



ИКИ

НОЦ

НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ИКИ РАН

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ
КОСМИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ

XV КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ
МОСКВА ИКИ РАН 15 - 17 АПРЕЛЯ 2019

РФФИ
Грант РФФИ
19-02-20003

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ



XVI КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, ПОСВЯЩЕННАЯ ДНЮ КОСМОНАВТИКИ
**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ
КОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**
Москва 15-17 апреля 2019 г.

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Под редакцией
А.М. Садовского

Проведение Конференции поддержано грантом РФФИ, проект 19-02-2003

Серия «Механика, управление и информатика»



**XVI Конференция молодых ученых,
посвященная Дню космонавтики**

**«Фундаментальные и прикладные космические исследования»
ИКИ РАН, Москва, 15-17 апреля 2019 г.**

Сборник тезисов докладов

Под ред. А.М. Садовского

15-17 апреля 2019 г. в Институте космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) состоялась XVI Конференция молодых ученых «Фундаментальные и прикладные космические исследования» (сайт конференции <http://kmi.cosmos.ru>), посвященная Дню космонавтики. Конференция проводилась Научно-образовательным центром ИКИ РАН. В конференции принимали участие студенты, аспиранты и молодые ученые (до 35 лет), чья деятельность связана с космосом и космическими исследованиями. В очередной раз конференция стала самым крупным молодежным форумом, посвященным космической физике. За три дня работы было предоставлено около 150 докладов. «Сборник тезисов Конференции молодых ученых» содержит избранные тезисы, написанные авторами докладов.

Компьютерная верстка: *Кораблева Е.О.*
Дизайн обложки: *Давыдов В.М., Захаров А.Н.*

Электронная версия сборника размещена на сайтах ИКИ РАН <http://www.iki.rssi.ru/print/htm>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОЙСТВА К-ОРТОГОНАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ МАТРИЦЫ ПЕРЕХОДА МЕЖДУ СОСТОЯНИЯМИ КА

А.А. Аскерова

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия, iselaskerova@yandex.ru

Научный руководитель: Н.И. Сидняев, д.т.н.

МГТУ им. Н.Э. Баумана

В большинстве современных космических полетов используются маневры в окрестности планет, мимо которых пролетает КА, что дает возможность существенно сократить потребные энергетические затраты за счет использования для маневра поля притяжения планеты и тем самым повысить массу научного оборудования КА. Однако такие миссии достаточно длительные и требуют точного фазирования относительного расположения нескольких планет (по меньшей мере трех планет: старта, назначения и той, в окрестности которой предполагается осуществление маневра). Вследствие этого они могут быть осуществлены только в определенные моменты времени. Цель применения маневра — изменение величины и направления скорости за счет использования потенциальной энергии планеты, вблизи которой совершается полет. Это изменение вызывает требуемый поворот вектора избытка скорости в планетоцентрическом движении при облете планеты и выгодное его суммирование с орбитальной скоростью планеты.

В данной работе определен и проанализирован коридор траектории спутника, удовлетворяющего условиям космического полета аппарата на участке коррекции орбиты. Решение данной баллистической задачи проводится путем математического моделирования реальных процессов, которые происходят при полете КА. Для такого подхода представлено математическое описание баллистических параметров, внешних условий, в которых протекает полет и взаимодействия КА с внешним пространством, а также произведен анализ поставленных требований и определен состав исходных данных.

В настоящей работе уделяется значительное внимание дифференциальным матрицам перехода между состояниями по положению и скорости для спутников, находящихся на эллиптических орбитах, как с целью исследования оптимальных программ управления ускорением при встрече, так и для оценки рассеяния спутников, движущихся по близким эллиптическим орбитам, при наличии градиента сил [1].

Матрица перехода (между состояниями на эллиптической орбите) отличается от более общепринятых тем, что «скоростная» часть вектора состояния не является истинной скоростью, так как она представляет скорость изменения координаты по углу, а не по времени.

Распространяя результаты Бэттина на более общие матрицы, показано, что матрица перехода Чаунера и Гемпела очень сходна с симплектической, и существует обратная матрица. Кроме того, приведен пример матрицы перехода, которая не является симплектической (или канонической), а является ортогональной.

Получены графические и числовые результаты варьирования возмущающих параметров, влияющие на конечные параметры орбиты и положение КА. Получена матрица корреляции, содержащая информацию о точностных характеристиках выведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидняев Н.И. Обтекание гиперзвуковых летательных аппаратов в условиях поверхностного разрушения. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017. 304 с.

МЕТЕОРНАЯ ЭРОЗИЯ И ЛОКАЛЬНЫЕ РАЗРУШЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА (КА)

Э.В. Белкина

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия, eleanorbelkin@gmail.com

Научный руководитель: Сидняев Н.И., д.т.н.

МГТУ им. Н.Э. Баумана

Настоящая работа посвящена проблеме расчета разрушительного действия метеорных тел, которая указывает на актуальность проводимых авторами исследований, а целью настоящих исследований является защита космических аппаратов (КА) от внешнего воздействия среды [1].

В статье приведены результаты исследований высокоскоростного ударного взаимодействия потока частиц метеорного фона космического пространства со спутниками. Показана важность использования материалов с повышенным сопротивлением отрыву. Обоснованы прочностные параметры обшивки КА, способные выдерживать условия космической среды. Определены вероятности попадания в КА метеорных частиц для выявления срока безопасного функционирования. Описаны эффекты, возникающие при движении микрочастиц в материале, приведены модели взаимодействия твердой частицы с защитой КА [2]. Представлены экспериментальные и аналитические зависимости. Выявлены основные факторы, приводящие к разрушению конструкции несущих поверхностей, и выполнена оценка их влияния на износ поверхности спутников. Для оценки трещиностойкости сверхпрочных материалов для КА использована линейная механика разрушения в широком интервале температур.

В результате исследований оценена опасность столкновения с метеорными телами КА на орбите. Исследована метеорная эрозия и местные разрушения (образования трещин, пробоин) конструкции. Предложены высокопрочные материалы, обладающие большой сопротивляемостью отрыву, применение защитных экранов и многослойных силовых конструкций. Применение материалов с повышенным сопротивлением отрыву наиболее эффективно для защиты от потока микрометеоритов, обуславливающих трещинообразование с внешней поверхности оболочки КА. Трещинообразование обычно сопровождается возникновением волн сжатия в оболочке. Последнее, в свою очередь, приводит к отколу материала внутренней поверхности обшивки. При нестационарном воздействии ударной нагрузки наблюдается интенсификация изнашивания в отдельных местах поверхности КА, вследствие чего на конструктивных элементах формируется характерный рельеф с локальными впадинами и нередко сквозными отверстиями. Наиболее чувствительны к влиянию температуры свойства, характеризующие сопротивление пластической деформации (твердость, пределы прочности и текучести), а также ударная вязкость. Температурные зависимости механических свойств для титана и вольфрама достаточно близки [3]. Их упругие свойства изменяются с температурой в меньшей степени. При высоких температурах наибольшее постоянное напряжение вызывает остаточную деформацию, не превышающую заданного значения (как правило, 0,2 %). Характеристики выносливости зависят от формы и размера несущей поверхности КА. С понижением частоты орбитального нагружения и увеличением абсолютных размеров КА сопротивление усталости падает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидняев Н.И. Обтекание гиперзвуковых летательных аппаратов в условиях поверхностного разрушения. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017. 304 с.
2. Сидняев Н.И. Исследование разрушения поверхности КА при контактном взаимодействии с микрочастицами космической среды/Космические исследования. 2018. Том №56, №3, С. 233–242.
3. Сидняев Н.И., Белкина Э.В. Исследование трещиностойкости несущих поверхностей космического аппарата/ Инженерный журнал: наука и инновации. 2018. №10. <http://engjournal.ru/cata.../arse/dcpa/1814.html>; DOI: 10.18698/2308-6033-2018-10-1814

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОЙ ТЯГИ ДЛЯ КА

С.А. Говор

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия, govor_sa@mail.ru

Научный руководитель: Н.И. Сидняев, д.т.н.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Настоящая работа посвящена исследованию закономерностей функционирования энергетических установок космических аппаратов, а именно двигателей малой тяги с учетом эксплуатационных особенностей многофункциональных спутниковых систем, ориентированных на повышение эффективности управления ими с использованием современных алгоритмов и методов регрессионного и дисперсионного анализов [1, 2]. В статье приведены результаты расчета времени активного существования автоматических космических аппаратов за счет использования современных методов прогнозирования долговечности и оценки эффективности сложных систем. Разработаны методики построения математической модели двигателя малой тяги, а также статистические методы проверки гипотезы адекватности математической модели в различных точках плана факторного пространства [2].

Результаты опытов, проведенных в соответствии с многофакторным планом, обрабатываются так, чтобы по измеренным величинам определить коэффициенты уравнения регрессии заранее выбранного вида (обычно полинома) и получить, таким образом, математическое описание зависимости изучаемых параметров или характеристик объекта (функций отклика) от определяющих факторов и их взаимодействий [1]. Математическое моделирование с таким подходом будет рассмотрено в работах [1, 2, 3]. Если обобщить сказанное выше, электрореактивные двигатели представляют собой комплексные устройства, состоящие из ряда систем, каждая из которых, в свою очередь, состоит из отдельных частей различной сложности. Неполнота и неточность описания процессов затрудняет поиск параметров. При решении задачи времени жизни спутника, как правило, приходится использовать приближенные описания, искать в каждом конкретном случае модель, достаточно простую, но все же отражающую основные характеристики объекта и их связей с другими факторами. Конечно, разработать универсальные модели почти невозможно, поэтому часто приходится использовать различные модели, отражающие те или иные аспекты функционирования одного и того же объекта [2, 3]. При этом всегда необходимо помнить, что очень подробная модель громоздка и неудобна в работе, а слишком простая не дает достаточной информации о рассматриваемых процессах. В статье были построены полиномиальные модели зависимости расхода топлива от высоты, числа маха и удельной тяги [2]. А также была рассмотрена полиномиальная модель зависимости времени жизни спутника от характеристик (высота, температура, сила лобового сопротивления, потребляемая сила тяги, потребляемая мощность, запас рабочего тела).

ЛИТЕРАТУРА

1. Говор, С.А. Определение высотно-скоростных характеристик космических аппаратов методами теории планирования эксперимента / С.А. Говор, Н.И. Сидняев, Л.А. Макриденко, В.Я. Геча, В.В. Онуфриев // Тезисы докладов Четвертой международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного
2. Говор, С.А. Определение высотных характеристик электрических ракетных двигателей космического аппарата методами планирования

- эксперимента / С.А. Говор, Н.И. Сидняев, Л.А. Макриденко, В.Я. Геча, В.В. Онуфриев // Проблемы управления, 2017. № 1.С. 75-85.
3. Говор, С.А. О случайном дрейфе факторов и параметров регрессионной модели / С.А. Говор, Н.И. Сидняев // XV Всероссийская научная конференция «Нейрокомпьютеры и их применение». Тезисы докладов. Москва: ФГБОУ ВО МГППУ, 2017. С. 81.

ВЛИЯНИЕ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА НА АККОМОДАЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Н.С. Климова

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия, natali.lesnyh@gmail.com

Научный руководитель: Сидняев Н.И., д.т.н.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Настоящая работа посвящена исследованию влияния космической погоды на поверхность КА и воздействия основных факторов космического пространства на орбитальный полет КА и спутниковых систем. Рассмотрены принципы и порядок учета метеорологических условий с целью более эффективного использования эксплуатационных траекторных данных КА, повышения безопасности. Особое внимание уделено явлению аккомодации низкоорбитальных спутниковых систем [1]. Изучено проявление Солнечной активности в виде повышенных потоков жесткого электромагнитного и корпускулярного излучения, которые рассмотрены как основной источник космической погоды, создающей опасность для спутниковых систем.

Качественно оценено прямое или косвенное воздействие факторов космической погоды на безопасность спутниковых систем, поверхностную и объемную электризацию КА, деградацию солнечных батарей и материалов КА, аккомодации, одиночные сбои в электронике, аномальное торможение КА и потерю высоты орбиты, на радиосвязь и работу космических радиосистем [2]. Показано, что в периоды сильных геомагнитных возмущений и бурь повышается общий уровень опасности в результате возрастания уровня корпускулярной радиации, возникновения возмущения ионосферы и ионосферных неоднородностей, распухания атмосферы, генерации геомагнитно-индуцированных токов, облегчаются условия проникновения в магнитосферу энергичных частиц.

Аналитические данные об обтекании КА, полученные для условий разреженной среды, значительно разнятся, особенно для параметров трения и теплопередачи, вычисленных по газодинамическим соотношениям для сплошной среды [3]. Такое различие объясняется структурой этих соотношений. Для разреженной атмосферы необходимо пользоваться кинетической теорией, исследующей динамику газа с помощью молекулярной механики. Основные выводы этой теории основываются на принятии дискретной схемы строения, согласно которой среда состоит из соударяющихся молекул, пробегающих достаточно большой свободный путь. Приведены сведения, необходимые для осуществления газодинамических расчетов, связанных с полетами КА в разреженной среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидняев Н.И., Макриденко Л.А., Геча В.Я. Проблемы аккомодации несущих поверхностей низкоорбитальных космических систем/Тезисы докладов Четвертой международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли». –М.: АО «Корпорация «ВНИИЭМ», 2016. С.59-62.
2. Сидняев Н.И. Исследование разрушения поверхности КА при контактном взаимодействии с микрочастицами космической среды/Космические исследования. 2018. Том №56, №3, С. 233-242
3. Сидняев Н.И. Обтекание гиперзвуковых летательных аппаратов в условиях поверхностного разрушения.-М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017. -304 с.

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРБИТАЛЬНЫХ СПУТНИКОВ В УСЛОВИЯХ ОБТЕКАНИЯ РАЗРЕЖЕННЫМ ГАЗОМ

А.А. Логинова

МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия, nastya.loginova@mail.ru

Научный руководитель: Сидняев Н.И., д.т.н., проф.

МГТУ им. Н. Э. Баумана

Настоящая работа посвящена проблеме определения расчета аэродинамических характеристик космических аппаратов при обтекании разреженным газом. Целью представленных исследований является получение данных, необходимых при проектировании и эксплуатации спутника. В докладе приведены результаты исследования плоского движения относительно центра масс неуправляемого спутника под воздействием гравитационного и восстанавливающего аэродинамического моментов. Считается, что набегающий на поверхность спутника поток газа свободномолекулярный, гиперзвуковой, характер взаимодействия молекул с поверхностью зеркально – диффузный и молекулы испытывают однократные соударения с поверхностью спутника [1]. Исследованы существующие методы и модели для решения задач определения аэродинамических характеристик космических аппаратов в свободномолекулярном потоке разреженного газа. Используются различные модели взаимодействия молекул с поверхностью. Представлены результаты расчета различных моделей взаимодействия газа с поверхностью методом Монте-Карло.

Изучены различные случаи взаимодействия молекул с поверхностью спутника. Указаны величины коэффициентов аккомодации нормального и касательного импульсов, полученных экспериментально в ходе исследований. Представлена зависимость коэффициента восстанавливающего аэродинамического момента. Исследуется влияние проектно – баллистических параметров (начальных условий углового движения, запаса статической устойчивости, отношений моментов инерции) на угловое движение спутника (вращение, колебания). Были определены аэродинамические характеристики – коэффициент нормальной и тангенциальной аэродинамических сил при различных углах атаки и значений температурного фактора для соответствующих высот. На основе этих вычислений получены номограммы в зависимости от начальных значений угла атаки, угловой скорости и высот полета, позволяющие определить проектно – баллистические параметры спутников, обеспечивающие заданное угловое движение под действием гравитационного и восстанавливающего аэродинамического моментов при снижении с низких круговых орбит. Представлен полуэмпирический приближенный метод, основанный на численных и экспериментальных данных, для расчетов аэродинамических характеристик сложных тел [2]. Описан мостовой метод [3], использующий факт того, что значения коэффициентов трения и давления основаны на корреляции для сферы методом прямого статистического моделирования Монте – Карло в переходном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидняев Н.И. Исследование разрушения поверхности КА при контактном взаимодействии с микрочастицами космической среды/Космические исследования. 2018. Том №56, №3, С. 233–242.

2. Глухова Л.В., Тимбай И.А. Исследование плоского движения относительно центра масс космического аппарата под действием гравитационного и аэродинамического моментов при снижении с круговых θ . орбит // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2010. №4 (24). С. 30-37.
3. Воронич И.В., Мьинт З.М. Влияние особенностей взаимодействия газа с поверхностью на аэродинамические характеристики космического аппарата // Вестник МАИ. - 2010. - Т. 17. № 3. С. 59-67

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ТЕЛ АЗОТОМ

В.А. Столбова

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия
valeriestolbova@icloud.com*

Научный руководитель: Сидняев Н.И., д.т.н.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

В данной работе представлены результаты исследований, связанных с изучением физико-химических процессов в пристеночном пограничном слое, происходящих при обтекании графитовых образцов азотом. Основное внимание уделяется анализу распределения концентраций химических компонент по толщине пограничного слоя высокоскоростных летательных аппаратов, основанному на детальном учете механизма протекания гетерогенных каталитических реакций в условиях поверхностного массообмена.

Характерной особенностью задач аэродинамики и теплообмена больших сверхзвуковых скоростей является необходимость совместного учета диссипативных процессов, обусловленных вязкостью, теплопроводностью и диффузией, а также физико-химических процессов в газе и на поверхности [1-2]. В таких задачах мы имеем дело с многокомпонентной высокотемпературной химически реагирующей смесью в высокоскоростном потоке. При математической постановке задачи поверхностная активность входит в граничные условия системы уравнений, описывающей многокомпонентное реагирующее течение у каталитической поверхности, в том числе и с учетом массообмена. Эффекты каталитической рекомбинации описываются с помощью введения коэффициентов рекомбинации, которые показывают долю атомов, рекомбинирующих на поверхности. Коэффициенты зависят как от свойств поверхности, так и от условий в газовой фазе и скорости рекомбинации. Следовательно, как в экспериментах, так и в летных условиях требуется применять весьма точные модели течения и методы расчета теплообмена с соответствующими газофазными реакциями.

В настоящей работе сделана попытка количественной оценки теплового потока при рекомбинации различных компонент на графитовой поверхности. Изложены основные свойства течений с большими скоростями с учетом физико-химических превращений около критической точки тела. Предложена математическая формулировка задачи обтекания критической точки и сформулированы граничные условия системы уравнений, описывающей многокомпонентное реагирующее течение у поверхности. Приведены алгоритмы и математическая модель, характеризующие возможности и особенности вычислительного алгоритма. Выявлены, что важнейшими величинами, определяющими концентрации веществ по толщине пограничного слоя на каталитической поверхности, являются коэффициенты скоростей и интенсивность массообмена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидняев Н.И. Обзор методик исследования обтекания гиперзвуковым потоком газа тел с разрушающимся покрытием // Теплофизика и аэромеханика. 2004. Т. 11. № 4. С. 501–522.
2. Сидняев Н.И. Математическое моделирование химического активного пограничного слоя при диффузном режиме окисления/ Необратимые процессы в природе и технике: Сборник научных трудов. Вып. I. / Под ред. Горелика В.С. и Морозова А.Н. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. С. 68-81.