

Космическая энергетика и космические электроракетные двигательные системы – актуальные проблемы создания и обеспечения качества, высокие технологии

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ 20-ЛЕТНЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАШЕЙ СЕКЦИИ

Е.А.Яковлев, А.П.Белоусов (МАИ)

В 1983 г. в программе VII Научных Чтений по космонавтике впервые в составе секции «Теория и конструкция двигателей летательных аппаратов» была образована подсекция «Энергетические установки и электроракетные двигатели», которую возглавили: проф. д.т.н. Д.Д.Севрук (МАИ), проф. д.т.н. Н.В.Белан (ХАИ), проф. к.т.н. Е.А.Яковлев (МАИ) и к.т.н. А.П.Белоусов (МАИ).

Еще в 1982 г. на VI Научных Чтениях по космонавтике на заседаниях секции «Теория и конструкция двигателей летательных аппаратов» были сделаны четыре доклада по актуальной проблемной тематике, связанной с электроракетными двигателями и энергетическими системами космических летательных аппаратов.

В дальнейшем круг научно-технических проблем значительно расширился: рассматривались физические и математические модели рабочих процессов различных типов электроракетных двигателей и бортовых энергетических установок, вопросы надежности, эффективности и оптимизации, результаты стендовых и лётно-космических испытаний, передовые технологии, проблемы метрологического обеспечения, проблемы качества и многое другое.

В работе секции неизменно большое внимание уделялось изложению научно-исторических вопросов, в том числе анализу деятельности отечественных ученых, конструкторов и инженеров в области разработки и создания бортовых энергетических и электроракетных двигателей.

5 февраля 1992 г. на XVI Научных Чтениях по космонавтике на заседании секции был заслушан доклад Д.Д.Севрука «Сергей Павлович Королев – трудные годы жизни и совместной работы».

Заседания секции на XIX Научных Чтениях по космонавтике 2 февраля 1995 г. прошли в музейно-выставочном комплексе МАИ и были посвящены памяти Д.Д.Севрука. С воспоминаниями о Д.Д.Севруке выступили члены кафедры 208 МАИ, а также друзья и сотрудники организаций, которые многие годы работали с Д.Д.Севруком.

Многие годы Д.Д.Севрука связывали теплые, искренние отношения с семьей С.П.Королева. Н.С.Королева, дочь С.П.Королева, поделилась своими воспоминаниями о Д.Д.Севруке.

На XX Научных Чтениях по космонавтике руководителем секции стал академик РАН Н.Н.Пономарев-Степной.

На XXI Научных Чтениях по космонавтике в 1997 г. в связи с 90-летием со дня рождения С.П.Королева на секции был сделан ряд докладов, в которых были впервые освещены вопросы деятельности С.П.Королева в области координации разработок космических энергосиловых установок и электроракетных двигателей.

В связи со значительным расширением и усложнением проблем создания эффективных энергосиловых установок с электроракетными двигателями руководство секции приняло решение о необходимости внесения некоторых уточнений в название секции.

Начиная с XXV Научных Чтений по космонавтике, которые состоялись в 2001 г., секция называется «Космическая энергетика и космические электроракетные двигательные системы – актуальные проблемы создания и обеспечения качества, высокие технологии».

20-летний период деятельности подтвердил важность и актуальность научно-технических проблем, которые рассматриваются на ежегодных заседаниях секции. В работе секции принимают участие представители различных проектно-конструкторских организаций, НИИ и вузов страны.

Всего за 20-летний период деятельности секции было заслушано и обсуждено около 300 научных докладов.

А.В.КВАСНИКОВ И РАЗВИТИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ТЕМАТИКИ В МАИ

Л.А.Квасников (МАИ)

Мы все выходим из МВТУ. В 1930 г. из МВТУ был выделен аэромеханический факультет, ставший впоследствии МАИ. А.В.Квасников сам учился в МВТУ до 3-го курса, посещал занятия научного кружка Н.Е.Жуковского и ушел в 1914 г. вольноопределяющимся в лётную школу, а затем на фронт в Гренадерский

отряд 7-й армии. Летал в сторону Барановичей на воздушную разведку, бомбил, а в 1916 г. сбил установленными им между плоскостями его Ньюпора ракетами немецкий аэростат. Летал в чине прапорщика, но был награжден 6-ю боевыми орденами и получил звание военного летчика.

После революции А.В.Квасников демобилизовался и уехал в г. Томск, в Сибирь, подальше от смуты и потрясений. Доучиваться в Томском Технологическом институте (ТТИ). Окончив его, он стал преподавателем на кафедре легких двигателей у профессора Бутакова, а после отъезда своего шефа в Москву принял заведование кафедрой.

Он создал лабораторию легких двигателей, в ТТИ собрав оставшуюся после разрухи материальную часть различных соединений, а затем вместе со своими учениками создал в мастерских лаборатории двухцилиндровый двигатель воздушного охлаждения. Этот двигатель был установлен на одноместный самолет-моноплан созданный руками студентов и преподавателей института. Его летные испытания были проведены на лугу, за рекой Томь и я на них присутствовал.

Когда в 30-х годах в России начали создавать авиационную промышленность, вопрос об авиадвигателях встал особенно остро. И занимавшийся этой проблемой П.И.Баранов ездил по стране, собирая специалистов и оставшийся после войны и революции задел для организации разработки и производства самолетов и моторов для них. Тогда был создан ЦИАМ, получивший впоследствии имя П.И.Баранова. Тогда же произошло и создание МАИ, а профессор ТТИ А.В.Квасников вместе со своими учениками и студентами в 1931 г. был переведен в Москву, назначен руководить работами по авиамоторной специальности в МАИ, а затем – заведовать кафедрой авиадвигателей, из которой впоследствии выделилась кафедра теории авиадвигателей.

А.В.Квасников, Л.Б.Евангулов, М.С.Штегер и другие, тогда еще молодые преподаватели приняли самое деятельное участие в проектировании и строительстве моторного факультета на новой площадке МАИ у села Всехсвятого и дачно-строительного кооператива художников «Сокол». Примыкавшая к четырехэтажной учебно-аудиторной части корпуса разветвленная одноэтажная часть предназначалась для моторных испытательных стендов с возможностью выкатывать балансирные станки с двигателями в межкорпусные дворники.

На новом месте факультет, таким образом, получил отличную базу для развития научно-исследовательской деятельности. Кафедра теории авиадвигателей – ТАД уделяла большое внимание сложным комбинированным двигательным установкам. Системам с газотурбогенераторным наддувом, реактивным выхлопным патрубкам, насадкам с подсосом воздуха для увеличения реактивной тяги. Впоследствии одна из этих работ и А.В.Квасников получили свидетельство на открытие. Привлечение к преподавательской работе по совместительству талантливых ученых и конструкторов промышленности М.В.Мельникова и Д.Д.Севрука позволило при перестройке кафедры с поршневой на ракетную тематику найти себе почетное место не только в учебном, но и научном плане.

За комплекс работ по испытаниям мощных турбонасосных агрегатов сотрудники кафедры А.В.Квасников, В.А.Целиков и В.В.Рамодина были удостоены Государственной премии. А в 1962 г. на базе научных работ молодых сотрудников и преподавателей кафедр 202 (б.ТАД) и 201 была создана новая кафедра 208 – электроракетных двигателей и энергетических установок под руководством А.В.Квасникова и при строительстве 7-го корпуса МАИ создана производственная база для научных работ по космическим двигателям и энергосиловым установкам. Эти работы проводились в тесном содружестве с предприятиями промышленности и получили высокую оценку и премию Совмина.

АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ КВАСНИКОВ – ВЫДАЮЩИЙСЯ УЧЕНЫЙ И ПЕДАГОГ (к 110-летию со дня рождения)

Б.В.Овсянников (МАИ)

Работы А.В.Квасникова в области поршневых авиационных двигателей капитальный труд «Задачи и упражнения по технической термодинамике», М.-Л.: Госэнергоиздат, 1934, выпущенный на основе литографированного издания 1929 г. и утвержденный как учебник по существу является программированным учебником, по которому учились студенты всех технических вузов страны, изучающих термодинамику.

А.В.Квасников – автор фундаментального труда по тепловому расчету двигателя внутреннего сгорания 1938 г., Энергоиздат, 180 с.

Обобщающий труд многолетних исследований в области комбинированных поршневых авиадвигателей, процессы и балансы в авиамоторных установках (М.: Оборонгиз, 1948), издан в виде альбома таблиц, содержит богатейший материал по исследованию циклов, обмену работой и рабочими телами в элементах сложных авиамоторных установок с наддувом и утилизацией энергии выхлопных газов.

Особо следует отметить работы Александра Васильевича по втеканию и истечению газов, оригинальная работа по втеканию газов в сосуд была выполнена еще в 1926 г., но опубликована значительно позже в 1938 г. (Труды МАИ, №1). Все расчетные соотношения были представлены в обобщенных безразмерных параметрах. Эта работа не потеряла свое значение до сих пор. Вопросы истечения газов

рассматривались в целом ряде работ. Александр Васильевич всесторонне рассматривал возможность повышения эффективности поршневого авиационного двигателя путем использования энергии выхлопных газов, к той тематике относятся исследования по дожиганию продуктов сгорания, пульсирующим турбинам и реактивным выхлопным патрубкам. К этому циклу работ относится книга «Малые турбины комбинированных авиадвигателей» – М.: Оборонгиз, 1953 г. В ней впервые характеристики турбины представлены в обобщенных параметрах и уделено большое внимание моделированию турбин.

Переход кафедры, которую возглавлял А.В.Квасников к подготовке специалистов по ракетным двигателям (1953 г.) вызвал новый творческий подъем и в результате выпущен учебное пособие «Теория жидкостных ракетных двигателей», ч.1, Л.: Судпромгиз, 1959. В этой книге жидкостной ракетный двигатель (ЖРД) был сопоставлен с другими тепловыми двигателями и процессы в нем рассмотрены с общих позиций термодинамики.

Велика роль Александра Васильевича Квасникова в создании научных школ по ряду направлений аэрокосмической техники.

ПАМЯТНЫЕ ВСТРЕЧИ С АЛЕКСАНДРОМ ВАСИЛЬЕВИЧЕМ КВАСНИКОВЫМ (к 110-летию со дня рождения)

В.А.Храбров (РНЦ «Курчатовский Институт»)

К счастью, я имел честь и радость неоднократно встречаться и беседовать с Александром Васильевичем Квасниковым в течение около десяти лет, с начала 60-х годов ушедшего XX века. Эти мои встречи памяты так отчетливо, как будто они происходили совсем недавно. Сразу вспоминаются «крылатые слова» Человека-писателя, философа, гуманиста, гражданского и военного летчика – Антуана де Сент-Экзюпери: «На Земле есть только одна истинная роскошь – это роскошь человеческого общения...».

Воистину, А.В.Квасников – легендарная Личность, Человек, жизнь и деятельность которого достойна описания в книге из серии «Жизнь замечательных людей».

Военный летчик России времен Первой Мировой Войны, крупный Инженер, Ученый, один из организаторов становления и развития авиационной и ракетной техники в СССР, Профессор, Учитель, Человек, широко образованный и эрудированный во многих областях науки, техники, литературы, музыки, живописи, истории, искусства – всего не перечтешь. И все это – Александр Васильевич Квасников, 110 лет со дня рождения которого исполнилось 13 мая 2002 года.

Сначала я услышал об этом замечательном человеке на «режимном» семинаре по электроракетным двигателям (ЭРД), заседания которого под руководством Льва Андреевича Арцимовича и Алексея Ивановича Морозова регулярно происходили с 1960-го года в Институте Атомной Энергии имени И.В.Курчатова, в Отделе Плазменных Исследований (ОПИ) (современное наименование – Институт Ядерного Синтеза).

Большой зал заседаний был всегда переполнен. Участники семинара – представители нескольких десятков (!) организаций СССР – были полны решимости, энергии и энтузиазма выполнить грандиозную цель, а именно – разработать и создать реальные, летные, «штатные» образцы космических ЭРД различных типов и назначения.

Идея ЭРД, впервые высказанная К.Э.Циолковским в 1911 году, должна была быть реально осуществлена на практике, в кратчайшие сроки, также впервые, именно в нашей стране! Такая задача была сформулирована И.В.Курчатовым и С.П.Королевым.

Какие люди активно участвовали в заседаниях семинара! Кроме многочисленных сотрудников ОПИ было много таких же прекрасных людей из многих, многих институтов и «почтовых ящиков» (рассказ о них заслуживает многих отдельных докладов). Среди участников семинара от МАИ – А.В.Квасников, Л.А.Квасников, Л.А.Латышев, И.Г.Па-невин, Г.А.Попов, Б.В.Рыбаков, В.Б.Тихонов, Е.А.Яковлев и другие (прошу извинения, т.к. невозможно всех перечислить).

В то далекое время я особенно сблизился с Г.А.Поповым, который также как и я, занимался импульсными плазменными двигателями. Именно от него я впервые услышал очень хорошие, уважительные слова о его «шефе» – Александре Васильевиче Квасникове.

Оказывается, А.В.Квасникова самые молодые сотрудники любовно, за глаза, называли «дедом»... «Дед» был очень активный, любил и поддерживал все прогрессивное, новое. А.В.Квасников при поддержке С.П.Королева и М.В.Мельникова, «перепрофилировал» кафедру №208 МАИ в Кафедру ЭРД! Это была первая в СССР кафедра такого профиля! «Деду» тогда было около 70-ти лет, В.Б.Тихонову – 36 лет, Г.А.Попову – 26 лет, Е.А.Яковлеву – 31 год, автору данного доклада – 29 лет.

18 декабря 1964 года началась Третья Эра в истории развития Космических двигателей: в СССР, впервые в мире, были успешно испытаны импульсные плазменные двигатели – на КА «Зонд-2», на расстоянии 5400000 км от Земли, на траектории полета к Марсу.

Автор этого доклада имел великую честь и радость, вместе со своим учителем – А.М.Андриановым и своими коллегами – друзьями Л.А.Пецем и А.И.Симоновым (сотрудниками Б.В.Раушенбаха в ОКБ-1), участвовать в изобретении, разработке и создании этих первых летных ИПД. В течение 1960-1964-х годов

эта работа велась очень интенсивно, с перерывами только на сон (ресурсные испытания шли круглосуточно), без выходных и отпусков.

Академик Лев Андреевич Арцимович, строгий, но справедливый в своих оценках, высказал свое мнение А.М.Андрианову, что автор данного доклада заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук сразу, т.е. минуя степень кандидата наук. Одновременно Л.А.Арцимович решил, что окончательное и объективное решение об этом должны принять Ученые Советы МАИ и МФТИ (ибо в ИАЭ имени И.В.Курчатова авторитет Л.А.Арцимовича был столь велик, что об объективной оценке диссертации не могло быть и речи).

И вот, в начале 1965 года, А.М.Андрианов впервые официально меня представил в МАИ А.В.Квасникову. Уже первая встреча навсегда поразила меня. Высокий, стройный, статный «русский богатырь» – витязь Военно-Воздушного Флота России... Красивое, благородное, полное благожелательного достоинства лицо истинно русского Интеллигента, живые, пронизательные глаза, видящие (без слов!) душу и мысли собеседника...

Я имел честь выступить на специальном заседании Кафедры. Были многочисленные, длительные беседы и М.В.Мельниковым, В.Б.Тихоновым, Л.А.Латышевым, И.Г.Паневиним, Е.А.Яковлевым, Г.А.Поповым и другими.

Е.А.Яковлев рассказывал мне как тщательно А.В.Квасников изучал автореферат моей диссертации и какую объективную и высокую оценку он дал ей после детального обсуждения с сотрудниками кафедры.

Защита диссертации состоялась в МФТИ. Итог голосования большого Ученого Совета МФТИ: 25 – «за», «против» – нет. В этом была и огромная заслуга отзыва из авторитетного МАИ, подписанного Александром Васильевичем Квасниковым...

Встречи с ним – незабываемы.

Сейчас в МАИ (как и в других ВУЗах) много так называемых «коммерческих» структур. Очень хочется пожелать руководству МАИ, чтобы был создан «регулярный» механизм отчисления части доходов от этих структур для публикации регулярной биографической серии «Жизнь замечательных людей МАИ».

Пусть наша секция направит официальное предложение об этом в МАИ, за подписью академика Н.Н.Пономарева-Степного.

И пусть имя А.В.Квасникова (и других замечательных людей МАИ) светит новым поколениям молодежи в веках – столько лет, сколько лет будет жив МАИ, будет жива наша Россия!!!

И пусть книга об Александре Васильевиче откроет эту серию «Жизнь замечательных людей МАИ»!

А.В.КВАСНИКОВ – ВОСПОМИНАНИЯ (в период 1948-1971 гг.)

Е.А.Яковлев (МАИ – государственный технический университет)

Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, лауреат Государственной премии СССР, доктор технических наук, профессор Московского авиационного института (МАИ) Александр Васильевич Квасников (1892-1971) был крупным ученым в области авиационных и ракетно-космических двигательных установок, одним из создателей МАИ и факультета №2. Его плодотворная многогранная деятельность в МАИ относится к периоду 1931-1971 гг. Он создал и заведовал вначале кафедрой теории авиационных двигателей (АД-2), а с 1962 года кафедрой 208 (перспективные космические двигательные и энергетические системы), на которых успешно проводились научно-исследовательские работы по многим важным направлениям.

А.В.Квасников принадлежал к знаменитой школе выдающегося русского ученого Н.Е.Жуковского. На протяжении всей активной творческой деятельности А.В.Квасникова, как ученого и педагога высшей школы, четко проявлялся большой интерес к ракетно-космической науке и технике. Он всегда привлекал для работы на кафедрах АД-2 и 208 ведущих специалистов.

А.В.Квасников проявлял большой интерес к работам одного из пионеров отечественной ракетно-космической техники – Фридриха Артуровича Цандера. В своих заметках он отметил, что еще до переезда в 1931 г. в Москву, работая в Томском технологическом институте, он «...каждое лето обязательно приезжал в Москву, где поддерживал связи по Ходынке, знакомился с моторными делами в ЦАГИ (Б.С.Стечкин, Ф.А.Цандер)». В МАИ эти творческие связи с Ф.А.Цандером еще более укрепились, поскольку с первых дней существования МАИ Ф.А.Цандер стал преподавать механику. В дневнике Ф.А.Цандера имеется следующая запись от 21 января 1932 г. «...Подготовил и произвел 43 опыт с прибором ОР-1 для экскурсии студентов из МАИ с проф. Квасниковым... Показал также экскурсии ОР-2 в чертежах и сопло 7».

После организации в 1931 г. Центральной группы по изучению реактивного движения (ЦГИРД) были организованы курсы по реактивному движению, а также ряд профессоров оказывали помощь и содействие советами и консультациями. Среди консультантов был и А.В.Квасников.

В 1934 г. был издан фундаментальный учебник для студентов втузов А.В.Квасникова «Задачи и упражнения по технической термодинамике», в котором на стр.316 был рассмотрен пример, относящийся к оценке характеристик ЖРД.

Автор настоящего доклада впервые познакомился с А.В.Кваснико-вым в 1948 г., когда увлекся научной работой и стал членом Авиационного научно-технического общества студентов (АНТОС) МАИ. Это общество было организовано в 1945 г. и его научным руководителем был назначен А.В.Квасников. Мне приходилось присутствовать на заседаниях Совета АНТОС, которые вел А.В.Квасников. Заседания происходили в вечернее время, после окончания занятий в институте. Запомнилась обстановка заседаний: А.В.Квасников никогда не проявлял желания высказаться первым. На заседаниях Совета наряду со студентами присутствовали научные руководители факультетских Советов АНТОС. В те годы среди студенческой молодежи большой популярностью пользовалась ракетно-космическая тематика. Для координации деятельности в этой области была создана межфакультетская секция АНТОС, которая именовалась Стратосферной секцией.

В период обучения автору пришлось также слушать лекции А.В.Квасникова по теории авиационных двигателей и газовых турбин. Эти учебные дисциплины были не из легких, тем более что лектор не стремился изложить вопросы в упрощенном виде. Да и учебные пособия тоже требовали серьезной проработки, но зато они представляли большой интерес и для специалистов промышленности. Уже после окончания института и получив определенные практические знания и опыт можно было в полной мере ощутить глубину и последовательность научного мышления А.В.Квасникова, который всегда проявлял большой интерес к истории науки и техники.

В августе 1956 г. после собеседования с А.В.Квасниковым я был принят на должность старшего инженера проблемной лаборатории кафедры АД-2, которая была создана совместно с Лабораторией двигателей при ОТН АН СССР. Это был очень интересный и насыщенный период работы. Первый самостоятельный Технический отчет был завершен в феврале 1957 г., он был посвящен термодинамическим свойствам водорода при высоких температурах нагрева (до 50000° абс). В этот период в проблемной лаборатории создавался первый электродуговой плазматрон постоянного тока, и автор доклада выразил желание заняться спектральной диагностикой плазмы. В дальнейшем это направление получило развитие, но при первом обсуждении А.В.Квасников напомнил автору, что один из НИИ уже занимался этим вопросом, но он оказался достаточно сложным.

За короткий срок были созданы оригинальные экспериментальные стенды, оснащенные отечественной аппаратурой для спектрографирования. А.В.Квасников относился с особой тщательностью к разработке методик выполнения испытаний и обработке полученных результатов. Все рукописные материалы он внимательно и очень оперативно прочитывал и снабжал замечаниями.

К концу 1961 г. в недрах кафедры АД-2 была создана научная и лабораторная база по новым перспективным направлениям, что создало базу для образования новой кафедры, которая получила порядковый номер – кафедра 208. Это произошло 40 лет тому назад, в 1962 г. Учебные планы и программы, программы отдельных учебных дисциплин – все эти сложные вопросы решались и координировались А.В.Кваснико-вым. В этот период автор, как доцент новой кафедры выполнял различные виды учебной нагрузки: чтение лекций, написание учебных пособий, постановку новых лабораторных работ и т.п.

А.В.Квасников руководил кафедрой 208 почти 10 лет. Для всех, кто работал на кафедре 208 под его руководством – это очень важный этап жизненного пути. Осознание значимости всего того, что сделал А.В.Квасников, чувство глубокой признательности и благодарности навсегда сохранится в памяти его многочисленных учеников и сотрудников.

РАЗВИТИЕ КОМПЛЕКСНЫХ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ В СОДРУЖЕСТВЕ УНИКАЛЬНЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

И.И.Куркин (МАИ – государственный технический университет)

В отечественной и международной практике создания новых космических и аэрокосмических аппаратов известны многие конкурирующие разработки, имеющие стратегическое значение. Например: ядерные ракетные двигатели для марсианского комплекса; ядерные и солнечные энергетические установки и станции; ракетносители, воздушно-космические комплексы, сверхтяжелые летательные аппараты; комбинированные воздушно-реактивные двигатели; мощные энергетические структуры и др.

Некоторые из них, которые для своего времени можно считать прорывными, проведены с непосредственным участием или под научным руководством генерального конструктора, заведующего кафедрой МАИ Севрука Д.Д.

Среди них:

- Воздушно-реактивные двигательные установки, сопрягаемые с реактором в обеспечение безопасных режимов работы летательных аппаратов.
- Экологически безопасные реакторные блоки с аварийным тепло-аккумулированием.
- Сверхтяжелые атмосферные летательные аппараты (термоплан, гидросамолет, экранолет) для доразгонных функций, организации посадочных операций и освоения отдаленных регионов Земли. Предусматриваются различные модификации известных воздушно-реактивных двигателей для расширения

их функциональных возможностей и обеспечения дополнительных гарантий безопасной эксплуатации ядерных атмосферных аппаратов.

- Комплекс модульно собираемых солнечных электростанций. Предусмотрены солнечные энергоряды, обеспечивающие этапы развития планетных или орбитальных станций. Каждая энергоустановка является комплектующей единицей соответствующего ряда, что позволяет создавать энергокомплексы широкого диапазона мощностей.

- Мощные ядерные установки на основе топливных композиций из микросфер (водородное, ядерное горючее) для многокорабельных схем освоения космоса. Предполагается их длительное нахождение в космосе в выключенном состоянии.

Исследования отечественных концепций осуществлены в сотрудничестве со следующими организациями: ЦНИИМАШ, МАИ в сотрудничестве кафедр 208, 201, 203, 205, 101, 601, ИАЭ им. Курчатова, НИИТП, КБХА, НПО-Энергия, институт Медико-Биологических проблем, ФИАН им. Лебедева, СККБ-Искра, СКБ-Термоплан, ГКНПЦ им. Хруничева, НИИ ПМЭ, НИИЭМ г. Истра и др.

ВОЗДУШНО-КОСМИЧЕСКИЕ КОРАБЛИ (ВКК) С ЯДЕРНЫМИ РЕАКТИВНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ (ЯРД) ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ЗЕМЛИ ОТ АСТЕРОИДНО-КОМЕТНОЙ ОПАСНОСТИ

П.П.Кузнецов (РК «Реновация»),

Л.А.Латышев (МАИ – государственный технический университет),

Н.Н.Пономарев-Степной (РНЦ «Курчатовский Институт»),

Л.В.Рыхлова (ИНАСАН),

Н.Н.Семашко, В.П.Смирнов, В.А.Храбров

(РНЦ «Курчатовский Институт», Институт Ядерного Синтеза)

Проведенный сравнительный анализ реальных кратеров-астроб-лем, образовавшихся при ударе астероидов о Землю, например, Аризонского кратера (диаметр 1,2 км), Попигайского (диаметр ~ 100 км) и других, а также кратеров от ядерных взрывов, например, кратер диаметром 500 м на полигоне под Семипалатинском, с другими кратерами показал, что существуют кратеры диаметром ~ 350 км, ~ 700 км и более. Диаметры астероидов, оставивших такие кратеры, могут быть равны ~ 10÷30 км.

Существуют группы близко расположенных крупных кратеров, образовавшихся, вероятнее всего, при одновременном ударе группы астероидов, возникших при входе в атмосферу Земли из-за распада исходного астероида. Последствия ударов крупных астероидов и групп крупных астероидов могут вызвать глобальную катастрофу, поэтому следует предпринять меры для перехвата этих опасных космических объектов. Поскольку изменение скорости крупного астероида даже при воздействии на него ядерного взрыва мало, то перехват астероидов надо осуществлять на больших расстояниях от Земли, например, в районе орбиты Марса, или даже дальше, от орбиты Земли. Вопрос методов перехвата подлежит комплексному исследованию, задачей которого явится определение исходных данных для проектирования системы защиты Земли и для разработки и создания собственно космического перехватчика. В связи со сложностью управления процессом перехвата и большим временем запаздывания радиосигнала с Земли космический перехватчик должен иметь или беспилотный комплекс управления, способный принимать самостоятельные решения или экипаж, и должен быть обеспечен научно-техническими средствами для диагностики и перехвата опасных астероидов и комет. Для этого требуются ракетно-ядерные средства, технические требования к которым должны быть определены в процессе проведения указанных комплексных исследований. Экипаж и системы наблюдения и управления перехватом должны быть защищены соответствующей радиационной защитой от излучения ядерного взрыва.

Пилотируемые ВКК должны находиться на орбите Марса или на еще большем удалении от Земли. Полезная нагрузка составит около 100 тонн. Для снижения стартовой массы ВКК предлагается применить:

- в качестве двигателя ядерный ракетный двигатель или гиперзвуковой ядерный ракетно-прямоточный двигатель;

- в качестве бортового источника энергии – ядерную энергетическую установку, которая также будет использоваться и для функционирования электроракетных двигателей (ЭРД). Будут использованы ЭРД различного назначения: "маршевые" ЭРД (они же используются для коррекции орбиты ВКК) и ЭРД системы ориентации и стабилизации ВКК, что чрезвычайно важно и необходимо для обеспечения надежного и нормального функционирования как для систем обнаружения и наблюдения потенциально опасных астероидов и комет, так и для систем необходимого воздействия на них (типы воздействия могут быть различными и определяются экипажем по обстоятельствам).

Все названные типы ЯРД, ЭРД прошли в нашей стране длительную разработку (примерно, в течение сорока лет) и поэтому их конкретные летные образцы для «космического наблюдателя-перехватчика» ВКК могут быть разработаны и созданы в сравнительно короткое время.

Необходима серьезная международная программа соответствующих научно-исследовательских работ, предусматривающая разработку всех взаимосвязанных аспектов этой комплексной проблемы создания

"Пограничных Войск Человечества" для защиты Земли от астероидно-кометной опасности на "дальних подступах" от нее.

ИЗМЕНЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОСИЛОВОЙ УСТАНОВКИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ПОЛЕТА К ПОЯСУ АСТЕРОИДОВ, ПРИ РАЗНЫХ ТИПОРАЗМЕРАХ РЕГУЛИРУЕМЫХ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.П.Белоусов, В.В.Багдасарьян, Р.К.Чуян (МАИ)

Одной из перспективных задач, стоящих перед населением Земли при освоении космического пространства, является задача обеспечения полета космических летательных аппаратов (КЛА) к поясу астероидов, лежащему между орбитами Марса и Юпитера.

Для решения этой задачи может быть использована энергосиловая установка (ЭСУ) с одним из наиболее исследованных и отработанных типов электроракетных двигателей (ЭРД) – стационарным плазменным двигателем (СПД).

В данной работе с помощью методов математического моделирования приведены результаты оценок наиболее эффективного использования таких ЭСУ, причем в качестве критерия оценки эффективности (оптимальности) выбрана максимально возможная величина массы полезного груза (М), доставляемого к цели.

Перелет к поясу астероидов может быть разделен на два этапа. На первом этапе на низкую околоземную орбиту высотой $H = 200$ км с помощью ракеты-носителя "Протон" выводится разгонный блок (РБ) с пристыкованным к нему космическим аппаратом (КА). Общая масса КА+РБ равна 20т. Далее РБ переводит КА на высокоэллиптическую орбиту с радиусом в апогее, равным радиусу сферы действия Земли, затем разгонный блок отделяется и начинает работать ЭРД (начальная масса КА в данный момент составляет 6450кг).

В докладе рассматриваются регулируемые в процессе полета СПД трех типоразмеров – SPT-140, SPT-200 и SPT-290, различающиеся между собой величиной среднего диаметра ускорительного коаксиального канала. В качестве источника энергии предполагалось использование ядерного реактора типа «ТОПАЗ-25» с мощностью 30 км и ограниченным ресурсом (не более 2,5 лет), что ограничивало и время перелета Т к поясу астероидов. Результаты проведенных расчетов показали, что время $T < 2,5$ лет при переходе от SPT-140 к SPT-290, например, масса полезного груза, доставляемого к цели, возрастает с 495 кг до 667 кг, а оптимальная масса необходимого рабочего тела (использовался ксенон) уменьшается с 2060 кг до 2009 кг.

Введение ограничения для времени полета $T < 2$ лет приводит к уменьшению величины М соответственно для SPT-140 до 186 кг, а для SPT-290 до 570 кг, а масса рабочего тела возрастает с 2060 кг до 2308 (SPT-140) и с 1936 кг до 2062 кг (SPT-290).

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭРД ДЛЯ КОНКРЕТНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ

А.П.Белоусов, Р.К.Чуян, А.А.Шестаков (МАИ)

Одной из проблем, возникающих при проектировании космических аппаратов (КА), выполняющего конкретную космическую задачу, является проблема выбора оптимальной энергосиловой установки (ЭСУ). Оптимизационная задача является многопараметрической, в качестве критерия оптимизации выбрана суммарная масса ЭСУ, которую следует минимизировать.

В настоящей работе объектом детальной оптимизации является электроракетная двигательная установка (ЭРДУ). Сопряженные системы (энергетическая установка, система хранения и подачи рабочего тела, система управления) представлены укрупненными моделями (моделями-образами).

Представляется, что задача оптимизации может быть разбита на две подзадачи: а) выбор типоразмера ЭРД, отвечающего поставленным условиям, из существующего модельного ряда; б) оптимизация рабочих процессов в двигателе выбранного типоразмера. При решении подзадачи поиска типоразмера ЭРД производится выбор двигателей минимум двух типоразмеров, максимально удовлетворяющие предъявляемым требованиям. При решении подзадачи оптимизации производится поиск оптимального рабочего режима для заданного типоразмера. При этом варьируемыми параметрами являются основные параметры, определяющие работу ЭРД: вектор магнитной индукции, напряжение разряда, массовый расход рабочего тела. В процессе оптимизации производится расчет массы ЭСУ по укрупненным моделям (моделям-образам) сопряженных систем в зависимости от параметров. Целью является поиск минимальной массы ЭСУ для каждого типоразмера и последующий выбор одного из них.

Работа выполнена для ЭРДУ на базе стационарного плазменного двигателя (СПД-70, -100, -140), однако модель может быть расширена и использоваться для расчета ЭСУ с ЭРД других типов.

НОВЫЙ ПОДХОД К ИЗМЕРЕНИЮ ПРОЗРАЧНОСТИ ЗАЩИТНОГО СТЕКЛА СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

А.В.Гаврюшин, А.Б.Надирадзе (МАИ)

Настоящая работа является продолжением начатой в прошлом году работы по исследованию воздействия плазменного потока на поверхность стекла солнечной батареи. Такая ситуация возникает на космическом летательном аппарате, когда во время включения электроракетного двигателя его плазменная струя попадает на солнечную батарею. Воздействие плазменной струи электроракетного двигателя сопровождается множеством физических процессов на поверхности защитных стекол батареи. Такими процессами являются внедрение бомбардирующих ионов, распыление стекла, образование различных дефектов в поверхностном слое и т.д. Так или иначе, перечисленные процессы приводят к изменению структуры поверхности стекла. Как правило, такое изменение является причиной уменьшения прозрачности стекла, которое в свою очередь влечет ухудшение энергетических характеристик солнечной батареи.

Экспериментальное исследование процессов воздействия в прошлой работе характеризовалось использованием более простого технологического оборудования, измерительного оборудования, а также меньшей продолжительностью воздействия плазменного потока на образцы стекла. В связи с этим в настоящей работе реализовано более совершенное оборудование для крепления образцов, большее количество самих образцов, автоматическая система измерения сигналов и большая продолжительность воздействия плазменного потока на стекло.

Методика измерения прозрачности стекла заключается в измерении относительного сигнала светового потока. Измеряются два значения светового потока: через стекло и при его отсутствии. Отношение двух значений характеризует прозрачность (коэффициент пропускания) стекла. В работе в качестве источника и приемника света используются фотодиод и светодиод. Особенностью данного эксперимента являлось размещение фотодиода и светодиода, которые устанавливались непосредственно на экспериментальном модуле. Это позволило практически полностью исключить какое-либо воздействие на них плазменного потока, которое может приводить к изменению спектральных характеристик, и тем самым к искажению результатов измерений.

Использование нескольких образцов стекла позволило рассмотреть больше вариантов параметров воздействия. Это связано с тем, что чем больше таких вариантов будет получено, тем обоснованнее можно будет предполагать и проводить численные расчеты процессов распыления при каких-либо произвольных вариантах параметров воздействия.

В данной работе значительно улучшена система измерений. Если раньше все значения измеряемых величин фиксировались вручную, то теперь использовался аналого-цифровой преобразователь, показания которого анализировались компьютером. Причем компьютер также использовался для управления всей системой экспериментальных модулей, т.е. осуществление открытия и закрытия образцов стекла в требуемой последовательности и заданным интервалом. Использование такой системы позволило регистрировать значения прозрачности с достаточно высокой точностью и получить большую статистику измерений. Относительная погрешность измерения составила 0,01%.

Увеличенная продолжительность воздействия позволила построить зависимость прозрачности стекла от времени на большем интервале. Такая зависимость показала дальнейшее развитие процесса уменьшения прозрачности, которое невозможно было наблюдать в предыдущем эксперименте. Результатом более продолжительного воздействия являлось также образование на поверхности стекла определенного микрорельефа, который был сфотографирован на электронном микроскопе. На фотографии отчетливо видны разных размеров равномерно распределенные впадины.

В дальнейшем планируется разработать теорию и модель, которые устанавливают связь между параметрами воздействия и образующейся структурой поверхности, а также разработать модель зависимости прозрачности стекла от такой структуры поверхности. Использование результатов такой работы позволило бы уменьшить массу солнечной батареи (на 2...3%) за счет обоснованного выбора запасов мощности необходимой для компенсации влияния электроракетного двигателя на батарею.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКРАНОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭРД НА КА «ФОБОС-ГРУНТ»

А.А.Мендеров, А.Б.Надирадзе (МАИ)

В КА «Фобос-грунт» струя маршевых двигателей частично попадает на внутреннюю поверхность юбки аппарата. В результате происходит эрозия юбки и, как следствие, загрязнение аппаратуры и оптически чувствительных поверхностей КА продуктами распыления. В связи с тем, что разработчики данного аппарата предполагают установку аппаратуры не только снаружи, но и внутри юбки, возникает проблема возможного ухудшения работоспособности аппаратуры в связи с загрязняющим воздействием ЭРД. Для

решения данной проблемы предлагается установка защитных экранов либо непосредственно на ЭРД, либо на внутреннюю поверхность юбки КА, подверженную воздействию струи ЭРД.

Поскольку в первом случае возможно значительное нагревание экрана, а так же возникновение дополнительных загрязняющих потоков, обусловленных ионизацией продуктов распыления и их ускорением в электрическом поле струи, данный вариант пока не анализировался.

Во втором случае анализировался вариант установки ряда конических колец на внутреннюю поверхность юбки, с целью изменения направления загрязняющего потока частиц и снижения их воздействия на аппаратуру, расположенную внутри юбки.

В докладе представлены результаты расчета уровня загрязнения приборной панели при различных геометрических параметрах экрана. Рассматривались кольца различной ширины, установленные под различным углом. Установка таких колец в любом случае приводила к снижению загрязнения условной приборной панели. Но наилучшие результаты получились при установке колец с переменным шагом, и ориентированных под переменным углом, учитывающим направление потока частиц из ЭРД. Влияние торцовых поверхностей колец не учитывалось, т.к. отношение площади торцовых поверхностей к площади юбки много меньше единицы.

В результате была найдена геометрия экрана, при которой достигается снижение загрязняющего воздействия ЭРД более чем на два порядка по сравнению с компоновкой КА без экрана. При этом силы, действующие в направлении противоположном силе тяги, практически не изменились.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ В ПРИАНОДНОЙ ОБЛАСТИ УСКОРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА СПД

А.В.Перфильев, Л.А.Латышев, С.А.Хартов (МАИ)

В последнее время широкое применение получили методы математического моделирования, которые применяются для получения предварительных расчетных результатов, анализа и исследования рабочих процессов, происходящих в камере ускорительного канала СПД.

Экспериментальные исследования, проведенные в МАИ на кафедре 208 ранее, показали, что способ подачи рабочего тела и его распределение в прианодной области ускорительного канала и зоне ионизации оказывает влияние на характеристики двигателя. Основываясь на этих фактах, была предпринята попытка, получить распределение нейтральных частиц и подсчитать их концентрацию в прианодной области ускорительного канала СПД при помощи программного моделирования. Известно, что течение нейтральных частиц в ускорительном канале СПД является свободномолекулярным, т.е. длина свободного пробега частиц много больше, чем характерные размеры камеры, частицы не взаимодействуют между собой и режим течения является стационарным.

Рассматривается плоская задача. Для моделирования движения частиц используется метод Монте-Карло. В расчетной модели были сделаны следующие допущения: - при старте частицы со стартовой поверхности, направление движения частицы можно считать равновероятным во всех направлениях, стартовой поверхностью принимаются выходные отверстия анода-газораспределителя; - процесс счета не зависит от времени (стационарный режим); - формируется последовательное прохождение частиц через ускорительный канал. Граничные условия сформированы следующим образом: закон отражения набегающего потока частиц от поверхности стенок камеры ускорительного канала или поверхности анода-газораспределителя – диффузное отражение с учетом изменения температуры частицы, скорости и угла отражения.

Алгоритм расчета реализуется следующим образом: частице на старте задается температура, скорость, координаты x , y и направление движения, которое задается при помощи угла вылета с поверхности. Данные параметры выбираются при помощи датчика случайных чисел, использующего равновероятное распределение. Частица движется прямолинейно до выхода из канала, или до столкновения со стенкой камеры или анода-газораспределителя. При столкновении меняется скорость движения частицы, ее температура и направление движения. Весь цикл расчета происходит до тех пор, пока частица не выйдет из камеры. Далее весь цикл повторяется со следующей частицей. Число частиц участвующих в расчете 50000. Для определения распределения числа частиц вводится программная сетка, в узлах которой накапливается значение количества частиц. Далее строится график распределения частиц по длине и ширине ускорительного канала и оценивается равномерность распределения.

Созданная программа расчета позволяет определить распределение количества частиц по ускорительному каналу СПД. В расчетах рассматриваются два варианта ускорительного канала: с сужением или без и два варианта анода-газораспределителя: с прямой подачей газа и с обратной подачей газа.

По результатам расчетов можно предположить какая конструкция ускорительного канала, при каком варианте анода-газораспределителя является наилучшей по равномерности распределения нейтральных частиц.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

*В.М.Мельников, Г.Г.Райкунов, В.А.Комков, А.И.Рембеза
(НПО измерительной техники, МАИ)*

Разработка технологии и конструкции раскрываемых центробежными силами солнечных батарей из аморфного кремния на основе тонкой полимерной пленки для спутников связи и дистанционного зондирования Земли, откроет возможность существенного улучшения удельной мощности (в 3...10 раз) и компоновки на носителе солнечных батарей космических аппаратов. Аморфно-кремниевые пленочные фото электрические преобразователи обладают уникальным комплексом характеристик (удельная мощность до 2500 Вт/кг при использовании каптона в качестве подложки, малая деградация при ресурсе до 20 лет, возможность укладки в малый объем). Разработанные в последние годы бескаркасные крупногабаритные формируемые центробежными силами конструкции наилучшим образом позволяют реализовать эти характеристики.

Работа ставит своей целью объединить достижения последних лет полученные в России в разработке бескаркасных крупногабаритных космических конструкций, формируемых центробежными силами, и уникальный опыт имеющих в США, по созданию тонкопленочных аморфно-кремниевых солнечных батарей.

В РКК «Энергия» проработана конструкция и привязка к тяжелому спутнику связи солнечной батареи на мощность 70 КВт на базе формируемой центробежными силами конструкции и аморфно-кремниевой батареи на основе из фольги нержавеющей стали толщиной порядка 20 микрон. Разработка базировалась на отечественных возможностях производства таких батарей в КБ «Квант».

Использование вместо подложки из нержавеющей стали тонкой полимерной пленки является следующим шагом на пути получения максимально-удельной мощности солнечных батарей. Такая работа проводится впервые и потребовала в ней участия ведущей по аморфно-кремниевых ФЭП американской фирмы, которая заинтересована во внедрении своих разработок в космическую технику для создания высокоэффективных систем энергоснабжения космических аппаратов и космической энергетики в целом.

К 30-ЛЕТИЮ КОСМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ИСЗ «МЕТЕОР»

В.П.Ходненко (НПП ВНИИЭМ), Ю.П.Рылов (НИИЭМ)

В феврале 1972 г. на ИСЗ «Метеор» были проведены космические испытания ионных двигателей. Двигатели использовали эффект объемной ионизации рабочего тела, в качестве которого использовалась ртуть.

Ионные двигатели были разработаны в ИАЭ им. И.В.Курчатова под руководством профессора П.М.Морозова.

Электроракетная установка (ЭРДУ «Зефир») состояла из пяти блоков: двух двигательных блоков ДБ-1 и ДБ-2, двух блоков высоковольтных выпрямителей БВВ-1 и БВВ-2 и блока автоматики и преобразователей (БАП).

Двигательные блоки и высоковольтные выпрямители устанавливались снаружи, а БАП внутри гермо контейнера спутника.

Основные характеристики ЭРДУ «Зефир»:

Тяга, мН 6...8

Энергопотребление, Вт 550

Полный импульс тяги, кНс 1,44

Удельный импульс, Нс/кг 5*10⁴

Запас рабочего тела, кг 1,56

Масса установки, кг 53,4

Номинальные параметры основных цепей, питающих ионные двигатели:

- ускоряющий электрод 2700 В;
- фокусирующий (промежуточный) электрод 1700 В;
- разряд и стартовый обогреватель 35 В

ЭРДУ управлялась пятью командами с Земли и использовала 13 каналов телеметрической системы.

Испытания подтвердили работоспособность ионных двигателей в условиях космоса. Проверено влияние работы ЭРДУ на радиосвязь с ИСЗ и совместимость с бортовыми системами спутника.

Проведено измерение тяги двигателей. Измеренные значения оказались близкими к ожидаемой величине 7,0 мН. Остальные характеристики ИД соответствовали полученным при наземных испытаниях.

Этап длительных испытаний не был выполнен полностью из-за частичного нарушения нормального режима работы ИД (пробой в ускорительной системе).

В целом космический эксперимент позволил получить большой объем ценных результатов, которые могут быть использованы для создания современных ЭРДУ с ионными двигателями.

НАБЛЮДЕНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ФАЗОВЫХ ГРАНИЦАХ

*Т.М.Билаонова, Л.А.Квасников, А.Б.Митрофанов, К.Г.Мяжков,
А.Ю.Орлов, М.И.Якушин (НИИПМЭ МАИ)*

Комплексом свойств, удовлетворяющим этим требованиям применительно к элементам электронных устройств, обладает метод электронной эмиссионной микроскопии.

Настоящая работа отражает результаты создания комплексного метода изучения физико-химических процессов в материалах различной природы на основе сочетания методов электронно-ионных, электромагнитных, тепловых и других методов возбуждения, детектирования электронной эмиссии в эмиссионном электронном проекционном микроскопе и формировании компьютерного видеоизображения процесса на поверхности в масштабе реального времени.

Принципиальной трудностью для решения этой задачи является возбуждение эмиссии у неметаллических материалов. Суть разрешения этой проблемы заключается в комбинированном воздействии на исследуемые поверхности материалов потоков энергии различной природы.

Особенности образования контраста в электронном эмиссионном микроскопе позволяют наблюдать и исследовать широкий круг явлений на поверхности (фазовых границах) исследуемых материалов и композиций материалов, т.е. наблюдать электронную эмиссию процессов с фазовых границ:

- диффузию компонентов и примесей материалов к поверхности исследуемого материала;
- различные виды поверхностной диффузии;
- адсорбцию и десорбцию элементов и веществ, над поверхностью;
- химические реакции между различными веществами и с самим исследуемым материалом, на поверхности;
- изменения морфологии и топологии твердого тела в процессе различного рода воздействий, например в результате ионного травления поверхности;
- процессы изменения кристаллической структуры исследуемых образцов материалов, в частности, рекристаллизацию;
- образование и исчезновение высокотемпературных фаз, существующих в определенных температурных, концентрационных и временных диапазонах.

Метод электронной эмиссионной микроскопии может быть применен в исследовании физико-химических процессов, по крайней мере, двумя способами:

- фазово-границная поверхность совпадает с плоскостью или поверхностью исследуемого образца,
- фазово-границная поверхность пересекает плоскость или поверхность исследуемого образца.

Проведены исследования и испытания элементов и материалов активной зоны реактора, лопаток авиационных газовых турбин, материалов камер сгорания ракетных двигателей, материалов электронной техники - катодов электронно-лучевых трубок, полупроводниковых пластин в различных состояниях, элементов солнечных батарей и интегральных схем, фотоэлектронных катодов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПУЧКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА ИОНОВ

П.П.Водопьянов, В.Г.Григорьян (МАИ)

Технологические источники ионов (ТИИ) находят все большее применение в современной технологии. С помощью таких устройств производится травление различных материалов на микронные и субмикронные глубины, очистка поверхностей от адсорбированных слоев газа, нанесение тончайших пленок, создание материалов с уникальными физико-химическими свойствами. В связи с этим становится ясно, насколько необходимой является возможность гибкого управления такими важнейшими параметрами ионного пучка, как его однородность, плотность ионного потока и угол расходимости.

С этой целью в МАИ были проведены комплексные исследования по определению локальных параметров пучка ионов, генерируемого ТИИ с электростатической системой ускорения ионов различных типоразмеров. Частью этой работы является экспериментальное нахождение величины плотности тока ионного пучка в его различных сечениях. Объектом исследования являлись ТИИ с характерным диаметром газоразрядной камеры (ГРК) 100 мм. Эксперименты проводились в вакуумной камере объемом 1 м^3 при остаточном давлении газа не выше 10^{-3} Па. В процессе экспериментов производилось введение в пучок зондовой линейки, состоящей из семнадцати плоских зондов с охраняемым кольцом и измерение приходящих на зонды ионных токов. Измерение велось на расстоянии 100, 200 и 300 мм от ионно-оптической системы (ИОС) для установленного набора потенциалов эмиссионного и ускоряющего электродов. Для оценки влияния кривизны ИОС на профиль ионного пучка весь цикл экспериментов повторялся для трех видов

сферической ИОС (в т.ч. для вогнутой) и плоской ИОС. С целью определения влияния диаметра ГРК на профиль пучка, часть экспериментов была так же проведена для ТИИ с диаметром ГРК 50 мм.

МНОГОКИЛОВАТНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ КА НПО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

А.А.Лизунов, В.Р.Заявлин (НПО Машиностроение)

1. Первый этап работы (1960-1988 г.) связан с использованием ядерных энергетических установок (ЯЭУ) разработки НПП «Красная Звезда». Вплоть до 1987 г. НПО Маш. постоянно привлекалась к работе по ЯЭУ (радиационная безопасность, аварийные ситуации и т.д.). Всего запущено 33 объекта с электрической мощностью 3...5 кВт с удельной мощностью ~7 Вт/кг, и ресурсом менее 1 года. Небольшой ресурс ЯЭУ, а также авария («Космос 954») заставили с 1988 года практически отказаться от их использования.

2. Вторым типом многокиловатных ЭУ был водородно-кислородный электрохимический генератор (ЭХГ) мощностью 1,5...2 кВт при ресурсе 15 дней для изучения Луны с экипажем. Ее характеристика ~600 Вт/час/кг выше, чем у лучших образцов серебряно-цинковых аккумуляторов. Топливная батарея разрабатывалась специализированными организациями (ВНИИТ, НИИХИТ), вспомогательные системы и система подачи топлива разрабатывалась в НПО Маш. Создан работающий макет мощностью 1,5 кВт и ресурсом ~700 часов, который не был доведен до летного образца в связи с закрытием программы.

3. Наиболее плодотворной была работа в области солнечных фотоэлектрических систем электропитания (СЭП). Первая СЭП была разработана для изделия «Протон» (1965 г.). Ее особенность – неориентируемая солнечная батарея. Фотоэлементы монтировались на сетке, впервые используемой в качестве подложки.

4. Полет КА «Протон» показал эффективность использования двусторонних батарей, тыльная поверхность которых освещается отраженным от Земли солнечным потоком («альbedo»), что повышает КПД на ~10...15%.

Начиная с 1973 года в составе СБ использовались датчики, фрагменты, панели двусторонних ФП, а уже в 2003 году НПО Маш. использует полностью оснащенные двусторонними ФП солнечные батареи. Двусторонние фотопреобразователи разработаны в НПП «Квант» (В.П.Надоров, В.А.Летин, М.Б.Каган).

5. Разработка каркасов СБ и их систем ориентации является особым разделом проектирования и наземной отработки. Перечень проблем, с которыми сталкиваются разработчики КА при создании СБ сообщается в докладе.

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ МИКРОСПУТНИКА КОЛИБРИ-2000

А.А.Лизунов (НПО Машиностроение)

1. В 2002 году состоялся полет Российско-Австралийского научно-образовательного микроспутника (МС) «Колибри-2000», в котором НПО Маш. разработало и испытало систему электропитания (СЭУ).

Спутник был выведен на круговую орбиту с высотой ~350 км путем отделения специальной аппаратурой из модуля КА «Прогресс».

2. Основная аппаратура КС, предназначена для высокоточных измерений физических параметров космического пространства с помощью:

- анализатора частиц и полей (АЧП);
- трехкомпонентного феррозондового магнитометра (ТФМ);
- 3. Масса МС - 20 кг.; габариты - 400 мм (диаметр), 500 мм (высота).

Из расчета минимальной массы для 4-х месячного ресурса выбран СЭУ на основе солнечных батарей. Параметры СЭУ: мощность 30 4 - 50 Вт; масса 5,1 кг; площадь СБ - 0,5 м²; емкость БХБ – 8,5 Ач.

4. Наиболее интересное техническое решение по СЭУ-механизм раскрытия СБ. После вывода на орбиту, ориентация МС была нештатной, однако благодаря двусторонней ФП мощность была достаточной для обеспечения полета ~ 30 Вт.

В настоящее время СЭУ с СБ МС «Колибри» наиболее миниатюрные и отличаются высокими энергетическими параметрами -10 Вт/кг.

ПОВЫШЕНИЕ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ КА ПУТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ В ИСТОЧНИКЕ ЭНЕРГИИ

В.В.Деркач (ГКБ «Южное», г. Днепрпетровск, Украина)

В современном прогрессивном подходе к развитию космической техники глобально стоит задача перед разработчиками космических аппаратов (КА) применять в своих конструкторских решениях не только новационные технологии, но и максимально использовать уже успешно себя зарекомендовавшие.

Накопителем энергии КА, обычно, выступает химический источник тока – химическая батарея (ХБ), для большинства низкоорбитальных КА никель-кадмиевой электрохимической системы. ХБ состоит из ряда аккумуляторов, необходимое количество которых и их типоразмер зависят от качества и количества энергопотребления бортовой аппаратуры КА.

Одна из первоочередных задач при применении ХБ на борту КА – использование по максимуму ее энергетических возможностей.

Это достигается за счет правильной эксплуатации как ХБ в целом, так и каждого аккумулятора ХБ.

Во избежание нежелательных процессов, происходящих в аккумуляторах в процессе циклирования (заряда/разряда) ХБ в ходе эксплуатации, и, тем самым, продления срока службы ХБ в целом, необходимо управлять процессами работы каждого аккумулятора в отдельности, что является весьма сложной и громоздкой задачей.

Решение поставленной задачи, частично, можно реализовать путем нивелирования емкости тех аккумуляторов, параметры состояния которых на данный момент работы значительно отклоняются от параметров аккумуляторов из числа основной массы. Уменьшение нагрузки с аккумулятора с худшими параметрами во время работы ХБ на разряд и перераспределение зарядных токов между аккумуляторами во время заряда, обеспечивает максимальное использование энергетических возможностей каждого аккумулятора и ХБ в целом, при этом исключаются процессы, оказывающие влияние на снижение ресурса и надежности ХБ.

Данное решение позволит продлить срок эксплуатации каждого конкретного аккумулятора, а значит и ХБ, как составного элемента КА, и повысить энергообеспеченность и срок пребывания КА на орбите.

ПЛОСКИЙ ПРИСТЕНОЧНЫЙ ЗОНД В ПОТОКЕ ПЛАЗМЫ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

М.Н.Алехина (МАИ)

В работе рассматривается плоский пристеночный зонд в потоке низкотемпературной слабоионизованной плазмы. Динамика плазмы и процессов переноса описывались в рамках модели сплошной среды. На диэлектрической стенке располагался плоский прямоугольный зонд. Длина одной стороны зонда много больше другой, что позволило моделировать задачу в двумерной постановке. Магнитное поле направлено перпендикулярно рассматриваемой плоскости, что не нарушает двумерности течения.

Динамика заряженных компонентов описывается уравнениями неразрывности, включающими конвективный перенос нейтральным компонентом, диффузию под действием градиента концентрации и электрического поля, дрейф в магнитном поле.

Уравнение динамики компонентов решались методом крупных частиц. На входной границе задавались параметры невозмущенного потока. На выходной определялись с помощью линейной интерполяции по течению. Ввиду слабой ионизации движение заряженных частиц не влияет на поток нейтрального компонента. Так как число Рейнольдса велико, поле скоростей нейтрального компонента – плоскопараллельно. Задача решалась методом установления.

На каждом временном шаге потенциал рассчитывался с использованием симметризованного итерационного метода верхней релаксации. В качестве начального приближения на каждом временном шаге использовались значения с предыдущего шага. Расчеты показали, что в данной задаче достаточно делать 10 итераций на каждом временном шаге без потери точности решения.

В результате численных экспериментов получены вольт-амперные характеристики при различных значениях магнитного поля, размера зонда, параметрах плазмы.

Полученные результаты уточняют теорию плоского электрического зонда и могут быть использованы на практике при диагностике плазмы.
