапа: 1) опытные работы членов «Интерспутника» на своих земных станциях по использованию советских спутников связи [2, л. 12]; 2) работы «с использованием каналов связи на спутниках связи Членов Организации» [2, л. 12] на условиях аренды; 3) коммерческая эксплуатация системы связи.

На начальных этапах «Интерспутник» работала на спутниках, вращающихся по эллиптическим орбитам, затем перешли к работе на условиях аренды двух советских геостационарных спутников «Стационар-4» (14° западной долготы) и «Стационар-5» (53° восточной долготы) [4, л. 17].

К началу 1980-х годов в распоряжении уже было 12 земных станций: 7 в Европе (Болгария, Венгрия, ГДР, Польша, Чехословакия, две в СССР), 3 в Азии (Афганистан, Монголия, Вьетнам), по одной – в Центральной Америке (Куба) и Северной Америке (Алжир) [4, л. 17-18]. К 1980 г. «Интерспутник» обеспечивал передачу различных видов информации: программ цветного телевидения со звуком, радиовещания, передачу данных, телефонных, телеграфных, фототелеграфных сигналов и сигналов служебной связи [5, л. 13]. Сеть обслуживания этих двух спутников образовала три зоны:

1) западную – побережье восточной части Северной и вся Южная Америка («Стационар-4»);

2) восточную – большая часть Азии («Стационар-5»);

3) центральную – район, обслуживаемый западным и восточным спутниками одновременно (Европа, часть Среднего и Ближнего Востока, Вся Африка) [5, л. 6].

Литература

1. Архив РАН (АРАН). Ф. 1678. Оп. 1. Д. 108у.
2. АРАН. Ф. 1678. Оп. 1. Д. 174.
3. Петров Б.Н. Программа «Интеркосмос» - широкое научное сотрудничество // Наука и человечество. Международный ежегодник. М.: Знание, 1979.
4. РГАНТД. Ф. 412. Оп. 2. Д. 189.
5. РГАНТД. Ф. 13. Оп. 3-1. Д. 169.

УДК 94(47):629.78
eLIBRARY.RU: 03.23.55

Махновская М.В.
Makhnovskaya M.V.
студент
направления подготовки «История»
РУДН, г. Москва
Колпаков П.А.
Kolpakov P.A.
кандидат исторических наук
РУДН, г. Москва

ПРОГРАММА «ЭНЕРГИЯ» - «БУРАН»: ВЗГЛЯД ИЗНУТРИ (ПО ВОСПОМИНАНИЯМ ВЕДУЩЕГО КОНСТРУКТОРА А.М. МАХНОВСКОГО)

THE "ENERGIA"-"BURAN" PROGRAM: AN INSIDE VIEW (BASED ON THE MEMOIRS OF LEAD DESIGNER A.M. MAKHNOVSKY)

Аннотация. В статье на основе воспоминаний ведущего конструктора А.М. Махновского реконструируются особенности разработки электронного блока управления тормозной системой многоразового корабля «Буран». Раскрыты вопросы введения сотрудников Московского агрегатного завода «Дзержинец» в проект, внедрения новой методики наземной экспериментальной отработки систем. Обобщено личное восприятие А.М. Махновским процесса и результатов воплощения проекта создания советской многоразовой транспортной космической системы. Воспоминания вводятся в научный оборот впервые.

Ключевые слова: А.М. Махновский, «Буран», «Энергия»-«Буран», многоразовая космическая система, авиационно-космическая промышленность, тормозная система, воспоминания.

Abstract. Based on the memoirs of the leading designer A. M. Makhnovsky, the article reconstructs the features of the development of the electronic control unit for the braking system of the Buran reusable spacecraft. It also explores the introduction of employees from the Dzerzhinets Moscow Unitary Plant into the project and the implementation of a new methodology for ground-based experimental testing of systems. The article summarizes A.M. Makhnovsky's personal perception of the process and outcomes of the Soviet reusable space transportation system

project. The memories are being introduced into academic circulation for the first time.

Keywords: A.M. Makhnovskiy, «Buran», «Energia–Buran», reusable space system, aerospace industry, braking system, memoirs.

Проект «Энергия»-«Буран» был рожден в феврале 1976 г. постановлением ЦК ЦПСС и Совета министров СССР – о создании многоразовой транспортной космической системы [1, с. 76]. Проект был наукоемким, чрезвычайно масштабным, с его воплощением связывались большие перспективы для советской космонавтики. В разработке и создании систем для целей программы участвовали многие предприятия, в том числе Московский агрегатный завод (МАЗ) «Дзержинец».

Александр Менделевич Махновский работал на Московском агрегатном заводе «Дзержинец» с 1966 г. в должности инженера научно-экспериментального комплекса после окончания вечернего отделения Московского института электронного машиностроения. Организационно МАЗ «Дзержинец» состоял из двух взаимосвязанных структур: производственной базы и научно-исследовательского комплекса.

Известие о начале работы над новым проектом на предприятии было озвучено в феврале 1981 г., когда генеральный конструктор В.Д. Жарков вызвал сотрудников на совещание и сообщил, что «Дзержинец» определен разработчиком и производителем нескольких систем для «Объекта 246» [2]. «При этом он подчеркнул, что объект этот не совсем обычный, – вспоминает А.М. Махновский – Это будет некий летательный аппарат, предназначенный для полета в космос с последующим возвращением на Землю. На этом совещании присутствовал работник первого отдела, который поставил нас в известность, что сотрудники предприятия, которые будут принимать участие в работах, дадут дополнительную подписку о неразглашении полученной по проекту информации и его результатах» [2]. Первый отдел являлся режимно-секретным подразделением, обеспечивавшим доступ сотрудников к сведениям, составлявшим государственную тайну, организовывавшим секретное делопроизводство и защиту информации от утечек и хищений.

Такой особенный подход, по отзыву А.М. Махновского, вызвал удивление и интерес, так как МАЗ «Дзержинец» относился к министерству авиационной промышленности, качество его продукции контролировала «военная приемка», а большая часть сотрудников имела вторую форму секретности, позволявшую получать доступ к

документам с грифом «совершенно секретно» [2]. Сотрудники справедливо предполагали, что проект будет ответом американской программе Space Shuttle, первый запуск которого произошел в апреле 1981 г., и объектом для военно-технических задач, что и обусловило повышенный уровень секретности [3, с. 436].

Подразделению, где работал А.М. Махновский, была поручена разработка электронного блока управления тормозной системой корабля «Буран», предназначавшегося для выведения на орбиту, обслуживания на ней и возвращения на Землю космических аппаратов, космонавтов и грузов [3, с. 5-6].

«Проект «Буран» отличался тем, что впервые для ракетно-космических комплексов была решена задача наземной экспериментальной отработки составных частей системы, – так описывает разработку А. М. Махновский. – Комплексная программа наземной экспериментальной отработки орбитального корабля охватывала все составные части его системы. Было создано около 100 экспериментальных установок, 7 комплексных моделирующих стендов, 5 летающих лабораторий и 6 полноразмерных макетов орбитальных кораблей» [2]. Для сокращения объема летных испытаний создавались технологические стенды, где проводилась отработка оборудования с помощью ЭВМ.

Для реализации проекта было учреждено научно-производственное объединение «Молния», генеральным директором которого стал Глеб Евгеньевич Лозино-Лозинский – Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии и двух Сталинских премий, доктор технических наук, генерал-майор. А.М. Махновский, встретивший его во время работы, запомнил Г.Е. Лозино-Лозинского как «пожилого мужчину очень строгого вида», приятного и яркого [2]. Другим запоминающимся и интересным человеком, с которым А.М. Махновский встретился в 1983 г. во время сборки орбитального корабля для горизонтальных летных испытаний на Тушинском машиностроительном заводе, стал летчик-космонавт Игорь Петрович Волк: «Встреча с людьми такого масштаба производит неизгладимое впечатление. Мне посчастливилось встретить на своем жизненном пути еще одного столпа советского авиастроения. До этого я встречался с А.Н. Туполевым, А.А. Туполевым, Г.В. Новожиловым» [2].

Работа на предприятиях проходила увлеченно и качественно. Испытательный полет «Бурана» прошел триумфально. «Посадка оказалась в прямом смысле слова ювелирной: отклонения от запланированных показателей составили считанные метры! Вряд ли

бы даже космонавты, будь они в тот день в кабине и руководи полетом, сумели бы приземлиться точнее…» [2]. В 1988 г. корабль-космоплан совершил посадку без участия человека. Главные слова А.М. Махновского, свидетеля и непосредственного участника выдающегося проекта советской космонавтики, прозвучали так: «Прошло почти 40 лет после этого события. Но воспоминания о нем и сейчас вызывают чувство гордости и удовлетворения. Гордости за страну, которая смогла реализовать сложнейший космический проект. Проект, над которым работали 1286 предприятий, КБ и НИИ. Удовлетворение от того, что мне довелось участвовать в этом и выполнить поставленные задачи. Потом были разработки электроники для самолетов Ил-96, Ту-204, Ил-114, автоматики для зенитно-ракетных комплексов С-300. Но работа над "Бураном" занимает особое место в моей жизни» [2].

Литература

1. Бровкин А.Г. Автоматическая посадка беспилотного многоразового орбитального корабля «Буран» / А.Г. Бровкин, В.Г. Кравец // Космическая техника и технологии. – 2014. – № 1(4). – С. 75-85.
2. Воспоминания А.М. Махновского о разработке космического корабля «Буран» // Личный архив М.В. Махновской.
3. Многоразовый орбитальный корабль «Буран»/ Ю.П. Семенов, Г.Е. Лозино-Лозинский, В.Л. Лалыгин, В.А. Тимченко и др.; Под ред. Ю.П. Семенова и др. – М.: Машиностроение, – 1995. – 448 с.

УДК 94(47):629.76
eLIBRARY.RU: 03.23.55

Ситникова М.В.
Sitnikova M.V.
магистр кафедры истории России
РУДН
г. Москва

РАЗВИТИЕ ИДЕЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В РАБОТАХ Ф.Ю. ЗИГЕЛЯ

THE DEVELOPMENT OF THE IDEAS OF K.E. TSIOLKOVSKY IN THE WORKS OF F.YU. SIEGEL

Аннотация. Работы Ф.Ю. Зигеля, включая его смелые и часто критикуемые официальной наукой уфологические изыскания, являются научным продолжением заветов К.Э. Циолковского. Ф.Ю. Зигель адаптировал теоретико-философские идеи к реалиям второй половины XX века, разработав на их основе собственные гипотезы. Для их подтверждения он собрал доказательную базу (сообщения, публикации, наблюдения и т. д.), которая требует дальнейших разработки и исследования.

Ключевые слова: К.Э. Циолковский, Ф.Ю. Зигель, русский космизм, феномен НЛО, панспермия, внеземные цивилизации.

Abstract. The works of F.Yu. Zigel, including his bold and often criticized ufological inquiries by official science, represent a scientific continuation of the teachings of K.E. Tsiolkovsky. F.Yu. Zigel adapted theoretical and philosophical ideas to the realities of the second half of the 20th century, developing his own hypotheses based on them. To support these hypotheses, he gathered a body of evidence (reports, publications, observations, etc.) that requires further development and research.

Keywords: K.E. Tsiolkovsky, F.Yu. Zigel, Russian cosmism, the UFO phenomenon, panspermia, extraterrestrial civilizations.

В настоящее время люди с все большей тревожностью всматриваются в глубокое звездное небо и с нарастающим ужасом ждут возможного контакта с внеземными цивилизациями. Поколения, выросшие на «Секретных материалах», «Чужом» и прочих глобальных франшизах, считают, что инопланетные гости сразу будут настроены к человечеству негативно – как захватчики. Недавно даже Организация Объединенных Наций запретила населению Земли отвечать на

сигналы из космоса, возможно имеющие искусственное происхождение [1]. Вселенная представляется многим людям «темным лесом», в котором мы никого не видим, но сами становимся объектом наблюдения.

Но еще совсем недавно наши соотечественники смотрели на небо даже не с надеждой, а с твердым убеждением об обитаемости Вселенной. «…Наш Млечный Путь содержит около миллиарда планетных систем, подобных нашей. <…> Значит, Млечный Путь кишит жизнью, как и наша крохотная Солнечная система…» [2, с. 13]. С развитием гипотезы панспермии – концепции, согласно которой жизнь зародилась за пределами нашей планеты и только позже была принесена на Землю сквозь космическое пространство – эта идея становилась все более реалистичной.

Во многих утверждениях Константина Эдуардовича можно увидеть не только уверенность в том, что человечество не одиноко даже в собственной Галактике, но и непоколебимую веру в братство эволюционирующих миров. Особенно глубоко эту идею он развивает в произведении «Любовь к самому себе, или истинное себялюбие» [2].

Эту веру в начале эры покорения космоса и развил Феликс Юрьевич Зигель, выдающийся советский математик, астроном и доцент Московского авиационного института. Родоначальник отечественной уфологии, он решил найти эмпирические доказательства существования внеземных цивилизаций.

Свою монографию «Вам, земляне» Зигель начинает с цитаты Циолковского и неспроста. В ней он обосновывает неизбежность существования иных форм жизни в нашей Вселенной, опираясь на всю ту же гипотезу панспермии и на космический эволюционизм по заветам Константина Эдуардовича. Феликс Юрьевич исследовал химический состав метеоритов и увидел, что углерод, вода и органика вполне распространенные вещества, и, таким образом, жизнь на Земле – это лишь один из многих случаев появления углеродной формы жизни. Отвечая на вопрос «Станет ли человечество космической цивилизацией?» ученый утверждает, что без цели встретиться с иным разумом у человечества нет стремления вырваться из своей «колыбели». А наше одиночество носит лишь временный – технологический – характер.

И в этом же тезисе Ф.Ю. Зигель вступает в конфронтацию с русскими космистами: если те были убеждены в высшей миссии людей в космическом пространстве, то Феликс Юрьевич считает это «попыткой объять необъятное» - неподъемной миссией, тщеславием с нашей стороны [3].

В своих исследованиях Феликс Юрьевич пошел намного дальше теоретических изысканий: он выдвинул гипотезу об уже происходящем пассивном контакте «нашей» и «чужих» цивилизаций. В ноябре 1967 года он выступил по телевидению с просьбой о любой информации об НЛО (неопознанных летающих объектах). Для Зигеля именно феномен НЛО представлялся свидетельством той самой «населенности Вселенной», о которой грезил Циолковский.

Несмотря на недоверие официальной науки, Ф.Ю. Зигель подходил к своим исследованиям с критической точки зрения и призывал ученых не повторять ошибок прошлого, когда отрицание непознанного мешало развитию истинного научного знания, как например, отрицание существования антиматерии или геоцентрическая система мира.

Идея Циолковского об иных цивилизациях в работах Зигеля переходит из теории и философской картины мира в практическую программу их поиска. Отрицание их существования, по его мнению, это отрицание существования Америки до ее открытия. Становится весьма логичной цепочка: если Вселенная населена (по Циолковскому), и мы можем это доказать (по Зигелю), то выходит, что контакт неизбежен.

Но официальная наука, особенно в лице академика Льва Андреевича Арцимовича, объявила феномен НЛО «недобросовестной и антинаучной информацией», что фактически стало приговором для новой области изучения. Тем временем Зигель собирает материальную базу для опровержения данной позиции: механические разрушения, термические повреждения, необычные вещества, воздействие на биосферу и хроноаномалии.

Выделяются новые методы исследования, что подтверждает научный подход к проблеме, например, метод биофизической локации, метод микробиологической индикации, «эффект [Рэма] Варламова».

Константин Эдуардович Циолковский также верил, что космос – это территория высокодуховная и благородная. Чтобы человечество вышло на этот рубеж, необходимо «повзрослеть», вырасти в нравственном плане. Феликс Юрьевич этим обосновывал скрытность контактов других цивилизаций: люди еще не готовы к общению, а инопланетяне лишь присматривают за нами и интересуются нашим развитием (гипотеза «зоопарка» Джозефа Аллена Хайнека). Оба ученых видели проблему не в них, а в нас – неопознанное у большинства людей вызывает не радость и исследовательский интерес, а страх и даже агрессию.

Еще одним интересным моментом связи идей Циолковского и Зигеля (а также Чижевского) стало изучение влияния Солнца на окружающий человека мир. Как Константин Эдуардович связывал человека с солнечной энергией, так и Феликс Юрьевич стал продолжателем развития новой науки - гелиобиологии. Его книга «Виновато солнце», вдохновленная трудами Александра Леонидовича Чижевского, расширяет эту сферу. В том числе речь идет о влиянии солнечных пятен на исторические события на Земле. Интересно, что первым, кто подтвердил их существование (до этого пятна считались оптической иллюзией), был другой известный выходец из Вятки (самый известный, конечно же, Циолковский) – первый русский астрофизик Матвей Матвеевич Гусев, основатель журнала «Вестник математических наук».

Литература

1. Ученым советуют не передавать сообщения пришельцам без консультаций с ООН // РИА НОВОСТИ – 2026. – URL: https://ria.ru/20260701/kosmos-2102037920.html?ysclid=mrmcff6tvk870568975 (дата обращения: 13.07.2026).
2. Циолковский К.Э. Любовь к самому себе, или истинное себялюбие... / К. Циолковский. - Калуга: автор, 1928 (тип. Кал. губ. сов. нар. хоз.). - 39 с.
3. Зигель Ф.Ю. Вам, земляне / Ф.Ю. Зигель. - Москва: Недра, 1976. - 236 с.
4. Зигель Ф.Ю. Виновато солнце: [для старшего возраста] / Ф.Ю. Зигель [ил.: В. Пименов]. - Москва: Дет. лит., 1972. - 192 с.
5. Зигель Ф.Ю. Вторжение инопланетян: битва за Землю продолжается… / Феликс Зигель. - Москва: Алгоритм, печ. 2012. – 253 с.
6. Зигель Ф.Ю. Жизнь в Космосе. - Минск: Наука и техника, 1966. - 196 с.
7. Зигель Ф.Ю. Феномен НЛО: Наблюдения и исслед. / Феликс Зигель; [Предисл. Т.Ф. Константиновой-Зигель]. - Москва: Инвенция, 1993. - 200 с.

УДК 629.78
eLIBRARY.RU:89.01.00

Мусатова Т.П.
Musatova T.P.
Союз журналистов Москвы

Ю.П. ПОХИТОНОВ – ХРАНИТЕЛЬ ПАМЯТИ КИНОСТУДИИ «ЦЕНТРНАУЧФИЛЬМ»

Yu.P. POKHITONOV - THE KEEPER OF THE HISTORY OF THE TSENTRNAUCHFILM FILM STUDIO

Аннотация. Последний руководитель музея киностудии «Центрнаучфильм» Ю.П. Похитонов (12.04.1937-09.01.2026), его вклад в развитие российского кинематографа на тему специальных видов киносъемок. Ю.П. Похитонов доказал первенство России в кинематографе.

Ключевые слова: киностудия «Центрнаучфильм», музей киностудии «Центрнаучфильм», руководитель музея Юрий Петрович Похитонов, киноматериалы о космосе и космонавтике.

Abstract. The last head of the Tsentrnauchnfilm Film Studio Museum was Yu.P. Pokhitonov (1937–2026) and his contribution to the development of Russian cinema focused on the topic of special types of filming. Yu.P. Pokhitonov proved Russia's primacy in cinema.

Keywords: Tsentrnauchfilm Film Studio, Tsentrnauchfilm Film Studio Museum, the director of the museum is Yuri Petrovich Pokhitonov, film materials about space and cosmonautics.



Юрий Петрович Похитонов

Юрий Петрович Похитонов родился 12 апреля 1937 года во Владивостоке. В 1953 году окончил 7 классов средней школы города Владивостока. В 1957 году окончил при Московском государственном университете (МГУ) им. М.В. Ломоносова курсы фотографии и кинематографии.

1957 - 1959 гг. - служба в армии в Калининграде.

В 1961 - 1966 гг. - начальник лаборатории Института вирусологии им. Д.И. Ивановского (РАМН).

С 1966 - 1969 гг. - ассистент кинооператора на киностудии «Центрнаучфильм».

В 1974 году окончил вечернее отделение кинооператорского факультета ВГИКа, а параллельно работал с 1969 – 1974 гг. заведующим лабораторией ВГИКа.

1974 - 1997 гг. работал в Научно-исследовательском кинофотоинституте (НИКФИ) инженером и старшим инженером.

В 1997 году вернулся на киностудию «Центрнаучфильм» уже главным механиком. С его легкой руки начинается сотрудничество с Политехническим музеем: в музей передается кинематографическая аппаратура, и формируется тематическая выставочная экспозиция, где лекции читал Ю.П. Похитонов, а впоследствии, с 2001 года проходили научные конференции, в которых он постоянно принимал участие.

С 2014 года по 25.01.2024 - руководитель музея «Центрнаучфильм».

Под руководством Ю.П. Похитонова разработаны методики, технологии и аппаратура для микро- и макросъемок, комбинированных киносъемок и объемной мультипликации.

Ю.П. Похитоновым опубликовано свыше 30 печатных работ по истории киноаппаратуры и на тему специальных видов киносъемок. В Российском государственном архиве научно-технической документации (РГАНТД) хранятся статьи Ю.П. Похитонова и рабочие материалы к ним, доклады и рефераты, отчеты о научно-исследовательской работе, сценарии научно-популярных и учебных фильмов, заявки на рационализаторские предложения, документы по разработке аппаратуры для специальных видов киносъемки, книги монографии, подготовленные к печати и фотокомплекс к ним.
Ю.П. Похитонов в своей научно-исследовательской работе «Путь России к кинематографу» доказал, что и в кинематографе Россия была первой [5].

В музее «Центрнаучфильм» была представлена действующая панорама проекта «Буран» - первого видеотренажера, на котором экипажи космонавтов тренировались осуществлять посадку на Землю, работу которого Ю.П. Похитонов с гордостью всегда демонстрировал, проводя экскурсии по музею. Киностудия «Центрнаучфильм» за эту разработку получила Благодарность Академии Наук СССР.

Ю.П. Похитонов тесно сотрудничал с ГМИК имени К.Э. Циолковского.

Умер Юрий Петрович Похитонов 9 января 2026 года в Боткинской больнице. После расформирования музея, сердце его не выдержало.

Выставочную экспозицию музея «Центрнаучфильм» за четыре дня с 22 по 25 января 2024 года, поставив перед фактом руководителя, развезли в три разных места: на киностудию имени М. Горького (призовой и подарочный фонд), где «Центрнаучфильм» был одним из подразделений; в Левобережную Администрацию, приехавшие ее представители 24.01.2024 г. в течение 1,5 часов забрали, не упаковав всю действующую съемочную аппаратуру 1950-х годов; в Институт современного искусства, которому передали тренажер для космонавтов "Буран" и технику для микро- и макросъемки с микроскопом и специальными линзами.

В музее киностудии «Центрнаучфильм» хранилась книга отзывов и папка с благодарственными письмами Ю.П. Похитонову за интереснейшие экскурсии и демонстрацию съемочной аппаратуры, как от школьных учителей, приводивших целые классы ребят, и от организации общества инвалидов «Хамовники», так и от студентов режиссерского курса кино и телевидения, а также от студентов

журналистики РГГУ и от мн. др.

Юрий Петрович Похитонов, Почетный кинематографист России (17.10.2003), был награжден Золотой медалью ВДНХ за успехи в народном хозяйстве СССР - за комплекс осветительной аппаратуры для специальных видов киносъемок (01.12.1986), имел звание Ударника коммунистического труда (1984), Ветерана труда (31.12.2004) и неоднократно за свою деятельность был отмечен Почетными грамотами Министерства культуры РФ.

Литература

1. Центрнаучфильм // Википедия: Свободная энциклопедия. URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/Центрнаучфильм?ysclid=mpq77wo22t727303965 (дата обращения: 29.05.2026)
2. Первый полет человека в космическое пространство // Википедия: Свободная энциклопедия. URL:https://web.archive.org/web/20121031044242/http://ru.wikipedia.org/wiki/Первый_полет_человека_в_космическое_пространство (дата обращения: 29.05.2026)
3. Список фильмов киностудии «Центрнаучфильм». Снова к звездам (1961 г.) // Википедия: Свободная энциклопедия. URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_фильмов_киностудии_«Центрнаучфильм»?ysclid=mprlibivu1584883936 (дата обращения: 29.05.2026)
4. В космосе «Восход» // Википедия: Свободная энциклопедия. URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/В_космосе_«Восход» (дата обращения: 29.05.2026)
5. Похитонов Ю.П. Путь России к кинематографу // Сборник материалов научно-практической конференции «Кинооператорское искусство России. Традиции и новаторство». 2013. С. 94-105.
6. Братья Люмьер // Википедия: Свободная энциклопедия. URL:https://ru.wikipedia.org/wiki/Братья_Люмьер?ysclid=mpqbhjq7hj96404938 (дата обращения: 29.05.2026)

УДК 93/94
eLIBRARY.RU: 03.00.00

Максимовская Н.А.
Maximovskaya N.A.
Союз журналистов России

ЛИТОГРАФИЯ Р.К. ЖУКОВСКОГО «ВОЗВРАЩЕНИЕ ВОЗДУХОПЛАВАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ИЗ БОМБЕЯ, ЧЕРЕЗ КАЛУГУ, В ЛОНДОН» (1843) КАК ИСТОРИКО-КРАЕВЕДЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК

R.K. ZHUKOVSKY'S LITHOGRAPH "THE RETURN OF THE AERIAL MACHINE FROM BOMBAY VIA KALUGA TO LONDON" (1843) AS A HISTORICAL AND LOCAL HISTORY SOURCE

Аннотация. Предпринята попытка установить исторические связи литографии Р.К. Жуковского «Возвращение воздухоплавательной машины из Бомбея, через Калугу, в Лондон» (1843) с калужской землей»; выдвинута версия пребывания художника в Калуге и создания рисунка к литографии с натуры. Прослеживается судьба одного из печатных экземпляров литографии, подаренного в 1932 г. А.А. Родных К.Э. Циолковскому.

Ключевые слова: Рудольф Казимирович Жуковский Литография «Возвращение воздухоплавательной машины из Бомбея, через Калугу, в Лондон».

Abstract. An attempt has been made to establish the historical connections between R.K. Zhukovsky's lithograph "The Return of the Aerial Machine from Bombay, via Kaluga, to London" (1843) and the Kaluga region; a theory has been put forward that the artist stayed in Kaluga and created the drawing for the lithograph from life. The fate of one of the printed copies of the lithograph, which was donated in 1932 by A.A. Rodnykh to K.E. Tsiolkovsky, is traced.

Keywords: Rudolf Kazimirovich Zhukovsky, lithograph "The Return of the Aerial Machine from Bombay, via Kaluga, to London".

Название литографии в подлинном написании под изображением – «ВОЗВРАЩЕНИІЕ ВОЗДУХОПЛАВАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ИЗЪ БОМБАЯ, ЧРЕЗЪ КАЛУГУ, ВЪ ЛОНДОНЪ» (далее для краткости - *«Аэроплан Хенсона над Калугой»*). Изображение сопровождается пояснительной надписью внизу, приводимой здесь с сохранением

пунктуации: «МИТРОФАНЪ А МИТРОФАНУШКА! ПОЛНО-ТЪ СПАТЬ, ПОГЛЕДИ ЧТО ЗА ЧУДО ЛЪТИТЪ». В левом нижнем углу - литографированная авторская подпись «Р. Жуковский» [1-2].

На литографии изображен аэроплан, пролетающий над Калугой, над правым берегом Оки, с выстроенными в ряд на плавном подъеме домиками и группой крестьян на заднем плане, размахивающими граблями, рогатинами и баграми, приветствующими невиданное чудо в небе, похожее на оставляющего дымящийся след дракона. В центре этой комической литографии изображен валяющийся на земле пьяный мужик и его, сильно взволнованная происходящим жена, которая решительно теребит его, пытаясь разбудить; при этом она показывает на небо, в котором летит диковинное сооружение. Все это мастерски изображенное карикатурное действо происходит на фоне отдаленного левобережья Калуги, усыпанного храмами, причем с точно выписанными, и, частично узнаваемыми, церквями и другими объектами.

Изображенный аэроплан, который, естественно, никогда не летал, связан с проектом англичанина Уильяма Сэмюэля Хенсона (1842). Проект был широко разрекламирован в европейской прессе, вызвал невероятный интерес и большие, но несбывшиеся мечты об обещанном полете по небу до Индии за четыре дня. Испытания малой модели были неудачными и публика утратила доверие к изобретателю «летающей кареты», на которую легковерные поклонники выделяли деньги. Появились карикатуры, а сам изобретатель получил прозвище «Mad-man Henson» - «Сумасшедший Хенсон».

История с аэропланом Хенсона не оставила равнодушным и Рудольфа Казимировича Жуковского (1814 – 6/18 ноября 1886 года), известного петербургского художника польского происхождения, талантливого живописца, портретиста, баталиста, особо преуспевшего в жанре карикатуры, изобразившего гипотетический полет аэроплана Хенсона в русском духе - с шаржированными народными персонажами и вложившего в это произведение острый ум, тонкое чувство юмора и блистательное мастерство рисовальщика-литографа сатирических народных сцен, которое являлось в ту пору непревзойденным. Р.К. Жуковский признан выдающимся графиком, мастером литографии и карикатуры середины XIX в.

Литография вошла в серию, или альбом *«Русские народные сцены» («Scènes populaires russes»)* 1843 г. под номером 36. Альбом состоял из 50-ти сатирических литографий. и содержал карикатуры на купечество и простонародье 1840-х гг., характеризуя быт и нравы того времени. В трудах историка искусства В.А. Верещагина отмечается, что они были

отпечатаны в литографии Лемерсье в Париже. Тиражи были немалыми. Распродавались тысячами как в России, так и за рубежом.

Растиражированная литография *«Аэроплан Хенсона над Калугой»*, была выпущена в черно-белом и цветном изображениях. Черно-белый вариант можно увидеть в ряде книжных и журнальных изданий [3-5]. В 1940 г. она была опубликована в книге Б.Н. Воробьева «Циолковский»; в 1960-е годы вошла в три издания книги Арлазорова «Циолковский» [6, 7]. А в цветном изображении литография отложилась в собраниях трех российских музеев: ГМИИ им. А.С. Пушкина, Музея В.А. Тропинина и московских художников его времени и ГЦТМ им. А.А. Бахрушина. Установлено также, что в последние годы литография дважды экспонировалась в числе других работ этого автора на выставках *«Мир в зеркале повседневности»* (2022) и *«Бич сатиры. Сатира в изобразительном искусстве России XIX века»* (2024) в музее В.А. Тропинина и московских художников его времени.

Случайно ли калужская земля была выбрана Рудольфом Жуковским для рисунка с пролетом над ней иноземного аэроплана Хенсона за сто с лишним лет до того, как она стала называться колыбелью космонавтики?! И почему художник не выбрал другое, такое же отсталое, глухое, провинциальное местечко центральной России - но по прямому, а не крюкообразному, под углом под сто градусов (Бомбей-Калуга-Лондон) маршруту?!

Какая-либо информация о пребывании Р.К. Жуковского в Калуге не выявлена. Хотя изображение на литографии невольно говорит о том, что он был (бывал) в этих местах. На левом берегу Оки просматриваются некоторые и сегодня известные объекты, такие как Троицкий собор и храм Жен Мироносиц. Да и не поспоришь с тем, что общие черты рядком выстроенных крестьянских домишек правого берега Оки как будто списаны с изображений так называемой Гамаюнщины Правобережья с ромодановскими двориками на фотографиях конца XIX - начала XX вв.

Немаловажно, что Р.К. Жуковский имел привычку писать с натуры [14, 15]. Изучение истории фотографии дает основание утверждать, что он не мог воспользоваться изображениями на фотоснимках. Также художник вряд ли мог использовать единственный известный нам рисунок с четким изображением объектов левобережья Калуги того периода со стороны правого берега Оки, выполненный немецким ученым Иоганном Генрихом Блазиусом в сентябре 1840 г. во время посещения Калуги в составе геологической экспедиции. Рисунок вошел в книгу этого автора *«Путешествие по Европейской России в 1840-1841 годах»*, которая была издана в 1844 г., то есть годом позже появления литографии *«Аэроплан Хенсона над*

Калугой» [17]. Отсутствие в настоящее время доказательства пребывания Рудольфа Жуковского в Калуге не мешает, однако, полагать с большой долей вероятности, что он здесь был или бывал. Документальное подтверждение этого факта имело бы немаловажное значение с краеведческой и исторической точек зрения. Родственные связи художника с другими представителями старинного дворянского рода Жуковских, проживавших на территории Калужской губернии, у которых мог гостить Рудольф Казимирович, установить не удалось. Однако не исключено, что он мог состоять в родственных связях с Николаем Васильевичем Жуковским (1794-1852), который был губернатором Калужской губернии с 21 марта 1837 г. по 10 августа 1843 г. – напомним еще раз: литография изготовлена в 1843 г. Имеются данные, что Н.В. Жуковский, хотя и выходец из других мест – из Оренбургской губернии, но также, как и Р.К. Жуковский, имел польские корни.

Один из печатных экземпляров литографии связан с К.Э. Циолковским, хотя, судя по находящимся в нашем распоряжении сведениям, сам ученый ее так и не увидел. Известно, что к 75-летнему юбилею Константина Эдуардовича эту литографию ему в качестве подарка передал через инженера Б.Н. Воробьева историк воздухоплавания А.А. Родных, о чем сообщил ученому: *«Многоуважаемый Константин Эдуардович!* – писал Родных. – *Ввиду предстоящего Вашего юбилея и празднования его, судя по газетам, в Москве, куда я не смогу попасть, я дал одному москвичу, которого Вы, вероятно, знаете, инж. Воробьеву Борису Никитичу, для передачи Вам юбилейный подарок, который, думаю, будет интересен Вам по изображению родной Вам Калуги с летящим над нею аэропланом англичанина Генсона и, вообще, по необычайной редкости этой литографии 1843 г., нарисованной художником Жуковским и отпечатанной в Париже…»* [8].

Однако к юбилею Циолковский этот подарок не получил. Председатель секции научных работников, будущий биограф ученого С.И. Самойлович, участвовавший в организации праздника и сопровождавший Циолковского дважды в поездках в Москву по случаю его юбилея, точно знал, что в Калугу Воробьев тогда не приезжал, но и не передавал литографию в Москве, иначе это было бы Сергею Ивановичу известно. Информация о посещении Циолковского Воробьевым в последующие три года не выявлена. В похоронах ученого Воробьев не участвовал. Да и сам Циолковский нигде не писал о подаренной ему литографии, что подтверждают авторитетные исследователи. Позднее С.И. Самойлович занимался поисками

литографии. В письме, адресованном Архиву Академии наук СССР (и двум др. адресатам), датированном 5 августа 1962 г., он задается вопросом, куда могла деться литография, переданная ученому историком Родных через Воробьева, если она *«не оказалась ни у юбиляра, ни в архивах»* [9]. О безрезультатных поисках литографии в Архиве АН СССР имеется запись в одном из 454-х дел фонда С.И. Самойловича в ГМИК им. К.Э. Циолковского: *«Все дела К.Э. Циолковского представитель ЦС Осоавиахима т. Ильин укладывал в ящики 20 сент. 1935 года для отправки их в Москву в моем присутствии и Л.К. Циолковской. Дела сданы на государственное хранение в Архив Гражданского Воздушного Флота, которым заведовал Б.Н. Воробьев, а затем переданы в Архив Академии наук СССР, но самой литографии в Архиве АН СССР не обнаруживается»* [10].

Но литография все же появилась в доме Циолковских. Правда, непонятно, каким образом. Старшая дочь ученого, Любовь Константиновна (согласно ее воспоминаниям от 13.11.1938) обнаружила ее во дворе нового дома Циолковского (ул. Циолковского, № 1) возле мастерской, предположив, что литографию могли выронить при переезде из старого дома [11]. Но из другого, более достоверного источника, хранящегося в фондах ГМИК им. К.Э. Циолковского, узнаем, что на 17-й день после кончины отца, 6 октября 1935 г. Любовь Константиновна пишет письмо А.А. Родных со следующими словами: *«Многоуважаемый Александр Алексеевич! Извините за поздний ответ. Это объясняется тем, что я только сегодня нашла литографию "Аэроплан над Калугой" ...»* [12].

Литография была передана в Дом-музей К.Э. Циолковского, очевидно, на стадии его формирования, где она экспонировалась продолжительное время. Никаких регистрационных записей касательно поступления, экспонирования или хранения, а тем более пропажи (утраты) экспоната, в фондах не выявлено. Доказательством того, что она в экспозиции была, является старый негатив на стекле, датированный по журнальной записи фондов ГМИК им. К.Э. Циолковского «до 1957 г.» [13], с изображением именно этой литографии на фоне других материалов, входивших в экспозицию Дома-музея. Старейший научный сотрудник музея А.В. Манакин, также подтверждал, что видел эту литографию в Доме-музее К.Э. Циолковского, будучи школьником, во время посещения музея с одноклассниками-пионерами, то есть в середине 1950-х годов.

Таким образом, можно очертить более-менее точные границы относительно времени пропажи «калужской» литографии: вторая

половина 1950-х годов – не позднее августа 1962 г. Другой, на полтора года более ранней, крайней датой исчезновения «калужской» литографии с большой долей достоверности можно было бы посчитать дату публикации 05.02.1961 заметки сотрудника Дома-музея В.С. Зотова «Бомбей – Калуга – Лондон», с фотокопией литографии и комментарием к ней, опубликованной в том году в журнале «Огонек», № 6, где, как ни странно, нет упоминания о присутствии экспоната в экспозиции музея или хотя бы о его непосредственной причастности к Циолковскому [5]. Будучи ответственным музейным работником, Зотов не мог бы об этом не сказать. Значит, к этому моменту литографии здесь уже не было.

Так что же случилось? Бумажный экспонат «потерялся» из экспозиции Дома-музея Циолковского?.. Или был кем-то незаконно присвоен?.. Или мог быть утрачен во время ремонта Дома-музея на «заре космонавтики» ?..

Несмотря на оставшиеся неразрешенными отдельные вопросы, следует все же признать, что Рудольф Жуковский как будто предвидел будущее калужской земли и что его имя навсегда связано с Калугой Циолковского через удивительную, старинную литографию *«Возвращение воздухоплавательной машины из Бомбея, через Калугу, в Лондон»,* которую писатель Лев Кассиль назвал пророческой [18].

Литература

1. Аукционный Дом Литфонда. www/litfund.ru. Аукцион № 559 от 9.03.2024 г., лот 4. Литография 1843 г. «Возвращение воздухоплавательной машины из Бомбея, через Калугу, в Лондон».
2. Варшавский Л.Р. Русская карикатура 40-50-х гг. XIX в. М.-Л., 1937. С. 53-54, 100.
3. Воробьев Б.Н. Циолковский. Серия: ЖЗЛ. М., 1940. С. 13.
4. Арлазоров М. Циолковский. Серия: ЖЗЛ. Изд. 1-е. М., 1962; Изд. 2-е. М., 1963. С. 291, 160 (вклейка); Изд. 3-е. М., 1967. С. 221, 160 (вклейка).
5. Зотов В. Бомбей - Калуга -Лондон // Огонек. 5 февр. 1961. № 6.
6. Самойлович С.И. Письмо М.С. Арлазорову. 08.11.1962 // Фонды ГМИК. Ф. 4. Оп. 1. Д. 193. Л. 76-77.
7. Арлазоров М.С. Письмо С.И. Самойловичу. 15.11.1962 // Фонды ГМИК. Ф. 4. Оп. 1. Д. 193. Л. 78.
8. Константин Эдуардович Циолковский. 1857-1932. Юбилейный сб. М.-Л., 1932. С. 66.

9. Самойлович С.И. Письмо в Архив Академии наук СССР, В.Н. Чухрову, В.Г. Пленкову. 05.08.1962 // Фонды ГМИК. Ф. 4. Оп. 1. Д. 193. Л. 19-20.
10. Самойлович С.И. Записи о поиске литографии, подаренной Циолковскому // Фонды ГМИК. Ф. 4. Оп. 1. Д. 8. Л. 73.
11. Циолковская Л.К. Дневник Л.К. Циолковской // Знамя. 29 авг. 1992.
12. Циолковская Л.К. Письмо А.А. Родных от 6.10.1935 // Фонды ГМИК. Ф. 2. Оп. 1. Д. 21.
13. Литография, подаренная Циолковскому, среди экспонатов Дома-музея К.Э. Циолковского. Не позднее 1957 г. // Фонды ГМИК. Негатив, стекло. НВФН-102.
14. Русское искусство середины XIX в.: очерки о жизни и творчестве художников. М., 1958. С. 63-78.15. Стернин Г.Ю. Рудольф Казимирович Жуковский. М., 1954. С. 12-13, 28-30.
16. Роянова Г. Калужские мотивы в произведениях и рисунках В.А. Жуковского // Калужское наследие. 2021. № 3(15). С. 18-23.
17. Курбацкий А. «Взору предстает город, словно помещенный в большой полумесяц, как будто окруженный Окой»: Калуга в 1840 году глазами немецкого натуралиста // Калужское наследие. 2023. № 2 (22). С. 58-69.
18. Кассиль Л. Человек, шагнувший к звездам. М., 1958. С. 10.

УДК 93/94
eLIBRARY.RU: 03.00.00

Мишина-Голубева Е.А.
Mishina-Golubeva E.A.
г. Москва

ОТРАЖЕНИЕ ИДЕЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В ТВОРЧЕСТВЕ ХУДОЖНИКА АЛЕКСАНДРА ГОЛУБЕВА

REFLECTION OF K.E. TSIOLKOVSKY'S IDEAS IN THE WORK OF ARTIST ALEXANDER GOLUBEV

Аннотация. В творчестве калужского художника-космиста А.А. Голубева нашли воплощение многие идеи К.Э. Циолковского – об освоении воздушного и космического пространства, многообразии форм жизни в космосе, «богатствах Вселенной» (неограниченных запасах энергии Солнца и звезд, вещества малых небесных тел для

строительства в космосе), неизбежности распространения человечества за пределами Земли.

Abstract. The report is devoted to the reflection of the ideas of K.E. Tsiolkovsky in the paintings of the Kaluga artist-cosmist A.A. Golubev. In his work, the artist embodied such ideas of the scientist as the problems and ways of developing air and space, the diversity of life in space, the "wealth of the Universe" (unlimited reserves of energy of the Sun and stars, the substance of small celestial bodies for construction in space); reflected the stages of development of the earthly civilization within the framework of Tsiolkovsky's concept of space exploration etc.

Ключевые слова: художник Александр Анатольевич Голубев, город Кондрово Калужской области; картина «Посвящение гению», картина «Грезы о Земле и небе»; идеи К.Э. Циолковского в живописи; «художник, который видел звезды вопреки судьбе».

Keywords: Artist Alexander Anatolyevich Golubev, Kondrovo, Kaluga Region; painting "Dedication to a Genius", painting "Dreams of Earth and Sky"; ideas of Konstantin Tsiolkovsky; "an artist who saw stars despite fate".

Александр Анатольевич Голубев – художник-космист (1956-2025), родился в городе Кондрово Калужской области в семье учителей. В 1979 г. окончил филологический факультет Калужского государственного педагогического института имени К.Э. Циолковского. Работал учителем в средних школах и в детской школе искусств Дзержинского района Калужской области. Живописью увлекался с детства. Идеями К.Э. Циолковского Голубев проникся в 1980-е годы, серьезно занявшись изучением трудов ученого «Исследование мировых пространств реактивными приборами», «Космические ракетные поезда», «Альбом космических путешествий», «Вне Земли», «На Луне». Глубокому осмыслению личности и научного творчества Циолковского способствовало также знакомство Голубева с внуками ученого А.В. Костиным и В.Е. Киселевым. Мысли, рождавшиеся в процессе чтения книг первого теоретика космонавтики, воплощались в такие сюжеты, как «Дирижабль Циолковского», «Общечеловеческая азбука», «Космос и жизнь», «Миры», «Циолковский». Картины Голубева сразу привлекли внимание любителей и ценителей космической живописи – они выставлялись на ВДНХ рядом с произведениями летчика-космонавта СССР и художника А.А. Леонова. Памятным было и участие в выставке, посвященной 100-летию со времени издания труда Циолковского «Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения» в ГМИК имени К.Э. Циолковского.

А потом случилась болезнь и был поставлен страшный диагноз - онкология. Врачи сначала не давали художнику шансов, но Голубев выжил, только почти ослеп. Как рисовать, когда не видишь деталей? Казалось бы, невозможно. Тогда он начал писать не детали, а свои ощущения и мысли – мысли о космосе, о природе, о человеке и о том, почему Вселенная огромна, а мы в ней не случайны. Неудивительно, что его стали называть «художником, который видит звезды вопреки судьбе». Неудивительно, и что названия полотен Голубева читаются как строки задуманных, но еще не написанных новелл «Субботний вечер на Тритоне», «Завещание Челленджера», «Космическая экология», «Грезы о Сатурне». Критики же видят в работах Голубева не просто изображения планет, а зашифрованные послания, относя их к жанру «космической философии». Ведь Голубев, по его словам, представлял космос как Суперразум и Логос, как место «общения человеческих душ».

Особо в художественном наследии Голубева выделяется картина «Посвящение гению». Это не просто портрет Циолковского, а визуальная энциклопедия его идей. Полотно разделено на три смысловых слоя, наглядно иллюстрирующих переход от Земли к космосу. Земной слой (внизу): панорама Калуги XIX века. Слева возвышается здание Музея истории космонавтики, символически связывая прошлое с будущим. Технический слой (по центру): на ярко-голубом фоне изображены дирижабли, аэропланы, ракеты и аппарат на воздушной подушке — это прямая иллюстрация научных и технических идей Циолковского. Космический слой (вверху): на черном фоне с яркими звездами изображены астероиды, планеты, звездные скопления и космические аппараты. Особое внимание привлекает элемент картины, напоминающий «рог изобилия» и олицетворяющий «богатства Вселенной» по Циолковскому, которые включают неисчерпаемые запасы энергии Солнца и звезд, а также вещества небесных тел для строительства человеческих жилищ в космосе. Так мир идей Циолковского предстает в художественной форме, преломившись через мироощущение самого художника. (Ныне картина находится в фондах ГМИК имени К.Э. Циолковского).

Александр Анатольевич Голубев ушел из жизни в августе 2025 года, оставив больше тысячи полотен. Они хранятся в музеях Калуги, Кондрово, Обнинска, Уфы, в частных коллекциях по всему миру. Напоминая о ярком художнике, так сформулировавшим свою художественную задачу: «Хочется, чтобы люди почаще уходили от серой обыденности, хотя бы иногда смотрели на звездное небо».

Секция 2
«ПРОБЛЕМЫ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ»

УДК 621.438.33:621.453.2
eLIBRARY.RU: 50341157

Аль Аффи Хади
Al Affi Hadi
аспирант
Московский энергетический
институт, г. Москва

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРЕНИЯ ВОДОРОДА В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

COMPARATIVE ANALYSIS OF HYDROGEN COMBUSTION ORGANIZATION METHODS IN AVIATION GAS TURBINE ENGINE COMBUSTION CHAMBERS

Аннотация. Проведён сравнительный анализ трёх методов организации горения водорода в камерах сгорания авиационных ГТД: диффузионного горения, бедного предварительно перемешанного горения (LPM) и технологии микросмешения (Micromix). Показано, что диффузионные схемы не удовлетворяют нормам ИКАО по эмиссии NOx ((200–600) ppm при допустимых (30–50) г/кН тяги), а реализация LPM ограничена склонностью водорода к проскоку пламени. Micromix обеспечивает NOx ниже 10 ppm без риска проскока. Выявлена нерешённая задача прогнозирования NOx стандартными RANS-моделями. Обоснована необходимость разработки верифицированных CFD-методик для Micromix-камер.

Ключевые слова: водород, камера сгорания, газотурбинный двигатель, микросмешение, оксиды азота, проскок пламени, численное моделирование, LPM.

Abstract. A comparative analysis of three hydrogen combustion methods in aviation GTE combustion chambers is presented: diffusion combustion, lean premixed combustion (LPM), and micromix combustion. Diffusion schemes fail to meet ICAO NOx standards (200–600 ppm vs. permissible 30–50 g/kN), while LPM is limited by flashback risk. Micromix achieves NOx below 10 ppm with no flashback. A key problem of NOx

prediction accuracy in standard RANS models is identified. Development of validated CFD methods for Micromix chambers is substantiated.

Keywords: hydrogen, combustion chamber, gas turbine engine, micromix combustion, nitrogen oxides, flashback, CFD modeling, lean premixed combustion.

Физико-химические свойства водорода, включая скорость распространения пламени (2,0–3,0) м/с (против (0,4–0,5) м/с у керосина), пределы воспламенения (4–75)% по объёму и энергию зажигания, которая в 12 раз ниже, исключают прямой перенос решений, отработанных для углеводородных топлив [1, 2]. Выбор метода организации горения в камере сгорания ГТД определяет как безопасность эксплуатации, так и соответствие экологическим требованиям.

Диффузионное горение. Раздельная подача топлива и воздуха устраняет риск проскока пламени, что для водорода с его высокой реакционной способностью принципиально важно. Недостатком является формирование обширных стехиометрических зон с температурами свыше 2200 K и интенсивной генерацией термических NOx по механизму Зельдовича [8]. Эмиссия достигает (200–600) ppm [3] при норме ИКАО (30–50) г/кН тяги [4]. Снижение температуры впрыском воды неприемлемо для авиации по массовым ограничениям.

Бедное предварительно перемешанное горение (LPM). При коэффициенте избытка воздуха $\alpha > 2{,}0–2{,}5$ температура пламени снижается, эмиссия NOx падает до (10–50) ppm [2]. Однако предварительное смешение водорода с воздухом создаёт условия для проскока пламени. Три механизма, через пограничный слой, через ядро потока и индуцированный распад вихря (CIVB), реализуются именно для водорода вследствие его высокой скорости горения [5]. Критическая скорость потока, предотвращающая проскок, составляет (60–100) м/с, что сужает рабочий диапазон до практически неприемлемого для авиации.

Технология микросмешения (Micromix). Водород подаётся через массив микроинжекторов в поперечный поток воздуха, образуя множество локальных факелов с характерным масштабом в несколько миллиметров [6]. Малый размер каждого факела ограничивает стехиометрические зоны по объёму и времени существования, подавляя образование термических NOx. Отсутствие протяжённой зоны предварительного смешения физически исключает проскок пламени. Таким образом, Micromix снимает оба ключевых ограничения одновременно.

Экспериментально подтверждено: при корректной настройке параметров достигается NOx ниже 10 ppm в широком диапазоне нагрузок [7]. Основной нерешённой задачей является точное численное моделирование. RANS-подходы систематически ошибаются при прогнозировании NOx вследствие предпочтительной диффузии водорода. Разработка верифицированных CFD-методик для Micromix-геометрий остаётся приоритетным направлением.

Таблица 1. Сравнение методов организации горения водорода в КС ГТД

Критерий	**Диффузионное**	**LPM**	**Micromix**
Эмиссия NOx, ppm	200–600	10–50	< 10
Риск проскока	Отсутствует	Высокий	Отсутствует
Устойчивость	Высокая	Ограниченная	Высокая

Из таблицы 1 следует, что диффузионное горение и LPM имеют принципиальные ограничения, которые невозможно устранить без смены концепции. Micromix свободен от этих ограничений, а оставшиеся проблемы, производственная сложность и дефицит CFD-инструментария, могут быть решены инженерными методами. Это делает технологию микросмешения наиболее перспективной основой для дальнейших исследований водородных камер сгорания авиационных ГТД.

Литература

1. Brewer G.D. Hydrogen Aircraft Technology. – Boca Raton: CRC Press, 1991. 384 p.
2. Lefebvre A.H., Ballal D.R. Gas Turbine Combustion. – 3rd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2010. 560 p.
3. Solving the challenge of lean hydrogen premix combustion with highly reactive fuels // Turbomachinery Magazine. – URL: https://www.turbomachinerymag.com.

4. ICAO. Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation. Environmental Protection. Vol. II. Aircraft Engine Emissions. – 4th ed. Montreal: ICAO, 2017.
5. Benim A.C., Syed K.J. Flashback Mechanisms in Lean Premixed Gas Turbine Combustion. – Oxford: Academic Press, 2015.
6. Funke H.H.W., Beckmann N., Abanteriba S. An overview on dry low NOx micromix combustor development for hydrogen-rich gas turbine applications // International Journal of Hydrogen Energy. – 2019. V. 44. № 13. P. 6978–6990.
7. Singh G. [et al.]. A review of hydrogen micromix combustion technologies for gas turbine applications // International Journal of Hydrogen Energy. 2025. V. 127. P. 295–310.
8. Зельдович Я.Б. [и др.]. Математическая теория горения и взрыва. М.: Наука, 1980. 478 с.

УДК 621.45.015
eLIBRARY.RU: 55.42.43

Бикмучев А.Р.
Bikmuchev A.R.
кандидат технических наук
научный сотрудник
ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»
Звёздный городок
Сочнев А.В.
Sochnev A.V.
кандидат технических наук, доцент
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева
г. Казань

ЛАЗЕРНЫЙ РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С МАГНИТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПЛАЗМОЙ ОПТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА

LASER ROCKET ENGINE WITH MAGNETIC CONTROL OF OPTICAL DISCHARGE PLASMA

Аннотация. В данной работе рассматривается возможность использования квазинепрерывного оптического разряда при пониженном давлении в камере в сочетании с внешним магнитным полем для формирования направленного потока плазмы и получения реактивной тяги.

Ключевые слова: непрерывный оптический разряд, лазерная плазма, термоэлектрическое поле, азимутальные токи, магнитное сопло, безэлектродное ускорение плазмы, лазерный плазменный ракетный двигатель.

Abstract. This paper considers the possibility of using a quasi-continuous mode for the generation of a continuous optical discharge at reduced pressure in the chamber in combination with an external magnetic field to create a directed plasma flow for producing thrust. Laser radiation may be introduced into the chamber through a special optical feedthrough.

Keywords: continuous optical discharge, laser plasma, thermoelectric field, azimuthal current, magnetic nozzle, electrodeless plasma acceleration, laser plasma rocket engine.

В России в 2025 году успешно завершены испытания холловского двигателя КМ-50М (тяга до 1,6 Н, удельный импульс до 4200 с) и ионного ИД-750 (скорость истечения до 100 км/с) [1].

Данные типы двигателей высокоэффективны, однако для них по-прежнему актуальна проблема эрозии электродов, которая влияет на ресурс. Предлагаемый нами способ может рассматриваться как возможный путь к созданию безэлектродной схемы ускорения плазмы и как следствие более высокий ресурс.

Вместо электродного или ВЧ-источника плазмы применяется непрерывный (квазинепрерывный) оптический разряд (НОР), поддерживаемый импульсно-периодическим лазерным излучением. Ввод лазерного излучения в камеру может осуществляться через специальную оптическое окно. Рабочее давление выбирается в диапазоне (0,001–0,1) атм.

В статье [2] зарегистрированы азимутальные токи до 6 А в плазме оптического разряда, что указывает на возможность возникновения в ней ЭДС.

В работе [3] теоретически обосновано преобразование энергии лазерного излучения в электрический ток в плазме НОР. Это позволяет рассматривать плазму НОР как активную среду, в которой может формироваться ЭДС.

Авторы работы [4] показывают, что при повышенных давлениях порог поддержания НОР снижается до (30–350) Вт, однако при этом возникают термогравитационные пульсации плазмы, что может быть нежелательно для управляемого магнитного ускорения при наземных отработках.

Внутрикамерные процессы можно описать следующим образом.

В плазме НОР может существовать радиальный градиент

температуры, при котором осевая область оказывается более горячей, чем периферийная.

Такой градиент способен порождать термоэлектрическое поле, которое при наличии продольного магнитного поля Bz может приводить к возникновению азимутальных токов jφ.

Внешние электроды при этом не предполагаются, а замыкание токов, по-видимому, происходит внутри плазменного облака. Для формирования осевой тяги может быть необходима не однородная продольная конфигурация поля, а расширяющееся магнитное поле, близкое к магнитному соплу, в котором появляется радиальная компонента Br.

В этом случае взаимодействие тока с магнитным полем может создавать осевую составляющую силы. При этом к магнитной системе будет приложена сила реакции, действующая в направлении, противоположном движении потока.

В качестве магнитной системы могут применяться неодимовые магниты (до 1 Тл) или высокотемпературные сверхпроводящие магниты (свыше 1 Тл).

Отметим, что предлагаемый способ создания реактивной тяги требует экспериментальной проверки.

Литература

1. Разработка и испытания двух плазменных двигателей высокой мощности // АО ГНЦ «Центр Келдыша». 25 сентября 2025.
2. Конов В.И., Никитин П.И., Прохоров А.М., Селенок А.С. Генерация магнитных полей и токов при оптическом разряде в рекомбинирующей плазме // Письма в ЖЭТФ, том 39, вып.11, 1984, С. 501–504.
3. Алексеева И.В., Будник А.П., Жеребцов В.А., . Зродников А.В, Суржиков С.Т. Непрерывный оптический разряд в термоэмиссионном преобразователе энергии лазерного излучения в электрическую энергию // Письма в ЖТФ, 1999, том 25, вып. 7, С.90-95.
4. Котов М.А. , Лаврентьев С.Ю., Соловьев Н.Г., Шемякин А.Н., Якимов М.Ю. Влияние эффекта обтекания зоны энерговыделения на распространение волны светового горения // Химическая физика, 2023, том 42, № 8, с. 45–55.

УДК 629.7.08:629.764
eLIBRARY.RU: 55.49.49

Богачев Э.А.
Bogachev E.A.
инженер I категории
АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», г.о. Королёв
Гераськин А.М.
Geraskin A.M.
кандидат технических наук,
начальник отделения
АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения», г.о. Королёв

ПЕРЕБАЗИРУЕМОСТЬ КАК НОВОЕ КАЧЕСТВО ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОДГОТОВКИ И ПУСКА РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ СВЕРХЛЁГКОГО КЛАССА

REDEPLOYABILITY AS A NOVEL ATTRIBUTE IN EVALUATING A TECHNICAL CONFIGURATION OF LAUNCH COMPLEXES FOR PREPARATION AND LAUNCH OF SMALL LAUNCH VEHICLES

Аннотация. Отмечается новый подход к созданию стартовых комплексов ракет-носителей сверхлегкого класса и возникновение сопряженного с этим нового свойства. Подчеркивается отсутствие достаточно полно описывающих его понятий, в связи с чем предлагается введение новых. Обосновывается необходимость совершенствования существующего методического аппарата обоснования и оценки технического облика стартовых комплексов.

Ключевые слова: объекты наземной космической инфраструктуры, стартовый комплекс, технический уровень, ракета-носитель сверхлёгкого класса

Abstract. A new approach to the development of launch complexes for small launch vehicles and the emergence of a new associated property are noted. The absence of fully descriptive concepts for them is emphasized, and new terms for use are proposed. The necessity of improving the existing

methodological framework for evaluating the technical configuration of launch complexes is substantiated.

Keywords: ground support equipment, launch complex, technical level, small launch vehicle.

В настоящее время известно более 100 проектов по ракетам - носителям (РН) сверхлёгкого класса (СЛК), находящихся в различных стадиях реализации [1, с. 6–7]. Исследовательские и проектно-конструкторские работы в этом направлении активно ведутся также в России [2–4].

Анализ реализуемых подходов создания стартовых комплексов (СК) для подготовки и пуска РН СЛК [5–7] показывает появление новых тенденций и возникновение новых свойств — создание наземного технологического оборудования (НТО) СК в модульном (контейнерном) не стационарном исполнении, чем обеспечивается возможность применения одного и того же комплекса по назначению в различных географических точках.

К предпосылкам, обуславливающим создание подобных СК РН СЛК, можно отнести следующие.

1) Техническая реализуемость. Осредненные значения диаметра и длин известных РН СЛК составляют 1,66 и 21,1 м соответственно, что не превышает, например, габариты одного ракетного блока первой ступени РН «Ангара-1.2» (второй ступени РН «Ангара-А5») — 2.9 м и 27,3 м (диаметр и длина соответственно). Значительно меньшие — по сравнению с эксплуатируемыми в настоящее время РН — габариты РН СЛК, массы, объемы заправляемых компонентов топлива и сжатых газов и пр. обеспечивают возможность сокращения номенклатуры НТО, уменьшения его количества и габаритно-массовых характеристик.

2) Сокращение объемов капитального строительства. Модульность НТО комплекса, создание его на базе контейнерных решений обеспечивает сокращение потребных объемов капитального строительства, так как необходима только площадка для размещения НТО с элементами защиты от воздействий со стороны РН, — что уменьшает затраты, а также риски срыва сроков создания комплекса.

3) Масштабируемость. Функциональная законченность модулей НТО СК позволяет масштабировать созданный комплекс (создавать на разных космодромах и для различных заказчиков) без проведения полномасштабных опытно-конструкторских работ, достаточно

выполнить работы по адаптации комплекса к условиям космодрома, если это необходимо.

4) Экспортный потенциал. Значительная степень независимости СК от наличия обеспечивающей инфраструктуры (энергетической, информационной и пр.), обуславливает возможность создания комплекса «под ключ» и возможность его экспорта в виде готового решения.

Широко применяемые в ракетно-космической и смежных отраслях понятия типа «подвижная пусковая установка ракеты космического назначения» [8, с. 16], «мобильная пусковая установка» [9, с. 294], «подвижный грунтовый ракетный комплекс» [9, с. 373] и другие, а также общие — «мобильность», «подвижность» [10, с. 451, 562], [9, с. 294], — не в полной мере позволяют охарактеризовать свойство СК РН СЛК, возникающее при реализации ранее отмеченного подхода к их созданию.

Для его корректного описания предлагаются два новых основных понятия: «перебазируемость» как свойство СК и «перебазируемый стартовый комплекс космического ракетного комплекса», а также сопряженное с ними — «подготовленная базовая позиция космического ракетного комплекса».

Существующий методический аппарат оценки технического облика (технического уровня) СК подготовки и пуска ракет космического назначения, необходимость выполнения которой определяется требованиями нормативно-технической документации, сформирован применительно к устоявшемуся облику СК как стационарного объекта. Таким образом, существующие методики обеспечивают не в полной мере адекватную оценку технического облика СК РН СЛК.

В связи с этим развитие существующего методического аппарата в части учета перебазируемости СК является актуальной научно-технической задачей.

Литература

1. Kulu E. Small Launchers — 2025 Survey and Competitive Landscape // 76th International Astronautical Congress (IAC 2025). 2025. 26 p.
2. Эскизный проект ракеты-носителя «Воронеж» одобрен в «Роскосмосе» [Электронный ресурс]. — 2026. — URL: https://www.vedomosti.ru/politics/articles/2026/04/09/1188964-eskiznii-proekt-raketi-nositelya-voronezh-odobren (дата обращения 16.05.2026).
3. Стартовый комплекс для ракеты "Иркут" будет создан на космодроме Плесецк [Электронный ресурс]. 2026. URL: https://www.interfax.ru/russia/1082803 (дата обращения 16.05.2026).

4. «Геоскан» начнет разрабатывать сверхлегкую ракету в 2026 году [Электронный ресурс]. — 2026. — URL: https://tass.ru/kosmos/27082839 (дата обращения 16.05.2026).
5. GS0. Launch Rapidly, From Anywhere [Электронный ресурс]. 2024. URL: https://ablspacesystems.com/gs0/ (дата обращения 16.05.2026).
6. Responsive Access to Orbit. Launch Services [Электронный ресурс]. — 2026. URL: https://astra.com/launch-services (дата обращения 16.05.2026).
7. Orbital Launch Vehicle. Skyrora XL [Электронный ресурс]. — 2026. — URL: https://skyrora.com/product/skyrora-xl/ (дата обращения 16.05.2026.
8. ГОСТ Р 53802–2010. Системы и комплексы космические. Термины и определения. Введ. 01.07.2011. М.: Стандартинформ, 2019. 27 с.
9. Военный энциклопедический словарь ракетных войск стратегического назначения / Пред. Гл. ред. Комиссии И.Д. Сергеев. — М.: «БРЭ», 1999. 634 с. с ил. ISBN 5-85270-315-X.
10. Военный энциклопедический словарь / Пред. Гл. ред. Комиссии С.Ф. Ахромеев. М.: Воениздат, 1986. 863 с. с ил., 30 л. ил.

УДК 629.7.017.1
eLIBRARY.RU: 89.25.47

Власенков Е.В.
Vlasenkov E.V.
кандидат технических наук
ведущий конструктор
филиала АО «НПО Лавочкина» в г. Калуга
Хамидуллина Н.М.
Khamidullina N.M.
кандидат физико-математических наук
ведущий математик
АО «НПО Лавочкина», г. Химки
Комбаев Т.Ш.
Kombaev T.Sh.
кандидат технических наук
ведущий конструктор
филиала АО «НПО Лавочкина» в г. Калуга
Артемов М.Е.
Artemov M.E.
кандидат технических наук
ведущий инженер-конструктор
АО «НПО Лавочкина» г. Химки

К ВОПРОСУ О КОНТРОЛЕ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БОРТОВУЮ АППАРАТУРУ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПРИ СОЗДАНИИ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ

ON THE ISSUE OF CONTROLLING RADIATION IMPACT ON THE ONBOARD EQUIPMENT OF SPACECRAFT DURING THE CREATION OF AN ATOMIC POWER PLANT ON THE SURFACE OF THE MOON

Аннотация. В настоящей работе рассматривается воздействие ионизирующего излучения космического пространства (ИИ КП) и радиоизотопных источников, расположенных на борту космических аппаратов, в том числе и луноходов, а также воздействие атомной электростанции на электронные компоненты бортовой аппаратуры (БА). В работе использовался типовой сценарий создания лунной базы при освоении Луны. Результаты измерения дозовой нагрузки за время работы позволят определять допустимое расстояние и время работы лунохода в непосредственной близости к атомному реактору и прогнозировать остаточный ресурс космических аппаратов.

Ключевые слова: датчик радиации; поглощенная доза радиации; радиоизотопный источник; ионизирующие излучения космического пространства.

Abstract. This article discusses the effects of ionizing radiation from outer space and radioisotope sources on board spacecraft, including moon rovers, as well as the effects of a nuclear power plant on electronic components on board spacecraft. The article uses a typical scenario for establishing a moon base during the exploration of the Moon. The results of measuring the dose load during operation will allow for determining the acceptable distance and operating time of a moon rover in close proximity to a nuclear reactor and predicting the residual life of spacecraft.

Keywords: Radiation sensor; absorbed radiation dose; radioisotope source; ionizing radiation from outer space.

В программах по исследованию космического пространства ведущих мировых космических агенств, реализуются проекты по исследованию и освоению Луны, включая строительство обитаемых лунных научных станций. В исследовании Луны наступает новая эра, цель которой состоит не просто в доставке людей на её поверхность, но и в полномасштабном освоении спутника Земли не только

роботами, но и людьми в условиях длительного пребывания на специализированной лунной базе – научной лунной станции [1].

Начальный этап создания научной лунной станции предполагает развертывание энергетического модуля на основе атомной электростанции. В качестве сервисных и обслуживающих устройств для ввода в эксплуатацию энергетического модуля планируются к применению луноходы [2], особенностью которых является наличие на борту радиоизотопных источниками тепла и электроэнергии (РИТЭГ), необходимых для поддержания теплового режима и обеспечения электроэнергией аппаратуры в условиях лунной ночи длительностью около 14 суток и температурой поверхности, опускающейся до -190°С.

При разработке БА для лунохода, а также при использовании уже созданной БА требуется еще на ранних стадиях проектирования однозначно определить, соответствует ли тот или иной прибор радиационным условиям функционирования лунохода. А именно, имеет ли БА необходимую стойкость к ионизационным дозовым эффектам с учетом воздействия ионизирующих излучений космического пространства [3], а также потоков нейтронов и электромагнитного излучения от радиоизотопных источников.

В работе показана методология создания расчетной 3D-модели лунохода, приведены результаты расчета локальных поглощенных доз в местах расположения БА лунохода от радиоизотопных источников и космического пространства на основании типового сценария развертывания энергетического модуля на основе атомной электростанции, предложена система мониторинга радиационной нагрузки на основании датчиков накопленной дозы, а также определены требования к минимальным уровням стойкости БА.

Реализация системы непрерывного измерения фактической дозовой нагрузки позволит оценивать ресурс БА по параметру накопленной дозы, что необходимо для планирования сеансов работы лунохода в непосредственной близости от мощного источника ионизирующего излучения.

Литература

1. https://www.nasa.gov/image-feature/artemis-i-map
(последнее обращение 12.05.26г.).
2. Райкунов К.Г. Цели и задачи автоматических робототехнических средств на начальном этапе развертывания автоматической научной станции // Сборник тезисов 33-й Международной научно-технической

конференции «Экстремальная робототехника». г. Санкт-Петербург. 29-30.09.2022. С.353.
3. Кузнецов Н.В., Малышкин Ю.М., Ныммик Р.А. и др. Программный комплекс COSRAD для прогнозирования радиационных условий на борту космических аппаратов // Вопросы атомной науки и техники (ВАНТ). Сер.: Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру. 2011. Вып. 2. С. 72-78.

УДК 629.7.067.8
eLIBRARY.RU: 73.37.37

Гавриков М.М.
Gavrikov M.M.
аспирант
АО «НПО Лавочкина», г. Химки

ПРИМЕНЕНИЕ АРХИТЕКТУРЫ СВЕРТОЧНЫХ АВТОЭНКОДЕРОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ В ТЕЛЕМЕТРИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ИНФЕРЕНСОМ НА НЕЙРОВЫЧИСЛИТЕЛЕ

APPLICATION OF CONVOLUTIONAL AUTOENCODER ARCHITECTURE FOR ANOMALY DETECTION IN SPACECRAFT TELEMETRY WITH INFERENCE ON A NEURAL COMPUTER

Аннотация. Реализован подход преобразования телеметрических данных в изображения для их применения в обучении, валидации и тестировании нейронной сети. Спроектирована архитектура нейронной сети сверточных автоэнкодеров для выявления аномалий в данных термодатчиков космического аппарата КОРОНАС-Фотон. Разработана методика инференса нейронной сети на модуле нейровычислений NM Card Mini производства НТЦ «Модуль». Приведены результаты инференса, произведено сравнение с работой сверточного автоэнкодера, обучение которого происходило на данных временных рядов.

Ключевые слова: нейронные сети, сверточный автоэнкодер, телеметрия, космический аппарат, нейровычислитель, инференс, термодатчики.

Abstract. An approach has been implemented to convert telemetry data into images for use in training, validation, and testing of a neural network.

The architecture of a convolutional autoencoder neural network has been designed to detect anomalies in the data from the thermal sensors of the KORONAS-Foton spacecraft. A neural network inference method has been developed using the NM Card Mini neurocomputing module by NTC Module. The results of the inference have been presented, and a comparison has been made with the performance of a convolutional autoencoder trained on time series data.

Keywords: neural networks, convolutional autoencoder, telemetry, spacecraft, neural computer, inference, thermal sensors.

Традиционные методы обнаружения аномалий в работе космического аппарата заключаются в передаче телеметрических данных на Землю для их последующей обработки и выявления критических событий [1]. Такой подход может привести к чрезвычайным последствиям ввиду задержек в передаче данных между космическим аппаратом и наземным комплексом управления [2].

Огромный потенциал имеет реализация методов обнаружения аномалий на борту космического аппарата, обеспечивающая практически мгновенное обнаружение аномальных событий [3].

Традиционные аналитические и статистические методы анализа рядов данных не всегда могут эффективно находить корреляции, особенно в сильно зашумленных рядах. Данный недостаток можно устранить применением методов, основанных на искусственных нейронных сетях (ИНС) [4]. К одним из таких методов относится архитектура сверточных автоэнкодеров.

Архитектура сверточных автоэнкодеров обладает преимуществами как сверточных нейронных сетей, которые применяются при анализе изображений, так и автоэнкодеров, которые необходимы для формирования сжатых представлений данных и их последующего восстановления, ввиду чего обучаются находить отличительные признаки в подаваемых данных [5].

Уникальной особенностью использования сверточных автоэнкодеров является переформатирование телеметрических данных, которые по своей сути являются временными рядами, в изображения. Данный подход позволяет применять широко изученные методы компьютерного зрения и очевидно замечать такие спектральные аномалии, как шум, изменение частоты и вибрации.

Обучение, валидация и тестирование ИНС проводилось в интегрированной среде разработки Visual Studio Code на языке

программирования Python, а также при помощи проприетарного программного обеспечения НТЦ «Модуль» NMDL+.

Для эмуляции работы бортового вычислителя применяется отечественный модуль нейровычислений NM Card mini производства НТЦ «Модуль» на базе оригинальной архитектуры NeuroMatrix Core 4.

В ходе данной работы была спроектирована архитектура нейронной сети сверточных автоэнкодеров для выявления аномалий в данных термодатчиков космического аппарата КОРОНАС-Фотон. Произведен инференс нейронной сети на модуле нейровычислений NM Card Mini. Проведен сравнительный анализ инференса сверточного автоэнкодера, обучение которого происходило на данных временных рядов с автоэнкодером, обученным на изображениях. Сравнение показало, что автоэнкодер, обученный на изображениях, выявил больше спектральных зависимостей и продемонстрировал высокую точность определения аномальных событий.

Литература

1. Абанин О.И., Соловьёв С.В. Содержание и структура задач диагностики аномалий в работе бортовых систем космического аппарата // Инженерный журнал: наука и инновации. 2019. №6 (90). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-i-struktura-zadach-diagnostiki-anomaliy-v-rabote-bortovyh-sistem-kosmicheskogo-apparata (дата обращения: 21.05.2026).

2. Румянцев Н.В., Соловьёв С.В., Павлов Д.В. ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ, ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ // Труды МАИ. 2024. №136. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualizirovannaya-sistema-kontrolya-diagnostiki-i-prognozirovaniya-sostoyaniya-bortovyh-sistem-kosmicheskih-apparatov (дата обращения: 21.05.2026).

1. Hart, Emma & Peters, Bas & Chung, Julianne & Chung, Matthias. (2026). Latent Space Inference via Paired Autoencoders. 10.48550/arXiv.2601.11397.

2. Park, P.; Marco, P.D.; Shin, H.; Bang, J. Fault Detection and Diagnosis Using Combined Autoencoder and Long Short-Term Memory Network. Sensors 2019, 19, 4612.

3. Дашкевич А. А. Исследование моделей сверточных автоэнкодеров для выделения признаков в наборах стереоизображений // Вестник НТУ ХПИ. 2017. №50 (1271). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-modeley-svertochnyh-

avtoenkoderov-dlya-vydeleniya-priznakov-v-naborah-stereoizobrazheniy (дата обращения: 21.05.2026).

УДК 629.7.08:629.764
eLIBRARY.RU: 55.49.49

Гайсин А.Ф.
Gaisin A.F.
доктор технический наук, доцент
Казанского национального
исследовательского технического
университета им.А.Н.Туполева – КАИ
г. Казань
Каюмов Р.Р.
Kayumov R.R.
кандидат технический наук, доцент
Казанского национального исследовательского технического
университета им.А.Н.Туполева – КАИ, г. Казань
Фахрутдинова И.Т.
Fakhrutdinova I.T.
кандидат технический наук, доцент
Казанского национального
исследовательского технического
университета им.А.Н.Туполева – КАИ
г. Казань.

ПЛАЗМЕННО-ЖИДКОСТНАЯ СВАРКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

PLASMA-LIQUID WELDING OF ALUMINUM AND ITS ALLOYS FOR SPACECRAFT APPLICATIONS

Аннотация. Рассмотрены особенности плазменно-жидкостной сварки алюминия и его сплавов, применяемых в конструкциях космических аппаратов. На основе анализа электрофизических процессов в системе «электролит – металлический электрод» показано, что формирование устойчивого плазменно-жидкостного разряда сопровождается интенсивным джоулевым тепловыделением, парообразованием и образованием парогазовой оболочки вблизи электродов. Установлено, что локальные температурные области достигают значений порядка 900–930 К, что соответствует

температуре плавления алюминия и обеспечивает возможность формирования сварного соединения. Показано влияние парогазовой фазы на распределение плотности тока и устойчивость разряда. Полученные результаты подтверждают перспективность применения плазменно-жидкостной сварки для высокоточных соединений в ракетно-космической технике.

Ключевые слова: плазменно-жидкостная сварка, алюминий, электролит, разряд, космическая техника, парогазовая оболочка, джоулево тепловыделение.

Abstract. The paper considers the features of plasma-liquid welding of aluminum and its alloys used in space engineering structures. Based on the analysis of electrophysical processes in the “electrolyte–metal electrode” system, it is shown that the formation of a stable plasma-liquid discharge is accompanied by intense Joule heating, vapor formation, and the appearance of a vapor-gas sheath near the electrodes. It is established that local temperature regions reach values of about 900–930 K, corresponding to the melting point of aluminum, which ensures the formation of a welded joint. The influence of the vapor-gas phase on current density distribution and discharge stability is demonstrated. The results confirm the plasma-liquid welding for high precision joining in aerospace engineering.

Keywords: plasma-liquid welding, aluminum, electrolyte, discharge, space engineering, vapor-gas sheath, Joule heating.

Современные конструкции космических аппаратов широко используют алюминий и его сплавы благодаря их малой плотности, высокой коррозионной стойкости и удовлетворительным механическим характеристикам. При этом одной из ключевых задач является разработка эффективных методов соединения элементов конструкций, обеспечивающих высокую прочность и надежность при минимальном тепловом воздействии на материал.

Одним из перспективных методов является плазменно-жидкостная сварка, основанная на использовании электрического разряда в системе «электролит – металлический электрод». Как показано в экспериментальных и численных исследованиях, при подаче напряжения между частично погруженными электродами в электролите формируется разряд, сопровождающийся интенсивным джоулевым тепловыделением, процессами конвекции и парообразования. Вблизи поверхности электродов образуется парогазовая оболочка, существенно влияющая на электрические и тепловые характеристики разряда.

Развитие парогазовой фазы приводит к изменению распределения плотности тока: в области интенсивного парообразования наблюдается ее снижение вследствие уменьшения электропроводности среды. Одновременно вблизи электродов фиксируется увеличение объемной плотности мощности джоулевого тепловыделения, достигающей значений порядка 10^{10} Вт/м³. Это приводит к локальному нагреву электролита и поверхности металла.

Расчетные и экспериментальные данные показывают, что температура в зоне разряда может достигать 900–930 К, что соответствует температуре плавления алюминия. В результате формируется локальная зона расплава, обеспечивающая возможность сварки металлических элементов. При этом кратковременность воздействия и локализация теплового поля позволяют минимизировать тепловое влияние на окружающий материал, что особенно важно для тонкостенных конструкций космической техники.

Дополнительным преимуществом плазменно-жидкостной сварки является возможность управления характеристиками разряда за счет изменения параметров электролита, напряжения и геометрии электродов. Это позволяет реализовать устойчивые режимы горения разряда, включая переход в стационарный объемный режим, характеризующийся равномерным тепловыделением и стабильностью процесса.

Плазменно-жидкостная сварка представляет собой эффективный и технологически перспективный метод соединения алюминиевых изделий, обладающий высоким потенциалом для применения в ракетно-космической технике. Дальнейшие исследования направлены на оптимизацию режимов сварки и повышение качества формируемых соединений.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного Фонда и Академии наук Республики Татарстан по проекту № 25-29-20147.

Литература

1. Багаутдинова Л.Н., Садриев Р.Ш., Гайсин А.Ф. и др. Некоторые особенности диэлектрического барьерного разряда с жидким и твердым электродами // Теплофизика высоких температур. – 2019. Т. 57. № 6. С. 953–956. DOI: 10.1134/S004036441906005X.

2. Gaysin A.F., Gil'mutdinov A.K., Mirkhanov D.N. Electrolytic-plasma treatment of the surface of a part produced with the use of additive technology // Metal Science and Heat Treatment. 2018. Vol. 60. No. 1–2. – P. 128–132. – DOI: 10.1007/s11041-018-0250-1.

3. Каюмов Р.Р., Купутдинова А.И., Мирханов Д.Н., Гайсин А.Ф. Электрический разряд между металлическим катодом и жидким неметаллическим анодом // Физика плазмы. – 2024. Т. 50. № 1. С. 102–109. DOI: 10.31857/S0367292124010096.
4. Гайсин А.Ф. Исследование воздействия низкотемпературной плазмы парогазовых разрядов с электролитическими электродами при пониженном давлении на изделие сложной геометрической формы // Физика и химия обработки материалов. 2016. № 3. С. 22–26.
5. Gaisin A.F. Some particularities of development of high-frequency capacitive discharge between a drop-jet electrolytic electrode and a flow-type electrolytic cell // High Temperature. – 2013. – Vol. 51. – No. 6. – P. 863–866. – DOI: 10.1134/S0018151X13060096.
6. Бельгибаев Э.Р., Семенов М.Н., Каюмов Р.Р. и др. Плазменно-жидкостная сварка пластин из электротехнической стали // Металловедение и термическая обработка металлов. 2024. № 7 (829). – С. 62–68. DOI: 10.30906/mitom-2024-7-62-68.

УДК 537.528
eLIBRARY.RU: 0367-2921

Гайсин Ф.М.
Gaysin F.M.
доктор физико-математических наук, профессор
Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева – КАИ, г. Казань
Гайсин А.Ф.
Gaisin A.F.
доктор технический наук, доцент
Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева – КАИ, г. Казань
Каюмов Р.Р.
Kayumov R.R.
кандидат технический наук, доцент
Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева – КАИ, г. Казань

ПЛАЗМЕННО-ЖИДКОСТНАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ 3D ПЕЧАТИ, ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

PLASMA-LIQUID TREATMENT OF METAL PARTS PRODUCED BY ADDITIVE MANUFACTURING FOR SPACE INDUSTRY

Аннотация. Рассмотрены особенности плазменно-жидкостной обработки металлических изделий, полученных методами аддитивного производства, применительно к задачам космической промышленности. Показано, что обработка в системе «жидкий электрод – плазма – металл» позволяет эффективно модифицировать поверхность, снижать шероховатость, изменять смачиваемость и повышать микротвёрдость. Установлено, что формирование парогазовой оболочки и локальных зон интенсивного джоулева тепловыделения обеспечивает контролируемое воздействие на микрорельеф поверхности без значительного термического влияния на объем материала. Полученные результаты подтверждают перспективность применения метода для постобработки изделий сложной геометрии, изготовленных методом 3D печати.

Ключевые слова: плазменно-жидкостная обработка, аддитивные технологии, 3D печать, металлические изделия, космическая техника, шероховатость, микротвёрдость.

Abstract. The paper considers the features of plasma-liquid treatment of metal parts produced by additive manufacturing for space applications. It is shown that treatment in the “liquid electrode – plasma – metal” system enables effective surface modification, including roughness reduction, wettability change, and microhardness increase. The formation of a vapor-gas sheath and localized regions of intense Joule heating provides controlled воздействие on the surface microrelief without significant thermal impact on the bulk material. The results confirm the potential of the method for post-processing of complex-shaped parts fabricated by 3D printing.

Keywords: plasma-liquid treatment, additive manufacturing, 3D printing, metal parts, space engineering, surface roughness, microhardness.

Развитие аддитивных технологий в космической промышленности позволяет изготавливать изделия сложной геометрической формы с высокой степенью конструкционной оптимизации. Однако изделия, полученные методами селективного лазерного сплавления и другими технологиями 3D печати, характеризуются повышенной

шероховатостью поверхности, наличием дефектов микрорельефа и неоднородностью физико-механических свойств, что требует применения эффективных методов постобработки.

Одним из перспективных подходов является плазменно-жидкостная обработка, реализуемая в системе «жидкий электрод – плазма – металлическое изделие». При подаче напряжения между электродом и поверхностью изделия формируется разряд, сопровождающийся джоулевым тепловыделением, процессами конвекции и парообразования. Вблизи поверхности формируется парогазовая оболочка, которая играет ключевую роль в стабилизации разряда и определяет характер тепломассопереноса.

Локализация теплового воздействия в зоне разряда обеспечивает избирательное изменение микрорельефа поверхности. В результате происходит частичное оплавление выступов и сглаживание неровностей, что приводит к снижению параметров шероховатости. Одновременно наблюдается изменение физико-химических свойств поверхности, включая увеличение краевого угла смачивания и рост микротвёрдости за счет структурных преобразований в поверхностном слое.

Особенностью плазменно-жидкостной обработки является возможность обработки изделий сложной формы, включая внутренние каналы и труднодоступные поверхности, что особенно важно для деталей космической техники. Регулирование параметров разряда (напряжения, состава электролита, геометрии системы) позволяет управлять интенсивностью воздействия и достигать требуемых эксплуатационных характеристик.

Таким образом, плазменно-жидкостная обработка представляет собой эффективный инструмент постобработки изделий, изготовленных с применением аддитивных технологий. Метод обеспечивает улучшение качества поверхности и эксплуатационных свойств без существенного увеличения технологической сложности, что делает его перспективным для применения в космической промышленности.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-29-01610, https://rscf.ru/project/25-29-01610/».

Литература

1. Багаутдинова Л.Н., Садриев Р.Ш., Гайсин А.Ф. и др. Некоторые особенности диэлектрического барьерного разряда с жидким и твердым электродами // Теплофизика высоких температур. 2019. Т. 57. № 6. С. 953–956. – DOI: 10.1134/S004036441906005X.

2. Gaysin A.F., Gil'mutdinov A.K., Mirkhanov D.N. Electrolytic-plasma treatment of the surface of a part produced with the use of additive technology // Metal Science and Heat Treatment. 2018. Vol. 60. No. 1–2. P. 128–132. DOI: 10.1007/s11041-018-0250-1.
3. Каюмов Р.Р., Купутдинова А.И., Мирханов Д.Н., Гайсин А.Ф. Электрический разряд между металлическим катодом и жидким неметаллическим анодом // Физика плазмы. 2024. Т. 50. № 1. С. 102–109. – DOI: 10.31857/S0367292124010096.
4. Гайсин А.Ф. Исследование воздействия низкотемпературной плазмы парогазовых разрядов с электролитическими электродами при пониженном давлении на изделие сложной геометрической формы // Физика и химия обработки материалов. 2016. № 3. С. 22–26.
5. Gaisin A.F. Some particularities of development of high-frequency capacitive discharge between a drop-jet electrolytic electrode and a flow-type electrolytic cell // High Temperature. 2013. Vol. 51. No. 6. P. 863–866. DOI: 10.1134/S0018151X13060096.
Бельгибаев Э.Р., Семенов М.Н., Каюмов Р.Р. и др. Плазменно-жидкостная сварка пластин из электротехнической стали // Металловедение и термическая обработка металлов. 2024. № 7 (829). – С. 62–68. DOI: 10.30906/mitom-2024-7-62-68.

УДК 621.642.2
eLIBRARY.RU: 55.49.29

Голубев А.М.
Golubev A.M.
студент, 1 курс
НИЯУ МИФИ
Благотворительный фонд «Образование+»

САМАЯ ЛЁГКАЯ КУБИЧЕСКАЯ СИЛОВАЯ РАМА ДЛЯ КОРПУСА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

THE LIGHTEST CUBIC POWER FRAME FOR AN AIRCRAFT BODY

Аннотация. Для увеличения грузоподъёмности в практике создания беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) наблюдается тенденция увеличения количества несущих винтов. Например, от квадракоптеров переходят к гексакоптерам. В работе продолжается

изучение такой тенденции переходом к октакоптеру. Новизна работы заключается в пространственной конструкции силовой рамы, выполненной в виде куба. Предлагается силовые стержни рамы расположить по правилам решения задачи Штейнера, то есть соединить вершины куба самой короткой линией.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, силовая рама, задача Штейнера, куб, соединительная линия, математически экстремум, дифференциальное исчисление.

Abstract. To increase payload capacity, unmanned aerial vehicle designs are increasingly using more rotors. For example, quadcopters are moving toward hexacopters. This study continues to explore this trend by moving toward an octacopter. The novelty of this work lies in the spatial design of the load-bearing frame, which is shaped like a cube. It is proposed to arrange the load-bearing rods of the frame according to the rules for solving the Steiner problem, that is, connecting the vertices of the cube with the shortest possible line.

Keywords: unmanned aerial vehicle, load frame, Steiner problem, cube, connecting line, mathematical extremum, differential calculus.

В геометрии известна задача о соединении четырёх вершин квадрата самой короткой линией. Это задача Штейнера. В предлагаемой работе решается более общая задача, пространственная. Цель работы заключается в поиске комбинации (топологии, взаимного расположения) прямолинейных отрезков, с помощью которых восемь вершин куба будут соединены самой короткой линией. Такая задача часто появляется в кристаллографии, материаловедении и при проектировании новых стержневых сооружений, например, ферм и силовых рам БПЛА.

Материал и методы

Точное решение задачи с помощью теории графов предложил Штейнер [1]. Как обосновал Штейнер, соединительная «дорога» между «деревнями» в вершинах квадрата состоит из пяти отрезков с двумя перекрёстками с углами 120^0. В пространстве, в том числе при изучении куба, найти соединительную линию намного сложнее. Первое приближение – это четыре диагонали куба, второе – квадрат в середине куба с исходящими из его вершин отрезками, третье – тот же внутренний квадрат без одной стороны. Но если есть квадрат, то самой короткой соединительной линией являются классические пять отрезков Штейнера.

Появилась гипотеза о замене внутреннего квадрата в середине куба на комбинацию из пяти отрезков, предложенную Штейнером [1].

Всего получается 13 соединительных отрезков. Длина соединительной линии с формальной заменой квадрата пятью отрезками Штейнера, более короткой, представлена первым приближённым выражением $L=12,9141068a$ по сравнению с более длинной линией $L=13,6568242a$, где $2a$ – это сторона куба.

В случае формальной замены даже более короткой линии из трёх сторон внутреннего квадрата ячейкой Штейнера общая длина соединительной линии тоже уменьшилась. Но в обоих вариантах совместная минимизация общей длины всех отрезков соединительной линии не выполнялась, то есть была **проведена формальная замена** контура квадрата на ячейку Штейнера. Следовательно, настало время перейти к решению общей задачи минимизации. Новизной работы стало окончательное **точное аналитическое решение** сформулированной задачи с помощью дифференциального исчисления.

Ранее решение проводилось приближёнными методами с измерениями на модели длины соединительных нитей. Но в этом решении есть важный результат, взятый из математической теории минимальных поверхностей, который физически моделируется мыльными плёнками, натянутыми на кубический контур. Удалось обосновать, что восемь вершин куба можно самой короткой линией соединить комбинацией из тринадцати отрезков: пять отрезков располагаются в серединном квадрате в качестве пяти отрезков Штейнера, восемь отрезков попарно исходят из каждого свободного конца отрезка этой комбинации к вершинам куба. Далее задача решается методами дифференциального исчисления, сводится к исследованию на минимум функции одной переменной. Получено точное аналитическое решение задачи. Внутренний контур квадрата имеет сторону $2b$, которая соотносится со стороной куба $2a$ по приближённому правилу: $b=0,60999265a$. В указанный внутренний контур квадрата вписаны пять отрезков Штейнера, из каждого свободного конца отрезка исходят по два отрезка к ближайшим вершинам куба. Общая длина построенной соединительной линии приблизительно равна $L=12,469228a$. На рис.1 показан общий вид предлагаемого решения, которое можно применить для создания лёгкой силовой рамы БПЛА.

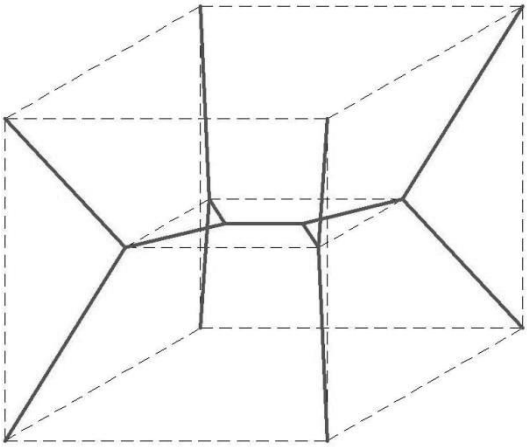


Рис. 1. Общий вид предлагаемой силовой рамы как решения задачи Штейнера

Результаты и обсуждение

1. Задача о самой короткой соединительной линии непосредственно связана с проектированием самых лёгких силовых рам летательных аппаратов. В случае гексакоптеров (шесть несущих винтов) вид силовой рамы изменяется, но такая топология не является предметом изучения в этой работе.

2. Для увеличения грузоподъёмности начинают говорить об октакоптерах (8 несущих винтов). Для такой конфигурации самой лёгкой силовой рамой является предлагаемая конструкция в виде исследованной топологии.

3. В строительстве армирование бетона стальными прутьями уже перестало быть исключительно линейным. Если применить предлагаемую конструкцию арматуры, то она охватит куб минимумом стальных прутьев.

4. При развёртывании космических платформ в виде куба предлагаемая конфигурация силовой рамы тоже является перспективной.

Литература

1.Протасов В.Ю. Максимумы и минимумы в геометрии. (Серия: <Библиотека „Математическое просвещение“>). М.: МЦНМО, 2005. 56 с.: ил. – ISBN 5-94057-193-X.

УДК 621.642.2
eLIBRARY.RU: 55.49.29

Екимовская А.А.
Yekimovskaya A.A.
студентка, 5 курс
Московский авиационный институт
Благотворительный фонд «Образование+»

СРАВНЕНИЕ МАССЫ КОРПУСОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В ВИДЕ ТОРА И ЛЕПЕСТКОВОГО ТОРА С УЧЁТОМ ГАБАРИТНОГО ОГРАНИЧЕНИЯ

COMPARISON OF THE MASS OF SPACE VEHICLES IN THE FORM OF A TORUS AND A PETAL TORUS, TAKING INTO ACCOUNT THE DIMENSIONAL RESTRICTION

Аннотация. Математически доказано, что корпус в виде тора обладает наиболее рациональными массово-габаритными характеристиками, если применять показатель качества в виде отношения объёма к площади поверхности конструкции. Но это утверждение справедливо, если внутри корпуса нет перегородок. При наличии перегородок более рациональной конструкцией корпуса становится лепестковый тор, выполненный из сферических сегментов, состыкованных друг с другом в кольцевую конструкцию, с перегородками между ними.

Ключевые слова: корпус космического аппарата, тор, лепестковый тор, масса, площадь поверхности, оптимизация, лёгкая конструкция, максимальный объём, минимальная площадь.

Abstract. It has been mathematically proven that a torus-shaped hull has the most efficient mass-dimensional characteristics when using the quality indicator as the ratio of volume to surface area of the structure. However, this statement is only true if there are no partitions inside the hull. With partitions present, a more efficient hull design is a petal torus, made of spherical segments joined together to form a ring structure, with partitions between them.

Keywords: spacecraft body, torus, petal torus, mass, surface area, optimization, lightweight design, maximum volume, minimum area.

Согласно Техническому заданию потребовалось провести сравнение площадей поверхностей двух конструкций корпусов космического аппарата (КА). Фактически – это сравнение масс двух

корпусов, потому что конструкции выполнены из листового материала.

Цель работы заключается в выборе самой лёгкой конструкции корпуса космического аппарат (КА) из двух вариантов [1]. Первый вариант – это традиционный, классический тор. Второй вариант – это лепестковый тор, состоящий из сферических сегментов.

Техническим заданием определены условия для сравнения двух видов корпусов.

1. Объёмы двух тел одинаковые.

2. Количество перегородок внутри корпусов одинаковое.

3. Главное требование – внешний габарит, то есть радиус описанной окружности в поперечном сечении тела, должен быть одинаковым.

Новизна работы заключается в учёте третьего требования, то есть фиксации габаритного радиуса по внешнему размеру. Габаритное требование является реальным фактором, определяющим конструкцию проектируемого КА.

Содержательная формулировка задачи свелась к сравнению масс двух видов корпусов. Традиционный, классический тор часто применяется в конструкциях корпусов КА как самое лёгкое и вместительное тело. Однако при этом часто не учитывается наличие внутренних перегородок, необходимых, например, для разделения отсеков для хранения различных жидкостей или газов, а также аппаратуры. Закономерен вопрос влияния внутренних перегородок на массу корпуса. В качестве альтернативной формы корпуса КА выбран лепестковый тор из сферических сегментов. Свойства такой конструкции изучены в авторских работах на основе теории сложных технических систем [2]. Показателем качества по Н.П.Бусленко выбрано отношение $f = \frac{V}{S}$ объёма корпуса к общей площади листовой поверхности с перегородками. Расчёты основаны на геометрических формулах для сферического слоя и шарового сегмента [3].

Материал и методы

На рис.1 показан пример сферического слоя с одним срезом, но срезов может быть несколько. На сфере радиуса R выполнен плоский срез на высоте h. Получилось круговое отверстие радиуса r_0, на которое устанавливается перегородка.

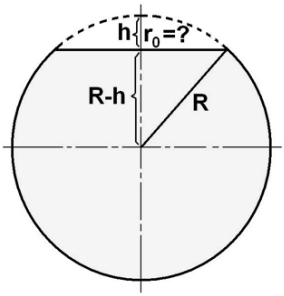


Рис. 1. Обозначения для расчёта единичного сферического слоя

Сначала были получены расчётные формулы, выражающие объёмы и площади фигур через величину $x = \frac{h}{R}$ относительного среза. Затем был изучен сферический сегмент с двумя одинаковыми срезами [4], для которого было доказано, что выбранный показатель качества $f = \frac{V}{S}$ максимален при величине среза $x \approx 0,254991107$ [4]. Не изменяя оптимальной величины относительного среза $x \approx 0,254991107$, была предложена герметичная конструкция корпуса в виде лепесткового тора [6]. На рис.2 показана схема лепесткового тора с возможными внутренними перегородками между модулями.

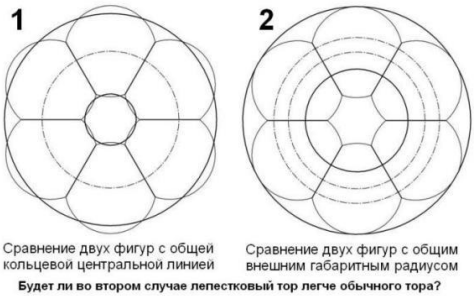


Рис. 2. Два варианта сравнительного анализа двух форм корпусов КА

Результаты и обсуждение

Появился вопрос о сравнении лепесткового тора с некоторым эквивалентным тором. На рис.2 показаны два случая сравнительного анализа: слева – с общей кольцевой центральной линией, справа – с

общим внешним габаритным радиусом. Получены следующие выводы.

1. Без перегородок обычный тор легче лепесткового.

2. С перегородками, наоборот,лепестковый тор легче обычного на (3-8)% в зависимости от количества модулей и перегородок. Наибольший эффект экономии массы корпуса получается при четырёх модулях лепесткового тора.

3. Разработанная методика позволяет выполнять сравнение корпуса в виде лепесткового тора с перегородками с другими формами корпусов КА.

Литература

1. Волоцуев В.В., Ткаченко И.С. Введение в проектирование космических аппаратов: учеб. пособие. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2018. – 144 с., ил. – ISBN 978-5-7883-13-16-0.
2. Бусленко Н.П. Лекции по теории сложных систем. – М.: Советское радио, 1973.
3. Екимовская А.А. Проектирование ёмкостей для хранения и транспортировки сжиженного газа / В сборнике: XXXV Международная инновационная конференция молодых ученых и студентов (МИКМУС - 2023). Сборник трудов конференции. Москва, 2023. С. 447-454.
4. Екимовская А.А. Открытая ёмкость максимального объёма с плоским дном и сферической стенкой. Патент на полезную модель RU 223867 рег. 05.03.2024. Заявка на полезную модель RU 2023124105, от 19.09.2023. Публ. 05.03.2024, Бюлл. №7.
5. Екимовская А.А. Герметичная ёмкость из сферических слоёв с перегородками. Патент на полезную модель RU 226143, рег. 22.05.2024, публ. Бюлл. №15 от 22.05.2024, заявка на полезную модель RU 2024106140 от 11.03.2024.

УДК 629.7.025.15
eLIBRARY.RU: 55.47.29

Кирнева К.Д.
Kirneva K.D.
студентка, 1 курс
Московский авиационный институт
Благотворительный фонд «Образование+»

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВОЙ СХЕМЫ КРЫЛА В ФОРМЕ ТРЕУГОЛЬНИКА РЁЛО

FEATURES OF THE STRUCTURAL-STRENGTH SCHEME OF THE WING IN THE FORM OF A RÖLOH TRIANGLE

Аннотация. Треугольник Рёло – это плоская геометрическая фигура постоянной ширины. В экранопланах рассматривается возможность применения крыла в форме круга. Преимуществом такой формы является одинаковый радиолокационный обзор со всех сторон. Закономерен вопрос о применении крыла в форме треугольника Рёло, которое тоже обладает этим свойством. Анализ формы нового крыла показывает возможность установки прямолинейных лонжеронов на первой четверти хорды аэродинамического профиля, что важно для равномерного распределения сил.

Ключевые слова: экраноплан, крыло, форма крыла, треугольник Рёло, лонжерон, аэродинамическая сила, распределение нагрузки, устойчивость, обратная стреловидность.

Abstract. The Reuleaux triangle is a flat geometric figure of constant width. A circular wing is being considered for ekranoplans. The advantage of this shape is uniform radar coverage from all sides. The use of a Reuleaux triangle-shaped wing, which also possesses this property, is a logical option. Analysis of the new wing's shape suggests the possibility of installing straight spars on the first quarter-chord of the airfoil, which is important for uniform force distribution.

Keywords: ekranoplan, wing, wing shape, Reuleaux triangle, spar, aerodynamic force, load distribution, stability, forward sweep.

Треугольник Рёло – это фигура постоянной ширины. Свойства треугольника Рёло хорошо изучены, применяются при создании технических устройств, например, в роторном двигателе или для сверления квадратных отверстий. Но с развитием техники появляются новые задачи. В семидесятых годах прошлого века в Нижнем Новгороде, в то время городе Горьком, под руководством Ростислава Евгеньевича Алексеева началось изучение и проектирование экранопланов – летательных аппаратов, движение которых основано на использовании экранного эффекта. Сначала начались поиски рациональной формы крыла. Одной из форм был круг. Такое требование было обосновано военными задачами. Экраноплан считается кораблём, он должен быть наименее заметен радиолокаторами. Круг – это фигура постоянной ширины, с любой

стороны при обзоре сбоку имеет одинаковый вид. Но таким свойством обладает не только круг, а целый класс геометрических фигур, начиная с треугольника Рёло, а потом продолжая пятиугольником, семиугольником и так далее. Среди фигур постоянной ширины круг обладает свойством максимальной площади. В экранопланах применяется эффект увеличения подъёмной силы от поверхности земли или воды, поэтому площади крыла можно уменьшить, что хорошо видно на созданных конструкциях, например, экранопланах «Лунь» (1986 год) и «Иволга» (2009 год) [1,2]. Среди фигур постоянной ширины треугольник Рёло, напротив, по сравнению с кругом, обладает свойством минимальной площади поверхности. Но для экраноплана большая площадь поверхности не нужна. Следовательно, появилась задача изучения свойств крыла экраноплана, выполненного в форме треугольника Рёло. Такое крыло имеет одинаковый радиолокационный вид с любого ракурса, что хорошо соответствуем военным требованиям [3].

Материал и методы

Аэродинамический профиль, прочность и жёсткость требуют, чтобы лонжерон находился как можно ближе к центру давления [4,5]. Этим требованиям отлично удовлетворят рёлокрыло.

Обычно центр давления, то есть самая широкая часть аэродинамического профиля, находится приблизительно на четверти хорды. В системе с множеством стрингеров лонжерон устанавливается вдоль почти прямой линии, второй и третьей снизу на рис.1.

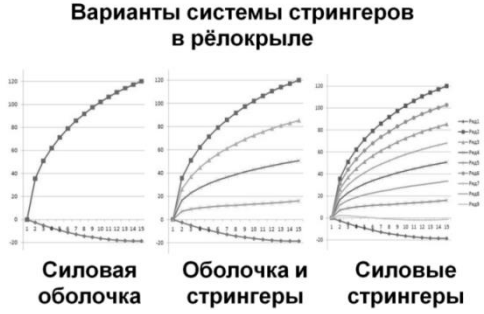


Рис. 1. Почти прямолинейные лонжероны на первой четверти хорды (движение вниз)

Другие стрингеры равномерно распределены по длине нервюр.

На третьем рисунке есть возможность установить ещё один предлонжерон, который тоже почти прямолинейный. Это главный результат, который выносится на защиту.

Сложная форма рёлокрыла практически не повлияла на прямолинейную балку-консоль лонжерона как основного силового продольного несущего элемента. Другие стрингеры криволинейные.

На это техническое решение подготовлена заявка на патент. Результат разделения хорды рёлокрыла на части лонжероном и стрингером показан на рис.1.

Результаты и обсуждение

При увеличении угла атаки в экранопланах центр давления смещается назад. У самолётов – вперёд.

Стреловидность экраноплана обычно обратная. Треугольник Рёло учитывает это аэродинамическое явление.

Значит, рёлокрыло должно двигаться дугой вперёд. В этом случае оно будет работать как крыло с обратной стреловидностью.

Главным результатом стало доказательство возможности установки прямолинейных лонжеронов на первой четверти хорды даже при такой сложной форме крыла.

Для справки, на круге ни о какой прямолинейности нет речи, лонжероны приходится изгибать или дополнять множеством стрингеров с силовой обшивкой.

Литература

1. Экраноплан «Лунь» / Большая страна. Сообщество туроператоров. – https://bolshayastrana.com/dostoprimechatelnosti/dagestan/ehkranoplan-lun-95

2. Отечественные экранопланы / Военное обозрение. Авиация. – 03.10.2025 г. - https://topwar.ru/271767-otechestvennye-jekranoplany.html

3. Видимо-невидимо: история стелс-технологий. Как авиаконструкторы решали задачу малозаметности / Объединённая авиастроительная корпорация (ОАК). Медиа. 14.04.2022 г. - https://rostec.ru/media/news/vidimo-nevidimo-istoriya-stels-tekhnologiy/

4. Андреевский В.В., Белоконов В.М., Бочкарёв А.Ф. и др. Аэромеханика самолёта. Учебное пособие для авиационных ВУЗов. Под ред. канд. техн. наук А.Ф.Бочкарёва. – М.: Машиностроение, 1977. 416 с.

5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Изд. 3-е, перераб. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1970. 904 с.

УДК 62-232.173
eLIBRARY.RU: 55.49.51

Солдатенко В.П.
Soldatenko V.P.
студентка, 3 курс
Университет ИТМО
Благотворительный фонд «Образование+»
г. Санкт-Петербург

ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО РЕЖИМА РАБОТЫ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

RATIONALE FOR ENERGY-SAVING OPERATING MODE OF A SPACE VEHICLE'S ROBOT-MANIPULATOR

Аннотация. Современные орбитальные станции предполагают в своём составе робот-манипулятор для выполнения заданий в открытом космосе. Традиционная схема такого устройства основана на шарнирно-рычажном механизме. В процессе работы манипулятора актуальной является задача энергосбережения, особенно во время пика энергопотребления различными системами орбитальной станции. В работе предложен алгоритм энергосберегающего режима работы манипулятора, соответствующий минимальной сумме углов поворота рычагов.

Ключевые слова: космический аппарат, робот, манипулятор, механизм, шарнир, рычаг, система управление, степень свободы механизма, оптимальное управление, энергосбережение.

Abstract. Modern orbital stations include a robotic manipulator for performing tasks in outer space. The traditional design of such a device is based on a hinged-lever mechanism. Energy conservation is a pressing issue during manipulator operation, especially during peak power consumption by various orbital station systems. This paper proposes an energy-saving algorithm for the manipulator, corresponding to the minimum sum of the lever rotation angles.

Keywords: spacecraft, robot, manipulator, mechanism, hinge, lever, control system, degree of freedom of the mechanism, optimal control, energy saving.

В космической технике актуальным направлением исследований и новых проектов являются орбитальные манипуляторы. Роботы-

манипуляторы широко применяют на автоматизированных линиях различных предприятий. В космической технике такие устройства являются единичными, но единственно возможными для решения задач вблизи орбитальной станции. Например, на Международной космической станции установлен манипулятор ERA [1]. В Японии проводятся исследования орбитальных манипуляторов [2]. Рассматривается применение орбитальных роботов-манипуляторов в военной технике [3]. Цель работы заключается в энергосбережении при работе орбитального манипулятора. Для этого надо решить техническую задачу синтеза оптимального режима работы звеньев и сложной системы в целом.

Объектом изучения является трёхрычажный шарнирный манипулятор. Все три шарнира предполагаются цилиндрическими. Изучение начато с упрощённой системы в предположении одинаковой длины трёх рычагов.

Материал и методы

Орбитальный манипулятор предназначен для захвата объекта. Исполнительный элемент должен дотянуться до заданной точки пространства. Механизм имеет три степени свободы, дотянуться до заданной точки можно бесконечным числом способов. Содержательная формулировка задачи заключается в выборе энергосберегающего способа захвата предмета. Переход к формальной постановке требует ввести целевую функцию оптимизации процесса. Так как преследуется цель экономии энергии, то целевая функция выбрана в виде суммы углов поворота трёх рычагов. Чем меньше поворачиваются рычаги манипулятора, тем меньше будет расход энергии. Далее решаемая задача перешла в область бионики. Был выполнен сравнительный анализ движения трёхрычажного манипулятора с движением пальца человека. В процессе долгой эволюции человека природа определила оптимальный режим движения пальца в кисти, чтобы напрасно не тратить энергию. В пальце находятся четыре кости: пястная, проксимальная, средняя и дистальная. Дистальная фаланга маленькая, если сравнивать с другими костями, служит для тонкой моторики, поэтому сначала она моделируется точкой. На упрощённую механическую и математическую модель были перенесены три кости: пястная, проксимальная и средняя. В нейтральном положении три рычага манипулятора, моделирующие эти кости, расположены на одной прямой линии. Для захвата предмета, то есть для касания его концом третьего рычага, надо сначала повернуть первый рычаг, а потом получится равнобедренный треугольник из второго и третьего

рычагов, который тоже надо повернуть, но уже на другой угол. В результате каждый из трёх рычагов манипулятора поворачивается от нейтрального положения на свой угол.

Формальная постановка задачи свелась к определению углов поворота трёх рычагов, чтобы их сумма была минимальной для заданного положения предмета в области достижимости манипулятора. Задача решалась прямым вычислительным методом. Была составлена расчётная программа в среде Scilab 6.1.1. Из всех возможных поворотов рычагов выбирался вариант с минимальной суммой углов поворота. Постоянно выполнялся сравнительный анализ работы манипулятора с движением пальца человека, как этого требует бионика.

Результаты и обсуждение

Результатом работы стало формирование оптимального режима движения рычагов манипулятора. На рис.1 показан пример реализации оптимального поворота рычагов, при котором первое звено поворачивается на угол 17 градусов.

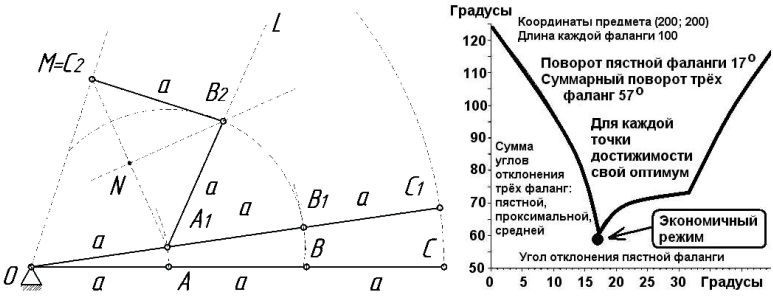


Рис. 1. Упрощённая трёхсуставная модель пальца человека и её работа

Правильность полученных результатов обоснована методами бионики. Например, в большинстве рациональных режимов работы первый рычаг манипулятора поворачивался на маленький угол, не более двадцати градусов.

Это полностью соответствует реальной кисти человека, потому что пястная кость скрыта внутри ладони, имеет малую подвижность.

Таким образом, энергосберегающий режим работы трёхрычажного орбитального манипулятора подтверждён методами бионики, то есть сравнением с живой природой.

Литература
1. Россияне на МКС продолжат работать с манипулятором ERA. Электронный ресурс. Дата обращения: 19.02.2026.
2. Японский стартап провёл эксперимент с роботизированной рукой на МКС.
https://pikabu.ru/story/yaponskiy_startap_provyol_yeksperiment_s_robotizirovannoy_rukoy_na_mks_8580427 Электронный ресурс (дата обращения 19.02.2026)
3. Космические силы США сосредотачиваются на сдерживании соперников Космические силы США сосредотачиваются на… Электронный ресурс (дата обращения 19.02.2026)

УДК: 629.783
eLIBRARY.RU: 89.15.02

Захаров А.С.
Zakharov A.S.
Ассистент Кафедры математики и анализа данных
Факультета информационных технологий и
анализа больших данных Финансового Университета
при Правительстве РФ, г.Москва
Захарова Л.А
Zakharova L.A.
инженер АО «Столичный-Юг», г. Балашиха.

УЧЁТ СТОХАСТИЧЕСКИХ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ В РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЯХ МОНИТОРИНГА КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

CONSIDERATION OF STOCHASTIC NEGATIVE FACTORS OF VARIOUS NATURE IN SPACE MONITORING RADARS

Аннотация. В работе формализована система дифференциальных уравнений, решение которых позволяет рассчитать риск изменения разрешающей способности по дальности. Данный подход отличается от известных отсутствием цифрового двойника радиолокационной станции мониторинга космического пространства, а исключительно числовым расчетом ситуаций и внешнего космического фона.

Ключевые слова: радиолокационный портрет, столкновения в космосе, космическая безопасность, деструктивные факторы

Abstract. The paper formalizes a system of differential equations, the solution of which makes it possible to calculate the risk of a change in range resolution. This approach differs from the known ones in the absence of a digital twin of a space monitoring radar station, but solely by numerical calculation of situations and the external space background.

Keywords: radar portrait, collisions in space, space security, disruptive factors

Неуклонный рост числа выводимых в околоземное пространство подвижных объектов ведет к повышению сложности решения актуальной задачи классификации космических аппаратов (КА), а оснащение нового поколения низкоорбитальных аппаратов двигателями малой тяги, позволяющими оперативно изменять параметры орбиты, приводит к еще большему возрастанию требований к системе информационного обеспечения решения задач классификации в части поддержания каталога КА [1].

В настоящее время, классификация КА в основном проводится по данным оптоэлектронных средств (ОЭС), возможности которых в ряде случаев существенно ограничены из-за снижения оптической видимости при ухудшении погодных условий [2, 3].

В этой связи, актуальной задачей является совершенствование методов классификации по данным радиолокационных станций мониторинга космического пространства (РЛС МКП) с широкополосными сигналами для построения радиолокационных портретов (РЛП) КА, являющихся источником информации о типе и форме объекта для классификации КА, а также о характере движения КА, в том числе о маневрировании.

Однако, на РЛС МКП при контроле космического пространства влияют деструктивные факторы, такие как помехи, тепловые процессы, стохастические ошибки в аппаратуре, а также переотражение сигнала от сторонних объектов [4]. Деструктивные факторы изменяют функциональные характеристики, которые в свою очередь влияют на характеристики точности определения координат ИСЗ (точностные характеристики).

В наибольшей степени [5] на точностные характеристики влияют, факторы, связанные с аппаратурой, такие как: неравномерность АЧХ, стохастические изменения спектральной плотности мощности фазовых шумов (СПМФШ), потери коэффициента усиления, вызванные тепловыми процессами и случайными отказами. Кроме этого, текущие изменения условий функционирования и среды распространения, в ряде случаев также приводят к критическому снижению точности

измерения координат КА [6]. Предлагается формализовать модель учета деструктивных стохастических факторов.

Допустим, а зоне обзора РЛС имеется ионосферная помеха, являющаяся неоднородностью в пространстве. В момент времени t0 вся плотность вероятности сосредоточена в области помехи, тогда *w=F(r,t)*, где r объединяет значения x,y,z. Изменение коэффициента преломления волн соответствует эффективному потенциалу для ионосферных неоднородностей, что позволяет в дальнейшие уравнения включить произведение Vw. При критических значениях потенциала V происходит фазовый переход, соответствующий образованию каналов распространения в ионосфере. Данные о распространении КВ радиоволн подтверждают существование критических условий для образования ионосферных каналов. Со временем ионосферные помехи изменяются с помощью диффузионного течения, поскольку корреляционная длина ионосферных неоднородностей составляет 10-100 км, тогда введя коэффициенты сноса и диффузии, отвечающие за скорость распространения, то финальное уравнение является:

$$\frac{\partial w_F}{\partial t} + \sum_{i=1}^{3} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\sigma_i w_F\right) + \sum_{i=1}^{3}\sum_{i=1}^{3} \frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j}\left(D_{ij} w_F\right) - V\left(x_1 \ldots x_N, t\right) w_F + F\left(x_1 \ldots x_N, t\right) = 0$$

(1)

Полученное уравнение является адаптацией уравнения Фейнмана-Каца, которое отражает связь между дифференциальными уравнениями в частных производных и случайными процессами. Усовершенствование уравнений Фейнмана-Каца состоит в оценке диффузионных течений на основе оценки корреляционной длины ионосферных неоднородностей при этом учитывая средний размер неоднородностей [34].

Сравнение с данными радиопросвечивания ионосферы спутниками COSMIC показывает, что распределение неоднородностей описывается решением уравнения Фейнмана-Каца с параметрами, такими как средний размер неоднородностей: 20-50 км; время жизни: 10-30 минут; амплитуда флуктуаций электронной концентрации: 0.5-2×10^{11} эл/м³.

Процессы деградации компонентов РЛС, такие как старение транзисторов или деградация амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), обладают марковским свойством. Уравнение Фоккера-Планка для плотности вероятности w(x,t) формализует это:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -\frac{\partial (Aw)}{\partial x} + \frac{1}{2}\frac{\partial^2 (Bw)}{\partial x^2}, \quad (2)$$

где A - вектор сноса, описывающий систематическую деградацию, а B - тензор диффузии, характеризующий случайные изменения.

Решение представленных дифференциальных уравнений позволяет определить плотность вероятности воздействия деструктивных факторов, на основе которых производится расчет риска изменения разрешающей способности по дальности.

Литература

1. Манукьян, А.А. Построение двумерных радиоизображений объектов по неэквидистантным кодированным частотно-временным последовательностям импульсов // Радиотехника и электроника. – 2015. – Т. 60, № 3. – С. 282. – DOI 10.7868/S0033849414120134. – EDN TJFINP.

2. Калюта, А.Н. Глобальный мониторинг космической обстановки – важнейшее направление обеспечения военной безопасности Российской Федерации в воздушно-космической сфере / А.Н. Калюта // Военная мысль. – Москва: [б. и.], 2017. Вып. № 9. С. 5-11.

3. Самотохин, А.С. Определение прогнозного положения ИСЗ при ограниченных ошибках измерений / А.С. Самотохин, З. Н. Хуторовский // Космические исследования. – 2011. – Т. 49, № 6. – С. 526-537. – EDN ONFTNF.

4. Пафиков Е. А., Тимошенко А.В., Захаров А.С. и др. Пространственно-временные характеристики сигналов радиолокационных станций с синтезированной апертурой с учетом отражения от целей и местных предметов // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. — 2025. — № 1. — С. 120–137.

5. Захаров А.С., Шаманов В.В., Перлов А.Ю., Соколов К.С., Поздышев В.Ю. Многопараметрическая оптимизация процесса проектирования РЛС мониторинга космического пространства на основе онтологического анализа зависимостей функциональных характеристик от множества технических решений // Радиотехника. 2024. Т. 88. № 10. С. 110-117. DOI: https://doi.org/10.18127/j00338486-202410-12

5. Захаров А.С., Тимошенко А.В., Савчук А.М. и др. Оценка искажений диаграммы направленности радиолокационной станции при нестационарном воздействии тепловых процессов на малошумящий усилитель приемного тракта // Цифровая обработка сигналов. 2025. № 1. С. 23–27.

УДК: 629.783
eLIBRARY.RU: 89.15.02

Захаров А.С.
Zakharov A.S.
ассистент Кафедры математики и анализа данных
Факультета информационных технологий и
анализа больших данных
Финансового Университета
при Правительстве РФ, г.Москва
Паршин Е.А.
Parshin Ye.A.
Советник ректора по кибербезопасности
Финансового Университета
при Правительстве РФ, г.Москва
Федоров Н.Н.
Fedorov N.N.
младший научный сотрудник
Факультета информационных технологий и
анализа больших данных
Финансового Университета
при Правительстве РФ, г.Москва

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОБМЕНА ДАННЫХ С АЭРОКОСМИЧЕСКИМИ КОМПАНИЯМИ И КРЕДИТНО-ФИНАНСОВЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАНТОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ

A MODEL OF A DATA EXCHANGE SYSTEM WITH AEROSPACE COMPANIES AND FINANCIAL INSTITUTIONS USING QUANTUM COMMUNICATIONS

Аннотация. Появление квантовой угрозы в финансовой отрасли обуславливает необходимость в разработке новых моделей передачи и обмена данных. В работе представлен риск-ориентированный подход к формализации модели обмена данных с аэрокосмическими компаниями с учетом наличия защищенных узлов связи у кредитно-финансовых организаций.

Ключевые слова: экономическая безопасность, квантовая угроза, космическая безопасность, риск-анализ.

Abstract. The emergence of the quantum threat in the financial industry necessitates the development of new models for data transmission and

exchange. The paper presents a risk-based approach to formalizing a data exchange model with aerospace companies, taking into account the availability of secure communication nodes for credit and financial institutions.
Keywords: economic security, quantum threat, space security, risk analysis.

Неуклонный рост числа проводимых транзакций в банковской среде ведет к повышению сложности решения актуальной задачи классификации угроз или похищения средств в транзакции, а оснащение нового поколения квантовых компьютеров алгоритмами поиска ключа, позволяющими оперативно изменять параметры шифрования, приводит к еще большему ужесточению требований к средствам обеспечения безопасности банковских систем [1].

В настоящее время классификация деструктивных воздействий угроз по взлому проводится на основе метода защиты транзакций на основе принципов ACID (аббревиатура с английского – атомарность, согласованность, изоляция и долговечность), которые не позволяют эффективно справляться с постквантовыми угрозами [2,3].

В этой связи, актуальной задачей является модернизация системы информационного обеспечения (СИО) кредитно-финансовой сферы, работающих с большим объемами данных и различными вариантами с различной стоимостью [4,5]. Одним из требований к СИО в настоящее время является постфактумный контроль и упреждающее риск-ориентированное управление, что обусловлено ростом сложности финансовых схем, потребностью в реальном времени оценивать платежеспособность и добросовестность контрагентов, а также квантовые угрозы.

Отсутствие методов комплексной оценки и оперативной компенсации негативного влияния квантовых угроз на характеристики инфокоммуникационных систем не позволяет найти рациональное оптимальное решение выделения ограниченных средств на модернизацию СПД для повышения эффективности защищенности и надежности систем передачи данных в кредитно-финансовой сфере. Все это обуславливает необходимость решения вопроса о модернизации существующих СПД о финансовых операциях. Данное обстоятельство обуславливает необходимость разработки риск-ориентированной модели технико-экономической оценки текущей защищенности и необходимости модернизации информационных систем кредитно-финансовой сферы, а также их компонентов в условиях широкого внедрения квантовых коммуникаций.

Под риском в статье понимается изменение уровня защищенности при заданном финансировании и пропускной способности линии передачи транзакции в разные моменты времени. Тогда риск-ориентированная модель представима как формализация процесса выбора оптимального варианта модернизации информационных систем кредитно-финансовой сферы из множества вариантов при ограничениях на стоимость, время модернизации и технических характеристиках. Оптимизационная задача выглядит следующим образом:

$$\lim_{\substack{P\to P_{зад}\\ C\to C_{opt}\\ TX\to TX_{opt}}} \left(R_{var} - R^{*}_{var}\right) = 0, \tag{1}$$

$$\left\{TX\right\}_{опт} = \operatorname{argmax} L\left(C, P, TX\right), \tag{2}$$

$$\left\{C\right\}_{опт} = \operatorname{argmin} L\left(C, P, TX\right), \tag{3}$$

где M – методика выбора оптимального облика модернизации; R_{var} – риск варианта, соответствующее оптимальным характеристикам; R^{*}_{var} – риск выбранного варианта; $P_{зад}$ – заданная вероятность обнаружения квантовой угрозы; $C_{опт}$ – оптимальная стоимость модернизации; $TX_{опт}$ – оптимальные технические характеристики модернизации; L – вектор параметров информационной системы. Такая формализация основана на оценке множества вариантов и выбора наиболее оптимального заданному, что позволяет оценить сгенерированные варианты без использования перебора [6].

В такой постановке целевой функцией является риск варианта модернизации или риск того, что данный вариант модернизации не сможет обнаружить угрозу при заданной вероятности и времени классификации. Время классификации определяется как:

$$T_{class} = \min t \ \ npu \ P\left(\hat{y}\left(t\right)\right) \geq \theta \tag{4}$$

где $\hat{y}(t)$ – спрогнозированный класс угрозы; P – вероятность правильной классификации; θ – заданный порог доверия; t – время выполнения операций классификации, времени измерения и времени накопления. Вероятность классификации зависит от последовательности векторов характеристик отделений с центром обработки данных (ЦОД) с минимальным уровнем ошибок измерения.

Любая задача оптимизации, связанная с оценкой потерь при вычислении точности в зависимости от принятого решения, должна учитывать не только ожидаемые потери, но и риски, обусловленные самим решением. При решении задачи оперативной классификации

опасных ситуаций под риском будем понимать число, характеризующее уровень воздействия деструктивных факторов на узел.

Исследования показали, что риск-анализ позволяет решать задачи оценивания потенциальных изменений характеристик отделения с ЦОД. Поэтому исходя из теории риск-анализа, процесс оценки характеристик отделения с ЦОД может быть представлен как риск потери средств, который определяется, как функция средств Δ и плотности вероятности изменения w воздействий по каждому из деструктивных факторов:

$$R_{\Delta} = \sum \Delta_i \prod_j w_j \tag{5}$$

Риск в данном случае является не вероятностной характеристикой, а его размерность определяется той характеристикой, изменение которой надо найти.

Для учета влияния негативных факторов на процесс классификации введем обобщенный функционала риска:

$$R_{общ} = \alpha R_{внут} + \beta Rвнеш + \gamma Rвзаим \tag{6}$$

где α, β, γ - весовые коэффициенты, учитывающие значимость факторов, определяемые эмпирически и изменяющиеся от 0 до 1 с условием α+β+γ=1. Данное представление дает основу для представления всех факторов в иерархию, где коэффициенты определяют уровень значимости. В данной работе не представлено исследование чувствительности риска от α, β и γ, из-за необходимости дополнительной оценки риска взаимодействия.

Таким образом, представленная модель позволяет решить задачу описание оценки защищенности каналов сети на основе риск-ориентированного подхода.

Литература

1. Sebastian D. Modernizing Credit Risk with Data Mesh: A Large Bank's Transformation to Real-Time Credit Intelligence // Journal of Financial Transformation. – 2024. – Vol. 59. – P. 45-58.

2. Lin X., Zhang S., Zachariadis M. The Effects of Bank API Adoption on Bank Efficiency and Credit Risk // Proceedings of the 45th International Conference on Information Systems (ICIS). – Bangkok, 2024. – P. 112-128.

3. Lu Y., Zhan M. The Digital Transformation of Banks, Information Structure, and the Substitutability between Trade Credit and Bank Credit // Journal of Financial Research. – 2025. – Vol. 48, No. 2. – P. 301-325. – DOI: 10.1111/jofi.12345

4. Rabari R. The Role of Information Technology in Loan Management: Impact on the Competitiveness of Indian Banks // International Journal of Banking and Finance. – 2024. – Vol. 19, No. 3. – P. 78-95.
5. Lobko O., Bilyi M. Strategic aspects of ensuring digital transformation of the bank's credit management system // Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice. – 2023. – Vol. 5, No. 52. – P. 22-36.
6. Захаров А.С. Применение метода средне-дисперсионного анализа вариантов модернизации радиолокационной станции мониторинга космического пространства в нечетких множествах / А. С. Захаров, А. В. Тимошенко, И. А. Байкалов, Н. А. Ходатаев // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. — 2024. — № 197. — С.14-19.

УДК 629.78:621.382.2
eLIBRARY.RU: 89.51.21

Казмерчук П.В.
Kazmerchuk P.V.
кандидат технических наук
главный конструктор Лунной программы
АО «НПО Лавочкина», г. Химки
Вернигора Л.В.
Vernigora L.V.
кандидат технических наук
руководитель проекта «КС-ЛЭС»
АО «НПО Лавочкина», г. Химки

МЕТОДИКА СКВОЗНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ МИССИЙ КА С МАЛОЙ ТЯГОЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ЛИНЕАРИЗАЦИИ

A METHOD OF END-TO-END OPTIMIZATION OF LOW-THRUST SPACECRAFTS MISSIONS BASED ON THE LINEARIZATION METHOD

Аннотация. Рассматривается методика сквозной оптимизации миссий с малой тягой, основанная на оптимизации составной динамической системы методом линеаризации.

Ключевые слова: метод линеаризации; малая тяга; сквозная оптимизация.

Abstract. Methodology for end-to-end optimization of low-thrust missions based on the optimization of a composite dynamic system using the linearization method is considered.
Keywords: linearization method; low thrust; end-to-end optimization.

При проектировании траекторий КА с малой тягой как правило используются различные гипотезы, упрощающие моделирование, что в конечном итоге приводит к разбиению траекторий на ряд связанных между собой участков. Например, метод точечных сфер действия или грависфер нулевой протяженности, при котором межпланетная траектория рассматривается как последовательность гелиоцентрических участков, стыкуемых в моменты пролета планет.

Если решается более сложная задача N-тел, учитывающая гравитационное воздействие на КА многих планет, то возникает необходимость смены системы координат или смены моделей движения при моделировании пролета планеты для повышения точности вычисления правых частей уравнений либо учета дополнительных возмущений [1].

Сброс отделяемых частей КА, раскрытие элементов конструкции, изменяющее моменты инерции, моделирование гравитационных маневров в рамках метода точечных сфер действия, включение и отключение двигателей приводят к разрывам в правых частях уравнений движения. Эти разрывы вектора состояния и управления также разбивают траекторию на ряд характерных участков.

В этой связи возникает задача оптимальной в смысле целевого критерия миссии стыковки участков. Параметры, от которых зависит переход от одного участка к другому должны оптимизироваться совместно с поиском оптимального управления и проектных параметров КА исходя из конечной цели оптимизации. Такая задача называется задачей сквозной оптимизации. Это сложная нелинейная задача оптимального управления, регулярных методик решения которой не существует. При ее решении необходимо учитывать различные функциональные ограничения и ограничения на управление.

Ключевым объектом предлагаемой методики является составная динамическая система.

$$\frac{d\boldsymbol{x}^i}{dt}=\boldsymbol{f}^i(\boldsymbol{x}^i(t^i),\boldsymbol{p}^i,\boldsymbol{q},\boldsymbol{u}^i(t^i),t^i),\ i=1\ldots N. \qquad (1)$$

Это набор систем дифференциальных уравнений, моделирующих движение на каждом конкретном участке. В правые части составной динамической системы кроме вектора состояния, управления и независимой переменной введены дополнительные оптимизируемые параметры $\boldsymbol{p}^i,\boldsymbol{q}$. $\boldsymbol{p}^i$ – параметры уникальные для i-ого участка, $\boldsymbol{q}$ – параметры общие для всех участков составной системы, например проектные параметры КА, предназначенные для решения задач проектно-баллистической оптимизации.

Левый конец траектории подвижный и описывается скалярной функцией τ^0, которая определяет значение независимой переменной в начале траектории и вектор-функцией $\boldsymbol{\varphi}^0$, определяющей вектор состояния в начале траектории.

$$t_0^1=\tau^0(\boldsymbol{p}^0,\boldsymbol{q}),\ \boldsymbol{x}^1\left(t_0^1\right)=\boldsymbol{\varphi}^0\left(\boldsymbol{p}^0,\boldsymbol{q},t_0^1\right). \tag{2}$$

В параметры этих функций введен вектор оптимизируемых параметров $\boldsymbol{p}^0$, от которого зависят начальные условия движения. Например, при оптимизации отлетного гиперболического избытка скорости его параметры вводятся в этот вектор.

Окончание участка составной системы происходит при смене знака скалярной функции μ^i, которая должна быть определена для каждого участка.

$$\mu^i(\boldsymbol{x}^i(t_k),\boldsymbol{p}^i,\boldsymbol{q},t_k^i)=0,\ i=1\ldots N. \tag{3}$$

Этот момент не фиксирован и также зависит от оптимизируемых параметров $\boldsymbol{p}^i,\boldsymbol{q}$, например, дата и параметры гравиманевра вводятся в вектор $\boldsymbol{p}^i$.

В момент перехода между участками системы независимая переменная и вектор состояния могут иметь разрывы. Для их описания введены функции τ^i и $\boldsymbol{\varphi}^i$.

$$t_0^{i+1}=\tau^i(\boldsymbol{x}^i(t_k),\boldsymbol{p}^i,\boldsymbol{q},t_k^i),i=1\ldots N\text{-}1; \tag{4}$$

$$\boldsymbol{x}^{i+1}\left(t_0^{i+1}\right)=\boldsymbol{\varphi}^i(\boldsymbol{x}^i(t_k),\boldsymbol{p}^i,\boldsymbol{q},t_k^i),i=1\ldots N\text{-}1. \tag{5}$$

Эти функции также зависят от параметров $\boldsymbol{p}^i,\boldsymbol{q}$, что позволяет, при необходимости, оптимизировать величину разрыва.

На траектории составной системы определены функционалы смешанного типа критерий с индексом 0 и m ограничений, также

зависящие от параметров $\boldsymbol{p}^i,\boldsymbol{q}$, причем терминальная часть функционала может вычисляться в конце произвольного участка.

Таким образом, в данной постановке управлением $\boldsymbol{\alpha}$ составной динамической системой является комплекс параметров $\boldsymbol{p}^0, \boldsymbol{p}^i,\boldsymbol{q}$ и функций $\boldsymbol{u}^i(t^i)$.

Зависимость функционалов и всех объектов составной динамической системы от параметров $\boldsymbol{p}^i,\boldsymbol{q}$ позволяет проводить сквозную миссий с малой тягой.

Для оптимизации составной динамической системы предлагается использовать метод линеаризации.

Метод линеаризации, являясь прямым методом, работающим в пространстве управлений, относится к классу градиентных методов (методов первого порядка).

Большая область сходимости метода, присущая методам первого порядка, позволяет выбирать тривиальные начальные приближения и отказаться от использования различных регуляризующих приёмов.

В работах [2-4] с помощью модифицированного метода линеаризации успешно решен ряд задач сквозной оптимизации траекторий КА с малой тягой.

Литература

1. Петухов В.Г., Юн С.У. Оптимизация гелиоцентрических траекторий с малой тягой между коллинеарными точками либрации различных планет. // Космические исследования, 2023, том 61, № 5, с. 406–419.
2. Малышев В.В., Усачов В.Е., Казмерчук П.В. Методика оптимизации траекторий, включающих гравиманевры КА с солнечным парусом //Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2007. № 1. С. 194.
3. Казмерчук П.В., Вернигора Л.В. Метод линеаризации в задачах перелета космических аппаратов с электроракетной двигательной установкой на геостационарную орбиту //Труды МАИ. 2020. № 115.
4. Казмерчук П.В., Вернигора Л.В. Оптимизация межпланетных траекторий и гравитационных манёвров КА с малой тягой методом линеаризации. Часть 2// Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2024. № 2. С. 13-17.

УДК 681.5
eLIBRARY . RU: 50.03.03

Канушкин С.В.
Kanushkin S.V.
кандидат технических наук
доцент
филиал военной академии
РВСН имени Петра Великого
г. Серпухов
Керин И.О.
Kerin I.O.
курсант
филиал военной академии
РВСН имени Петра Великого
г. Серпухов
Мишин И.И.
Mishin I.I.
курсант
филиал военной академии
РВСН имени Петра Великого
г. Серпухов

УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИКОЙ СИСТЕМЫ С НЕЛИНЕЙНЫМ АЛГОРИТМОМ В ВИДЕ СТЕПЕННОЙ ФУНКЦИИ

CONTROL OF THE SYSTEM DYNAMICS WITH A NON-LINEAR ALGORITHM IN THE FORM OF A POWER FUNCTION

Аннотация. Предложен алгоритм управления с контуром нелинейной обратной связи, в виде степенной функции, применение которого обеспечивает устойчивость движения при увеличенных аддитивных импульсных возмущениях, что особо важно для аэродинамически неустойчивого объекта.

Ключевые слова: стабилизация, алгоритм, степенная функция, нелинейности, устойчивость

Abstract. An algorithm of control with a nonlinear feedback loop, in the form of a power function, is proposed, the application of which ensures the stability of motion at increased additive impulse disturbances, which is especially important for an aerodynamically unstable object.

Keywords: stabilization, algorithm, power function, nonlinearities, stability.

Разработка теории ракетного полета и основных принципов построения систем была выполнена в трудах Константина Эдуардовича Циолковского, который отмечал, что впервые в 1898 году «кратко и популярно, хотя и строго научно сосредоточил главнейшее, до чего я в то время достукался относительно управляемого аэростата» [1, с. XIV].

Характерными особенностями современных объектов стабилизации является их высокая аэродинамическая неустойчивость, повышенные разбросы параметров. Это потребовало разработки и внедрения специальных усовершенствованных методов управления. Классическое ПД-управление является довольно примитивной и упрощенной реализацией управления особенно нелинейным объектом. Сумма двух составляющих управления (пропорциональная и диффиринцирующая), в силу своей простоты, не может осуществить требуемый закон управления динамикой системой. Целесообразно от линейной зависимости обратной связи перейти к степенной функции. Степенная функция, в отличие от линейной, показывает накопительный эффект (возрастание или убывание в зависимости от показателя степени). Это связано с тем, что линейная функция описывает равномерное изменение, а степенная — нелинейное поведение, которое зависит от показателя степени. Если степень степенной функции меньше единицы существенно улучшается качество переходного процесса, уменьшается величина перерегулирования. Если степень степенной функции больше единицы улучшаются условия устойчивости.

В динамической модели учтены две основные нелинейности. В системах с ограниченной мощностью рулевых приводов скоростная характеристика имеет нелинейность типа «зона насыщения». Насыщение скоростной характеристики приводит к неустойчивости движения системы при больших возмущениях или значениях фазовых координат. Ограничение угла отклонения органов управления связано с тем, что при большом отклонении рулей снижается их эффективность, а также существуют конструктивные ограничения.

Система с нелинейным алгоритмом в виде степенной функции обеспечивает устойчивость движения при увеличенных аддитивных импульсных возмущениях. При этом значение максимальной угловой скорости уменьшается, что нужно считать важной характеристикой для снижения перегрузки.

Литература

1. Циолковский К. Простое учение о воздушном корабле и его построении / 2-е изд., - Калуга: Тип. Губ. правления, 1904. - 105 с.

2. Методы современного классической теории автоматического управления. Учебник в 5-ти томах. / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2004.
3. Решение о выдаче патента на полезную модель Российской Федерации от 21.11.2024. Система угловой стабилизации / Канушкин С.В., Успенский А.В., Даньшин А.С. (RU). По заявке №2024123705, приоритет от 13.08.2024 г.

УДК 629.78
eLIBRARY : 55.49.07;55.49.31

Кислицкий М.И.
Kislitsky M.I.
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им.Д.Ф.Устинова
г. Санкт-Петербург

О КОНЦЕПЦИИ ЛУННОГО РАКЕТНОГО ТРАНСПОРТА

ABOUT THE CONCEPT OF MOON ROCKET TRANSPORT

Аннотация. Освоение Луны требует оперативной доставки грузов и космонавтов с лунной базы в любую точку лунной поверхности, из чего вытекает необходимость лунного ракетного транспорта (ЛРТ). Представлены основные положения концепции ЛРТ. Обнаружение на Луне водяного льда делает целесообразным использование для ЛРТ разрабатываемого БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова ракетного двигателя на кислороде и водороде. Определены задачи, требования, схема функционирования ЛРТ.

Abstract. The Moon exploration requires the prompt delivery of cargo and cosmonauts from the lunar base to any point of the lunar surface, from which the necessity of lunar rocket transport (LRT) follows. The basic provisions of the LRT concept are presented. The detection of water ice on the Moon makes it expedient to use for LRT the rocket engine on oxygen and hydrogen developed by BSTU "VOENMEH" named after D.F. Ustinov The tasks, requirements, and scheme of functioning of LRT are determined.

Ключевые слова: лунный ракетный транспорт, лунный транспортный аппарат, ракетный двигатель, кислород, водород, лунная поверхность.

Keywords: lunar rocket transport, lunar vehicle, rocket engine, oxygen, hydrogen, lunar surface.

Исследование и освоение Луны требуют обеспечения оперативной доставки грузов и космонавтов с лунной базы в любую точку лунной поверхности и обратно. Решить эту задачу при использовании только луноходов невозможно, так как лунная поверхность (ЛП) не везде проходима для них; при этом скорость лунохода очень мала (1-3 км/час.). Обеспечить оперативное перемещение на Луне может только ракетный транспорт. Целесообразность использования лунных ресурсов очевидна. Обнаружение на Луне водяного льда дает возможность получать кислород и водород путем электролиза воды. Последние являются высокоэффективной топливной парой ракетных двигателей (РД). Учитывая экономические аспекты, кислородно-водородные РД для ЛРТ практически безальтернативны .

Основные задачи ЛРТ:

1. Размещение в заданных районах ЛП научного оборудования.
2. Доставка луноходов для проведения исследований отдельных районов ЛП.
3. Доставка космонавтов и/или робототехнических устройств в заданные районы ЛП для проведения исследований и обслуживания оборудования.
4. Возврат оборудования из заданных районов ЛП на лунную базу.
5. Спасательные операции.

Основные требования к ЛРТ:

1. Достаточные возможности лунного транспортного аппарата (ЛТА) по двигательной энергетике.
2. Высокая точность доставки.
3. Способность работать с широким спектром полезных нагрузок. Это может быть обеспечено вариабельностью конструкции и модульным построением ЛТА.
4. Многоразовое использование ЛТА.
5. Простота обслуживания.
6. Высокая надежность.
7. Минимальная стоимость.

ЛТА должен включать в себя лунное посадочное устройство, двигательную установку (ДУ), бортовой комплекс управления, систему энергоснабжения, систему обеспечения теплового режима, несущую конструкцию и полезную нагрузку (ПН). При необходимости ЛТА оснащается техническими средствами для работ с полезной нагрузкой (например, манипуляторами), как доставленной им на место

назначения, так и уже находящейся на месте назначения (для обслуживания или возврата последней на базу).

В ходе работ по проекту ракетно-космического комплекса сверхлегкого класса в рамках конкурса Национальной технологической инициативы в 2021-2022 гг. [1] специалистами БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова разработан РД тягой 100 Н на газообразных кислороде и водороде для использования в составе малого космического разгонного блока [2]. В нем реализованы инновационные технические решения по системе охлаждения, что обеспечивает длительную работу РД (в отличие от других современных РД малой тяги). Это подтверждено результатами испытаний экспериментального образца. Проработки показали возможность создания аналогичного РД тягой 400 Н. Применение газообразных компонентов позволяет отказаться от использования сложных дорогостоящих криогенных устройств, необходимых для работы с жидкими кислородом и водородом. Такой РД предлагается использовать как базовый элемент ЛРТ.

ЛТА создается для выполнения задач с различной массой полезных нагрузок. В связи с этим конструкция ДУ должна обеспечивать возможность варьирования количества двигателей в ее составе для обеспечения тяговооруженности ЛТА, необходимой для конкретной миссии. Так, при использовании РД с тягой 400 Н представляется целесообразным варьировать количество РД в составе ДУ от 1 до 4. Учитывая, что сила тяжести на Луне в ~6 раз меньше земной, это позволит при тяговооруженности ЛТА 1,1 транспортировать ПН массой до ~150 кг.

Типовую схему функционирования ЛРТ можно представить следующим образом.

1. Определение задачи миссии ЛТА и принятие решения о ее реализации.
2. Подготовка ЛТА: установка полезной нагрузки, зарядка аккумуляторов, заправка ДУ компонентами топлива, ввод программы полета, выполнение предстартовых проверок.
3. Старт ЛТА, полет по заданной баллистической траектории.
4. Торможение и посадка в заданном районе ЛП.
5. Выполнение работ с ПН.
6. Старт, полет по заданной баллистической траектории.
7. Торможение и посадка на площадку лунной базы.
8. Межполетное обслуживание: демонтаж ПН и проверка технического состояния ЛТА. При необходимости проводятся ремонт и замена неисправных блоков.

9. Перевод ЛТА в необходимую степень готовности.

На лунной базе должно постоянно находиться определенное количество ЛТА в заданных степенях готовности.

В составе лунной базы должна быть развернута инфраструктура для хранения и обслуживания ЛТА и работ с ПН, в том числе контрольно-проверочная аппаратура, средства заправки кислородом и водородом, зарядки аккумуляторов и др. Необходима площадка для взлета и посадки ЛТА, расположенная на безопасном расстоянии от уязвимых сооружений базы (обитаемые сооружения, солнечные батареи, ядерная энергоустановка).

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. Объявлены итоги первого конкурса концепций ракеты-носителя сверхлегкого класса и межорбитального малого разгонного блока, 12.04. 2021 г., URL:https://old.sk.ru/news/b/press/archive/2021/04/12/obyavleny-itogi-pervogo-konkursa-koncepciy-raketynositelya-sverhlegkogo-klassa-i-mezhorbitalnogo-malogo- разгонного-блока.aspx, (дата обращения 25.10.2022).

2. Кислицкий М.И. Основные направления исследований и разработок БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова по тематике малых космических аппаратов и некоторые их результаты./ Научный журнал «Космические аппараты и технологии» №2(44), 2023. С. 92-99.

УДК 629.7.017.1
eLIBRARY.RU: 89.25.47

Комбаев Т.Ш.
Kombaev T.Sh.
кандидат технических наук
ведущий конструктор
филиал АО «НПО Лавочкина», г. Калуга
Артемов М.Е.

Artemov M.E.
кандидат технических наук
ведущий инженер-конструктор
АО «НПО Лавочкина», г. Химки
Хамидуллина Н.М.
Khamidullina N.M.
кандидат физико-математических наук
ведущий математик
АО «НПО Лавочкина», г. Химки
Власенков Е.В.
Vlasenkov E.V.
кандидат технических наук
ведущий конструктор
филиал АО «НПО Лавочкина», г. Калуга

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИСТОРИЧЕСКИХ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ СЕРИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ GOES

SOFTWARE FOR PROCESSING HISTORICAL SPACE WEATHER DATA FROM THE GOES SERIES OF SPACECRAFTS

Аннотация. Рассматривается важность проведения анализа исторических данных космической погоды для выявления возможных причин сбоев и отказов бортовой аппаратуры космических аппаратов (КА). В качестве исторических данных рассматривается общедоступный архив данных с КА GOES. Обосновывается необходимость создания и описывается специализированное программное обеспечение (ПО) для работы с историческим архивом.

Ключевые слова: космическая погода; космический аппарат; программное обеспечение.

Abstract. This article discusses the importance of analyzing historical space weather data to identify possible causes of failures and upsets of spacecraft onboard equipment. The publicly available archive of GOES spacecraft data is used as historical data. The need for developing specialized software for working with archive is justified and described.

Keywords: space weather; spacecraft; software.

КА серии Geostationary Operational Environmental Satellite (GOES), находящиеся на геостационарной орбите с 1975 г., обеспечивают уникальный 50-летний непрерывный ряд наблюдений за космической

погодой [1]. Уже первые спутники этой серии (GOES-1, запущенный в октябре 1975 года) несли на борту Space Environment Monitor (SEM) - комплекс приборов для измерения потоков протонов, электронов и рентгеновского и экстремального ультрафиолетового излучения Солнца. Принципиальное преимущество геостационарных наблюдений заключается в их непрерывности: спутник постоянно находится над одной точкой Земли, обеспечивая мониторинг с высоким временным разрешением. Это позволяет отслеживать в реальном времени развитие солнечных протонных событий - явлений, представляющих серьёзную угрозу для КА.

Пятидесятилетний архив наблюдений GOES [2] имеет особенную ценность для анализа воздействия радиационной обстановки на сбои и отказы, возникающие на борту КА. Исследования показывают, что сопоставление данных GOES с телеметрией геостационарных спутников связи позволяет выявлять корреляции между потоками частиц и сбоями и отказами бортовой аппаратуры КА. Так анализ 16-летнего ряда данных GOES показал, что 17 из 26 исследованных аномалий твёрдотельных усилителей мощности (SSPA) спутников Inmarsat произошли в течение двух недель после событий с высокими потоками релятивистских электронов [3]. Подобный анализ – результат доступа к архивным данным космической погоды.

На сегодняшний день существуют примеры кода для работы с архивными данными КА GOES – чтения данных комплекса приборов SEISS (Space Environment In-Situ Suite) с использованием Python и библиотеки NetCDF4. Однако эти примеры ограничены демонстрацией базовых операций и не предоставляют комплексного решения для экспорта данных в универсальные текстовые форматы для последующего анализа в стороннем ПО; автоматизированного построения набора графиков для всех энергетических каналов и сохранения результатов обработки в структурированном виде.

Эти недостатки ограничивают круг исследователей, имеющих возможность анализировать исторические данные (как правило, они должны быть специалистами в области программирования).

С целью преодоления указанных ограничений разработана ПО для автоматизированной обработки данных SEISS, которое реализует следующие функции:

− Экспорт данных: исходные NetCDF-файлы преобразуются в текстовые файлы формата TXT, где каждый элемент данных располагается на отдельной строке или в виде таблицы с разделителями. Это обеспечивает совместимость с широким спектром

программного обеспечения (Microsoft Excel, MATLAB) и позволяет исследователям использовать привычные инструменты.

− Визуализация: программа автоматически строит набор графиков, включая отдельные графики для каждого из энергетических каналов дифференциальных потоков солнечных заряженных частиц. Также проводится построение совместного графика всех энергетических каналов для наглядного сопоставления поведения различных частиц.

− Информационное сопровождение: для каждого энергетического канала в легенде графика отображаются диапазон энергий и эффективная энергия. Отдельно формируется таблица с полными характеристиками всех дифференциальных каналов.

− Обращение к архиву данных на сервере и сохранение данных на жестком диске.

Исторические данные о космической погоде КА GOES представляют собой уникальный научный ресурс, позволяющий изучать долговременные вариации космической погоды и её влияние на системы КА. Разработанная программа существенно упрощает доступ к этим данным и их анализ, предоставляя исследователям удобный инструмент для экспорта данных в текстовые форматы и автоматизированной визуализации потоков заряженных частиц. Дальнейшее развитие ПО может включать поддержку данных других КА (например, POES/MetOp, STEREO) и расширение функционала.

Литература

1. Sentinels in the Sky: 50 Years of GOES Satellite Observations, The Earth Observer, 21 Dec 2025. [Электронный ресурс]. URL: https://science.nasa.gov/science-research/earth-science/sentinels-in-the-sky-50-years-of-goes-satellite-observations / (дата обращения 13.04.2026).
2. GOES 1–15 Space Weather Instruments. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ncei.noaa.gov/products/goes-1-15/space-weather-instruments.
3. Lohmeyer W.Q. Data management of geostationary communication satellite telemetry and correlation to space weather observations // MIT – 2013. [Электронный ресурс]. URL: https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/79333 (дата обращения 13.04.2026).

УДК 532.517.4 : 536.24
eLIBRARY.RU: eLIBRARY.RU: 55.47.29; 55.49.07

Лобанов И.Е.
Lobanov I.E.
доктор технических наук

профессор
ФГБОУ ВО «Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А.Леонова»
Ткаченко Е.А.
Tkachenko E.A.
Шумейко А.М.
Shumeiko A.M.
студенты
ФГБОУ ВО «Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А.Леонова»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАМИНАРНЫХ, ПЕРЕХОДНЫХ И ТУРБУЛЕНТНЫХ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЙ И ТЕПЛООБМЕНА В КАНАЛАХ С ПОЛУКРУГЛЫМИ ТУРБУЛИЗАТОРАМИ ДЛЯ ТЕПЛООБМЕННИКОВ АВИАЦИОННОЙ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

MODELING OF LAMINAR, TRANSITIONAL, AND TURBULENT FLOW REGIMES AND HEAT EXCHANGE IN CHANNELS WITH SEMI-CIRCULAR TURBULIZERS FOR HEAT EXCHANGERS IN AVIATION AND ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY

Аннотация. Проведено численное математическое моделирование теплоотдачи для наиболее характерных параметров труб с турбулизаторами (d/D=O,92÷O,86; t/D=O,33÷1,22) различных чисел О.Рейнольдса (Re=1O3÷1O5÷1O7). Были получены не только двумерные, но и трёхмерные линии токов для труб с турбулизаторами для этих условий. Были получены двумерные и трёхмерные линии токов для труб с турбулизаторами для этих условий.

Ключевые слова: конвективный теплообмен, моделирование, поток, присоединение, труба, канал, турбулизатор, течение, ламинарный, турбулентный, переходный режимы.

Abstract. Numerical mathematical modeling of heat transfer was carried out for the most characteristic parameters of pipes with turbulators (*d/D*=O,92□O,86; *t/D*=O,33□1,22) of various O. Reynolds numbers (Re=$1O^3$□$1O^5$□$1O^7$). Not only two-dimensional, but also three-dimensional streamlines for pipes with turbulators for these conditions were obtained. Two-dimensional and three-dimensional streamlines for pipes with turbulators for these conditions were obtained.

Keywords: convective heat transfer, modeling, flow, attachment, pipe, channel, turbulizer, flow, laminar, turbulent, and transitional modes.

Метод исследования

Основная задача работы — провести численное моделирование теплообмена в условиях ламинарного, переходного и турбулентного течения, с учетом влияния интенсификаторов, для различных значений определяющих параметров, в том числе при использовании турбулизаторов с большими коэффициентами (*d/D*=О,92□О,86, *t/D*=О,33□1,22; Re=1О^3□1О^5□1О^7) работающих при течении теплоносителей с постоянными свойствами. В рамках исследования были построены пространственные линии тока для вышеупомянутых турбулизаторов. Получены результаты моделирования теплообмена и гидравлического сопротивления в трубах с турбулизаторами, работающих с жидкостями, не меняющими своих свойств, при турбулентном режиме. Использованные диапазоны параметров были сопоставимы с экспериментальными работами [1, 2] с диапазоном чисел О.Рейнольдса Re=1О^4□4·1О^5. Рассмотренные ранее вычисленные двумерные вычисленные линии токов промемеж выступов с полукруглым поперечным сечением, реализованные на основе сгенерированных модификациях низкорейнольдсовой ментеровской модели, характеристичные для турбулентных, переходных, ламинарных механизмов течений (критерий О.Рейнольдса: от сотни до ста тысяч, а затем до десяти миллионов; критерий Л.Прандтля: двести пятьдесят; *t/D*=О,33□1,22; *d/D*=О,92□О,86), неизотермический критерий — тот же, что и вышеупомянутый, предусматривающие теплофизические лимитирования процесса теплоотдачи в турбах с выступами, предопределяют вычисления 3-х-мерных линий токов для этих условий. За наиболее характерные режимы для ламинарного, переходного и турбулентного течения могут быть приняты режимы с критериями О.Рейнольдса с Re=1О^3, Re=1О^4, Re=1О^5 и Re=1О^7 соответственно при геометрии труб с турбулизаторами *d/D*=О,92, *t/D*=О,66. Данный подход позволит оптимизировать процесс конструирования теплообменников, включая более точное определение их массы и расчет требуемой энергоемкости. Исходя из проведенных исследований, было установлено, что расчет траекторий потоков в трубах, оснащенных турбулизаторами, при значениях числа Рейнольдса, соответствующих ламинарным течениям, демонстрирует двумерный характер. В переходных режимах наблюдается отклонение от двумерности в сторону трехмерности. Для полностью развитых турбулентных потоков траектории частиц становятся выраженно трехмерными. Полученные данные способствуют более точному определению тепловых потоков и улучшению эксплуатационных

свойств продукции, что, в свою очередь, положительно отразится на применении в разнообразных отраслях.

Результаты и обсуждение

1. В научном труде реализовано матмоделирование теплотдачи в трубах с турбулизаторами полукруглых трансверсальных профилей с критеями О.Рейнольдса, присущих ламинарному, переходных режимов, на основании ФКОМ [3], и установлены уровни интенсифицирований теплотдачи при небольших числах О.Рейнольдса в широких пределах чисел Л.Прандтля, что релевантно в каналах теплообменных аппаратов.

2. Преимущества сгенерированного метода ФКОМ перед имеющимися [4]: отсутствие галёркинских приближений, линеаризирований уравнений, применений принципов переменных направлений с дальнейшими прогонками, осуществление переменных уравнений посредством методов прогонок и т.д. [4].

3. Вычислены местные и интегральные, нестационарные и стационарные характеристики потоков на базе ФКОМ [3], обусловливающие поток, теплосъём в диафрагмированных каналах, которые вычислялись в переходном и ламинарном характере течений теплоносителей, которые предоставили возможность выявить уровни интенсифицирований теплосъёмов в вышеупомянутыми диапазонами, удовлетворительно коррелирующими с опытной информацией.

4. Выявленные в статье расчётные тенденции следует необходимым образом задействовать в инженерных и научных вычислениях интенсифицированных турбулентных, переходных, ламинарных теплосъёмов для канальных потоков в трубах с диафрагмам, применяющихся для потенциальных теплообменных аппаратах для космо-, ракетно-, авиа- техники.

Литература

1. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Ярхо С.А. Интенсификация теплообмена в каналах. М.: Машиностроение, 199О. 2О8 с.

2. Мигай В.К. Моделирование теплообменного энергетического оборудования. Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1987. 263 с.

3. Лобанов И.Е. Математическое моделирование теплообмена в трубах с турбулизаторами в области перехода к турбулентному течению // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2О19. Том 1. № 13. С. 6О-65.

4. Назмеев Ю.Г. Теплообмен при ламинарном течении жидкости в дискретно-шероховатых каналах. М: Энергоатомиздат, 1998. 372 с.

УДК 621.791.762
eLIBRARY ID: 23464625

Люкс Д.И.
Lux D.I.
кандидат технических наук
ведущий инженер-технолог
Сидякин В.А.
Sidyakin V.A.
доктор технических наук
АО «НПО Лавочкина», г. Химки

ПОЛУЧЕНИЕ ТРУБНЫХ ПЕРЕХОДНИКОВ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ СТЫКОВОЙ СВАРКОЙ ДУГОЙ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

PRODUCTION OF PIPE FITTINGS FROM DIVERSE MATERIALS BY LOW-PRESSURE ARC WELDING

Аннотация. Представлен краткий обзор возможностей стыковой сварки дугой низкого давления, геометрические размеры трубных переходников и материалы из которых возможно их изготовление. Описаны пути дальнейшего развития способа.

Ключевые слова: стыковая сварка, электрическая дуга низкого давления, трубные переходники, стержни, алюминиевые сплавы, титановые сплавы, никелевые сплавы, стали.

Abstract. A brief overview of the possibilities of low-pressure arc butt welding, the geometric dimensions of pipe adapters, and the materials from which they can be made is presented. The ways of further development of the method are described.

Keywords: butt welding, low-pressure electric arc, pipe adapters, rods, aluminum alloys, titanium alloys, nickel alloys, and steels.

Для соединения элементов трубчатых конструкций из разнородных металлов применяются трубные биметаллические переходники. Наибольшее применение при изготовлении трубных переходников в настоящее время нашли методы сварки давлением. Наряду с ними при сварке разнородных металлов нашёл применение способ стыковой сварки дугой низкого давления, который может быть использован для сварки трубных заготовок биметаллических переходников, для приварки концевой арматуры (ниппелей и пр.) к трубопроводам, для сварки других трубчатых конструкций из разнородных металлов.

Процесс сварки осуществляется в вакуумной камере при абсолютном давлении аргона около 1 кПа. Нагрев труб производится электрической дугой, горящей в зазоре между их торцами. После нагрева торцов труб производится их осадка.

Стыковая сварка дугой низкого давления использовалась для сварки трубчатых элементов диаметром от 6 мм до 40 мм с тонкостенностью (отношение диаметра к толщине стенки) до 20. Для повышения равномерности нагрева было предложено накладывать поперечное магнитное поле на дугу, горящую между свариваемыми торцами, что помогло расширить диапазон диаметров свариваемых трубчатых деталей до 85 мм и увеличить их тонкостенность.

На предприятии АО «НПО Лавочкина» данным способом серийно изготавливается переходник 12Х18Н10Т – АД1 проходным диаметром 3 мм для трубопроводов теплообменной аппаратуры космических аппаратов. Сравнительная простота изготовления и минимальный процент брака являются преимуществами данного способа перед способами сварки давлением и пайкой при получении переходников с проходным сечением диаметром до 6-10 мм.

Разработаны технологии сварки дугой низкого давления алюминиевых сплавов со сталями и титановыми сплавами; титановые сплавы со сталями (через прослойки); алюминиевые и магниевые сплавы; стали и никелевые сплавы; быстрорежущие стали и твёрдые сплавы со сталями в виде трубных заготовок и стержней сплошного сечения.

При испытаниях готовых переходников (отработанные технологии) проходным диаметром до 76 мм на прочность внутренним давлением разрушение происходит по образующей трубы из менее прочного сплава. Герметичность соединений не хуже 10^{-8} м^3 · Па/с.

Дальнейшее развитие способа стыковой сварки дугой низкого давления заключается в расширении номенклатуры пар свариваемых материалов и увеличении диаметров трубных заготовок. Совместно с отделом главного сварщика ВПК «НПО машиностроения» получено сварное соединение алюминиевый сплав – нержавеющая сталь диаметром 110х10 мм и сечением 2000 мм^2, дальнейшая отработка технологии не проводилась.

Литература

1. Люкс Д.И., Сидякин В.А, Пономарев К.Е. Стыковая сварка дугой низкого давления трубного переходника из разнородных сплавов АМг3+ОТ4 диаметром 70 мм // Сварочное производство. 2015. № 3. С. 29-33.

2. Сидякин В.А. Технология и оборудование стыковой сварки дугой низкого давления трубных переходников из разнородных металлов // Технология машиностроения. 2007. № 9. С. 27-32.

УДК 629.783
eLIBRARY.RU: 73.37.00

Старков А.В.
Starkov A.V.
доктор технических наук
профессор МАИ, г. Москва
Аунг Мьо Тант
Aung Myo Thant
кандидат технических наук
МАИ, г. Москва
Най Хтет Линн
Nay Htet Linn
аспирант МАИ, г. Москва
Каунг Хтет Вин
Kaung Htet Win
аспирант МАИ, г. Москва

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ОРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЗЗ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ МЬЯНМА

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR THE FORMATION OF AN ORBITAL CONSTELLATION OF SMALL REMOTE SENSING SATELLITES FOR THE rEPUBLIC OF MYANMAR

Аннотация. В данной работе рассматривается проблема оптимизации спутниковой группировки на низкой околоземной орбите для обеспечения надежной спутниковой связи и наблюдения для шести основных наземных станций в Мьянме. Основная цель - минимизировать общее количество спутников, обеспечивая при этом минимальный суточный охват доступа в 70% для каждой станции. Ключевой особенностью предлагаемого подхода является концентрация значений RAAN вокруг центральной долготы Мьянмы, что значительно увеличивает долю полезных пролетов спутников над целевой областью. Предложенная группировка является компактной, экономически эффективной и подходит для поэтапного развертывания.

Ключевые слова: спутниковая группировка, низкая околоземная орбита, Мьянма, спутниковая связь, наклонение орбиты.

Abstract. This paper addresses the problem of optimizing a low Earth orbit (LEO) satellite constellation to provide reliable satellite communication and observation coverage for six major ground stations in Myanmar. The primary objective is to minimize the total number of satellites while ensuring a minimum daily access coverage of 70% for each station. A key feature of the proposed approach is the concentration of RAAN values around Myanmar's central longitude, which significantly increases the proportion of useful satellite passes over the target area. The proposed constellation is compact, cost-effective, and suitable for phased deployment.

Keywords: satellite constellation, low Earth orbit, Myanmar, satellite communication, orbital inclination.

Спутниковые системы связи и дистанционного зондирования Земли играют важную роль в развитии современных телекоммуникационных сетей. Для государств со сложным рельефом и неравномерным развитием наземной инфраструктуры такие системы становятся одним из наиболее эффективных решений. Республика Союз Мьянма характеризуется наличием горных районов, удалённых прибрежных зон и протяжённых речных долин, что затрудняет создание устойчивой наземной сети связи. В подобных условиях применение малых космических аппаратов на низкой околоземной орбите позволяет обеспечить широкое покрытие территории независимо от особенностей рельефа. Однако проектирование орбитальной группировки связано с необходимостью соблюдения баланса между качеством покрытия и стоимостью системы. Увеличение числа спутников повышает доступность связи и частоту наблюдений, но одновременно приводит к росту расходов на производство, запуск и эксплуатацию космических аппаратов. Недостаточное количество спутников, напротив, снижает эффективность системы и приводит к появлению зон с ограниченным доступом. Поэтому одной из ключевых задач является определение минимально необходимого состава группировки, способного обеспечить требуемый уровень покрытия.

В данной работе разработана методология орбитальной группировки для шести основных наземных станций Мьянмы. Эти города представляют наиболее значимые административные, экономические и стратегические районы страны. Целевым условием проектирования является достижение не менее 70% суточного

покрытия для каждой станции, что соответствует доступу к спутниковой системе не менее 16,8 часа в сутки. Для решения поставленной задачи использована математическая модель, учитывающая зависимость покрытия от количества спутников и параметров орбиты. На начальном этапе каждый новый спутник существенно увеличивает доступность системы, однако по мере роста группировки прирост покрытия постепенно уменьшается из-за перекрытия зон обзора. Условием наличия устойчивого канала связи принят минимальный угол возвышения спутника 10°, поскольку при меньших значениях влияние атмосферы приводит к ухудшению качества сигнала.

Особое внимание уделено выбору параметров орбиты. Анализ показал, что высота около 700 км обеспечивает оптимальное соотношение между продолжительностью связи и частотой повторных пролетов. Более низкие орбиты уменьшают площадь мгновенного обзора, тогда как более высокие орбиты снижают частоту прохождения спутников над территорией страны. Оптимальным значением наклонения определено 45°. Данный параметр соответствует широтному расположению территории Мьянмы и обеспечивает наиболее эффективное распределение времени видимости спутников. При таком наклонении северные регионы получают несколько большее покрытие по сравнению с южными, что связано с особенностями геометрии наклонных орбит.

Ключевой особенностью предложенной методологии является концентрация значений RAAN в диапазоне, ориентированном на центральную долготу Мьянмы. Орбитальные плоскости распределяются в пределах от 81°до 111° восточной долготы, что позволяет увеличить долю полезных пролетов над территорией страны. В отличие от глобальных спутниковых систем, где орбиты равномерно распределяются по всей поверхности Земли, региональная концентрация обеспечивает более рациональное использование орбитального ресурса и позволяет уменьшить число спутников без потери качества покрытия.

В результате проведённой оптимизации установлено, что минимальная эффективная группировка включает 25 малых космических аппаратов, распределённых по пяти орбитальным плоскостям по пять спутников в каждой. Такая конфигурация обеспечивает среднее суточное покрытие 70 %. Наиболее высокий уровень покрытия достигается для северного города Мьитчина и составляет около 73%, тогда как южный город Мьейк показывает несколько меньший результат вследствие сокращения времени

пребывания спутников в зоне радиовидимости. Полученные результаты подтверждают эффективность применения регионально ориентированной орбитальной архитектуры для стран с ограниченной территорией и сложными географическими условиями. Предложенная группировка отличается компактностью, сравнительно низкой стоимостью и возможностью поэтапного развертывания. Это особенно важно для государств, развивающих национальные космические программы при ограниченных финансовых ресурсах.

Литература

1. Htun, N.Z.; Mizoue, N.; Kajisa, T.; Yoshida, S. Deforestation and forest degradation as measures of Popa Mountain Park (Myanmar) effectiveness. Environ. Conserv. 2010, 36, 218–224.
2. Renner, S.C.; Rappole, J.H.; Leimgruber, P.; Kelly, D.S.; Shwe, N.M.; Aung, T.; Aung, M. Land cover in the northern forest complex of Myanmar: New insights for conservation. Oryx 2007, 41, 27–37.
3. Mu, Q.; Zhao, M.; Running, S.W. Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. Remote Sens. Environ. 2011, 111, 1781–1800.
4. Webb, E.L.; Jachowski, N.R.A.; Phelps, J.; Friess, D.A.; Than, M.M.; Ziegler, A.D. Deforestation in the Ayeyarwady Delta and the conservation implications of an internationally-engaged Myanmar. Glob. Environ. Chang. 2014, 24, 321–333.
5. Bryant, R.L. The Political Ecology of Forestry in Burma, 1824–1994; C. Hurst & Co.: London, UK, 1997.
6. Старков А.В., Зин М.Л., Самусенко О.Е., Аунг М.Т., Най Х.Л. Формулирование системы интеграции спутников и беспилотных летательных аппаратов для дистанционного зондирования Земли в Республике Союз Мьянма // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. – 2025. – Т. 26. – № 4. – С. 359–375.
7. Tangdamrongsub N et al., “Assessing Total Water Storage and Identifying Flood Events Over Tonlé Sap Basin in Cambodia Using GRACE and MODIS Satellite Observations Combined with Hydrological Models,” Remote Sensing of Environment, vol. 181, pp. 162- 173, 2016. Crossref, https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.03.030.
8. Union of Myanmar. Ministry of Forestry. National Action Programme of Myanmar to Combat Desertification in the context of United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Yangon: Ministry of Forestry; 2005.
9. Reliefweb, Myanmar: Floods – Final Report, 2017. [Online]. Available: https://reliefweb.int/report/myanmar/myanmar-floods-final report-mdrmm

006 Remote Sensing for REDD+ MRV for Myanmar Officials. https://www.icimod.org/remote-sensing-for-redd-mrv-for-myanmar-officials.
10. Kurosu T., Fujita M. and Chiba K., "Monitoring of rice crop growth from space using ERS-1 C-band SAR", IEEE. Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 33, pp. 1092-1096, 1995.

УДК 621.9.048.6:621.791
eLIBRARY ID: 36944911

Стрельников И.В.
Strelnikov I.V.
кандидат технических наук
заместитель главного сварщика
АО «НПО Лавочкина», г. Химки

СТАБИЛИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПУТЁМ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ

STABILIZATION OF GEOMETRIC DIMENSIONS OF WELDED SPACECRAFT STRUCTURES BY VIBRATION TREATMENT

Аннотация. Проведены опытные работы по внедрению различных способов вибрационной обработки сварных конструкций ответственного назначени. Показана возможность применения послесварочной вибрационной обработки для стабилизации геометрических размеров в качестве альтернативы к термической применительно к крупногабаритным конструкциям. Приведены положительные примеры применения сопутствующей сварке вибрационной обработки: наплавка недостающих поверхностей точных деталей, сварки массивных сборочных единиц небольших габаритов.

Ключевые слова: вибрационная обработка; сварная конструкция; дуговая сварка; релаксация напряжений; стабильность размеров; сварная конструкция; сварочные деформации.

Abstract. Experimental work has been carried out on the introduction of various methods of vibration treatment of welded structures of responsible purpose. The possibility of using post-welding vibration treatment to stabilize geometric dimensions as an alternative to thermal treatment in relation to large-sized structures is shown. Positive examples of applications

of vibration processing accompanying welding are given: welding of missing surfaces of precise parts, welding of massive assembly units of small dimensions.

Keywords: vibration treatment; welded structure; arc welding; stress relaxation; dimensional stability; welded structure; welding deformations.

Производство конструкций космических аппаратов усложнено требованиями к размерной стабильности и точности.

Наиболее часто в космический отрасли применяются дуговые виды сварки (аргонодуговая сварка неплавящимся электродом, а также сварка плавящимся электродом), обеспечивающие повышенное качество и стабильность геометрии шва, а также обладающая ремонтопригодностью и контролепригодностью.

Особенностями термодеформационного цикла дуговой сварки является резкий, локальный и неравномерный нагрев, образование сварочной ванны и дальнейшее достаточно быстрое охлаждение. Вследствие существенный объём расплавленного металла сварного шва термодеформационный цикл сварки приводит к значительным остаточным напряжениям и деформациям [1].

Остаточные пластические деформации приводят к необходимости увеличения припусков на послесварчоную механическую обработку с сопутствующим увеличением массы, ростом затрат на фрезерные и расточные работы, в крайнем случае – к выполнению правки.

В свою очередь, остаточные напряжения сварного шва и зоны термического влияния могут приводить к постепенным пластическим деформациям на различных этапах: как при межоперационной передачи при изготовлении, так и при эксплуатации.

Процесс релаксации остаточных напряжений может приводить к внезапным поломкам механизмов, интенсификации коррозионных процессов под напряжением, а также к уменьшению усталостных свойств [2].

Мерами предупреждения и уменьшения остаточных напряжений и деформаций в сварных является оптимизацией конструкции или оптимизация технологии. В случае, если дальнейшая оптимизация конструкции или имеющейся технологии оказывается недостаточно прибегают к использованию технологических средств дополнительной обработки: термической, деформационной или вибрационной. Традиционной мерой снижения остаточных напряжений является термическая обработка, позволяющая снизить уровень остаточных напряжений от 60 до 100 процентов, а при ее проведении с фиксированием сварной конструкции в приспособлении, – выполнить

термоправку со снижением остаточных деформаций. Недостатками термической обработки являются высокая стоимость оборудования, большая трудоемкость изготовления жёстких, точных кондукторов для фиксации конструкции в печи [3].

Деформационными методами являются местное пластическое деформирование (перегрузка), прокавка и прокатка сварных соединений. Местное пластическое деформирование может приводить к чрезмерным искажениям формы (прогибам, кручениям), а также надрывам.

Прокатка сварных швов роликами применяется только для листовых или оболочечных элементов, ограниченных по толщине. Проковка позволяет снять напряжения только в тонком приповерхностном слое и не позволяет восстановить размеры [4, 5].

В настоящее время имеется технология вибрационной обработки, при которой сварная конструкция подвергается циклическому механическому воздействию.

Достоинствами вибрационной обработки являются эффективность, минимальная энергозатратность, короткое время технологического цикла, экологичность и мобильность оборудования.

По заданному периоду вибровоздействия различают два варианта проведения: сопутствующую сварке вибрационную обработку и послесварочную вибрационную обработку.

Оборудование и техника выполнения совмещенной и послесварочной вибрационной обработок совпадают Контроль снижения остаточных напряжений для обоих способов может выполняться различными методами: рентгеновской дифрактометрией, спекл-интерферометрией с засверливанием отверстия, ультразвуковым методом [6, 7].

Послесварочная вибрационная обработка основана на микропластических деформациях при превышении суммы послесварочных напряжений и напряжений от вибровоздействия над пределом текучести. Технология разработана и применяется для стабилизации размеров толстостенных или крупногабаритных жестких сварных конструкций, превышающих размеры рабочих камер печей. Сварные конструкции средней жесткости на время проведения вибрационной обработки жестко фиксируют в сборочно-сварочных кондукторах, массивные конструкции обрабатывают в свободном состоянии, на конструкциях с консольными частями устанавливают дополнительные технологические элементы путем вварки или закрепления [6, 8].

Сопутствующая вибрационная обработка основана на интенсификации процессов ползучести в шве и околошовной нагретой зоне термического влияния. Технология используется для стабилизации размеров и снятии остаточных напряжений жестких или зафиксированных сварных конструкций малых размеров, а также при наплавке поверхностей на толстостенные детали, в том числе после черновой или пред чистовой обработки.

Также у сопутствующей вибрационной обработки имеются дополнительные достоинства перед послесварочной в повышении механических свойств (пластичность и усталостная прочность), в значительно большей эффективности стабилизации размеров, а также сокращении производственного цикла [7, 9].

Материал и методы

Сварные соединения получали ручной аргонодуговой сваркой с присадочным материалом. При сварке осуществлялось поджатие краев заготовок к опорным поверхностям сварочных приспособлений. Для случая сварки с сопутствующей вибрацией – вибрационная обработка прекращалась с окончанием сварочного процесса.

При послесварочной вибрационной обработке время проведения составляло 10 мин. Была обеспечена виброизоляция оснастки резиновыми демпферами. Измерение остаточных перемещений производили сканированием лазерным трекером.

Оценку остаточных напряжений выполняли методом лазерной спекл-интерферометрии засверливанием несквозных отверстий с последующим замером перемещений точек поверхности в окрестности зондирующего отверстия спекл-интерферометром [8-10].

Результаты и обсуждение

Была проведена послесварочная вибрационная обработка сварной ферменной конструкции. После проведения вибрационной обработки измерением остаточных напряжений методом спекл-интерферометрии зафиксировано снижение уровня остаточных напряжений: на узле-фитинге на 68% в среднем; на связи-трубе на 100% в среднем.

Таким образом, остаточные напряжения на фрезерованном узле несколько выше, чем на трубном элементе, что объяснимо разной жесткостью.

Смещение размеров составило приблизительно до 1,5 мм, что является хорошим результатом с учетом повышенных толщин свариваемых труб [8, 10].



Рис. 1. Процесс послесварочной вибрационной обработки сварной ферменной конструкции [8, 10]

На прямоугольную площадку фитингов, прошедших предчистовую обработку, в два слоя наплавлялся недостающий технологический припуск толщиной. Рентгенографический контроль показал отсутствие дефектов.

Измерение остаточных перемещений лазерным трекером показал соответствие геометрических размеров требованиям нормативной документации.

В дальнейшем фитинги были успешно собраны с трубными заготовками (без применения правки с подогревом) и сварены в сварную конструкцию, что показало эффективность и востребованность технологии в производстве АО «НПО Лавочкина» [9, 10].



Рис. 2. Процесс вибрационной обработки, сопутствующей сварке, при наплавке припуска на фитинг [9, 10]

Т.о., послесварочная вибрационная обработка сварных конструкций в закрепленном состоянии приводит к существенному снижению остаточных деформаций и позволяет проводить последующую механическую обработку без термоправки и без применения повышенных размерных допусков. В свою очередь, сопутствующая вибрационная обработка позволяет добиться существенного снижения остаточных напряжений и позволяет снизить сварочные поводки, что оправдывает ее применение для наплавки недостающих поверхностей точных деталей и сварки массивных сборочных единиц небольших габаритов.

Литература

1. Коновалов А.В., Неровный В.М., Куркин А.С. Теория сварочных процессов: учебник для вузов. М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2007. 752 с.
2. Сагалевич В.М., Савельев В.М. Стабильность сварных соединений и конструкций. – М.: Машиностроение, 1986. 264 с.
3. Винокуров В.А. Отпуск сварных конструкций для снижения напряжений. – М.: Машиностроение, 1973. 213 с.

4. Лащенко Г.И., Демченко Ю.В. Энергосберегающие технологии послесварочной обработки металлоконструкций. – К.: Экотехнология, 2008. 168 с.
5. Винокуров В.А. Сварочные деформации и напряжения. Методы их устранения. – М.: Машиностроение, 1968. 236 с.
6. Дрыга А.И. Вибростабилизирующая обработка сварных и литых деталей в машиностроении (теория, исследования, технология). – Краматорск: ДГМА, 2004. 168 с.
7. Лащенко Г.И. Вибрационная обработка сварных конструкций. – К.: Экотехнология, 2001. 55 с.
8. Пономарев К.Е., Стрельников И.В., Антонов А.А. Перспективы внедрения послесварочной вибрационной обработки в ответственных сварных конструкциях // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2023. № 3 (61). С. 63-71.
9. Мосягин А.С., Стрельников И.В, Антонов А.А. Перспективы применения сопутствующей вибрационной обработки сварных конструкций // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2025. № 3 (69). С. 94-99.
10. Пономарев К.Е., Стрельников И.В. Антонов А.А., Капустин О.Е. Анализ различных видов вибрационной обработки алюминиевых сварных конструкций // Технология машиностроения. – 2020. № 11. С. 46-51.

УДК 678.8:620.179
eLIBRARY.RU: 81.09.81

Филатов А.А.
Filatov A.A.
инженер научно-исследовательской лаборатории
ГНЦ РФ АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина»
г. Обнинск
Чулков Д.И.
Chulkov D.I.
кандидат технических наук
начальник сектора научно-исследовательской лаборатории
ГНЦ РФ АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина»
г. Обнинск
Терехин А.В.
Terekhin A.V.
кандидат технических наук
начальник научно-исследовательской лаборатории

ГНЦ РФ АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина»
г. Обнинск

АКТИВНЫЙ ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ИЗДЕЛИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

ACTIVE THERMOVISION CONTROL OF PRODUCTS OF SPACE BRANCH

Аннотация. В данной работе представлены результаты разработки методики активного тепловизионного контроля изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ), используемых в аэрокосмической отрасли. Показаны результаты расчётно-экспериментальных работ по определению оптимальных параметров контроля. Проведена верификация разработанной методики контроля на серийных изделиях из ПКМ.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, активный тепловизионный контроль, расслоение, полимерные композиционные материалы.

Abstract. In this work results of development of a technique of active thermovision control of products from the polymeric composite materials (PCM) used in the space equipment are presented. Results of settlement and experimental works on determination of optimum parameters of control are shown. Verification of the developed control technique on serial products from PCM is carried out.

Keywords: nondestructive control, active thermal imaging control, delamination, polymeric composite materials.

В настоящее время ПКМ широко применяются в различных отраслях промышленности, в том числе аэрокосмической [1].

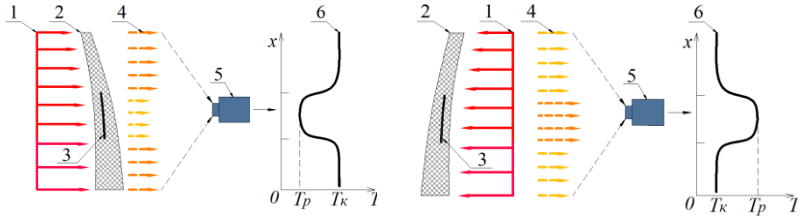
При производстве изделий из ПКМ возможно образование дефектов нарушения сплошности материала, например, расслоений, снижающих прочностные характеристики материала и способных послужить причиной выхода из строя изделия в процессе эксплуатации [2]. Для выявления подобных дефектов в процессе производства изделий из ПКМ применяются методы неразрушающего контроля (НК).

Одним из перспективных и широко применяемых методов НК изделий из ПКМ, применяемых в аэрокосмической отрасли, является активный тепловизионный контроль (АТВК). Как и в любом другом методе НК, методические и технические аспекты применения АТВК

требуют отработки с учётом конструктивных и структурных особенностей контролируемых изделий из ПКМ.

Целью данной работы является повышение эффективности и информативности НК высокоответственных изделий из ПКМ на наличие расслоений за счёт разработки и внедрения в производство методики АТВК.

АТВК основан на регистрации с помощью тепловизора температурных полей поверхности ОК при его вынужденном нагреве. Внутренние дефекты (например, расслоения) изменяют условия распространения теплового потока в материале ОК, что приводит к образованию неоднородностей температурного поля. В зависимости от схемы проведения контроля (см. рис.1) данные неоднородности характеризуются



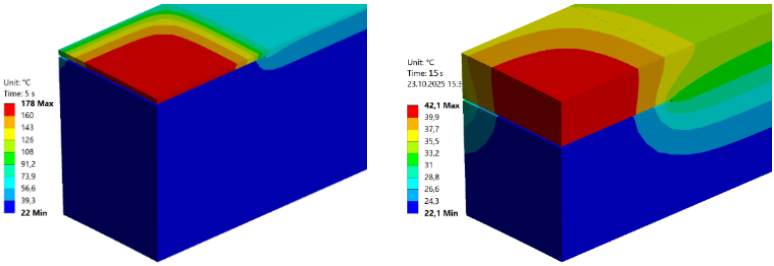
а) б)

Рис. 1. Схемы проведения двустороннего (а) и одностороннего (б) АТВК: 1 – направление теплового потока от источника нагрева; 2 – ОК; 3 – расслоение; 4 – инфракрасное излучение поверхности ОК; 5 – тепловизор; 6 – распределение температур в рассматриваемой области поверхности ОК: $T_р$ – температура в области расслоения; $T_к$ – температура в бездефектной области или пониженной температурой относительно температуры в бездефектной области ОК [3].

Возможность применения АТВК для выявления расслоений в рассматриваемых материалах была подтверждена (с учётом возможных глубин расположения расслоений h_p) результатами математического моделирования температурного состояния поверхности в бездефектных и дефектных зонах изделий при их нагреве и остывании.

Примеры расчетных распределений температур в изделии с многослойной стенкой из стеклопластика на основе

алюмохромфосфатного связующего при проведении АТВК по односторонней схеме представлены на рис. 2.



а) б)

Рис. 2. Расчетные распределения температур в изделии из стеклопластика на основе алюмохромфосфатного связующего при h_p = 0,33 мм (а) и h_p = 2,31 мм (б)

Формирование температурного поля на поверхности контролируемых изделий помимо их теплофизических характеристик и геометрических параметров, а также параметров выявляемых дефектов, определяется применяемыми источниками нагрева.

С целью определения оптимального вида нагрева, типа и мощности его источника были проведены экспериментальные работы по нагреву и регистрации температурных полей на макетах контролируемых изделий с расслоениями.

Выбор оптимальных источников осуществлялся на основании анализа значений предложенной совокупности условий, полученных по термограммам поверхности исследуемых макетов:

$$\begin{cases} T_{\text{макс}} \ll \mathrm{T}_{\text{тд}} \\ \Delta T = \left| T_{\text{р}} - T_{\text{к}} \right| > 1{,}5\ ^{\circ}\mathrm{C} \\ t_{\text{н}} \rightarrow min \\ SNR = \dfrac{\Delta T}{\delta} \rightarrow \max \end{cases}$$

где $T_{\text{макс}}$ – максимальная температура нагреваемой поверхности ОК;
$T_{\text{тд}}$ – температура начала термодеструкции материала;
ΔT – градиент температур (разница температур $T_{\text{р}}$ и $T_{\text{к}}$);
$t_{\text{н}}$ – время нагрева;

SNR – отношение сигнал/шум;
δ – стандартное отклонение температуры в бездефектной области.

Согласно условиям, при выборе источника нагрева для проведения АТВК, во избежание негативного влияния на характеристики материала, максимальная температура нагреваемой поверхности ОК должна быть существенно ниже температуры начала термодеструкции материала.

Для достоверного выявления расслоений по температурным неоднородностям на термограмме значение ΔT должно быть более 1,5 ℃, что обусловлено флуктуациями излучательно-поглощательных свойств поверхности рассматриваемых ОК, в результате которых перепад температуры на поверхности в бездефектной области составляет около 1,0 ℃.

Определяющим условием при выборе источника нагрева является наибольшее значение отношения сигнал/шум при минимальном времени нагрева.

С учётом поля зрения и пространственного разрешения тепловизора, определена чувствительность разработанной методики, составляющая около 2 мм.

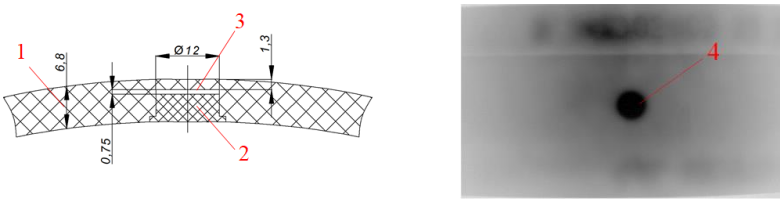
Для рассматриваемых стеклопластиковых изделий требуемый минимальный размер выявляемых расслоений ограничивается чувствительностью применяемой методики ультразвукового контроля и составляет 12 мм.

Разработанная методика гарантированно обеспечивает требуемую чувствительность, что подтверждается термограммами конструктивно подобных контрольных образцов (КО) с имитаторами расслоений, пример одной из которых приведён на рис. 3.

Проведена экспериментальная апробация разработанной методики АТВК на серийных изделиях из ПКМ, забракованных по наличию расслоений.

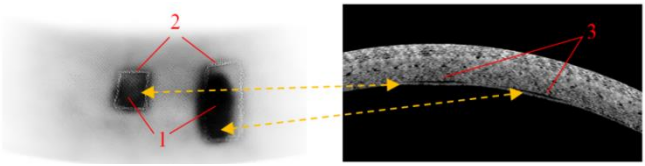
По результатам апробации все расслоения в рассматриваемых изделиях однозначно выявляются в виде неоднородностей температурного поля на термограммах (рис. 4), границы которых не только совпадают с границами расслоений, полученными по действующим методикам НК, но и являются более детализированными.

Апробация разработанной методики АТВК на серийных изделиях из ПКМ с расслоениями показала высокую информативность, воспроизводимость результатов, производительность и достоверность контроля.

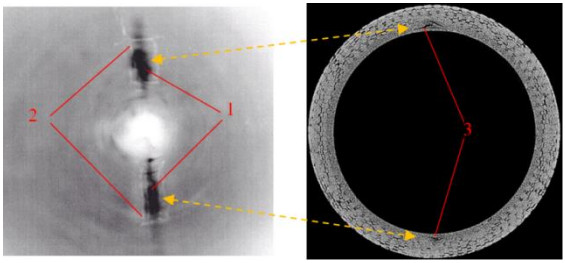


а) б)

Рис. 3. Эскиз (а) и термограмм (б) КО: 1 – стенка изделия; 2 – заглушка из материала изделия; 3 – имитатор расслоения; 4 – температурная неоднородность над имитатором расслоения



а) б)



в) г)

Рис. 4. Фрагменты термограмм (а, в) и рентгеновских томограмм (б, г) исследуемых изделий с расслоениями; 1 – температурные неоднородности (расслоения); 2 – границы расслоений, выявленные

акустическими методами НК; 3 – расслоения на рентгеновских томограммах

Литература

1. Коваленко В.А., Кондратьев А.В. Применение полимерных композиционных материалов в изделиях ракетно-космической техники как резерв повышения ее массовой и функциональной эффективности // Авиационно-космическая техника и технология. 2011. № 5. С. 14–20.
2. Карташова Е.Д., Муйзеинек А.Ю. Технологические дефекты полимерных слоистых композиционных материалов // Известия ВУЗ. Поволжский регион. 2017. № 2(42). С. 79-89.
3. Вавилов В.П. Тепловой контроль – Справочник «Неразрушающий контроль». 5 том. М.: Машиностроение, 2004. 394 с.

УДК 621.515:004.8
eLIBRARY.RU: 812657

Хабибуллин И.И.
Khabibullin I.I.
кандидат технических наук
руководитель направления НИОКР
АО «НИИтурбокомпрессор им. В.Б. Шнеппа», г. Казань
Алтунин В.А.
Altunin V.A.
доктор технических наук
профессор ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
Мухамеджанов А.И.
Mukhamedzhanov A.I.
кандидат технических наук
доцент ФГБОУ ВО «К(П)ФУ», г. Казань

ПРЕДИКТИВНЫЙ АНАЛИЗ КАК СРЕДСТВО ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВАРИЙ НА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ КОСМОДРОМОВ

PREDICTIVE ANALYSIS AS A MEANS OF PREVENTING ACCIDENTS AT COMPRESSOR STATIONS OF SPACECRAFT THERMOSTATING

Аннотация. В докладе рассматриваются подходы к повышению безопасности эксплуатации компрессорных станций систем

термостатирования космодромов. Показано, что высокая степень импортозависимости и износа оборудования повышает эксплуатационные риски, связанные с отказами оборудования и внеплановыми простоями, а также вопросы промышленной безопасности, в том числе обслуживающего персонала.

Обоснована целесообразность перехода к подходам предиктивной аналитики.

Ключевые слова: компрессорные станции, системы термостатирования космодромов, предиктивная аналитика, машинное обучение, промышленная безопасность, цифровые двойники.

Abstract. The article discusses approaches to improving the safety of operation of compressor stations of spacecraft thermostating systems. It is shown that a high degree of import dependence and equipment wear increases the operational risks associated with equipment failures and unplanned downtime, as well as industrial safety issues, including maintenance personnel. The expediency of switching from reactive and preventive maintenance to predictive analytics and maintenance approaches based on monitoring data is substantiated.

Keywords: compressor stations, spacecraft thermostating systems, predictive analytics, machine learning, industrial safety, digital twins.

Компрессорное оборудование широко используется в промышленных технологических системах, где обеспечивает процессы сжатия, транспортировки и подготовки газовых сред, в том числе особое место занимают компрессорные станции, используемые в космической инфраструктуре. Воздушные компрессоры и связанные с ними системы являются неотъемлемой частью инфраструктуры космодромов, обеспечивая критические условия для предстартовой подготовки ракет и космических аппаратов. Надёжность функционирования критического оборудования является важным условием обеспечения готовности инфраструктуры стартовых комплексов [1], [2].

На данный момент доля оборудования иностранного производства на компрессорных станциях в России составляет около 40%. Зарубежное оборудование с исчерпанным ресурсом представляет особую опасность (рост вероятности отказа, отсутствие сервиса, дефицит запчастей), так как иностранный производитель в настоящее время, как правило, не обеспечивает техническую поддержку, не поставляет запасные части и не направляет своих специалистов для сервисного обслуживания. [3].

В сложившейся ситуации необходим комплексный подход: обучение и регулярные инструктажи персонала по мерам безопасности, строгие регламенты и аудиты, постепенная замена изношенных узлов, импортозамещение критических компонентов, реинжиниринг устаревших систем, а также внедрение систем мониторинга и предиктивной аналитики [4, 5].

Предиктивная аналитика промышленного оборудования базируется на совокупности методов сбора, обработки и анализа данных. Особенностью компрессорных станций космодромов является высокая вариативность режимов эксплуатации: от длительных периодов ожидания до интенсивной нагрузки в ходе предстартовой подготовки. Это требует применения аналитических подходов, устойчивых к нестационарности диагностических сигналов и изменению эксплуатационных режимов.

Технологическая реализуемость систем предиктивной аналитики подтверждается наличием зрелых программных и аппаратных средств для промышленного сбора данных, обработки временных рядов, анализа диагностических сигналов и машинного обучения.

Таким образом, предиктивная аналитика представляет собой перспективное направление развития систем технического мониторинга компрессорного оборудования, способное повысить надёжность эксплуатации критически важных технологических объектов при условии инженерно-обоснованного внедрения и экспертного сопровождения.

Литература

1. Мультипликаторные компрессоры [Электронный ресурс] // Engineering Systems. — URL: http://engineeringsystems.ru/trudi-mezhdunarodnoy-nauchno-tehnicheskoy-konferencii-po-kompressorostroyeniyu/multiplikatorniye-kompressori.php (дата обращения: 26.05.2026).

2. Российские космодромы работают на казанских компрессорах [Электронный ресурс] // TatCenter. - URL: https://tatcenter.ru/news/rossijskie-kosmodromy-rabotayut-na-kazanskih-kompressorah/ (дата обращения: 26.05.2026).

3. Москвитин, В. В. Повышение эффективности эксплуатации газодинамического оборудования посредством использования системы предиктивной аналитики для снижения числа отказов оборудования /В. В. Москвитин //Вестник АГГИ. 2025. № 1(1). С. 51–73.

4. Кравченко, Д. Д. Интеллектуальный мониторинг состояния оборудования компрессорных станций для предупреждения отказов и

аварий/Д. Д. Кравченко, Е. Л. Чижевская, А. В. Медведев, Ю. Д. Земенков // Тюменский научный журнал. 2025. № 1(5). С. 18–24. — DOI: 10.24412/3034-154X-2025-1-18-24.
5. Хабибуллин, И. И. Предиктивный анализ как средство предотвращения аварий на компрессорных станциях / И. И. Хабибуллин, В. А. Алтунин //Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве:сб. материалов XII Междунар. заоч. науч.-практ. конф. Минск: УГЗ, 2026. С. 134–135.

УДК 629.784
eLIBRARY.RU: 89.25.00

Худяков С.Н.
Khudyakov S.N.
АО «Государственный ракетный центр
им. академика В.П.Макеева»
г. Миасс, Челябинская обл.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТРОСОВОГО РАЗГОННОГО УСТРОЙСТВА В КАЧЕСТВЕ КАТАПУЛЬТЫ ДЛЯ ЗАПУСКА ГРУЗОВ С ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ НА ЗЕМЛЮ

ON THE USE OF A CABLE ACCELERATOR DEVICE AS A CATAPULT FOR LAUNCHING LOADS FROM THE SURFACE OF THE MOON TO EARTH

Аннотация. Показана возможность реализации во второй половине XXI века проекта лунной катапульты на основе тросового разгонного устройства для запуска грузов с поверхности Луны на Землю. Предварительно раскрученный маховик, вращаясь по инерции, наматывает на себя трос, тем самым обеспечивая разгон цилиндрической капсулы массой 500 кг до скорости 2650 м/с внутри горизонтально расположенной трубчатой направляющей длиной 2000 м и 2500 м.

Ключевые слова: лунная катапульта.

Abstract. It is shown that it is possible of implementation in the second half of the XXI century the project of the lunar catapult based on the cable accelerator device for launching loads from the lunar surface to Earth. A pre-spinned flywheel, rotating under inertia, winds the rope around itself, thereby accelerating a cylindrical capsule weighing 500 kg to a speed of

2650 m/s within a horizontally positioned tubular guideway 2000 m and 2500 m long.

Keywords: lunar catapult.

В связи с ожидаемым во второй половине XXI века промышленным использованием термоядерной энергетики появляются проекты катапультных, то есть безрасходных способов доставки с поверхности Луны на Землю изотопа Гелий-3, идеального топлива для термоядерных реакторов.

Проект Шанхайского института спутниковой инженерии (КНР 2024 год) предусматривает ежегодную доставку не менее трёх тонн изотопа Гелий-3 на Землю с помощью лунной катапульты (ЛК), выполненной в виде центрифуги с плечом 50 м и массой 80 т.

Для доставки капсулы с полезной нагрузкой с поверхности Луны на поверхность Земли этой капсуле при горизонтальном способе разгона с помощью ЛК необходимо сообщить скорость порядка 2650 м/с [1, с. 404]. При этом капсула входит в атмосферу Земли со скоростью 11,2 км/с.

При разгоне капсулы с помощью китайской ЛК капсула будет испытывать перегрузку 14317 единиц.

Одним из направлений реализации катапультного способа разгона капсулы с поверхности Луны является разработка ЛК на основе тросового разгонного устройства (ТРУ). ЛК включает: ТРУ, горизонтально расположенную цилиндрическую трубчатую направляющую, электрический аккумулятор и элементы их крепления на лунной поверхности. ТРУ содержит маховик с электрическим приводом и трос, к которому крепится разгоняемая капсула. Предварительно раскрученный маховик, вращаясь по инерции, наматывает на себя трос, тем самым обеспечивая разгон капсулы внутри направляющей. После разгона капсулы осуществляется торможение маховика с тросом. При этом энергия, вырабатываемая мотор-генератором привода маховика, поступает в аккумулятор для использования при очередном разгоне маховика.

При оценке характеристик ЛК на основе ТРУ приняты два значения разрывной длины (удельной прочности) материала маховика и троса: L = 1500 км и L = 2000 км. Создание таких материалов можно ожидать предположительно во второй половине XXI века, то есть в период начала промышленного использования термоядерной энергетики. Это могут быть, например, нити на основе углеродных нанотрубок. Толщина троса принята переменной по длине троса.

Спасаемая капсула массой 500 кг выполнена в виде цилиндрического тела со сферическим притуплением. Диаметр капсулы - 0,65 м, длина - 3,5 м. Полезной нагрузкой капсулы является металлокомпозитный баллон массой 55 кг, в котором под давлением 800 кгс/см^2 находится 50 кг газообразного изотопа Гелий-3. Таким образом, масса полезной нагрузки капсулы равна 105 кг. Объём зоны полезной нагрузки капсулы составляет 500 литров.

Представлены результаты численного моделирования разгона капсулы массой 500 кг до скорости 2650 м/с с помощью ЛК на основе ТРУ, созданного с использованием материалов с разрывной длиной L = 1500 км и L = 2000 км. По результатам моделирования проведены в первом приближении оценка массы ЛК (табл. 1) и оценка основных характеристик ЛК (табл. 2).

Таблица 1. Результаты оценки массы ЛК

Элемент лунной катапульты	Масса, кг	
	L = 1500 км	L = 2000 км
Маховик	11500	6000
Трос	2500	1950
Направляющая	10000	8000
Элементы креплен. маховика/направляющей	11500/ 3000	6000/2500
Привод маховика с системой охлаждения	2100	1500
Вспомогательные устройства	500	400
Электрический аккумулятор	2600	2000
Аппаратура, каб. сеть, детали общей сборки	900	800
Резервная масса	1100	1050
Лунная катапульта	45700	30200

Таблица 2. Результаты оценки основных характеристик ЛК

Характеристика	Разрывная длина	
	L = 1500 км	L = 2000 км
Диаметр маховика, м /скор. вращен., об/мин	6,08 / 10250	6,0 / 12000
Длина / внутрен. диаметр направляющей, м	2500 / 0,65	2000 / 0,65
Мощность привода вращения маховика, кВт	93	65
Потребляемая суточная мощность ЛК, кВт	19	14
Время разгона/торможения маховика, сутки	6,5 / 4,5	6,5 / 4,5
Годовое количество запусков капсулы, шт.	30	30
Макс. перегрузка, испытываемая капсулой, с учётом коэфф. динамичности, единиц	705	992
Масса изотопа Гелий-3, доставляемого на Землю за год, кг	1500	1500

Частота запусков капсулы может быть увеличена кратно при кратном увеличении мощности привода маховика.

При необходимости ЛК можно использовать для запуска спутников. В этом случае спутник должен иметь апогейную ЖРДУ. Для запуска спутника на эллиптическую окололунную орбиту с высотой апогея, например, 110 км ЛК должна разгонять спутник до скорости 1705 м/с [2, с. 11, 133]. При разгоне спутника, например, массой 400 кг с использованием материальной части ЛК с ТРУ на основе материалов с разрывной длиной 1500 км (длина направляющей 2500 м) испытываемая спутником перегрузка составит 247 единиц (с учётом коэффициента динамичности).

Литература

1. Егоров В.А., Гусев Л.И. Динамика перелётов между Землёй и Луной. - М.: Наука, 1980. - 544 с.

2. Авдеев Ю.Ф. и др. Полёт космических аппаратов: примеры и задачи. - М.: Машиностроение, 1990. - 272 с.

УДК 629.78.054
eLIBRARY.RU: 89.15.00

Черников П.С.
ведущий конструктор
филиала АО «НПО Лавочкина»
г. Калуга

АЛГОРИТМ РАСЧЁТА ЧАСТОТЫ ОДИНОЧНЫХ ЭФФЕКТОВ, СОЗДАВАЕМЫХ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА И БОРТОВЫХ РАДИОИЗОТОПНЫХ ИСТОЧНИКОВ, С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

ALGORITHM FOR CALCULATING THE FREQUENCY OF SINGLE-EVENT EFFECTS CAUSED BY IONIZING RADIATION OF SPACE AND ON-BOARD RADIOISOTOPE SOURCES USING A THREE-DIMENSIONAL MODEL OF A SPACECRAFT

Аннотация. Представлено описание алгоритмов, реализуемых в программном комплексе «LocalDose&SEE»v.3, для расчета характеристик одиночных эффектов (сбоев и отказов), вызываемых в аппаратуре космических аппаратов ионизирующим излучением космического пространства и бортовых радиоизотопных источников. Разработанная методика обеспечивает выполнение расчетов частоты одиночных эффектов с применением трехмерных моделей космических аппаратов, созданных с использованием САПР.

Ключевые слова: ионизирующее излучение космического пространства; одиночные сбои и отказы; интегральные микросхемы; радиоизотопные источники; радиоэлектронная аппаратура; космический аппарат.

Abstract. The report presents a description of algorithms implemented in a software package for calculating the characteristics of single-event effects (upsets and failures) caused in spacecraft equipment by ionizing radiation of space and on-board radioisotope heat and electricity sources. The developed methodology provides the calculations of the frequency of single-event effects taking into account three-dimensional models of spacecraft created using computer-aided design systems.

Keywords: space ionizing radiation; single-event upsets and failures; integrated circuits; radioisotope sources; electronic equipment; spacecraft

Надежное функционирование КА возможно лишь при условии обеспечения необходимого уровня стойкости бортовой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) к воздействию ионизирующих излучений космического пространства (ИИ КП), вызывающих радиационные эффекты различной природы. С широким применением микросхем микронного и субмикронного уровня изготовления все актуальнее встает проблема радиационной стойкости к одиночным эффектам (ОЭ) используемых в РЭА электрорадиоизделий (ЭРИ). Они возникают при воздействии как высокоэнергетических частиц ИИ КП, так и мощных потоков нейтронов от радиоизотопных источников ионизирующих излучений (ИИИ), обеспечивающих в составе тепловых блоков и электрогенераторов тепловые и электрические режимы работы РЭА автоматических межпланетных КА с посадочными аппаратами на исследуемые планеты. Доклад посвящен методике определения частоты возникновения ОЭ от ИИ КП и нейтронов ИИИ.

Радиационная стойкость ЭРИ к ОЭ характеризуется следующими параметрами: сечение насыщения эффекта σ_0, пороговая энергия E_{p0} высокоэнергетических протонов (ВЭП) и пороговое значение линейной потери энергии (ЛПЭ) тяжелых заряженных частиц (ТЗЧ) L_0.

Расчет частоты ОЭ в конкретном ЭРИ (как правило, это интегральная микросхема, ИМС) от потоков заряженных частиц производится методом секторирования – телесный угол 4π стерадиан вокруг ЭРИ разбивается на N лучей, для каждого из которых рассчитывается суммарная толщина массовой защиты x_i по 3D-модели КА и прибора и соответствующая ей частота ОЭ по формуле [1]:

$$\nu(x_i) = \int_{E_0} F_p(E, x_i)\sigma_p(\mathrm{E})\, dE + \int_{L_0} F(L, x_i)\sigma(L, \cos\theta)\cos\theta\, dL$$

где

$F_p(E,x_i)$ и $F(L,x_i)$ – дифференциальный энергетический спектр плотности потока ВЭП и дифференциальный ЛПЭ-спектр плотности потока ТЗЧ, соответственно, за сферической защитой толщиной x_i.

Затем производится расчет частоты ν в искомой локации суммированием значений $\nu(x_i)$ по всем лучам с определенным весом, например, $1/N$, в случае разбиения пространства вокруг ЭРИ на N равных элементарных телесных углов по формуле:

$$\nu = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \nu(x_i)$$

Зависимость сечения ОЭ от энергии протонов $\sigma(E_p)$ аппроксимируется формулой Бендела [2], а зависимость сечения сбоев от ТЗЧ - функцией Вейбулла [3].

Как известно, радиоизотопные источники на основе диоксида плутония-238, установленные на борту КА, создают мощный поток нейтронов в диапазоне энергий от 1 до 100 МэВ, вызывающий ОЭ в РЭА. Расчет частоты и числа ОЭ от нейтронов проводят с использованием сечений насыщения по формулам [2]:

$$\nu = \sigma_0 \cdot f_n(\geq E_0), \quad N = \sigma_0 \cdot F_n(\geq E_0)$$

где

σ_0 – сечение насыщения ОЭ от нейтронов, см^2;

$f_n(\geq E_0)$ и $F_n(\geq E_0)$ – интегральные энергетические спектры плотности потока нейтронов, см$^{-2}\cdot$с$^{-1}$, и потока нейтронов, см$^{-2,}$ соответственно;

E_0 – пороговое значение энергии нейтронов (МэВ), ниже которого ОЭ не наблюдаются.

Для расчета максимальной плотности потока нейтронов одного ИИИ на различных расстояниях от него используем зависимость потока от расстояния до точечного источника R:

$$f_n(R) = f_o /4\pi R^2, \quad (1)$$

где

f_o – выход нейтронов (1/с).

Использование формулы (1) для оценки плотности потока нейтронов в конкретной локации отражает только «геометрический» фактор рассеяния потока нейтронов по мере удаления от точечного источника. Однако, в разработанном ПК, помимо учета «геометрического» фактора, производится также учет поглощения потока нейтронов всеми составными частями КА методом длин релаксации, что может приводить к уменьшению потока от 2% до 15% в зависимости от толщины защитных устройств.

Таким образом, разработанный алгоритм расчета позволяет учесть число и мощность различных типов радиоизотопных источников, их взаимное расположение, а также ослабление потоков нейтронов конструкцией КА с применением трехмерной модели.

Литература

1. Кузнецов Н.В. Частота одиночных случайных эффектов в электронике на борту космических аппаратов // Космические исследования. 2005. Т. 43, № 6. С. 443 - 451.

2. РД 134-0139-2005. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование космических аппаратов. Методы оценки стойкости к

воздействию заряженных частиц космического пространства по одиночным сбоям и отказам. 2009. - 78 с.
3. Радиационные эффекты в кремниевых интегральных схемах космического применения / К.И. Таперо, В.Н. Улимов, А.М. Членов. 4-е изд. М.: Лаборатория знаний, 2021. - 307 с.

УДК 629.783+004.896
eLIBRARY.RU: 6221-9066

Клюшников В.Ю.
Klyushnikov V.Yu.
доктор технический наук
старший научный сотрудник
главный ученый секретарь
АО «ЦНИИмаш»
г. Королев, Московской обл.

ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ

TECHNOLOGIES OF DISTRIBUTED SPACE SURVEILLANCE SYSTEMS

Аннотация. Рассматриваются распределенные космические системы наблюдения - кластерные архитектуры многоспутниковых систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), реализующие технологии коллективного синтеза измерительной информации. Технологии распределённых космических систем наблюдения являются магистральным направлением развития космических систем ДЗЗ [1–3] и включают в себя три основные базовые технологии коллективного наблюдения — радиоинтерферометрию со сверхдлинной базой (РСДБ), оптическую интерферометрию и мультистатическую радиолокацию с синтезированной апертурой. Целью доклада является систематизация технологических аспектов реализации основных базовых методов коллективного наблюдения Земли из космоса.

Ключевые слова: многоагентный кластер, космический аппарат ДЗЗ, коллективное наблюдение, радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой, оптическая интерферометрия, мультистатическая радиолокация, динамическая сборка, межспутниковая связь, распределённое планирование.

Abstract. Distributed space-based observation systems are considered - cluster architectures of multi-satellite Earth remote sensing systems (ERS), implementing technologies of collective synthesis of measurement information. Technologies of distributed space-based observation systems are a main direction of development of space-based Earth remote sensing systems [1–3] and include three main basic technologies of collective observation - ultra-long-baseline radio interferometry (ULBI), optical interferometry and multi-static synthetic aperture radar. The purpose of the report is to systematize the technological aspects of the implementation of the main basic methods of collective observation of the Earth from space.Keywords: multi-agent cluster, remote sensing spacecraft, collective observation, ultra-long-range radio interferometry, optical interferometry, multistatic radar, dynamic assembly, inter-satellite communications, distributed planning.

Keywords: multi-agent cluster, Earth remote sensing satellite, collective observation, very long baseline interferometry, optical interferometry, multistatic radar, dynamic assembly, inter-satellite communication, distributed scheduling.

Космические системы дистанционного зондирования Земли на базе единичных космических аппаратов достигли фундаментальных ограничений по разрешающей способности и информативности вследствие физических пределов апертуры и невозможности одновременного многоракурсного обзора.

Концепция многоагентного кластера КА наблюдения, предполагает динамическую сборку виртуального измерительного базиса из космических аппаратов, находящихся в заданной пространственной окрестности. Архитектура системы рассматривается как совокупность взаимодействующих интеллектуальных агентов (космического и наземного сегментов), координируемых посредством ячеистой межспутниковой сети связи с применением протоколов DTN. Планирование наблюдений осуществляется распределёнными аукционными и кооперативно-игровыми алгоритмами. Выполнен анализ требований к точности относительной координации КА-агентов для каждого из трёх методов.

Определены основные требования к кластеру КА для реализации РСДБ, оптической интерферометрии и мультистатической радиолокации. Обоснован выбор ячеистой топологии межспутниковой связи как оптимального баланса отказоустойчивости и пропускной способности. Показано, что аукционные алгоритмы CBBA и методы распределённого ограниченного программирования (DCOP)

обеспечивают близкое к оптимальному распределение целей наблюдения в NP-трудной задаче планирования. Представлена формальная модель агента кластера КА наблюдения в виде кортежа из десяти компонентов, а также UML-диаграмма взаимодействия агентов при выполнении типового сеанса мультистатической радиолокационной съёмки.

Многоагентный кластер ДЗЗ является практически реализуемой платформой для выполнения задач коллективного наблюдения в трёх рассмотренных инструментальных режимах. Конвергенция технологий микроэлектроники, робототехники, искусственного интеллекта и небесной механики открывает путь к созданию полностью автономных орбитальных систем наблюдения следующего поколения.

Литература

1. Eineder M., Moreira A., Bamler R. TanDEM-X: A radar interferometer with two formation-flying satellites // Acta Astronautica. — 2013. — Vol. 89. P. 83–98. DOI: 10.1016/j.actaastro.2013.03.008.
2. Доросинский Л.Г., Виноградова Н.С. Теория и практика обработки сигналов в многопозиционных космических РСА. — М.: Академия Естествознания, 2020. — 270 с. — ISBN 978-5-91327-643-8.
3. Gigantino A., Renga A., Graziano M.D., Moccia A. Long-baseline multistatic and bistatic SAR products: Application to the RODiO mission // Acta Astronautica. — 2024. — Vol. 222. — P. 314–324. — DOI: 10.1016/j.actaastro.2024.06.012.

УДК 681.5
eLIBRARY.RU: 50.03.03

Канушкин С.В.
Kanushkin S.V.
кандидат технических наук
доцент
филиала военной академии РВСН им. Петра Великого
г. Серпухов
Мелентьев А.Е.
Melentyev A.E.
курсант
филиала военной академии РВСН им. Петра Великого
г. Серпухов

СТАБИЛИЗАЦИЯ ДИНАМИКИ НЕЛИНЕЙНОГО ОБЪЕКТА С АДАПТАЦИЕЙ В ОСОБЫХ ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЯХ

STABILIZATION OF THE DYNAMICS OF A NON-LINEAR OBJECT WITH ADAPTATION IN SPECIAL PHASE STATES

Аннотация. Решается противоречие между требованиями по обеспечению устойчивости при увеличенных аддитивных возмущениях и необходимостью обеспечения помехоустойчивости нелинейной системы. Предлагается значение коэффициента передачи дифференциальной составляющей алгоритма управления увеличивать в области линии переключения знака сигнала управления.

Ключевые слова: устойчивость, возмущения, коэффициент передачи, помехоустойчивость, нелинейности.

Abstract. The article addresses the contradiction between the requirements for ensuring stability under increased additive disturbances and the need to ensure the noise immunity of a nonlinear system. The proposed solution involves increasing the value of the transfer coefficient of the differential component of the control algorithm in the region of the control signal sign switching line.

Keywords: stability, disturbances, transfer coefficient, noise immunity, and nonlinearities.

Константин Эдуардович Циолковский заложил принципы построения ракетных систем, впервые предложил в 1898 году схему автопилота для дирижабля.

По его идее автопилот или, как называл его К.Э. Циолковский, «автоматический регулятор горизонтального руля» предназначался для стабилизации продольной оси дирижабля в продольной плоскости[1, с.32-34].

В предлагаемой статье учтены две основные нелинейности типа «зона насыщения». Первая характеризует ограничение мощности рулевого привода и присутствует в любом реально существующем приводе. Вторая обусловлена ограничением угла отклонения органов управления.

Нелинейности приводят к неустойчивости движения системы при больших возмущениях или значениях фазовых координат.

Дифференциальное регулирование особенно эффективно для процессов, которые имеют большие запаздывания. При введении воздействия по производной осуществляется положительный сдвиг

(опережение) по фазе, увеличивая тем самым запас устойчивости и улучшая качество переходного процесса.

Однако, существенное увеличение коэффициента передачи дифференциальной составляющей закона управления является его неустойчивость к воздействую высокочастотных шумов, т.е. высокая чувствительность к высокочастотным помехам.

Теория адаптивных и робастных систем изучает методы управления неопределенными объектами, для которых являются неприменимыми методы классической теории управления. В статье решается противоречие между требованиями по обеспечению устойчивости при увеличенных аддитивных возмущениях техногенного характера за счет увеличения коэффициента передачи дифференциальной составляющей закона управления и ограничениями мощности рулевого привода и диапазона отклонения управляющих органов, которые определяют условия помехоустойчивости и границы области устойчивости.

Предлагается значение коэффициента передачи дифференциальной составляющей алгоритма управления увеличивать в три раза в области линии переключения знака сигнала управления, где определяется опережение по фазе, создаваемое алгоритмом управления. Это особо важно для аэродинамически неустойчивого объекта, а, следовательно, и устойчивость системы, с учетом того, что низкочастотный фильтр включается в канал управления во втором и четвертом квадрантах фазовой плоскости, что обеспечивает помехоустойчивость.

Литература

1. Циолковский К. Простое учение о воздушном корабле и его построении / 2-е изд., - Калуга: Тип. Губ. правления, 1904. 105 с.
2. Канушкин С.В. Особенности адаптивного управления робототехническими системами охранного мониторинга. // Правовая информатика. 2020. №2. С. 28-40.
3. Решение о выдаче патента на полезную модель Российской Федерации от19.08.2025. Система угловой стабилизации./ Канушкин С.В., Даньшин А.С., Гаврющенко А.Н.(RU). Заявка № 2025 116197/11(038086). Приоритет от 10 .06.2025.

УДК 629.7.018
eLIBRARY.RU: 37.84.85+11.42.573

Мартиросов Д.С.
Martirosov D.S.
доктор технических наук
главный специалист
АО «НПО Энергомаш», г. Химки
Смагин М.В.
Smagin M.V.
инженер-конструктор 3 категории
АО «НПО Энергомаш», г. Химки

ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЖРД НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И ИЗМЕРЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ

FUNCTIONAL DIAGNOSTICS PRINCIPLES OF LIQUID ROCKET ENGINES BASED ON DYNAMIC MODELS AND MEASURED PARAMETERS

Аннотация. Изложены основные принципы и методика функционального диагностирования на основе динамических математических моделей, которые могут найти применение в системах диагностики жидкостных ракетных двигателей, работающих в режиме реального времени.

Ключевые слова: жидкостный ракетный двигатель, функциональная диагностика, динамическая модель, огневое испытание.

Abstract. The report outlines the basic principles of functional diagnostics, which can be widely used in real-time liquid rocket engine diagnostics systems.

Keywords: liquid rocket engine, functional diagnostic, dynamic model, fire tests.

Диагностирование ЖРД – процедура контроля, направленная на обеспечение их надёжной работы на всех стадиях жизненного цикла [1].

В настоящее время особый интерес вызывает не только контроль правильности функционирования двигателя по основным его характеристикам, но и контроль параметров и состояния агрегатов в

процессе отработки двигателя, а также оперативность получения данной информации [2].

Системы функционального диагностирования ЖРД, основанные на анализе отклонений, измеренных при огневом испытании квазистатических параметров от рассчитываемых по математической модели нормально функционирующего двигателя, имеют ограниченный диапазон применимости в режиме реального времени.

Такие системы не позволяют оценить влияние скорости развития неисправностей на скорость изменения диагностических признаков, что снижает достоверность определения момента времени, места возникновения неисправности и оценки степени её развития.

Исходя из этого, необходимо разработать систему диагностики, способную оценивать работоспособность ЖРД не только по величине отклонения параметров, но и по скорости развития неисправности как на стационарных, так и на переходных режимах работы двигателя [3-8].

Для решения этой задачи необходимо в диагностическую модель ввести уравнения динамики [9-10] развития неисправности и, используя измеренные на аварийном испытании или моделируемые неисправности, определить вид и коэффициенты этих уравнений.

В общем виде неисправности представлены в форме периодических и апериодических колебаний, поэтому их моделирование можно описать на примере следующих уравнений:

1) Изменение гидросопротивления элементов проточной части двигателя (1) при изменении площади проходного сечения:

2)

$$\xi=\xi_0+kt;\ t=(0,\tau) \qquad (1)$$

ξ – коэффициент гидравлических потерь проточной части;

ξ_0- начальное значение ξ.

k – постоянная, определяющая скорость развития неисправности;

t – время;

τ – время развития неисправности.

За $t = 0$ принимается момент времени возникновения неисправности; при $t = \tau$ – завершение развития неисправности.новый установившийся режим, с учётом возмущающего воздействия неисправности.

3) Изменение коэффициента массового соотношения компонентов топлива, не связанное с изменением режима работы двигателя:

$$K_m = K_{m.0} e^{-\beta t} \sin\left(\omega t - \varphi_0\right), \qquad (2)$$

K_m – коэффициент массового соотношения компонентов топлива;
$K_{m.0}$ – амплитуда колебаний массового соотношения компонентов;
β – коэффициент затухания колебаний;
ω – частота колебаний;
φ_0 – начальная фаза колебаний.

Литература

1. Вопросы технической диагностики: Межвуз. сб. / Ростов. инж.-строит. ин-т: Редкол.: Фалькович М.А. и др. – Ростов н/Д., 1987. 161 с.
2. Мартиросов Д.С. Функциональная диагностика ЖРД. Теория, модели, методы, эксперимент. М.: Изд-во МАИ, 2021. 164 с: ил.
3. Мартиросов Д.С. Диагностирование технического состояния ЖРД на основе математических моделей рабочих процессов и измеряемых параметров методом структурного исключения: Дисс. докт. техн. наук. – Химки, 1997. 225 с.
4. Лёвочкин П.С., Мартиросов Д.С., Каменский С.С. и др. Система функциональной диагностики жидкостных ракетных двигателей в режиме реального времени // Вестник Московского Авиационного института. 2019. Т. 26. № 2. С. 147-153.
5. Гликман Б.Ф. Теория автоматического регулирования жидкостными ракетными двигателями. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. 368 с.
6. Остроменский П.И., Аксёнов В.А., Астапин В.Г. Математическое моделирование в машиностроении. Новосибирский гос.техн.ун-т, Новосибирск. 1993. 81 с.
7. Чуян Р.К. Методы математического моделирования двигателей летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1988. 288 с.
8. Шалобанов С.В., Кочетов А.В. Методы диагностирования линейных непрерывных систем управления.: Уч. пособие. Хабаровск: Изд-во ХГТУ. 1994. 58 с.
9. Беляев Е.Н., Чванов В.К., Черваков В.В. Математическое моделирование рабочего процесса жидкостных ракетных двигателей. – М.: Изд-во МАИ, 1999. 228 с.
10. Музыкин С.Н., Родионова Ю.М. Моделирование динамических систем. – Ярославль.: Верх.-Волж. кн.изд-во, 1984. 304 с.

УДК 532.133
eLIBRARY.RU: 31.15.17

Александров И.С.
Aleksandrov I.S.
доктор технических наук, доцент
директор института морских технологий
энергетики и строительства
ФГБОУ ВО «КГТУ», г. Калининград
Герасимов А.А.
Gerasimov A.A.
доктор технических наук, профессор
профессор кафедры инженерной инфраструктуры
объектов капитального строительства
ФГБОУ ВО «КГТУ», г. Калининград
Григорьев Б.А.
Grigoriev B.A.
доктор технических наук, член-корреспондент РАН
научный руководитель корпоративного центра
исследования пластовых систем (керн и флюиды)
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Санкт-Петербург

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОНЕНТОВ СУРРОГАТНЫХ ТОПЛИВ В АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ Н-ГЕКСАДЕКАНА

THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF SURROGATE FUELS COMPONENTS IN AVIATION TECHNOLOGY. THERMAL CONDUCTIVITY OF N-HEXADECANE

Аннотация. Предлагается корреляционное уравнение для расчета коэффициента теплопроводности н-гексадекана. Уравнение разработано на основе массива надежных широкодиапазонных экспериментальных данных и реализует расширенный принцип соответственных состояний для свойств переноса. Предлагаемое уравнение позволяет в широком диапазоне параметров состояния (в диапазоне температуры от тройной точки до 700 К при давлениях до 50 МПа) рассчитывать коэффициент теплопроводности нормального гексадекана с высокой точностью.

Ключевые слова: теплопроводность, нормальные алканы, плотность, температура, критические параметры.

Abstract. A correlation equation for calculating the thermal conductivity of n-hexadecane is proposed. The equation is developed based

on a robust array of wide-range experimental data and implements an extended principle of corresponding states for transport properties. The proposed equation allows for highly accurate calculation of the thermal conductivity of normal hexadecane over a wide range of state parameters (from the triple point to 700 K at pressures up to 50 MPa).

Key words: thermal conductivity, normal alkanes, density, temperature, critical parameters.

Обеспечение аэрокосмической отрасли надежными данными о теплофизических свойствах (плотность, вязкость, теплопроводность) авиационных топлив является весьма актуальной и непростой задачей. Номенклатура применяемых веществ очень широкая и восполнение информационного вакуума о справочных данных используемых веществ посредством только эксперимента задача трудно выполнимая. Поэтому перед разработчиками расчетно-теоретических моделей стоит задача создания надежных прогнозным методов расчета теплофизических свойств, требующих минимума исходной информации.

В данной работе в рамках широко известного принципа соответственных состояний разработана экспериментально обоснованная корреляция для коэффициента теплопроводности технически важного компонента авиационных топлив – нормального гексадекана ($C_{16}H_{34}$).

Данный представитель гомологического ряда нормальных алканов является компонентом суррогатных топлив, входит в состав многих пластовых флюидов. Точные данные о коэффициентах переноса данного вещества необходимы при моделировании и прогнозировании в лабораторных условиях ключевых параметров реального топлива.

Уравнение теплопроводности

Для описания теплопроводности использовалась форма уравнения [1]

$$\lambda(\rho,T) = \lambda^0(T) + \Delta\lambda(\delta,\tau) + \Delta\lambda^c(\delta,\tau) \qquad (1)$$

где $\lambda^o(T)$ – теплопроводность разреженного газа при нулевой плотности; $\Delta\lambda(\delta,t)$ – избыточная теплопроводность; $\delta = \rho/\rho_c$; $\tau = T/T_c$; ρ_c, T_c – значения критической плотности и температуры н-гексадекана; $\Delta\lambda^c(\delta,\tau)$ - флуктуационная добавка (в данной версии уравнения критическая аномалия теплопроводности не учитывается ввиду отсутствия экспериментальных данных).

Теплопроводность разреженного газа λ^0, в свою очередь, определяется по соотношению (2), коэффициенты которого представлены в таблице 1.

$$\lambda^0(T) = \sum_{i=0}^{2} a_i \left(\frac{T}{100}\right)^i, \quad (2)$$

где λ^0, мВт/(м·К); T, К.

Таблица 1. Значения коэффициентов уравнения (2)

a_0	a_1	a_2
-0,6199524	0,3083779	0,7970016

Избыточная теплопроводность представляется в виде ряда по степеням температуры и плотности

$$\Delta\lambda(\delta,\tau) = \sum_{i=1}^{4} \left[B_{1,i} + B_{2,i}\cdot\tau\right] \delta^i. \quad (3)$$

где $\Delta\lambda(\delta,\tau)$, мВт/(м·К).

Определение коэффициентов уравнения (3) производилось методом наименьших квадратов на отобранном массиве экспериментальных данных.

При этом варьировалось верхнее значение показателя степени при δ. Полученные значения коэффициентов уравнения (3) представлены в таблице 2.

Таблица 2. Значения коэффициентов уравнения (3) для н-гептадекана

i	$B_{1,i}$	$B_{2,i}$
1	$-0{,}10953084\cdot10^3$	$0{,}13788624\cdot10^3$
2	$0{,}69577961\cdot10^2$	$-0{,}79621442\cdot10^2$
3	$-0{,}77255369\cdot10^1$	$0{,}12021913\cdot10^2$

Сравнение с экспериментальными данными

Определение теплопроводности разреженного газа производилось с использованием экспериментальных данных Тарзиманова [2], полученных в диапазоне температур (585 – 698) К и данных Мустафаева [3], полученных в диапазоне (584 – 646) К.

Анализ показал, что экспериментальные точки из работы [61] при температурах 675 и 698 К, по-видимому, относятся к области термической деструкции н-гексадекана и они были исключены из обработки.

Для расширения температурного диапазона, особенно в область температур, ниже 580 К, использовались расчетные значения $\lambda^0(T)$, полученные по формуле (4), предложенной Мустафаевым [4], а также значения, полученные по формуле из работы [1], которая была преобразована к безразмерному виду (5)

$$\lambda^0(T)=T^{3/2}\frac{(44{,}85+0{,}018M)(10{,}77+0{,}11T)}{(T+34+5{,}18M)\cdot 10^6} \qquad (4)$$

$$\frac{\lambda^0(T)}{\lambda^0_{\tau=0,8}}=\sum_{i=0}^{3}A_i\,\tau^i \quad , \qquad (5)$$

где значения коэффициентов A_i представлены в таблице 3.

Таблица 3. Значения коэффициентов уравнения (5)

i	A_i
0	0,1596313
1	-0,9660128
2	3,374478
3	-1,067358

Значение $\lambda^0_{\tau=0,8}$ для н-гексадекана, определенное по экспериментальным данным, составило 28,09 мВт/(м·К). В обрабатываемый массив были включены средние значения λ^0, рассчитанные по формулам (4) и (5) в диапазоне температур 290 – 570

К и 670 – 710 К, а также экспериментальные данные Тарзиманова [2] и Мустафаева [3] в диапазоне температур 584 – 646 К.

Указанные данные были аппроксимированы полиномом второй степени со среднеквадратической неопределенностью 1,34 %.

$$\lambda^0(T)=-0{,}6199524+0{,}3083779\left(\frac{T}{100}\right)+0{,}7970016\left(\frac{T}{100}\right)^2 \qquad (6)$$

Результаты описания экспериментальных данных уравнением (1) представлены в таблице 4. Анализ экспериментальных работ, посвященных изучению теплопроводности н-гексадекана показал, что широкодиапазонные измерения выполнены Богатовым [5] и Мустафаевым [4].

В работе [5] измерения выполнены в жидкой фазе при температурах до 458 К при давлениях до 49 МПа. Измерения производились на установке, реализующей стационарный метод нагретой проволоки.

Вероятная неопределенность отдельного измерения теплопроводности, по оценке автора [5] не превышает ±1,5 %. В работе Мустафаева [4] измерения выполнены методом монотонного разогрева в диапазоне температур 313 – 673 К при давлениях до 49 МПа.

Неопределенность данных оценивается величиной ±2,0%.

Данные остальных авторов, представленные в таблице 4, использовались для оценки точности и согласованности разработанного уравнения.

Таблица 4. Результаты сравнения экспериментальных данных о теплопроводности н-гексадекана с рассчитанными по уравнениям (1) – (3) значениями

Год	Первый автор, Источник	Число Точек	Диапазон параметров		Отклонения, %
			T, К	*P*, МПа	СОО
1957	Сакиадис [6]	7	316 -348	0,1	0,38
1962	Голлис [7]	2	335 -377	0,1	2,63
1963	Мухамедзянов	15	307	0,1	4,07

	[8]		-453		
1970	Тарзиманов [2]	10	584 -653	Разреж.	2,86
1973	Мустафаев [3]	13	584 -645	Разреж.	1,54
1980	Мустафаев [4]	112	313 -673	0,1-49,0	0,77
1985	Вада [9]	4	295 -362	0,1	0,69
1990	Тарзиманов [10]	7	325 -524	0,1	4,30
1992	Богатов [5]	52	306 -458	0,1-49,1	1,81

Анализ отклонений экспериментальных данных, представленных в табл. 4, свидетельствует, что в среднем диапазон отклонений соответствует неопределенности экспериментальных данных.

Некоторое исключение составляют данные Мухамедзянова [8] и Тарзиманова [10], которые систематически отклоняются в разные стороны в среднем на ±4 %.

Для всего отобранного массива данных величина среднеквадратичного отклонения составила 1,98 %, а величина среднего относительного отклонения составила 1,42 %.

Литература

1. Huber M.L., Laesecke A., Perkins R. Transport Properties of n-Dodecane //Energy & Fuels. – 2004. – Vol. 18. – P. 968-975.
2. Tarzimanov A.A., Mashirov V.E. Experimental determination of the coefficient of thermal conductivity of vapors of n-alkanes, spirits and acids // Thermophys. Prop. Matter Subst. – 1970. – V. 2. – P. 240-253.
3. Мустафаев Р.А. Исследование теплопроводности паров нормальных предельных углеводородов при высоких температурах // Известия ВУЗов – Нефть и Газ. - 1973. - № 11. - С. 71-78.
4. Мустафаев Р.А. Теплофизические свойства углеводородов при высоких параметрах состояния – М.: Изд-во Энергия, 1980. – 296 с.
5. Богатов Г.Ф. Теплопроводность индивидуальных углеводородов и нефтепродуктов в жидком состоянии: дис. ... докт. техн. наук. – Грозный.: ГНИ, 1992.– 424 с.
6. Sakiadis B.C., Coates J. Studies of thermal conductivity of liquids. Part III // AIChE J. – 1957. – V.3. - No.1. – P. 121-126.

7. Gollis M.H., Belenyessy L.I., Gudzinowicz B.J., Koch S.D., Smith J.O., Wineman R.J. Evaluation of pure hydrocarbons as jet fuels // J. Chem. Eng. Data. – 1962. – V.7. - №.2. – P. 311 - 316.
8. Мухамедзянов Г. К., Усманов А. Г., Тарзиманов А.А. // Известия ВУЗов – Нефть и Газ. – 1963. - № 6. – С. 75-79.
9. Wada Y., Nagasaka Y., Nagashima A. Measurements and correlation of the thermal conductivity of liquid n-paraffin hydrocarbons and their binary and ternary mixtures // Int. J. Thermophys. – 1985. - Vol. 6. – P. 251-265.
10. Tarzimanov A.A., Sharafutdinov R.A., Gabitov F.R. Thermal conductivity of n-alkanes and 1-alkenes. Undistorted by radiant energy transport. I. Results of experimental study // Inzh.-Fiz. – 1990. – V.59. – P. 827-831.

УДК 544.454.3:629.73.036
eLIBRARY.RU: 55.49.31

Яновский Л.С.
Yanovsky L.S.
член-корреспондент РАН
доктор технических наук, профессор
Ежов В.М.
Yezhov V.M.
кандидат технических наук
Ильина М.А.
Ilyina M.A.
кандидат технических наук
Червонная Н.А.
Chervonnaya N.A.
кандидат химических наук
Новаковский Д.В.
Novakovsky D.V.
инженер
Федеральный исследовательский центр
проблем химической физики
и медицинской химии РАН
г. Черноголовка

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДЕРЖКИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ АВИАЦИОННОГО СКОНДЕНСИРОВАННОГО ТОПЛИВА

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF IGNITION DELAY OF AVIATION CONDENSED FUEL

Аннотация. Исследована воспламеняемость авиационного сконденсированного топлива (АСКТ), применяемого в северных регионах России взамен реактивного топлива ТС-1. Определен период индукции воспламенения АСКТ при температуре (1100-1700)К, давлении (14–16) бар и значении коэффициента избытка воздуха (0,5–2) с помощью ударной трубы. Показано влияние соотношения компонентов смеси влияет на ПИВ.

Ключевые слова: АСКТ, период индукции воспламенения, ударная труба, ТС-1, альтернативное топливо.

Abstract. The flammability of aviation condensed fuel (ACF) used in the northern regions of Russia instead of TS-1 jet fuel has been investigated. The ignition induction period of the ACF was determined at a temperature of (1100-1700)K, a pressure of (14-16) bar and an excess air coefficient of (0,5–2) using an impact tube. The influence of the ratio of the components of the mixture is shown to affect the IDT

Keywords: ACF, ignition induction period, shock tube, TS-1, alternative fuel.

В настоящее время в связи с ростом цен на нефтяные топлива и ужесточением требований к экологичности авиатехники активно ведется поиск перспективных альтернативных топлив.

Авиационное сконденсированное топливо может быть рассмотрено в качестве альтернативного. Использование АСКТ в нефтедобывающих регионах взамен топлива ТС-1 позволяет получить экономический и экологический эффект.

АСКТ в основном состоит из парафиновых углеводородов с числом атомов углерода C_3 и C_4, что обеспечивает большую полноту горения при низких температурах воздуха и улучшенную термоокислительную стабильность. Энергоёмкость АСКТ примерно на 5 % выше, чем у топлива ТС-1, однако из-за большего давления насыщенных паров, вызванного в основном содержанием пропана в смеси, необходим более прочный бензобак. Для АСКТ характерны меньшая дымность и

нагарообразование, отсутствие содержания воды и механических примесей [1].

С целью достижения лидирующих позиций в области конструирования эффективных и экологичных газотурбинных двигателей и наземных газотурбинных установок необходимо изучение закономерностей воспламенения и горения альтернативных топлив, в том числе АСКТ [2-6].

Для определения ПИВ АСКТ в настоящей работе использована экспериментальная установка на основе ударной трубы. Описание установки и методика проведения эксперимента описаны в работах [7,8].

Определены ПИВ образцов АСКТ с соотношением пропана и бутана 30/70, 50/50 и 70/30 при значениях коэффициента избытка воздуха 0,5, 1 и 2 в диапазоне температуры (1100-1700)К и давления (14 - 16) бар.

Показано, что значения ПИВ образцов АСКТ мало зависит от содержания компонентов. Отличие значений ПИВ смесей с 30% и 70 % бутана не превышает 28 % в диапазоне температуры (1100-1700)К. Максимальное отличие значений ПИВ наблюдается при температуре 1700К.

С повышением значения коэффициента избытка воздуха с 0,5 до 2 снижается ПИВ АСКТ на (130-140)%. Наибольшее снижение значений ПИВ АСКТ наблюдается при температурах (1600-1700)К.

Литература

1. Зайцев В.П., Яновский Л.С. Авиационное сконденсированное топливо и его преимущества // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 5 (29). С. 18-21.

2. Новиков И.Н., Абросимова Е.А., Разработка обобщенной математической модели расчета и проектирования камер сгорания вихревого противоточного типа // Труды МАИ. 2014. № 78. С. 18.

3. Bulysova L.A. & GorbanV.D. The effect of fuel and air agitation on the combustion process in a low-emission combustion chamber // Thermal Engineering. 2013. V. 60. P. 619-627.

4. Tuma J., Kubata J., Betak V., and Hybl R. Experimental and Numerical Research of a Novel Combustion Chamber for Small Gas Turbine Engines // EPJ Web of Conferences. 2013. V. 45. doi.org/10.1051/epjconf/20134501091.

5. M. Enache Numerical and Experimental Investigation of a Micro Gas Turbine Combustion Chamber // International Journal of Modern

Manufacturing Technologies. 2022. V. 14. № 3. doi.org/ 10.54684/ijmmt.2022.14.3.139.
6. Savchuk A.T. , Yakovlev A.A.. Method of the numerical modelling of unstationary processes in the combustion chamber of a gas turbine engine // Journal of Physics: Conference Series, 19th International Conference “Aviation and Cosmonautics” (AviaSpace-2020). – 2020. V. 1925. DOI 10.1088/1742-6596/1925/1/012009.
7. Яновский Л.С., Вараксин А.Ю., Арефьев К.Ю., Ежов В.М., Мартыненко С.И., Червонная Н.А. Исследование воспламенения и горения синтетических высокомолекулярных углеводородов в высокоэнтальпийном воздушном потоке // Физика горения и взрыва. – 2023. № 4. С. 35-43.
8. Азатян В.В. Особенности физико-химических механизмов и кинетических закономерностей горения, взрыва и детонации газов // Кинетика и катализ. 2020. № 3. С. 291–311.
УДК 544.454.3:665.7.038.8
eLIBRARY.RU: 55.49.31

Яновский Л.С.
Yanovsky L.S.
член-корреспондент РАН
доктор технических наук, профессор
Ежов В.М.
Yezhov V.M.
кандидат технических наук
Червонная Н.А.
Chervonnaya N.A.
кандидат химических наук
Ильина М.А.
Ilyina M.A.
кандидат технических наук
Новаковский Д.В.
Novakovsky D.V.
инженер
Федеральный исследовательский центр
проблем химической физики
и медицинской химии РАН
г. Черноголовка

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА С ДОБАВЛЕНИЕМ ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНОЙ ПРИСАДКИ

INVESTIGATION OF THE FLAMMABILITY OF HYDROCARBON FUELS WITH THE ADDITION OF AN ANTI-TURBULENT ADDITIVE

Аннотация. Исследовано влияние добавки полиизобутилена на воспламеняемость реактивного топлива ТС-1. Получены значения задержки воспламенения смесей топлива ТС-1 с полиизобутиленом в диапазоне температуры 1300–2000 К, давления (5–10) атм. и значения коэффициента избытка воздуха (0,5–2).

Ключевые слова: период индукции воспламенения, ударная труба, полиизобутилен, углеводородное топливо, противотурбулентная присадка**.**

Abstract. The effect of the addition of polyisobutylene on the flammability of TS-1 jet fuel has been investigated. Ignition delay values of TC-1 fuel mixtures with polyisobutylene in the temperature range 1300-2000 K, pressure 5-10 atm. and values of the excess air coefficient (0,5–2) were obtained.

Keywords: ignition induction period, impact tube, polyisobutylene, hydrocarbon fuel, anti-turbulence additive.

Для снижения гидравлического сопротивления в топливах при течении в трубопроводах энергоустановок космической техники при высоком давлении применяются добавки полимеров, например высокомолекулярного полиизобутилена (ПИБ) [1, 2].

Добавка ПИБ позволяет оптимизировать реологические свойства топлива, погашать турбулентные пульсации потока в топливной системе, предотвращать загрязнение топливоподающих коллекторов и форсунок, снижать отложения кокса и уменьшать химическую эрозию стенок каналов топливной системы.

Применение топлива ТС-1 с присадкой ПИБ позволяет снизить потери давления в магистрали подачи топлива на (20-24) % и увеличить КПД насосов на (13-17) % [3].

Ключевым показателем реакционной способности смеси горючего и окислителя является период индукции воспламенения (ПИВ). Определение ПИВ выполнено с помощью ударной трубы, обеспечивающей температуру (1300–2000) К и давление (5–10) атм. газа за фронтом ударной волны.

В работе применялась ударная труба, оснащенная контуром подогрева, обеспечивающим повышение температуры образцов жидких компонентов и элементов установки для предотвращения образования конденсата паров жидких компонентов [6,7].

В работе получены экспериментальные данные по ПИВ топливовоздушной смеси ТС-1 с массовой долей ПИБ не более 1 % масс. [8,9].

Установлено, что с увеличением содержания ПИБ период индукции воспламенения топлива ТС-1 повышается. При добавлении 1 % масс. ПИБ значения ПИВ топлива ТС-1 повышаются в 1,68…2,11 раза в диапазоне коэффициентов избытка воздуха $\alpha = 0{,}5…2$. С ростом коэффициента избытка воздуха α влияние присадки ПИБ на период индукции воспламенения топлива снижается.

Полученные в работе данные по ПИВ топлива ТС-1 с добавкой ПИБ позволят выполнять моделирование при численных исследованиях процессов горения путем замены многостадийной кинетики с множеством реакций упрощенными моделями.

Литература

1. Toms B. A. Some observations on the flow of linear polymersolutions through straight tubes at large Reynolds numbers. Proc. 1st Intl Congr. Rheol. 1949. V. 2. P. 135-141.

2. Данилов, А.М. Применение присадок в топливах / А.М. Данилов. - М.: Мир. 2005. 288 с.

3. Chvanov, V.K., Fatuev, I.Y., Levochkin, P.S., Gaponov, V.D. Expand of capabilities of rocket and space complexes with high molecular additives to liquid propellant components. Proceedings of the International Astronautical Congress (IAC), 2013. P. 6879-6886.

4. Smolinski J.M., Gulari E., Manke C.W. Atomization of Dilute Polyisobutylene/Mineral Oil Solutions. AIChE Journal. 1996. V. 42. №. 5. P. 1201-1212. doi.org/10.1002/aic.690420502

5. Rozhkov. A.N. Dynamics and breakup of viscoelastic liquids (a review). Fluid dynamics. 2005. V. 40. № 6. P. 835-853. doi:10.1007/s10697-006-0001-7

6. Яновский Л.С., Вараксин А.Ю., Арефьев К.Ю., Ежов В.М., Мартыненко С.И., Червонная Н.А. Исследование воспламенения и горения синтетических высокомолекулярных углеводородов в высокоэнтальпийном воздушном потоке // Физика горения и взрыва. – 2023. – № 4. – С. 35-43.

7. Азатян В.В. Особенности физико-химических механизмов и кинетических закономерностей горения, взрыва и детонации газов // Кинетика и катализ. – 2020. – № 3. – С. 291–311.
8. Яновский Л.С., Дубовкин Н.Ф., Галимов Ф.М. и др. Горюче-смазочные материалы для авиационных двигателей. – Казань: Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева. 2002. 399 с.
9. Кулиев А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам. 2 – е изд. Л.: Химия, 1985. 312 с.

УДК:665.765:621.43
eLIBRARY.RU: 55.49.31

Яновский Л.С.
Yanovsky L.S.
член-корреспондент РАН
доктор технических наук, профессор
Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН
г. Черноголовка
Ежов В.М.
Yezhov V.M.
кандидат технических наук, Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН
г. Черноголовка
Ильина М.А.
Ilyina M.A.
кандидат технических наук
Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН
г. Черноголовка
Козлов А.Л.
Kozlov A.L.
генеральный директор, Федеральное автономное учреждение «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,
г. Москва.

ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МОТОРНЫХ МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ АВИАЦИОННОГО РОТОРНО - ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

STUDIES OF CHANGES IN THE OPERATIONAL PROPERTIES OF ENGINE OILS IN THE CONDITIONS OF AN AIRCRAFT ROTARY PISTON ENGINE

Аннотация. При работе в маслосистеме авиационных роторно - поршневых двигателей (РПД) моторные масла деградируют в следствии термического окисления.

Изучено изменение кинематической вязкости, содержания осадка и коррозионная агрессивность моторных масел для четырех- и двухтактных двигателей после окисления объемным методом при температурах (150-200) °С, в том числе с учетом долива свежего масла, добавки топлива и воды.

Ключевые слова: термоокислительная стабильность, моторные масла, роторно - поршневой двигатель, физико-химические свойства, эксплуатационные свойства.

Abstract. When operating in the oil system of aircraft rotary piston engines, engine oils degrade as a result of thermal oxidation.

The changes in kinematic viscosity, sediment content, and corrosion aggressiveness of engine oils for four- and two-stroke engines after volumetric oxidation at temperatures of (150-200) °C, including taking into account the addition of fresh oil, fuel and water additives, have been studied.

Keywords: thermal and oxidative stability, engine oils, rotary piston engine, physico-chemical properties, operational properties.

Роторно-поршневые двигатели перспективны для беспилотных летательных аппаратов и легкомоторной авиации благодаря высокой удельной мощности и компактности. Масла работают в экстремальных условиях, длительное воздействие высоких температур, многократное сдвиговое нагружение и контакт с продуктами неполного сгорания [1].

При эксплуатации в авиационных РПД моторные масла деградируют в следствии термического окисления. Накапливаются продукты износа. Это приводит к снижению ресурса двигателя.

Для изучения закономерности изменения свойств масел при эксплуатации проводилось окисление масла в объеме, в диапазоне температур от 150 до 200 °С в течении 24 ч при постоянном барботаже

воздуха в количестве 10 л/ч в присутствии пластин катализаторов (медь М1 и сталь 45) [2].

Изучено влияние долива свежего масла, добавки топлива и воды на изменение эксплуатационных свойств моторных масел в процессе термического окисления.

Получены аппроксимационные зависимости значений показателей эксплуатационных свойств масел от температуры и времени окисления, а также количества и периодичности долива свежего масла и добавки эксплуатационных примесей.

Выявлено аномальное снижение кинематической вязкости (на (25–30) % от исходной) после 24 часов окисления при температуре 200 °С, обусловленное интенсивной деструкцией полимерных загущающих присадок.

Предложен критический параметр – содержание нерастворимого осадка, характеризующий ресурс моющей и диспергирующих присадок. Повышение содержания осадка выше установленной нормы требует внеплановой замены масла независимо от заявленного ресурса.

Литература

1. Окорочков В.В., Окорочкова В.М., Шафранов В.В. Актуальность и направления развития роторно – поршневой тематики. // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2014. - №5(47), часть 3. С. 82-91.

2. ГОСТ 18136-2017 Масла. Метод определения стабильности против окисления. – Взамен ГОСТ 18136-72: Введ. 01.07.1978. М.: Изд-во стандартов, 2002. 8 с.

УДК 681.586.5
eLIBRARY.RU: 29.31.29

Крылов М.Р.
Krylov M.R.
студент
каф. РФМТ КНИТУ-КАИ, г. Казань
Любимов Е.Е.
Lyubimov E.E.
Студент
каф. РФМТ КНИТУ-КАИ, г. Казань
Аглиуллин Т.А.
Agliullin T.A.

кандидат технических наук, доцент
каф. РФМТ КНИТУ-КАИ, г. Казань

ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВОЛОКОННОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ВЕРНЬЕ

INCREASING THE SENSITIVITY OF A FIBER TEMPERATURE SENSOR BASED ON THE OPTICAL VERNIER EFFECT

Аннотация. Представлено два варианта волоконно-оптического датчика температуры на основе каскадного интерферометра Фабри – Перо с повышенной чувствительностью за счет применения оптического эффекта Вернье. Вариант без промежуточного слоя стекла позволяет получить больший выигрыш в чувствительности, но более сложен в изготовлении по сравнению с вариантом с промежуточным слоем стекла. Предложенные датчики обладают значительным потенциалом к применению в различных областях, в том числе в авиакосмической отрасли.

Ключевые слова: волоконный интерферометр Фабри – Перо, оптический эффект Вернье, датчик температуры.

Abstract. Two versions of a fiber-optic temperature sensor based on a cascade Fabry-Perot interferometer with enhanced sensitivity due to the optical Vernier effect are presented. The version without an intermediate glass layer offers greater sensitivity gains but is more complex to manufacture compared to the version with an intermediate glass layer. The proposed sensors have significant potential for application in various fields, including aerospace industry.

Keywords: fiber Fabry – Perot interferometer, optical Vernier effect, temperature sensor.

Оптоволоконные датчики температуры выгодно отличаются от классических электронных аналогов: они легки, имеют малое сечение, не подвержены воздействию электромагнитных полей, не требуют подвода питания к чувствительному элементу, позволяют строить мультиплексированные системы и выносить регистрирующую аппаратуру на значительные расстояния от датчиков. Современные волоконно-оптические термодатчики чаще всего реализуются на базе волоконных брэгговских [1] или длиннопериодных решёток [2], эффектов флуоресценции [3], рамановского рассеяния [4], а также

интерферометров [5; 6]. Интерферометрическим решениям, в том числе для измерения температуры, уделяется особое внимание из-за их высокой чувствительности и многообразия конструкций.

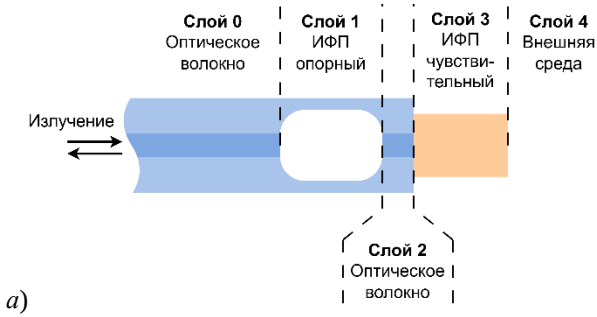
Особенно интересны датчики, у которых чувствительный элемент расположен прямо на торце световода: они работают за счёт изменения оптического пути, вызванного температурным изменением показателя преломления материала интерферометра Фабри – Перо (ИФП) и его тепловым расширением.

ИФП состоит из двух параллельных отражающих поверхностей, образующих резонатор, температурное воздействие регистрируется через изменение оптической длины резонаторной полости. На практике это означает, что при нагреве меняется как геометрическая длина полости (из-за теплового расширения), так и показатель преломления среды/волокна (термооптический вклад). Оба эффекта приводят к смещению интерференционных экстремумов в спектре отражения или пропускания, что и используется для измерения температуры [7].

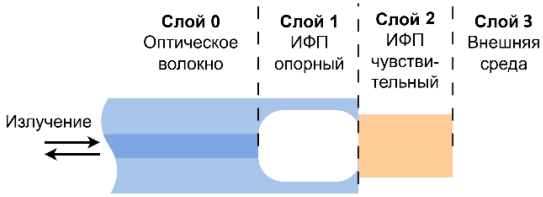
Дальнейшее повышение чувствительности ИФП возможно как за счет использования материалов с повышенными температурными коэффициентами изменения их параметров, так и за счет так называемого оптического эффекта Вернье. Последний эффект возникает, если два совмещенных интерферометра имеют близкий свободный спектральный интервал (разность длин волн между двумя соседними экстремумами спектрального отклика). Тогда в результирующем спектре возникает огибающая, которая в ответ на изменение температуры смещается значительно больше по сравнению со спектральным откликом одиночного ИФП, что и используется в качестве информативного признака спектрального отклика при измерениях. Предлагаемый волоконный интерферометрический датчик температуры может быть выполнен в двух вариантах: 1) два ИФП, последовательно соединенные между собой коротким участком оптического волокна и образованные границами раздела пяти сред распространения оптического излучения (рис. 1, *а*), либо 2) два ИФП, имеющие общий отражатель (границу раздела сред, рис. 1, *б*).

В обоих вариантах структур первый ИФП, резонатор которого образован внутриволоконной воздушной полостью (слой 1), изготовленной по методике, описанной в [8], играет роль опорного интерферометра; его физическая длина изменяется пренебрежимо мало в процессе измерений. В качестве измерительного интерферометра может использоваться нанесенный на торец оптического волокна слой оптически прозрачного материала

(например, полимера) с повышенными коэффициентами теплового расширения и термооптического эффекта (слой 3 (рис. 1, *а*) или 2 (рис. 1, *б*)), благодаря чему оптическая длина прохождения света по нему значительно меняется в зависимости от температуры окружающей среды. Участок оптического волокна между опорным и измерительным интерферометрами (слой 2 в первом варианте) имеет длину, на порядок меньшую по сравнению с интерферометрами, так чтобы минимизировать искажения огибающей Вернье, которую формируют опорный и измерительный интерферометры.



а)



б)

Рис. 1. Варианты структуры предлагаемого каскадного ИФП-датчика температуры: с промежуточным слоем оптоволокна (а), с общим отражателем (б)

Моделирование предложенных структур выполнялось в разработанном программном обеспечении, реализующим метод расчета спектрального отклика на основе матриц передачи [9] со следующими параметрами: показатель преломления (ПП) оптоволокна 1,4587, ПП полимерного резонатора 1,59, длина воздушной полости 158 мкм, длина полимерного резонатора 102 мкм, длина промежуточного участка оптоволокна 8 мкм. Результаты моделирования показали, что чувствительность структуры с промежуточным слоем оптоволокна (3,97 нм/°С) примерно в 7,4 раза

выше чувствительности одиночного ИФП (0,54 нм/°С), однако ниже чувствительности варианта с общим отражателем (16,15 нм/°С). Недостатком последней конфигурации датчика является сложность изготовления ввиду необходимости контроля затекания полимерного материала в открытую полость первого резонатора.

Литература

1. Bhaskar C.V.N. Recent advancements in fiber Bragg gratings based temperature and strain measurement / C.V.N. Bhaskar, S. Pal, P.K. Pattnaik // Results in Optics. 2021. V. 5. P. 100130.
2. High-sensitivity temperature sensor based on long-period fiber grating / J. Ruan [et al.] // Optoelectronics Letters. – 2008. Vol. 4. № 2. P. 114-116.
3. Grattan K.T.V. Fiber Optic Fluorescence Thermometry / K.T.V. Grattan, Z.Y. Zhang // Topics in Fluorescence Spectroscopy: Probe Design and Chemical Sensing: Topics in Fluorescence Spectroscopy / ed. J.R. Lakowicz. Boston, MA: Springer US, 1994. P. 335-376.
4. Li J. Physics and applications of Raman distributed optical fiber sensing / J. Li, M. Zhang // Light: Science & Applications. 2022. Vol. 11. № 1. P. 128.
5. Lee C.E. Fiber-optic Fabry-Perot temperature sensor using a low-coherence light source / C.E. Lee, H.F. Taylor // Journal of Lightwave Technology. 1991. Т. 9. № 1. С. 129-134.
6. Interferometric fiber-optic temperature sensor with spiral polarization couplers / R. Cortés [et al.] // Optics Communications. 1998. Vol. 154. № 5. – P. 268-272.
7. Волоконно-оптический датчик температуры на основе стеклянного интерферометра Фабри-Перо / Т.А. Аглиуллин, Д.В. Самигуллин, Л.А. Сахабутдинова [и др.] // Прикладная фотоника. 2023. Т. 10, № 5. С. 58-74.
8. Fiber-Optic Hydraulic Sensor Based on an End-Face Fabry–Perot Interferometer with an Open Cavity / O. G. Morozov, T. Agliullin, A. Sakhabutdinov [et al.] // Photonics. 2024. Vol. 11, No. 1. P. 22. DOI 10.3390/photonics11010022.
9. Сравнительный анализ методов моделирования спектра волоконных брэгговских решеток / Т. А. Аглиуллин, В. И. Анфиногентов, О. Г. Морозов [и др.] // Электроника, фотоника и киберфизические системы. 2023. Т. 3, № 1. – С. 13-28.

УДК 536.242
eLIBRARY: 29.17.35

Алтунин К.В.
Altunin K.V.
доктор технических наук
доцент каф. ТиЭМ
КНИТУ-КАИ, г. Казань
Габдуллин Р.Д.
Gabdullin R.D.
магистрант каф. ТиЭМ
КНИТУ-КАИ, г. Казань
Гадельшин Т.Э.
Gadelshin T.E.
аспирант каф. ТиЭМ
КНИТУ-КАИ, г. Казань
Калмыков Ф.В.
Kalmykov F.V.
аспирант каф. ТиЭМ
КНИТУ-КАИ, г. Казань

РАЗРАБОТКА МУЛЬТИТОПЛИВНОЙ ФОРСУНКИ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОВЫШЕННОГО РЕСУРСА

DEVELOPMENT OF A MULTI-FUEL NOZZLE FOR AIR-BREATHING JET ENGINE

Аннотация. В работе рассмотрена проблема осадкообразования в форсунках воздушно-реактивного двигателя на жидких углеводородных горючих. Предложена новая конструктивная схема мультитопливной форсунки с рубашкой охлаждения. Проведен расчет температуры внутренних стенок форсуночных каналов, а также расчет осадкообразования. Теоретически рассчитан ресурс мультитопливной форсунки.

Ключевые слова: форсунка, керосин, температура, ресурс, осадкообразование.

Abstract. It is paid attention to a problem of deposit formation in fuel nozzles of air-breathing jet engines operating on liquid hydrocarbons. A new scheme of multi-fuel nozzle containing its cooling jacket is presented here. A temperature calculation of inner walls of nozzle channels and

deposit formation calculation have been carried out and shown. In the end, a theoretical level of life of the multi-fuel nozzle has been calculated.

Keywords: nozzle, kerosene, temperature, life, deposit formation.

В ходе научного исследования установлено, что образование углеродсодержащих осадков напрямую зависит от главных факторов, включая температуру стенки топливного канала, время работы и др. Рассмотрена проблема осадкообразования в воздушно-реактивных двигателях (ВРД) на жидких углеводородных горючих (УВГ), включая керосины [1, 2, 3].

Изучены теплофизические свойства (ТФС) керосинов разных марок. Рассмотрено явление образования углеродсодержащих осадков в разных тепловых двигателях, включая ВРД. Проведен патентный поиск [4-6]. Выявлено, что в большинстве случаев в форсунках ВРД не применяются способы борьбы с осадкообразованием.

В данном научном исследовании разработана новая струйная мультитопливная форсунка (МТФ) (рис. 1).

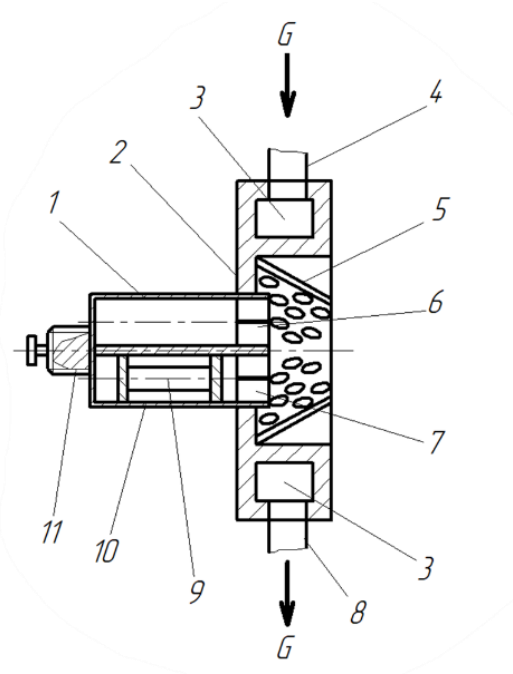


Рис. 1. Схема разработанной МТФ

На рис. 1 в схеме МТФ: 1 – первый топливный канал, 2 – корпус МТФ, 3 – рубашка охлаждения, 4 – подводящий патрубок, 5 – отражатель, 6 – первый распылитель, 7 – второй распылитель, 8 – патрубок вывода топлива, 9 – сетчатый топливный фильтр, 10 – второй топливный канал, 11 – место крепления гайки. Предполагается, что в первом канале и в рубашке охлаждения движется керосин ТС-1, а во втором, где установлен форсуночный фильтр – Т-6.

Такая схема была выбрана по причине меньшего перепада давления на фильтре (рис. 2) и большего ресурса топливного фильтра при работе на керосине Т-6, чем на ТС-1 [7].

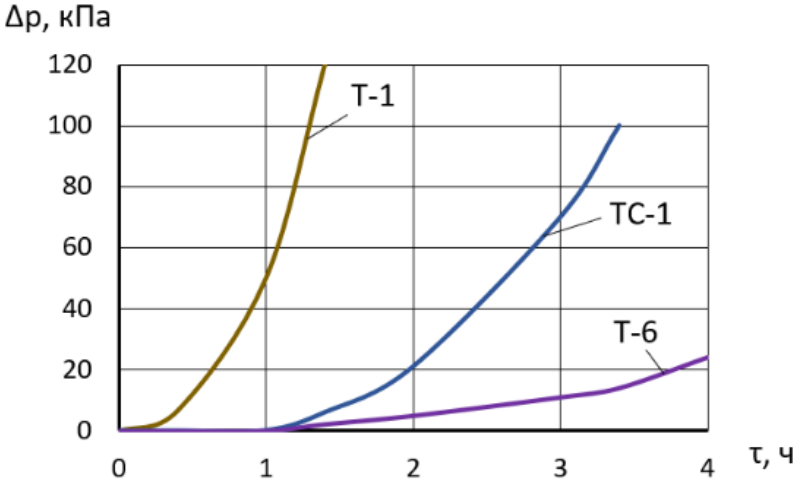


Рис. 2. Перепад давления Δp на фильтре саржевого плетения (d = 16 мкм) в зависимости от длительности прокачки τ на установке типа ДТС-1 топлив Т-1, ТС-1 и Т-6 при температуре 165 ℃

В ходе расчета осадкообразования была применена формула [2]:

$$\sum_{i=1}^{n} \delta_{\text{ос}_i} = \sum_{i=1}^{n} K_{\text{ос}i}\left(ln\rho_{\text{ос}_{max}} - ln\rho_{\text{ос}_{i-1}}\right)\tau_i\, T_{wi}, \qquad (1)$$

где $\delta_{\text{ос}_i}$ - толщина i-го слоя осадка, м; $К_{\text{ос}_i}$ – эмпирический коэффициент, характеризующий условия i-го режима, м/(с·К); $\rho_{\text{ос}_{max}}$ -

максимальное значение удельного электрического сопротивления конечного слоя осадка, Ом·м; $\rho_{\text{ос}_{i-1}}$ – значение удельного электрического сопротивления предыдущего слоя осадка, Ом·м; τ_i – время наработки i-го режима, с; T_{w_i} - температура стенки при i-м режиме, К.

Расчет слоя осадков проведен на базе найденных средних температур внутренних поверхностей каналов МТФ в зависимости от массового расхода керосина G [кг/с], применяя ТФС ТС-1 и Т-6. Также проведены расчеты для однотопливной форсунки (ОТФ) при том же значении плотности теплового потока $q = 10^6$ Вт/м^2 (в случае с ОТФ ресурс получился небольшой, т.к. весь тепловой поток был направлен на топливный канал форсунки, незащищенный отражателем).

На основе расчета осадкообразования теоретически найден ресурс ОТФ и каждого канала МТФ (рис. 3).



Рис. 3. График ресурса ОТФ и каналов МТФ в виде рубашки охлаждения, первого и второго канала

Из рис. 3 видно, что рубашка охлаждения, которая непосредственно выходит в камеру сгорания вместе со смесительной втулкой форсунки, может проработать не более 572,2 ч, т.е., после

этого эффективного охлаждения корпуса МТФ уже не будет. Полученные данные и разработанный алгоритм расчета ресурса ОТФ и МТФ могут быть весьма полезными при проектировании новых форсунок ВРД, а также других тепловых двигателей и энергоустановок как наземного, так и аэрокосмического применения. Намечены пути дальнейших исследований.

Литература

1. Алтунин, К.В. Проблемы осадкообразования в энергоустановках на жидких углеводородных горючих и охладителях / К.В. Алтунин, Ю.Ф. Гортышов, Ф.М. Галимов и др. // Энергетика Татарстана. 2010. № 2. 102 с.
2. Алтунин К.В. Разработка научных основ создания эффективных систем подвода для жидких и газообразных горючих и теплоносителей в тепловых двигателях и энергоустановках: диссертация ... докт. техн. наук : 1.3.14; 2.5.15. – Казань, 2024. 707 с. Текст: непосредственный.
3. Яновский Л.С., Иванов В.Ф., Галимов Ф.М., Сапгир Г.Б. Коксоотложения в авиационных и ракетных двигателях. Казань: АБАК, 1999. 284 с.
4. Алтунин, К.В. Форсунка / К.В. Алтунин // Патент на изобретение РФ №2447362. МПК F23D 11/00. Бюлл. № 10 от 10.04.2012 г.
5. Патент US11280268B2 США, МПК F23R 3/28. Охлаждаемая система топливной форсунки газотурбинного двигателя / Jinquan Xu, заявитель Raytheon Technologies Corporation; заявл. 23.07.2019; опубл. 22.03.2022.
6. Wang, Ruihao. Multi-fuel injection nozzle for micro gas turbine / Ruihao Wang, Limin Zhang, Yuxuan He, Yueliang Zhang, Song Wang, Zhongyi Wang, Yanhua Wang. Patent on invention CN110822481. F23R3/36. 21.02.2020.
7. Дубовкин Н.Ф., Маланичева В.Г., Массур Ю.П., Федоров Е.П. Физико-химические и эксплуатационные свойства реактивных топлив: Справочник. М.: Химия, 1985. 240 с.

УДК 629.7.062.3
eLIBRARY.RU: 55.47.05

Великанова Н.П.
Velikanova N.P.
доктор технических наук, профессор
Великанов П.Г.
Velikanov P.G.
кандидат физико-математических наук, доцент
Новожилов А.А.
Novozhilov A.A.
аспирант
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБИН ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ И ТУРБОВАЛЬНЫХ ГТД, А ТАКЖЕ НАЗЕМНЫХ ГТУ ДЛЯ ГПА

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF OPERATIONAL FACTORS ON THE DURABILITY OF TURBINE WORKING BLADES OF GAS GENERATORS OF TURBOJET AND TURBOSHAFT GTE, AS WELL AS GTE FOR GPU

Аннотация. Методика оценки долговечности основана на анализе напряженно-деформированного состояния рабочих лопаток турбин высокого давления и его изменении в процессе длительной эксплуатации в соответствии с особенностями работы турбореактивных и турбовальных газотурбинных двигателей, а также наземных газотурбинных установок для газоперекачивающих агрегатов. В статье исследуются статистические данные о механических характеристиках и долговечности материала рабочих лопаток турбин — жаропрочного сплава на никелевой основе. Учитывается изменение характеристик материала в процессе длительной эксплуатации. Прогнозирование долговечности рабочих лопаток турбин высокого давления осуществляется на основе изменения статистических запасов прочности и долговечности в процессе эксплуатации. Объектами исследования являются рабочие лопатки первых ступеней турбин высокого давления газогенераторов

турбореактивных и турбовальных ГТД, а также наземных ГТУ для ГПА.

Ключевые слова: турбина, рабочая лопатка, ресурс, долговечность, прочностная надежность, статистические данные, вероятностный критерий разрушения, критерий Биргера.

Abstract. The durability assessment method is based on the analysis of the stress-strain state of the high-pressure turbine blades and its changes during long-term operation, taking into account the specific features of turbojet and turboshaft gas turbine engines, as well as ground-based gas turbine units for gas pumping units. The article examines statistical data on the mechanical characteristics and durability of the turbine blade material, which is a nickel-based heat-resistant alloy. The article also considers the changes in the material's characteristics during long-term operation. The durability of high-pressure turbine blades is predicted based on changes in statistical strength and durability during operation. The objects of research are the first-stage high-pressure turbine blades of turbojet and turboshaft gas generators, as well as ground-based gas turbines for gas-powered compressors.

Keywords: turbine, working blade, resource, durability, strength reliability, statistical data, probabilistic criterion of destruction, Birger criterion.

Известно, что существующие и перспективные аэрокосмические системы могут состоять [1-10]: - из индивидуального аэрокосмического летательного аппарата (воздушно-космического самолёта (ВКС)); - из ракеты-носителя и закреплённого на ней ВКС (по примеру системы «Энергия - Буран»); - из самолёта-авиаматки с ВКС, где после набора самолётом высоты ВКС может стартовать: с его спины, из фузеляжа, из-под фузеляжа (такие варианты запуска называют «воздушными стартами»); - из экраноплана (ЭП) с ВКС на его спине, где при разгоне ЭП ВКС производит воздушный старт с дальнейшим выходом на космическую орбиту, а возвращается на Землю по-самолётному на морскую поверхность или на спину движущегося ЭП.

Надёжность, ресурс и долговечность аэрокосмических систем зависит, в первую очередь, от надёжности, ресурса и долговечности двигателей летательных аппартов (ЛА) воздушного, аэрокосмичяеского и космического базирования одно - и многоразового использхования.

Рабочие лопатки (РЛ) турбин газотурбинных двигателей (ГТД), как турбореактивных и турбовальных, так и наземных, являются

важнейшими деталями, от которых в значительной степени зависит получение высоких эксплуатационных параметров и долговечности двигателей. Разрушение РЛ турбины, как в полете, так и на газоперекачивающих станциях, обычно приводит к значительным повреждениям внутри силовой установки. Поэтому проблема точного прогнозирования долговечности РЛ, минимизации вероятности разрушения, всегда была и остается актуальной на всех этапах проектирования, доводки и эксплуатации двигателя.

В процессе длительной эксплуатации в результате деградационных изменений (эрозия и коррозия лопаток, выработка уплотнений и др.) изменяются основные параметры работы двигателя, в частности, частота вращения ротора и температура газа в турбине, которые определяют напряженно-деформированное состояние (НДС) деталей ротора турбины.

Конструкционные материалы, используемые в машиностроении, в том числе для изготовления деталей как авиационных, так и наземных ГТД, обладают различными механическими свойствами и характеристиками долговечности, как в исходном состоянии, так и после длительной эксплуатации. Исходные характеристики рассеяния механических свойств и долговечности материалов деталей турбины под влиянием деформации и температурного старения, происходящих в процессе эксплуатации двигателя, имеют тенденцию к изменению, что необходимо учитывать для успешного решения задачи прогнозирования долговечности. Эти аргументы определяют необходимость применения методов теории вероятностей и математической статистики для оценки и прогнозирования долговечности критически важных деталей, таких как РЛ.

Материал и методы

Объектом исследования является РЛ серийных двухвальных турбореактивных и турбовальных ГТД, а также наземных ГТУ для ГПА. Материал РЛ - широко распространенный жаропрочный сплав на никелевой основе. Расчет статической прочности РЛ проводился с использованием теории стержней переменного поперечного сечения с начальной закруткой и с использованием метода конечных элементов (МКЭ) в трехмерной постановке. Соответствие результатов расчетного исследования НДС РЛ их реальной нагрузке было подтверждено данными металлургического исследования РЛ после длительной эксплуатации. Для характеристики длительной статической нагрузки РЛ рассматриваемого двигателя был использован двумерный вероятностный критерий разрушения, предложенный И.А. Биргером.

Результаты

Предлагаемый подход прогнозирования долговечности основных деталей двигателей, основан на анализе статистической информации об изменениях характеристик нагрузки и сопротивления материала деталей газовых турбин длительному статическому нагружению в процессе длительной эксплуатации. Подход также применим для оценки индивидуального ресурса при эксплуатации двигателя в зависимости от технического состояния. Рассмотренный в работе подход позволяет прогнозировать долговечность при проектировании, доводке и любом уровне эксплуатационной наработки.

В результате проведенных исследований была определена долговечность РЛ турбореактивных и турбовальных ГТД, а также наземных ГТУ для ГПА. Эти расчетные значения долговечности основных деталей турбины в дальнейшем могут быть использованы для продления срока их службы. Разработанный подход для прогнозирования долговечности может быть успешно реализован для любых других критически важных деталей, изготовленных из альтернативных материалов, различных авиационных, наземных и т.д. двигателей, что может значительно расширить применимость и значимость результатов исследований.

Литература

1. Протасова Н.А., Великанова Н.П., Великанов П.Г., Ахмадеев А.А. Эксплуатационные закономерности расходования прочностных характеристик материала турбинных лопаток двигателей ГПА // Журнал «Авиационные двигатели». 2019, № 2 (3). С. 39-48.

2. Протасова Н.А., Великанова Н.П., Великанов П.Г., Ахмадеев А.А. Влияние эксплуатационной наработки на свойства и микроструктуру рабочих лопаток турбины двигателей ГПА // Журнал «Насосы.Турбины.Системы». 2019, № 1(30). С.18-24.

3. Великанова Н.П., Великанов П.Г. Проверка утверждения академика Новожилова Г.В. о влиянии погрешности в определении напряжений на величину погрешности в определении ресурса на примере основных деталей двигателя // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2022. Т. 19, № 4. С. 48–56.

4. Протасова Н.А., Великанова Н.П., Великанов П.Г., Ахмадеев А.А., Салих И.Ш.С. Исследование стабильности производства дисков турбин ГПА по механическим свойствам // Журнал «Авиационная техника». 2019, № 2, С. 138-143.

5. Протасова Н.А., Великанова Н.П., Великанов П.Г., Ахмадеев А.А., Салих И.Ш.С. Закономерности снижения значений прочностных характеристик материала дисков турбины двигателей газоперекачивающих агрегатов после различных сроков эксплуатации // Журнал «Авиационная техника». 2020, № 2, С. 38-44.
6. Velikanova N., Velikanov P., Protasova N., Basinov M., Aliev R. Forecasting the Durability of the Free Turbine Disk of a Ground-Based Gas Turbine Engines for Gas Pumping Aggregate on a Probabilistic Approach. HSTD 2023. P. 1-6.
7. Великанова Н.П., Великанов П.Г., Новожилов А.А.. Оценка долговечности дисков турбин авиационных ГТД семейства НК-8 на основе вероятностно-статистического подхода // Журнал «Насосы.Турбины.Системы». 2024. № 2 (51). С. 72-82
8. Великанова Н.П., Протасова Н.А., Великанов П.Г. Применение вероятностного подхода для прогнозирования долговечности рабочих лопаток турбины газогенератора наземной ГТУ для газоперекачивающего агрегата // Вестник УГАТУ, 2022. Т. 26. № 1 (95). С.40-47.
9. Великанова Н.П., Великанов П.Г. Изменение жаропрочности материала рабочих лопаток турбины с учетом влияния эксплуатационной наработки // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2023. Т. 20, № 2. С. 42–48.
10. Великанова Н.П., Великанов П.Г., Протасова Н.А., Алиев Р.Н.О. Прогнозирование долговечности деталей турбин газогенераторов наземных ГТУ для ГПА семейства НК на основе вероятностного подхода // Журнал «Авиационные двигатели». 2023, №3 (20). С. 3-10.

УДК 629.7.062.3
eLIBRARY.RU: 55.47.05

Великанова Н.П.
Velikanova N.P.
доктор технических наук, профессор
Великанов П.Г.
Velikanov P.G.
кандидат физико-математических наук, доцент
Новожилов А.А.
Novozhilov A.A.
аспирант
ФГБОУ ВО «Казанский национальный

исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ И УРОВНЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДИСКОВ ТУРБИН ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ И ТУРБОВАЛЬНЫХ ГТД, А ТАКЖЕ КОНВЕРТИРУЕМЫХ НАЗЕМНЫХ ГТУ ДЛЯ ГПА

EVALUATION OF THE IMPACT OF OPERATIONAL FACTORS AND THE LEVEL OF MODEL DETAILING ON THE DURABILITY OF DISKS OF GAS TURBINE GENERATORS OF TURBOJET AND TURBOSHAFT GTE, AS WELL AS OF CONVERTIBLE GTE FOR GPU

Аннотация. Подход основан на анализе напряженно-деформированного состояния (с разным уровнем детализации модели) диска турбины широко используемых турбореактивных и турбовальных ГТД, а также конвертируемых наземных газотурбинных установок (ГТУ) для газоперекачивающих агрегатов (ГПА) и изменении НДС диска в процессе длительной эксплуатации в соответствии с особенностями работы ТРД, ТВаД и ГТУ для ГПА. В работе рассматриваются статистические данные о механических характеристиках и долговечности материала диска — жаропрочного сплава на никелевой основе. Учитывается изменение характеристик материала в процессе длительной эксплуатации ТРД, ТВаД и ГТУ для ГПА. Долговечность диска турбины прогнозируется на основе изменения статистического запаса прочности в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: турбина, диск, ресурс, долговечность, прочностная надежность, статистические данные, вероятностный критерий разрушения, критерий Биргера.

Abstract. The approach is based on the analysis of the stress-strain state (with different levels of model detail) of the turbine disc of widely used turbojet and turboshaft gas-turbine engines, as well as converted ground-based gas-turbine engines (GTEs) for gas-pumping units (GPUs), and the changes in the stress-strain state of the disc during long-term operation, taking into account the specific features of turbojet, turboshaft, and GTU engines for GPUs. The paper examines statistical data on the mechanical characteristics and durability of the disc material, which is a nickel-based heat-resistant alloy. The change in material characteristics during long-term

operation of turbojet and turboshaft GTE and GTE for GPU is taken into account. The durability of the turbine disc is predicted based on the change in statistical safety factor during operation.

Keywords: turbine, disk, resource, durability, strength reliability, statistical data, probabilistic criterion of destruction, Birger criterion.

В авиационных и аэрокосмических двигателях одно - и многоразового использования важную роль, как и другие детали, играют и диски турбин [1-10]. Диски турбин широко используемых турбореактивных и турбовальных ГТД, а также конвертируемых наземных газотурбинных установок (ГТУ) для газоперекачивающих агрегатов (ГПА), являются важнейшими деталями, от которых зависит получение высоких эксплуатационных параметров и долговечности двигателей. Разрушение диска турбины, как в полете, так и на станциях, обычно приводит к значительным повреждениям внутри силовой установки. Поэтому проблема точного прогнозирования долговечности диска, минимизации вероятности его разрушения, всегда была и остается актуальной на всех этапах проектирования, доводки и эксплуатации двигателя.

Деградационные изменения (коррозия и эрозия, изменение размеров и загрязнение проточной части и др.), происходящие в двигателях в процессе длительной эксплуатации, приводят к изменению параметров их работы (например, температуры газа в турбине и частоты вращения роторов), которые значительно влияют на напряженно-деформированное состояние (НДС) отдельных деталей и всего двигателя в целом. В работе анализируется изменение НДС дисков турбин вышеприведенных двигателей с разным уровнем детализации модели диска.

Исходные механические свойства и долговечность материалов дисков турбин в связи с производственными факторами характеризуются определенным рассеянием. Они изменяются в процессе длительной эксплуатации вследствие температурного и деформационного старения, что требует при прогнозировании долговечности ответственных деталей ГТД использовать методы теории вероятности и математической статистики, а также вероятностные критерии разрушения.

Материал и методы

Объектом исследования являются диски турбореактивных и турбовальных ГТД, а также конвертируемых наземных ГТУ для ГПА. Материал диска - жаропрочный сплав на никелевой основе. Расчет

статической прочности диска проводился с использованием метода интегральных уравнений и с использованием метода конечных элементов (МКЭ) в двух- и трехмерной постановках с различным уровнем детализации модели диска. Соответствие результатов расчетного исследования НДС диска их реальной нагруженности было подтверждено данными металлургического исследования диска после длительной эксплуатации. Для характеристики длительной статической прочности диска был использован двумерный вероятностный критерий разрушения, предложенный И.А.Биргером.

Результаты

Предлагаемый подход прогнозирования долговечности основных деталей двигателей, основан на анализе статистической информации об изменениях характеристик нагрузки и сопротивления материала деталей газовых турбин длительному статическому нагружению в процессе длительной эксплуатации. Подход также применим для оценки индивидуального ресурса при эксплуатации двигателя по техническому состоянию. Рассмотренный в работе подход позволяет прогнозировать долговечность при проектировании, доводке и любом уровне эксплуатационной наработки.

В результате проведенных исследований была определена долговечность дисков (с разным уровнем детализации модели диска) рассматриваемых турбореактивных и турбовальных ГТД, а также конвертируемых наземных ГТУ для ГПА. Эти расчетные значения долговечности основных деталей турбины в дальнейшем могут быть использованы для продления срока их службы. Разработанный подход для прогнозирования долговечности может быть успешно реализован для любых других критически важных деталей, изготовленных из альтернативных материалов, различных авиационных, наземных и т.д. двигателей, что может значительно расширить применимость и значимость результатов исследований.

Литература

1. Протасова Н.А., Великанова Н.П., Великанов П.Г., Ахмадеев А.А., Салих И.Ш.С. Исследование стабильности производства дисков турбин ГПА по механическим свойствам // Журнал “Авиационная техника”. 2019, № 2, С. 138-143.

2. Протасова Н.А., Великанова Н.П., Великанов П.Г., Ахмадеев А.А., Салих И.Ш.С. Закономерности снижения значений прочностных характеристик материала дисков турбины двигателей газоперекачивающих агрегатов после различных сроков эксплуатации // Журнал “Авиационная техника”. 2020, № 2, С. 38-44.

3. Протасова Н.А., Великанова Н.П., Великанов П.Г., Ахмадеев А.А. Эксплуатационные закономерности расходования прочностных характеристик материала турбинных лопаток двигателей ГПА // Журнал “Авиационные двигатели”. 2019, № 2 (3). С. 39-48.
4. Протасова Н.А., Великанова Н.П., Великанов П.Г., Ахмадеев А.А. Влияние эксплуатационной наработки на свойства и микроструктуру рабочих лопаток турбины двигателей ГПА // Журнал «Насосы.Турбины.Системы». 2019, № 1(30). С.18-24.
5. Великанова Н.П., Великанов П.Г. Проверка утверждения академика Новожилова Г.В. о влиянии погрешности в определении напряжений на величину погрешности в определении ресурса на примере основных деталей двигателя // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2022. Т. 19, № 4. С. 48–56.
6. Великанова Н.П., Протасова Н.А., Великанов П.Г. Применение вероятностного подхода для прогнозирования долговечности рабочих лопаток турбины газогенератора наземной ГТУ для газоперекачивающего агрегата // Вестник УГАТУ, 2022. Т. 26. № 1 (95). С.40-47.
7. Великанова Н.П., Великанов П.Г. Изменение жаропрочности материала рабочих лопаток турбины с учетом влияния эксплуатационной наработки // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2023. Т. 20, № 2. С. 42–48.
8. Великанова Н.П., Великанов П.Г., Протасова Н.А., Алиев Р.Н.О. Прогнозирование долговечности деталей турбин газогенераторов наземных ГТУ для ГПА семейства НК на основе вероятностного подхода // Журнал “Авиационные двигатели”. 2023, № 3 (20). С. 3-10.
9. Velikanova N., Velikanov P., Protasova N., Basinov M., Aliev R. Forecasting the Durability of the Free Turbine Disk of a Ground-Based Gas Turbine Engines for Gas Pumping Aggregate on a Probabilistic Approach. HSTD 2023. P. 1-6.
10. Великанова Н.П., Великанов П.Г., Новожилов А.А.. Оценка долговечности дисков турбин авиационных ГТД семейства НК-8 на основе вероятностно-статистического подхода // Журнал «Насосы.Турбины.Системы». 2024. № 2 (51). С. 72-82.

УДК 621.515:629.7
eLIBRARY.RU: 55.47.81

Дяминова А.А.
Dyaminova A.A.
аспирант
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань
Футин В.А.
Futin V.A.
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ «Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПРИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТУПЕНИ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ КОНДЕНСАТА

DESIGN FEATURES OF THE ORGANIZATION PRESSURE MEASUREMENTS DURING BENCH TESTS OF CENTRIFUGAL COMPRESSOR STAGE IN CONDENSATE CONDITIONS

Аннотация. Проведено первичное цифровое моделирование течения воздуха в трубопроводе стендового оборудования с различными размерами отверстий для измерения статического давления в условиях наличия и отсутствия конденсата. Так, для центробежной ступени компрессора на стенде необходимо определить соответствие проектным параметрам. Для этого необходимо рационально организовать измерительные участки на входном и выходном канале. Показано, что при диаметре отверстия кратно превышающим рекомендованные значения наблюдается заброс динамического давления, что может снизить точность измерения.

Ключевые слова: центробежный компрессор, стендовые испытания, измерение давления, конденсат, статический отбор, динамическое давление.

Abstract. Simulation of air flow in a main pipeline of ground test equipment with sampling tubes for static pressure measurement has been performed. Cases with sampling hole diameters at an inlet pressure and temperature are considered. Analysis was carried out for dry air and an air-

condensate mixture. It is shown that a enlarged hole diameter leads to a dynamic pressure spike at the tube inlet,that might be reducing factor for static measurement accuracy.

Keywords: centrifugal compressor, ground test stand, pressure measurement, condensate, static pressure tap, dynamic pressure.

Стационарная компрессорная техника широко применяется в обеспечении наземной части космических систем стартовых и технологических комплексов. При подаче воздуха или иных газов с условием колебания температур или наличии иных факторов возможно появление конденсата. Для контроля рабочих параметров - прежде всего статического давления - в стенках трубопроводов предусмотрены отверстия, ведущие к импульсным трубкам. Поэтому при испытании центробежной ступени компрессора на стенде необходимо определить соответствие проектным параметрам. Для этого необходимо организовать измерительные участки на входном и выходном канале. В частности, измеряемыми величинами являются температура и давление на входе и выходе центробежного компрессора [1-3]. Размер отверстия для измерения статического давления определяется согласно рекомендациям [1]:

$$\frac{h_c}{d_c} \geq 2 \div 3 \qquad (1)$$

где $d_c -$ диаметр отверстия, $h_c -$глубина отверстия.

Получив значения по формуле выше, необходимо определить диаметр и провести проверку. При неверно выбранном размере в сторону большего значения диаметра возможно некорректное снятие статического давления при проведении испытаний. Это может привести к неверной оценке и, как следствие, меньшему соответствию фактических данных проектным. Решение задачи оценки геометрии возможно с применением расчетных инструментов *ANSYS* [4].

Материалы и методы

Объектом исследования служит фрагмент вертикального трубопровода длиной, достаточной для формирования развитого течения, в стенках которого расположены четыре канала отбора статического давления. Расчётная область соответствует внутреннему объёму трубопровода и построена в трёхмерной постановке. Граничные условия: на входе — давление 8 атм., температура 100 °C. Стенки установлены с допущением отстуствия трения,

теплоизолированные. Для основной трубы с толщиной стенки 6 мм выбраны размеры отверстий исходя из вышеизложенных рекомендаций и, для сравнения, размеры кратно превышающие эти рекомендации. Соответственно получаются четыре расчётных случая:

1. d = 3 мм, сухой воздух;
2. d = 15 мм, сухой воздух;
3. d = 3 мм, воздух + конденсат;
4. d = 15 мм, воздух + конденсат.

Плотность воздуха задана через условие изменяемости согласно параметрам течения.

Результаты и обсуждение

На рисунках 1–4 представлены поля динамического давления для режима с наличием и без конденсата, иллюстрирующего характерные эффекты.

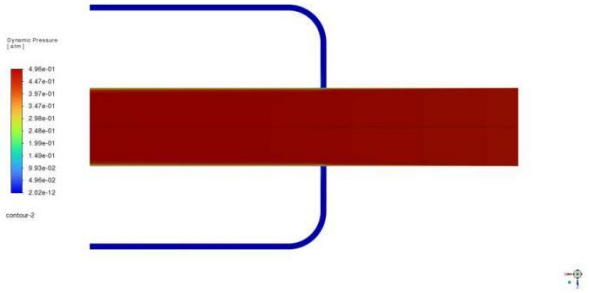


Рис. 1. Динамическое давление (Dynamic Pressure [atm]): отверстия 15 мм, без конденсата

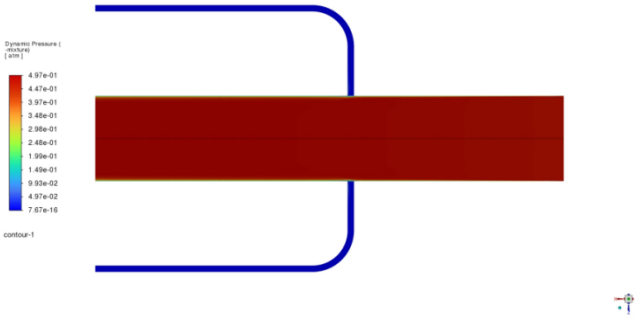


Рис. 2. Динамическое давление (Dynamic Pressure mixture [atm]): режим 15 мм, с конденсатом

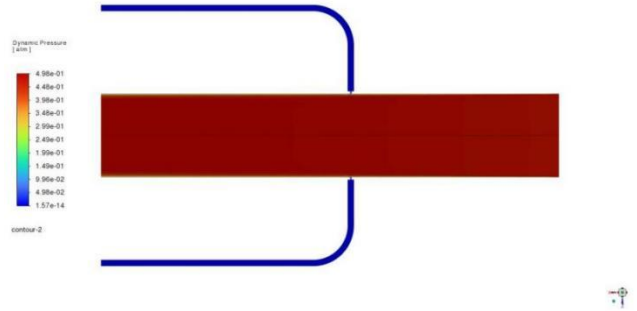


Рис. 3. Динамическое давление (Dynamic Pressure [atm]): отверстия 3 мм, без конденсата

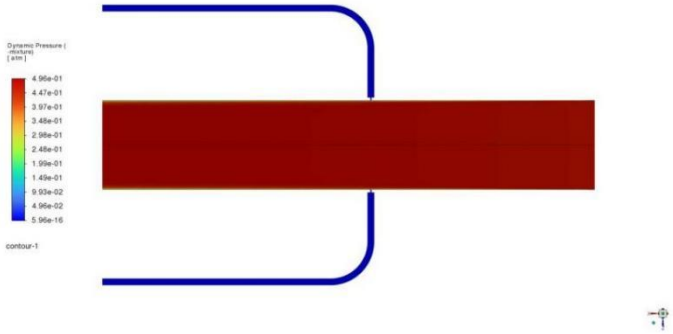


Рис. 4. Динамическое давление (Dynamic Pressure mixture [atm]): режим 3 мм, с конденсатом

Во всех расчётных случаях статическая температура практически однородна по всей длине основного трубопровода и внутри импульсных труб. Небольшие отклонения (не более (1 – 2) °C) наблюдаются только вблизи отверстий из-за слабых вторичных течений. Вдоль оси для импульсных трубок отбора статическое давление практически не изменяется и равно давлению в основной трубе в месте расположения отверстия

Ключевое отличие вариантов по диаметру отверстия связано с проникновением динамического давления в объём трубки. При d = 15 мм у входного отверстия наблюдается «заброс», обусловленный затеканием струи в широкий канал, при d = 3 мм этот эффект минимизируется. При одинаковом профиле скорости введение конденсата увеличивает среднюю плотность смеси, что приводит к пропорциональному росту динамического давления в ядре потока. Внутри трубок отбора скорости близки к нулю. Показатели температуры при этом остаются практически неизменными.

На прямом участке трубопровода y^+ составляет 150 - 300. В районе отверстий отбора y^+ снижается до 40 - 80, что остаётся допустимым.

Заключение

По результатам исследования установлено, что для отбора статического давления в трубопроводах наземных стендов при отсутствии технологических ограничений наиболее целесообразно применять отверстия диаметром, удовлетворяющим рекомендациям [1]. Наличие конденсата при проведении первичного моделирования

при установленных допущениях предварительного расчета показало некотрую степень влияния на показания статических параметров, при этом в большей степени требует учёта при расчёте динамической нагрузки на элементы трубопровода. Полученные результаты применимы при предварительном выборе геометрии систем контроля давления в наземной инфраструктуре испытательных комплексов отработки изделий ракетно-космической техники.

Литература

1. Галеркин Ю.Б. Методы исследования центробежных компрессорных машин/ Ю.Б. Галеркин, Ф.С. Рекстин.-Москва : Машиностроение, 1969. 304 с
2. ISO 5389:2005 Турбокомпрессоры. Правила проведения испытания для определения рабочих характеристик: международный стандарт / Международная организация по стандартизации (ISO). — 2-е изд. — Женева : ISO, 2005. 148 с.
3. ГОСТ 20073-81 Компрессоры воздушные стационарные. Правила и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2015. 36 с.
4. Шаблий, Л. С., Кривцов, А. В., Колмакова, Д. А. Компьютерное моделирование типовых гидравлических и газодинамических процессов двигателей и энергетических установок в ANSYS Fluent: учебное пособие / Л. С. Шаблий, А. В. Кривцов, Д. А. Колмакова. – Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2017. 108 с.: ил. ISBN 978-5-7883-1157-9

УДК 629.7.05
eLIBRARY.RU: 89.25.21

Кузнецов А.А.
Kuznetsov A.A.
доктор технических наук, профессор
директор НОЦ «Космические системы и сервисы» КНИТУ-КАИ
г. Казань
Валиуллин Ш.Р.
Valiullin Sh.R.
аспирант, руководитель СКТБ «Малые космические аппараты»
КНИТУ-КАИ, г. Казань
Жумаев Ф.Ш.
Zhumaev F.Sh.
магистр, инженер НОЦ «Космические системы и сервисы»
КНИТУ-КАИ, г. Казань

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОННЫХ СИСТЕМ В СОСТАВЕ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

PRACTICAL RESULTS OF USING PHOTON SYSTEMS AS PART OF ON-BOARD EQUIPMENT OF CUBESAT

Аннотация. В работе представлены результаты практического исследования волоконно-оптической информационно-измерительной системы на основе волоконных брэгговских решеток в качестве полезной нагрузки малого космического аппарат КАИ-1. Описаны перспективы использования данных технологий в составе полезных нагрузок реализуемых малых космических аппартов серии КАИ как демонстраторов технологии перспективных бортовых систем.

Ключевые слова: фотоника, волоконно-оптические датчики, волоконные брэгговские решетки, радиофотоника, кубсат.

Abstract. This paper presents the results of a practical study of a fiber-optic information and measurement system based on fiber Bragg gratings as a payload for the KAI-1 small spacecraft. The paper describes the potential for using these technologies as payloads for the KAI-1 series of small spacecraft as technology demonstrators for advanced onboard systems.

Keywords: photonics, fiber-optic sensors, fiber Bragg gratings, radiophotonics, CubeSat.

Актуальность внедрения волоконно-оптических измерительных систем в состав бортовой аппаратуры космических аппаратов обусловлена совокупностью физических и эксплуатационных преимуществ чувствительных элементов на основе волоконных брэгговских решеток (ВБР). К числу ключевых достоинств относятся высокая устойчивость к электромагнитным помехам, радиационная стойкость кварцевого волокна, возможность миниатюризации и мультиплексирования датчиков, а также пожаро- и взрывобезопасность. Данные свойства определяют конкурентоспособность оптических сенсоров по сравнению с традиционными электронными аналогами в задачах структурного мониторинга, контроля термических режимов и диагностики критических узлов космических платформ, что подтверждается рядом реализованных проектов Европейского космического агентства и Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства NASA [1, 2]. В условиях стремительного

развития малоразмерных спутниковых платформ формата CubeSat возникает научно-техническая задача создания компактных, энергоэффективных и бюджетных устройств опроса ВБР, способных функционировать при жестких массогабаритных и энергетических ограничениях.

В рамках настоящей работы представлены результаты разработки, наземной отработки и орбитальной эксплуатации волоконно-оптической системы измерения температуры, интегрированной в состав полезной нагрузки наноспутника KAI-1. Система размещена в модуле образовательного космического эксперимента ESE-3 (формат 1U, габариты 10×10×10 см). Принципиальной особенностью измерительного тракта является применение косвенного метода регистрации брэгговского сдвига, при котором спектральное смещение полосы отражения ВБР преобразуется в изменение амплитуды фототока приемного модуля. В качестве источника зондирующего излучения использован распределенный лазер с обратной связью (DFB) российского производства с длиной волны 1,55 мкм и выходной мощностью 3 мВт. Для обеспечения метрологической стабильности опросного устройства применены встроенные цепи термостабилизации на основе элемента Пелье и фотодетектор мониторинга выходной мощности. Оцифровка сигналов осуществляется посредством встроенного аналого-цифрового преобразователя микроконтроллера, после чего телеметрические данные передаются на наземный пункт для математической обработки с использованием калибровочных полиномов. Калибровочные испытания системы проводились в температурном диапазоне от −12 до +40 °C с использованием эталонных термопар. Конструктивное исполнение модуля предусматривало применение полиимидной ленты и эпоксидной компаундации для фиксации оптических волокон и массивных компонентов в соответствии с требованиями вибропрочности и термостабильности космического оборудования.

Запуск спутника KAI-1 осуществлен 9 августа 2022 года с космодрома Байконур в составе группы из пятнадцати аппаратов формата 3U. После выхода на рабочую орбиту высотой 450–500 км и проведения штатных процедур зарядки бортовых аккумуляторных батарей система ESE-3 была активирована. Анализ полученной телеметрии подтвердил полную работоспособность полезной нагрузки в условиях космического полета. Минимальная методическая погрешность измерений волоконно-оптических датчиков относительно контактных термопар составила 1–2 °C. Выявленные в отдельных сеансах связи отклонения, достигающие 10 °C, интерпретируются как

следствие инерционности системы термостабилизации лазерного модуля и ограниченных возможностей кондуктивного теплоотвода в условиях вакуума при одновременной работе других бортовых потребителей энергии. Тем не менее, полученные результаты демонстрируют принципиальную возможность применения компактных опросных устройств на основе ВБР в малоразмерных космических аппаратах без ущерба для надежности бортовых систем.

Разработанная волоконно-оптическая система термометрии успешно прошла этап наземной аттестации и орбитальной эксплуатации. Эксперимент подтвердил высокую надежность и метрологическую пригодность косвенного метода опроса брэгговских решеток для задач контроля температурных полей в условиях ограниченных ресурсов наноспутниковых платформ. Перспективным направлением дальнейшего развития представляется интеграция адресуемых волоконно-оптических структур и микроволново-фотонных схем обработки сигналов, что позволит расширить функциональные возможности бортовых измерительных комплексов, повысить их информативность и точность без увеличения массогабаритных характеристик, открывая новые возможности для мониторинга состояния конструкций в длительных космических миссиях [3–5].

Работа выполнена в рамках реализации гранта Фонда содействия инновациям (программа «Дежурный по планете»).

Литература

1. McKenzie I., Karafolas N. Fiber Optic Sensing in Space Structures: The Experience of the European Space Agency // Proceedings of SPIE. 2005. Vol. 5855. DOI: 10.1117/12.623988.
2. Kashyap R. Fiber Bragg Gratings. 2nd ed. San Diego : Academic Press, 2009. 632 p.
3. Morozov O., Tunakova Yu. Addressed Combined Fiber-Optic Sensors as Key Element of Multisensor Greenhouse Gas Monitoring Systems // Sensors. 2022. Vol. 22, iss. 13. Art. no. 4827. DOI: 10.3390/s22134827.
4. Morozov O. G., Sakhabutdinov A. Z. Addressed fiber Bragg structures in quasidistributed microwave-photonic sensor systems // Computer Optics. 2019. Vol. 43, no. 4. P. 535–543.
5. Kuznetsov A. A., Vasil`ev I. I., Valiullin Sh. R., Lipatikov K. A. Fiber-optical system for measuring the temperature of the KAI-1 cubesat // IEEE Conference Proceedings. 2022. P. 1–5.

УДК 629.7.05
eLIBRARY.RU: 89.25.21

Кузнецов А.А.
Kuznetsov A.A.
доктор технических наук, профессор
директор НОЦ «Космические системы и сервисы» КНИТУ-КАИ
г. Казань
Валиуллин Ш.Р.
Valiullin Sh.R.
аспирант, руководитель СКТБ «Малые космические аппараты»
КНИТУ-КАИ, г. Казань
Жумаев Ф.Ш.
Zhumaev F.Sh.
магистр, инженер НОЦ «Космические системы и сервисы»
КНИТУ-КАИ, г. Казань

МИССИИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ КАИ-3 И КАИ-4

MISSIONS OF CUBESATS` KAI-3 AND KAI-4

Аннотация. В работе представлено описание миссий малых космических аппаратов КАИ-3 и КАИ-4. Представлено как техническое описание миссии, так и механизм реализации проекта, включая взаимодействие с партнёрами.

Ключевые слова: кубсат, сверхширокополосная связь, радиофотоника.

Abstract. This paper describes the missions of the KAI-3 and KAI-4 small spacecraft. It presents both the technical description of the mission and the project implementation mechanism, including interaction with partners.

Keywords: CubeSat, ultra-wideband communications, radiophotonics.

Актуальность разработки малоразмерных космических аппаратов (МКА) формата CubeSat обусловлена необходимостью создания доступных платформ для отработки перспективных технологий, решения задач дистанционного зондирования Земли, организации каналов связи и позиционирования, а также формирования кадрового резерва космической отрасли через вовлечение обучающихся в проектно-исследовательскую деятельность. В условиях импортозамещения и развития национальной космической

инфраструктуры особое значение приобретают исследования, направленные на интеграцию фотонных информационно - измерительных систем и радиофотонных технологий в состав полезной нагрузки наноспутников, что подтверждается материалами публикаций в высокорейтинговых изданиях и опытом Европейского космического агентства [1, 3].

В рамках настоящего проекта предусмотрена реализация комплексной программы, объединяющей образовательную подготовку школьников на базе СУНЦ КНИТУ-КАИ и Лицея №35 «Галактика» с разработкой и запуском двух баллистически связанных аппаратов «КАИ-3» и «КАИ-4». Отличительной особенностью образовательного модуля является изучение не только классических принципов построения служебных систем МКА, но и перспективных направлений, связанных с применением технологий фотоники, квантовых коммуникаций и радиофотонной обработки сигналов, что соответствует приоритетам научно - технологического развития Российской Федерации.

Техническая концепция полезной нагрузки аппарата «КАИ-3» включает два ключевых решения. Первое техническое решение представляет собой прототип модуля сверхширокополосной связи С-диапазона, предназначенного для передачи телеметрической информации и реализации системы локального позиционирования. Принципиальным преимуществом данного модуля является использование корреляционной обработки сигналов, обеспечивающей высокую точность определения координат при низкой энергетике излучения, что существенно для аппаратов без активной системы ориентации и со слабонаправленной антенной. Второе техническое решение — модуль панорамной фото-видеосъёмки с автономным трансивером, обеспечивающий открытый доступ авторизованных пользователей к данным съёмки, что способствует популяризации космической деятельности и вовлечению широкой аудитории в научно-техническое творчество.

Полезная нагрузка аппарата «КАИ-4» ориентирована на отработку более сложных радиофотонных технологий. Ключевым элементом является прототип активной фазированной антенной решётки (АФАР) с диаграммообразующей схемой на основе радиофотонных технологий. Применение оптических методов формирования диаграммы направленности позволяет существенно снизить массогабаритные характеристики и повысить быстродействие системы управления лучом по сравнению с традиционными электронными решениями, что особенно актуально для задач связи и дистанционного

зондирования [2, 5]. В ходе миссии планируется отработка матричной радиофотонной схемы для малоэлементной АФАР С-диапазона и организация межспутникового канала связи с аппаратом «КАИ-3», использующим слабонаправленную антенну. Дополнительная полезная нагрузка — модуль фото-видеосъёмки с одним оптическим каналом и автономным трансивером.

Интеграция разрабатываемых технических решений в спутниковые платформы формата 3U осуществляется поставщиком платформ ООО «НИЛАКТ ДОСААФ».

Управление работой служебных систем и приём данных полезной нагрузки будет осуществляться силами поставщика платформы, а также создаваемым в КНИТУ-КАИ центром управления полётами для серии аппаратов «КАИ» и действующей приёмной станцией на базе СУНЦ. Предусмотрен механизм предоставления авторизованного доступа к части полезной нагрузки для образовательных и исследовательских целей, в том числе в рамках сотрудничества с Сибирским государственным университетом науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва.

Ожидаемые результаты проекта включают:

– отработку энергетических и точностных характеристик сверхширокополосного канала связи в условиях космического полёта;

– демонстрацию потенциала радиофотонных схем для улучшения массогабаритных показателей антенных систем МКА;

– создание методического обеспечения образовательной программы, направленной на раннюю профориентацию школьников в высокотехнологичные отрасли;

– подготовку кадрового резерва для предприятий ракетно-космической промышленности.

Научная новизна работы заключается в адаптации радиофотонных методов обработки сигналов и сверхширокополосных технологий позиционирования к ресурсным ограничениям наноспутниковых платформ формата CubeSat, что открывает перспективы для их внедрения в коммерческие миссии.

Мероприятие проводится в рамках реализации проекта по разработке, изготовлению и испытанию малых космических аппаратов «КАИ-3» и «КАИ-4» - научно-образовательного проекта Space-π Фонда содействия инновациям при поддержке Федерального проекта «Кадры для космоса» Минобрнауки России.

Литература

1. Морозов О. Г., Сахабутдинов А. Ж. Адресные волоконно-брэгговские структуры в квазираспределённых радиофотонных

сенсорных системах // Компьютерная оптика. 2019. Т. 43, № 4. С. 535–543.
2. McKenzie I., Karafolas N. Fiber Optic Sensing in Space Structures: The Experience of the European Space Agency // Proceedings of SPIE. 2005. Vol. 5855. DOI: 10.1117/12.623988.
3. ГОСТ Р 57974-2017. Системы космические. Малые космические аппараты. Общие технические требования. Москва : Стандартинформ, 2018. 24 с.
4. Agliullin T. A., Morozov O. G., Sahabutdinov A. Zh. Addressed FBG-structures for tire strain measurement // Proc. SPIE. 2019. Vol. 11146. P. 111461E. DOI: 10.1117/12.2522345.
5. Kashyap R. Fiber Bragg Gratings. 2nd ed. San Diego : Academic Press, 2009. 632 p.

УДК 621.45.00.11.030
eLIBRARY.RU: 89.25.00+55.42.49+55.42.47

Алтунин В.А.
Altunin V.A.
доктор технических наук, профессор, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Юсупов А.А.
Yusupov A.A.
соискатель учёной степени кандидата технических наук КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Щиголев А.А.
Shchigolev A.A.
соискатель учёной степени доктора технических наук КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Кореев Е.П.
Koreev E.P.
аспирант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Иванов А.А.
Ivanov A.A.
студент, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Черкесас Э.Д.
Cherkesas E.D.
студент, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Яновская М.Л.
Yanovskaya M.L.
кандидат технических наук, мл. научный сотрудник ЦИАМ им. П.И. Баранова, г. Москва

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПО БОРЬБЕ С ОСАДКООБРАЗОВАНИЕМ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТОПЛИВНЫХ И МАСЛЯНЫХ ФИЛЬТРАХ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

DEVELOPMENT OF METHODS FOR DETERMINING THE CAPABILITIES OF ELECTROSTATIC FIELDS TO COMBAT SEDIMENT FORMATION ON METAL FUEL AND OIL FILTERS OF JET ENGINES OF AIR AND AEROSPACE VEHICLES

Аннотация. На основе результатов проведённых экспериментальных исследований тепловых процессов в моторных авиационных маслах и в жидких углеводородных горючих разработаны новые способы определения возможностей электростатических полей по их борьбе с осадкообразованием на масляных и топливных фильтрах реактивных двигателей летательных аппаратов различного применения и назначения. Показаны результаты исследований при естественной и вынужденной конвекции жидких углеводородных горючих и моторных авиационных масел при их различных термодинамических условиях, без применения и с применением электростатических полей. Даны рекомендации разработчикам и конструкторам новой техники по эффективному применению электростатических полей в системах смазки и топливоподачи реактивных двигателей, что позволит повысить их ресурс, надёжность, безопасность и эффективность.

Ключевые слова: системы смазки и топливоподачи реактивных двигателей летательных аппаратов, моторные авиационные масла, жидкие углеводородные горючие, сложные термодинамические условия, осадкообразование, топливные и масляные фильтры, электростатические поля, ресурс, надёжность, эффективность, безопасность, экономичность.

Abstract. Based on the results of experimental studies of thermal processes in engine aviation oils and in liquid hydrocarbon fuels, new methods have been developed to determine the capabilities of electrostatic fields to combat precipitation on oil and fuel filters of jet engines of aircraft of various applications and purposes. The results of studies under natural and forced convection of liquid hydrocarbon combustible and engine aviation oils under their various thermodynamic conditions, without the use

and using electrostatic fields are shown. Recommendations have been given to developers and designers of new equipment on the effective use of electrostatic fields in the lubrication and fuel supply systems of jet engines, which will increase their resource, reliability, safety and efficiency.

Keywords: lubrication and fuel supply systems of aircraft jet engines, engine aviation oils, liquid hydrocarbon combustible, complex thermodynamic conditions, sedimentation, fuel and oil filters, electrostatic fields, 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]. Жидкие углеводородные горючие в системах топливоподачи и охлаждения двигателей ЛА также находятся в сложных термодинамических условиях, а нагреваемые детали, например, подводящие каналы и форсунки, тоже подвержены негативному процессу осадкообразования.

Одной из проблем является быстрое засорение и закоксовывание топливных и масляных фильтров, где фильтрующими элементами служат металлические сетки с различными размерами ячеек. Экспериментально было установлено, что электростатические поля предотвращают осадкообразование на греющих деталях в системах смазки и топливоподачи, в том числе, и на металлических фильтрующих сетках. Одной из задач была задача по исследованию возможностей электростатических полей и электрического ветра по преодолению металлических фильтрующих сеток с различными размерами ячеек. Для решения этой задачи была создана экспериментальная установка [4, 5] для исследований с моторными авиационными маслами и с жидкими углеводородными горючими при их естественной и вынужденной конвекции, при различных давлениях и температурах - без применения электростатических полей и с их применением.

В докладе приводятся результаты исследований. Установлено, что для моторных авиационных масел и для жидких углеводородных горючих существуют границы применимости фильтрующих металлических сеток с наименьшими размерами ячеек, когда электрический ветер уже на способен влиять на вынужденную

конвекцию через эти ячейки, а также - на предотвращение осадка на на них.

На основе полученных результатов исследований были разработаны [1-6]:

– новые способы определения возможностей электростатических полей по преодолению металлических фильтрующих сеток с различными размерами ячеек;

– рекомендации по эффективному применению электростатических полей в жидких углеводородных горючих и охладителях, а также - в моторных авиационных маслах при системе электродов типа «Игла - игла»;

– рекомендации по проектированию, расчёту, созданию и эксплуатации новых отечественных топливных и масляных фильтров повышенных характеристик по ресурсу, надёжности, безопасности и эффективности;

– новые конструктивные схемы топливных и масляных фильтров повышенных характеристик, ресурс которых может быть увеличен в два и более раза.

Материалы доклада также будут способствовать повышению ресурса, безопасности, надёжности и эффективности перспективных отечественных реактивных двигателей воздушных и аэрокосмических ЛА одно - и многоразового использования.

Литература

1. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Алиев И.Н., Щиголев А.А., Юсупов А.А. Исследование возможности применения магнитных и электростатических полей для борьбы с осадкообразованием в авиационных моторных маслах двигателей, энергоустановок и техносистем наземного, воздушного и аэрокосмического базирования // «Известия вузов. Машиностроение». №3 (684). 2017 г. С. 76-88.

2. Алтунин В.А., 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 II // Тепловые процессы в технике. 2022. Т. 14. № 1. С. 9–21. DOI: 10.34759/tpt-2022-14-1-9–21

3. Алтунин В.А., Юсупов А.А., Львов М.В., Кореев Е.П., Жилякова А.Е., Яновская М.Л. Исследование возможности применения электростатических полей для борьбы с осадкообразованием на топливных и масляных металлических фильтрах двигателей летательных аппаратов и наземных энергоустановок // Материалы международной научно-технической конференции имени Н.Д.

Кузнецова (18-20 июня 2025 г., Самара). Самара: Изд-во Самарского университета, 2025. С. 125 - 127.
4. Алтунин В.А., Юсупов А.А., Львов М.В., Яновская М.Л. Разработка экспериментальной установки по исследованию электростатических полей в фильтрах двигателей летательных аппаратов // Сб. тез. докл. 49 Академических чтений по космонавтике, посвящённых памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства. (28-31 января 2025 г., г. Москва). Секция № 15: «Комбинированные силовые установки для гиперзвуковых и воздушно-космических летательных аппаратов». РАН. РОСКОСМОС. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. Т. 2, 2025. С. 143 - 144.
5. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Юсупов А.А., Львов М.В., Щиголев А.А., Гортышов Ю.Ф., Яновская М.Л. Разработка экспериментальной установки для исследования особенностей влияния электростатических полей на тепловые и гидравлические процессы в жидких углеводородных горючих и моторных авиационных маслах двигателей летательных аппаратов. // Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2025, № 10, с. 95–115.
6. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Пронин К.А., Юсупов А.А., Яновская М.Л. Разработка новых форсунок повышенного ресурса с наружными рубашками охлаждения для воздушно-реактивных двигателей на жидких и газообразных углеводородных горючих и охладителях // Тепловые процессы в технике. 2026. Т. 18. №2. С. 88–99.

УДК 621.454.2
eLIBRARY.RU: 55.42.49+55.49.07+61.51.59

Алтунин В.А.
Altunin V.A.
доктор технических наук, профессор
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Обухова Л.А.
Obukhova L.A.
соискатель учёной степени кандидата технических наук
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Юсупов А.А.
Yusupov A.A.
соискатель учёной степени кандидата технических наук
КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань

Хабибуллин А.М.
Khabibullin A.M.
студент, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Вахитова А.Р.
Vakhitova A.R.
студент, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Яновская М.Л.
Yanovskaya M.L.
кандидат технических наук
младший научный сотрудник
ЦИАМ им. П.И Баранова, г. Москва

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСА, НАДЁЖНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

DEVELOPMENT OF METHODS TO INCREASE RESOURCE, RELIABILITY, SAFETY AND EFFICACY LIQUID PROPELLANT ROCKET ENGINES

Аннотация. В докладе рассмотрены проблемы существующих жидкостных ракетных двигателей на жидких углеводородных горючих и охладителях. На основе проведённых экспериментальных исследований разработаны новые способы увеличения ресурса, надёжности, безопасности и эффективности отечественных ЖРД и ЖРД многоразового использования (ЖРДМИ).

Ключевые слова: жидкостные ракетные двигатели, жидкие углеводородные горючие и охладители, рубашка регенеративного охлаждения, осадкообразование, термоакустические автоколебания давления.

Abstract. The report discusses the problems of existing liquid-propellant rocket engines based on liquid hydrocarbon fuels and coolers. Based on the experimental studies carried out, new methods have been developed to increase the resource, reliability, safety and efficiency of domestic reusable rocket engines and rocket engines (LRDM).

Keywords: liquid-propellant rocket engines, liquid hydrocarbon fuels and coolers, regenerative cooling jacket, sedimentation, thermoacoustic self-oscillations of pressure.

В докладе рассмотрены проблемы, возникающие при создании и эксплуатации жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) с наружной

рубашкой регенеративного охлаждения - это негативный процесс осадкообразования, термоакустические автоколебания (ТААК) давления [1-7].

При использовании жидких углеводородных горючих (УВГ) и охладителей (УВО) в каналах регенеративной рубашки охлаждения ЖРД негативный процесс осадкообразования начинается уже через 2-3 минуты после запуска. Это приводит к несанкционированному перегреву и прогару стенки рубашки охлаждения, к пожару и взрыву.

Также в каналах рубашки охлаждения ЖРД возникают термоакустические автоколебания (ТААК) давления, которые приводят:

к откалыванию твёрдых углеродистых отложений - это позитивный эффект, принят в классификацию способов борьбы с осадкообразованием, как новый способ удаления осадка без разборки двигателя;

– к увеличению коэффициента теплоотдачи на 40 % - это позитивный эффект, может применяться при расчётах новых рубашек охлаждения;

– к возникновению локально - чередующихся зон перегревов и прогаров - это негативный процесс.

В ЖРД многоразового использования (ЖРДМИ) осадкообразованию также подвергаются форсунки горючего. Кроме того, при влиянии ТААК отколовшиеся частицы твёрдого осадка могут закупоривать входные отверстия форсунок горючего, поэтому для их защиты в настоящее время используют сетчатые металлические фильтровочные колпачки.

На основе результатов экспериментальных исследований с жидкими УВГ и УВО разработаны новые пути увеличения ресурса, надёжности и эффективности перспективных ЖРД и ЖРДМИ на жидких УВГ и УВО [4-7].

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.

Литература

1. Алемасов В.Е., Дрегалин 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., Дрегалин 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. Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования. / Под ред. Д.А. Ягодникова /. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2025. 464 с.
4. Алтунин В.А. Способ повышения надёжности ЖРД одно – и многоразового использования // Патент на изобретение РФ № 2287715. Бюлл. № 32 от 20.11.2006 г.
5. 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.
6. 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.
7. 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. д.т.н., проф. Л.С. Яновского. Монография. Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2020. 148 с.

УДК 621.45.00.11.030
eLIBRARY.RU: 89.25.00+55.42.49+55.42.47

Алтунин В.А.
Altunin V.A.
доктор технических наук, профессор, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Львов М.В.
Lvov M.V.
аспирант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Щиголев А.А.
Shchigolev A.A.

соискатель учёной степени доктора технических наук, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Юсупов А.А.
Yusupov A.A.
соискатель учёной степени кандидата технических наук, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Кореев Е.П.
Koreev E.P.
аспирант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Селянин К.А.
Selyanin K.A.
аспирант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Хабибуллин А.М.
Khabibullin A.M.
студент, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Вахитова А.Р.
Vakhitova A.R.
студент, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Яновская М.Л.
Yanovskaya M.L.
кандидат технических наук, мл. научный сотрудник ЦИАМ им. П.И. Баранова, г. Москва

РАЗРАБОТКА МАСЛЯНЫХ ФОРСУНОК ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

DEVELOPMENT OF OIL NOZZLES FOR AIR JET ENGINES AND AEROSPACE AIRCRAFT

Аннотация. Показаны разновидности масляных форсунок двигателей летательных аппаратов воздушного и аэрокосмического применения и базирования, проанализированы тепловые процессы в системах смазки, выявлены негативные процессы, среди которых главное место занимает осадкообразование. Из-за осадкообразования значительно уменьшается ресурс реактивных двигателей, наступает масляное голодание, которое приводит к различным аварийным ситуациям и катастрофам. На основе результатов экспериментальных исследований разработаны и запатентованы новые конструктивные схемы масляных форсунок повышенных характеристик.

Ключевые слова: масляная форсунка, осадкообразование, способы борьбы с осадкообразованием, увеличение ресурса, надёжности и безопасности.

Abstract. The types of oil nozzles of aircraft engines for air and aerospace applications and basing are shown, thermal processes in lubrication systems are analyzed, negative processes are identified, among which sedimentation takes the main place. Due to precipitation, the resource of jet engines is significantly reduced, oil starvation occurs, which leads to various emergencies and disasters. Based on the results of experimental studies, new structural schemes of oil nozzles of increased characteristics have been developed and patented.

Keywords: oil nozzle, sedimentation, methods of sedimentation control, increased service life, reliability and safety.

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].

При частичном закоксовывании даже только одной масляной форсунки наступает частичное масляное голодание осевого подшипника с дальнейшими негативными последствиями. Полное закоксовывание только одной масляной форсунки приводит к полному масляному голоданию осевого подшипника, с дальнейшим его быстрым нагревом, разрушением, что приводит к пожару, и к катастрофе всего ЛА. Реальный ресурс струйной масляной форсунки составляет всего 800 часов (циклов) работы двигателя. Существующие масляные струйные форсунки практически не защищены от осадкообразования, также в них отсутствуют индивидуальные датчики и системы контроля за возникновением и ростом осадка.

На основе результатов экспериментальных исследований разработаны и запатентованы новые конструктивные схемы струйных масляных форсунок повышенных характеристик, в которых применяются существующие и новые перспективные способы борьбы с осадкообразованием, новые датчики и системы контроля за возникновением осадка, его ростом и его удалением, а все данные - выводятся в бортовой и наземный компьютер, а также - на информационное табло лётчика - космонавта и наземного оператора.

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 многоразового использования.

Доклад сопровождается новыми запатентованными конструктивными схемами масляных форсунок и систем смазки различных двигателей ЛА [3-5].

Литература

1. 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.

2. Алтунин В.А., Львов М.В., Щиголев А.А., Юсупов А.А., Яновская М.Л. Экспериментальная установка для исследования влияния электростатических полей на теплообмен и процесс осадкообразования в моторном авиационном масле при его вынужденной конвекции. Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2023, № 7, с. 113–123, doi: 10.18698/0536-1044-2023-7-113-123

3. Алтунин ВА., Львов М.В., Юсупов А.А., Кореев Е.П., Щиголев А.А., Яновская М.Л. Совершенствование масляных форсунок воздушно - реактивных двигателей // Сб. тез. докл. Международной научно-технич. конф. «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества», посвящённой 100-летию отечественной гражданской авиации. (18-19 мая 2023 г., МГТУ ГА, г. Москва). М.: ИД Академии имени Н.Е. Жуковского. 2023. С. 53-54.

4. Алтунин В.А., Львов М.В., Юсупов А.А., Кореев Е.П., Яновская М.Л. Экспериментальные исследования тепловых процессов в моторных авиационных маслах в условиях их вынужденной конвекции // Сборник материалов 2-го Всероссийского научно-технического форума по двигателям и энергетическим установкам имени Н.Д. Кузнецова (Самара, 10-11 октября 2024 г.). Самара: Изд-во Самарского университета, 2024. С. 92-94.

5. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Львов М.В., Юсупов А.А., Гортышов Ю.Ф., Яновский Л.С., Яновская М.Л., Щиголев А.А. Форсунка для системы смазки воздушно-реактивного двигателя // Патент на изобретение РФ № 2858927. Бюлл. № 9 от 24.03.2026 г.

УДК 629.735.33.01
eLIBRARY.RU: 89.25.00+55.49.00+55.42.49+55.42.47+61.51.29

Алтунин В.А.
Altunin V.A.
доктор технических наук, профессор, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Алтунин К.В.
Altunin K.V.
доктор технических наук, доцент, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Абдуллин М.Р.
Abdullin M.R.
аспирант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Пронин К.А.
Pronin K.A.
аспирант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Поспелов И.В.
Pospelov I.V.
аспирант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Хабибуллин А.М.
Khabibullin A.M.
студент, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Вахитова А.Р.
Vakhitova A.R.
студент, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Щиголев А.А.
Shchigolev A.A.
соискатель учёной степени доктора технических наук, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Яновская М.Л.
Yanovskaya M.L.
кандидат технических наук, мл. научный сотрудник ЦИАМ им. П.И. Баранова, г. Москва

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ 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. Рассмотрены проблемы существующих топливных форсунок воздушно-реактивных двигателей на жидких и газообразных 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 повышенных характеристик для реактивных двигателей воздушных и аэрокосмических летательных аппаратов.

Ключевые слова: топливная форсунка, воздушно-реактивный двигатель, жидкое и газообразное углеводородное горючее и охладитель, осадкообразование и способы борьбы с ним, ресурс, безопасность, надёжность, эффективность.

Abstract. Problems of existing fuel injectors of air-jet engines on liquid and gaseous hydrocarbon combustible and coolers for air and aerospace aircrafts are considered. Based on the results of experimental studies, new methods of combating sedimentation have been developed, which need to be introduced into new fuel injectors. New methods of sedimentation accounting at designing creation and operation of perspective nozzles of increased characteristics in terms of resource, reliability and efficiency are shown. The report is accompanied by new patented design schemes of fuel injectors of increased characteristics for jet engines of air and aerospace aircraft.

Keywords: fuel nozzle, air-jet engine, liquid and gaseous hydrocarbon fuel and cooler, sedimentation and methods of fighting it, resource, safety, reliability, efficiency.

Одной из проблем топливных форсунок воздушно-реактивных двигателей (ВРД) на жидких и газообразных углеводородных горючих (УВГ) и охладителях (УВО) является негативный процесс осадкообразования [1-9].

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 форсунках двигателей ЛА.

На основе проведённых экспериментальных исследований [1-9]:

– разработаны новые способы борьбы с осадкообразованием и его контролем в топливных форсунках: по его предотвращению, замедлению, ограничению и удалению - с выводом данных в бортовой и наземный компьютер, на информационное табло лётчика - космонавта и наземного оператора;

– создана методика учёта и расчёта осадкообразования при проектировании, расчёте и эксплуатации топливных форсунок;

– разработаны и запатентованы новые конструктивные схемы топливных форсунок реактивных двигателей ЛА (см. патенты на изобретения РФ: №№ 2155910, 2388966, 2447362, 2806710, 2810865).

Применение материалов доклада, патентов на изобретения, научных статей и монографий авторов доклада будет способствовать дальнейшему повышению ресурса, надёжности, безопасности 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 - стоймостной анализ горелочных устройств и форсунок: монография. Казань: Изд-во КНИТУ – КАИ, 2020. 156 с.
3. 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.
4. 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.
5. Алтунин К.В. Разработка методики расчета температуры внутренней стенки мультитопливной форсунки с целью предотвращения осадкообразования и перегрева // Изв. Вузов. Машиностроение. № 6 (735). 2021. С. 37-47.
6. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Жилякова А.Е., Сафина А.И., Пронин К.А., Хабибуллин А.М., Яновская М.Л. Влияние особенностей тепловых процессов в жидких и газообразных углеводородных горючих и охладителях на разработку новых конструктивных схем топливных форсунок авиационных двигателей семейства «НК» // Матер. Международ. научно-технич. конф. им. Н.Д. Кузнецова «Перспективы развития двигателестроения». (18-20 июня 2025 г., Самара). Самара: Изд-во Самарского университета, 2025. С. 580 - 583.
7. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Гортышов Ю.Ф., Пронин К.А., Юсупов А.А., Яновская М.Л. Разработка новой конструктивной схемы форсунки с наружной рубашкой охлаждения для авиационных воздушно-реактивных двигателей и наземных энергоустановок // Инженерный журнал: наука и инновации, 2025, вып. 11. EDN JHGEXD.
8. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Пронин К.А., Вахитова А.Р., Яновская М.Л. Влияние выбора и применения способов борьбы с осадкообразованием на создание новых конструктивных схем топливных форсунок реактивных двигателей летательных аппаратов // Матер. 60-х Научных чтений, посвящ. разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Часть 1. Калуга: Изд-во «Эйдос». 2025. С. 249-252.
9. Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Пронин К.А., Юсупов А.А., Яновская М.Л. Разработка новых форсунок повышенного

ресурса с наружными рубашками охлаждения для воздушно-реактивных двигателей на жидких и газообразных углеводородных горючих и охладителях // Тепловые процессы в технике. 2026. Т. 18. № 2. С. 88–99. URL: https://tpt mai.ru/publications.php?ID=1

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.
Altunin V.A.
доктор технических наук, профессор, КНИТУ-КАИ
им. А.Н. Туполева, г. Казань
Давлатов Н.Б.
Davlatov N.B.
докторант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Зарипова М.А.
Zaripova M.A.
доктор технических наук, профессор, ТТУ им. ак. Осими
г. Душанбе
Сафаров М.М.
Safarov M.M.
доктор технических наук, профессор, ТТУ им. ак. Осими
г. Душанбе
Кореев Е.П.
Koreev E.P.
аспирант, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева, г. Казань
Рыбаков А.В.
Rybakov A.V.
доктор технических наук, профессор, Академия гражданской
защиты МЧС России, г. Химки
Яновская М.Л.
Yanovskaya M.L.
кандидат технических наук, мл. научный сотрудник
ЦИАМ им. П.И. Баранова, г. Москва

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА, НАДЁЖНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОЙ ТЯГИ НА ГИДРАЗИНЕ

DEVELOPMENT OF METHOD OF INCREASING SERVICE LIFE, RELIABILITY, SAFETY AND EFFICIENCY OF LIQUID-PROPELLANT LOW-THRUST ROCKET ENGINES ON HYDRAZINE

Аннотация. Рассмотрены разновидности жидкостных ракетных двигателей малой тяги (ЖРДМТ) и особенности их применения в космической технике одно - и многоразового применения. Показаны пути увеличения ресурса и эффективности ЖРДМТ на жидком чистом гидразине. На основе результатов экспериментальных исследований по внедрению фуллереновых наночастиц в гидразин разработаны и запатентованы новые способы увеличения дальности полёта аэрокосмических и космических летательных аппаратов, новые способы увеличения ресурса, эффективности и числа включений ЖРДМТ на орбите.

Ключевые слова: жидкий чистый гидразин, внедрение фуллеренов, теплофизические свойства, давление, плотность, повышение эффективности двигателей летательных аппаратов.

Abstract. Varieties of liquid propellant thrusters (LRDMT) and peculiarities of their application in space technology of single - and reusable application are considered. Ways to increase the resource and efficiency of LPDMT on liquid pure hydrazine are shown. Based on the results of experimental studies on the introduction of fullerene nano-particles into hydrazine, new methods have been developed and patented to increase the flight range of aerospace and spacecraft, new methods to increase the resource, efficiency and number of LRMT inclusions in orbit.

Keywords: liquid pure hydrazine, the introduction of fullerenes, thermophysical properties, pressure, density, increase the efficiency of engines of aircraft.

В докладе рассмотрены разновидности ЖРДМТ и их применение в космической технике одно - и многоразового использования. Показаны 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 наноматериалов - 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.

В докладе приводятся результаты расчётов по увеличению числа включений для отечественных ЖРДМТ различного класса и применения - при использовании нанотехнологий и повышения плотности жидкого чистого гидразина. 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 аэрокосмической и космической техники повышенных характеристик различного базирования и назначения, в том числе и ЖРДМТ [1-9].

Материалы доклада будут способствовать повышению ресурса, надёжности, безопасности и эффективности различных перспективных отечественных аэрокосмических и космических ЛА одно – и многоразового использования на гидразине и гидразиновых горючих.

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 многоразового 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 техн. наук, проф. 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.
6. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Кореев Е.П., Яновская М.Л. Разработка способа изменения теплофизических свойств чистого гидразина для повышения эффективности двигателей воздушных, аэрокосмических, гиперзвуковых и космических летательных аппаратов одно – и многоразового использования // Матер. 58-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 «Наша полиграфия», 2023. Ч. 1. С. 209-211.
7. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Кореев Е.П., Жилякова А.Е., Яновская М.Л. Разработка способа повышения эффективности двигателей воздушных, аэрокосмических, гиперзвуковых и космических летательных аппаратов одно – и многоразового использования // Сб. матер. 2-го Всеросс. научно-технич. форума по двигателям и энергетическим установкам им. Н.Д. Кузнецова Самара: Изд-во Самарского университета, 2024. С. 81-83.

8. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Гортышов Ю.Ф., Яновская М.Л. Разработка способа увеличения дальности полёта воздушных, аэрокосмических и космических летательных аппаратов на жидком чистом гидразине при внедрении в него фуллереновых наночастиц // Тепловые процессы в технике. 2024. Т. 16. № 8. С. 353-363.
9. Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Кореев Е.П., Жилякова А.Е., Яновская М.Л. Применение нанотехнологий для разработки способа повышения эффективности двигателей воздушных, аэрокосмических, гиперзвуковых и космических летательных аппаратов одно – и многоразового использования // Матер. международ. научно-технич. конф. им. Н.Д. Кузнецова «Перспективы развития двигателестроения». Самара: Изд-во Самарского университета, 2025. С. 1040 - 1043.

УДК 523.34
eLIBRARY.RU: 41.19.25

Гусев А.В.
Gusev A.V.
кандидат физико-математических наук
доцент
Казанский федеральный университет (КФУ)
г. Казань
Менг Ж.
Meng J.
доцент, Цзилинский университет
Китай
Пинг З.
Ping Z.
профессор
Национальная астрономическая обсерватория
Китай

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ XIII: РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

GEOLOGICAL EXPLORING OF THE MOON XIII: RARE EARTH ELEMENTS

Аннотация. В обзоре обсуждаются научно-технические, инфраструктурно-прорывные, промышленно-строительные проблемы и геологического освоения редкоземельных элементов Луны.

Ключевые слова: геологическое освоение Луны, редкоземельные элементы, водяной лёд.

Abstract. The review discusses scientific-technical, infrastructural - breakthrough, industrial-construction problems of lunar geological exploration Rare Earth Elements (REE).

Keywords: geological exploration of the Moon, rare earth elements, water ice.

Геологические свидетельства обширных выбросов из осадочных бассейнов наблюдаются в виде равнинных ландшафтов в южной полярной области Луны. Водяной лед и редкоземельные элементы, накопившиеся в приполярных регионах Луны являются одними из приоритетных целей для исследования Луны из-за их значимости как в лунной геологии, так и в использовании внеземных ресурсов [1].

Подповерхностный слой Луны можно разделить на три блока: блок 1 (до 12 м) состоит из лунного реголита, блок 2 (диапазон глубин от 12 до 24 м) состоит из более крупных врезанных материалов, а блок 3 (диапазон глубин от 24 до 40 м) содержит чередующиеся слои крупнозернистого и мелкозернистого материала. Китайские коллеги также оценили толщину базальтовых пород в месте посадки аппарата «Чанъэ-5». Результаты показывают, что произошло как минимум четыре магматических извержения со средней толщиной 230 метров, 70 метров, 4 метра и 36 метров соответственно. Кроме того, исследования позволили установить, что интенсивность базальтовых извержений в этом районе значительно возросла около 2 миллиардов лет назад [2].

Изображения CE-4 предоставляют четкую информацию о структуре подповерхностного слоя, который 1) состоит из высокопористых зернистых материалов с низкой проводимостью и рассеянных валунов различных размеров; 2) изображения показывают, что верхняя граница слоя морского базальта должна находиться на глубине более 40м. Эти результаты представляют собой первые

изображения высокого разрешения лунного выброса, полученные из близлежащего кратера Финсен, и прямое измерение его толщины и внутренней структуры [3].

Определение подходящих мест посадки и происхождения отобранных/измеренных поверхностных материалов имеет решающее значение для будущих посадочных миссий. Авторы статьи нанесли на карту более 800 участков равнинных ландшафтов в южной полярной области Луны общей площадью около 46 тыс. км^2. Орбитальные измерения и аналоговые исследования показывают, что большинство этих равнин, по-видимому, имеют более высокое альбедо и более низкое содержание железа, чем равнины вулканических морей, что предполагает происхождение обломочных потоков, вызванных выбросами из удаленных ударных кратеров, особенно из бассейна Шрёдингера [4].

Результаты авторов показывают, что весь южный полярный регион Луны, вероятно, подвергся воздействию материалов из удаленных бассейнов. Авторы рекомендуют эти равнины в качестве приоритетных мест посадки для будущих исследований редкоземельных элементов в лунных полярных областях и в период истории ранней бомбардировки Луны. Изображения CE-4 дает четкую информацию о структуре подповерхностного слоя, который 1) в основном состоит из высокопористых зернистых материалов с низкой проводимостью и рассеянных валунов различных размеров; 2) изображения показывают, что верхняя граница слоя морского базальта должна находиться на глубине более 40 м [4].

Энциклопедия лунной науки включает в себя новейшие актуальные данные, определения и объяснения многочисленных и разнообразных аспектов лунной науки. Это очень полезный справочник для широкой аудитории, не ограничивающейся профессиональными лунными учеными: астрономами, исследователями, теоретиками, практиками, аспирантами, студентами и астрофизиками, а также геологами и инженерами. Книга охватывает все современные области лунной науки, а тематические статьи представляют собой устоявшуюся литературу третьего уровня. Работа технически понятна большинству студентов старших курсов и аспирантов. Статьи охватывают темы различного технического уровня, поэтому эта работа будет полезна как ведущим ученым в этой области, так и аспирантам и начинающим лунным ученым [5].

Вот несколько примеров тематических областей для анализа: базальтовый вулканизм, химия Луны, координаты времени и движения, космическое выветривание в результате метеоритного

удара, окружающая среда, геология, геологическая история, удары и ударные процессы, процессы на лунной поверхности, теории происхождения и эволюции, реголит, стратиграфия, тектоническая активность, топография, выветривание под воздействием ионизирующего излучения солнечного ветра, солнечных вспышек и космических лучей [5].

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 Цз., «Геологическое освоение Луны IV: Вода и загадка теплового бюджета ранней Луны», Труды 57-ых Научных чтений памяти К. Э. Циолковского. РАН - РАКЦ. Секция «Современные проблемы ракетной и космической техники», (г. Калуга, 20-22 сентября 2022г), 2023, Казань, РИЦ «Школа», с.233-248 ISBN 978-5-00162-875-0 (РИНЦ).
4. Ле Цяо, Луюань Сюй, Джеймс Хед, Цзянь Чен, Ючжэн Чжан, Бо Ли и Цзунчэн Лин. Nature Communications|, (2024), 15:5783, 10 pages. https://www.nature.com/articles/s41467-024-50155-w.pdf.
5. Энциклопедия Луны. https://english.cas.cn/head/202405/t20240511_662843.shtml.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

AUTHOR INDEX

Abdullin M.R. 359
Agliullin T.A. 317
Al Affi Hadi 208
Aleksandrov I.S. 303
Alekseev R.A. 59
Altunin V.A. 285, 348, 352, 355, 359, 363
Altunin K.V. 322, 359
Andreev D.E. 54
Antonyuk G.I. 51
Artemov M.E. 217, 261
Aung Myo Thant 269
Batchenko V.S. 184
Bazhenov I.M. 81
Belokonov I.V. 38
Bengin V.V. 48
Bikmuchev A.R. 211
Blokhin V.V. 112
Bogachev E.A. 214
Bogachyov S.A. 42
Bogomolov V.V. 48
Borovsky V.F. 68
Cherkesas E.D. 348
Chervinsky V.I. 42
Chervonnaya N.A. 309, 312
Chulkov D.I. 279
Davlatov N.B. 363
Druzhinin Yu.O. 144
Dyaminova A.A. 336
Efimkin A.N. 52
Fakhrutdinova I.T. 223
Fedorov N.N. 247
Filatov A.A. 279
Futin V.A. 336
Gabdullin R.D. 322
Gadelshin T.E. 322
Gaisin A.F. 223, 226
Garipov G.K. 49, 51, 54

Gavrikov M.M. 220
Gaysin F.M. 226
Gerasimov A.A. 303
Gerasjutin S.A. 159
Geraskin A.M. 214
Golubev A.M. 229
Grigoriev B.A. 303
Gusev A.V. 367
Holodilov A.A. 42
Ilyina M.A. 309, 312, 315
Ivanov A.A. 348
Kalmykov F.V. 322
Kanunova L.N. 154
Kanushkin S.V. 255, 297
Kaung Htet Win 269
Kavanosyan S.S. 56
Kayumov R.R. 223, 226
Kazmerchuk P.V. 251
Kerin I.O. 255
Khabibullin A.M. 353, 356, 359
Khabibullin I.I. 285
Khamidullina N.M. 217, 261
Khorunzhiy A.V. 99
Khudyakov S.N. 288
Kirneva K.D. 236
Kislitsky M.I. 257
Klimov P.A. 49
Klyushnikov V.Yu. 34, 295
Kolinova S.A. 181
Kolpakov P.A. 162, 187
Kombaev T.Sh. 217, 260
Konykhov I.V. 54
Koreev E.P. 348, 356, 363
Kozlov A.L. 315
Krasnopeev S.V. 49
Kruglov V.N. 122
Krylov M.R. 317
Kumarin A.A. 38
Kuzin S.V. 42
Kuznetsov A.A. 341, 345
Lebedev M.O. 52

Lizunov A.A. 81
Lizunov S.A. 81
Lobanov I.E. 263
Loboda I.P. 42
Lux D.I. 267
Lvov M.V. 355
Lyubimov E.E. 317
Makhnovskaya M.V. 187
Marfin V.V. 72, 77
Martirosov D.S. 300
Maslov A.I. 81
Maximovskaya N.A. 199
Melentyev A.E. 297
Meng J. 367
Mironenko A.I. 168
Mishin I.I. 255
Mishina-Golubeva E.A. 205
Mitkin A.S. 30
Molodtsov K.A. 56
Morugova A.D. 147
Mukhamedzhanov A.I. 285
Musatova T.P. 195
Nay Htet Linn 269
Nemtsov S.A. 11
Nikolskaya T.V. 63, 68
Novakovsky D.V. 309, 312
Novozhilov A.A. 327, 331
Obukhova L.A. 352
Osedlo V.I. 46, 48, 52, 54
Panteleymonov I.N. 59
Panteleymonov T.I. 59
Papkov A.P. 49
Parshin Ye.A. 247
Ping Z. 367
Pogosyan S.N. 54
Pospelov I.V. 359
Pronin K.A. 359
Romanenko M.A. 117
Rubin A.B. 54
Rybakov A.V. 363
Safarov M.M. 363

Sazonova A.V. 51
Selyanin K.A. 356
Shafran S.V. 38
Shcherbakov M.S. 39
Shchigolev A.A. 348, 355, 359
Shemukhin A.A. 49
Shumeiko A.M. 264
Shuvalov V.A. 59
Sidyakin V.A. 267
Silina E.V. 52
Sinitsyn L.I. 38
Sitnikova M.V. 191
Smagin M.V. 300
Sochnev A.V. 211
Soldatenko V.P. 240
Solovyov V.A. 4
Sorokin I.V. 9
Starkov A.V. 269
Strelnikov I.V. 273
Sudakov V.S. 181
Sukhoy Yu.G. 63, 68
Svertilov S.I. 46, 48, 54
Terekhin A.V. 279
Timoshenkova E.A. 5
Tkachenko D.I. 51
Tkachenko E.A. 264
Trifonov A.V. 42
Tverdokhlebova E.M. 56
Vakhitova A.R. 353, 356, 359
Valiullin Sh.R. 341, 345
Vasiliiev N.A. 49
Velikanov P.G. 327, 331
Velikanova N.P. 327, 331
Vernigora L.V. 251
Vlasenkov E.V. 217, 261
Yakhin I.Kh. 59
Yanovskaya M.L. 348, 353, 356, 359, 363
Yanovsky L.S. 309, 312, 315
Yashin I.V. 46
Yekimovskaya A.A. 233
Yezhov V.M. 309, 312, 315

Yusupov A.A. 348, 352, 356
Zakharov A.S. 243, 247
Zakharova L.A. 243
Zaripova M.A. 363
Zhelnina T.N. 86, 129
Zhumaev F.Sh. 341, 345
Zolotarev I.A. 49, 51
Zolotareva L.S. 52
Абдуллин М.Р. 359
Аглиуллин Т.А. 317
Александров И.С. 303
Алексеев Р.А. 59
Алтунин В.А. 285, 348, 352, 355, 359, 363
Алтунин К.В. 322, 359
Аль Аффи Хади 208
Андреев Д.Е. 54
Антонюк Г.И. 51
Артемов М.Е. 217, 260
Аунг Мьо Тант 269
Баженов И.М. 81
Батченко В.С. 184
Белоконов И.В. 38
Бенгин В.В. 48
Бикмучев А.Р. 211
Блохин В.В. 112
Богачёв С.А. 42
Богачев Э.А. 214
Богомолов В.В. 48
Боровский В.Ф. 68
Валиуллин Ш.Р. 341, 345
Васильев Н.А. 49
Вахитова А.Р. 353, 356, 359
Великанов П.Г. 327, 331
Великанова Н.П. 327, 331
Вернигора Л.В. 251
Власенков Е.В. 217, 261
Габдуллин Р.Д. 322
Гавриков М.М. 220
Гадельшин Т.Э. 322
Гайсин А.Ф. 223, 226
Гайсин Ф.М. 226

Гарипов Г.К. 49, 51, 54
Герасимов А.А. 303
Гераськин А.М. 214
Герасютин С.А. 159
Голубев А.М. 229
Григорьев Б.А. 303
Гусев А.В. 367
Давлатов Н.Б. 363
Дружинин Ю.О. 144
Дяминова А.А. 336
Ежов В.М. 309, 312, 315
Екимовская А.А. 233
Ефимкин А.Н. 52
Желнина Т.Н. 86, 129
Жумаев Ф.Ш. 341, 345
Зарипова М.А. 363
Захаров А.С. 243, 247
Захарова Л.А 243
Золотарев И.А. 49, 51
Золотарева Л.С. 52
Иванов А.А. 348
Ильина М.А. 309, 312, 315
Каваносян С.С. 56
Казмерчук П.В. 251
Калмыков Ф.В. 322
Канунова Л.Н. 154
Канушкин С.В. 255, 297
Каунг Хтет Вин 269
Каюмов Р.Р. 223, 226
Керин И.О. 255
Кирнева К.Д. 236
Кислицкий М.И. 257
Климов П.А. 49
Клюшников В.Ю. 34, 295
Козлов А.Л. 315
Колинова С.А. 181
Колпаков П.А. 162, 187
Комбаев Т.Ш. 217, 260
Конюхов И.В. 54
Кореев Е.П. 348, 356, 363
Краснопеев С.В. 49

Круглов В.Н. 122
Крылов М.Р. 317
Кузин С.В. 42
Кузнецов А.А. 341, 345
Кумарин А.А. 38
Лебедев М.О. 52
Лизунов А.А. 81
Лизунов С.А. 81
Лобанов И.Е. 263
Лобода И.П. 42
Львов М.В. 355
Любимов Е.Е. 317
Люкс Д.И. 267
Максимовская Н.А. 199
Мартиросов Д.С. 300
Марфин В.В. 72, 77
Маслов А.И. 81
Махновская М.В. 187
Мелентьев А.Е. 297
Менг Ж. 367
Мироненко А.И. 168
Митькин А.С. 30
Мишин И.И. 255
Мишина-Голубева Е.А. 205
Молодцов К.А. 56
Моругова А.Д. 147
Мусатова Т.П. 195
Мухамеджанов А.И. 285
Най Хтет Линн 269
Немцов С.А. 11
Никольская Т.В. 63, 68
Новаковский Д.В. 309, 312
Новожилов А.А. 327, 331
Обухова Л.А. 352
Оседло В.И. 46, 48, 52, 54
Пантелеймонов И.Н. 59
Пантелеймонов Т.И. 59
Папков А.П. 49
Паршин Е.А. 247
Пинг З. 367
Погосян С.И. 54

Поспелов И.В. 359
Пронин К.А. 359
Романенко М.А. 117
Рубин А.Б. 54
Рыбаков А.В. 363
Сазонова А.В. 51
Сафаров М.М. 363
Свертилов С.И. 46, 48, 54
Селянин К.А. 356
Сидякин В.А. 267
Силина Е.В. 52
Синицын Л.И. 38
Ситникова М.В. 191
Смагин М.В. 300
Солдатенко В.П. 240
Соловьев В.А. 4
Сорокин И.В. 9
Сочнев А.В. 211
Старков А.В. 269
Стрельников И.В. 273
Судаков В.С. 181
Сухой Ю.Г. 63, 68
Твердохлебова Е.М. 56
Терехин А.В. 279
Тимошенкова Е.А. 5
Ткаченко Д.И. 51
Ткаченко Е.А. 264
Трифонов А.В. 42
Фахрутдинова И.Т. 223
Федоров Н.Н. 247
Филатов А.А. 279
Футин В.А. 336
Хабибуллин А.М. 353, 356, 359
Хабибуллин И.И. 285
Хамидуллина Н.М. 217, 261
Холодилов А.А. 42
Хорунжий А.В. 99
Худяков С.Н. 288
Червинский В.И. 42
Червонная Н.А. 309, 312
Черкесас Э.Д. 348

Черников П.С. 292
Чулков Д.И. 279
Шафран С.В. 38
Шемухин А.А. 49
Шувалов В.А. 59
Шумейко А.М. 264
Щербаков М.С. 39
Щиголев А.А. 348, 355, 359
Юсупов А.А. 348, 352, 356
Яновская М.Л. 348, 353, 356, 359, 363
Яновский Л.С. 309, 312, 315
Яхин И.Х. 59
Яшин И.В. 46

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ 4

К 65-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО ПИЛОТИРУЕМОГО ПОЛЁТА В КОСМОС.... 4
Соловьев В.А.

ON THE 65TH ANNIVERSARY OF THE FIRST MANNED SPACE FLIGHT
Solovyov V.A.

ПО СТРАНИЦАМ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ МЕМОРИАЛЬНОГО ДОМА-МУЗЕЯ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО. К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОТКРЫТИЯ..... 5
Тимошенкова Е.А.

THROUGH THE PAGES OF HISTORY OF THE K.E. TSIOLKOVSKY MEMORIAL HOUSE-MUSEUM. ON THE 90TH ANNIVERSARY OF ITS OPENING
Timoshenkova E.A.

ПОСЛЕДНИЙ ПРОЕКТ К.П. ФЕОКТИСТОВА. К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПЕРВОГО КОСМОНАВТА-УЧЁНОГО 9
Сорокин И.В.

K.P. FEOKTISTOV'S FINAL PROJECT. COMMEMORATING THE 100th ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF THE FIRST COSMONAUT-SCIENTIST
Sorokin I.V.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РАКЕТОСТРОЕНИЯ НА ПРИМЕРАХ МАЛОИЗВЕСТНЫХ ФАКТОВ. К 80-ЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ ОТРАСЛИ 11
Немцов С.А.

THE HISTORY OF RUSSIAN ROCKET SCIENCE, ILLUSTRATED BY LITTLE-KNOWN FACTS. ON THE 80TH ANNIVERSARY OF THE INDUSTRY'S FOUNDING
Nemtsov S.A.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МАЛЫХ КА: АНАЛИЗ ОБЩЕПРИНЯТЫХ ПОДХОДОВ И НОВЫЙ ПОРЯДОК ИСПЫТАНИЙ В СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ МАЛЫХ КА 31
Митькин А.С.

ELECTRICAL TESTS OF SMALL SPACECRAFT:
ANALYSIS OF COMMON APPROACHES AND NEW TESTING PROCEDURE FOR SMALL CRAFT PRODUCTION
Mitkin A.S.

X Симпозиум «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ РОССИЙСКИХ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ»..... 34

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАНОСПУТНИКОВ В ПЕРВОЙ ЧЕТВЕРТИ XXI ВЕКА 34
Клюшников В.Ю.

TRENDS IN NANOSATELLITE DEVELOPMENT IN THE FIRST QUARTER OF THE XXI CENTURY
Klyushnikov V.Yu.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГРАММЫ САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПО ИЗУЧЕНИЮ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ НАНОСПУТНИКОВ 39
Белоконов И.В., Синицын Л.И., Кумарин А.А., Шафран С.В., Щербаков М.С.

RESULTS OF SAMARA UNIVERSITY'S PROGRAM ON THE STUDY OF GEOPHYSICAL FIELDS USING NANOSATELLITES
Belokonov I.V., Sinitsyn L.I., Kumarin A.A., Shafran S.V., Shcherbakov M.S.

МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ «АВРОРА» ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ СОЛНЦА 43
Богачёв С.А., Кузин С.В., Холодилов А.А., Червинский В.И., Трифонов А.В., Лобода И.П.

SMALL SPACECRAFT «AURORA» FOR OBTAINING IMAGES OF THE SUN
Bogachyov S.A., Kuzin S.V., Holodilov A.A., Chervinsky V.I., Trifonov A.V., Loboda I.P.

ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ ОРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА 46
Оседло В.И., Свертилов С.И., Яшин И.В.

FURTHER DEVELOPMENT OF MOSCOW UNIVERSITY ORBITAL CONSTELLATION
Osedlo V.I., Svertilov S.I., Yashin I.V.

НОВЫЙ СПУТНИК МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА «НИИЯФ МГУ 80»: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ 50
Богомолов В.В., Свертилов С.И., Оседло В.И., Бенгин В.В., Васильев Н.А., Гарипов Г.К., Золотарев И.А., Климов П.А., Шемухин А.А., Краснопеев С.В., Папков А.П.

NEW SPACECRAFT ‘SINP MSU 80” OF MOSCOW UNIVERSTY: FIRST RESULTS AND PERSPECTIVES
Bogomolov V.V., Svertilov S.I., Osedlo V.I., Bengin V.V., Vasiliiev N.A., Garipov G.K., Zolotarev I.A., Klimov P.A., Shemukhin A.A., Krasnopeev S.V., Papkov A.P.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ НА ОРБИТАЛЬНОЙ БИОЛАБОРАТОРИИ БИОЛ-2 НА СПУТНИКЕ НИИЯФ-МГУ-80 52
Золотарев И.А., Гарипов Г.К., Ткаченко Д.И., Антонюк Г.И., Сазонова А.В., Лебедев М.О., Ефимкин А.Н., Силина Е.В., Золотарева Л.С., Оседло В.И.

BIOLOGICAL EXPERIMENT ON THE BIOL-2 ORBITAL BIOLABORATORY ONBOARD THE SINP-MSU-80 SATELLITE
Zolotarev I.A., Garipov G.K., Tkachenko D.I., Antonyuk G.I., Sazonova A.V., Lebedev M.O., Efimkin A.N., Silina E.V., Zolotareva L.S., Osedlo V.I.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПОИСКА ВНЕЗЕМНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ НА КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ 55
Гарипов Г.К., Рубин А.Б., Погосян С.И., Андреев Д.Е., Конюхов И.В., Оседло В.И., Свертилов С.И.

SOME PROBLEMS ON THE SEARCH FOR EXTRATERRESTRIAL MICROORGANISMS ON SPACE OBJECTS
Garipov G.K., Rubin A.B., Pogosyan S.N., Andreev D.E., Konykhov I.V., Osedlo V.I., Svertilov S.I.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЫСЫПАНИЙ ЭЛЕКТРОНОВ
ИЗ РАДИАЦИОННЫХ ПОЯСОВ ЗЕМЛИ ПО ДАННЫМ МАЛЫХ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА . 57
Каваносян С.С., Твердохлебова Е.М., Молодцов К.А.

IDENTIFICATION OF ELECTRON PRECIPITATION FROM THE
EARTH RADIATION BELTS BASED ON MOSCOW UNIVERSITY
SATELLITE DATA
Kavanosyan S.S., Tverdokhlebova E.M., Molodtsov K.A.

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА
В КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ «КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ» 59
Пантелеймонов И.Н., Шувалов В.А., Яхин И.Х., Алексеев Р.А.,
Пантелеймонов Т.И.

ARCHITECTURE OF THE INFORMATION EXCHANGE SYSTEM IN
THE “SPACE WEATHER SYSTEM”
Panteleymonov I.N., Shuvalov V.A., Yakhin I.Kh., Alekseev R.A.,
Panteleymonov T.I.

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА МАЛЫХ
НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ..... 64
Сухой Ю.Г., Никольская Т.В.

APPLICATION OF LED LIGHT SOURCES ON SMALL LOW-ORBIT
SATELLITES
Sukhoy Yu.G., Nikolskaya T.V.

ВЫСОКОТОЧНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРБИТ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАСШТАБИРУЕМОЙ СЕТИ
КВАНТОВО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ 68
Никольская Т.В., Боровский В.Ф., Сухой Ю.Г.

DETERMINATION OF SMALL SATELLITE ORBITS USING
A SCALABLE NETWORK OF QUANTUM-OPTICAL SYSTEMS
Nikolskaya T.V., Borovsky V.F., Sukhoy Yu.G.

ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛИДАРОВ ДЛЯ
ДОСТИЖЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ И ТЕКУЩИХ ЦЕЛЕЙ
ЛУННЫХ МИССИЙ 72
Марфин В.В.

FUNDAMENTALS OF SPACEBORNE LIDAR APPLICATION TO ACHIEVE STRATEGIC AND CURRENT GOALS OF LUNAR MISSIONS
Marfin V.V.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЛИДАРЫ ПО ПРОЕКТАМ PILOT-D И LEIA ДЛЯ ЛУННЫХ МИССИЙ 77
Марфин В.В.

EXPERIMENTAL LIDAR DESIGNS PILOT-D AND LEIA FOR LUNAR MISSIONS
Marfin V.V.

МНОГОУРОВНЕВЫЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ МОЩНОСТИ БОРТОВОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПРИВОДОВ ОРИЕНТАЦИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ .. 82
Баженов И.М., Лизунов А.А., Лизунов С.А., Маслов А.И.

A MULTILEVEL METHOD FOR OPTIMIZING ONBOARD POWER CONSUMPTION AND POSITIONING ACCURACY OF ORIENTATION DRIVES IN THE SIMULATION OF ELECTROMECHANICAL SOLAR ARRAY ROTATION SYSTEMS FOR SMALL SPACECRAFT
Bazhenov I.M., Lizunov A.A., Lizunov S.A., Maslov A.I.

Секция 1. «ИССЛЕДОВАНИЕ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО И ИСТОРИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ» 86

«ИССЛЕДОВАНИЕ МИРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ РЕАКТИВНЫМИ ПРИБОРАМИ» В ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ: К 100-ЛЕТИЮ СО ВРЕМЕНИ ИЗДАНИЯ (1926-2026) 86
Желнина Т.Н.

«INVESTIGATION OF WORLD SPACES BY REACTIVE VEHICLES» IN THE HISTORY OF COSMONAUTICS: ON THE 100TH ANNIVERSARY OF ITS PUBLICATION (1926–2026)
Zhelnina T.N.

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ЕГО СОВРЕМЕННИКИ ОБ УЛУЧШЕНИИ ПРИРОДЫ ЧЕЛОВЕКА 99
Хорунжий А.В.

K.E. TSIOLKOVSKY AND HIS CONTEMPORARIES ON THE IMPROVEMENT OF HUMAN NATURE
Khorunzhiy A.V.

ОБРАЗ БУДУЩЕГО В УТОПИЧЕСКИХ ПРОЕКТАХ В.Ф. ОДОЕВСКОГО И К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО..... 112
Блохин В.В.

THE IMAGE OF THE FUTURE IN THE UTOPIAN PROJECTS OF V.F. ODOEVSKY AND K.E. TSIOLKOVSKY
Blokhin V.V.

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА В УТОПИИ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО.. 117
Романенко М.А.

THE EVOLUTION OF THE HUMAN BODY IN K.E. TSIOLKOVSKY'S UTOPIA
Romanenko M.A.

ЛИЧНОСТЬ ЦИОЛКОВСКОГО НА ФОНЕ СРЕЗА ЭПОХИ: ГЕНИАЛЬНЫЕ МЫСЛИ, ПРОЕКТЫ, ЗАБЛУЖДЕНИЯ 122
Круглов В.Н.

THE PERSONALITY OF TSIOLKOVSKY AGAINST THE BACKGROUND OF THE EPOCH: GENIUS IDEAS, PROJECTS, AND MISTAKES
Kruglov V.N.

ИСТОРИЯ АВТОБИОГРАФИЧЕСКИХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ К.Э ЦИОЛКОВСКОГО 129
Желнина Т.Н.

THE HISTORY OF THE AUTOBIOGRAPHICAL WORKS OF K.E. TSIOLKOVSKY
Zhelnina T.N.

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ПЕРВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ 144
Дружинин Ю.О.

K.E. TSIOLKOVSKY AND THE FIRST IDEAS ABOUT THE IMPLEMENTATION OF SPACE COMMUNICATIONS
Druzhinin Yu.O.

К.Э. ЦИОЛКОВСКИЙ И ОПЫТЫ ПО ВЫРАБОТКЕ ОБЩЕЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ЯЗЫКА В XX-XXI ВВ. 147
Моругова А.Д.

K.E. TSIOLKOVSKY AND EXPERIMENTS IN THE DEVELOPMENT OF A COMMON HUMAN LANGUAGE IN THE XIX-XXI CENTURIES
Morugova A.D.

АКАДЕМИК А.Ф. БОГОМОЛОВ: НАУЧНЫЙ ВКЛАД В КОСМИЧЕСКУЮ ОТРАСЛЬ 155
Канунова Л.Н.

ACADEMICIAN A.F. BOGOMOLOV: SCIENTIFIC CONTRIBUTION TO THE SPACE INDUSTRY
Kanunova L.N.

КОНСТРУКТОР АВИАЦИОННОЙ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ П.В. ЦЫБИН 159
Герасютин С.А.

DESIGNER OF AVIATION AND ROCKET-SPACE TECHNOLOGY P.V. TSYBIN
Gerasjutin S.A.

К.П. ФЕОКТИСТОВ – КОНСТРУКТОР, ПОКОРИВШИЙ КОСМОС. К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ 162
Колпаков П.А.

K.P. FEOKTISTOV – THE DESIGNER WHO CONQUERED SPACE TO THE 100TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH
Kolpakov P.A.

МАТЕРИАЛЫ К БИОГРАФИИ Ю.В. КОНДРАТЮКА В МУЗЕЕ КОСМОНАВТИКИ ИМЕНИ Ю.В. КОНДРАТЮКА В НОВОСИБИРСКЕ 168
Мироненко А.И.

MATERIALS FOR A BIOGRAPHY IN THE YU. V. KONDRATYUK COSMONAUTICS MUSEUM IN NOVOSIBIRSK
Mironenko A.I.

ИЗ ИСТОРИИ РАЗРАБОТКИ ДВИГАТЕЛЯ ОРМ-65 (К 90-ЛЕТИЮ С НАЧАЛА СОЗДАНИЯ) 181
Судаков В.С., Колинова С.А.

FROM THE HISTORY OF ORM-65 ENGINE CREATION (ON THE 90TH ANNIVERSARY OF ITS CREATION START)
Sudakov V.S., Kolinova S.A.

«ИНТЕРСПУТНИК»: ПОРЯДОК ОРГАНИЗАЦИИ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ 184
Батченко В.С.

«INTERSPUTNIK»: ORGANIZATION AND OPERATION PRINCIPLES
Batchenko V.S.

ПРОГРАММА «ЭНЕРГИЯ» - «БУРАН»: ВЗГЛЯД ИЗНУТРИ (ПО ВОСПОМИНАНИЯМ ВЕДУЩЕГО КОНСТРУКТОРА А.М. МАХНОВСКОГО) 187
Махновская М.В., Колпаков П.А.

THE "ENERGIA"-"BURAN" PROGRAM: AN INSIDE VIEW (BASED ON THE MEMOIRS OF LEAD DESIGNER A.M. MAKHNOVSKY)
Makhnovskaya M.V., Kolpakov P.A.

РАЗВИТИЕ ИДЕЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В РАБОТАХ Ф.Ю. ЗИГЕЛЯ 191
Ситникова М.В.

THE DEVELOPMENT OF THE IDEAS OF K.E. TSIOLKOVSKY IN THE WORKS OF F.YU. SIEGEL
Sitnikova M.V.

Ю.П. ПОХИТОНОВ – ХРАНИТЕЛЬ ПАМЯТИ КИНОСТУДИИ «ЦЕНТРНАУЧФИЛЬМ» 195
Мусатова Т.П.

Yu.P. POKHITONOV - THE KEEPER OF THE HISTORY OF THE TSENTRNAUCHFILM FILM STUDIO
Musatova T.P.

ЛИТОГРАФИЯ Р.К. ЖУКОВСКОГО «ВОЗВРАЩЕНИЕ ВОЗДУХОПЛАВАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ИЗ БОМБЕЯ, ЧЕРЕЗ КАЛУГУ, В ЛОНДОН» (1843) КАК ИСТОРИКО-КРАЕВЕДЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК 199
Максимовская Н.А.

R.K. ZHUKOVSKY’S LITHOGRAPH “THE RETURN OF THE AERIAL MACHINE FROM BOMBAY VIA KALUGA TO LONDON” (1843) AS A HISTORICAL AND LOCAL HISTORY SOURCE
Maximovskaya N.A.

ОТРАЖЕНИЕ ИДЕЙ К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО В ТВОРЧЕСТВЕ ХУДОЖНИКА АЛЕКСАНДРА ГОЛУБЕВА 205
Мишина-Голубева Е.А.

REFLECTION OF K.E. TSIOLKOVSKY'S IDEAS IN THE WORK OF ARTIST ALEXANDER GOLUBEV
Mishina-Golubeva E.A.

Секция 2. «ПРОБЛЕМЫ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ»..... 208

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОРГАНИЗАЦИИ ГОРЕНИЯ ВОДОРОДА В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ 208
Аль Аффи Хади

COMPARATIVE ANALYSIS OF HYDROGEN COMBUSTION ORGANIZATION METHODS IN AVIATION GAS TURBINE ENGINE COMBUSTION CHAMBERS
Al Affi Hadi

ЛАЗЕРНЫЙ РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ С МАГНИТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ПЛАЗМОЙ ОПТИЧЕСКОГО РАЗРЯДА 211
Бикмучев А.Р., Сочнев А.В.

LASER ROCKET ENGINE WITH MAGNETIC CONTROL OF OPTICAL DISCHARGE PLASMA
Bikmuchev A.R., Sochnev A.V.

ПЕРЕБАЗИРУЕМОСТЬ КАК НОВОЕ КАЧЕСТВО ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОДГОТОВКИ И ПУСКА РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ СВЕРХЛЁГКОГО КЛАССА..... 214
Богачев Э.А., Гераськин А.М.

REDEPLOYABILITY AS A NOVEL ATTRIBUTE IN EVALUATING A TECHNICAL CONFIGURATION OF LAUNCH COMPLEXES FOR PREPARATION AND LAUNCH OF SMALL LAUNCH VEHICLES . 214
Bogachev E.A., Geraskin A.M. 214

К ВОПРОСУ О КОНТРОЛЕ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БОРТОВУЮ АППАРАТУРУ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

ПРИ СОЗДАНИИ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ 218
Власенков Е.В., Хамидуллина Н.М., Комбаев Т.Ш., Артемов М.Е.

ON THE ISSUE OF CONTROLLING RADIATION IMPACT ON THE ONBOARD EQUIPMENT OF SPACECRAFT DURING THE CREATION OF AN ATOMIC POWER PLANT ON THE SURFACE OF THE MOON
Vlasenkov E.V., Khamidullina N.M., Kombaev T.Sh., Artemov M.E.

ПРИМЕНЕНИЕ АРХИТЕКТУРЫ СВЕРТОЧНЫХ АВТОЭНКОДЕРОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ В ТЕЛЕМЕТРИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ С ИНФЕРЕНСОМ НА НЕЙРОВЫЧИСЛИТЕЛЕ 220
Гавриков М.М.

APPLICATION OF CONVOLUTIONAL AUTOENCODER ARCHITECTURE FOR ANOMALY DETECTION IN SPACECRAFT TELEMETRY WITH INFERENCE ON A NEURAL COMPUTER
Gavrikov M.M.

ПЛАЗМЕННО-ЖИДКОСТНАЯ СВАРКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ 223
Гайсин А.Ф., Каюмов Р.Р., Фахрутдинова И.Т.

PLASMA–LIQUID WELDING OF ALUMINUM AND ITS ALLOYS FOR SPACECRAFT APPLICATIONS
Gaisin A.F., Kayumov R.R., Fakhrutdinova I.T.

ПЛАЗМЕННО-ЖИДКОСТНАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ 3D ПЕЧАТИ, ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 227
Гайсин Ф.М., Гайсин А.Ф., Каюмов Р.Р.

PLASMA-LIQUID TREATMENT OF METAL PARTS PRODUCED BY ADDITIVE MANUFACTURING FOR SPACE INDUSTRY
Gaysin F.M., Gaisin A.F., Kayumov R.R.

САМАЯ ЛЁГКАЯ КУБИЧЕСКАЯ СИЛОВАЯ РАМА ДЛЯ КОРПУСА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА 229
Голубев А.М.

THE LIGHTEST CUBIC POWER FRAME FOR AN AIRCRAFT BODY
Golubev A.M.

СРАВНЕНИЕ МАССЫ КОРПУСОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В ВИДЕ ТОРА И ЛЕПЕСТКОВОГО ТОРА С УЧЁТОМ ГАБАРИТНОГО ОГРАНИЧЕНИЯ 233
Екимовская А.А.

COMPARISON OF THE MASS OF SPACE VEHICLES IN THE FORM OF A TORUS AND A PETAL TORUS, TAKING INTO ACCOUNT THE DIMENSIONAL RESTRICTION
Yekimovskaya A.A.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНО-СИЛОВОЙ СХЕМЫ КРЫЛА В ФОРМЕ ТРЕУГОЛЬНИКА РЁЛО 237
Кирнева К.Д.

FEATURES OF THE STRUCTURAL-STRENGTH SCHEME OF THE WING IN THE FORM OF A RÖLOH TRIANGLE
Kirneva K.D.

ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО РЕЖИМА РАБОТЫ РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА 240
Солдатенко В.П.

RATIONALE FOR ENERGY-SAVING OPERATING MODE OF A SPACE VEHICLE'S ROBOT-MANIPULATOR
Soldatenko V.P.

УЧЁТ СТОХАСТИЧЕСКИХ НЕГАТИВНЫХ ФАКТОРОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ В РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЯХ МОНИТОРИНГА КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА 243
Захаров А.С., Захарова Л.А.

CONSIDERATION OF STOCHASTIC NEGATIVE FACTORS OF VARIOUS NATURE IN SPACE MONITORING RADARS
Zakharov A.S., Zakharova L.A.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОБМЕНА ДАННЫХ С АЭРОКОСМИЧЕСКИМИ КОМПАНИЯМИ И КРЕДИТНО-ФИНАНСОВЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАНТОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ..... 247
Захаров А.С., Паршин Е.А., Федоров Н.Н.

A MODEL OF A DATA EXCHANGE SYSTEM WITH AEROSPACE COMPANIES AND FINANCIAL INSTITUTIONS USING QUANTUM COMMUNICATIONS
Zakharov A.S., Parshin Ye.A., Fedorov N.N.

МЕТОДИКА СКВОЗНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ МИССИЙ КА С МАЛОЙ ТЯГОЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ЛИНЕАРИЗАЦИИ 251
Казмерчук П.В., Вернигора Л.В.

A METHOD OF END-TO-END OPTIMIZATION OF LOW-THRUST SPACECRAFTS MISSIONS BASED ON THE LINEARIZATION METHOD
Kazmerchuk P.V., Vernigora L.V.

УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИКОЙ СИСТЕМЫ С НЕЛИНЕЙНЫМ АЛГОРИТМОМ В ВИДЕ СТЕПЕННОЙ ФУНКЦИИ 255
Канушкин С.В., Керин И.О., Мишин И.И.

CONTROL OF THE SYSTEM DYNAMICS WITH A NON-LINEAR ALGORITHM IN THE FORM OF A POWER FUNCTION
Kanushkin S.V., Kerin I.O., Mishin I.I.

О КОНЦЕПЦИИ ЛУННОГО РАКЕТНОГО ТРАНСПОРТА 257
Кислицкий М.И.

ABOUT THE CONCEPT OF MOON ROCKET TRANSPORT
Kislitsky M.I.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИСТОРИЧЕСКИХ ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ СЕРИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ GOES..... 261
Комбаев Т.Ш., Артемов М.Е., Хамидуллина Н.М.,Власенков Е.В.

SOFTWARE FOR PROCESSING HISTORICAL SPACE WEATHER DATA FROM THE GOES SERIES OF SPACECRAFTS
Kombaev T.Sh., Artemov M.E., Khamidullina N.M., Vlasenkov E.V.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАМИНАРНЫХ, ПЕРЕХОДНЫХ И ТУРБУЛЕНТНЫХ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЙ И ТЕПЛООБМЕНА В КАНАЛАХ С ПОЛУКРУГЛЫМИ ТУРБУЛИЗАТОРАМИ ДЛЯ ТЕПЛООБМЕННИКОВ АВИАЦИОННОЙ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ..... 264
Лобанов И.Е., Ткаченко Е.А., Шумейко А.М.

MODELING OF LAMINAR, TRANSITIONAL, AND TURBULENT FLOW REGIMES AND HEAT EXCHANGE IN CHANNELS WITH SEMI-CIRCULAR TURBULIZERS FOR HEAT EXCHANGERS IN AVIATION AND ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY
Lobanov I.E., Tkachenko E.A., Shumeiko A.M.

ПОЛУЧЕНИЕ ТРУБНЫХ ПЕРЕХОДНИКОВ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ СТЫКОВОЙ СВАРКОЙ ДУГОЙ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ 267
Люкс Д.И., Сидякин В.А.

PRODUCTION OF PIPE FITTINGS FROM DIVERSE MATERIALS BY LOW-PRESSURE ARC WELDING
Lux D.I., Sidyakin V.A.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ОРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЗЗ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ МЬЯНМА 269
Старков А.В., Аунг Мьо Тант, Най Хтет Линн, Каунг Хтет Вин

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR THE FORMATION OF AN ORBITAL CONSTELLATION OF SMALL REMOTE SENSING SATELLITES FOR THE rEPUBLIC OF MYANMAR
Starkov A.V., Aung Myo Thant, Nay Htet Linn, Kaung Htet Win

СТАБИЛИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПУТЁМ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ..... 273
Стрельников И.В.

STABILIZATION OF GEOMETRIC DIMENSIONS OF WELDED SPACECRAFT STRUCTURES BY VIBRATION TREATMENT
Strelnikov I.V.

АКТИВНЫЙ ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ИЗДЕЛИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ 280
Филатов А.А., Чулков Д.И., Терехин А.В.

ACTIVE THERMOVISION CONTROL OF PRODUCTS OF SPACE BRANCH
Filatov A.A., Chulkov D.I., Terekhin A.V.

ПРЕДИКТИВНЫЙ АНАЛИЗ КАК СРЕДСТВО ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВАРИЙ НА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ КОСМОДРОМОВ 285
Хабибуллин И.И., Алтунин В.А., Мухамеджанов А.И.

PREDICTIVE ANALYSIS AS A MEANS OF PREVENTING ACCIDENTS AT COMPRESSOR STATIONS OF SPACECRAFT THERMOSTATING
Khabibullin I.I., Altunin V.A., Mukhamedzhanov A.I.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТРОСОВОГО РАЗГОННОГО УСТРОЙСТВА В КАЧЕСТВЕ КАТАПУЛЬТЫ ДЛЯ ЗАПУСКА ГРУЗОВ С ПОВЕРХНОСТИ ЛУНЫ НА ЗЕМЛЮ 288
Худяков С.Н.

ON THE USE OF A CABLE ACCELERATOR DEVICE AS A CATAPULT FOR LAUNCHING LOADS FROM THE SURFACE OF THE MOON TO EARTH
Khudyakov S.N.

АЛГОРИТМ РАСЧЁТА ЧАСТОТЫ ОДИНОЧНЫХ ЭФФЕКТОВ, СОЗДАВАЕМЫХ ИОНИЗИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА И БОРТОВЫХ РАДИОИЗОТОПНЫХ ИСТОЧНИКОВ, С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА..... 292
Черников П.С.

ALGORITHM FOR CALCULATING THE FREQUENCY OF SINGLE-EVENT EFFECTS CAUSED BY IONIZING RADIATION OF SPACE AND ON-BOARD RADIOISOTOPE SOURCES USING A THREE-DIMENSIONAL MODEL OF A SPACECRAFT
Chernikov P.S.

ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ..... 295
Клюшников В.Ю.

TECHNOLOGIES OF DISTRIBUTED SPACE SURVEILLANCE SYSTEMS
Klyushnikov V.Yu.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ДИНАМИКИ НЕЛИНЕЙНОГО ОБЪЕКТА С АДАПТАЦИЕЙ В ОСОБЫХ ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЯХ 298
Канушкин С.В., Мелентьев А.Е.

STABILIZATION OF THE DYNAMICS OF A NON-LINEAR OBJECT WITH ADAPTATION IN SPECIAL PHASE STATES
Kanushkin S.V., Melentyev A.E.

ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЖРД НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И ИЗМЕРЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ 300
Мартиросов Д.С., Смагин М.В.

FUNCTIONAL DIAGNOSTICS PRINCIPLES OF LIQUID ROCKET ENGINES BASED ON DYNAMIC MODELS AND MEASURED PARAMETERS
Martirosov D.S., Smagin M.V.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОНЕНТОВ СУРРОГАТНЫХ ТОПЛИВ В АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ. ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ Н-ГЕКСАДЕКАНА 303
Александров И.С., Герасимов А.А., Григорьев Б.А.

THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF SURROGATE FUELS COMPONENTS IN AVIATION TECHNOLOGY. THERMAL CONDUCTIVITY OF N-HEXADECANE
Aleksandrov I.S., Gerasimov A.A., Grigoriev B.A.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДЕРЖКИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ АВИАЦИОННОГО СКОНДЕНСИРОВАННОГО ТОПЛИВА 310
Яновский Л.С., Ежов В.М., Ильина М.А., Червонная Н.А., Новаковский Д.В.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF IGNITION DELAY OF AVIATION CONDENSED FUEL
Yanovsky L.S., Yezhov V.M., Ilyina M.A., Chervonnaya N.A., Novakovsky D.V.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТИ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА С ДОБАВЛЕНИЕМ ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНОЙ ПРИСАДКИ 313
Яновский Л.С., Ежов В.М., Червонная Н.А., Ильина М.А., Новаковский Д.В.

INVESTIGATION OF THE FLAMMABILITY OF HYDROCARBON FUELS WITH THE ADDITION OF AN ANTI-TURBULENT ADDITIVE
Yanovsky L.S., Yezhov V.M., Chervonnaya N.A., Ilyina M.A., Novakovsky D.V.

ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ МОТОРНЫХ МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ АВИАЦИОННОГО РОТОРНО - ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ 316
Яновский Л.С., Ежов В.М., Ильина М.А., Козлов А.Л.

STUDIES OF CHANGES IN THE OPERATIONAL PROPERTIES OF ENGINE OILS IN THE CONDITIONS OF AN AIRCRAFT ROTARY PISTON ENGINE
Yanovsky L.S., Yezhov V.M., Ilyina M.A., Kozlov A.L.

ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВОЛОКОННОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ВЕРНЬЕ.. 318
Крылов М.Р., Любимов Е.Е., Аглиуллин Т.А.

INCREASING THE SENSITIVITY OF A FIBER TEMPERATURE SENSOR BASED ON THE OPTICAL VERNIER EFFECT
Krylov M.R., Lyubimov E.E., Agliullin T.A.

РАЗРАБОТКА МУЛЬТИТОПЛИВНОЙ ФОРСУНКИ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОВЫШЕННОГО РЕСУРСА..... 322
Алтунин К.В., Габдуллин Р.Д., Гадельшин Т.Э., Калмыков Ф.В.

DEVELOPMENT OF A MULTI-FUEL NOZZLE FOR AIR-BREATHING JET ENGINE
Altunin K.V., Gabdullin R.D., Gadelshin T.E., Kalmykov F.V.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ТУРБИН ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ И ТУРБОВАЛЬНЫХ ГТД, А ТАКЖЕ НАЗЕМНЫХ ГТУ ДЛЯ ГПА 327
Великанова Н.П., Великанов П.Г., Новожилов А.А.

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF OPERATIONAL FACTORS ON THE DURABILITY OF TURBINE WORKING BLADES OF GAS GENERATORS OF TURBOJET AND TURBOSHAFT GTE, AS WELL AS GTE FOR GPU
Velikanova N.P., Velikanov P.G., Novozhilov A.A.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ И УРОВНЯ ДЕТАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДИСКОВ ТУРБИН ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ И ТУРБОВАЛЬНЫХ ГТД, А ТАКЖЕ КОНВЕРТИРУЕМЫХ НАЗЕМНЫХ ГТУ ДЛЯ ГПА..... 332
Великанова Н.П., Великанов П.Г., Новожилов А.А.

EVALUATION OF THE IMPACT OF OPERATIONAL FACTORS AND THE LEVEL OF MODEL DETAILING ON THE DURABILITY OF DISKS OF GAS TURBINE GENERATORS OF TURBOJET AND TURBOSHAFT GTE, AS WELL AS OF CONVERTIBLE GTE FOR GPU
Velikanova N.P., Velikanov P.G., Novozhilov A.A.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПРИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТУПЕНИ В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ КОНДЕНСАТА 336
Дяминова А.А., Футин В.А.

DESIGN FEATURES OF THE ORGANIZATION PRESSURE MEASUREMENTS DURING BENCH TESTS OF CENTRIFUGAL COMPRESSOR STAGE IN CONDENSATE CONDITIONS
Dyaminova A.A., Futin V.A.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОННЫХ СИСТЕМ В СОСТАВЕ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ 342
Кузнецов А.А., Валиуллин Ш.Р., Жумаев Ф.Ш.

PRACTICAL RESULTS OF USING PHOTON SYSTEMS AS PART OF ON-BOARD EQUIPMENT OF CUBESAT
Kuznetsov A.A., Valiullin Sh.R., Zhumaev F.Sh.

МИССИИ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ КАИ-3 И КАИ-4 345
Кузнецов А.А., Валиуллин Ш.Р., Жумаев Ф.Ш.

MISSIONS OF CUBESATS` KAI-3 AND KAI-4
Kuznetsov A.A., Valiullin Sh.R., Zhumaev F.Sh.

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПО БОРЬБЕ С ОСАДКООБРАЗОВАНИЕМ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТОПЛИВНЫХ И МАСЛЯНЫХ ФИЛЬТРАХ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ 349
Алтунин В.А., Юсупов А.А., Щиголев А.А., Кореев Е.П., Иванов А.А., Черкесас Э.Д., Яновская М.Л.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR DETERMINING THE CAPABILITIES OF ELECTROSTATIC FIELDS TO COMBAT SEDIMENT FORMATION ON METAL FUEL AND OIL FILTERS OF JET ENGINES OF AIR AND AEROSPACE VEHICLES
Altunin V.A., Yusupov A.A., Shchigolev A.A., Koreev E.P., Ivanov A.A., Cherkesas E.D., Yanovskaya M.L.

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСА, НАДЁЖНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ 353
Алтунин В.А., Обухова Л.А., Юсупов А.А., Хабибуллин А.М., Вахитова А.Р., Яновская М.Л.

DEVELOPMENT OF METHODS TO INCREASE RESOURCE, RELIABILITY, SAFETY AND EFFICACYLIQUID PROPELLANT ROCKET ENGINES
Altunin V.A., Obukhova L.A., Yusupov A.A., Khabibullin A.M., Vakhitova A.R., Yanovskaya M.L.

РАЗРАБОТКА МАСЛЯНЫХ ФОРСУНОК ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ 356
Алтунин В.А., Львов М.В., Щиголев А.А., Юсупов А.А., Кореев Е.П., Селянин К.А., Хабибуллин А.М., Вахитова А.Р., Яновская М.Л.

DEVELOPMENT OF OIL NOZZLES FOR AIR JET ENGINES AND AEROSPACE AIRCRAFT
Altunin V.A., Lvov M.V., Shchigolev A.A., Yusupov A.A., Koreev E.P., Selyanin K.A., Khabibullin A.M., Vakhitova A.R., Yanovskaya M.L.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ТОПЛИВНЫХ ФОРСУНОК РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ..... 360
Алтунин В.А., Алтунин К.В., Абдуллин М.Р., Пронин К.А., Поспелов И.В., Хабибуллин А.М., Вахитова А.Р., Щиголев А.А., Яновская М.Л.

DEVELOPMENT OF STRUCTURAL SCHEMES OF FUEL NOZZLES OF REACTIVE ENGINES OF AIR AND AEROSPACE AIRCRAFT
Altunin V.A., Altunin K.V., Abdullin M.R., Pronin K.A., Pospelov I.V., Khabibullin A.M., Vakhitova A.R., Shchigolev A.A., Yanovskaya M.L.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА, НАДЁЖНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОЙ ТЯГИ НА ГИДРАЗИНЕ 364
Алтунин В.А., Давлатов Н.Б., Зарипова М.А., Сафаров М.М., Кореев Е.П., Рыбаков А.В., Яновская М.Л.

DEVELOPMENT OF METHOD OF INCREASING SERVICE LIFE, RELIABILITY, SAFETY AND EFFICIENCY OF LIQUID-PROPELLANT LOW-THRUST ROCKET ENGINES ON HYDRAZINE
Altunin V.A., Davlatov N.B., Zaripova M.A., Safarov M.M., Koreev E.P., Rybakov A.V., Yanovskaya M.L.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОСВОЕНИЕ ЛУНЫ XIII: РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ..... 368
Гусев А.В., Менг Ж., Пинг З.

GEOLOGICAL EXPLORING OF THE MOON XIII: RARE EARTH ELEMENTS
Gusev A.V., Meng J., Ping Z.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ..... 371

AUTHOR INDEX

СОДЕРЖАНИЕ..... 380

CONTENTS