



II ВСЕРОССИЙСКИЙ ФОРУМ
ШКОЛЬНИКОВ, СТУДЕНТОВ
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
с международным участием

«КОСМИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ТОМСК 2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КОСМИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Сборник научных трудов
II Всероссийского форума
школьников, студентов, аспирантов
и молодых ученых
с международным участием

10–12 апреля 2014 г.

Томск 2014

УДК 629.78.002.5
ББК 39.66

Космическое приборостроение: сборник научных трудов II Всероссийского форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Космическое приборостроение» / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 376 с.

ISBN 978-5-4387-0398-3

Сборник посвящён теоретическим и практическим аспектам космического приборостроения. Представлен широкий круг исследований аспирантов, студентов, молодых учёных и школьников.

УДК 629.78.002.5
ББК 39.66

*Сборник издан при финансовой поддержке РФФИ
Грант № 14-08-06811 мол_г_1*

ISBN 978-5-4387-0398-3

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<i>Ананьин А., Дубатов А.</i> Исследования и разработки National Instruments в ведущих мировых университетах	14
<i>Бориков В. Н., Беспалько А. А., Лапшин Б. М., Лидер А. М., Москалев Ю. А., Сиднев Д. А., Солдатов А. И.</i> Методы и приборы неразрушающего контроля	27
<i>Бритова Ю. А.</i> Исследование собственных частот колебаний маховика	37
<i>Быков В. В.</i> Обеспечение тепловых режимов силовой аппаратуры космических аппаратов	41
<i>Гормаков А. Н.</i> УЧЕНЫЙ, ПЕДАГОГ, ОРГАНИЗАТОР ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ (к 85-летию со дня рождения профессора В.И. Копытова)	44
<i>Жаренов И. С., Карпенко С. О., Потанов А. В.</i> Продукция и перспективные разработки компании СПУТНИКС	50
<i>Копытов В. И.</i> Безопорный движитель – основа создания транспортных и космических систем XXI века	53
<i>Костюченко Т. Г.</i> Оптимизация комплекса эксплуатационных характеристик двигателей-маховиков исполнительных органов систем ориентации космических аппаратов на этапе проектирования	56
<i>Огнёва Е. В., Ногов Д. Н.</i> Применение методов неразрушающего контроля при изготовлении автоматических космических аппаратов	61
<i>Прокопьев В. Ю., Кусь О. Н., Оссовский А. В.</i> Малые космические аппараты стандарта CubeSat. Современные средства выведения	64
<i>Учайкина Е. С., Учайкин С. В.</i> Криокоммутатор аналоговых сигналов	66

СЕКЦИЯ №1
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

<i>Аршинова А. А.</i> Космическая экология	68
<i>Баландин Е. А.</i> Волоконно-оптический гироскоп для космического аппарата	71
<i>Баландина Т. Н.</i> Электромеханический исполнительный орган на базе бесконтактного электродвигателя постоянного тока с печатной обмоткой на якоре для малого космического аппарата	75
<i>Вьон Суан Чьен</i> Установка для экспериментального определения моментов инерции и координат центра масс малого космического аппарата	78
<i>Денисова А. А., Гладышев Г. Н.</i> Повышение жесткости шарикоподшипниковой опоры путем изменения упругого предварительного натяга	82
<i>Заранкевич И. А., Ташев В. П.</i> Разработка информационной измерительной системы испытательного огневого стенда ЖРД МТ	84
<i>Затонов И. А., Полюшко Д. А.</i> Космический мусор и современные методы борьбы с ним	87
<i>Иванова А. Г., Кодермятов Р. Э., Самодуров И. Н.</i> Двигатель-маховик в импульсном режиме	91
<i>Исайченко В. И., Татарников Е. В., Потехин М. Е.</i> Совместное использование «Arduino» и «LabVIEW»	93
<i>Ло Ван Хао</i> Реактивные микродвигатели для нано- и пикоспутников	94
<i>Пенкина Т. Ю., Курбатов Е. М.</i> Опыт создания современных систем наведения антенн для КА серии «Луч-5»	98
<i>Пожарский Т. С.</i> Активные системы ориентации и стабилизации искусственных спутников Земли	101
<i>Полюшко Д. А., Затонов И. А.</i> Пушка против космического мусора	104

<i>Потехин М. Е., Татарников Е. В., Исайченко В. И.</i> Космический мусор	106
<i>Татарников Е. В., Исайченко В. И., Потехин М. Е.</i> Радиолокационная станция «ДОН-2Н»	108
<i>Чугунов И. В., Курбатов Е. М.</i> Отработки прецизионных электромеханических систем для КА серии «Луч-5»	109
<i>Шигин Г. В.</i> Способы увеличения сроков активного существования космических аппаратов	112

СЕКЦИЯ №2
ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА В КОСМИЧЕСКОМ
ПРИБОРОСТРОЕНИИ

<i>Батенков К. А.</i> Подходы к оценке взаимной информации дискретного канала связи с учетом операторов модуляции и демодуляции	116
<i>Бояхчан А. А.</i> Система электроснабжения CubeSat	117
<i>Вторушин С. Е.</i> Влияние стационарных тепловых полей на собственные частоты микромеханического гироскопа	119
<i>Ву Доан Кет</i> Определение координат центра фотоснимка при проведении ортофотосъёмки с лёгких и сверхлёгких летательных аппаратов	122
<i>Гасс К. В.</i> Датчик магнитного поля с частотным выходом для криогенных температур	126
<i>Долгих В. С., Литвинов В. П.</i> Разработка и создание гибридных информационно-телекоммуникационных комплексов с использованием передовых технологий HUGES для организации широкополосного спутникового канала передачи геолого- геофизических данных при поиске и разведке месторождений углеводородов	129
<i>Завгородняя М. А.</i> Кремниевый осцилляторный ВЧ генератор в космической электронике	130

<i>Зорина Е. В.</i> МЭМС технологии в космической отрасли	132
<i>Зыль К. А.</i> Исследование магнитных полей моментного двигателя с ленточной намоткой	134
<i>Карюгин К. Л., Клименко Е. В.</i> Система управления зарядным устройством комплекса автоматики и стабилизации	138
<i>Ле Чунг Зунг</i> Микроэлектромеханические датчики давления в космических аппаратах	140
<i>Михайлов Б. О.</i> Разработка модуля информационного обмена для комплекта бортовой аппаратуры	143
<i>Плеханов М. С.</i> Исследование электромагнитного поля привода гироскопа с массивным стальным ротором	145
<i>Салов В. К., Суровцев Р. С.</i> Методика распределения контактов соединителя бортовой аппаратуры, обеспечивающая минимальный импеданс цепи питания	148
<i>Турушев Н. В., Григорьев М. Г.</i> Внедрение технологии наносенсоров в миографические нанобиоинтерфейсы	151
<i>Федюк Р.С.</i> Микропроцессорная электроника в космическом приборостроении	155
<i>Филон М. Ю., Шевченко В. В.</i> Система автоматизированного контроля деталей в космическом приборостроении	157
<i>Чекмарев С. А., Шахматов А. В.</i> Методология автономных испытаний IP-ядра RMAP-контроллера сети SpaceWire	158
<i>Шемякин А. Н., Кузьмин А. С., Шигин Г. В.</i> Ракеты-носители	162

СЕКЦИЯ №3
НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

<i>Антонов Д. В.</i> Радиоволновый метод обнаружения инородных объектов в трубопроводах	164
<i>Бадьин С. С., Ковалев М. К., Григорьев М. Г.</i> Исследование применимости радиационного контроля в досмотровых и поисковых системах	166
<i>Бадьин С. С., Ковалев М. К., Григорьев М. Г.</i> Разработка пьезоэлектрического преобразователя для мобильного метеокомплекса	168
<i>Барандич Е. С.</i> Обеспечение заданной усталостной прочности деталей космических аппаратов	171
<i>Васильев И. С., Ефремов С. В., Ким В. С.</i> Исследование характеристик электрических соединений в бортовой кабельной сети космических аппаратов	172
<i>Водзик Д. П.</i> Исследование характеристик сигналов раздельно-совмещенного преобразователя импульсного импедансного дефектоскопа	175
<i>Григорьев М. Г., Турушев Н. В.</i> Моделирование электрической активности сердца	178
<i>Даньлюк А. А.</i> Испытания конструкций космических аппаратов	183
<i>Каськов Т. Н., Рубанов П. В., Окунцов М. И., Авдюшкин С. А., Максимов И. А., Иванов В. В.</i> Эффект ELDRS в электронной компонентной базе отечественного производства и методы его обнаружения	184
<i>Ковалев М. К., Бадьин С. С., Григорьев М. Г.</i> Возможности применения рентгенотелевизионной установки «НОРКА» и цифрового радиографического комплекса «ФОСФОМАТИК»	187
<i>Ковалев М. К., Бадьин С. С., Григорьев М. Г.</i> Маркировка рентгеновских снимков засвечивающим устройством	189
<i>Огай В. Е.</i> Моделирование катушек гельмгольца в среде comsol	192

<i>Пастушенко О. В.</i> Об аппаратно-методическом обеспечении тепловакуумных испытаний космических аппаратов связи	196
<i>Фоминцева Ю. В.</i> Реализация метода тепловых волн в активном тепловом контроле изделий из композиционных материалов	199
<i>Чесноков Д. В.</i> Диагностические признаки дефектов при капитальном ремонте электродвигателей типа АЭ 92-4	202

СЕКЦИЯ №4

СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ И АНАЛИЗ РИСКОВ

<i>Абросимова Е. С., Белоусова И. С.</i> Система менеджмента качества авиационной, космической и оборонной отраслей промышленности в соответствии с требованиями ГОСТ Р ЕН 9100-2011	206
<i>Айтжанова А. Б.</i> Внедрение метода 5s на участке упаковка	208
<i>Андреев А. А., Шевченко В. В.</i> Многопараметрическая система контроля процесса обработки деталей космических приборов	212
<i>Булгакова О. С., Иванова Т. О.</i> Понятие качества в современном мире	213
<i>Величко К. В., Пучихина А. А.</i> Зачем необходимо управлять качеством в современном мире?	214
<i>Гальцева О. В.</i> Развивающее (инновационное) управление персоналом современных промышленных предприятий	215
<i>Карбина Ю. С.</i> Оптимизация производственных процессов в выпуске светодиодных светильников с применением инструментов Lean Production	217
<i>Кузьмин А. С., Шемякин А. Н., Шигин Г. В.</i> Промышленное освоение астероидов	221

<i>Рабенко Е. Б.</i> Современные концепции управления качеством	222
<i>Сергиенко А. А.</i> Распознавание образов как эффективный инструмент решения задач технологической подготовки производства	224
<i>Сидельцева Х. Е., Сацута А. Е.</i> Внедрение стандартов GMP на российских предприятиях	225
<i>Скорород А. А.</i> Система повышения точности размерной настройки в гибких производственных системах авиационного приборостроения	227
<i>Топал А. В.</i> Использование программных средств на основе искусственных нейронных сетей при изготовлении деталей приборов	228
<i>Усачева А. С.</i> Исследование факторов мотивации на инновационно-ориентированном предприятии Свердловской области	229
<i>Чебодаева А. В.</i> Исследование вовлеченности репрезентативной группы реакторного исследовательского комплекса	232
<i>Шарабура С. Н.</i> Система диагностики режущего инструмента при обработке деталей авиационных приборов	237

СЕКЦИЯ №5

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

<i>Безгинов Р. О., Мишин М. А.</i> Проектирование защитных корпусов бортового оборудования авиакосмической техники на основе программного обеспечения «Meza»	241
<i>Битыева М. И., Костюченко Т. Г.</i> Исследование прототипа малого космического аппарата на квазистатические нагрузки	244

<i>Дубровский Е. Ю., Добышев Е. В., Климкин О. А.</i> Проектирование единой трехмерной сети электрических интерфейсов космического аппарата с применением интегрированной системы SEE Electrical PLM	247
<i>Зырин И. Д., Карабан В. М., Сунцов С. Б.</i> Анализ RLC параметров цепей при проектировании печатных плат в космическом приборостроении	251
<i>Коломейцев А. А., Бадьин С. С., Ковалев М. К.</i> Использование анимации в T-Flex для демонстрации проявления гироскопического эффекта	254
<i>Пятанин П. С, Владимирова В. В.</i> Геометрическое моделирование сложных технических форм в системах автоматизированного проектирования летательных аппаратов	257
<i>Смолякова Е. Ф., Зырин И. Д., Сунцов С. Б., Селоустьев А. В.</i> Дополнительные методы обеспечения тепловых режимов электрорадиоизделий в приборах, входящих в состав современных космических аппаратов	260
<i>Стасевский В. И.</i> 3D моделирование прототипа малого летательного аппарата - вертолета	263
<i>Стахеева О. Ю.</i> Выбор оптимальной ширины электрода ленточного активного элемента	266
<i>Стахеева О. Ю., Стахеев Е. В.</i> Оценка влияния длины электрода на нормальную составляющую тока пластинчатого элемента	269
<i>Хохлов А. Н.</i> Обработка результатов испытаний жидкостных ракетных двигателей малых тяг в среде MathCad	272
<i>Чекрыгин С. С., Коблов Н. Н.</i> Управление технологической документацией в едином информационном пространстве	274
<i>Шангина Е. А., Патраев В. Е., Яковлев А. В.</i> Задачи и направления рационализации	277

СЕКЦИЯ №6
МОЛОДЕЖЬ И КОСМОС

<i>Аржаник А. А.</i> Планеты солнечной системы, пригодные для жизни	280
<i>Бисенбай Аружан</i> Влияние солнечной активности на биосферу Южно-Казахстанской области	284
<i>Волкова А. В.</i> Разработка состава и метода производства высокотеплопроводного керамического изделия для высокотехнологичных отраслей промышленности РФ	290
<i>Гончаренко Анна</i> Изменение облика человека, осваивающего космос	294
<i>Евстигнеева Арина</i> Космос в фантастической литературе	295
<i>Жавзмагин Руслан</i> Солнце – источник жизни	298
<i>Лукин Константин</i> Освоение Венеры	300
<i>Меринова Д. А.</i> Проблема поиска разумной жизни во Вселенной. Проект SETI	302
<i>Мухамедова Р. Р.</i> Планеты вне Солнечной системы	306
<i>Неруш М. Н.</i> Вихретоковый метод одночастотного измерения толщины электропроводящей пластины и толщины ее непроводящего покрытия	308
<i>Омирбай С. Ж., Пирназар А. Н.</i> Использование космического зонда для сохранения теплового баланса земли	310
<i>Сайдазова Л. А., Тажихан Б. Т., Срайыл Д. Н.</i> Тенденции в развитии ракетной техники	312
<i>Сарычева А. Е.</i> Исследование кометы Галлея	314
<i>Сисембаева Я. Т., Корольчук А. А.</i> Влияние космической деятельности на экологию Казахстана	317

<i>Сухорукова В. А.</i> Солнечные бури и их воздействие на нашу планету	320
<i>Файзулла Балжан</i> Исследование астрономических наблюдений и предсказание прогноза погоды на основе народной астрономии	322
<i>Халниязова Ю. Р.</i> Другие значения констант	324
<i>Шаерак Дмитрий</i> Современная Россия в космосе	326

СЕКЦИЯ №7
SPACE INSTRUMENT MAKING

<i>Boyakhchyan A. A., Prygov A. N., Zubenko A. A.</i> Orientation and stabilization system artificial Earth satellite type CubeSat using Earth's magnetic field	330
<i>Bulgakova T. A., Iljina A. A., Tarasova L. V.</i> Das Raumschiff - Wostok	331
<i>Dovydenko E. A.</i> Heat pipes in space instrument making	334
<i>Galkina P. V., Tarasova L. V.</i> Die ersten russischen Erdsatelitten	336
<i>E.P. Gornyykh</i> Die photodynamische therapie	339
<i>Antonina G. Ivanova</i> Numerical modeling of physical problems with using of Agros2D	341
<i>Kashirina N. V.</i> Die Modellierung der dichten Verpackung der Pulver	343
<i>Andrey A. Kolomeytsev, Stanislav S. Bad'in, Michail K. Kovalev</i> Modern trends in materials science for the manufacture of parts for space purposes	346
<i>Kuzma A. A.</i> The main requirements for construction of borehole orientation system	347

<i>Levanova V. S., Sysa E. A.</i> Globale positionsbestimmungssystem-empfänger für raumfahrtanwendungen	349
<i>Marenkova E. V.</i> Marskolonien: Projekt «Mars One» und seine Entwicklungsperspektiven	352
<i>E. L. Pochukhneva</i> Stabilisierung der satelliten im raum	355
<i>I.S. Reshetov</i> Threshold voltage sensing in the power supply of the spacecraft	357
<i>Soltanova D. G.</i> Metrological characteristics and testing of MEMS gyroscopes	359
<i>Svintsova E.A.</i> Possible application of eddy current measurements for space-qualified medical equipment to diagnose otitis	363
<i>Zhong Yang</i> Application of the eddy current method to measuring the internal diameter of conductive pipes for space instruments	366
<i>Жвырбля В. Ю., Бориков В. Н., Сыса Е. А.</i> Die Anwendung der mikromechanischen Sensoren in inertialen Navigationssystemen im Raum	369
<i>Пушкарев М. С., Стреминский А. С., Глиненко Е. В.</i> Korrektur scanwinkelsonargerät für das fördern robotersysteme	373

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Исследования и разработки National Instruments в ведущих мировых университетах

Ананьин А., Дубатов А.

National Instruments, 119361, г. Москва, ул. Озерная, д.42,

E-mail: artem.ananin@ni.com

Компания National Instruments предлагает единую программную и аппаратную платформу для экспериментальных исследований в классических и новых междисциплинарных областях науки: от молекулярной биологии, биофизики, биомедицины до физики высоких энергий, физики наноразмерных эффектов, телекоммуникаций и микроэлектроники.

Благодаря высокой производительности, функциональной гибкости аппаратной части, интуитивно понятному графическому языку программирования NI LabVIEW, платформа National Instruments стала стандартом для оснащения лабораторий и автоматизации научных установок.

Компания National Instruments отлично зарекомендовала себя как надежный партнер ведущих зарубежных и российских университетов и научно-исследовательских организаций. Мы способствуем повышению технологического и методического уровня лабораторий в соответствии с современными международными стандартами, активно занимаемся внедрением на территории России современных образовательных программ зарубежных университетов.

Партнерские отношения с университетами по всему миру позволяют компании NI поддерживать межвузовские и международные научные проекты, налаживать связи с ведущими российскими и зарубежными промышленными предприятиями с целью коммерциализации наукоемких разработок.

«LabVIEW во многом определяет успех ученых и инженеров по всему миру и бесспорно ускоряет научные исследования и открытия. На сегодняшний день опубликовано более 150 тысяч статей в рецензируемых научных журналах, авторы которых использовали LabVIEW в своей работе, и это число непрерывно растет.» - Джеф Кодоски (Jeff Kodosky) Один из основателей компании National Instruments, создатель графического языка LabVIEW



Сотрудничество

National Instruments готова предоставить своим партнерам комплексные решения стоящих перед ними задач.

Проектирование лабораторий, экспериментальных установок и рабочих мест

Специалисты National Instruments помогут подобрать оборудование и ПО, наилучшим образом подходящее для решения экспериментальных задач, а также составить комплексный проект оснащения лаборатории с учетом опыта ведущих мировых университетов.

Оснащение и ввод в эксплуатацию

National Instruments помогает оснастить лаборатории всем необходимым, включая исследовательское оборудование, специализированную мебель и оргтехнику, а опытные инженеры осуществляют пуско-наладку сложных установок и систем.

Разработка комплексных систем и специализированного ПО

Специалисты National Instruments и компаний-партнеров помогают в создании специализированных систем и автоматизации сложных установок. Также возможна разработка готового ПО «под ключ».

Обучение и консалтинг

Программа обучения и сертификации является наиболее быстрым и эффективным решением для ускорения реализации проектов. Специализированные курсы под руководством опытных инструкторов и инженеров National Instruments помогут быстро и эффективно повысить навыки работы Ваших специалистов с оборудованием и ПО National Instruments.

Сопровождение и техническая поддержка

Бесплатная техническая поддержка на русском языке поможет быстро найти ответы на все вопросы, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации системы.

Проект в рамках программы повышения конкурентоспособности российских университетов

Кафедра Проблем передачи и обработки информации ФРТК МФТИ, Россия, Центр Беспроводных Технологий Калифорнийского университета в Беркли, США

Цели

- Создание междисциплинарной лаборатории в области беспроводных технологий мирового уровня.

- Получение международного признания на



Московский Физико-Технический Институт



основе публикации в наиболее влиятельных журналах и презентации на крупнейших международных форумах.

▪Проведение испытаний прототипов, которые станут основой для организации опытного производства с последующим внедрением разработки в промышленность.

Достижение этих целей обусловлено объединением опыта ведущих научных сотрудников и группы талантливых молодых специалистов из России и США. Эта лаборатория позволит МФТИ войти в число ведущих мировых научно-образовательных центров, которые выполняют передовые исследования в области беспроводных технологий.

Концепция

Наряду с проведением научных исследований, сотрудники вовлечены в процесс разработки и внедрения новых моделей и образовательных программ для студентов в области беспроводных технологий с акцентом на междисциплинарные программы аспирантуры и с использованием практики Калифорнийского Университета в Беркли.

Результаты исследований лаборатории окажут значительное влияние на экономическое состояние региона. Вокруг МФТИ будут организовываться компании малого инновационного бизнеса.

Новые методы обработки сигналов в системах беспроводных технологий крайне важны не только для электротехники и информационных технологий, но и для создания умных промышленных производств, информатизации труднодоступных и малонаселенных регионов и организации ситуационных центров.

Междисциплинарная лаборатория беспроводных технологий

Руководители лаборатории

Боривоје Николич (Borivoje Nikolic, h-индекс - 16), профессор – руководитель лаборатории с американской стороны, занимающий пост директора по научной работе в Центре беспроводных технологий Калифорнийского Университета в Беркли (рейтинг QS – 25).

Научные достижения включают разработку и проектирование декодеров малой плотности с контролем по четности со сверхвысокой пропускной способностью и низким уровнем ошибок, декодеров Витерби, триггерах с малым временем задержки в беспроводных и проводных линиях связи.

Юрий Игнатов, к.т.н. – координатор лаборатории с российской стороны. Сферой научных интересов является проектирование цифровых, аналоговых и радиочастотных интегральных схем для линий связи, обработки сигналов и устройств для хранения информации.

Инфраструктура

В лаборатории работают 4 междисциплинарные группы по направлениям:



▪ Передача мультимедийных потоков в беспроводных одношаговых и многошаговых сетях.

▪ Исследования беспроводных структур передачи данных.

▪ Беспроводные сенсорные сети и сети актюаторов.

▪ Приложение облачных вычислений и технологий Big Data к сверхбольшим беспроводным сенсорным сетям.

Также, лаборатория выступает в роли учебной площадки для студентов и аспирантов.

Сотрудники лаборатории обладают большим опытом в области проектирования радиочастотных интегральных схем, линий связи и обработки сигналов. В рамках проекта планируется оснащение лаборатории системами приема-передачи радиосигналов с функцией эмуляции каналов связи и комплексами для прототипирования беспроводных систем с базе платформы NI PXI и NI LabVIEW.

Измерения параметров канала связи в диапазоне 72 ГГц для беспроводных сетей пятого поколения



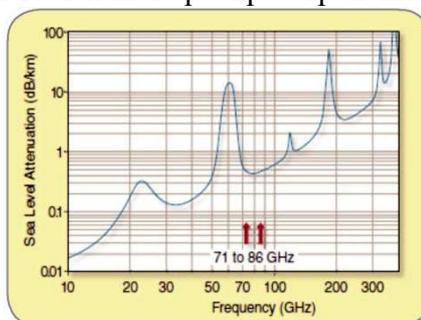
«В рамках программы NI Lead User Program наша команда проводит экспериментальные и теоретические исследования моделей каналов миллиметрового диапазона и изучение возможностей их использования для высокоскоростных мобильных сетей. Путь к стандарту пятого поколения неизбежно потребует внедрения частот вплоть до 90 ГГц.» - проф. Тэд Раппорт (Ted Rappaport), **h-индекс 42** Нью-Йоркский университет (New York University),

США, рейтинг QS 44

Задача

5G – телекоммуникационный стандарт связи нового поколения, разработки которого активно ведутся последнее время. Запуск сетей 5G запланирован на 2020 год, и они будут обеспечивать стократное увеличение скорости и тысячекратное рост пропускной способности по сравнению с LTE.

Одним из возможных путей реализации стандарта 5G является переход на диапазон более высоких частот несущих (71-76 ГГц и 81-86 ГГц) с широкой полосой непре-рывного спектра. При этом актуальной задачей является изучение возможностей реализации MIMO в канале распро-странения.



Atmospheric absorption at mm-wave frequencies [3][4]. The attenuation of signal power caused by atmospheric absorption at 71 to 86 GHz is about 0.42 to 0.5 dB/km.

Решение

Экспериментальная установка осуществляет измерения характеристик многолучевости в канале распространения с помощью алгоритма скользящего коррелятора с расширением спектра. Для формирования и анализа сигналов в полосе 800 МГц на центральной частоте 73.5 ГГц используются высоко-точные сигналы СВЧ синтезаторов QuickSyn, обеспечивающих низкие фазовые шумы системы. Регистрация квадратурных компонент на выходе коррелятора осуществляется цифровым осциллографом NI USB-5133 с обработкой в NI LabVIEW. Система позволяет производить измерения многолучевости в канале распространения внутри здания с разрешением 2.33 нс.

Публикации

1. Shuai Nie, George R. MacCartney Jr., Shu Sun, Theodore S. Rappaport. 72 GHz Millimeter Wave Indoor Measurements for Wireless and Backhaul Communications. // Proc. on IEEE 24th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications: Mobile and Wireless Networks. 2013.
2. George R. MacCartney Jr., Junhong Zhang, Shuai Nie, and Theodore S. Rappaport. Path Loss Models for 5G Millimeter Wave Propagation Channels in Urban Microcells. // Proc. on IEEE Global Communications Conference, Exhibition & Industry Forum. 2013.
3. Shu Sun, Theodore S. Rappaport. Multi-beam Antenna Combining for 28 GHz Cellular Link Improvement in Urban Environments. // Statistics. Т. 8. С. 12-17.

Создание систем ММО сверхбольших размеров – 100 и более антенн в одной матрице

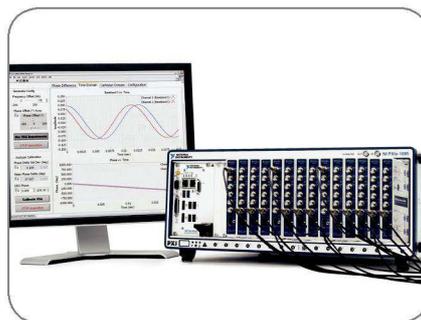
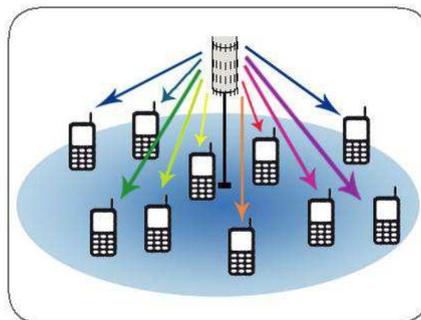
«Компания National Instruments активно поддерживает новые и перспективные направления в области телекоммуникаций, в частности, развитие систем ММО сверхбольших размеров (Massive MIMO). Модульное оборудование NI PXI и NI FlexRIO идеально подходит для создания многока-нальных когерентных систем ММО и способствует.» - проф. Фредрик Туфвессон (Fredrik Tufvesson), **h-индекс 28** Лундский университет (Lund University), рейтинг **QS 67**

Задача

ММО (англ. Multiple Input Multiple Output) – метод простран-ственного кодирования сигнала, позволяющий увеличить полосу пропускания канала за счет использования нескольких передающих и приемных антенн.

Увеличение количества антенн в системах ММО до 100 и более позволяет значительно увеличить полосу пропу-скания, повысить эффективность использования излучаемой мощности, увеличить помехозащищенность, использовать усилители низкой выходной мощности и т.д. Реализации прототипа ММО с 100 и более является актуальной задачей, решение которой позволит существенно продвинуться в разработке стандарта связи нового поколения.

Решение



Система состоит из 100 приемных и 100 передающих каналов, работающих фазокогерентно или, при необходимости, независимо. Формирование и обработка сигналов происходит с помощью 50 модулей NI FlexRIO с СВЧ адаптерными модулями, обеспечивая контроль разности фаз в каналах с ^{NI FlexRIO} точностью менее половины градуса. Управление системой и часть математической обработки сигналов производится в LabVIEW на системном контроллере PXI, другая часть обработки производится на ПЛИС в самих модулях FlexRIO. Программирование ПЛИС осуществляется графически в LabVIEW FPGA.

Публикации

1. Fredrik Rusek, Daniel Persson, Buon Kiong Lau, Erik G Larsson, Thomas L Marzetta, Ove Edfors, Fredrik Tufvesson. Scaling up MIMO: Opportunities and challenges with very large arrays. // IEEE Signal Processing Magazine. 2013. Т.30. №1. С.40-60.

2. Erik G. Larsson, Fredrik Tufvesson, Ove Edfors, Thomas L. Marzetta. Massive MIMO for Next Generation Wireless Systems. // IEEE Communications Magazine. 2014. Т. 52. №2. С. 186-195.

Первый в мире прототип ОКТ с поддержкой 3D сканирования в режиме реального времени



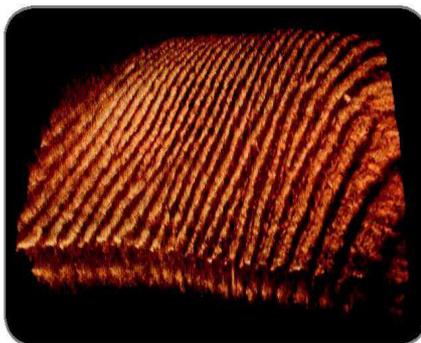
«Функциональная гибкость, масштабируемость и высокая производительность платформы NI PXI и NI FlexRIO позволила нам разработать рабочий прототип первого в мире оптического когерентного томографа (ОКТ), обеспечивающего 3D сканирование в режиме реального времени. Комплексное программное обеспечение томографа было разработано в NI LabVIEW в кратчайшие сроки.» - проф. Коджи Обаяши (Kohji Ohbayashi), h-индекс 17

Университет Китасато (Kitasato University), Япония, рейтинг QS Asia 149

Задача

Оптическая когерентная томография (ОКТ) – современный неинвазивный метод исследования тонких слоев мягких соединительных тканей человека, применяемый, преимущественно, в офтальмологии.

Актуальной задачей является разработка эндоскопического варианта ОКТ, который мог бы заменить болезненную процедуру биопсии при диагностике онкологических заболеваний внутренних органов на ранних стадиях развития. Основным требованием к системе является обеспечение высокой скорости сканирования для получения 3D ОКТ образов высокого качества с высоким разрешением в режиме реального времени.



3D ОКТ образ, регистрируемый в режиме реального времени (~12 кадров/с)

Решение

ОКТ система построена на базе платформы NI PXI и включает 20 модулей для измерения сигналов с 320 фотодатчиков с частотой оцифровки 50 МГц/канал и разрядностью 14 бит. Высокая пропускная способность шины PXI Express и технологии DMA и P2P позволили передавать массив данных с измерительных модулей на модули для математической обработки со скоростью до 700 МБ/с. Эти модули NI FlexRIO, имеющие на борту ПЛИС, осуществляют более 700 000 актов преобразования Фурье (512 точек) в секунду, необходимых для непрерывной реконструкции и визуализации 3D ОКТ образов (320x256x256 точек) на дисплее прибора.

Публикации

1. D. Choi, H. Hiro-Oka, H. Furukawa, R. Yoshimura, M. Nakanishi, K. Shimizu, K. Ohbayashi. Fourier domain optical coherence tomography using optical demultiplexers imaging at 60,000,000 lines/s. // Opt. Lett. 2008. Т. 33. №12. С. 1318-1320.
2. D. Choi, H. Hiro-Oka, K. Shimizu K. Ohbayashi. Spectral domain optical coherence tomography of multi-MHz A-scan rates at 1310 nm range and real-time 4D-display up to 41 volumes/second. // Biomed. Opt. Express. 2012. Т. 3. №12. С. 3067-3086.
3. M. Ikeda, K. Matsumoto, D. Choi, M. Nishi, T. Fujita, K. Ohbayashi, K. Shimizu, M. Iwamura. The impact of real-time 3d imaging by ultra-high speed optical coherence tomography in urothelial carcinoma. // BMC Urology 2013. Т. 13. №65. С. 1-6.

Бесконтактный метод измерения частоты дыхания на основе эффекта Доплера в ВЧ диапазоне

«Мы разработали прототип прибора на базе платформы NI PXI, включающий векторный анализатор, векторный генератор и контроллер реального времени. Программное обеспечение, разработанное в NI LabVIEW, позволяет удаленно управлять системой, регистрировать ВЧ сигналы и в режиме реального времени вычислять на их основе параметры дыхания человека.» - Чанжи Ли (Changzhi Li), **h-индекс 16** Техасский университет в Остине (University of Texas at Austin), США, рейтинг **QS 71**



Задача

Радиотерапия (лучевая терапия) – методика лечения злокачественных опухолей ионизирующей радиацией, при которой происходит селективное уничтожение клеток опухоли при минимальном повреждении здоровой ткани. Для

повышения эффективности радиотерапии разрабатываются различные методы повышения селективности воздействия радиоизлучения.

Одним из актуальных методов повышения селективности является единичная процедура локализации опухоли методом КТ, дальнейшее точное наведение луча радиации в зону опухоли и управление ее интенсивностью в режиме реального времени.

Решение

При радиотерапии легких вследствие дыхания происходит периодическое смещение опухоли из зоны облучения, при котором значительно снижается эффективность процедуры. Для управления интенсивностью радиации в режиме реального времени разработана система, контролирующая положение грудной клетки и измеряющая частоту дыхания на основе эффекта Доплера в ВЧ диапазоне. Прототип прибора построен на базе модульных векторных анализатора и генератора, шасси и контроллера стандарта PXI, позволивший регистрировать ВЧ сигналы и в режиме реального времени вычислять параметры дыхания человека.



Компьютерная томография легких

Публикации

1. C. Gu, R. Li, H. Zhang, A. Y. C. Fung, C. Torres, S. B. Jiang, C. Li. Accurate Respiration Measurement Using DC-Coupled Continuous-Wave Radar Sensor for Motion-Adaptive Cancer Radiotherapy. // IEEE Trans. on Biomedical Engineering. 2012. Т. 59. №11. С. 3117-3123.
2. C. Gu, C. Li, J. Huangfu, J. Lin., L. Ran. Instrument-based Non-contact Doppler Radar Vital Sign Detection System Using Heterodyne Digital Quadrature Demodulation Architecture. // IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement. 2010. Т. 59. №6. С. 1580-1588.
3. D. Droitcour, O. Boric-Lubecke, V.M. Lubecke, J. Lin, G.T.A. Kovac. Range correlation and I/Q performance benefits in single-chip silicon Doppler radars for noncontact cardiopulmonary monitoring. // IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques. 2004. Т. 52. №3. С. 838-848.

Синхронизированные векторные измерения для реализации активно-адаптивных энергосетей



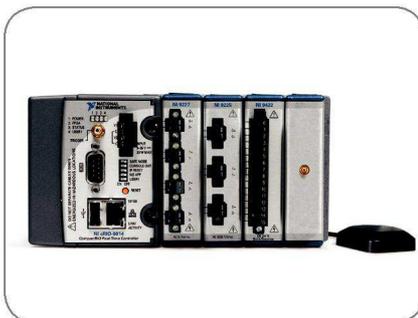
«Модульное шасси NI CompactRIO со встроенной ПЛИС и готовые измерительные и интерфейсные модули значительно упрощают проведение синхронизированных векторных измерений напряжения и тока по GPS метке. Библиотеки NI LabVIEW FPGA и NI LabVIEW Real-Time позволили реализовать оригинальные алгоритмы пофазного вычисления частоты, активной и реактивной мощности.» - проф. Марио Паолоне (Mario Paolone), **h-индекс 19** Высшая

политехническая школа Лозанны (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne), Швейцария, рейтинг QS 19

Задача

Концепция активно-адаптивной энергосети заключается в автоматическом контроле состояния и режима работы потребителей, генераторов, электрических линий и подстанций, определении текущих наиболее слабых участков сети или аварийно опасных элементов и возможности самовосстановления в автоматическом режиме.

Актуальной задачей является разработка алгоритмов синхронизированных векторных измерений, учитывающих появление гармоник, погрешностей датчиков и синхронизации, а также выявление закономерностей, соответствующих различным состояниям энергосети и необходимых для реализации системы автоматического контроля.



Анализатор качества электроэнергии и регистратор переходных процессов на базе NI CompactRIO

Решение

На базе контроллера NI CompactRIO разработан компактный анализатор качества электроэнергии, осуществляющий пофазное измерение напряжения (EN 50160), тока, а также вычисление параметров качества электроэнергии в соответствии со стандартами IEC 61000-4-7, IEC 61000-4-15, синхронизацию по GPS (IEC 61000-4-30) и передачу данных по промышленным сетям (IEC 61850). Благодаря открытой архитектуре ПО, система может быть интегрирована в имеющиеся системы SCADA, а открытая платформа CompactRIO позволяет наращивать функциональность за счет установки дополнительных измерительных модулей.

Публикации

1. M. Paolone, A. Borghetti, C. A. Nucci. A Synchrophasor Estimation Algorithm for the Monitoring of Active Distribution Networks in Steady State and Transient Conditions. // Proc. 17th Power Systems Computation Conference. Stockholm Sweden - August 22-26. 2011.
2. A. Borghetti, C. A. Nucci, M. Paolone, G. Ciappi, A. Solari. Synchronized Phasors Monitoring During the Islanding Maneuver of an Active Distribution Network. // IEEE Transactions on Smart grid. T. 2. №1. С. 82-91.
3. P. Romano, M. Paolone, J. Arnold, R. Piacentini. An interpolated-DFT synchrophasor estimation algorithm and its implementation in an FPGA-based PMU prototype. // Proc. of Power and Energy Society General Meeting (PES). 2013. С. 1-6.

Мониторинг конструкций мостов и зданий при эксплуатации и плановых ремонтных работах

«Системы сбора данных с датчиков на базе платформы NI PXI и среда программирования NI LabVIEW давно являются надежными, удобными и привычными инструментами, которые помогли нам реализовать многочисленные проекты, связанные с мониторингом состояния конструкций критически важных объектов и исследованием влияния повышенных нагрузок различных типов.» - проф. Джеймс Браунджон (James Brownjohn), **h-индекс 21** Университет Шеффилд (University of Sheffield), Великобритания, рейтинг **QS 71**

Задача

Залогом безопасности возводимых сооружений является адекватная оценка напряженно-деформированного состояния их несущих конструкций, а также мониторинг соответствующих параметров с целью эффективного контроля технического состояния сооружения в целом.

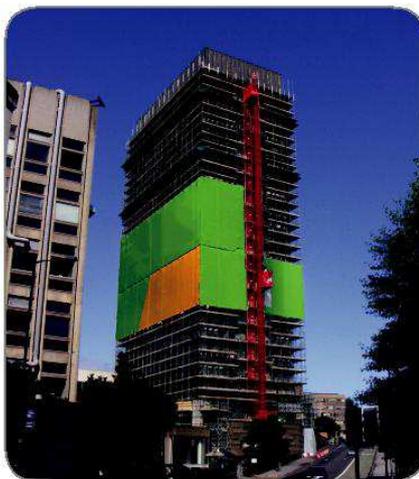
Задача мониторинга состояния конструкций является весьма актуальной в случае появления повышенных нагрузок на несущие конструкции в ходе строительства, при проведении ремонтных работ или эксплуатации вследствие воздействия природных и техногенных факторов – перепадов температур, ветровых и снеговых нагрузок, вибраций, аварий, пожаров, диверсий и т.д.



Мост в устье реки Хамбер (длина пролета 1410 м)

Решение

Группа ученых Университета Шеффилд в течение 10 лет занимается изучением факторов, влияющих на состояние несущих конструкций крупных подвесных мостов и высотных зданий. Для мониторинга подвесного моста Хамбер (длина пролета 1410 м) разработана распределенная модульная система на базе платформы NI PXI для сбора данных с акселерометров, термисторов, лазерных дальномеров, наклономеров и анемометров, а также приемников GPS-сигналов для синхронизации измерений с удаленных участков объекта. Это позволило собрать ценную информацию о комплексном влиянии скорости ветра, температуры окружающей среды и проходящего тяжелого грузового транспорта.



Одно из зданий университета Шеффилд во время реконструкции

Публикации

1. J. MW Brownjohn. Structural health monitoring of civil infrastructure. // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. Т. 365. №1851. С. 589-622.
2. E. Cross, K. Worden, K. Y. Koo, J. MW. Brownjohn. Modelling environmental effects on the dynamic characteristics of the Tamar suspension bridge. // Dynamics of Bridges. 2011. Т.5. Conference Proceedings of the Society for Experimental Mechanics Series. С. 21-32.
3. J. Brownjohn, K.-Y. Koo, C. Basagiannis, A. Alskif, A. Ngonda. Vibration monitoring and condition assessment of the University of Sheffield Arts Tower during retrofit. // J. of Civil Structural Health Monitoring. 2013. Т. 3. №3. С. 153-168.

Автоматизация фемтосекундной лазерной установки мощностью 1.1 ПВт



«Высокая производительность, функциональная гибкость и универсальность платформы заставили нас использовать NI LabVIEW в качестве единой среды разработки программного обеспечения для дистанционного управления установкой на этапах генерации первичного лазерного излучения, юстировки, усиления, доставки и наведения пучка на цель.» - проф. Эрхард Гаул (Erhard Gaul), **h-индекс 10** Техасский университет в Остине (University of

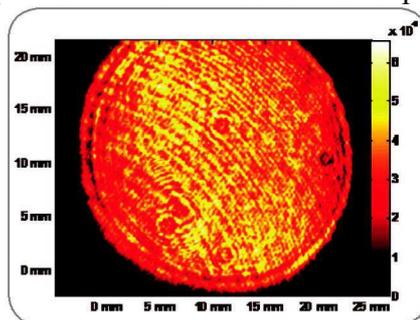
Texas at Austin), США, рейтинг **QS 71**

Задача

Лазеры ультракоротких импульсов – это оптические квантовые генераторы, способные генерировать импульсы лазерного излучения длительностью до 5 фемтосекунд и менее. Излучение отличается высокой средней интенсивностью во время действия импульса (до 1 ПВт и более), высокой временной и пространственной когерентностью.

Разработка новых фемтосекундных лазерных установок высокой мощности является актуальной задачей, так как они применяются при изучении широкого

спектра фунда-ментальных задач нелинейной оптики, фемтохимии, термоядерного синтеза, прецизионной спектроскопии и оптической томографии.



Near field images of OPA (left) and 4 J pump laser (right). The images are typical laser performance profiles. The pump laser is relay imaged and matched in size to the seed beam at the third OPA stage.

Решение

Установка состоит из участков, осуществляющих накачку и испускание первичного излучения, оптическую юстировку, доставку и усиление лазерного излучения, а также наведение пучка на цель. На каждом из этапов используется различное оборудование NI и других фирм производителей, осуществляющее сбор данных и управление компонентами системы. NI LabVIEW позволило разработать программное обеспечение, выполняющее проверку до запуска системы и обеспечивающее централизованное управление системой, регистрацию и архивирование измеряемых данных до, во время и после момента генерации лазерного импульса.

Публикации

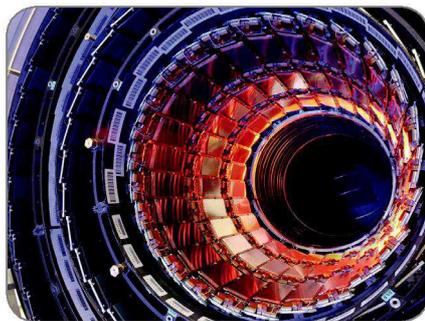
1. E. W. Gaul, M. Martinez, J. Blakeney, A. Jochmann, M. Ringuette, и др. Demonstration of a 1.1 petawatt laser based on a hybrid optical parametric chirped pulse amplification/mixed Nd:glass amplifier. // Applied Optics. 2010. Т. 49. №9. С. 1676-1681.
2. M. Martinez, E. Gaul, T. Borger, F. Aymond, D. Hammond и др. Adaptive optics on petawatt lasers: current performance of the Texas Petawatt Laser. // Proc. SPIE. 2011. Т. 7913. Laser Resonators and Beam Control XIII.
3. W. Bang, M. Barbui, A. Bonasera, G. Dyer, H.J. Quevedo, K. Hagel, K. Schmidt, F. Consoli, R. De Angelis, P. Andreoli, E. Gaul и др. Temperature measurements of fusion plasmas produced by Petawatt-Laser-Irradiated D2 - (3)He or CD4 - (3)He clustering gases. // Phys. Rev. Lett. 2013. Т. 111. №5.

Система управления траекторией пучка протонов в Большом адронном коллайдере CERN

«Распределенная система управления коллиматорами на базе платформы NI PXI отличается высокой надежностью и точностью временной синхронизации. Важным преимуществом системы является ее масштабируемость - при необходимости мы увеличили количество контрольных узлов и коллиматоров в 2 раза без существенных затрат материальных и людских ресурсов.» - Роберто Лосито (Roberto Losito), **h-индекс 10** Европейский Центр ядерных исследований (CERN), Швейцария

Задача

Большой адронный коллайдер (БАК) предназначен для разгона протонов и тяжелых ионов и изучения продуктов их соударения, в частности, для проверки теорий «Новой физики» о взаимодействии элементарных частиц. БАК позволяет получать пучки частиц с энергией более 1 ТэВ и проводить эксперименты, которые ранее были невозможны. Помимо формирования и управления траекторией пучка элементарных частиц с огромной энергией, задача контроля частиц, отклоняющихся от заданной траектории, является критически важной. Для ее решения необходима высоко-надежная система управления положением коллиматоров, поглощающих частицы с высокой энергией.



Ускоритель элементарных частиц БАК



Компактный мюонный соленоид, один из детекторов БАК

Решение

Коллиматоры состоят из нескольких графитовых блоков для поглощения частиц и 15-ти электроприводов, регулирующих положение коллиматора относительно траектории пучка. Система управления коллиматором построена на базе контроллера NI PXI, работающего под управлением операционной системы реального времени VxWorks, шасси и модулей ввода/вывода R-серии с ПЛИС, регистрирующие сигналы с LVDT датчиков и формирующих дискретные управляющие сигналы. Это позволило осуществлять синхронное управление (точность – 1 мс) более 160-ю коллиматорами, расположенными вдоль ускорителя на дистанции 27 км.

Публикации

1. A. Masi, R. Losito. LHC Collimators Low Level Control System. // IEEE Transactions on Nuclear Science. Т. 55. №1. С. 333-340.

Методы и приборы неразрушающего контроля

Бориков В.Н., Беспалько А.А., Лапшин Б.М., Лидер А.М.,
Москалев Ю.А., Сиднев Д.А., Солдатов А.И.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: borikov@tpu.ru

Институт неразрушающего контроля - научно-образовательный и технический комплекс в составе ТПУ, осуществляющий исследования и разработку методов и средств неразрушающего контроля (НК), диагностику промышленных изделий, материалов и сооружений, испытания на радиационную стойкость материалов и изделий, подготовку магистров, аспирантов, докторантов, переподготовку и аттестацию специалистов НК высшей и высокой квалификации и аккредитацию центров.

1. Рентгено-телевизионный метод.

Основание для выполнения проекта «Разработка и аттестация рентгено-телевизионного метода, программного обеспечения и мобильного комплекса для дефектоскопии сварных соединений и основного металла трубы»

- «Перечень приоритетных научно-технических проблем ОАО «Газпром» на 2006-2010 гг.». утвержденный Председателем Правления ОАО «Газпром» А.Б. Миллером №01-106 от 11.10.2005, раздел 4 «Обеспечение надежности поставок продукции Общества потребителям» проблема 4.2 «Развитие технологий и совершенствование оборудования для обеспечения надежного функционирования ЕСТ, включая методы и средства диагностики и ремонта».

- Резолюция Председателя Правления ОАО «Газпром» А.Б. Миллера от 28.04.2010 №01-1149.

Целью разработки является снижение временных и материальных затрат при выполнении дефектоскопии сварных соединений и основного металла труб при реконструкции, капитальном ремонте газопроводов и отбраковке трубы для повторного применения.

Новизна разработки заключается в том, что не имеется аналогов дефектоскопического комплекса, способного осуществлять оперативный неразрушающий контроль в полевых условиях без использования расходных материалов.



Состояние разработки:

1. Разработан мобильный дефектоскопический комплекс (далее - МДК) и рентген-телевизионный метод для дефектоскопии сварных швов и основного металла труб Ду 1000 и 1200 мм в стационарных и полевых условиях с получением цифровых рентгенограмм.

2. Метод рентген-телевизионного контроля аттестован на соответствие требованиям ОАО «Газпром», разработан и согласовывается в ОАО «Газпром» стандарт.

3. Получен сертификат соответствия на МДК в системе технических регламентов. Успешно проведены испытания МДК в Ростехнадзоре для получения разрешения на применение в России.

4. Получено положительное решение по заявке на патент.

5. Проведена опытно-промышленная эксплуатация МДК на объектах ООО «Газпром трансгаз Томск» с оптимизацией конструкции.

6. Обеспечен контроль качества сварных швов труб Ду 1000 без применения рентгеновской пленки, со следующими техническими характеристиками:

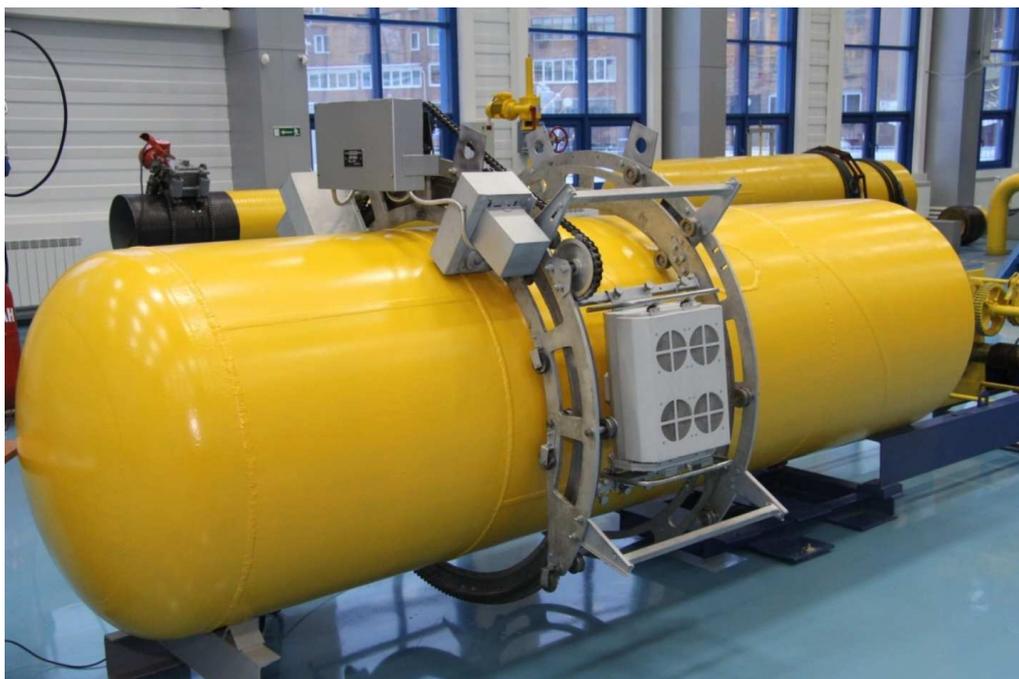
- время контроля сварного шва длиной 3 метра – 5 мин;
- выявление дефектов – 100% по отношению к рентгеновской пленке.

7. МДК окупается уже после использования при контроле сварных соединений при строительстве участка трубопровода длиной около 45 км.

Перспективы:

- Ведется работа по облегчению конструкции и повышению эргономичности с последующей подготовкой к мелкосерийному выпуску МДК, которую ведет Томский электромеханический завод .

- Оценивается возможность применения комплекса для контроля качества труб Ду 1400.



2. Ультразвуковые методы.

2.1. Теческатель специализированный АЭТ-1МСС - многофункциональный переносной прибор для персонала, обслуживающего линейную часть магистрального нефтепровода

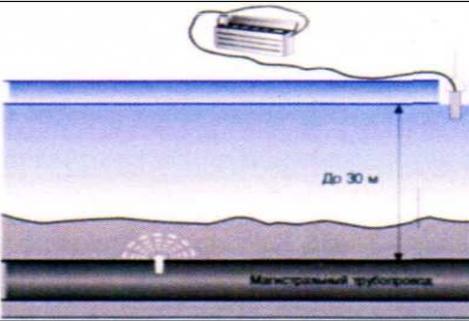
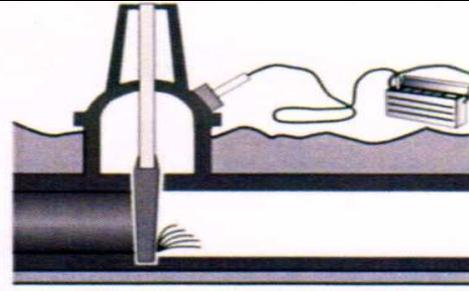
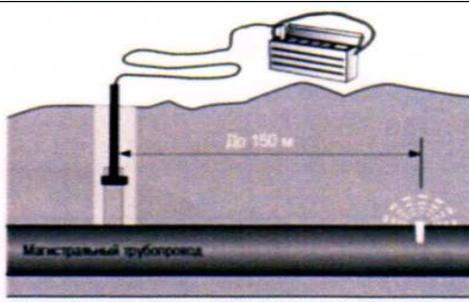
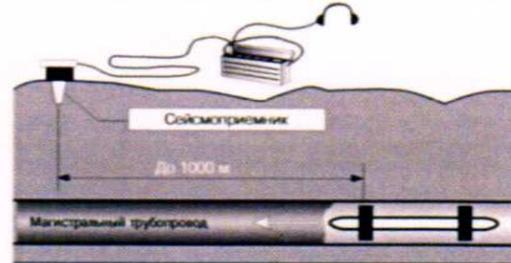
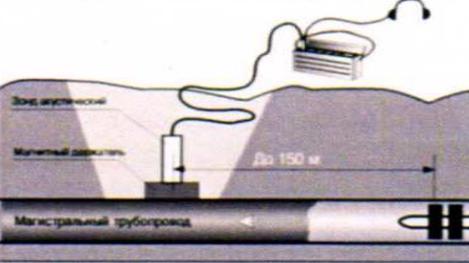


Принцип действия: Регистрация акустического шума, возникающего при истечении жидкости или газа через сквозной дефект при наличии перепада давления. Прибор позволяет сопровождать прохождение внутритрубных объектов по трубопроводам.

Технические характеристики	
Пороговая чувствительность при давлении в трубе 2,0 МПа и удалении датчика от утечки на 50 м	8-25 л/час
Точность определения места дефекта в подводном трубопроводе, не хуже	±10% от глубины залегания трубы
Точность определения места дефекта в подземном	±5% расстояния между

трубопроводе, не хуже	шурфами
Источник питания: встроенный батарейный блок напряжением	9,6 В
Время непрерывной работы, не менее	8 ч

Назначение:

<p>Определение местоположения утечек жидкости на речных и болотных трубопроводах со льда (на рисунке) или плавсредства при гидравлических испытаниях на герметичность в процессе их сооружения и при эксплуатации.</p>	
<p>Обнаружение: мест частичных закупорок трубопроводов (при образовании парафиновых или ледяных пробок, при остановке очистных устройств); протечек в запорной арматуре (на рисунке).</p>	
<p>Определение местоположения утечек жидкости и газа на подземных трубопроводах (на рисунке - с применением штанги-держателя зонда в шурфе, пробуренном с помощью ручного бура).</p>	
<p>Контроль за прохождением внутритрубных объектов (скребков, дефектоскопов, разделителей и пр.) в произвольных точках трассы трубопровода с применением акустического зонда или сейсмоприемника.</p>	
	

Прибор укомплектован сейсмоприемником. Это позволяет при работе в режиме контроля внутритрубных объектов регистрировать их прохождение путем установки сейсмоприемника на поверхности грунта над нефтепроводом и обнаруживать приближение движущегося объекта за 1000 м и более от точки

контроля. Возможна регистрация из автотранспорта на удалении до 50 м от оси трубопровода.

Внедрено 330 приборов, в том числе 10 приборов в ОАО «Газпром» через фирму ООО «Проммехкомплект».

2.2. Сигнализатор прохождения внутритрубных объектов СПРА-4



Назначение:

Контроль за движением очистных устройств (ОУ), разделителей и средств внутритрубной диагностики, перемещаемых внутри трубопроводов. При установке **не требуется врезка** в стенку трубопровода.

Прибор работает как в составе АСУ трубопроводного транспорта, так и в автономном режиме, есть режим ручного дистанционного контроля работоспособности.

Технические характеристики	
Точность определения момента прохождения ОУ	±2 сек
Напряжение питания от сети переменного тока	(220±22) В
или постоянного тока напряжением	12 В, 24 В
Рабочий интервал температур, °С:	
- для блока акустического датчика	от -60 до +50
- для блока анализатора	от -60 до +50
- для блока внешнего подключения	от -60 до +70
- для центрального блока	от -20 до +40

Прибор СПРА-4 регистрирует все виды внутритрубных объектов при скорости потока от 0,1 до 3 м/сек:

- очистные устройства из твердых материалов, снабженных уплотняющими кольцевыми манжетами из капрлона, резины, полиуретана и т.д.;
- очистные устройства из мягких материалов, например из поролона;
- средства внутритрубной диагностики.

К одному центральному блоку подключается от одного до трех датчиков.

Прибор сертифицирован, выпускается серийно во взрывозащищенном исполнении.

Внедрено 6500 приборов, в том числе 200 приборов в ОАО «Газпром» через фирмы ООО «Проммехкомплект» и ООО «Балтинструмент».

2.3. Датчик герметичности узлов пуска и приема очистных и диагностических устройств ДГК-1.

Назначение.

- Непрерывный контроль герметичности концевых затворов узлов пуска и приема очистных и диагностических устройств и прилегающей к узлам запорной арматуры.

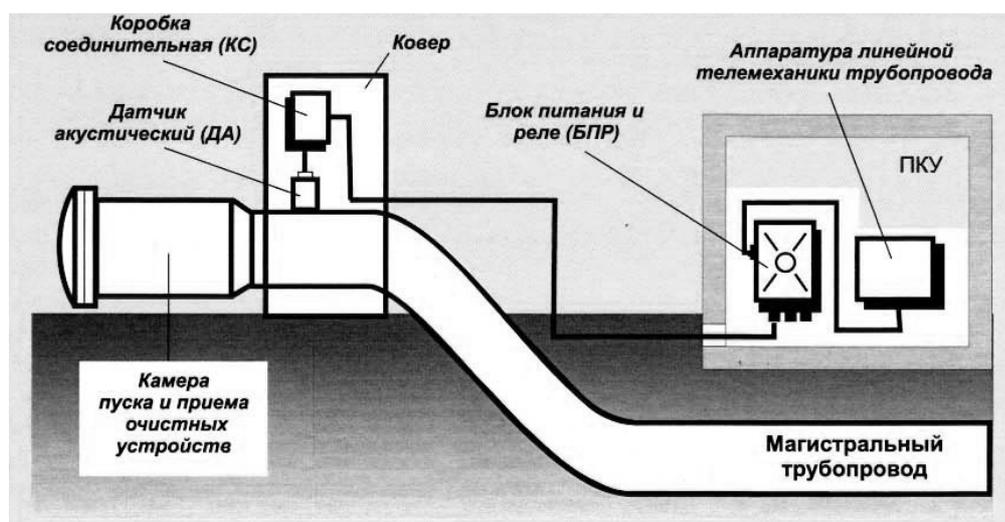
- Контроль несанкционированного доступа к прилегающей запорной арматуре узлов пуска и приема очистных и диагностических устройств.

Принцип действия.

Основан на регистрации акустического шума, сопровождающего истечение жидкости или газа через сквозной дефект.

Технические характеристики	
Пороговая чувствительность в зоне 50 м по расходу нефти л/час, не хуже	50
Время обнаружения утечки с момента ее возникновения, мин	1-20
Напряжение питания от сети переменного тока	(220±22)В
Потребляемая мощность, ВА, не более	7
Режим функционирования	непрерывный
Максимальное удаление датчиков от блока питания и реле, м, не более	1000
Средний срок службы, лет	10

Схема размещения блоков прибора ДГК-1 на узле пуска и приема очистных устройств.



Датчик герметичности камер (ДГК) устанавливается на камерах без нарушения их целостности (на внешней поверхности стенки камеры) через один слой пленочной изоляции.

Прибор ДГК-1 имеет блочное исполнение и состоит из блоков: датчика акустического (ДА), коробки соединительной (КС), блока питания и реле (БПР).

Прибор сертифицирован, выпускается серийно во взрывозащищенном исполнении.

Внедрено 3500 приборов, в том числе 25 приборов в ОАО «Газпром» через фирму ООО «Томсгазстрой».

2.4. Сигнализатор прохождения внутритрубных объектов СПРМ-1 (датчик прохождения скребка, магнитный).

Назначение.

- Контроль за движением очистных устройств, разделителей и средств внутритрубной диагностики, перемещаемых внутри трубопроводов.

- Прибор регистрирует прохождение внутритрубных объектов (ВТО), снабженных генератором переменного электромагнитного поля частотой (22 ± 1) Гц.

Технические характеристики	
Диапазон скорости движения ВТО для надежного срабатывания сигнализатора	0,2 – 6 м/сек (0,72-21,6 км/час)
Точность определения момента прохождения ВТО	± 2 сек.
Напряжение питания от сети переменного тока	(220 ± 22) В
или постоянного тока напряжением	12 В, 24 В
Потребляемая мощность, не более	7 ВА
Режим работы	непрерывный
Рабочий интервал температур, °С:	
- для датчика магнитного	от -60 до +50
- для коробки соединительной	от -60 до +50
- для блока питания и реле	от -20 до +40
Максимальное удаление датчиков от блока питания и реле, м, не более	1000 м

От датчиков другого типа отличается повышенной надежностью и удобством в эксплуатации, при установке не требуется врезка в стену трубопровода и нарушения целостности противокоррозионной изоляции.

В приборе реализован непрерывный самоконтроль исправности входящих в состав блоков.

Прибор сертифицирован, выпускается серийно во взрывозащищенном исполнении.

Внедрено 600 приборов, в том числе 10 приборов в ОАО «Газпром» через фирму ООО «Проммехкомплект»

2.5. Ультразвуковая система контроля сварных соединений магистральных труб (<http://tolmi.tpu.ru>).

Состав системы контроля:

- Сканер с фазированным УЗ датчиком.
- Блок обработки и отображения результатов контроля.

- Многоканальный блок сбора данных.

Технические характеристики:

- Диаметр контролируемого трубопровода до 1420 мм.
- Угол охвата 380 градусов без изменения крепления манипулятора на объекте контроля.

- Максимальная скорость сканирования 10 мм/с.

- Чувствительность не хуже 1 мм.

Особенности системы.

- Два режима ведения контроля: «скоростной» с пороговой оценкой индикаций по эквивалентному отражателю и опциональной «томографический» с трёхмерной визуализацией контролируемого объёма.

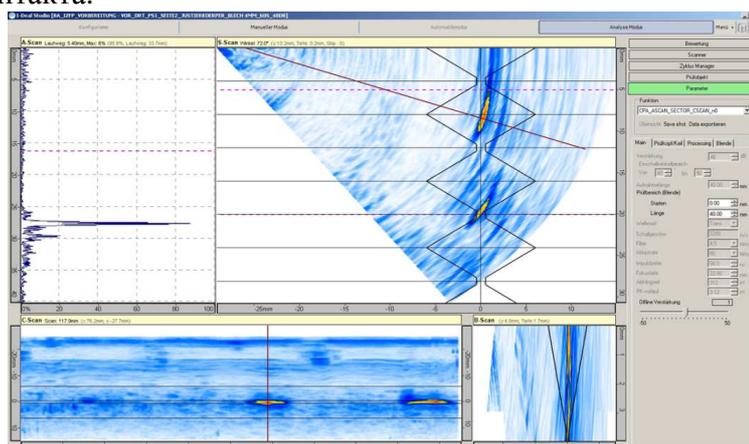
- Быстрая визуализация и оценка результатов контроля в режиме реального времени.

- Обнаружение вертикально ориентированные дефекты с малым углом раскрытия, что невозможно реализовать другими методами.

- Возможна подача жидкости с низкой температурой замерзания.

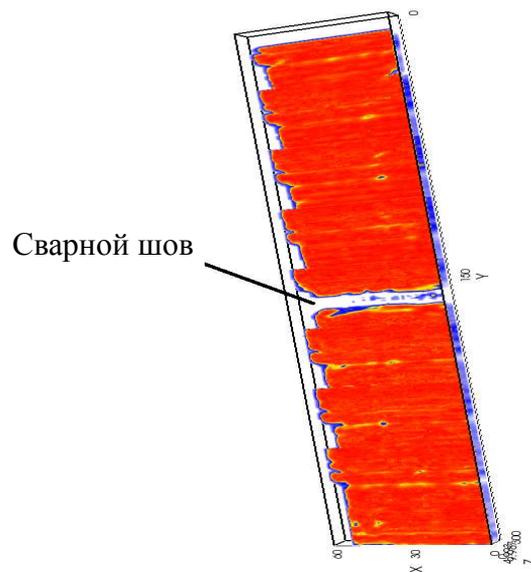
Основной недостаток метода.

- Необходимость подачи жидкости для обеспечения стабильного акустического контакта.



Картограмма скоростного контроля

3D реконструкция результатов контроля.



- Используя 3D изображение объекта контроля можно определять координаты дефектов и их размеры.
- Высокая разрешающая способность ультразвуковой системы контроля позволяет проводить количественную оценку размеров дефектов.
- По данным Pertamina использование УЗ методов контроля сварных соединений труб позволяет увеличить эффективность инспекций на 67% по сравнению с рентгеновским контролем

3. Инфракрасная томография.

Экспериментальная установка для контроля коррозии.

Объектом контроля являются стальные цистерны, резервуары и контейнеры, которые подвержены скрытой коррозии в процессе эксплуатации.

Основным методами исследования являются:

- математическое моделирование с использованием численного метода решения трехмерного нестационарного уравнения теплопроводности параболического типа;
- разработка отдельных узлов экспериментальной аппаратуры, а именно, управляемого оптического источника нагрева мощностью 12 кВт, лабораторного устройства сканирования симуляторов резервуаров, интерфейсного устройства для управления системой сканирования и сбора данных компьютером;
- разработка специализированного программного продукта для сбора и обработки данных;
- экспериментальные исследования с использованием инфракрасной (ИК) термографической аппаратуры.

Состав системы контроля:

- Нагревательные световые устройства.
- Тепловизор высокого разрешения.
- Блок кругового вращения.
- Блок сбора и обработки данных контроля.

Технические характеристики стенда контроля контейнеров:

- Толщина стенки 1...15 мм по стали.

- Зона контроля $0,04 \text{ м}^2$
- Производительность $4 \text{ м}^2 / \text{час}$.
- Минимальный размер обнаруживаемой зоны коррозии 10 мм.
- Предельный обнаруживаемый унос материала до 10%.

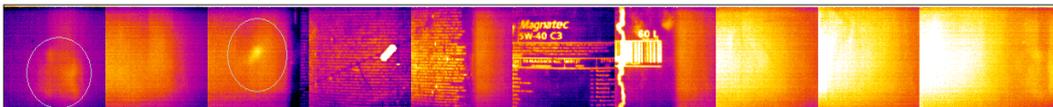


Нагрев импульсными ксеноновыми лампами



Нагрев галогеновыми лампами 2x6 кВт

Пример записи результатов контроля (10 ИК термограмм, записанных при вращении контейнера)



Бинарная карта дефектов (обработка исходных данных с помощью нейронной сети)



Коррозионный износ внутренней поверхности контейнера

Исследование собственных частот колебаний маховика

Бритова Ю.А., к.т.н., ведущий инженер по испытаниям
ОАО «Научно-производственный центр «Полюс», 634050, г. Томск, пр.
Кирова, 56 «в»
E-mail: britova_ya@sibmail.com

Существующие тенденции в развитии космической техники предполагают снижение массы исполнительного органа и повышение оборотности двигателя, что практически приводит к существенному увеличению напряжений основного вращающегося элемента - маховика.

Таким образом, вопросам прочности маховиков должно уделяться повышенное внимание при проектировании и эксплуатации, как принципиально влияющим на точность системы ориентации и стабилизации космического аппарата (КА).

Основными нагрузками, действующими на маховик, являются центробежные силы, возникающие при вращении. Определение напряжений и деформаций от центробежных сил – главный этап расчета на прочность.

Развитие возможностей вычислительной техники привело к предпочтительному решению сложных инженерных задач по расчету на прочность с использованием численных методов [1]. Например, в системе T-Flex CAD возможно создание параметрической трехмерной модели маховика, позволяющей при различных вариациях значений геометрических размеров получать модель с требуемыми эксплуатационными параметрами – моментом инерции, массы, габаритов.

Посредством подобных инженерных систем появилась возможность проведения прочностного и частотного анализа выбранного варианта модели маховика, позволяющая прогнозировать качество динамической характеристики разрабатываемого двигателя.

С использованием модуля «Частотный анализ» системы T-Flex Анализ проведено исследование модели маховика, массогабаритные характеристики которого удовлетворяют предъявляемым требованиям. Частотный анализ позволяет рассчитывать собственные частоты конструкции и соответствующие формы колебаний при статических колебаниях [2]. На рис. 1 приведены полученные в результате анализа собственные частоты и формы мод колебаний маховиков.

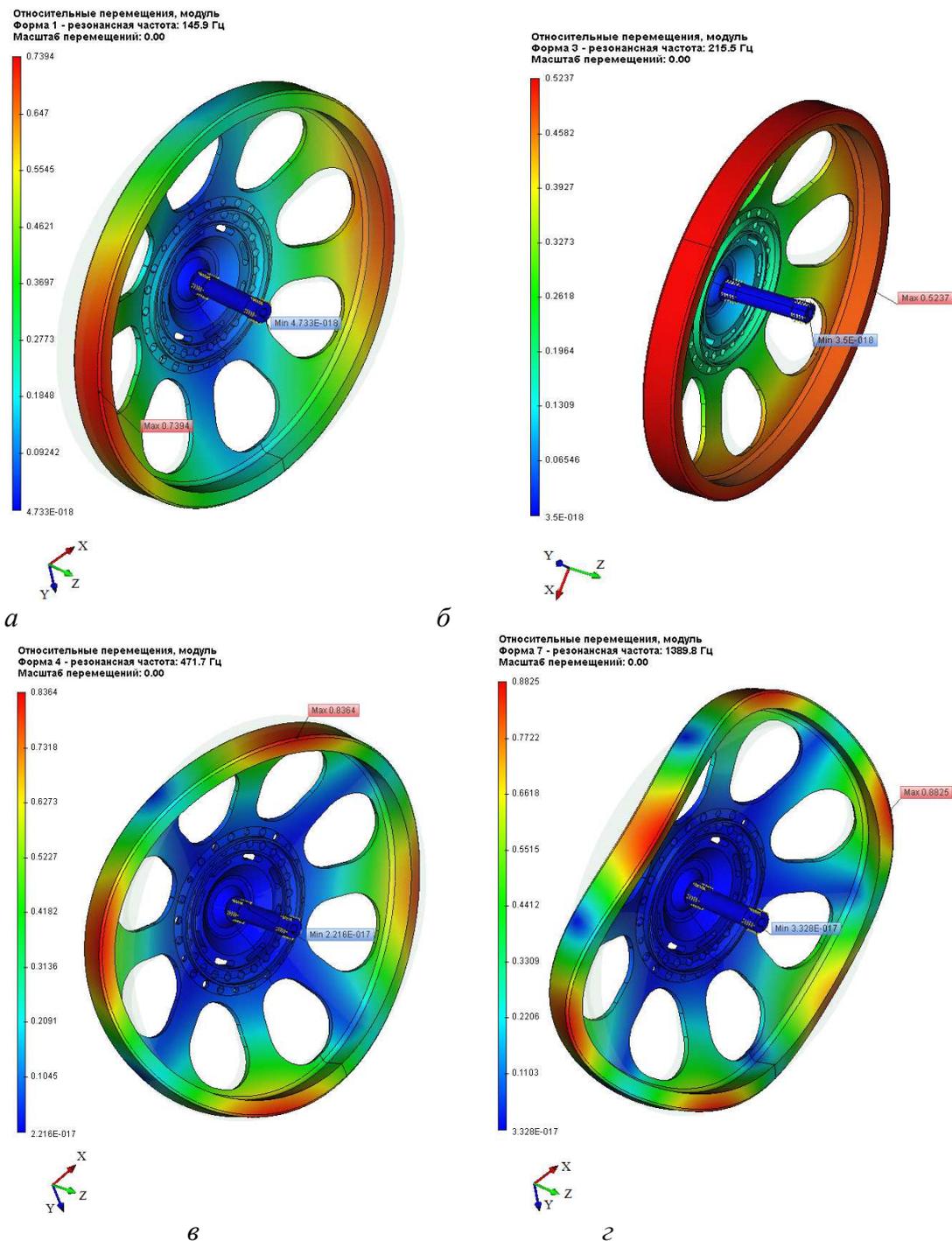


Рисунок 1 формы мод колебаний маховика

Формы мод колебаний маховика различаются на колебания без узловых линий - "зонтичные" (рис. 1, б), при которых неподвижной областью диска является его центральная часть и колебания с узловыми диаметрами - "веерные". "Веерные" колебания могут быть с двумя, тремя, четырьмя, пятью и шестью узловыми диаметрами (рис. 1 а, в, г). Например, при колебании диска с двумя узловыми диаметрами деформация его вдоль любой окружности представляет собой цепь из

двух волн, причем колебания поверхности диска в секторах между узловыми диаметрами отличаются по знаку [5].

Качество изготовления маховика зависит от технологических факторов, в большей или меньшей степени влияющих на точность обработки. Частотные характеристики полученной детали отличны от характеристик виртуальной модели.

На экспериментальном этапе определение собственных частот маховика возможно применение экспериментального модального анализа.

Экспериментальный модальный анализ (ЭМА) основан на вычислении функции частотного отклика, т.е. отношения спектров реакции к спектрам силы, вызывающей реакцию.

Сила возбуждения измеряется динамометрическим датчиком. Перемещение при реакции измеряется датчиками ускорения, скорости или перемещения. Приложение силы к испытываемой конструкции осуществляется модальным молотком со встроенным датчиком силы или модальным вибратором.

На этапе подготовки к проведению ЭМА создана каркасная модель маховика, разработан проект измерения, выбраны точки расположения датчиков и точек приложения силы.

При статических колебаниях деформация маховика возникает в результате наложения двух волн, распространяющихся по маховику в противоположных направлениях, но с одной угловой скоростью:

$$\omega_c = \frac{2\pi f}{k},$$

где f - частота собственных колебаний маховика при k узловых диаметрах.

Обнаружить бегущие волны на неподвижном маховике невозможно, т.к. любой используемый для этой цели датчик регистрирует статические колебания, хотя они и являются результатом наложения бегущих цепей волн.

При вращении частота собственная колебаний диска повышается под действием центробежной силы и определяется по формуле

$$f_m = \sqrt{f^2 + Bn_c^2},$$

где f - частота колебаний неподвижного диска;

n_c - число оборотов в секунду;

B - коэффициент, величина которого тем ниже, чем меньше число узловых диаметров. Обычно B равно 2-3 [2].

На рис. 2 представлена каркасная модель маховика с указанием мест установки датчиков и точки приложения силы, в данном случае посредством модального вибратора.

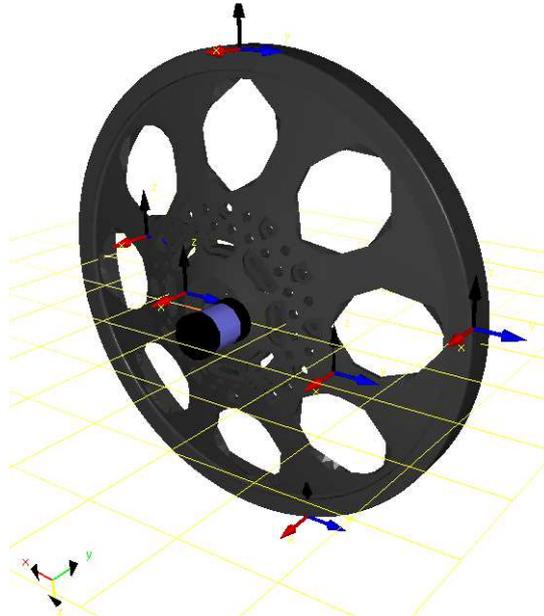


Рисунок 2 Каркасная модель маховика

В результате ЭМА получены следующие собственные частоты: 171 Гц, 360 Гц, 622 Гц и т.д.

При проведении представленных исследований особое внимание уделяется первой собственной частоте маховика, т.к. ее значение определяет условие проявления такого явления как резонанса, возникающего при совпадении угловой скорости маховика с его собственной частотой.

Проведенные исследования показали, что данная конструкция маховика имеет первую собственную частоту более 100 Гц, что позволяет исключить в рабочем диапазоне угловых скоростей двигателя (до 6000 об/мин) явление резонанса [3].

Список литературы:

1. Костюченко Т.Г. САПР в приборостроении: уч. пособие. – Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 207 с.
2. <http://www.tfanalysis.ru/> - T-flex Анализ. Интегрированная среда конечно-элементных расчетов.
3. Демьянушко И.В., Биргер И.А. Расчет на прочность вращающихся дисков. – М. : Машиностроение, 1978. – 247 с.
4. Бритова Ю. А. Исследование вибрационных характеристик электродвигателей-маховиков систем ориентации космических аппаратов : Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2012 – 22 с.

Обеспечение тепловых режимов силовой аппаратуры космических аппаратов

Быков В. В.

ОАО «НПЦ «Полюс», 634050, Россия, г. Томск, пр. Кирова, 56в

E-mail: vasilij_bykov@mail.ru

В настоящее время в ОАО «НПЦ «Полюс» ведется разработка нового поколения энергопреобразующей аппаратуры (ЭПА) увеличенной мощности для систем электропитания космических аппаратов (СЭП КА) [1]. Необходимость данной работы обусловлена в первую очередь увеличением количества целевой аппаратуры и антенно-фидерных устройств на современных КА навигации и связи.

СЭП КА относится к системам жизнеобеспечения, без которых невозможно функционирование КА, и, как следствие, является одной из систем определяющих срок активного существования КА. При этом масса СЭП составляет порядка 20-30% от массы КА и задача повышения удельно-массовых характеристик каждого из компонентов СЭП КА является одной из приоритетных в области космического приборостроения. На рисунке 1 показана типовая структура СЭП КА.

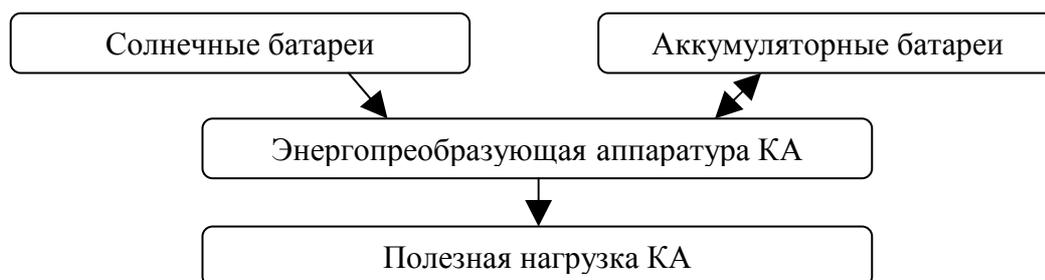


Рисунок 1 Типовая структура системы электропитания КА

Составляющие компоненты СЭП КА в последние годы претерпели следующие существенные изменения:

аккумуляторные батареи, основанные на никель-водородной химической системе, заменяются батареями литий-ионной химической системы;

происходит переход от солнечных батарей на базе кремниевых фотопреобразователей к батареям на базе многокаскадных арсенид-галлиевых фотопреобразователей;

кроме того, осуществляется переход на более высокий номинал напряжения питания полезной нагрузки (100 В).

Таким образом, разработка ЭПА нового поколения, реализованной на базе новой схмотехники – резонансных мостовых конверторов, вместо классических ключевых преобразователей, является последним необходимым шагом для завершения полного обновления аппаратуры СЭП КА.

В рамках данной разработки одной из важнейших задач, как и при разработке любой радиоэлектронной аппаратуры космического назначения, является обеспечение тепловых режимов работы электрорадиоизделий с учетом закладываемых техническим заданием перепадов температур окружающей среды и доступных способов теплоотвода. При этом произошедший переход от разработки

КА с герметичным газонаполненным приборным отсеком к негерметичным приборным отсекам, с одной стороны позволил существенно снизить массу платформы КА, а с другой стороны исключил возможность конвективного теплоотвода от аппаратуры. Поэтому основная часть тепла выделяемого в аппаратуре современных КА отводится через основание прибора на несущие панели КА кондуктивным путем.

Терморегулирование на КА осуществляется при помощи тепловых труб или жидкостных контуров охлаждения вмонтированных в несущие панели, а в технические задания на проектирование аппаратуры КА включают требования по максимальным предельным значениям тепловых потоков от посадочной поверхности приборов, так как превышение этих значений может привести к выходу из строя системы терморегулирования.

Основой обеспечения оптимального теплового режима прибора является равномерное и максимально близкое к посадочной поверхности размещение тепловыделяющих элементов. На рисунке 2 показан пример реализации силового модуля прибора.

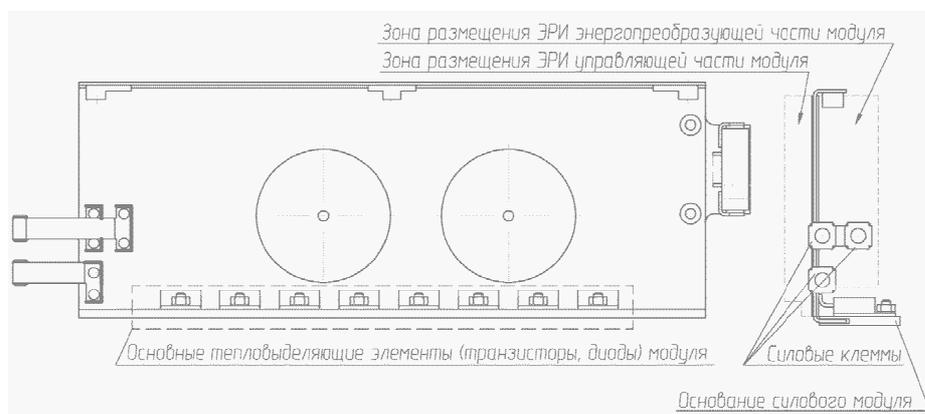


Рисунок 2 Силовой модуль ЭПА КА

Определить тепловые поля внутри прибора и тепловые потоки на посадочной поверхности позволяет тепловой анализ, проведение которого необходимо уже на стадиях эскизного и технического проектирования. В ОАО «НПЦ «Полус» внедрена комплексная САПР [2], в рамках данной системы в пакете SolidWorks на этапе компоновки прибора создается 3D-модель и затем, на основе подготовленной модели, в расчетном модуле Simulation, реализующем метод конечных элементов, проводится тепловой анализ разрабатываемой конструкции.

При задании мощностей тепловыделения и граничных условий для проведения расчетов важно учитывать циклограмму работы прибора и, по возможности, чередовать между собой модули прибора, работающие в разные периоды времени. На рисунках 3 и 4 приведено распределение тепловых потоков на посадочной поверхности прибора в наиболее критичных по тепловыделению режимах работы ЭПА:

в режиме разряда аккумуляторных батарей (КА находится на теневой орбите, максимальную мощность выделяют модули разрядных устройств аккумуляторных батарей);

в режиме стабилизации напряжения солнечных батарей и заряда (КА на солнечной орбите, максимальную мощность выделяют модули стабилизации напряжения и зарядных устройств аккумуляторных батарей).

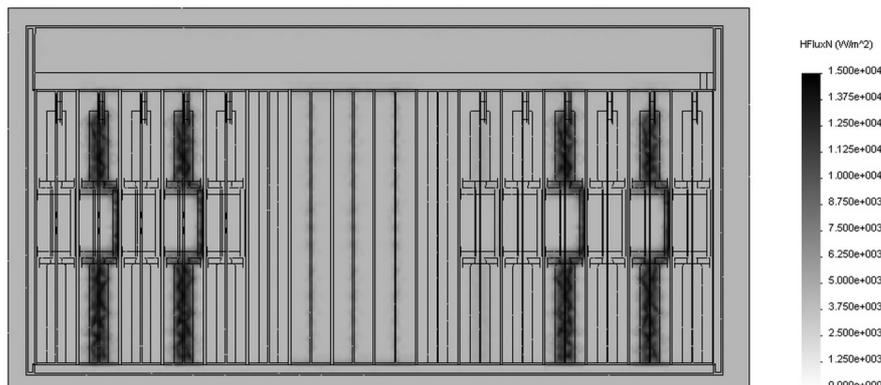


Рисунок 3 Распределение теплового потока от КАС к термостатированному посадочному месту на панели КА в режиме разряда аккумуляторных батарей

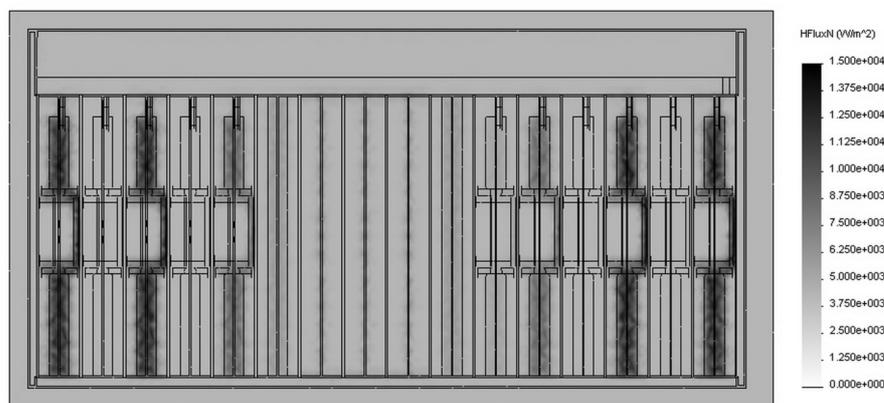


Рисунок 4 Распределение теплового потока от КАС к термостатированному посадочному месту на панели КА в режиме стабилизации напряжения солнечных батарей и заряда аккумуляторных батарей

На основе полученной картины распределения тепловых потоков совместно с изготовителем платформы КА определяется способ теплоотвода, размещение тепловых труб, труб жидкостного контура охлаждения или их комбинации и согласовывается расположение точек крепления прибора, чем обеспечиваются оптимальные тепловые режимы работы бортовой аппаратуры КА.

Список литературы:

1. Развитие энергопреобразующей аппаратуры системы электропитания навигационных космических аппаратов / К. Г. Гордеев, В. О. Эльман, В. Г. Солдатенко, М. В. Нестеришин, Р. В. Козлов, М. Ю. Фалько // Навигационные спутниковые системы, их роль и значение в жизни современного человека : тез. докл. 2-й Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 30-летию запуска на орбиту первого навигац. космич. аппарата «Глонасс» (10-14 октября 2012 г., Железногорск) / ОАО «Информационные спутниковые системы»; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2012. С. 145–147.
2. Алексеев В. П., Коблов Н. Н., Хрулев Г. М. Современные технологии автоматизации проектирования РЭА специального назначения. Томск : Изд-во Института оптики атмосферы СО РАН, 2003. – 134 с.

**УЧЕНЫЙ, ПЕДАГОГ, ОРГАНИЗАТОР
ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ**
(к 85-летию со дня рождения профессора В.И. Копытова)

Гормаков А.Н., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина,30

E-mail: gormakov@tpu.ru

11 апреля 2014 г. исполняется 85 лет профессору-консультанту кафедры точного приборостроения института неразрушающего контроля, заслуженному профессору Томского политехнического университета, доктору технических наук, члену-корреспонденту академии наук высшей школы Владимиру Ильичу Копытову.

Владимир Ильич Копытов – автор более 160 научных публикаций, трех учебных пособий, одной монографии, и 14 изобретений, основатель Сибирской школы, работающей по научному направлению «Повышение точности и надежности гироскопических приборов и устройств».

По результатам исследований руководителем и его учениками подготовлено и успешно защищено три докторских, 34 кандидатских диссертаций, опубликовано более 300 научных работ. Им установлены некоторые закономерности, позволяющие уменьшать вибрационную возбудимость гироскопических приборов.

Биография



В.И. Копытов родился 11 апреля 1929 г. в семье рабочих в г. Куйбышев Новосибирской обл. В 1947 г. окончил Барабинскую среднюю школу № 92. В том же году поступил на механико-математический факультет ТГУ, который окончил в 1952 г. В 1952 – 1955 г.г. – инженер завода п/я 111 (Томск). В 1955 – 1958 г.г. – аспирант ТПИ [1].

В 1960 г. защитил кандидатскую диссертацию, с сентября того же года стал работать на кафедре гироскопических приборов и устройств ассистентом. С 1961 г. – и.о. заведующего кафедрой. В 1971-1973 г.г. – докторант ТПИ. В 1973 г. защитил докторскую диссертацию на объединенном ученом совете при ТПИ по специальности «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры». 21.06.1974 г. была присуждена ученая степень доктора технических наук, 13.06.1975г. – ученое звание профессора по кафедре гироскопических приборов и устройств [2]. На протяжении 37 лет (до 1998 г.) В.И. Копытов возглавлял эту кафедру (в настоящее время, кафедра точного

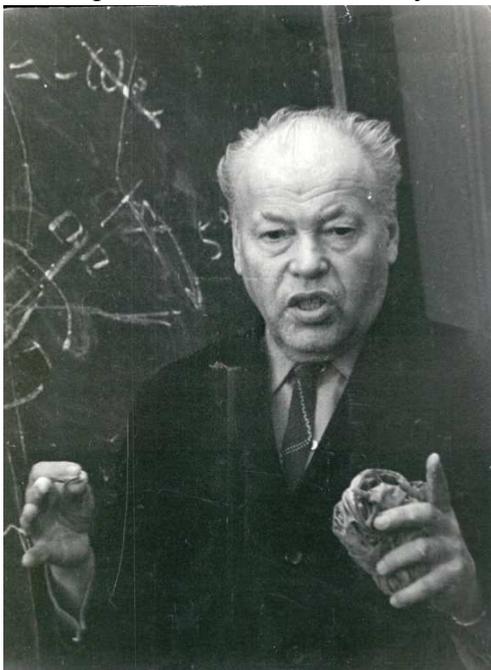
приборостроения). В 1999 г. Ученым Советом ТПУ В.И. Копытову присвоено звание «Заслуженный профессор ТПУ»

В пятидесятых годах прошлого столетия с целью ликвидации отставания в авиации, ракетостроении, разработке и производстве ядерного оружия совместными постановлениями ЦК КПСС и Советом министров СССР были приняты решения о создании целого ряда научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро, а также о строительстве большого числа заводов, рассредоточенных по всей территории СССР. Для обеспечения указанных предприятий инженерными кадрами в ряде ведущих вузов страны были организованы новые кафедры и начата подготовка специалистов по новым специальностям.

Основатель Сибирской школы инженеров-гироскопистов

В Томском политехническом институте были открыты сразу несколько новых специальностей, одной из которых была специальность 0609 - Гироскопические приборы и устройства. Приказ министра высшего образования СССР об открытии в Томском политехническом институте специальности «Гироскопические приборы и устройства» был подписан в 1959 году и в том же году был осуществлен первый набор студентов на 1 курс по специальности в количестве трех групп. Летом 1960 года была образована кафедра с одноименным названием. В 1961 году В.И. Копытов был избран, а в 1962 г. избран по конкурсу на должность заведующего кафедрой гироскопических приборов и устройств ТПИ.

Перед молодым заведующим кафедрой стояла сложнейшая задача.



Профессор В.А. Павлов читает лекции первым студентам кафедры в Томске

Необходимо было обеспечить высокое качество подготовки инженеров по совершенно новой и сложной специальности. В этот период у Владимира Ильича в наибольшей степени проявились таланты ученого и организатора учебного процесса.

Для работы на кафедре были приглашены молодые выпускники, преимущественно Томских вузов: Ю.М. Камашев (ТПИ), М.П. Шумский (ТГУ), А.А. Чапкович (ТПИ), Ю.М. Нефедов (ТПИ). Несколько позже на кафедру были приняты на преподавательскую работу специалисты, уже имеющие производственный стаж: выпускник Ленинградского института авиационного приборостроения А.И. Студеникин и выпускник Томского государственного университета Л.Н. Белозеров. Большую роль в становлении и развитии кафедры сыграл Павлов Всеволод Александрович, профессор, д.т.н. Ленинградского института авиационного приборостроения (ЛИАП), а так же его

коллеги: доцент Н.П. Катрушенко, доцент Ю.М. Хованский; д.т.н., профессор ленинградского электротехнического института Поньрко С.А.



Коллектив кафедры, 1970 год

Первый ряд слева на право: Селезнев В.Н., Вагина А., Копытов В.И., Житомирская М.Ф., Шумский М.П., Второй ряд слева направо: Васичков Ю.В., Свендровский А.Р., Камашев Ю.М., Гурин Л.Б., Белянин Л.Н., Студеникин А.И.

Проблема оснащения кафедры учебно-лабораторным оборудованием: гироскопическими и навигационными приборами и системами, электронными измерительными приборами, испытательными стендами и аппаратурой, станками для кафедральной мастерской и инструментом решалась, благодаря безвозмездной помощи заводов отрасли, для которых готовились специалисты, а также воинских частей, ремонтных заводов и баз министерства обороны, располагающих такой техникой. Кафедре был передан контейнер автопилотов и другой бортовой аппаратуры с бомбардировщика ИЛ-28, безвозмездно был передан истребитель МИГ-15, установленный в дальнейшем в машинном зале 4-го учебного корпуса.

1965 году в ТПИ состоялся первый выпуск инженеров-электромехаников по специальности «Гироскопические приборы и устройства». Первые выпускники кафедры были распределены на предприятия отрасли, расположенные преимущественно в Сибири. Причем, потребность в специалистах в тот период была настолько велика, что заявки кадровых служб предприятий полностью не удовлетворялись. Выпуск специалистов по гироскопическим и навигационным приборам и системам в ТПИ облегчил задачу дальнейшего развития кадрового потенциала кафедры. Для работы на кафедре из первого выпуска был приглашен В.Г. Афонин, из третьего (1967 год) – Л.Н. Белянин и В.П. Нестеренко, из четвертого (1968 год) – Л.Б. Гурин, из пятого (1969 год) – А.Р. Свендровский и Т.Г. Нестеренко, из шестого (1970 год) – О.П. Королев, из седьмого (1971 год) – А.Н. Гормаков и В.Я. Скорых, из восьмого (1972 год) – С.А. Протопопова, из девятого (1973 год) – А.Н. Голиков, В.М. Замятин, И.В. Слащев, из тринадцатого (1977 год) – О.Б. Шамина. В последующие годы на кафедре для работы и обучения в аспирантуре оставались выпускники, достигшие значимых результатов в научно-исследовательской работе в студенческие годы.

В 1966 году кафедра заключила свой первый хоздоговор [3]. В 1967 году была открыта аспирантура. Успешно защищены первые кандидатские диссертации,

выполненные на кафедре. В 1973 году заведующий кафедрой, доцент В.И. Копытов защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук. Кафедра к этому времени представляла собой сложившийся коллектив. Большинство преподавателей кафедры имели ученые степени и звания. Занятия велись на высоком методическом уровне. Кафедра активно включилась в научно-исследовательскую работу. В тот период кафедра обеспечивала 15 дисциплин: «Введение в специальность», «Динамика полета и конструкции летательных аппаратов», «Авиационные приборы», «Теория колебаний», «Теория вероятности», «Теория гироскопов и гироскопических стабилизаторов», «Теория и расчет гироприборов», «Стабилизация летательных аппаратов и автопилоты», «Системы управления летательными аппаратами», «Проектирование гироприборов», «Системы инерциальной навигации», «Системы ориентации и стабилизации космических летательных аппаратов», «Технология приборостроения», а также 2 спецкурса. Студенты выполняли на кафедре три проекта, обязательной была учебно-исследовательская работа студентов. Лабораторные занятия проводились в 5 учебных лабораториях, где были размещены свыше 40 установок по 8 лабораторным циклам.

В 1965 году на кафедре была начата подготовка инженеров по вечерней системе. Основной частью студентов-вечерников были работники Томского приборного завода, администрация которого всячески поддерживала их стремление получить высшее инженерное образование. Последний выпуск вечернего отделения по специальности «Гироскопические приборы и устройства» состоялся в феврале 1984 года.

В 1992 году в истории кафедры произошли важные события. В связи с конверсией оборонной промышленности в стране, снижением потребности в специалистах по навигационной и гироскопической технике был прекращен набор на специальность «Гироскопические приборы и системы» и открыта специальность «Приборостроение», как одна из специальностей направления «Приборостроение». Кафедра сменила название на кафедру точного приборостроения.

В те годы на кафедре были созданы два малых предприятия «Точное приборостроение» (руководитель, профессор Копытов В.И.) и «РИПОС» (руководитель, доцент Белянин Л.Н.). Коллективы этих предприятий разработали, изготовили и внедрили в производство ряд уникальных приборов и комплексов для автоматизации технологических процессов в угольной и нефтегазодобывающей отраслях.

1998 году заведующим кафедрой был избран Виктор Степанович Дмитриев – д.т.н., главный научный сотрудник НПЦ «Полус», действительный член Международной академии навигации и управления движением, действительный член Российской академии естествознания, выпускник кафедры 1968 года. Являясь специалистом в области разработки электромеханических устройств систем ориентации и стабилизации космических аппаратов (этим проблемам была посвящена его докторская диссертация), он свои организаторские способности направил на компьютеризацию учебного процесса на кафедре. В настоящее время кафедра в составе института неразрушающего контроля готовит бакалавров техники и технологии по направлению «Приборостроение», магистров по профилю «Системы ориентации, стабилизации и навигации». В течение ряда последних лет кафедра выпустила десятки магистров по профилям «Геофизическое приборостроение» и «Системы автоматизированного проектирования приборов в

приборостроении». Кроме того, кафедра обеспечивает ряд дисциплин конструкторско-технологического цикла для направлений и профилей института неразрушающего, электротехнического института и института дистанционного образования.

Научная деятельность

Научные интересы: исследование динамики сложных механических и электромеханических систем, описываемых нелинейными дифференциальными уравнениями с переменными коэффициентами. Ряд лет являлся научным руководителем НИЛ № 74 «Моделирование влияния внешних воздействий на системы точной механики».

Под его руководством на кафедре проведены фундаментальные исследования по основному научному направлению «Влияние внешней и внутренней вибрации на точность и надежность работы гироскопических приборов и систем ориентации подвижных объектов». Теоретические выводы реализованы в макетных и опытных образцах различных гироскопических устройств. С 1970 г. ведутся исследования по второму направлению «Методы и средства полунатурного моделирования и испытания приборов и систем ориентации и стабилизации космических аппаратов» [4]. Результаты исследований реализованы при создании опытного образца динамического моделирующего стенда с тремя степенями свободы ДМС-3 и в других макетных образцах. Технические решения (11 авторских свидетельств на изобретения), реализованные в ДМС-3 оказались настолько удачными, что СКБ Омского электромеханического завода изготовило партию из 10 таких стендов для предприятий космической отрасли СССР. С 1980 г. на кафедре под руководством доцента Л.Н. Белянина непрерывно ведутся работы по разработке скважинных систем ориентации, скважинных гироскопических инклинометров (ИГН-100) [5], методик и устройств для метрологического обеспечения скважинных систем ориентации (наклонно-поворотная установка УНП-3 [6], руководитель Голиков А.Н.) на всех стадиях жизненного цикла приборов.

В настоящее время В.И. Копытов со своими учениками проводит научные и экспериментальные исследования по «безопорному движению материальных тел». Написана монография «Элементарная теория безопорных движителей. Парадоксы безопорного движения» Томск, 2011. По данному направлению защищено две кандидатских диссертации (Глазачев А.В, Иванова В.С.). По инициативе В.И.К. было проведено девять научно-технических конференций и семинаров с изданием сборников трудов. Научно-практический уровень проведенных конференций был весьма высоким, как по отзывам их участников (а это были представители АН СССР; и научно-производственных организаций), так и по тому факту, что сборник трудов «Поведение гироскопа и гироскопических устройств в условиях интенсивной вибрации основания», Томск, 1971 г. был дважды запрошен и выслан за границу (через Министерство высшего и среднего специального образования СССР).

Владимир Ильич принимал активное участие в работе III-VI Всесоюзных съездов по теоретической и прикладной механике (1979 г.), Всесоюзных и отраслевых научно-технических конференциях по специальной технике. Является лауреатом конкурса научных идей «Наука, которая изменит мир», в 2004 г.

Общественная деятельность

Долгие годы был председателем диссертационного совета ТПУ, входил в состав объединенного Совета по присуждению ученых степеней в ТГУ, являлся членом Научно-методического совета УМО по приборостроению, избирался членом и секретарем партбюро факультета.

Награды

Медали «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения со дня рождения В.И. Ленина», «Ветеран труда», серебряная ВДНХ СССР (1977 г.), им. акад. М.В. Келдыша Федерации космонавтики СССР (1986 г.), золотая «За заслуги перед ТПУ» (2000г.). Неоднократно награждался Почетными грамотами Минвуза СССР и Минобразования РФ, ректората и общественных организаций.

Активная жизненная позиция и здоровый образ жизни помогают Владимиру Ильичу Копытову достигать положительного результата в делах, за которые он берется.

Список литературы:

1. Биографический справочник «Профессора Томского политехнического университета»: Том 3, часть 1/Автор и составитель А.В. Гагарин.- Томск: Изд-во ТПУ, 2005-326 стр.
2. Кн. «Профессора Томского политехнического университета 1991-1997гг.»: Биографический сборник / Составители и отв. Редакторы А.В. Гагарин, В.Я. Ушаков. – Томск: Изд-во НТЛ, 1998 – 292 стр.
3. Белянин Л.Н. Кафедра точного приборостроения Томского политехнического университета. 50 лет подготовки приборостроителей / Под редакцией В.И. Копытова – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010, - 97 с.
4. Гормаков А.Н. Вклад кафедры точного приборостроения в разработку новой космической техники и подготовку специалистов для космической отрасли // Труды форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Космическое приборостроение». Томск 10-12 апреля 2013 – с. 21-15.
5. http://market.t-park.ru/info/product_details.asp?id=278&f_id=40773 [Электронный ресурс] / Режим доступа: Дата обращения 1.03.2014.
6. Голиков А.Н., Гормаков А.Н. Проблемы диагностики метрологических характеристик скважинных систем ориентации // Контроль. Диагностика, 2011. Специальный выпуск. Материалы 1-й Всероссийской с международным участием научно-практической конференции по инновациям в неразрушающем контроле. 25-29 июля 2011 г., Горный Алтай. с. 42-46.

Продукция и перспективные разработки компании СПУТНИКС

Жаренов И.С., Карпенко С.О., Потапов А.В.

Научный руководитель: Карпенко С.О.

ООО СПУТНИКС Россия, 123995, г. Москва, Бережковская набережная, д. 20, стр. 6

ООО СПУТНИКС (Спутниковые инновационные космические системы) – одна из первых российских частных компаний, специализирующаяся на разработке служебных систем для малых космических аппаратов, микроспутниковых платформ на основе этих систем, а также наземной инфраструктуры для управления и приема данных с них. Основные направления деятельности компании:

- разработка служебных систем для микроспутников;
- разработка семейства микроспутниковых платформ ТаблетСат для проведения технологических, научных, образовательных экспериментов;
- разработка станций управления и телеметрии УКВ-диапазона;
- разработка стендов для проведения функциональных испытаний элементов и систем ориентации и стабилизации.

СПУТНИКС использует при проектировании микроспутников интеграцию бортовых систем и полезной нагрузки по принципу Plug-and-Play – технологию быстрого определения и конфигурирования бортовых устройств и систем для малых космических аппаратов. Для широкого внедрения предлагаемого подхода компания разрабатывает комплект Спецификаций SxPA - Sputnik Plug-and-Play Architecture. В его основе лежит открытая спецификация SPA - Space Plug-and-Play Architecture, разработанная на уровне проекта рекомендаций в Американском институте аэронавтики и астронавтики (American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA) в 2011 г. Главное отличие SPA от SxPA в том, что стандарт от СПУТНИКС оптимально подходит под аппараты массой 10..50 кг и имеет конкретную реализацию. При этом построение бортовой сети осуществляется на основе технологии SpaceWire. На рисунке 1 представлен пример реализации бортовой архитектуры SxPA Plug-and-Play.

В основе всех ключевых разработок и технологий лежат отечественные технологии, а также собственный задел и опыт. Разработки выполняются в кооперации в первую очередь с российскими партнёрами, в том числе с Томским политехническим университетом.

В основе всех ключевых разработок и технологий лежат отечественные технологии, а также собственный задел и опыт. Разработки выполняются в кооперации в первую очередь с российскими партнёрами, в том числе с Томским политехническим университетом.

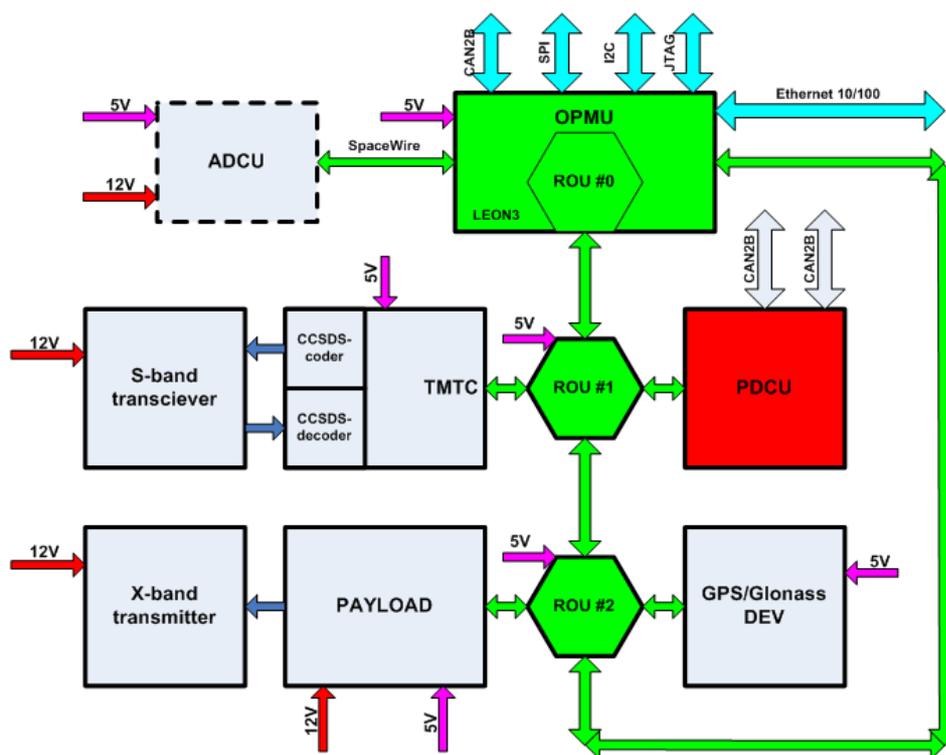


Рисунок 1 Пример реализации бортовой архитектуры SxPA Plug-and-Play

На сегодняшний день набор окончательно разработанной или находящейся на последних стадиях разработки продукции компании, а также собственная аппаратура для наземной отработки служебных систем и испытательные мощности организаций-партнёров позволяют в короткие сроки создать и отработать полноценный микроспутник с различными типами полезной нагрузки. В целях демонстрации технологий был разработан КА Таблетсат-Аврора (см. рисунок 3) массой 25 кг, находящийся сейчас на этапе комплексных испытаний. Запуск КА запланирован на середину 2014 года.

В числе перспективных разработок компании можно выделить:

микроспутниковая двигательная установка для орбитальных манёвров, обеспечивающая возможность создания динамически устойчивых спутниковых группировок, увеличения срока активного существования спутников, быстрого сведения спутников с орбиты при необходимости и т.д.;

двигатель-маховик для микроспутников на полностью отечественных компонентах;

транспортно-пусковой механизм для упрощения адаптации микроспутников к ракетам-носителям, а также для обеспечения кластерных запусков спутниковых группировок;

проекты коммерческих микроспутников ДЗЗ Таблетсат-Церера (обзорная мультиспектральная съёмочная система для природно-ресурсного мониторинга и смежных задач) и Таблетсат-Виктория (съёмочная система высокого разрешения для точечного детального мониторинга важных участков городских территорий, промышленных объектов и т.п.).

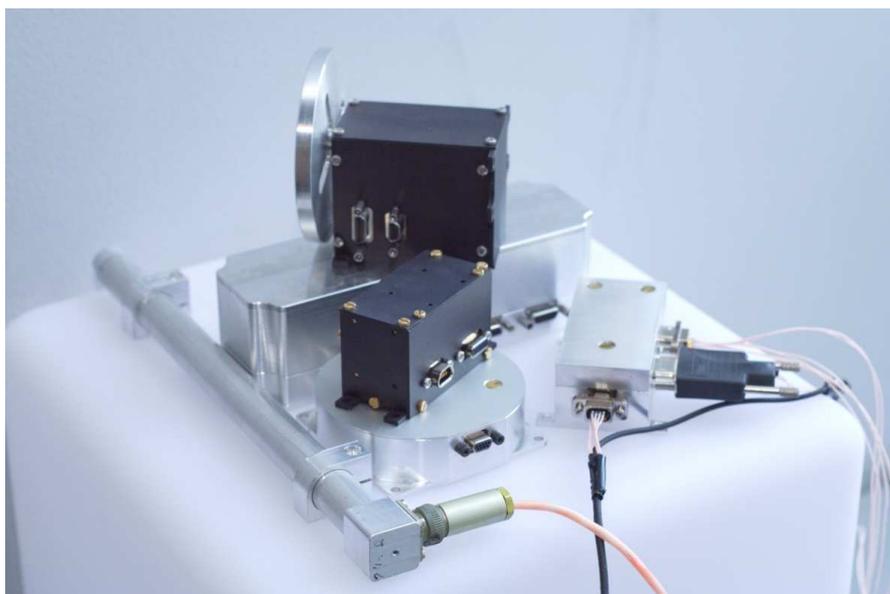


Рисунок 2 Элементы систем ориентации и стабилизации разработки СПУТНИКС

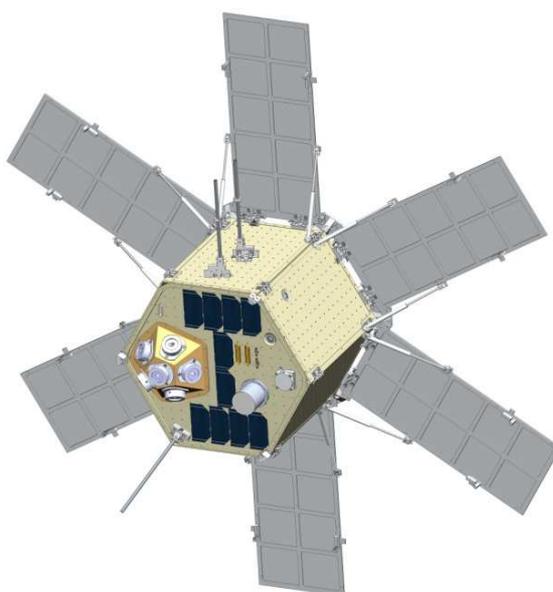


Рисунок 3 Микроспутник-демонстратор технологий Таблетсат-Аврора

Список литературы:
Официальный сайт компании СПУТНИКС [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
www.sputnix.ru/ru/, свободный.

Безопорный движитель – основа создания транспортных и космических систем XXI века

Копытов В.И., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

Указом президента РФ от 7 июля 2001 г., №899 «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации» в перечне основных направлений названо «транспортные и космические системы».

В Томском политехническом университете проводятся теоретические и экспериментальные исследования по созданию безопорных движителей (БД) без отбрасывания массы сгоревшего топлива.

В работе [1] изложена экспериментальная теория безопорных движителей, позволившая объяснить многие «парадоксы движения», наблюдаемые в природе.

В статье представлены принципиальные схемы размещения безопорных движителей на транспортном средстве, перемещающемся как на Земле, так и в космическом пространстве. Для удобства восприятия процесс движения транспорта рассмотрен в двух плоскостях: горизонтальной и вертикальной. Иными словами, движение описывается в трехосной прямоугольной декартовой системе координат $[x, y]$.

На рис. 1 представлено размещение основных узлов БД и источника энергии на платформе при движении последней в плоскости горизонта.

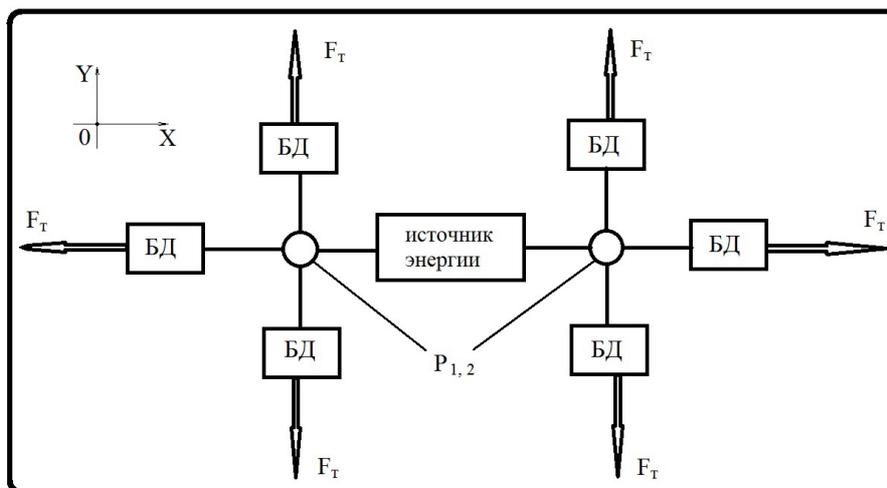


Рисунок 1 Размещение основных составляющих узлов БД и источника энергии на платформе при движении последней в плоскости горизонта; F_T – тяга, развиваемая БД; $P_{1,2}$ – редукторы передачи энергии на БД

Символ F_T означает направленную силу тяги, развиваемую соответствующим БД; $P_{1,2}$ – редукторы передачи энергии к соответствующим БД. Движение вдоль оси X вправо или влево в плоскости горизонта обеспечивается соответствующими БД, расположенными на оси, параллельной оси X. Аналогично и при движении по оси Y.

На рис. 2 представлено размещение основных узлов БД и источника энергии на платформе при движении последней в вертикальной плоскости.

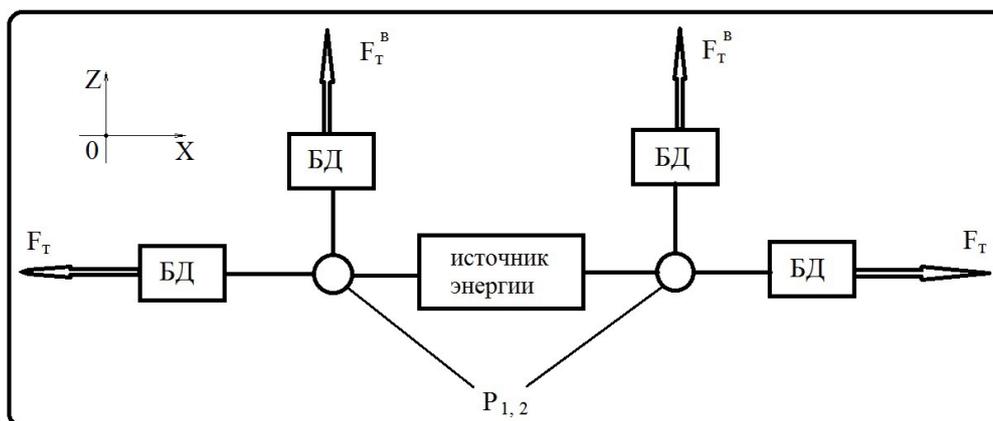


Рисунок 2 Размещение основных составляющих узлов БД и источника энергии на платформе при движении последней в вертикальной плоскости

На рис. 3 представлено размещение БД и источника энергии на автомобиле.

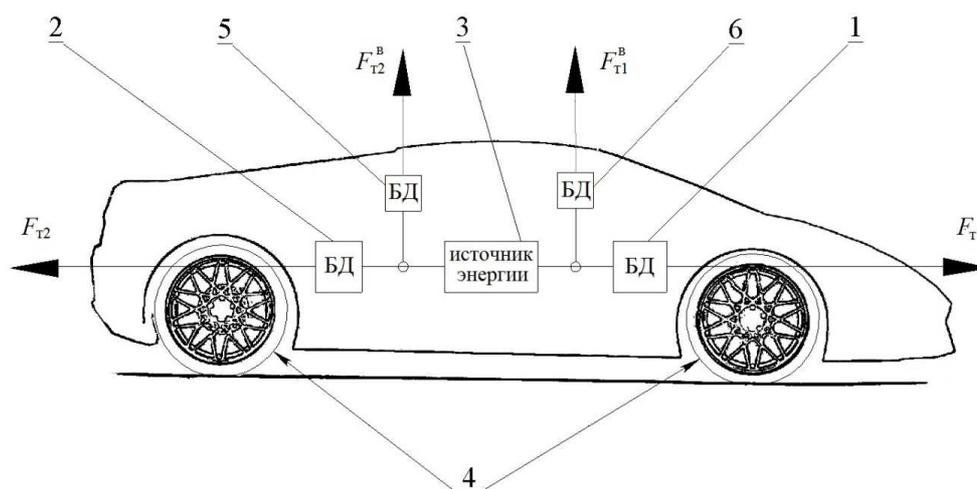


Рисунок 3 Размещение БД и источника энергии на автомобиле. 1 – БД обеспечивает движение автомобиля вперёд; 2 – БД обеспечивает движение назад; 3 – источник энергии (двигатель внутреннего сгорания); 5 и 6 – БД, обеспечивающие левитацию автомобиля; 4 – колёса (катки)

Основное назначение двигателя 2 – торможение автомобиля по мере необходимости во время движения. В случае резкой остановки автомобиль имеет некоторую скорость v_0 . В результате кинетическая энергия автомобиля будет равна $\frac{mv_0}{2}$ (m – масса автомобиля) и определяет инерцию последнего. Включение в работу двигателя 2 позволяет демпфировать (рассеивать) энергию $\frac{mv_0}{2}$ инерционного движения автомобиля. Иными словами, двигатель 2 позволяет решать задачу «управления инерцией» при движении автомобиля (и любого

транспортного средства с безопорным движителем). Поэтому колёса автомобиля (в отличие от существующих) становятся «катками». В результате влияние гололёда, «мокрого асфальта» на способность движения автомобиля будет минимальным.

БД 5 и 6 обеспечивают вертикально направленные силы F_{T1}^B и F_{T2}^B . Если сумма сил ($F_{T1}^B + F_{T2}^B$) равна и немного больше силы тяжести автомобиля, то последний «всплывает» над дорогой и будет перемещаться в горизонтальной плоскости. После преодоления «непроходимой» дороги автомобиль «опускается» на грунт и продолжает движение под действием силы тяги F_{T1}^B .

На железнодорожном транспорте (с электротягой) каждый вагон должен быть обеспечен БД (источник энергии – электродвигатель соответствующей мощности). Принципиальная схема размещения БД аналогична представленной на рис. 3 (без БД 5 и 6). Так как торможение поезда осуществляется только вторым БД, то колёса вагонов является только катками и износ последних, а также рельс будет минимальным. Управление движением поезда будет осуществляться из «командной будки» по электронной связи.

При движении транспортных средств по криволинейным траекториям для устранения влияния появляющихся центробежных сил используются БД, развивающие силы тяги, противоположные центробежным силам (рис. 1).

По мере накопления знаний по теории и практике безопорных движителей и разработки экономичных источников энергии для последних, проблема создания новых летательных аппаратов (наземных и космических) может быть решена. Летательные аппараты с безопорными движителями будут существенно отличаться от существующих. Отметим некоторые из них.

Летательный аппарат, выполненный в виде диска («летающая тарелка»), взлетает и приземляется бесшумно, не требуется «взлётно-посадочных полос», а только «посадочная площадка». Последнее особенно важно, так как проблема «труднодоступных» точек на Земле решается. Особенно это важно для России.

«Высота полётов» летательных аппаратов может быть большей, чем для самолётов, поэтому лобовое сопротивление будет уменьшаться, что положительно влияет на расход топлива (энергии).

Для космических летательных аппаратов с безопорными движителями при подъеме со старта расход энергии, обеспечивающей их левитацию, намного меньше, чем при ракетных движителях.

Движение космических летательных аппаратов с БД в космическом пространстве может осуществляться в любом нужном направлении.

Наличие БД позволяет изготовить платформы, создающие невесомость в наземных условиях. При этом грузоподъемность платформы может обеспечить полезную нагрузку до нескольких тонн. В результате, в наземных условиях влияние невесомости позволяет скорректировать фундаментальные исследования по таким направлениям, как космическое материаловедение, космическая биология и физиология. Разработать и испытать на Земле систему локальной гравитации космонавта при длительных полётах космических аппаратов.

Список литературы:

1. Копытов В.И. Элементарная теория безопорных движителей. Парадоксы безопорного движения. Томск, Изд. ТПУ, 2011 – 88 с.

Оптимизация комплекса эксплуатационных характеристик двигателей-маховиков исполнительных органов систем ориентации космических аппаратов на этапе проектирования

Костюченко Т.Г., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ktg@tpu.ru

Одним из способов построения системы ориентации космического аппарата является способ, основанный на использовании исполнительных органов на базе управляемых по моменту электродвигателей-маховиков. Электродвигатель-маховик генерирует управляющие моменты относительно центра масс космического аппарата путем изменения количества движения маховика [1]. Электродвигатель-маховик выступает здесь как важнейший элемент системы ориентации космического аппарата.

На рисунке 1 приведен один из вариантов построения электродвигателя-маховика. Он состоит из массивного ротора с явно выраженным ободом 1, установленного в опорах 2 и приводимого во вращение электродвигателем 3, ротор которого закреплен на маховике, а статор – на основании 4. У прибора имеется защитный кожух 5 [2].

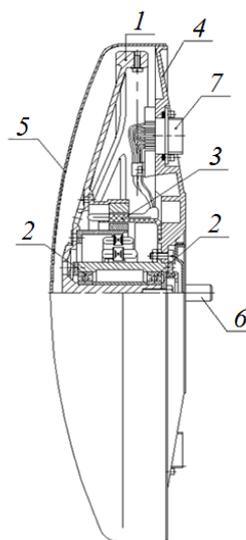


Рисунок 1 Конструкция электродвигателя-маховика

Электродвигатель-маховик – сложное техническое устройство, имеющее целый комплекс важнейших взаимосвязанных эксплуатационных характеристик, причем эта связь как прямая, так и обратная.

Математическая модель электродвигателя-маховика, показывающая взаимосвязь его эксплуатационных характеристик, представлена ниже в виде системы уравнений:

$$H = \frac{1}{32} \pi \gamma \Omega D_m^4 (1 + k^4) \text{ – кинетический момент;}$$

$$m = \frac{\gamma h (R^2 - r^2)}{2} \text{ – масса маховика;}$$

$$N = \frac{1}{\Omega} \left(\frac{C}{Q_p} \right)^{3,3} \text{ – ресурс;}$$

$$P = 1,028 M_c \Omega^{10^5} \eta \text{ – потребляемая мощность;}$$

$$M_c = (M_y + M_{III} + M_a) \text{ – момент сопротивления;}$$

$$M_{упр} = \frac{dH}{dt} = J \dot{\Omega} \text{ – управляющий момент маховика;}$$

$$T_{разг.} = 4T_m \text{ – время разгона;}$$

$$M_{III} = 1,14 K_k \left(1 + \frac{D_6}{d_u} Q_p \right) \text{ – момент трения шарикоподшипников;}$$

$$M_a = 2\pi \rho C_{Л(T)} \Omega^2 \Gamma_\phi \text{ – момент аэродинамического сопротивления;}$$

$C_L = 0,53 R_e^{-0,5}$, $C_T = 0,0287 R_e^{-0,2}$ – аэродинамические коэффициенты для ламинарного и турбулентного течения;

$$\omega_{кр} = \frac{1}{\sqrt{0,5(m\alpha - J_Z \beta) + \sqrt{0,25(m\alpha - J_Z \beta)^2 + m J_Z (\alpha\beta - \xi^2)}}}$$

критическая угловая скорость вращения двигателя-маховика, где

$$\alpha = \frac{ab^2}{3EI_1} + \frac{b^3}{3EI_2}, \quad \beta = \frac{a}{3EI_1} + \frac{b}{EI_2}, \quad \xi = \frac{ab}{3EI_1} + \frac{b^2}{2EI_2};$$

$$\vartheta = \frac{[Gl - (J_Z + J_X)\Omega^2](J_Z - J_Y)\epsilon\Omega^2}{(Gl - J_Y\Omega^2)(Gl - J_X\Omega^2) - (J_Z\Omega^2)^2} \sin \Omega t,$$

$$\psi = - \frac{[Gl - (J_Z + J_Y)\Omega^2](J_Z - J_X)\epsilon\Omega^2}{(Gl - J_Y\Omega^2)(Gl - J_X\Omega^2) - (J_Z\Omega^2)^2} \cos \Omega t \text{ – вынужденные колебания,}$$

возникающие по двум ортогональным осям двигателя-маховика;

$$\omega_p = \pm \sqrt{\frac{Gl(J_X + J_Y) \pm \left[Gl(J_X + J_Y) - \frac{GlJ_XJ_Y}{J_X + J_Y} (1 - \mu^2) \right]}{2J_XJ_Y(1 - \mu^2)}} \text{ – резонансная угловая}$$

скорость маховика;

$$f_c = 0,5 \left[1 - \left(\frac{2d_u}{D+d} \right) \cos q \right] \Omega \text{ – частота вибрации, вызванная}$$

неуравновешенностью сепаратора шарикоподшипника;

$$f_6 = 0,5 \left[1 + \left(\frac{2d_u}{D+d} \right) \cos q \right] z \Omega \text{ – частота вибрации, вызванная дефектом}$$

внутреннего кольца шарикоподшипника;

$$f_n = 0,5 \left[1 - \left(\frac{2d_u}{D+d} \right) \cos q \right] z \Omega \text{ – частота вибрации, вызванная дефектом}$$

наружного кольца шарикоподшипника;

$$f_{mk} = \left(\frac{d+D}{4d_{uu}} \right) \left(1 - \frac{4d_{uu}^2}{(d+D)^2} \cos^2 q \right) \Omega - \text{частота вибрации, вызванная дефектом}$$

тела качения шарикоподшипника;

$$f_{o.g} = \frac{d+D}{2d_{uu}} z \Omega - \text{частота вибрации, вызванная шероховатостью или}$$

овальностью тел качения шарикоподшипника;

$$f_3 = 0,5z\Omega - \text{частота вибрации, вызванная зазором в шарикоподшипнике,}$$

где R – наружный радиус маховика; r – внутренний радиус маховика; $k = R/r$; m – масса двигателя-маховика; γ – удельная масса материала маховика; h – высота обода; D_m – диаметр маховика; Ω – угловая скорость вращения; C – коэффициент работоспособности шарикоподшипников; Q_p – нагрузка; η – коэффициент полезного действия; T_m – постоянная времени; K_k – коэффициент трения качения; D_e – внутренний диаметр наружного кольца шарикоподшипника; ρ – плотность среды, окружающей маховик; Re – число Рейнольдса; D_0 – диаметр по центрам тел качения шарикоподшипника; z – число тел качения (шариков); d_{uu} – диаметр тела качения (шарика); α, β, ξ – коэффициенты влияния, определяющиеся конструкцией маховика с валом; a – расстояние от левой опоры до маховика; b – расстояние между опорами вала; G – вес маховика; EI_1 и EI_2 – жесткости сечения вала на изгиб; J_x, J_y, J_z – моменты инерции двигателя-маховика относительно соответствующих осей; J_ε – экваториальный момент инерции двигателя-маховика; l – смещение центра тяжести двигателя-маховика относительно точки его подвеса; ε – угол отклонения между осью главного момента инерции маховика и осью вращения; μ – коэффициент соотношения осевого и экваториальных моментов инерции маховика; D – диаметр наружного кольца шарикоподшипника; d – диаметр внутреннего кольца шарикоподшипника; z – количество тел качения (шариков); d_{uu} – диаметр тела качения (шарика); q – угол контакта тел качения.

Математическая модель – это основа, позволяющая получить оптимальный комплекс эксплуатационных характеристик двигателя-маховика на этапе проектирования. Это сложная проектная задача, не имеющая однозначного решения.

Например, в системе уравнений связь между ресурсом и габаритами электродвигателя-маховика напрямую не прослеживается, но эти характеристики связаны обратной зависимостью через величину кинетического момента H и угловую скорость вращения маховика [2]. Варьируя угловой скоростью маховика и его размерами, можно обеспечить требуемую величину ресурса и минимум массы. Чем больше скорость, тем меньше ресурс шарикоподшипниковых опор; чем меньше эта скорость, тем больше масса маховика и, соответственно, масса электродвигателя-маховика в целом.

В качестве опор маховика в основном применяются шарикоподшипники. Параметры вибрации электродвигателя-маховика с шарикоподшипниковыми опорами в значительной мере определяются конструктивными размерами элементов шарикоподшипников а также соотношением осевого и экваториального моментов инерции вращающихся частей двигателя-маховика (маховик, ротор электродвигателя, вал маховика).

Важным параметром также является величина критической угловой скорости маховика, которая определяется размерами элементов конструкции и значение которой не должно находиться в диапазоне рабочих угловых скоростей маховика [3].

При минимизации массы электродвигателя-маховика необходимо учитывать другие параметры математической модели, чтобы, например, уменьшение сечения силовых элементов, добавление дополнительных облегчающих отверстий и т.п., не сказалось на жесткости конструкции в целом, и, следовательно, на величине собственных частот элементов конструкции, а также на смещении величины критической скорости в рабочий диапазон угловых скоростей маховика.

Электродвигатель-маховик в условиях эксплуатации, вообще говоря, является гиродвигателем, установленным карданов подвес. Поэтому необходимо учитывать наличие вынужденных колебаний [4], возникающих по двум условным ортогональным осям двигателя-маховика. Анализ соответствующих уравнений математической модели говорит о том, что при увеличении амплитуд вынужденных колебаний по крайней мере при двух значениях угловой скорости маховика Ω будет возникать резонанс.

Таким образом, анализ математической модели электродвигателя-маховика на этапе проектирования позволяет оценить взаимное влияние его характеристик.

Наиболее эффективным методом оптимизации всего комплекса характеристик представляется варьирование параметрами конструкции через параметризацию с использованием специализированного программного обеспечения, реализующего геометрическую параметризацию и возможность эффективного расчета требуемых характеристик.

Примером эффективной оптимизации может послужить оптимизация комплекса эксплуатационных характеристик гиродин. Эксплуатационные характеристики гиродин описываются математической моделью, очень близкой математической модели электродвигателей-маховиков. На рисунке 2 приведена параметрическая 3D модель гиродин в собранном и разобранном виде, созданная в системе T-Flex CAD.

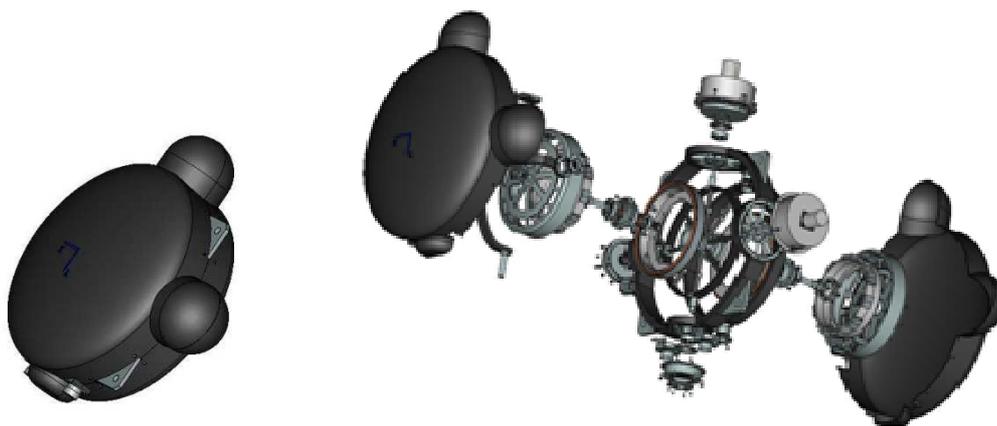


Рисунок 2 Параметрическая 3D модель гиродин

Параметрические возможности системы T-Flex CAD позволяют включать непосредственно в 3D модель расчет эксплуатационных характеристик, зависящих

от геометрических размеров конструкции. При параметрическом изменении модели (изменяются наружные радиусы и высоты обода обоих маховиков) происходит полное перестроение модели с новыми размерами и пересчет эксплуатационных характеристик. На рис. 3 и 4 приведен пример расчета момента сопротивления и критической угловой скорости вращения для двух вариантов конструкции.

Имя	Выражение	Значение	Комментарий
R	75	75	наружный Радиус 1 маховика (3000)
h	40	40	
R1	75	75	
h11	40	40	
Jc	0.01	0.01	момент инерции по оси X
Jb	0.01	0.01	момент инерции по оси Y
колебательность	$(l1^2)/(l1^2+Jc)$	0.184845	параметр колебательности
tp	$(\pi \cdot H \cdot 10000) / ((0.75 / (30 \cdot mC)) \cdot ((1 - 0.03) / 30)) / 60$	6.853168	время разгона маховика (3000)
tp1	$(\pi \cdot H \cdot 10000) / ((0.75 / (70 \cdot mC)) \cdot ((1 - 0.03) / 70)) / 60$	33.816057	время разгона маховика (20000)
P	$(9.81 \cdot om \cdot mC \cdot (10^{-5}) - 5) \cdot ((9.81 \cdot om \cdot mC \cdot (10^{-5}) - 5))$	10.681247	мощность потребляемая двумя ма...
mC1	mtb + msp1	49.396288	общий момент сопротивления (200...
mC	mtb + msp	17.44686	общий момент сопротивления (3000)
OMKRD	OMKR * 9.55	12615.27763	критическая скорость (3000)
OMKRD1	OMKR1 * 9.55	23028.046013	критическая скорость (20000)
not	R - 30	45	
Msp91	$(4 \cdot 1.65) \cdot (\pi \cdot 2.5 \cdot 0.001 \cdot 1.65 \cdot (300 / 0.42))$	8.073214	
Msp81	$4 \cdot 1.5 \cdot (\pi \cdot 2.5 \cdot 0.001 \cdot 1.5 \cdot (300 / 0.39))$	7.442308	
Msp1	Msp91 + Msp81	15.515522	момент сопротивления Ш/П (20000)
Caer	$0.53 \cdot tein \cdot (0.5)$	0.053504	для момента сопротивления (3000)
gF	$(h \cdot \sqrt{10} / (R \cdot 10^4)) + (h \cdot \sqrt{10} / (r \cdot 10^4)) + ((2 \cdot (R \cdot 10^4) \cdot 5) + (r \cdot 10^4) \cdot ...$	29148.974625	геометрический фактор (3000)
mtb	$2 \cdot p \cdot 2 \cdot (10^{-5}) \cdot 9 \cdot Caer \cdot om \cdot (2) \cdot gF$	1.931338	момент аэродинам. сопр. (3000)
b1	13	13	длина консоли до 2 маховика (200...
GA	$((a / 1000) \cdot (b \cdot 1000)) / (3 \cdot EU \cdot \eta) + ((b \cdot 1000) \cdot 2) / (2 \cdot EU \cdot \eta)$	0.000002	для критической скорости (3000)
dvala1	6.58	6.58	
a1	h11 + 7 * b1	34	расстояние между опорами 2 махо...
Augoff1	10.5 / 57	0.184211	
r12	15	15	

Рисунок 3 Расчет момента сопротивления и угловой скорости для варианта R = 75
MM

Имя	Выражение	Значение	Комментарий
R	85	85	наружный Радиус 1 маховика (3000)
h	30	30	
R1	85	85	
h11	30	30	
Jc	0.01	0.01	момент инерции по оси X
Jb	0.01	0.01	момент инерции по оси Y
колебательность	$(l1^2)/(l1^2+Jc)$	0.184845	параметр колебательности
tp	$(\pi \cdot H \cdot 10000) / ((0.75 / (30 \cdot mC)) \cdot ((1 - 0.03) / 30)) / 60$	7.541413	время разгона маховика (3000)
tp1	$(\pi \cdot H \cdot 10000) / ((0.75 / (70 \cdot mC)) \cdot ((1 - 0.03) / 70)) / 60$	80.845859	время разгона маховика (20000)
P	$(9.81 \cdot om \cdot mC \cdot (10^{-5}) - 5) \cdot ((9.81 \cdot om \cdot mC \cdot (10^{-5}) - 5))$	12.656209	мощность потребляемая двумя ма...
mC1	mtb1 + msp1	58.930605	общий момент сопротивления (200...
mC	mtb + msp	17.999805	общий момент сопротивления (3000)
OMKRD	OMKR * 9.55	13546.140283	критическая скорость (3000)
OMKRD1	OMKR1 * 9.55	24728.118415	критическая скорость (20000)
not	R - 30	55	
Msp91	$(4 \cdot 1.65) \cdot (\pi \cdot 2.5 \cdot 0.001 \cdot 1.65 \cdot (300 / 0.42))$	8.073214	
Msp81	$4 \cdot 1.5 \cdot (\pi \cdot 2.5 \cdot 0.001 \cdot 1.5 \cdot (300 / 0.39))$	7.442308	
Msp1	Msp91 + Msp81	15.515522	момент сопротивления Ш/П (20000)
Caer	$0.53 \cdot tein \cdot (0.5)$	0.047209	для момента сопротивления (3000)
gF	$(h \cdot \sqrt{10} / (R \cdot 10^4)) + (h \cdot \sqrt{10} / (r \cdot 10^4)) + ((2 \cdot (R \cdot 10^4) \cdot 5) + (r \cdot 10^4) \cdot ...$	42493.625337	геометрический фактор (3000)
mtb	$2 \cdot p \cdot 2 \cdot (10^{-5}) \cdot 9 \cdot Caer \cdot om \cdot (2) \cdot gF$	2.484283	момент аэродинам. сопр. (3000)
b1	13	13	длина консоли до 2 маховика (200...
GA	$((a / 1000) \cdot (b \cdot 1000)) / (3 \cdot EU \cdot \eta) + ((b \cdot 1000) \cdot 2) / (2 \cdot EU \cdot \eta)$	0.000002	для критической скорости (3000)
dvala1	6.58	6.58	
a1	h11 + 7 * b1	24	расстояние между опорами 2 махо...
Augoff1	10.5 / 57	0.184211	
r12	15	15	

Рисунок 4 Расчет момента сопротивления и угловой скорости для варианта R = 85
MM

Одна модель, по сути, «закрывает» целый параметрический ряд гиродинов и позволяет, кроме возможности получения комплекта конструкторской документации, получать комплекс эксплуатационных характеристик для этого ряда.

Это существенно повышает качество разработки и значительно сокращает общее время проектирования.

Существует также проблема влияния физико-технических характеристик применяемых конструкционных материалов на эксплуатационные параметры. Нормируемые технической документацией коэффициенты запаса по механическим нагрузкам высоки, т.к. в них заложено незнание процессов, происходящих в конструкционных материалах в процессе непрерывной эксплуатации космической техники в течение десятков лет при действии этих механических нагрузок, особенно циклических.

Это является отдельной областью исследований, результаты которых позволят технически обоснованно снизить коэффициенты запаса по надежности изделий космического назначения, что позволит улучшить целый ряд эксплуатационных параметров, прежде всего, габаритно-массовые характеристики.

Список литературы:

1. Алексеев К.Б. Управление космическими летательными аппаратами / К.Б. Алексеев, Г.Г. Бебенин. – М.: Машиностроение, 1974. – 343 с.
2. Дмитриев В.С., Гладышев Г.Н., Костюченко Т.Г. Электромеханические исполнительные органы систем ориентации космических аппаратов. Часть 1. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ. 2013. – 208 с.
3. Влияние жесткости силовых элементов конструкции на величину критической скорости исполнительного органа на базе управляемого по скорости двигателя-маховика (УДМ) / Ю.А. Бритова, В.С. Дмитриев, А.А. Васильцов, И.С. Костарев // Контроль. Диагностика. – 2012.
4. Павлов В.А. Основы проектирования и расчета гироскопических приборов. Изд-во «Судостроение», 1967.

Применение методов неразрушающего контроля при изготовлении автоматических космических аппаратов

Огнёва Е.В., Ногов Д.Н.

Научный руководитель: Чернявский А.Г.
ОАО «РКК «Энергия» имени С.П. Королева»
141070, Россия, г. Королев, ул. Ленина, 4а
E-mail: lena_ogneva@mail.ru

В настоящее время в производстве автоматических космических аппаратов (КА) широко применяется неразрушающий контроль (НК), позволяющий проверить качество продукции без нарушения её пригодности к использованию по назначению.

Целью доклада является рассмотрение и анализ методов НК применяемых для контроля конструкций автоматических космических аппаратов на стадии изготовления.

Проектирование, изготовление и эксплуатация оборудования базируются на ранее накопленном опыте и знаниях, и в большинстве случаев это позволяет избежать существенных просчетов. В частности, это относится к дефектам технологического происхождения, без которых изготовить конструкцию

невозможно. Любой такой дефект является концентратором напряжений, а, значит, приводит к снижению прочности и долговечности конструкции. В конструкции могут появиться дефекты, которые не рассматривались при проектном обосновании прочности и долговечности. Их развитие может привести к преждевременному и неожиданному отказу из-за потери жесткости конструкции, ее герметичности, прочности и т.д. Именно поэтому для ответственных конструкций предусматривается контроль сплошности материала, как при изготовлении, так и в процессе эксплуатации [1].

На предприятии применяют следующие виды НК на стадии изготовления КА: акустический, тепловой, вихретоковый, оптический, радиационный, проникающими веществами. Выбор того или иного метода для НК элементов конструкций автоматических КА определяется следующими основными условиями: физическими особенностями метода, материалом и геометрией элемента конструкции, дефектами, подлежащими выявлению.

В докладе представлены методы НК, применяемые для контроля при изготовлении автоматических КА на предприятии.

Одним из наиболее применяемых методов НК на предприятии – ультразвуковой контроль. По сравнению с другими методами он имеет следующие преимущества: высокую чувствительность и производительность, возможность контроля при одностороннем доступе, безопасность. Недостатками ультразвукового контроля являются: сравнительно большая трудоёмкость разработки методик, сложная расшифровка дефектов. Ультразвуковой контроль конструкций проводят в целях выявления: трещин, несплошностей, пор и шлаковых включений, расслоений и несклеев.

На предприятии на этапе изготовления проводится ультразвуковой контроль металлических заготовок, труб, сварных соединений, раскатных колец и других конструкций КА. Низкочастотный импедансный метод применяется для обнаружения дефектных зон типа непрочности между несущими обшивками из алюминиевых сплавов и сотовыми заполнителями из алюминиевой фольги в трёхслойных сотовых конструкциях для термостатированных панелей и зеркал антенн.

Другим применяемым методом НК является – тепловой. Тепловой метод неразрушающего контроля заключается в изучении неоднородностей тепловых потоков объекта контроля, вызванных внутренними дефектами. Тепловые методы неразрушающего контроля делятся на активные и пассивные. При пассивном методе контроля ограничиваются только измерением тепловых потоков от объекта контроля, при активном тепловом контроле к объекту контроля подводится тепло от внешнего источника [2].

После изготовления трёхслойных панелей солнечных батарей проводится активный односторонний тепловой контроль на наличие непрочности между несущими обшивками из полимерных композиционных материалов и сотовыми заполнителями из алюминиевой фольги. В качестве внешнего источника тепла применяются оптические нагреватели (мощные лампы). При качественном анализе проводится оценка состояния объекта контроля по его температурным полям и выявление температурных аномалий в местах с несклеем.

На предприятии проводится тепловизионный контроль работоспособности тепловых труб в составе корпусных приборных панелей, а также в составе

собранного КА до и после акустических испытаний. Контроль – активный односторонний, нагрев производится с помощью электронагревателя.

С помощью акустико-эмиссионного метода контролируются баллоны высокого давления для выявления дефектов сварного шва. Метод акустической эмиссии является методом НК, в котором используются акустические сигналы, возникающие в результате образования и роста дефектов, пластической деформации, протечек жидких и газообразных сред через сквозные отверстия. Метод акустической эмиссии основан на приеме, регистрации и обработке акустических сигналов, генерируемых и излучаемых источниками в контролируемом объекте.

Вихретоковый контроль основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в объект контроля (ОК) этим полем. При вихретоковом контроле могут быть выявлены: ковочные, штамповочные, шлифовочные трещины, надрывы волосовины, поры, неметаллические и шлаковые включения трещины, возникшие в элементах конструкций и деталях при эксплуатации. Контроль на наличие несплошностей в местах под сварку проводится в шпангоутах из алюминиевого сплава.

Электропотенциальный метод основан на регистрации распределения электрического потенциала по поверхности ОК. Распределение потенциала определяется свойствами ОК, проводящего электрический ток, создаваемый внешним источником. Метод используется главным образом для дефектоскопии электропроводящих объектов, в частности для измерения глубины трещин. Данный метод контроля используется для определения глубины трещин в алюминиевых заготовках.

По результатам анализа методов НК при изготовлении автоматических космических аппаратов можно сделать вывод, что при условии соблюдения высокого уровня контролепригодности элементов конструкции КА применение НК в производстве на стадии изготовления позволяет эффективно включить метод в перечень мероприятий (конструктивных, технологических), обеспечивающих надёжность КА.

Список литературы:

1. Самойлович Г.С. Неразрушающий контроль металлов и изделий. - М: Машиностроение, 1976. – 456 с.
2. Будадин О.Н, Кульков А.А. Современные технологии неразрушающего контроля конструкций из полимерных композиционных материалов // Вопросы оборонной техники , 2013. – №3. – С. 59-68.

Малые космические аппараты стандарта CubeSat.

Современные средства выведения

Прокопьев В.Ю.¹, Кусь О.Н.², Оссовский А.В.²

¹ Новосибирский государственный университет
630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2

E-mail: vprok1981@mail.ru

² ООО «ОКБ «Пятое поколение»

630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Николаева, 11

E-mail: o.kus@5okb.ru

Термином «CubeSat» обозначаются малые космические аппараты (МКА) – наноспутники, созданные согласно стандарту, созданному под руководством профессора Боба Твиггса (Bob Twiggs, факультет авионики и аэронавтики, Стэнфорд). Размер базового элемента конструкции спутник $10 \times 10 \times 10$ см³ и запускаются при помощи Poly-PicoSatellite Orbital Deployer (P-POD). Стандарт допускает объединение 2 или 3 стандартных кубов в составе одного спутника (обозначаются 2U и 3U и имеют размер $10 \times 10 \times 10$ см³ или $10 \times 10 \times 10$ см³ соответственно).

Повышение интереса к МКА во всем мире произошло неслучайно. Развитие микроэлектроники, вычислительной техники, технологий телекоммуникаций создали предпосылки к ускоренной разработке малогабаритных КА при сравнительно небольших затратах времени и средств. Появилась возможность создавать КА размерами около 10 см и массой в единицы килограмма. На разработку и изготовление КА требовалось всего несколько месяцев и затраты в несколько тысяч долларов. От практически любительского проектирования идея разработки МКА быстро доросла до серьезных научно-исследовательских лаборатории и промышленных предприятий. Фактически происходит становление новой отрасли космической промышленности, которая уже сегодня может поставлять на рынок технические средства с качественно новыми возможностями.

Вместе с тем, самой большой сложностью на пути расширения применения МКА была и остается проблема выведения на орбиту. Вплоть до недавнего времени единственной возможностью было попутное выведение МКА с основными полезными грузами при запуске ракетносителя (РН). Такие возможности появлялись нечасто и стоили весьма дорого, особенно учитывая нестандартные габариты МКА. В результате изготовленные МКА долгое время ожидали своей очереди на выведение в космос, что сдерживало развитие этого направления. Однако в последнее время ситуация стала меняться к лучшему. Появилась надежда, что выведение МКА можно будет делать на регулярной основе, что будет способствовать ускорению реализации проектов миниатюрных КА.

Начиная с 2003 г., КА CubeSats запускались группами и в качестве попутного груза с РН «Рокот» и «Днепр», Falcon-1 и -9, Minotaur и Taurus, Delta II, Space Shuttle, PSLV, Vega и, наконец, непосредственно с борта МКС. Это позволило провести проверку функционирования в условиях космического пространства пико-, нано- и микроспутников различного назначения, в том числе, экспериментальных, научных, технологических, связных, ДЗЗ и пр. В начале 2000-х годов основные МКА, разрабатывавшиеся с учетом возможности попутного выведения на традиционных одноразовых РН, относились к классу CubeSat 1U (то есть до 1,3 кг)

или имели массу в диапазоне 150... 180 кг. Однако с начала 2010-х годов быстро увеличивается количество КА с массами в диапазоне 20... 40 кг и «пакетов» CubeSat в конфигурациях 3U, 6U и реже 12U. Возникла ощутимая необходимость в сравнительно дешевых средствах для целевого запуска КА массой от нескольких килограмм до нескольких десятков и сотен килограмм.

Последние годы надежды разработчиков МКА связывались, прежде всего, с компанией SpaceX, которая разрабатывала РН ЛК Falcon-1, ориентированной на рынок МКА, и предлагала ее по фантастически низкой цене в 6,7 млн. долл. за целевой пуск. Однако после трех аварий и двух успешных пусков, последний из которых состоялся 14.07.2009, компания SpaceX прекратила пуски РН ЛК Falcon-1. Усовершенствованная версия РН Falcon-1 так и осталась идеей. Теперь на повестке дня компании SpaceX пуски только тяжелых РН Falcon-9 и Falcon-Heavy. Коммерческая РН ЛК для запуска МКА ушла с рынка, по сути так и не родившись.

С 2009 г. НАСА официально предлагает возможность попутного выведения МКА формата CubeSat при запусках государственных РН. В 2010 г. НАСА начало программу «Инициатива запуска CubeSat» (CubeSat Launch Initiative - CSLI) по запуску попутных полезных нагрузок в ходе государственных пусков. Инициатива открыта для центров НАСА, американских некоммерческих организаций и аккредитованных американских образовательных организаций.

В 2014 году, НАСА обеспечит 4 попутных запуска РН с 17 МКА CubeSat. Университеты США, участвующие в программе запусков «университетских» МКА:

- Бостонский университет, Бостон;
- Университет Брауна, Провиденс, Р.И.;
- Эмбри - Риддл авиационной университет, Дейтона-Бич, штат Флорида;
- Джонса Хопкинса Лаборатория прикладной физики, Лорел, штат Мэриленд;
- Лаборатория Линкольна, Массачусетский технологический институт, Лексингтон, штат Массачусетс;
- Маркетт университет, Милуоки;
- Исследовательский центр Ames НАСА, Моффетт Филд, Калифорния;
- Центр космических полетов Годдарда НАСА, Гринбелт, штат Мэриленд;
- Нью-Мексико Институт горного дела и технологии, Сокорро, Нью-Мексико;
- Санкт-Томас Мор собор школа, Арлингтон, штат Вирджиния;
- Aerospace Cogrotation, Эль-Сегундо, штат Калифорния;
- Калифорнийский университет, Лос-Анджелес;
- Университет Флориды, Гейнсвилл;
- Мичиганский университет, Анн-Арбор;
- Университет штата Юта, Логан.

6 февраля 2014 года НАСА объявило о подготовке к реализации 5-го раунда космической миссии запусков «университетских» МКА формата CubeSat в рамках которого запустит в космос 16 КА в 2015 - 2017 гг. В предыдущих четырех раундах запусков МКА CubeSat, было отобрано 99 CubeSat из 28 штатов.

В России программа создания «университетских» спутников практически не развита из-за отсутствия доступных и быстрых способов запуска МКА на низкоорбитальные орбиты.

Для облегчения процесса интеграции МКА с целью попутного запуска с любым ракет-носителем (РН «Ангара», «Союз», «Протон») и разгонным блоком (РБ «Фрегат», «Бриз», «Волга») необходимо разработать универсальные адаптеры и транспортно-пусковые контейнеры.

Для конкретизации задачи предлагается остановиться на распространенном и понятном формате CubeSat. Технически идея заключается в разработке универсального адаптера, устанавливаемого на стандартные отечественные разгонные блоки. Адаптер должен предусматривать крепление нескольких контейнеров-диспенсеров P-POD (штатные средства запуска для стандарта CubeSat).

Реализация такого проекта позволит упростить процедуру согласования запуска МКА стандарта CubeSat, что даст новый толчок к развитию отрасли и сделает ее более привлекательной для разработчиков.

Cryogenic analog multiplexor

E.S.Uchaikina¹, S.V.Uchaikin^{1,2}

¹National Research Tomsk Polytechnic University 634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30

²D-Wave Systems Inc., 3033 Beta Ave, Canada

Криокоммутатор аналоговых сигналов

Учайкина Е.С., Учайкин С.В.

E-mail: uchaikin@dwavesys.com

Современные криогенные устройства используются в различных экспериментальных и промышленных устройствах и часто содержат большое количество контролируемых и управляющих электронных приборов (КУЭП). Время реакции таких приборов лежит в широких пределах и часто не превышает единицы и доли микросекунд. Например, термометрическая система сверхпроводящего магнита должна немедленно реагировать на превышение температуры сверхпроводящей обмотки, чтобы избежать разрушения дорогостоящего устройства.

С другой стороны, криогенные КУЭП являются источником дополнительного тепловыделения и, следовательно, увеличивают расход дорогостоящей охлаждающей жидкости или, в случае использования криохладителей, создают дополнительные потери мощности охлаждения. Желательно использовать КУЭП с минимальным тепловыделением. Например, для гелиевых систем, в качестве температурных датчиков большое преимущество имеют сверхпроводящие плёнки. Такие плёнки обладают высокой чувствительностью в рабочем диапазоне температур, малым временем реакции и низким тепловыделением. Отличительной особенностью подобных термометров является их низкое сопротивление, которое может составлять десятые и тысячные доли Ома.

Необходимость контроля температуры во многих точках обуславливает большое количество электрических вводов в охлаждаемый объём, что также может привести к увеличению расхода охлаждающей жидкости и/или потери мощности криохладителя. Во многих случаях уменьшить количество электровводов в криогенных объём можно с помощью коммутатора, работающего при низких температурах. Криокоммутаторы, описанные в литературе [см., например, 1,2], показали свою работоспособность при температурах до 2 К и быстродействие порядка 1 мкс. Однако сопротивление отдельного ключа данных коммутаторов составляло около 20 Ом, что многократно превышает сопротивление сверхпроводниковых датчиков.

В докладе описан криогенный коммутатор аналоговых сигналов, предназначенный для использования в диапазоне температур 2-300 К. Коммутатор собран на серийных КМОП микросхемах производства фирмы Analog Devices и среднее сопротивление открытых ключей составляет 0.2 Ом. Коммутатор разрабатывался для использования с низкоомными источниками сигналов в частотном диапазоне 0-1 МГц.

Список литературы:

1. Y. Filippov, I. Sergeyev, S.Uchaikin. Multichannel system for fast measurement of temperatures at 1-4.2K. *Cryogenics* 01/1994; 34(Supplement 1):413-415.
2. Uchaikin S. V. Investigation of the characteristics of CMOS ICs at low temperatures. *Instruments and experimental techniques*, 1997, vol. 40, no4, pp. 581-584.

СЕКЦИЯ №1

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

Космическая экология

Аршинова А.А.

Научный руководитель: Нестеренко Т.Г., к.т.н., доцент кафедры Точного приборостроения

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: frogys1995@mail.ru



В 21-ом столетии развитие космонавтики происходит гигантскими темпами, человечество активно изучает и исследует космос. В результате освоения космоса возникают принципиально новые возможности для развития науки и техники, востребованные человечеством. Число космических полетов неустанно растет, но при этом возникают практические проблемы обратного влияния человека на космос [1].

Еще в древности люди заметили влияние космоса на происходящие на Земле процессы (например, влияние Луны на морские приливы и отливы, солнечные затмения и др.)

Научно-техническая и хозяйственная деятельность общества, особенно активная в последние годы, часто стихийная и неуправляемая, стала существенно нарушать природные механизмы компенсации и саморегуляции не только на Земле, но и в околоземном космическом пространстве [2,3].

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЗАПУСКОВ КОСМИЧЕСКИХ РАКЕТ НА ОКОЛОЗЕМНУЮ СРЕДУ

Земля имеет гигантскую плазменную оболочку планеты, которая представляет собой слой ионизованного газа толщиной несколько тысяч километров. Это ионосфера, которая начинается с высоты (50 – 60) км. В ионосфере расположен озоновый слой Земли, который называют «щитом Земли». Этот слой имеет небольшую толщину, но выполняет важную роль в защите живых организмов от ультрафиолетового излучения Солнца, которое способно повреждать биологические молекулы, воздействует на всё живое на Земле и подвергает его опасности уничтожения. Ультрафиолетовое излучение особенно опасно для живых организмов на Земле и задерживается оно слоем озона, который образуется из кислорода стратосферы.

В камерах сгорания твердотопливных ракет (ТРД) образуются окислы азота, которые разрушают озон. Озон также разрушается фреонами, которые в

стратосфере выделяют активный хлор, вступающий в реакцию с озоном. Таким образом, 8 млн. тонн озона исчезает при выведении каждой тонны груза ракеты.

Сама космическая техника вызывает ухудшение экологии в космосе. В процессе запуска космических аппаратов в атмосферу поступают продукты сгорания ракетного топлива. Во время функционирования космических аппаратов на орбите и при их перемещении в космическом пространстве происходят выбросы с космических аппаратов различных твердых, газообразных и жидких веществ.

Необходимо провести также исследования о том, какое влияние на озоновый слой оказывают сфокусированные пучки излучения, которые предлагается использовать для прямой передачи энергии с Земли на борт космического аппарата и обратно.

При запуске больших ракет продукты их сгорания взаимодействуют с приземным слоем атмосферы, это влияет на погоду: атмосферное давление падает в околоземном слое, увеличиваются осадки, усиливаются ветры. При каждом пуске мощной ракеты в атмосферу поступают сотни тонн продуктов горения.

Двигатели ракет-носителей в процессе работы выбрасывают частицы аэрозоля, которые могут находиться в стратосфере длительное время, что может вызвать изменение теплового баланса атмосферы. Кроме того продуктами сгорания являются соединения хлора, азота, водорода, которые участвуют в реакциях молекул озона, следствием которых является изменение озонового слоя.

Ионосферу «загрязняют» не только запуски ракет-носителей. При полетах больших космических аппаратов, например орбитальных станций, в результате микротечений и газоотделения материалов, а также работы различных бортовых систем образуется собственная атмосфера космических аппаратов, параметры которой могут существенно отличаться от характеристик окружающей среды [4]. При регулярных полётах в космос имеется вероятность воздействия человека на другие планеты, в частности непреднамеренное внедрение живых организмов с Земли в космос.

ПРОБЛЕМА КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА



Космические объекты функционируют определенное время, затем отработав свой срок, вращаются вокруг Земли, ожидая своей очереди для вхождения в атмосферу Земли, где сгорают.

Таким образом, на орбите Земли имеется большое количество остатков отработанных элементов ракет и спутников. Кроме того, во время попыток создать космическое оружие производили подрыв боеприпасов на орбите, что вызывало разрушение космических аппаратов.

В 2007 году Китай провел испытания противоспутникового оружия. Был уничтожен старый метеорологический зонд. Как результат — на орбите добавилось еще около 150 тысяч фрагментов мусора, размером более 1 см. Мусор включает в себя и ступени ракеты, которая выводит спутник на орбиту и остаются на орбите Земли после этого.

При движении по орбите может произойти столкновение действующих космических аппаратов с обломками мусора, что вызовет необратимые последствия. Уже неоднократно как американские, так и российские космонавты не раз подвергались риску столкновения с такими обломками мусора. Чтобы предотвратить столкновение, космические аппараты вынуждены совершать маневры, однако это влечёт за собой дополнительный расход топлива.

Космический мусор образуется и при запуске КА (как пилотируемого, так и автоматического), при выводе его на орбиту и в процессе его функционирования. Такой космический мусор называется сопутствующим миссии КА. Наиболее мощный источник образования космического мусора — разрушение КА. Оно включает три основных вида: взрывы КА и ракеты-носителя (намеренные или самопроизвольные); столкновения КА и деградация их поверхности под воздействием агрессивной космической среды (так называемое «старение» КА или «возрастная» деградация).

В отдельную категорию можно выделить аэродинамическое разрушение, которое часто происходит с КА на высокоэллиптических орбитах в области перигея при достижении им достаточно низкого положения (например, 75...100 км). Этот вид разрушения, при котором обычно теряются солнечные батареи и другое навесное оборудование, может сопровождаться взрывом, однако образующиеся при этом фрагменты в своем большинстве оказываются короткоживущими.

Космический мусор может также состоять из вещей, оставленных в космическом пространстве во время работы космонавтов на космической станции или при работе за пределами ее. Он может состоять из перчаток, различных камер, ключей, инструментов, мусорных ящиков и многих других вещей.

Средняя относительная скорость столкновений в космосе составляет 10 км/с, но бывает и большей. Эти скорости относятся к категории сверхзвуковых, их особенность — образование огромного количества мелкого космического мусора, гораздо большего, чем при взрыве. На рис. 1. показаны результаты взрыва полутонной ступени ракеты-носителя и сверхзвукового столкновения такого же по массе объекта с небольшим обломком [1].

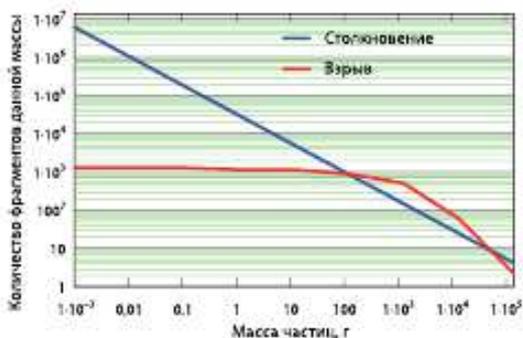


Рисунок 1 Сравнение выхода фрагментов различных размеров

Во время работы твердотопливного реактивного двигателя образуются и выбрасываются из сопла мелкие частицы продуктов горения, например, окиси алюминия. Размеры этих частиц по теоретическим расчетам обычно не превышают 10 мкм. Зато их количество, выбрасываемое за цикл работы двигателя, может достигать 10^{20} .

Частицы выбрасываются с большой относительной скоростью (до 4 км/с, в зависимости от размера частиц) в широком секторе направлений.

Большинство из них быстро входят в атмосферу, другие (более крупные) переходят на эллиптические орбиты и представляют вполне определенную

опасность для космических аппаратов. Кусочки краски и другого рода покрытий, отделяющиеся в результате старения поверхности, обычно крупнее частиц окиси алюминия и составляют в среднем сотни микрон в диаметре. Они имеют гораздо меньшую начальную относительную скорость и первое время остаются на орбитах «родительских» КА.

ПОСЛЕДСТВИЯ ТЕХНОГЕННОГО ЗАСОРЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Неуклонно нарастающая засоренность околоземного пространства постепенно, но все больше и больше нарушает сложившийся за миллионы (если не за миллиарды) лет баланс свето- и теплообмена Земли с внешней средой. Опасно падение на Землю фрагментов КА после их вхождения в плотные слои атмосферы, которые могут содержать радиоактивные элементы.

Создание космической техники, как и вся космическая деятельность, обходится населению Земли не дешево. Космический аппарат — дорогое удовольствие и его потеря — ощутимый удар по карману налогоплательщика. Поэтому нарастание угрозы столкновений прежде всего действующим космическим аппаратам опасно не только его потерей, но и образованием иногда очень большого количества обломков как крупных, так и мелких. Особенно опасно разрушение аппарата, несущего на борту радиоактивные материалы.

Таким образом, при изучении космического пространства, проектировании космических аппаратов, планировании операций в космосе необходимо учитывать негативные последствия освоения космоса, проводить постоянный мониторинг экологической обстановки в космосе и разрабатывать способы нейтрализации неблагоприятных ситуаций.

Список литературы:

1. Шилин В., Олейников И. Область контроля — космическое пространство: воздушно-космическая оборона, информационно-аналитическое издание. 2007. [Электрон. текст]. Режим доступа: <http://www.vko.ru/DesktopModules/Articles/ArticlesView.aspx>
2. 50 лет ракетно-космической обороне / Под общ. ред. Аксёнова О. Ю. м.: т кем, 2010.
3. Поттер А. Время существования и падение КА «салют-7» – «космос-1686» // международ. семинар. Дармштадт, Германия. 1991.
4. Батырь Г. и др. Система контроля космического пространства Российской Федерации. 2006. [Электрон. текст]. режим доступа: <http://www.vimpel.ru/skkr2.htm/>.

Волоконно-оптический гироскоп для космического аппарата

Баландин Е.А.

Научный руководитель: Гурин Л. Б. к.т.н., доцент каф. ТПС

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: balaniva@sibmail.com

Волоконно-оптические гироскопы (ВОГ) используются в системах автоматического контроля, диагностики и управления. Область их применения постоянно расширяется, а предъявляемые технические и конструктивные требования становятся более разнообразными. В настоящее время различные модели ВОГ производятся в промышленных количествах во многих индустриально развитых странах. ВОГ выделяется среди других волоконно-оптических датчиков

наибольшей сложностью и многообразием происходящих в нем физических явлений. По сравнению с другими типами гироскопов, например традиционными механическими, волоконно-оптический гироскоп обладает важными достоинствами:

- высокую точность при достаточно низкой стоимости;
- большой диапазон измеряемых скоростей;
- нечувствительность к перегрузкам ускорениям;
- мгновенное время готовности;
- малую потребляемую мощность;
- отсутствие вращающихся механических элементов и подшипников.

Физической основой работы ВОГ является эффект Саньяка. В 1913 г. французский физик М. Саньяк, проводя эксперименты по обнаружению увлечения «эфира» вращающейся установкой, открыл «вихревой оптический эффект», позволяющий оптическими методами измерять скорость вращения[1].

Схема опыта Саньяка показана на рисунке 1.

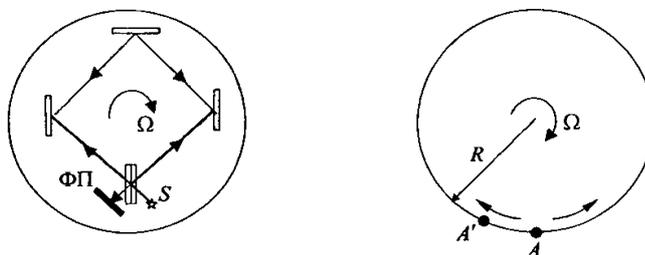


Рисунок 1 Схема опыта Саньяка

Рассмотрим распространение двух световых лучей по окружности радиуса R . В неподвижном интерферометре время обхода контура для обоих лучей одинаково и равно $t_0 = 2\pi R/c$, где c - скорость света. При вращении за время обхода контура точка A переместится в точку A' из-за чего условия распространения для встречных лучей становятся разными. Путь, который необходимо пройти лучу, распространяющемуся в направлении вращения: $L_+ = 2\pi R + \Omega R t_0$, где Ω - скорость вращения, а путь для другого луча в противоположном направлении: $L_- = 2\pi R - \Omega R t_0$. Подстановкой значения t_0 и с учетом, что скорость распространения лучей в соответствии с постулатом Эйнштейна равна c для любой инерциальной системы независимо от скорости ее движения, находим времена $t_{\pm} = t_0 \pm \Delta t/2$ обхода контура[1]:

$$t_{\pm} = \frac{L_{\pm}}{c} = t_0 \pm \frac{2\pi R^2}{c^2} \Omega$$

т. е. разность времени обхода встречных лучей $\Delta t = \frac{4\pi R^2}{c^2} \Omega$

Из разности времен обхода получаем разность оптических длин путей распространения света в противоположных направлениях[1]:

$$\Delta L = c\Delta t = \frac{4\pi R^2}{c} \Omega$$

ВОГ изготавливаются в так называемой минимальной конфигурации (Рис. 2) с равными оптическими путями для двух лучей, распространяющихся противоположно в волоконном контуре.

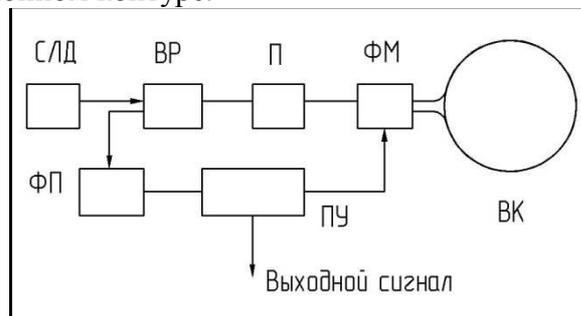


Рисунок 2 Структурная схема волоконно-оптического гироскопа

Прибор состоит из источника света- суперлюминесцентного диода (СЛД), волоконного разветвителя(ВР), поляризатора(П), фазового модулятора(ФМ), волоконного контура(ВК), фотоприемника(ФП), платы управления(ПУ).

При конструировании волоконно-оптических гироскопов в качестве излучателей применяют суперлюминесцентные диоды (СЛД) и полупроводниковые лазеры . Для данного прибора был выбран суперлюминесцентный диод ML920J6S. Высококачественные одномодовые суперлюминесцентные диоды являются оптимальными источниками излучения для волоконно-оптических систем передачи информации, оптических тестеров и гибких оптических мультиплексоров.

Волоконный разветвитель предназначен для деления оптической мощности между каналами передачи. Это устройство должно заканчиваться разъемными соединителями или отрезками волоконных световодов,. К ним предъявляется требования надежности, стабильности параметров.

Поляризатор предназначен для получения поляризованного оптического света для уменьшения нестабильности смещения нуля из-за поляризационной невязанности.

Фазовый модулятор предназначен для внесение фазового сдвига между встречными волнами оптического света.

Волоконный контур представляет собою многовитковую катушку оптического волокна. Оптическое волокно(рис.3) состоит из сердечника(ядро), по которому распространяется свет, и оболочки [3].

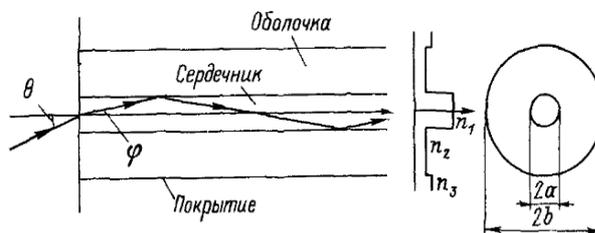


Рисунок 3 Оптическое волокно

Оболочка заключена в оплетку, которая придает защиту поверхности волокна, повышает прочность. Коэффициент преломления сердечника лишь незначительно превышает коэффициент преломления оболочки, поэтому свет, введенный в

сердечник с торца волокна, полностью отражается от границы сердечника и оболочки, как бы запирается в сердечнике и распространяется только в нем [1].

Для волоконно-оптического гироскопа было выбрано одномодовое оптическое волокно Corning SMF-28 ULL. Это волокно имеет самые низкие потери среди известных волокон и самую низкую поляризационно-модовую дисперсию.

Фотоприемник преобразует оптическую интерференционную картину в электрический сигнал. Так как интенсивность интерференционного сигнала зависит от соотношения фаз двух интерферирующих лучей. Фотоприемник должен иметь очень высокую чувствительность, чтобы «чувствовать» такие градации изменения интенсивности, которые соответствуют разности фаз оптических колебаний порядка 10^{-7} рад, что эквивалентно угловой скорости вращения ВОГ примерно $10^{-2} \dots 10^{-3}$ град/ч (требуемая точность для систем инерциальной навигации) [3].

Был выбран инфракрасный высокочастотный фотодиодный модуль ИФПМ 1-10 рис. 4. Фотоприемный модуль с одномодовым волоконно-оптическим входом ИФПМ 1-10 предназначен для применения в системах волоконно-оптической передачи, измерительном и другом оборудовании широкого применения в качестве преобразователя оптического излучения в электрический сигнал.



Рисунок 4 Внешний вид ИФПМ 1-10

Фотодиодный модуль имеет чрезвычайно низкое обратное отражение шумов в волоконно-оптическую линию связи.

Плата управления предназначена для создания фазового сдвига между встречными световыми волнами, равного $\pi/2$ рад, обработку аналогового сигнала с ФП в цифровой и дальнейший его вывод на индикацию.

Список литературы:

1. Филатов Ю. В. Волоконно-оптический гироскоп: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. 52с.
2. Шереметьев Л. Г. Волоконный оптический гироскоп. — М.: Радио и связь, 1987.— 152 с: ил.
3. Волоконно-оптические датчики/Т. Окоси, К. Окамото, М. Оцу, Х. Нисихара, К; Под ред. Т. Окоси: Пер. с япон.— Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990.—256 с: ил.

Электромеханический исполнительный орган на базе бесконтактного электродвигателя постоянного тока с печатной обмоткой на якоре

для малого космического аппарата

Баландина Т.Н.

Научный руководитель: Дмитриев В.С. д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E- mail: error.balandina@yandex.ru

В настоящее время в электромеханических исполнительных органах (ЭМИО) космических аппаратов наибольшее применение находят бесконтактные двигатели постоянного тока (БДПТ). Отсутствие щеточно-коллекторного узла у данного вида двигателя увеличивает надежность и долговечность, повышает КПД. Такой вид электродвигателя может работать в условиях широкого диапазона температур, в вакууме [2].

Научно-технической новизной данной конструкции является то, что данный тип электродвигателя, по анализу доступных публикаций не имеет аналогов применения в космической области.

В данной статье рассматривается конструкция ЭМИО на базе бесконтактного электродвигателя постоянного тока с печатной обмоткой на якоре, мощностью 5 Вт и напряжением питания 12 В, кинетическим моментом 0,3 Н·м·с, угловой скоростью 628 рад/с. Применение плоского статора с печатной обмоткой для ЭМИО является оригинальным новшеством.

Конструкция ЭМИО на базе бесконтактного электродвигателя постоянного тока с печатной обмоткой на статоре вместе с блоком управления приведена на рисунке 1.

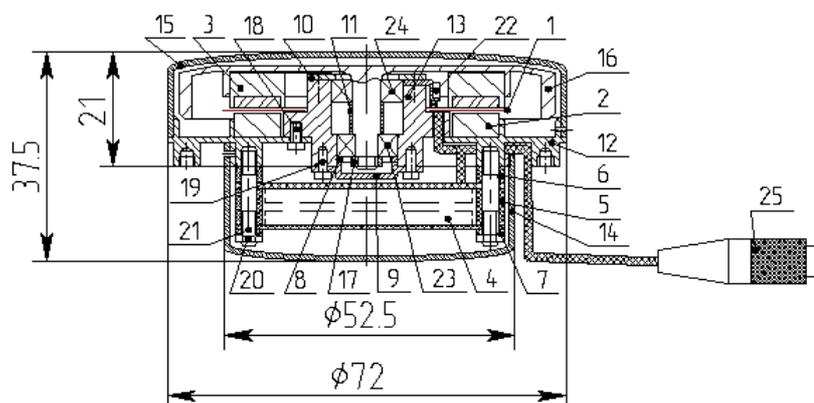


Рисунок 1 Конструкция ЭМИО на базе бесконтактного электродвигателя постоянного тока с печатной обмоткой на статоре с блоком управления и его габариты

Ротор 3 включает в себя кольцевой магнитопровод из магнитомягкого материала в пазах которого установлены литые постоянные магниты квадратной формы. Крепление постоянных магнитов в пазах магнитопровода осуществляется приклеиванием. Кольцо 2 является второй частью магнитопровода. Поверхности

кольца 2 и самих полюсов, образующие торцевой воздушный зазор, тщательно обработаны для обеспечения одинаковых величин зазора магнитной индукции под каждым полюсом. Магнитная система встраивается в корпус 12 и диафрагму маховика 16 из немагнитного материала. Через отверстие в корпусе 12 подводятся провода питания (от разъема 25) к трехфазному статору 1, блоку управления 4 и датчикам положения 22 установленным на пластинах, которые при помощи резьбового соединения крепятся в пазах втулки-держателя 13. Статор 1 приклеивается к втулке-держателю 13. Блок управления 4 крепится к корпусу 12 при помощи шпилек 21. Вся конструкция ЭМИО закрывается верхним 15 и нижним 14 кожухами. Отверстия в кожухах и корпусе заливаются компаундом. Для установки ЭМИО на борту малого космического аппарата используются ножки корпуса.

Отличительными чертами конструкции данного электродвигателя являются плоская форма, тонкого диска статора с печатной обмоткой.

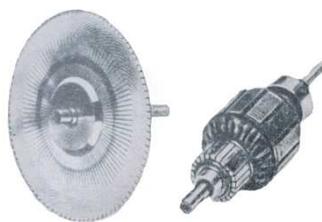


Рисунок 2 Печатный дисковый статор (слева) и якорь обычного исполнения (справа) двигателей постоянного тока одинаковой мощности [3]

Статор бесконтактного двигателя постоянного тока с печатной обмоткой (рисунок 3) представляет собой тонкий диск из механически прочного и нагревостойкого изоляционного материала.

На обеих сторонах диска напечатаны плоские тонкие медные проводники обмотки. Радиальные участки 1 проводников (рисунок 3) образуют активную зону обмотки. Изогнутые по эвольвенте части 2 проводников вблизи кромки и центра дискового статора необходимы для соединения активных проводников 1 и называются лобовыми частями обмотки. Лобовые части, напечатанные на противоположных сторонах диска, соединяются между собой через гальванизированные отверстия 3 (гальванические заклепки). На внутреннем диаметре гальванизированные переходы 3 часто располагаются в два ряда в шахматном порядке.

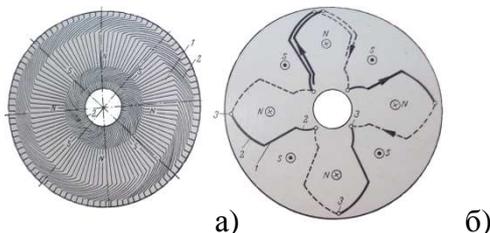


Рисунок 3 Схема восьмиполюсной волновой печатной обмотки дискового статора [3]

а – рисунок обмотки на диске; б – схема соединения печатных проводников на обеих сторонах диска

Ниже приведены расчет основных параметров статора с печатной обмоткой и маховика. Приблизительно ток статора можно определить по следующей формуле [3]:

D_{cp} - оптимальный средний диаметр статора (рисунок 4).

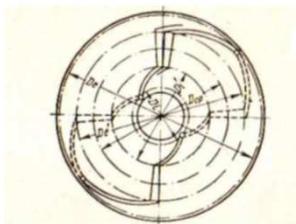


Рисунок 4 Размеры печатной обмотки дискового статора [3]

Внутренний диаметр обмотки [3]: $D_i = \frac{N \cdot t_y}{2 \cdot \pi \cdot \gamma} = \frac{34 \cdot 0.074}{2 \cdot 3.14 \cdot 0.77} = 1.6(\text{см})$ где, t_y – минимальный шаг печатной обмотки; γ – отношение минимального шага печатной обмотки t_y к минимальному шагу на внутреннем диаметре t_i .

Внешний диаметр обмотки [3]: $D_e = D_i + \frac{\pi \cdot \gamma \cdot D_i}{2 \cdot p} = 3.6 + \frac{3.14 \cdot 0.77 \cdot 1.6}{2 \cdot 3} = 4.3(\text{см})$, где D_e – внутренний диаметр внешних лобовых частей (рисунок 4). Но исходя из рациональной комплектации всего ЭМИО приняты следующие значения диаметров обмотки (с сохранением пропорций): внутренний диаметр обмотки 2,26 см, внешний 5,2 см.

Для данной магнитной системы выбраны неодимовые магниты марки N35. Допустимая магнитная индукция магнитов: $B_c = 1,9 \cdot 10^{-4}(\text{вб}/\text{см}^2)$, коэрцитивная сила:

$$H_c = 87600(\text{А}/\text{см}),$$

Воздушный зазор [3]: $\delta = 0,03 \cdot D_{cp} = 0,03 \cdot 3 = 0,09(\text{см})$. Выражение ширины полюса:

$$b_m = \frac{\sigma \cdot B_{cp}}{B_c} \cdot \tau = \frac{1.37 \cdot 0.001}{0.00019} \cdot 1.57 = 1.14(\text{см}) \quad \text{где, } \sigma \text{ - коэффициент рассеяния; } B_{cp} \text{ -}$$

средняя индукция в воздушном зазоре. Длина полюса: $l_m = 0.268 \cdot D_{cp} = 0.268 \cdot 3 = 0.81(\text{см})$,

$$\text{Высота полюса: } h_m = \frac{B_r \cdot B_{cp} \cdot \delta}{H_c \cdot B_c \cdot \mu_0 \cdot \alpha_\delta} = \frac{0.000145 \cdot 0.0001 \cdot 0.09}{87600 \cdot 0.00019 \cdot 1.26 \cdot 10^{-8} \cdot 0.9} \approx 0.2(\text{см})$$

$$\text{Момент инерции маховой массы и ротора 3 [2]: } J = \frac{H}{\Omega} = \frac{0.3}{628} = 0.00047 \quad (\text{кг} \cdot \text{м}^2).$$

Момент инерции ротора составляет $0,00023 (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$, то момент инерции обода маховика равен $0,00024 (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$. Так как размеры маховика выбираются таким образом, чтобы фактический момент инерции был равен или несколько больше требуемого момента инерции, поэтому для дальнейших расчетов принимаем значение момента инерции равное $0,0003 (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$.

Используя выражение момента инерции маховой массы [2] $J = \frac{\pi \cdot \gamma \cdot h}{2} \cdot (R^4 - r^4)$, где $h = 0,007(\text{м})$ – высота обода; $\gamma = 77500 \text{ Н}/\text{м}^3$ – удельная

масса материала (сталь марки 14X17H2); $R = 0,033(м)$ – наружный радиус маховика; r – внутренний радиус маховика, м.

Определим внутренний радиус обода маховика:

$$r = \sqrt[4]{R^4 - \frac{2 \cdot J}{\pi \cdot h \cdot \gamma}} = \sqrt[4]{0,033^4 - \frac{2 \cdot 0,0003}{3,14 \cdot 0,007 \cdot 7500}} = 0,031(м)$$

Масса обода маховика: $m_o = J / r^2 = 0,0003 / 0,031^2 = 0,31(кг)$, масса ротора 0,055 кг

Масса ротора и обода маховика: $m = 0,31 + 0,055 = 0,365(кг)$

Проведенные расчеты конструкции ЭМИО на базе бесконтактного электродвигателя постоянного тока с печатной обмоткой на статоре показывают, что данная конструкция имеет меньшие размеры (почти в два раза), чем ЭМИО с классическим бесконтактным двигателем. К недостаткам рассматриваемой конструкции ЭМИО относится то, что при несимметричном расположении полюсов магнитное рассеяние значительно больше, чем при симметричном. Однако в маломощных двигателях с дисковым статором применяют все же несимметричное расположение полюсов, имеющее ряд конструктивных достоинств, а именно:

- почти в 2 раза меньшее количество деталей;
- несимметричная магнитная система более технологична [3].

Список литературы:

1. Бертинов А. И., Электрические машины авиационной автоматики, Оборонгиз, 1961.
2. Дмитриев В. С., Костюченко Т.Г., Гладышев Г. Н., Электромеханические исполнительные органы систем ориентации космических аппаратов. Часть 1: Учебное пособие, ТПУ.-Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013-208 с.
3. Казанский В. М., Основич Л. Д., Малоинерционные электродвигатели постоянного тока с печатной обмоткой на якоре, М.-Л., изд-во «Энергия», 1965,96 с.

Установка для экспериментального определения моментов инерции и координат центра масс малого космического аппарата

Вьон Суан Чьен

Научный руководитель: Гормаков А.Н, к.т.н, доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, России, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: chientomsk@gmail.com

В настоящее время искусственные спутники Земли (ИСЗ) обслуживают телефонную связь, телевещание, метеорологию, мониторинг поверхности Земли и др. Но для этих целей ИСЗ должны быть определенным образом ориентированы относительно Земли и Солнца. Для этого необходимо управлять их ориентацией, т.е. осуществлять развороты ИСЗ вокруг осей, связанных с корпусом. В процессе разработки исполнительных органов систем ориентации надо знать численные значения главных центральных моментов инерции ИСЗ и координаты его центра масс.

Массу, координаты центра масс и моменты инерции можно рассчитать с помощью компьютерных программ САД - систем (ACAD, T-Ffex, Autodesk и др.). На практике часто требуется быстро экспериментальным путем определить реальную массу и моменты инерции ИСЗ. Методы экспериментального определения моментов инерции изделий подробно рассмотрены в книге [1].

Известен стенд для измерения массы, координат центра масс и тензора инерции изделия [2]. Данный стенд имеет преимущество в том, что все массо-инерционные характеристики можно измерить при однократной установке изделия на его платформу. Недостатком установки является сложность её конструкции и как следствие, высокая стоимость. Для малых предприятий и лабораторий учебных заведений приобретение или изготовление такого стенда невозможно по причине высокой стоимости. Существует также установка [3], которая обеспечивает определение координат центра масс и главных центральных моментов инерции изделия.

Предлагается установка (рисунок), простая конструкция которой, обеспечивает невысокую стоимость изготовления при незначительном увеличении времени на определение интересующих параметров [4,5].

Установка для определения моментов инерции изделия содержит платформу 1, подвешенную на растяжках 2 и 3 на основании 4. На основании 4 размещен также измерительный преобразователь 5 колебаний платформы 1. В состав установки входит блок питания 6 датчика колебаний. Для приведения платформы 1 в колебательное движение на основании 4 размещен спусковой механизм 7.

Момент инерции изделия определяется методом крутильных колебаний. Моменты инерции эталонов и платформы определяются заранее и вводятся в программу расчета момента инерции изделия.

Контролируемое изделие (микроспутник) 8 устанавливают на платформу 1. Закручивают упругие стержни 2 и 3 поворотом платформы, например, на угол 20° и в этом положении фиксируют платформу 1. Введя в действие спусковой механизм 7, предоставляют платформе свободное колебательное движение. Регистрируют период колебаний платформы с изделием $T_{И+П}$. По результатам измерения с учетом момента инерции платформы с эталоном $J_{Э+П}$ и периода колебаний $T_{Э+П}$ определяют момент инерции изделия с платформой $J_{И+П}$.

$$J_{И+П} = J_{Э+П} \cdot \frac{T_{И+П}^2}{T_{Э+П}^2} \quad (1)$$

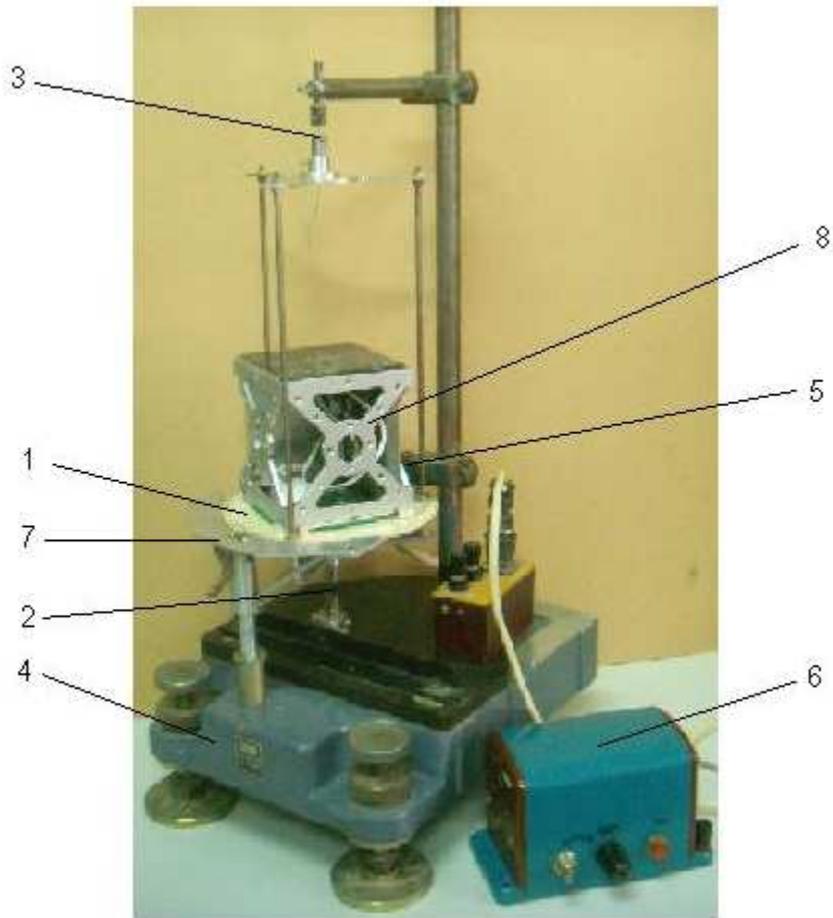


Рисунок Установка для определения моментов инерции и координат центра масс изделия

Момент инерции изделия определяется по формуле (2)

$$J_{И} = J_{И+П} - J_{П} , \quad (2)$$

где $J_{П}$ - момент инерции платформы 1 установки.

Для определения центрального момента инерции изделия 8 его перемещают по платформе 1 в радиальном направлении. В фиксированных положениях изделия измеряют момент инерции, определяют положение оси изделия, вокруг которой момент инерции будет иметь минимальное значение. Далее проводят те же операции при перемещении изделия вдоль направления, перпендикулярного первому. Находят положение изделия на платформе, которому соответствует минимальное значение его момента инерции. В этом случае центр масс изделия лежит на оси подвеса платформы 1. Эта ось изделия будет одной из центральных осей инерции. На поверхности изделия необходимо поставить метку маркером в точке, совпадающей с осью подвеса платформы с использованием телескопического штока [5]. Далее следует определить центральные оси инерции в других

плоскостях. Центр масс будет лежать в точке пересечения центральных осей инерции изделия.

В качестве объекта исследования выбран корпус микроспутника типа CubeSat.

Результаты экспериментальных исследований

Момент инерции эталона $J_{Э+П} = 4,499 \times 10^{-5} \text{ кг} \times \text{м}^2$.

Период колебания эталона с платформой $T_{Э+П} = 0,722 \text{ с}$.

Момент инерции микроспутника с платформой $J_{И+П} = 10,992 \times 10^{-5} \text{ кг} \times \text{м}^2$

Период колебаний изделия с платформой $T_{И+П} = 1,128 \text{ с}$.

Момент инерции платформы $J_{П} = 2,187 \times 10^{-5} \text{ кг} \times \text{м}^2$.

Используя формулу (2), определим момент инерции микроспутника

$$J_{И} = J_{И+П} - J_{П} = 10,992 \times 10^{-5} - 2,187 \times 10^{-5} = 8,805 \times 10^{-5} \text{ кг} \times \text{м}^2$$

Определение координат центра масс микроспутника 8 осуществили по методике, изложенной выше.

Определение координат центра масс вдоль оси ОХ.

Производим измерение момента инерции (периода колебаний) платформы с микроспутником для пяти разных его положений относительно оси подвеса платформы при перемещении вдоль оси Х платформы. Результаты измерений заносим в таблицу.

Таблица К определению координат центра масс изделия

t, с	n	T, с	X
11,08	10	1,108	X ₀
12,03	10	1,203	X ₁
13,80	10	1,38	X ₂
11,35	10	1,135	X ₃
11,10	10	1,11	X ₄

Самое малое значение момента инерции (периода колебаний) X₀ будет соответствовать случаю максимального приближения центра масс микроспутника к оси подвеса платформы. Это положение нужно отметить на корпусе меткой. Но для более точного определения координат центра масс изделия необходимо повторить предыдущие операции при перемещении корпуса микроспутника вдоль оси Y, перпендикулярной оси X. Положение микроспутника, при котором момент инерции (период колебаний) будет иметь минимальное значение, соответствует совпадению центра масс с осью подвеса платформы установки. В этом положении на корпусе микроспутника ставится метка, соответствующая следу центральной оси инерции микроспутника в данной плоскости.

Для определения положения следов центральных осей инерции на корпусе микроспутника в других плоскостях необходимо повторить операции по методике, изложенной выше.

В заключении можно отметить, что на установке можно быстро определить моменты инерции и координаты центра масс любых изделий с размерами 100x100x230 мм и массой до 5 кг

Список литературы:

1. Гернет М.М., Ратобильский В.Ф. Определение моментов инерции. - М.: Машиностроение, 1969. - 249 с.
2. Патент РФ № 2368880 Стенд для измерения массы, координат центра масс и тензора инерции изделия / Богданов В. В.(RU), Веселов Н.В.(RU), Панченко И.Н. (RU) - № 2008121389/28; заявл. 29.05.2008, опубл. 27.09.2009; Бюл. № 27
3. Патент РФ № 2095773. Устройство для определения центрального момента инерции и координат центра масс изделия/ Гормаков А.Н. - 94008104/28, заявл. 05.03.94, опубл. 19.11.97; Бюл. № 31
4. А.С. 1562720 А1 СССР, МКИ 5 G 01M 1/10. Устройство для определения моментов инерции изделия/ Гормаков А.Н., Кушкова О.Ю., Сташкевич Е.А. - № 4457970/25-28; заявл. 11.07.88, опубл. 07.05.90; Бюл.№17
5. А.С. 1657992 А2 СССР, МКИ 5 G 01M 1/10. Устройство для определения моментов инерции изделия/ Гормаков А.Н. - №4720761/28; заявл. 19.07.89, опубл. 23.06.1991; Бюл. № 23

Повышение жесткости шарикоподшипниковой опоры путем изменения упругого предварительного натяга

Денисова А.А., Гладышев Г.Н.

ОАО «НПЦ «Полюс», 634050, Россия, г. Томск, пр. Кирова, 56в

E-mail: POLUS@ONLINE.TOMSK.NET

Для увеличения точности систем управления ориентацией и стабилизацией космических аппаратов необходимо снижать виброактивность электродвигателей-маховиков (ЭДМ), вследствие которой при вращении ротора-маховика в диапазоне рабочих скоростей в конструкции ЭДМ возникают резонансы.

Один из путей снижения виброактивности ЭДМ – вывод резонансных явлений за пределы рабочего диапазона частот вращения ротора-маховика.

Такие параметры колебательной системы, как масса, жесткость, степень демпфирования, могут воздействовать на частоту и тем самым увеличивают амплитуду колебаний. Для уменьшения резонанса параметры системы подбирают так, чтобы ее резонансные частоты располагались за пределами рабочего диапазона.

При этом следует учитывать, что демпфирование – единственный способ, позволяющий уменьшить амплитуду колебаний, но не вывести резонанс из рабочей зоны, а увеличение массы зачастую нежелательно. Ввиду этого для устранения резонанса из рабочей зоны необходимо оперировать жесткостью.

По результатам проведенного в ОАО «НПЦ «Полюс» компьютерного и экспериментального моделирования установлено, что помимо остаточной неуравновешенности ротора-маховика источниками виброактивности ЭДМ являются подшипниковые опоры. Виброактивность ЭДМ обусловлена:

- неизбежными производственными погрешностями геометрических форм шариков, дорожек качения колец подшипников вследствие технологии изготовления;
- вибрацией плавающего относительно шариков сепаратора подшипника;
- наличием увеличенных зазоров в подшипнике;
- недостаточной жесткостью самого подшипника.

Резонансы, присущие подшипникам, устранить практически невозможно. Зазоры в подшипниках регулируются в определенных пределах, но не могут быть сведены до нуля, поскольку для нормального функционирования подшипника в зазоре должна быть размещена упругая гидродинамическая пленка смазочного материала. Технологические погрешности в подшипниках неизбежны, при этом они оказывают значительное влияние на его жесткость. Жесткость же зависит не только от размеров неровностей дорожек качения колец и разных размеров шариков, но и от характера погрешностей.

Зазор в подшипниках регулируется упругим предварительным натягом, характеризуемым разностью перемещений вала ротора-маховика при приложении к нему знакопеременной нагрузки $\pm F$. С повышением такого натяга в подшипниках увеличивается жесткость подшипниковой опоры ротора-маховика.

Изменение жесткости подшипника от значения осевого нагружения вызвано тем, что с ростом осевого нагружения (поджатия) происходит вовлечение в работу большего числа шариков и уменьшение зазоров между элементами.

Резерв снижения виброактивности ЭДМ и повышения резонансной частоты за счет увеличения жесткости подшипниковой опоры ротора-маховика находится из соотношения

$$f = 2\pi\sqrt{\frac{c_0}{m}},$$

где f – круговая частота упругой системы ротор-маховик – опоры; c_0 – жесткость опор; m – масса ротора-маховика.

Это подтверждается аналитическим расчетом, который основывается на особенностях конструкции шарикоподшипникового узла и ЭДМ.

Одной из главных рабочих характеристик подшипника является их жесткость в осевом и радиальном направлениях. При этом под жесткостной характеристикой подшипника обычно понимают зависимость упругого смещения его колец от действующей нагрузки: $\delta_{a(r)} = f(F_{a(r)})$, а под жесткостью – полную производную нагрузки по смещению

$$C_{a(r)} = \frac{dF_{a(r)}}{d\delta_{a(r)}}.$$

Коэффициенты осевой и радиальной жесткости (C_a и C_r соответственно) определяются следующим образом [1]:

$$C_a = \frac{3\sqrt[3]{F_a D_w z^2}}{2(c_1 + c_2)} \sin^{5/3} \alpha + \frac{F_a \cos \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{r_1 + r_2 - D_w + (c_1 + c_2) \left(\frac{F_a}{z \sin \alpha}\right)^{2/3} \sqrt[3]{D_w}};$$

$$C_r = \frac{3\sqrt[3]{F_a D_w z^2} \cos^2 \alpha}{4(c_1 + c_2) \sqrt[3]{\sin \alpha}} + \frac{F_a \sin \alpha}{r_1 + r_2 - D_w + (c_1 + c_2) \left(\frac{F_a}{z \sin \alpha}\right)^{2/3} \sqrt[3]{D_w}},$$

где F_a – осевая нагрузка; D_w – диаметр шарика; α – угол контакта; c_1 – коэффициент, характеризующий контакт шарика с дорожкой качения наружного кольца; c_2 –

коэффициент, характеризующий контакт шарика с дорожкой качения внутреннего кольца; $r_1 = 0,579D_w$ – радиус желоба наружного кольца; $r_2 = 0,5144 D_w$ – радиус желоба внутреннего кольца; z – число шариков.

Минимальное значение упругого предварительного натяга определяется по соотношению

$$A_{0\max} = (1,59 \operatorname{tg} \beta R \pm 0,5A) \cdot 9,81,$$

где A_0 – действующая осевая нагрузка, Н; β – угол между прямой, проходящей через точки касания шарика с дорожками качения, и плоскостью центров шариков (расчетный угол момента); R – действующая радиальная нагрузка на подшипник, Н.

Аналитический расчет жесткости показал, что при натяге, характеризуемом параметрами: $F = \pm 50$ Н, $l = 0,022$ мм, осевая и радиальная жесткости подшипника равны соответственно $C_a = 6,17 \cdot 10^3$ Н/мм и $C_r = 6,26 \cdot 10^4$ Н/мм. При изменении параметров натяга $F = \pm 70$ Н, $l = 0,011$ мм соответственно $C_a = 7,44 \cdot 10^3$ Н/мм и $C_r = 7,32 \cdot 10^4$ Н/мм.

Таким образом, изменяя параметры предварительного натяга в подшипниках, можно увеличивать их жесткость, благодаря чему удастся снизить виброактивность ЭДМ в среднем в два раза.

Список литературы:

1. Бальмонт В.Б., Матвеев В.А. Опоры качения приборов. – М. : Машиностроение, 1984. 240 с.

Разработка информационной измерительной системы испытательного огневого стенда ЖРД МТ

Заранкевич И.А., Ташев В.П.

Научный руководитель: Козлов А.А., д.т.н., профессор

Московский авиационный институт «МАИ»

125993, Россия, г. Москва, Волоколамское ш, 4

E-mail: zarankevich@yandex.ru

При испытаниях жидкостных ракетных двигателей всегда существует проблема трудоемкости и сложности контроля получаемой информации. Задача выявления основных характеристик разрабатываемого ЖРД МТ является одной из основных при создании испытательного программно-аппаратного комплекса. Данная задача определяется путём измерения широкого класса параметров, характеризующих работу двигателя, функционирования различных управляющих и обслуживающих двигатель систем. Это приводит к необходимости измерения и контроля в процессе испытания ЖРД МТ большого количества физических величин. Фиксирование такого большого числа параметров в незначительные отрезки времени, определяемые продолжительностью испытаний двигателей, возможно только путём автоматизации процесса их измерения, контроля и регистрации. Решением этой задачи при испытаниях экспериментальных ЖРД МТ послужило использование модулей NI-SCXI-1000 и разработка программного обеспечения в среде программирования LabView.

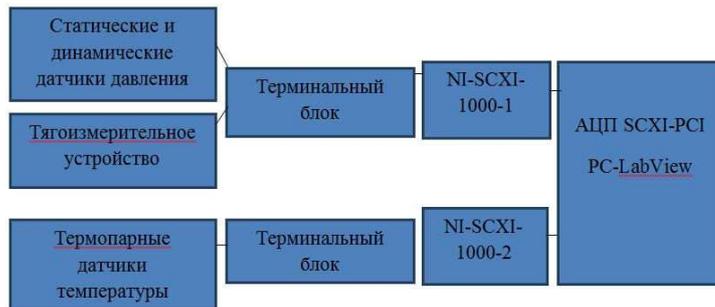


Рисунок 1 Схема регистрации параметров

Информационная измерительная система (ИИС) - это программа, написанная в среде Labview в графическом коде G, призванная объединить в себе измерительную систему регистрации данных реального времени и систему последующей генерации отчетов и обработки результатов, полученных при испытаниях ЖРД МТ.

ИИС состоит из покадрового цикла, который делится на следующие части: 1) кадр выдачи мгновенных значений; 2) кадр регистрации и сохранения данных; 3) кадр дублирования данных в облако; 4) кадр генерации отчетов. Первая часть предназначена для проверки сигналов с датчиков, их исправности, отсутствия зависания системы или других внештатных ситуаций. Следующий кадр отвечает за непосредственно за регистрацию параметров испытуемого изделия. Как только по отсечному каналу с блока управления циклограммой приходит логическая единица, начинается регистрация с записью в файлы. Регистрируемые данные делятся на два файла в зависимости от типа каналов. В один файл регистрируются расходы и давления, во второй регистрируются температуры. Помимо этого данные о температуре выводятся на лицевую панель, для того чтобы в случае перегрева оператор мог остановить проведение испытаний.

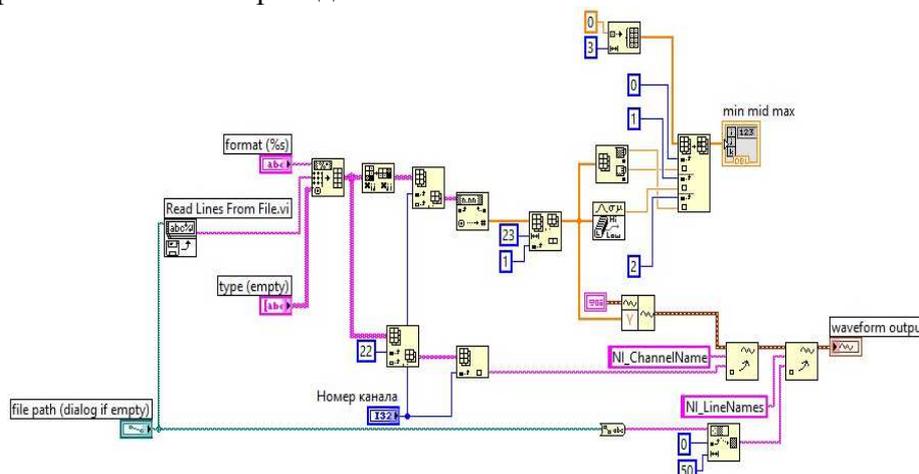


Рисунок 2 Пример кода, ответственный за представление и обработку данных, сохраненных в ходе экспериментов

Как только в отсечном канале пропадает логическая единица, регистрация прекращается и программа переходит к следующему кадру цикла, отвечающему за сохранение данных эксперимента в облаке, а точнее за перенос копий экспериментальных файлов на носитель для общего пользования информацией.

После переноса файлов выполняется кадр цикла, отвечающий за генерацию предварительного отчета испытаний содержащего в себе: установившиеся расходы и давления в камере сгорания; время эксперимента; максимальную температуру на стенке камеры сгорания; градиент роста температуры; соотношения компонентов в завесе и ядре горения.

Для того чтобы упростить нелёгкий труд инженера-испытателя была создана утилита для генерации отчетов об экспериментах. Утилита позволяет обрабатывать любое количество файлов экспериментов, выбирать любое количество каналов для обработки, выводить эти каналы как в числовом, так и в графическом виде на экран и сохранять или копировать их в Word или Excel.

Достоинства данного инструмента заключены в более быстрой загрузке и обработке данных, чем, например, в Mathcad, а также в том, что оператору программы дается возможность не загружать весь файл сразу, а открывать только конкретные каналы. При небольшом исправлении кода её можно приспособить для обработки практически любых файлов испытаний, что делает ее универсальной.

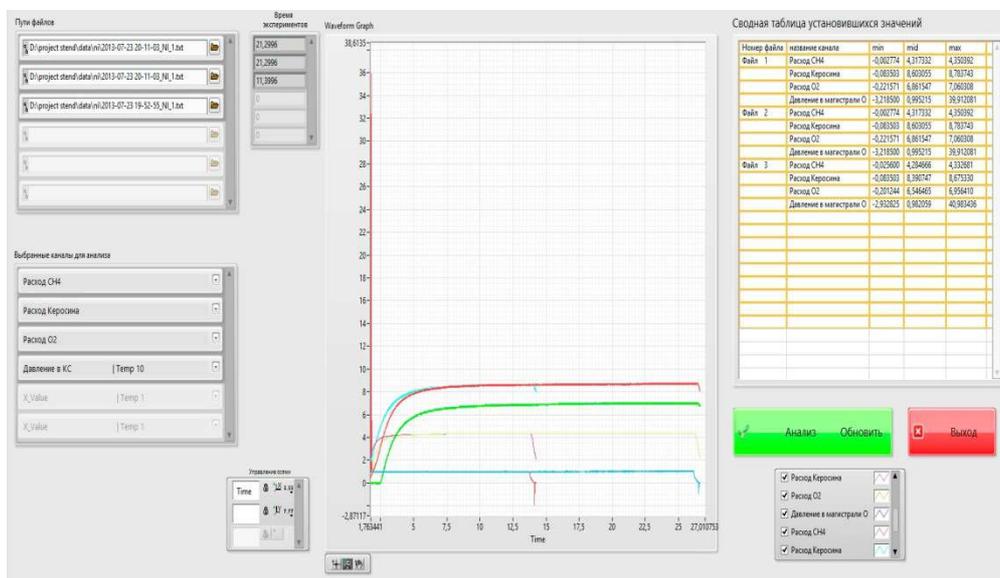


Рисунок 3 Интерфейс программы генерации отчетов

Разработанная программа позволяет существенно упростить процесс испытаний и сократить время их проведения, при повышении информативности. Исходя из опыта построения испытательных систем, существуют следующие перспективы в данном направлении:

1. Написание ПО в среде Labview для системы управления клапанами;
2. Связь этих двух систем одной общей системой контроля и управления;
3. Установка на стенде расходомеров с регуляторами, что позволит, используя обратную связь с температурой стенки камеры, регулировать режимы работы двигателя в темпе эксперимента и получать данные нового уровня;
4. Написание головной системы управления и регистрации, которая объединит в себе, ПК управления, ПК регистрации, ПК видеofиксации и ПК хранения данных;
5. Использование нейросетевых самообучающихся математических моделей двигателя, которые будут строиться на основе базы данных испытаний. Данное

нововведение позволит проводить меньше испытаний и удешевить процесс отработки тестовых образцов. Так же ММ позволят вывести логические законы физических процессов для испытуемых двигателей, что поможет увеличить точность расчетов в программных комплексах и приблизит расчетные результаты к экспериментальным.

Список литературы:

1. Воробьев А.Г., Боровик И.Н., Хохлов А.Н. и др. Модернизация испытательного огневого стенда для исследования рабочих процессов в жидкостных ракетных двигателях малых тяг на экологически чистых компонентах топлива. - Вестник МАИ, Т.14 №1 2010.
2. Козлов А.А. Воробьев А.Г. Боровик И.Н. Жидкостные ракетные двигатели малой тяги. Издательство МАИ - 2013.
3. Кокорин В.В., Рутовский Н.Б., Соловьев Е.В. Комплексная оптимизация двигательных установок систем управления. Москва, «Машиностроение» 1983.

Космический мусор и современные методы борьбы с ним

Затонов И.А. , Полюшко Д.А.

Научный руководитель: Мартемьянов В.М., к.т.н., доцент каф. ТПС
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ivan.zatonov@yandex.ru

На международную арену проблема космического мусора была вынесена 10 декабря 1993 г. Генеральным секретарем Организации Объединенных Наций. Доклад носил название «Воздействие космического мусора на окружающую среду»[1].

К космическому мусору можно отнести все объекты искусственного происхождения, а так же их фрагменты, являющиеся на данный момент неисправными, не функционирующими и являющимися опасным фактором воздействия на действующие космические аппараты. В некоторых случаях объекты космического мусора могут представлять прямую опасность непосредственно для Земли (например, в случае наличия на них опасных ядерных, токсичных материалов).

По данным управления ООН по вопросам космического мусора на 2010 год объектов, относящихся к космическому мусору (поперечником более 10 мм) колеблется в пределах 60 000 - 100 000. Только 10 процентов от этого числа отслеживается. Принимая же во внимание космический мусор с поперечником менее 10 мм, количество объектов достигает приближенного значения к 100 600 000[2].

В таблице 1 приведены более конкретные данные касательно вида космического мусора.

Таблица 1 Количество и состав космического мусора

<i>Состав космического мусора</i>	<i>Количество космического мусора</i>
< 1см	>100 000 000
1-10см	>500 000
>10 см	>21 000

В таблице 2 приведены страны, которые внесли вклад в создание космического мусора.

Таблица 2 Вклад стран в появление космического мусора

<i>Страны</i>	<i>Вклад в появление космического мусора</i>
СССР, Россия	37,5 %
США	29,7%
КНР	22,5%
Франция	3%
Япония	1,25%
Индия	1%
Европейское космическое агентство (ЕКА)	0,6%

Приведенная выше информация принадлежит NASA Orbital Debris Program Office [3].

На данный момент существует целый ряд проектов, находящихся на стадии разработки, целью которых является борьба с космическим мусором. Эти разработки проводятся рядом организаций: канадская компания «MacDonald Dettwiler and Associates» [4]; Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne [5]; Американское агентство «Defense Advanced Research Projects Agency» [6]; Проект литовского конструктора Витяниса Бузаза [7] и т.д.

Повторимся, что на данный момент подобные проекты находятся только на стадии разработки. Выделим наиболее перспективные из них:

- Агентство передовых оборонных исследовательских проектов при Министерстве обороны США (Defense Advanced Research Projects Agency) работает над проектом создания космического робота-мусорщика в рамках программы Феникс (Phoenix Program). Отличительной чертой проекта является задача переработки обломков для дальнейшего использования, а не их уничтожение. Согласно проекту, первые испытания намечены на 2015 год.

- Совместный проект Японского агентства аэрокосмических исследований и компании Nitto Seimo. Сама же идея была предложена профессором университета Кагавы (Япония). Суть проекта состоит в выводе на орбиту специально сконструированного спутника с 300-метровым тросом. В космическом пространстве спутник выпускает трос, превратив его в сеть, с помощью которой будет сгенерировано сильное магнитное поле, притягивающее обломки. После же сбора достаточного количества мусора сеть войдет в атмосферу Земли, и сгорит в ней от трения. Попытка первого сбора мусора запланирована на 2015 год.

Еще одним перспективным проектом японцев является использование магнитной рыболовной сети для сбора космического мусора. Принцип действия подобен вышеописанному проекту.

Проектов по сбору мусора становится все больше и больше, но их принцип действия практически одинаков - переработка отходов для их дальнейшего использования в космосе, либо сгорание в атмосфере Земли от сил аэродинамического трения.

Рассматривая второй способ борьбы с космическим мусором, следует отметить, что существуют также два варианта развития событий: уничтожение совместно с космическим мусором и самого робота-мусорщика, либо же способом «ударного торможения»- воздействовать на мусор без прямого контакта с целью уменьшения его скорости, что должно привести к снижению высоты орбиты и дальнейшему сгоранию в атмосфере.

Для удобства описания приема использования ИСЗ в качестве робота-мусорщика как модели выберем орбитальную станцию «Алмаз» советского производства, которая наиболее полно удовлетворяет поставленным нами задачам. Разведывательно-боевая станция имела оборонительное оружие - вариант авиационной пушки НР-23. Испытательная стрельба в космосе из этой пушки была проведена в январе 1975 года; были получены данные о влиянии отдачи от выстрелов на работоспособность конструкции станции и ее агрегатов. Отмечалось, что снаряд массой 0,2 кг при выстреле из пушки приобретает скорость порядка 700 м/с. [8]

Как альтернативное оружие для использования в космическом пространстве в борьбе с мусором можно предложить рельсотрон, или другими словами- импульсный электродный ускоритель масс. Принцип действия заключается в разгоне электропроводящей массы, расположенной между рельсами, и замыкающей электрическую цепь. Под действием силы Лоренца масса приобретает ускорение. Преимущество такого решения- возможность регулировки скорости вылета снаряда. Экспериментально возможность выброса снаряда таким образом была проведена еще в 80-х годах. [9]

Сущность предлагаемого способа спуска мусора на низкие орбиты можно пояснить следующим образом. Станция-мусорщик имеет информацию о мусоре, его количестве и параметрах орбит, по которым он движется. Вычислительный комплекс станции выбирает оптимальную последовательность воздействия на мусор, маршевым двигателем и микродвигателями ориентации выводит станцию на позицию стрельбы по мусору. Перед выстрелом станция должна двигаться по орбите впереди мусора. После выстрела снаряд попадает в мусор и вызывает уменьшение скорости последнего и его переход на более низкую орбиту. Отдача от выстрела переведет станцию на высокую орбиту и позволит продолжить борьбу с мусором в новой зоне; другими словами, станция имеет возможность с каждым выстрелом подниматься без использования топлива для маршевого двигателя.

При нахождении станцией космического мусора, подлежащего уничтожению и находящегося на той же орбите, производится выстрел станцией некоего снаряда (болванки), не несущего в себе заряда, так как нежелательно разрушение мусора на мелкие обломки при осуществлении «ударного торможения».

Следует отметить, что все объекты на орбите движутся с определенной скоростью. Отталкиваясь от законов Ньютона и закона всемирного тяготения, найдем значение этой скорости.

$$m \frac{v^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2} \quad \text{или} \quad v = \sqrt{G \frac{M}{R}} = \sqrt{g * R} \quad , \quad (1)$$

где: m - масса объекта;
M - масса Земли;
G - гравитационная постоянная;
R - радиус орбиты;

v - орбитальная скорость;
 g – ускорение свободного падения.

Следовательно, при снижении скорости уменьшается радиус орбиты (высота полета), мусор попадает в более плотные слои атмосферы, где и сгорает.

Запишем закон сохранения импульса для абсолютно неупругого удара (речь ведется о соударении снаряда, выпущенного станцией и объектом, подлежащим спуску с орбиты).

Считая, что векторы скоростей противоположны, имеем:

$$m_1 * v_1 - m_2 * v_2 = U * (m_1 + m_2)$$

Отсюда скорость мусора и присоединенного к нему снаряда

$$U = \frac{m_1 * v_1 - m_2 * v_2}{m_1 + m_2}. \quad (2)$$

Пример.

Космический мусор массой $m_1 = 50$ кг движется по круговой орбите на высоте $H=256$ км над поверхностью Земли, радиус которой $R_3 = 6378$ км. со скоростью $v_1 = 8036 \frac{м}{с}$. Навстречу ему летит болванка с массой $m_2 = 0,2$ кг со скоростью $v_2 = 700 \frac{м}{с}$. Орбитальная скорость мусорного объекта $v_1 = \sqrt{g \cdot R} = \sqrt{9,81 \cdot (6378 + 250) \cdot 10^3} = 8059 \frac{м}{с}$. После столкновения скорость мусора и болванки станет $U = \frac{50 \cdot 8059 - 0,2 \cdot 700}{50 + 0,2} = 8024 \frac{м}{с}$. Радиус орбиты при этом станет $R = \frac{8024^2}{9,81} = 6,563 \cdot 10^6$ м, а высота полета $H = 6563 - 6378 = 185$ км. Другими словами высота полета при этом снизится на $\Delta H = 250 - 185 = 65$ км, и мусор гарантированно войдет в плотные слои атмосферы.

Список литературы:

1. Моххамад С.А. Международно-правовые аспекты борьбы с негативными экологическими последствиями космической деятельности.// Экологическое право-2010.[Электронный ресурс] URL <http://www.eurasialaw.ru/> (Дата обращения 25.01.2014)
2. Космический мусор - угрозы мнимые и реальные.// Рианаука-2014.[Электронный ресурс] URL http://ria.ru/science_infographics/ (Дата обращения 01.03.2014)
3. Technical Report on Space Debris.// Important Reference Documents-2010.[Электронный ресурс] URL <http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/> (Дата обращения 01.03.2014)
4. Артем Михайлов. США займется сбором космического мусора.//Космический мусор-2011[Электронный ресурс] URL <http://www.rbcdaily.ru/autonews/562949981891471> (Дата обращения 2.03.2014)
5. Швейцария займется очисткой космоса.//космический мусор-2012.[Электронный ресурс] URL <http://rus.ruvr.ru/2012/02/16/66188181/> (Дата обращения 26.02.2014)
6. Техобслуживание на орбите // Astronews.ru-2013.[Электронный ресурс] URL <http://abakan-news.ru/news/events/19423/> (Дата обращения 23.02.2014)
7. Космический дворник//Pravda.ru -2013 [Электронный ресурс] URL <http://www.pravda.ru/news/science/22-05-2013/1157484-litgarb-0/> (Дата обращения 01.03.2014)
8. НР-23.// Wikipedia-2014.[Электронный ресурс] URL <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%A0-23> (Дата обращения – 3.03.2014)
9. Реактивное движение при газовом разряде от внешнего токоподвода // Письма в ЖТФ. — 1989. — Т. 13. — № 15.

10. Кириченко Д.В. Низкоорбитальная система наблюдения за космическим мусором а базе группировки малых космических аппаратов.// успехи современной радиоэлектроники – 3 -2010 – ст.19-21

11. Стенина О. магнитная рыболовная сеть для сбора космического мусора.// Наука и техника-2014.[Электронный ресурс] URL <http://world.fedpress.ru/> (Дата обращения 25.01.2014)

12. Космический мусор.// Wikipedia.-2013.[Электронный ресурс] URL <http://wikipedia.org/> (Дата обращения 03.03.2014)

Двигатель-маховик в импульсном режиме

Иванова А.Г., Кодермятов Р.Э., Самодуров И.Н.

Научный руководитель: Мартемьянов В.М., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ivanovatonya@tpu.ru

Для ориентации и стабилизации космических аппаратов в качестве управляющих устройств применяются двигательные установки, создающие управляющие внешние и внутренние моменты относительно соответствующих осей аппарата. Управляющие устройства, использующие реактивные двигатели и моментный магнитопровод создают внешний момент; двигатели-маховики и гироскопические устройства создают внутренний момент [1]. Реактивные двигатели создают управляющий момент за счет реакции струи газов, истекающих из сопла, ось которого располагается на некотором удалении (плече) относительно центра масс космического аппарата. Недостатком таких систем является ограниченное время функционирования в связи с израсходованием рабочего тела. Системы ориентации с моментным магнитопроводом создают управляющий момент за счет взаимодействия моментного диполя электромагнитов, установленных на борту космического аппарата, с геомагнитным полем. Ограничения в применении такой системы заключаются в малой величине управляющих моментов, а также в том, что без привлечения дополнительного управляющего устройства другого вида моментный магнитопровод не в состоянии обеспечить трехосную ориентацию космического аппарата в пространстве [2]. Гироскопические исполнительные устройства способны обеспечить более тонкое управление космическим аппаратом и получить повышенную точность ориентации. Главным недостатком гиросtabilизаторов следует считать необходимость введения второго контура системы исполнительных органов и известную конструктивную сложность таких гироскопических устройств.

В настоящее время достаточно широко применяются управляющие устройства, использующие маховики, для привода которых могут быть использованы двигатели различных типов. Принцип управления космическим аппаратом при помощи маховика основан на законе сохранения кинетического момента системы «космический аппарат - маховик». Если маховик изменяет свой кинетический момент (изменяет скорость своего вращения), то на такую же величину должен измениться и кинетический момент космического аппарата, чтобы обеспечить неизменность кинетического момента всей системы; естественно, что приращения кинетических моментов маховика и космического аппарата будут иметь разные знаки. Если произошел разгон маховика от скорости, равной нулю, до

некоторой величины ω_M , то космический аппарат за тот же промежуток времени изменит свою угловую скорость вращения на величину $\Delta\omega_{КА} = k \cdot \omega_M$, где коэффициент k представляет собой отношение моментов инерции маховика J_M и космического аппарата $J_{КА}$:

$$k = \frac{J_M}{J_{КА}}.$$

За время разгона маховика t_{Mp} космический аппарат совершит разворот в пространстве на угол $\alpha_{КАp}$:

$$\alpha_{КАp} = \int_0^{t_{Mp}} \Delta\omega_{КАp}(t) \cdot dt = k \int_0^{t_{Mp}} \omega_{Mp}(t) \cdot dt = k \cdot \alpha_{Mp}.$$

В данном случае для упрощения считаем, что начальная угловая скорость космического аппарата также равна нулю. После разгона маховика и стабилизации его скорости вращения на величине ω_{Mc} , космический аппарат также будет вращаться со стабильной скоростью $\omega_{КАc} = k \cdot \omega_{Mc}$, и за время t_{Mc} этапа стабилизации скорости маховика будет совершен поворот на угол $\alpha_{КАc} = k \cdot \omega_{Mc} \cdot t_{Mc} = k \cdot \alpha_{Mc}$. В дальнейшем маховик можно затормозить до скорости $\omega_M = 0$. Торможение маховика может быть осуществлено за счет моментов сил трения в опорах подвеса, аэродинамического трения, режима рекуперации энергии и др. Соответственно будет происходить замедление вращения космического аппарата и его остановка. Угол поворота космического аппарата на этапе торможения маховика определится как $\alpha_{КАm} = k \cdot \int_0^{t_{Mm}} \omega_{Mm}(t) \cdot dt = k \cdot \alpha_{Mm}$. В итоге, за весь цикл управления скоростью маховика (разгон, стабилизация, торможение) космический аппарат повернется в пространстве на угол

$$\alpha_{КА} = \alpha_{КАp} + \alpha_{КАc} + \alpha_{КАm} = k \cdot (\alpha_{Mp} + \alpha_{Mc} + \alpha_{Mm}) = k \cdot \alpha_M.$$

В данном случае α_M - полный угол поворота маховика за весь цикл управления. Другими словами, используя информацию с датчика угла поворота ротора маховичного двигателя можно получить информацию об углах поворота космического аппарата, что в некоторой степени повышает надежность работы информационного комплекса последнего.

Наиболее приемлемыми в условиях космического полета двигателями для вращения маховых масс являются электрические двигатели как с точки зрения возможности получения первичной энергии, так и в отношении удобства управления. Наряду с общими требованиями, предъявляемыми к любому устройству для космического аппарата (высокая надежность, долговечность, малые масса и габариты, малое потребление энергии), основным требованием, предъявляемым к двигателю, вращающему маховик, является хорошая регулировочная характеристика в широком диапазоне скоростей. Большие скорости вращения электродвигателей нежелательны, так как существенно снижается ресурс работы опор подвеса ротора, а при работе в диапазоне малых скоростей у

асинхронных и синхронных двигателей наблюдается чрезмерный перегрев. Двухфазные асинхронные двигатели имеют недостаток, заключающийся в том, что его обмотка возбуждения потребляет значительную мощность. Наличие щеточно-коллекторного узла у двигателей постоянного тока ограничивает длительность их работы. Опыт показал, что наиболее приемлемыми для использования в маховичных системах являются вентильные электродвигатели. Рассмотренный выше принцип управления космическим аппаратом предполагает, что управление маховиком осуществляется от его нулевой скорости вращения, однако как уже указано, такие режимы управления перечисленными выше электродвигателями нежелательны. В связи с этим в существующих системах управления маховику задается некоторая опорная скорость вращения, относительно которой происходит его разгон и торможение. Недостатками такого режима являются необходимость непрерывного затрачивания электроэнергии на поддержание опорной скорости вращения, а также повышенный износ опор подвеса маховика, непрерывно вращающегося с достаточно большой скоростью. Считаем, что реализация рассмотренного выше способа управления возможна с использованием моментного двигателя, питание на который подается в виде короткого импульса. За время подачи питания маховик разгоняется до некоторой скорости, а затем тормозится до полной остановки. В принципе возможно и поддержание стабильной скорости вращения маховика как за счет управления моментным двигателем, так и с помощью маломощных вспомогательных электродвигателей.

Список литературы:

1. Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г. Управление космическими летательными аппаратами. М.: Машиностроение, 1974, с. 143-167.
2. Бебенин Г.Г., Скребушевский Б.С., Соколов Г.А. Системы управления полетом космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1978, с. 176.
3. Раушенбах Б.В., Токарь Е.Н. Управление ориентацией космических аппаратов. М.: Наука, 1974, с. 136.

Совместное использование «Arduino» и «LabVIEW»

Исайченко В.И., Татарников Е.В., Потехин М.Е.

Научный руководитель: Бориков В.Н., директор ИНК ТПУ, д.т.н., профессор.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: vadisay@gmail.com

Часто для решения неких проблем конструкторского плана приходится осуществлять управление «железом» через стационарные или мобильные компьютеры. Для упрощения и ускорения процесса разработки устройства я предлагаю пользоваться готовыми методами. Для написания программного кода и создания удобного пользовательского интерфейса используется среда разработки и платформа для выполнения программ на графическом языке.

Программа «LabVIEW» называется и является виртуальным прибором и включает в себя две части: блочную диаграмму, описывающую логику работы виртуального прибора и лицевую панель, описывающую интерфейс виртуального прибора, созданного человеком. Виртуальные приборы могут применяться в качестве отдельных частей для построения различных виртуальных приборов.

Лицевая панель виртуального прибора имеет разнообразные средства ввода-вывода: тумблеры, кнопки, световые индикаторы, шкалы, информационные табло и тому подобное. Данные инструменты используются оператором для управления виртуальными приборами.

Блочная диаграмма содержит функциональные узлы, являющиеся источниками, приемниками и средствами обработки данных.

Arduino – аппаратная вычислительная платформа, позволяющая управлять «железом». Простая в освоении и доступная по цене. Плата Arduino состоит из микроконтроллера Atmel AVR (ATmega328P и ATmega168 в последних версиях и ATmega8 в первых), а также элементов обвязки для программирования и интеграции с другими схемами. На большинстве плат присутствует линейный стабилизатор напряжения +5 Вольт или +3,3 Вольт. Тактирование осуществляется на частоте 16 или 8 МГц кварцевым резонатором.

Для совместного использования «Arduino» и «LabVIEW» используется библиотека «LIFA» (LabVIEW interface for Arduino). Библиотека добавляет в стандартный интерфейс «LabVIEW» пункт меню для работы с Arduino. В нём находятся уже готовые подпрограммы для облегчения работы.

Такой способ управления позволяет даже неопытному программисту сделать рабочую программу в графическом языке «LabVIEW» и оперировать действиями малого спутника или получать телеметрию с датчиков и приборов ориентации спутника.

Таким образом, даже далёкий от программирования человек свободно может стать оператором летательного аппарата, выполненного на «Arduino» с интерфейсом, выполненным в среде графической разработки программного обеспечения.

Список литературы:

1. Wikipedia. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>, свободный.
2. National Instruments [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://russia.ni.com/labview>, свободный.

Реактивные микродвигатели для нано- и пикоспутников

Ло Ван Хао

Научный руководитель: Нестеренко Т.Г., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: lovanhao.pro@gmail.com

Двадцать первый век является эрой техники и космоса. Развитие технической науки позволяет человечеству выполнять всё то, что раньше только существовало в мечтах, одной из которых является исследование космоса. Напомним, что 12 апреля 1961 года первый полёт человечества в космическое пространство был выполнен Юрием Гагариным из России. И после его успешного полета много стран начали готовиться к своему полету в космос. В этой гонке слово "Космос" стало популярным и узнаваемым во всем мире. Прошло более 50 лет, за это время много полетов в космос было совершено, в космосе существует много различных космических аппаратов, которые запустили из разных стран. Космические аппараты выполняют различные функции, но их общая цель заключается в исследовании

пространства за пределами Земли. Самые близкие космические аппараты к нам - это искусственные спутники Земли.

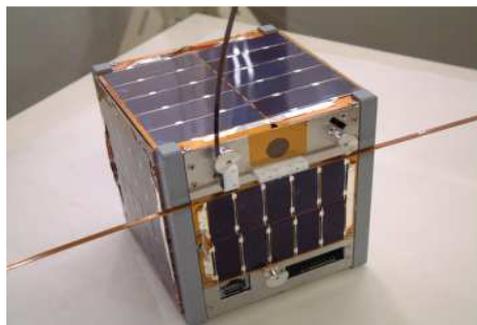


Рисунок 1 Наноспутник

Искусственные спутники Земли, являющиеся космическими летательными аппаратами, вращающимися вокруг Земли по геоцентрической орбите, широко используются для научных исследований и прикладных задач: военные спутники, исследовательские спутники, метеорологические спутники, навигационные спутники, спутники связи, биоспутник и т.д.

Важнейшей тенденцией в области развития современной космической техники является миниатюризация всех ее компонентов, систем и использование нано- и пикоспутников.

Современный наноспутник имеет массу от 1кг до 10 кг и отличается относительно большой функциональностью, несмотря на свой малый размер. Пикоспутник имеет массу менее 1 кг. Позиционирование этих спутников в определенной точке на околоземной орбите является достаточно большой проблемой, так как они выводятся на орбиту большой ракетой-носителем, для возможности совершения перемещений нуждаются в миниатюрных реактивных двигателях. Существуют разнообразные типы и виды реактивных микродвигателей: микродвигатели холодной тяги, охлаждаемые жидкостные ракетные микродвигатели, сверхвысокооборотные твердотопливные ракетные двигатели и твердотопливные многоэлементные конструкции.

С точки зрения микросистемной техники это одна из самых сложных областей, требующая теснейшего междисциплинарного взаимодействия таких научных направлений как газодинамика, физика и техника сжигания топлива, теория реактивных двигателей, материаловедение, динамика газовых опор, технологии микромеханических систем. В этой статье рассмотрим два типа реактивных микродвигателей : микродвигатели холодной тяги и ионные микродвигатели.

Микродвигатели холодной тяги используется на европейском наноспутнике. Модули двигателей содержат четыре независимых микротяговых устройства (рисунок2) на диапазон тяги от 0,1 до 5 мН. Четыре слоя герметично сварены друг с другом, образуя узел микротяговых устройств, массой не более 10 г. Три других слоя содержат управляющую электронику. Каждое из микротяговых устройств состоит из фильтра, пропорционального клапана, сопла и соединяющих каналов. Пять пьезоэлектрических элементов управляют положением седла клапана. Газ поступает в сопло через небольшую полость, в которой имеется дифференциальный датчик давления, выполненный в общем цикле изготовления одного из слоев как его

интегральная часть. Сигнал от датчика давления используется в качестве сигнала обратной связи в контуре регулирования пропорционального клапана. Вся семислойная структура двигателей вписывается в защитный сферический кожух диаметром 40 мм. Сопло каждого из микротяговых устройств выполнено с помощью лазерного травления с точностью порядка 1 мкм. Разрабатывается модификация двигателя, отличающегося тем, что в газовом тракте имеется интегральный подогреватель газа, что повышает эффективность двигателя. Элемент нагревателя, выполненный из поликремния, представлен на рисунке 3.

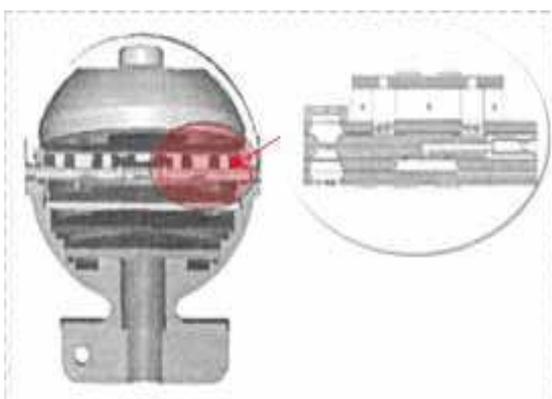


Рисунок 2 Модуль микродвигателя холодной тяги для европейского наноспутника

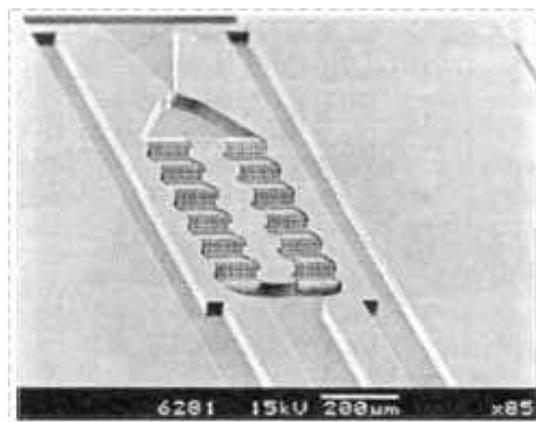


Рисунок 3 Сопло с интегральным нагревателем

Ионные микродвигатели начали использовать в космических аппаратах еще в 1964 году, когда NASA запустила программу суборбитального полета SERT (Space Electric Rocket Test I). Эти микродвигатели работают по другому принципу, не как в обычных реактивных двигателях, а на основании потока ионов, создающих силу тяги. Под действием магнитного поля ионы из источника газа в двигателе разгоняются в определенном направлении, образуя поток ионов с высокими скоростями. Источником ионов двигателей могут быть газы: аргон, водород, ксенон, и т.д. Из бака газа подается в ионизатор ксенон, являющийся нейтральным газом, но при бомбардировании высокоэнергетическими электронами ксенон ионизируется. В результате в камере образуется смесь из положительных ионов и отрицательных электронов. Катодная трубка, которая притягивает к себе электроны, выводится в камеру с целью отфильтровывания электронов. Под действием магнитного поля процесс ионизации улучшается. Положительные ионы образуются и притягиваются к системе сеток, построенных на двух сетках. Между сетками поддерживается большая разница электростатических потенциалов (+1090 вольт на внутренней против – 225 вольт на внешней). В результате попадания ионов между сетками, они разгоняются и выбрасываются в пространство, ускоряя корабль, согласно третьему закону Ньютона (рисунок 4).

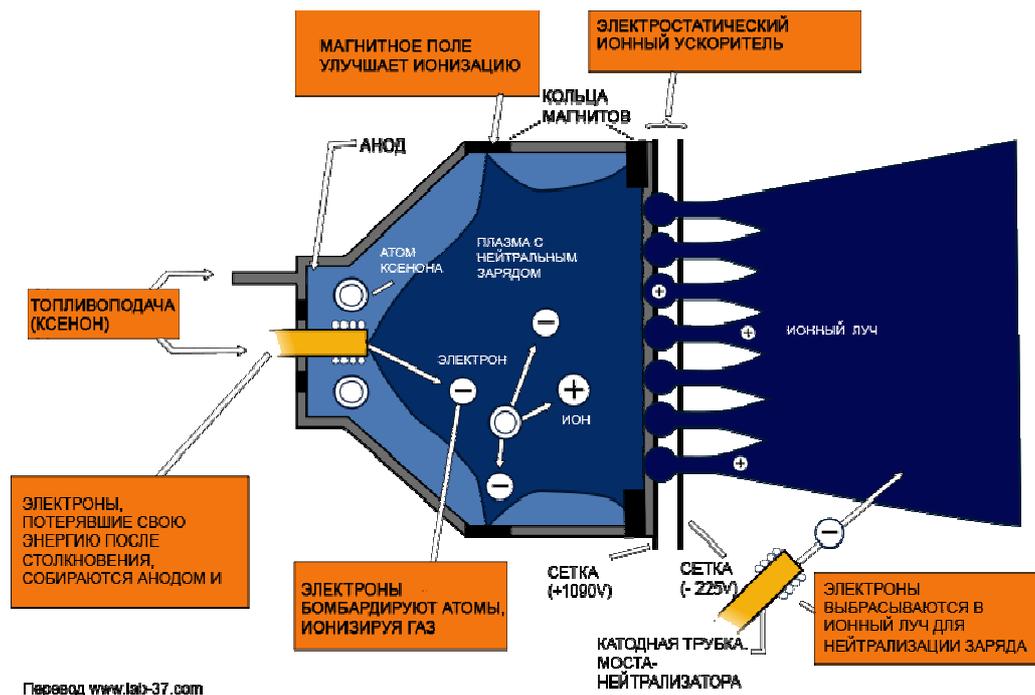


Рисунок 4 Принципиальная схема работы ионных микродвигателей

Электроны, притягивающиеся в катодную трубу выбрасываются к потоку ионов под небольшим углом, чтобы корпус спутника остался нейтрально заряженным и разогнанные ионы сразу нейтрализовались и не создавали никакой силы тяги.

На сегодняшний день в США создано современное поколение ионных микродвигателей с габаритами $10 \times 10 \times 2$ миллиметров и тяговым усилием до 50 мкН для наноспутников.

Спутники всегда являются чрезвычайно дорогим удовольствием, их дорого и проектировать, и строить, и запускать в космос. Эта проблема была сложной экономической и технической задачей для ученых. Однако с появлением нано-, пикоспутников и реактивных микродвигателей эта задача решается. И в будущее время количество огромных спутников, летающих в пространстве вокруг земли будет сокращаться и их место будут современные нано- и пикоспутники с реактивными микродвигателями.

Список литературы:

1. Перспективы развития микрореактивных двигателей для МСТ. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.microsystems.ru/files/publ/487.htm>.
2. Ионные микродвигатели для спутников CubeSat. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.qwrt.ru/news/666>.
3. Спутники CubeSat получают ионные микродвигатели. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.innoros.ru/news/foreign/13/11/sputniki-cubesat-poluchat-ionnye-mikrodvigateli>.
4. Для наноспутников создан микродвигатель. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://polit.ru/news/2013/10/30/ps_nano/.
5. Космические двигатели будущего. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://lab-37.com/futures/ion_engines/.

Опыт создания современных систем наведения антенн для КА серии «Луч-5»

Пенкина Т.Ю., Курбатов Е.М.

Научный руководитель: Малышенко А.М., д.т.н., профессор
ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф.
Решетнёва, 662972, Россия, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Ленина, 52
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: pentan-1987@mail.ru

Системы наведения антенн (СНА), в зависимости от типа космического аппарата (КА), обладают возможностью выполнения ряда различных поставленных задач, таких как:

- эпизодическое перенацеливание из одного положения в другое;
- эпизодическая орбитальная юстировка антенн;
- слежение за абонентом (как по программной траектории, так и с помощью радиопеленгатора).

Предприятием ОАО «ИСС» 25 октября 1985 г. был произведён запуск первого аппарата серии «Луч», в составе которого были антенны диаметрами 4 м, 2,5 м и 2 антенны с диаметрами по 1,5 м. В аппаратный состав системы входил блок механической системы наведения антенн (БМ СНА), блок управления приводами (БУП) и блок электронный датчика угла (БЭ ДУ). Масса оборудования, обеспечивающая перенацеливание одной антенны, составляла порядка 26 кг, а ресурс системы - 20000 ч.

В октябре 1995 г. был произведён запуск КА «Луч-2», где масса оборудования, обеспечивающая перенацеливание одной антенны, составляла уже 28 кг, а ресурс системы увеличился до 30000 ч.

Повышение требований к качеству функционирования СНА привело к их развитию и усовершенствованию. Следующее поколение КА серии «Луч»: «Луч-5А», «Луч-5Б» и «Луч-5В» разработаны с существенным уменьшением габаритов и массы составных механизмов системы и с ресурсом системы 50000 ч.

Опыт создания СНА наведения включает в себя чёткую структуризацию системы.

Структура СНА состоит из (рисунок 1):

- программного обеспечения (ПО);
- четырёх каналов двух типов для управления четырьмя антеннами;
- бортовой кабельной сети (БКС).

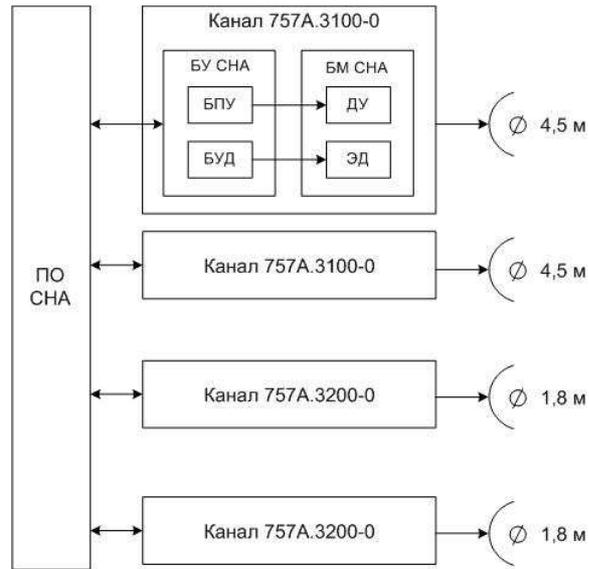


Рисунок 1 Структурная схема СНА

ПО представлено одним программным комплексом и предназначено для управления положением всех антенн как одновременно, так и всеми по отдельности. Разработка ПО включает в себя определение логики работы, создание модели аппаратуры и разработку алгоритмов.

В состав каждого канала системы наведения антенны входят (рисунок 2):

- блок механический (БМ);
- блок управления (БУ).

БМ СНА предназначен для поворота посадочного места наводимой антенны в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях. В СНА КА серии «Луч-5» используются два типа БМ, показанные на рисунке 2а и 2б соответственно.



а) БМ СНА для антенны диаметром 4,5 м б) БМ СНА для антенны диаметром 1,8 м



в) БУ СНА

Рисунок 2 Общий вид составных частей канала СНА

В состав БМ СНА для управления антенной диаметром 4,5м входит электромеханический модуль (рисунок 3а), в составе которого находится резервированный электродвигатель (рисунок 3б).



а) Общий вид ЭММ



б) Резервированный синхронный двигатель с электромагнитной редукцией (СДЭР) индукторного типа

Рисунок 3 ЭММ

БУ СНА предназначен для управления работой электродвигателей БМ СНА, коммутации электрообогревателей элементов БМ СНА, а также работы с командами управления и для обработки информации с датчиков углового положения антенны. Для всех каналов, рассматриваемых аппаратов, используется БУ одного типа (рисунок 2в).

Общие технические характеристики СНА для КА серии «Луч-5» в таблице 1.

Таблица 1 Общие характеристики СНА для КА «Луч-5А», «Луч-5Б», «Луч-5В»

Наименование характеристики	Значение	
	Канал 3100-0	Канал 3200-0
Тип привода БМ СНА	Редукторный	Редукторный
Диапазон рабочих углов, °	от -12,5 до 12,5	от -11 до 11
Погрешность отработки целеуказаний, не более, '	2	2
Диапазон рабочих скоростей '/мин	0,0093÷7	0,0096÷7
Момент инерции нагрузки БМ, кг·м ²	до 200	до 200

Максимальная мощность, не более, Вт	46	46
Масса комплекта, кг	14,4	12,1
БМ СНА	10,4	8,1
БУ СНА	4	4
Ресурс приборов СНА, ч:		
БМ СНА	50 000	50 000
БУ СНА	150 000	150 000

Приведённые в таблице характеристики подтверждены на всех этапах НЭО.

Активные системы ориентации и стабилизации искусственных спутников Земли

Пожарский Т.С.

Научный руководитель: Гормаков А.Н., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: tim-pozharskij@yandex.ru

Одной из важнейших проблем, которую приходится решать практически в течение всего полета подавляющего большинства искусственных спутников, является обеспечение их заданного углового движения. Спутнику придается нужное угловое положение относительно заданных ориентиров поворотом вокруг центра масс. В качестве таких ориентиров выступают видимые небесные и наземные объекты (звезды, Солнце, линия горизонта) или направления в пространстве (местная вертикаль, вектор напряженности геомагнитного поля, вектор скорости набегающего потока воздуха), которые можно определить по измерениям приборов. При этом спутник, например, нижним днищем, на котором укреплены антенна направленного действия и объектив видеокамеры, должен быть постоянно направлен на центр Земли.

Широко используется термин "ориентация", когда хотят сказать о наперед заданном угловом движении спутника (от лат. oriens, что означает "восток", и фр. orientation - направление, ориентация). Иногда используют термин "стабилизация углового положения", когда хотят подчеркнуть, что спутник удерживается относительно заданных ориентиров с требуемой точностью. В зависимости от того, какова природа управляющего воздействия на угловое движение спутника, каковы способы его реализации и какие требуются при этом устройства, различают активные, пассивные и комбинированные системы ориентации [1].

Работы по созданию комплексов полунатурного моделирования и испытания активных систем ориентации космических аппаратов проводились под непосредственным контролем начальника отдела КБ ПМ (НПО ПМ, ныне ОАО «ИСС» имени М.Ф. Решетнева, Железногорск), главного конструктора систем управления движением космических аппаратов Раевского Валентина Анатольевича, доктора технических наук, профессора.

В 1972 г. В. А. Раевский возглавил создание первой в мире активной системы ориентации КА связи и телевидения на геостационарной орбите. Научные результаты его работы отражены в 250 научных статьях, в том числе в международных изданиях и десятках авторских свидетельств [3].

Если для создания управляющих воздействий требуется расход рабочего тела или энергии, запасенных на борту, а для формирования этих воздействий требуются блок логики, датчики ориентации и исполнительные органы, то такая система носит название активной системы ориентации. С ее помощью можно реализовывать достаточно произвольные и быстрые угловые развороты. Пожалуй, в этом заключается ее основное достоинство. К недостаткам активной системы можно отнести ограниченное время ее работы, если используется запас рабочего тела или массы на борту, например реактивное топливо или сжатый газ для реализации управляющих воздействий, сложность и обычно высокую цену, относительно низкую надежность, обусловленную наличием большого количества составных элементов (датчиков, бортового логического устройства, подвижных элементов и т.д.) [1].

Рассмотрим активную систему ориентации на примере «Чибис-М»

Трехосная активная маховичная система ориентации и стабилизации "Чибис-М" разработана специалистами СПУТНИКС для одноимённого спутника разработки Института космических исследований РАН.



Рисунок 1 «Чибис-М» в составе микроспутника

Успешно эксплуатируется больше года в составе микроспутника Чибис-М. (Рис 1) Включает в себя следующие датчики ориентации (состав и количество могут быть изменены):

- трёхосевой магнитометр;
- пять цифровых солнечных датчиков;
- трехосный датчик угловых скоростей.

В качестве исполнительных элементов системой используются:

- двигатели-маховики;
- электромагнитные устройства.

Центральный блок управления (Рис.2) содержит вычислитель и осуществляет обмен данными с внешними устройствами управления по шине CAN2B.



Рисунок 2 Центральный блок управления

Основные режимы работы системы ориентации и стабилизации:

- предварительного успокоения;
- грубой трехосной ориентации;
- точной трехосной ориентации;
- ориентации панелей солнечных батарей на Солнце [2].

На практике наибольшее распространение получили именно активные системы ориентации. Они имеют более широкие возможности по сравнению с пассивными, обеспечивая высокую точность ориентации и высокое быстродействие системы. Если определяющим в проекте является выполнение требований к угловому движению спутника, а не его стоимость, то используют именно активные системы. Однако существует вполне определенный класс спутников, для которых стоимость является основным критерием, и уже исходя из ограниченной стоимости, формируется перечень решаемых задач и соответствующий перечень требований к точности и быстродействию системы ориентации. В этом случае обычно используются пассивные или комбинированные системы ориентации.

Для этого класса спутников достоинства пассивных систем ориентации являются определяющими, а недостатки - несущественными. К этому классу относятся малые спутники.

Список литературы:

1. Системы ориентации спутников: от Лагранжа до Королева. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/908.html>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Системы ориентации и стабилизации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sputnix.ru/ru/products/microsatellites-systems/acs-systems>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Вклад кафедр ТПУ в подготовку специалистов для космической отрасли. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://past.tpu.ru/html/vklad_kafedr.htm, свободный. – Загл. с экрана.

Пушка против космического мусора

Полюшко Д.А., Затонов И.А.

Научный руководитель: Мартемьянов В.М., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Polushko.07@mail.ru

В работе [1] рассматривается вопрос о возможности использования пушки в космическом пространстве для борьбы с космическим мусором. Подобная задача использования орудия в космосе решалась в 70х годах в СССР.

Многие слышали о Стратегической оборонной инициативе (СОИ) США, более известной, как программа «Звездных войн», которая получила свое название от известного фантастического фильма Джорджа Лукаса. Предложенная Рейганом в 1983 году программа предусматривала создание противоракетной обороны с элементами размещения ударных систем вооружений в космосе. Со временем программа себя полностью дискредитировала, так как требовала огромных финансовых затрат и ставила перед создателями целый ряд чрезвычайно сложных научно-технических проблем. В свою очередь в СССР начали задумываться над использованием на орбите боевых пилотируемых аппаратов гораздо раньше американцев, но об отечественных разработках сегодня знают немногие. Между тем еще в 1964 году в СССР были начаты работы по созданию пилотируемой космической станции «Алмаз», которая разрабатывалась по заказу Министерства обороны. Но найти подробную информацию об этой станции довольно сложно, так как «Алмаз» выводился в космос под псевдонимом «Салют». Дело в том, что данная программа нуждалась в большой степени секретности, а подобные аппараты с названием «Салют» уже выводились в космос. Станции «Алмаз» являлись серией орбитальных станций, разработанных ЦКМБ для задач Министерства обороны СССР [2]. Её концепцию сформулировал 12 октября 1964 года генеральный конструктор ОКБ-52 Владимир Челомей на совещании руководящих сотрудников предприятия [3]. Она была предназначена для ведения видовой и радиолокационной разведки. Предполагалось, что «Алмаз» станет гораздо более совершенным космическим разведчиком, чем беспилотные автоматические аппараты-фоторазведчики серии «Зенит». «Алмаз» был оснащён более мощным фотоаппаратом, который делал снимки только по воле самих космонавтов и, следовательно, расходовал меньше плёнки.

Главным вопросом перед разработчиками стала защита аппарата. Во время проектирования «Алмаза» в США проводились работы над созданием разного рода космических перехватчиков, которые должны были инспектировать советские аппараты. Для решения задачи противодействия подобным инспекциям наши конструкторы установили на станции 23-мм автоматическую пушку конструкции Нудельмана-Рихтера, которая являлась модификацией хвостового орудия реактивного бомбардировщика Ту-16. Предположительная дальность стрельбы против орбитальных целей должна была составлять более трёх тысяч метров. Пушка устанавливалась жёстко под «брюхом» станции. Её можно было наводить через прицел, поворачивая всю станцию вручную или дистанционным управлением.

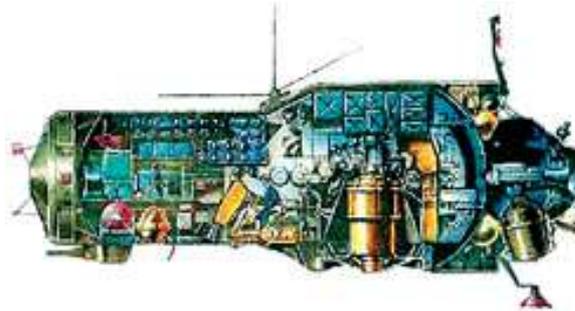


Рисунок Конструкция орбитальной станции «Алмаз»

«Алмаз» был не единственным аппаратом который предполагалось оснастить боевым вооружением. Например на боевых кораблях «Союз Р» и «Союз П», разрабатывавшихся в 62-65 годах в ОКБ С.П. Королёва предполагалось установить ракеты «космос-космос», а на космическом аппарате «Звезда» - пулемёт. Но все эти аппараты так и остались на бумаге. Что нельзя сказать о «Алмазе» и его пушке.

На орбиту станции выводились с помощью многоступенчатой ракеты-носителя «Протон» [5]. Первые полёты Алмазов были не совсем удачными. 3 апреля 1973 года на орбиту вокруг Земли была выведена орбитальная станция «Салют-2» [6]. Под этим обозначением, на самом деле, был запущен первый «Алмаз», но на 13 сутки произошёл отказ систем из-за разгерметизации рабочего отсека. Следом, 25 июня 1974 года был запущен «Алмаз-2» под обозначением «Салют-3». Но и здесь не обошлось без неприятностей. Космический корабль «Союз-15» ,с экипажем на борту, не смог состыковаться со станцией из-за отказа радиотехнической системы стыковки «Игла». И только когда станция, выполнив автономный полёт по заданной программе, 24 января 1975 года были проведены испытательные стрельбы, позволившие выяснить, как выстрелы влияют на динамику и вибрационную устойчивость «Алмаза».

Имеющиеся наработки и накопленный опыт проектирования такой пушечной системы позволит применить их для создания систем «снятия» с орбиты крупного космического мусора. Выстрелив из пушки болванкой, можно существенно снизить орбитальную скорость мусорного объекта, заставить его перейти на более низкую орбиту и закончить существование в плотных слоях атмосферы.

Список литературы:

1. Затонов И.А., Полюшко Д.А. «Космический мусор и современные методы борьбы с ним». См. настоящий сборник.
2. Военное обозрение «Советская боевая орбитальная станция». [Электронный ресурс] – режим доступа: www.cosmoworld.ru/spaceencyclopedia/publications/index.shtml?zhelez_56.html
3. Александр Железняков «На орбите Алмаз». [Электронный ресурс] – режим доступа: www.cosmoworld.ru/spaceencyclopedia/publications/index.shtml?...56...
4. Википедия. [Электронный ресурс] – режим доступа: [www.wikipedia.org/wiki/Алмаз_\(космическая_программа\)](http://www.wikipedia.org/wiki/Алмаз_(космическая_программа))
5. Н.А.Варваров «Популярная космонавтика». Москва «Машиностроение» 1981. – 34 с.
6. В.В.Чернышев «Космические обитаемые станции». Москва «Машиностроение» 1976. – 105 с.

Космический мусор

Потехин М.Е., Татарников Е.В., Исайченко В.И.

Научный руководитель: Бориков В.Н., директор ИНК ТПУ, д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: mikhail.potekhin@bk.ru

Космический мусор в околоземном пространстве является одной из главных глобальных проблем освоения космоса, которая угрожает не только запущенным новым спутникам, но и жителям земли в случае падения их на Землю.

Проблема засорения космического пространства «космическим мусором» возникла как теоретическая сразу же после запусков первых искусственных спутников Земли в середине двадцатого века. Размеры фрагментов мусора, находящихся на околоземной орбите, достаточно широко изменяются: от микрочастиц до размеров автобуса.

Под космическим мусором подразумевают все искусственные объекты, их фрагменты и обломки в космосе, которые уже неисправны, не функционируют и никогда будут выполнять предназначенные задачи, и которые являют собой опасный фактор воздействия на функционирующие космические аппараты, в том числе и пилотируемые.

Были зафиксировано несколько столкновений искусственных спутников в космосе:

Первый столкновение – это столкновение российского спутника Космос-2251 с американским спутником Iridium 33. Столкновение произошло 10 февраля 2009 года. В результате столкновения образовалось около 600 обломков.

Второе столкновение - российский микроспутник «Блиц», являющийся частью международной системы лазерного зондирования, столкнулся с обломком китайского метеоспутника «Фэнъюнь-1С».

Следует задуматься, что же делать с космическим мусором?

За последнее время, увеличилось количество случаев вывода космических спутников из строя из-за космического мусора. Очень частые столкновения спутников порождают большое количество осколков, которые разлетаются в разные стороны. Причем эти осколки настолько малы по величине, что их просто не представляется возможным отследить.

На сегодняшний день эффективных практических мер уничтожения космического мусора на расстоянии более 600 км не существует. Но прогресс не стоит на месте, и предлагаются проекты для решения этой проблемы.

Например, проект спутника, который будет обнаруживать обломки и испарять их мощнейшим лазерным лучом или наземная лазерная установка, которая должна тормозить обломки для входа и последующего сгорания их в атмосфере, либо аппарат, собирающий мусор для его последующей переработки.

Ученый Керри Нок предлагает попросту перестать мусорить. Он предлагает уводить из околоземной орбиты, вышедшие из строя спутники. Первый способ – это использовать трос, использующий электроэнергию, который будет взаимодействовать с магнитным полем нашей планеты и направлять умирающий спутник к Земной атмосфере. После его вхождения в атмосферу этот спутник просто сгорит, тем самым не пополнив мусорную свалку. Второй вариант – это что-

то вроде баллута, тормозного элемента, наполненного газом. Он будет понижать высоту умирающего спутника, что также приведет его к сгоранию.

Таким образом, проблема с засорением космоса может быть решена в скором времени.

Но, на данный момент, задачи по обеспечению безопасности космических полетов в условиях загрязненного околоземного космического пространства и снижения опасности для объектов на земной поверхности при неконтролируемом вхождении космических объектов в атмосферу и их падении на Землю актуальны и требуют скорейшего выполнения. В связи с этим для обеспечения решения этой проблемы международное сотрудничество по проблематике «космического мусора» развивается по следующим приоритетным направлениям:

Разработка действенных средств и способов защиты космических аппаратов от воздействия разогнанных частиц «космического мусора».

Экологический мониторинг околоземного пространства, включая область геостационарной орбиты: наблюдение за «космическим мусором» и ведение списка объектов «космического мусора».

Разработка и последующее внедрение проведения различных мероприятий, направленных на снижение засоренности околоземного пространства.

Моделирование процессов появления «космического мусора» и создание международных систем для оценки засоренности пространства около Земли и её опасности для полетов космических аппаратов, а также новостного иллюстрирования событий опасного сближения космических объектов и их неконтролируемого входа в плотные слои атмосферы.

Так как экономически уместных методов очищения космического пространства от мусора пока не существует, основной упор в ближайшем будущем будет сделан на меры контроля, исключающим появление мусора, таким как предотвращение взрывов на орбите, сопутствующих полету технологических элементов, увод отработавших ресурсов суборбитальных аппаратов на орбиты захоронения, торможение в атмосфере.

Список литературы:

1. «Космический мусор-угроза человечеству», С.С. Вениаминов, Москва, 2013
2. Журнал «Популярная механика». Режим доступа:
<http://www.popmech.ru/article/479-kosmicheskiy-musor/>
3. Новостной портал «РИАНаука». Режим доступа:
http://ria.ru/science_infographics/20140210/994124719.html
4. Свободная энциклопедия «Википедия». Режим доступа:
http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%BE%D1%80

Радиолокационная станция «ДОН-2Н»

Татарников Е.В., Исайченко В.И., Потехин М.Е.

Научный руководитель: Бориков В.Н., директор ИНК ТПУ, д.т.н., профессор.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: E.V.Tatarnikov@mail.ru

В нескольких десятках километров от Москвы находится уникальное сооружение - «Дон-2Н». Оно имеет форму усеченной пирамиды со стороны основания 130 метров и высотой около 33 метров. «Дон-2Н» — стационарная многофункциональная радиолокационная станция (РЛС) кругового обзора сантиметрового диапазона с фазированной антенной решёткой, созданная в рамках выполнения задач ПРО Москвы.[1]

Данная РЛС предназначена для контроля за космическим пространством над Россией и соседними странами, а также для обнаружения и обеспечения уничтожения обнаруженных баллистических ракет. Фазированная антенная решетка совместно с вычислительным комплексом позволяют определять координаты цели с точностью до 25-35 угловых секунд.

Технические характеристики «Дона-2Н» позволяют одновременно вести наблюдение за 120 объектами на высоте до 40000 километров и расстоянии до 3700 километров от станции, а также одновременное наведение до 20 противоракет перехвата.

В ходе совместного с США эксперимента «ODERACS» в феврале 1994 г. с космического шаттла Discovery в открытый космос было выброшено 6 металлических шаров, по два диаметром 5, 10 и 15 сантиметров, а самые мощные в мире радары пытались их засечь. Пятнадцатисантиметровые сферы засекали все. Шары диаметром в 10 сантиметров увидели только три радара: два российских и американская РЛС COBRA DANE на Аляске. Напоследок корабль выбросил два 5-сантиметровых шарика. Обнаружил и построил траектории миниатюрных мишеней только подмосковный «ДОН».

Таким образом, РЛС «Дон-2Н», не имеющий аналогов в мире, является центральным элементом системы противоракетной обороны Москвы.

В радиолокатор были заложены характеристики на пределе возможностей. В частности, для цифровой обработки сигналов требовалась фантастическая по тем временам производительность. Поэтому одновременно с работой по созданию станции велись работы над спецвычислителем.

Стороны РЛС имеют характерные круглые и квадратные панели. За четырьмя круглыми панелями находятся четыре активные фазированные антенные решетки диаметром по 18 метров, за квадратными – антенны управления противоракетами размером 10x10 метров

К особенностям станции относятся:

- большой диапазон, являющийся результатом высоких энергетических возможностей;
- высокая точность измерения параметров траектории космических целей;
- высокая способность обработки цели, основанная на способности находить и отслеживать летящие с высокой скоростью цели;
- увеличенная помехозащищенность, основанная на высокой частотной избирательности антенны;

- способность обнаружения малозаметных целей;
- доступность отдельных каналов для пяти измерений координат цели.[2]

История создания началась еще в 1963 году, когда московский Радиотехнический институт Академии наук СССР (ныне ОАО «РТИ им. Академика А.Л. Минца») получил задание создать новую систему обнаружения целей для перспективного комплекса противоракетной обороны. Первоначально предполагалось создать радиолокационную станцию, работающую в дециметровом диапазоне. Однако дециметровая система не позволяла точно обнаруживать цели, и было решено заняться разработкой новой сантиметровой станцией. В дальнейшем проект совершенствовался, и в него вносились определенные коррективы.

Лишь через четверть века после начала создания новая многофункциональная радиолокационная станция «Дон-2Н» заступила на боевое дежурство. В 1989 году комплекс начал следить за объектами в космическом пространстве.[3]

Список литературы:

1. Военное обозрение [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://topwar.ru/29186-mnogofunkcionalnaya-rls-don-2n.html>, свободный.
2. Wikipedia. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>, свободный.
3. Концер. РТИ системы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rtisystems.ru/products/radarcomplexes/above-the-horizon/5/>, свободный.

Отработки прецизионных электромеханических систем для КА серии «Луч-5»

Чугунов И.В., Курбатов Е.М.

Научный руководитель: Малышенко А.М., д.т.н., профессор

ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф.

Решетнёва, Россия, 662972, г. Железногорск, Красноярского края, ул. Ленина, 52

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: chugunoff@iss-reshetnev.ru

КА серии «Луч-5» являются телекоммуникационными спутниками-ретрансляторами, создаваемые ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» на основе легкой платформы Экспресс-1000. В задачи космического аппарата входит непрерывный круглосуточный прием, обработка, усиление и передача информации с целью контроля, управления и информационного обмена между низколетящими космическими аппаратами и объектами на поверхности Земли. Кроме того, спутник предназначен для ретрансляции информации от наземных абонентов Росгидромета, аварийных радиобуев международной системы спасания КОСПАС САРСАТ, а также передачи сигналов системы дифференциальной коррекции и мониторинга для глобальной навигационной системы ГЛОНАСС. Одной из главных систем КА является СНА (система наведения антенн), которая выполняет ретрансляционные функции:

- наведение антенн на абонентов;
- слежение антенн за абонентом;
- перевод антенн из транспортировочного положения и обратно;

– формирование и выдача телеметрической информации о своем состоянии и режимах работы;

В состав СНА входят:

- программное обеспечение СНА;
- два канала СНА для управления двумя антеннами диаметрами 4 метра;
- два канала СНА для управления двумя антеннами диаметрами 1,5 метра.

Аппаратура соединяется специальной бортовой кабельной сетью.

В состав канала №1 входят:

- один блок механической системы наведения антенн БМ1 СНА;
- один блок управления системы наведения антенн БУ СНА.

В состав канала №2 входят:

- один блок механической системы наведения антенн БМ2 СНА;
- один блок управления системы наведения антенн БУ СНА.

Внешний вид устройств, входящих в состав канала №1 и канала №2, представлены на рисунке 1. При этом общей частью для обоих каналов является БУ СНА, который обеспечивает:

- Включение/выключение релейными командами;
- Прием и исполнение команд, поступающих с магистрали МКО (мультиплексный канал обмена);
- Формирование тока заданной формы для ЭД (электродвигателей) с нужной частотой, задаваемой в кодовой команде;
- Формирование и выдачу информационных сигналов о состоянии своих функциональных элементов, токах двигателей, температуре БУ и БМ СНА, углах поворота ДУ (датчика угла) БМ СНА;
- Управление ЭО (электрообогреватель) СНА с помощью термодатчиков;
- Формирование напряжения питания для ДУ БМ СНА.
- проверки при воздействии крайних рабочих температур(БМ СНА: от -50 до 50 °С; БУ СНА: от -10 до 40 °С);
- термоциклирование;
- акустические воздействия в диапазоне до 146 дБ
- воздействия механических нагрузок, включающих в себя:
 - квазистатические нагрузки (продольное ускорение $\pm 196,2 (\pm 20) \text{ м/с}^2 (\text{g})$, боковое ускорение $\pm 147,2 (\pm 15) \text{ м/с}^2 (\text{g})$);
 - вибрационные нагрузки(широкополосная случайная вибрация Df от 20 до 2000, $0,6\text{g}^2/\text{Гц}$ или синусоидальная вибрация от ± 4 до $\pm 15 \text{ g}$;
 - ударные нагрузки(до 2500 g);
- «холодный» старт;
- функциональные испытания – проверка алгоритмов функционирования как СНА в целом, так и её составных частей

При этом функциональные испытания проводятся при нормальных условиях до и после механических испытаний и во время воздействия других условий.

После получения положительных результатов всех описанных испытаний КА (и СНА, как его составляющая) считается изготовленным и может быть допущен к эксплуатации в составе летного образца

В состав БУ СНА входят:

- Два комплекта блоков управления приводами;
- Два комплекта блоков преобразователей угла;
- Четыре блока управления приводами;
- Два электрообогревателя;
- Четыре термодатчика.



а) БМ1 СНА для антенн
диаметром 4 метра



б) БМ2 СНА для антенн
диаметром 1,5 метра



в) БУ СНА

Рисунок 1 Внешний вид устройств, входящих в состав канала №1 и канала №2

СНА, функционирующая в составе КА, в условиях открытого космического пространства, при невозможности обслуживания в течение срока активного существования, должна иметь ресурс в диапазоне от 70000 до 150000 часов и сохранять свои характеристики в режиме непрерывного функционирования при условиях эксплуатации:

- в состоянии невесомости;
- в условиях радиации космического пространства;
- при пониженных и повышенных температурах.

Для того чтобы обеспечить нормальное функционирование СНА в составе КА проводится наземная экспериментальная отработка. Наземная отработка включает в себя автономные и комплексные испытания. Автономные испытания – испытания отдельно детали, прибора, без учета его взаимосвязей с другими приборами. Комплексные испытания – испытания комплекса приборов, функционально зависимых друг от друга. В течение испытаний СНА подвергается воздействиям таким, как:

- проверки при воздействии крайних рабочих температур(БМ СНА: от -50 до 50 °С; БУ СНА: от -10 до 40 °С);
- термоциклирование;
- акустические воздействия в диапазоне до 146 дБ
- воздействия механических нагрузок, включающих в себя:
 - квазистатические нагрузки (продольное ускорение $\pm 196,2 (\pm 20) \text{ м/с}^2 (\text{g})$, боковое ускорение $\pm 147,2 (\pm 15) \text{ м/с}^2 (\text{g})$);
 - вибрационные нагрузки(широкополосная случайная вибрация Df от 20 до 2000, $0,6\text{г}^2/\text{Гц}$ или синусоидальная вибрация от ± 4 до $\pm 15 \text{ g}$;
 - ударные нагрузки(до 2500 g);
- «холодный» старт;
- функциональные испытания – проверка алгоритмов функционирования как СНА в целом, так и её составных частей

При этом функциональные испытания проводятся при нормальных условиях до и после механических испытаний и во время воздействия других условий.

После получения положительных результатов всех описанных испытаний КА (и СНА, как его составляющая) считается изготовленным и может быть допущен к эксплуатации в составе летного образца.

Способы увеличения сроков активного существования космических аппаратов

Шигин Г.В.

Научный руководитель: Борицов В.Н., д.т.н., профессор
Томский политехнический университет, 634034, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: shigingerman@mail.ru

В докладе рассматриваются различные способы увеличения сроков активного существования космических аппаратов.

Сначала рассмотрим способы, которые уже используются на КА.

Прошлый год стал для России рекордным в области успешных космических запусков ракет-носителей. В каждой второй есть продукция, созданная на предприятиях холдинга "РТ-Химкомпозит".

В конце 2013 года был успешно осуществлен запуск принципиально новой ракеты-носителя "Союз 2.1В" с блоком выведения "Волга", в составе которого применена система терморегулирования нового поколения. Этим запуском был выведен на орбиту исследовательский спутник "Аист" с углепластиковыми ультралегкими панелями солнечных батарей и панелями корпуса спутника, изготовленными на предприятии холдинга. Уникальная конструкция панелей систем терморегулирования и каркасов солнечных батарей для космических аппаратов позволила увеличить срок службы аппаратов в три раза до 12-15 лет.

Следующим способом хотелось бы рассмотреть многофункциональную конструкцию несущей оболочки герметичного отсека космического аппарата.

Согласно изобретению конструкция несущей оболочки содержит внутреннюю герметичную и внешнюю негерметичную оболочки. Эти оболочки соединены на клеевой основе посредством стеклосот. Ячейки стеклосот заполнены пакетами

экранно-вакуумной теплоизоляции. Изобретение позволяет снизить массу конструкции космического аппарата с длительным сроком эксплуатации. Оно также обеспечивает повышенную стойкость к воздействию высокоскоростных частиц естественного и искусственного происхождения.

Известны трехслойные конструкции оболочки корпуса ОС, в которых внутренняя оболочка с силовым набором является герметичным несущим элементом конструкции, внешняя оболочка выполняет функции буфера, а соединяющий их пенопласт улавливает осколки буфера и высокоскоростных частиц.

Недостатком такой конструкции является нерациональное использование конструкционных материалов в силовой схеме корпуса.

При высокой удельной прочности такая оболочка негерметична, а стеклосоты не обладают приемлемыми теплофизическими характеристиками, что исключает возможность применения такой конструкции в составе корпуса ГО КА.

Создание такой конструкции несущей многослойной оболочки для ГО КА, которая обладала бы при заданных несущей способности и герметичности меньшей по сравнению с прототипами массой и при этом с заданной надежностью обеспечивала бы функции теплоизоляции и защиты герметичного корпуса от высокоскоростных частиц.

Поставленная задача решается за счет того, что многофункциональная конструкция несущей оболочки герметичного отсека космического аппарата, содержащая внутреннюю тонкостенную оболочку, внешнюю тонкостенную оболочку, соединяющие их на клеевой основе стеклосоты, внутренняя тонкостенная оболочка выполнена герметичной, внешняя оболочка выполнена из композиционного материала с модулем упругости, отличающимся от модуля упругости внутренней герметичной оболочки, стеклосоты, соединяющие внешнюю и внутреннюю оболочки, выполнены крупноячеистыми, внутри каждой ячейки размещен пакет экранно-вакуумной теплоизоляции.

Авторами впервые предлагается оригинальная конструкция трехслойной оболочки для герметичных корпусов отсеков КА, выполняющая одновременно три функции: восприятие сосредоточенных и распределенных нагрузок на всех этапах эксплуатации КА, термостатирование внутреннего объема герметичного отсека КА, защиту ГО от поражения высокоскоростными частицами естественного и техногенного происхождения.

Предлагаемая конструкция работает следующим образом. Трехслойная оболочка при существенно меньшей массе по сравнению с аналогами воспринимает все виды механических воздействий на всех этапах эксплуатации КА, что обеспечивает возможность увеличения массы полезной нагрузки КА.

При взаимодействии внешней оболочки с высокоскоростной частицей поражающий эффект снижается за счет разрушения ВСЧ и гашения энергии осколков в пакете ЭВТИ.

Негерметичность внешней оболочки позволяет вакуумировать пространство в ячейках стеклосот, заполненное пакетами ЭВТИ, что создает нормальные условия для работы ЭВТИ как термостатирующего покрытия на орбитальном участке полета.

Еще один из способов увеличения сроков активного существования космических аппаратов, заключающийся в том, что образуют перед звездолетом облако из механических частиц, кинетически воздействуют облаком на встречное

по курсу звездолета космическое тело и избегают с ним столкновения вследствие его разрушения и испарения частицами облака.

Наиболее близким по техническому существу к предлагаемому является способ увеличения сроков активного существования космических аппаратов, используемый при решении задач предупреждения о ракетном нападении, заключающийся в том, что устанавливают на искусственном спутнике инфракрасный датчик факела ракет, выводят спутник тягой ракетных двигателей на заданную орбиту и запитывают датчик электроэнергией от солнечных батарей, при этом сканируют датчиком пространство на фоне Земли. Спутник содержит и другое необходимое инженерное обеспечение: телескоп, системы управления, связи с Землей, астрокоррекции, стабилизации орбиты, программно-математическое обеспечение и т.п.

Солнечные батареи с химическими источниками тока обеспечивают длительное электропитание аппаратуры ИСЗ. Но метеорная эрозия со временем разрушает поверхность фотоэлементов, чем уменьшает преобразование солнечной энергии. Сроки активного существования спутников с обычными СБ на околоземных орбитах не превосходят 2-3 лет. Чем больше мощность СБ - тем выше сроки активного существования, т.к. возникает резерв времени питания. Резерв повышается применением лучших, чем монокристаллический кремний или арсенид галлия полупроводниковых материалов; увеличением площади панелей, влияющем на весовое совершенство и вероятность пробоя СБ, как большей метеорной мишени; большим КПД панели за счет более полного использования солнечного спектра пленочными полупроводниками последовательно нанесенными на подложку.

Сохранение живучести космических аппаратов от воздействия внешних тел решается тем, что в известном способе увеличения САС космических аппаратов, принятом за прототип, заключающемся в том, что устанавливают на спутнике датчик, выводят спутник тягой двигателей на заданную орбиту, запитывают датчик энергией солнечных батарей и сканируют им пространство на фоне Земли, используют датчик радиолокационного действия, сканируют им пространство на фоне космоса, например, посредством фазированных антенных решеток, по параметрам излучения и приема электромагнитных волн сортируют внешние тела, критериями сортировки используют расчетные точку встречи и время до соударения спутника и внешнего тела, а после приема датчиком отраженных электромагнитных волн от внешнего тела и нехватке времени на перезапуск двигателей и перемещение спутника на безопасную орбиту подают соплом в точку встречи спутника и внешнего тела поток с частицами. Кроме того, поток с частицами создают, например, истечением газа под давлением с введением в струю порошка алюминия. Положение сопла выбирают вблизи ячейки антенной решетки.

Так же есть еще одно изобретение, которое относится к космической технике и может использоваться для защиты космических аппаратов от механических повреждений. Наиболее целесообразно использовать его при долговременных орбитальных полетах вокруг Земли.

Известно, что значительный вред КА, в частности орбитальным станциям, длительное время находящимся на орбите, наносят микрометеориты и мелкие техногенные частицы космического мусора, находящиеся на околоземных орбитах. При этом количество таких частиц в "ближнем" космосе стремительно возрастает, а "самоочищение" орбит практически не происходит. И если фрагменты разрушенных КА поддаются учету и по результатам наблюдений с Земли и ОС составляются их

каталоги, то мелкие частицы космического мусора увидеть заранее очень сложно, что затрудняет выполнение маневра уклонения КА. Скорость же таких частиц бывает намного больше, чем у крупных фрагментов.

Таким образом, "проникающая" способность мелких частиц сравнительно высока, а повреждения, нанесенные ими, обнаружить достаточно сложно. В связи с этим все большую актуальность приобретает разработка защитных покрытий КА либо их защитных экранов. Обычно подобные защитные покрытия выполняются из листового материала с высокой прочностью. Требование минимального удельного веса таких покрытий затрудняет использование сплошной защиты от мелких высокоскоростных частиц. Кроме того, прочные сплошные покрытия имеют склонность к образованию при ударе микротрещин. Кинетическая энергия частицы идет в этом случае на механическое разрушение материала и формирование в нем ударных волн (которые способствуют образованию трещин и отколов). Кроме того, поскольку сплошное защитное покрытие имеет большой вес, оно требует значительных затрат топлива для вывода на орбиту. Изготовление такого покрытия идет в наземных условиях, а его эксплуатация ограничивается восстановлением полученных повреждений, что в условиях космического полета достаточно сложно не только из-за необходимости выходить в космос, но и из-за сложности в обнаружении микропробоин в корпусе КА.

В связи с этим широкое распространение получили многослойные покрытия с различными физико-механическими свойствами отдельных слоев. В этом случае слои покрытия могут выполняться из металлической сетки или неметаллов, имеющих сравнительно низкую прочность, однако большую способность к деформации. За счет различия в прочностных и деформационных характеристиках слоев "пакета" происходит быстрое затухание ударных волн, генерируемых при столкновении с частицей, уменьшаются отколы. В случае многослойного покрытия больше энергии уходит не на растрескивание и разрушение материала, а на его деформацию. За счет этого многослойное покрытие позволяет заметно снизить удельный вес защитного слоя без ухудшения его баллистического предела защиты. Технология изготовления таких покрытий примерно такая же, как и покрытий сплошных: изготавливаются они обычно в наземных условиях одновременно с изготовлением самого КА.

Список литературы:

1. Космическая техника. Иллюстрированная энциклопедия. К.Гэтланд. Пер. с англ. М.: Мир, 1986.- 295 с.
2. В. Павлов. Развитие в США космической системы раннего предупреждения. //Зарубежное военное обозрение, 1990, N 3, с. 40-42. (Прототип).
3. "Защита служебного модуля МКС от метеоритных и техногенных частиц". А.В.Горбенко и др. "Космонавтика и ракетостроение" №18, 2000 г.
4. "Некоторые вопросы экранной защиты гермооболочек модулей долговременных орбитальных станций от воздействия частиц космического мусора". А.С.Скалкин, "Космонавтика и ракетостроение" №18, 2000 г.
5. Н.В.Коровин. "Электрохимические генераторы". М.: Энергия, 1974 г.
6. "Способ теплозащиты и модуляции аэродинамического сопротивления КА без входа в плотные слои атмосферы". Заявка №3303688, В 64 G 1/58, ФРГ, 1984 г.
- 7.[Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/215/2151085.html> , свободный.

СЕКЦИЯ №2

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА В КОСМИЧЕСКОМ ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Подходы к оценке взаимной информации дискретного канала связи с учетом операторов модуляции и демодуляции

Батенков К. А.

Академия ФСО России, 302034, Россия, г. Орёл, ул. Приборостроительная, д. 35

E-mail: pustur@yandex.ru

Известно, что средние потери информации определяются вероятностными мерами, входящих в процесс передачи по каналу связи преобразований и источника, по которым подразумевается выход кодера канала [1]. Соответственно исходя из детерминированности операторов модуляции и демодуляции общий вид функции правдоподобия дискретного канала $\omega_{x/x}$, включающего в себя данные операторы, несколько видоизменится, а варьируемыми переменными соответственно станут не условные плотности, а базисные функции модуляции и демодуляции [2].

Функция правдоподобия дискретного канала связи определяется на основе уравнения Колмогорова–Чепмена и, по сути, является композицией условных плотностей модулятора $\omega_{x/x}$, демодулятора $\omega_{x'/x}$ и непрерывного канала $\omega_{x'/x}$. Поскольку операторы являются детерминированными, то их условные плотности представимы в виде некоторых дельта-функций. Существует определённая сложность, связанная с тем, что выходные сигналы модулятора и входные демодулятора имеют непрерывный характер. Однако рассмотрение неограниченного числа сечений подобных процессов в пределе позволяет теоретически получить полную их характеристику [3]. В итоге осуществив предельный переход от аналогового вида дискретному оказывается возможным исследование сигналов в различных точках дискретного канала связи как случайные процессы с соответствующими плотностями вероятности, а его функциональные узлы – как стохастические системы, описываемые условными плотностями выходных сигналов от входных [4].

Под сечениями процесса в классической теории случайных процессов подразумевают случайные величины, соответствующие значениям случайного процесса в некоторый момент времени [3]. В результате случайный процесс сопоставляется некоторому стохастическому вектору, характеристики которого полностью согласуются с исходным процессом в случае бесконечности вектора. Однако для подобных разложений затруднительно исследовать энергетические (мощностные) параметры случайных процессов, поскольку их координатными функциями являются дельта-функции, в обычном понимании имеющие бесконечную энергию и определяемые лишь на основе некоторых функционалов [5], поскольку вообще корректное определение подобных функций в рамках классической теории функции не существует. В связи с этим более разумно сопоставлять случайный процесс некоторому вектору путём разложения по некоторым координатным функциям, энергия которых принимает конечную

величину. Следует учесть, что только полная система функций позволяет считать погрешность аппроксимации при бесконечном числе коэффициентов разложения нулевой [6]. Однако подобное обстоятельство не является критическим, так как выбор базиса разложений произволен и при определенных условиях можно ограничиться применением лишь полных систем координатных функций.

Список литературы:

1. Батенков, К. А. Максимум взаимной информации как основной критерий синтеза инфокоммуникационных систем // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов-на-Дону : ПЦ "Университет" СКФ МТУСИ, 2013. – С. 51–53.
2. Батенков, К. А. Дискретные отображения непрерывного канала связи на основе обобщенного ряда Фурье // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – Рязань : 2013. – № 1 (выпуск 43). – С. 12-20.
3. Вентцель, Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения : учеб. пособие для вузов / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – 2-е изд. стер. – М. : Высш. школа, 2000. – 383 с.
4. Батенков, К. А. Необходимые условия оптимальности операторов модуляции и демодуляции // Многоядерные процессоры, параллельное программирование, ПЛИС, системы обработки сигналов: сб. ст. / [сост. А.В. Калачев, В.В. Белозерских]. – Барнаул : Барнаул, 2013. – С. 58–62.
5. Гельфанд, И. М. Обобщенные функции и действия над ними / И. М. Гельфанд, Г. Е. Шилков. – Изд. второе. – М. : Госуд. изд. физ.-мат. лит, 1959. – 470 с.
6. Теория электрической связи : учеб. для вузов / А. Г. Зюко, Д. Д. Кловский, В. И. Коржик, М. В. Назаров ; под ред. Д. Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 1999. – 432 с.

Система электроснабжения CubeSat

Бояхчян А.А.

Научный руководитель: Гормаков А.Н., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: bojahchyan@yandex.ru

За последние несколько лет значительно возросло количество запускаемых космических аппаратов, в особенности так называемых малых космических аппаратов, масса которых обычно не превышает 10 кг. Запуск таких аппаратов и проще и дешевле. На орбиту можно запускать их как дополнительную нагрузку к обычным спутникам. Одними из таких малых аппаратов являются спутники стандарта «CubeSat» [1,2]. По данному стандарту в настоящее время выполняется большинство спутников. Малые космические аппараты могут применяться:

- для исследования систем связи;
- для дистанционного зондирования Земли;
- в образовательных целях.

Система энергоснабжения аппарата обеспечивает энергией все остальные системы аппарата, выход из строя системы энергоснабжения приведет к отказу всего аппарата.

Обычно система энергоснабжения «CubeSat» состоит из солнечных батарей, которые обеспечивают энергией аппарат, когда он находится на солнечной стороне, и аккумуляторных батарей, которые питают бортовые системы на теневой стороне.

Солнечные батареи

Солнечные батареи – это самый надежный источник энергии для космических аппаратов. Мощность потока солнечного излучения на орбите Земли, составляет около 1366 ватт на квадратный метр. Солнечные батареи располагают либо на раскрывающихся панелях (рис.1), либо на внешней поверхности спутника (рис.2). Чтобы аппарат получал максимальную энергию, солнечные лучи должны попадать на панели перпендикулярно. Поэтому лучше использовать раскрывающиеся панели, так как их панели подвижны относительно корпуса. Панели располагаются так, чтобы обеспечить максимальную мощность необходимую спутнику.



Рисунок 1 CubeSat с раскрывающимися панелями солнечных батарей



Рисунок 2 CubeSat с панелями солнечных батарей на поверхности

Так как солнечные батареи деградируют под различными факторами (метеорная эрозия, радиационное воздействие), то панели подвергаются защите от этих явлений.

Аккумуляторные батареи

Самыми распространёнными в космической технике являются никель-кадмиевые аккумуляторы [3], благодаря следующим свойствам:

- отсутствие необходимости в обслуживании;
- отсутствие выделения газа и электролита;
- способность работать в любом положении;
- устойчивость к тяжелым климатическим условиям;
- механическая прочность и устойчивость к сверхзаряду;

- большой срок службы (до 7 лет);
- высокая сохраняемость заряда и высокая стабильность характеристик.

Эти факторы выходят на первый план при сроках службы аппарата более года. Еще одной важной характеристикой является надежность. Используемые в космической технике аккумуляторы, как правило, имеют герметичное исполнение.

Помимо основной функции аккумуляторная батарея может играть роль стабилизатора напряжения бортовой сети, так как в рабочем диапазоне температур её напряжение меняется мало при изменении тока нагрузки.

В качестве примера технического решения системы электроснабжения спутников типа CubeSat можно привести систему спутника на платформе «Синергия» лаборатории Астрономикон [4].

Список литературы:

1. Миниатюрные спутники стандарта «CubeSat». [электронный ресурс] - Режим доступа: <ftp://ftp.mao.kiev.ua>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Малые спутники. [электронный ресурс] - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Система энергоснабжения космического аппарата. [электронный ресурс] - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Лаборатория Астрономикон. [электронный ресурс] - Режим доступа: <http://astronomikon.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

Влияние стационарных тепловых полей на собственные частоты микромеханического гироскопа

Вторушин С.Е.

Научный руководитель: Нестеренко Т.Г., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30

E-mail: vtorushin1991@mail.ru

В работе исследуется влияние анизотропии механических свойств монокристаллического кремния на собственные частоты двухосного микромеханического гироскопа (ММГ) LL-типа при воздействии стационарных тепловых полей. Метрологические характеристики ММГ существенно зависят от материала осциллятора. Основным материалом структуры осциллятора является кремний, который обладает рядом специфических свойств, позволяющих использовать именно его. Кремний, как и все материалы, способен менять свои механические свойства в зависимости от температуры. Этот фактор существенным образом может сказываться на характеристики ММГ. Поскольку характеристики последнего во многом зависят от стабильности масштабного коэффициента, который обеспечивается поддержанием стабильного соотношения собственных частот конструкции, то даже небольшое отклонение собственных частот осциллятора может привести к значительному его изменению. Как известно собственные частоты конструкции напрямую зависят от жесткости упругого подвеса, вследствие чего стабильность этого параметра необходимо поддерживать с высокой точностью. Аналитически собственная частота связана с жесткостью выражением [1]

$$\omega_i = \sqrt{G/m}$$

где G – жесткость упругого подвеса, m – инерционная масса.

Температурные воздействия приводят к дрейфу упругих характеристик кремния, изменению линейных размеров конструкции, что вызывает внутренние механические напряжения, нарушается геометрическая форма, все это приводит к температурным разбалансировкам и изменению динамических характеристик ММГ [2].

Для оценки изменения собственных частот осциллятора в рабочем температурном диапазоне от минус 50 до плюс 80, проведен температурно-модальный анализ ММГ. В качестве конструкционного материала был выбран монокристаллический кремний, имеющий анизотропию механических и температурных свойств. Исследование проводилось для пяти наиболее часто используемых вариантов расположения чувствительного элемента (ЧЭ) на кремниевой пластине в зависимости от плоскости и направлений ориентации пластины (таблица 1).

Таблица 1 Варианты расположения ЧЭ на пластине

Ориентация пластины	Вариант 1 (100)	Вариант 2 (100)	Вариант 3 (110)	Вариант 4 (110)	Вариант 5 (111)
Ориентация кристаллографических осей	X <100> Y <010> Z <001>	X <110> Y <-110> Z <001>	X <100> Y <011> Z <0-11>	X <111> Y <-211> Z <0-11>	X <-1-12> Y <1-10> Z <111>

Механические и температурные характеристики кремния, такие как модуль Юнга, модуль сдвига и температурный коэффициент модуля Юнга для каждого варианта расположения задавались в явном виде. В силу кубической симметрии монокристаллического кремния его анизотропные механические свойства могут быть описаны тензорами второго ранга с тремя независимыми коэффициентами жесткости либо коэффициентами податливости кристалла. Соответствующие механические и температурные характеристики кристалла для каждого из вариантов могут быть найдены путем преобразования компонент тензора исходной системы координат в компоненты тензора целевой системы координат используя выражение [3]

$$T'_{ij} = a_{ik}a_{jl}T_k$$

где T'_{ij} - тензор компонент целевой системы координат, a_{ik}, a_{jl} - матрицы направляющих косинусов, T_k - тензор компонент исходной системы координат.

Исследования проводились с использованием системы ANSYS для двухосного ММГ LL-типа конечно-элементная модель (КЭ) которого приведена на рисунке 1.

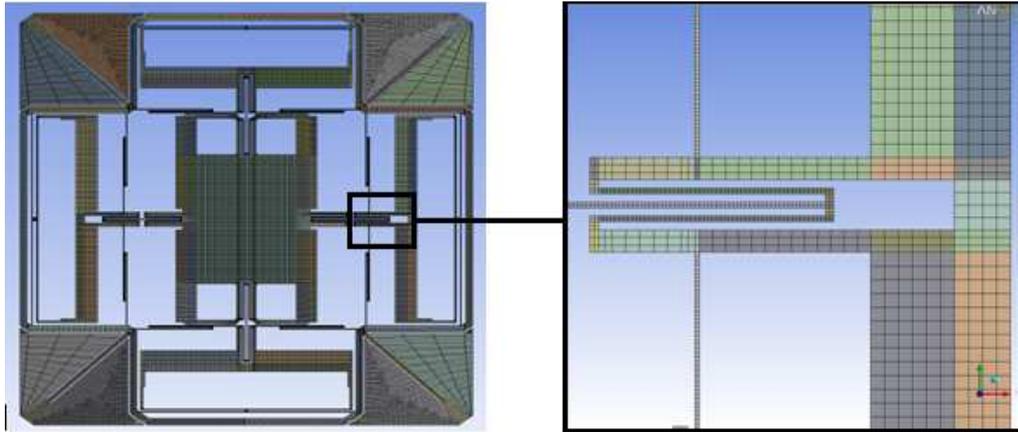


Рисунок 1 КЭ модель ММГ

Номинальная рабочая температура датчика, соответствующая номинальным размерам резонатора и номинальным его механическим свойствам, принята 20°C. Диапазон рабочих температур выбран от минус 50 °С до плюс 80 °С.

Зависимости, отражающие изменение собственных частот вследствие изменения термоупругого состояния конструкции, приведены на рисунках 2, 3, 4.

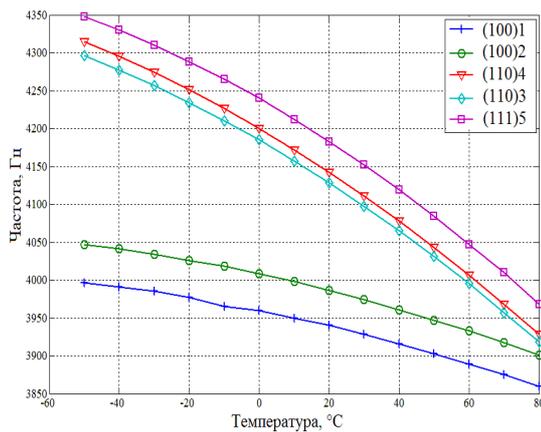


Рисунок 2 Частоты первой моды

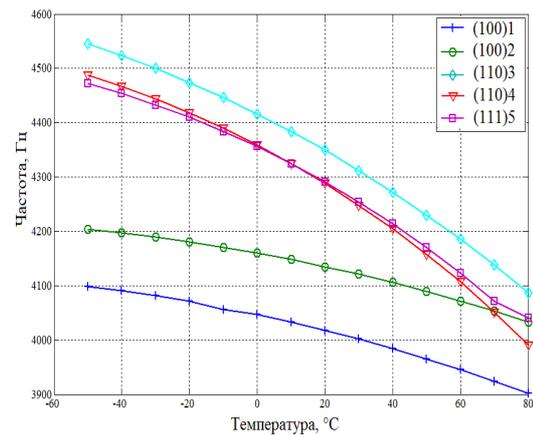


Рисунок 3 Частоты второй моды

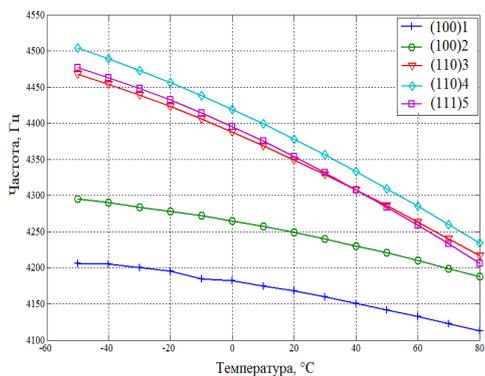


Рисунок 5 Частоты второй моды

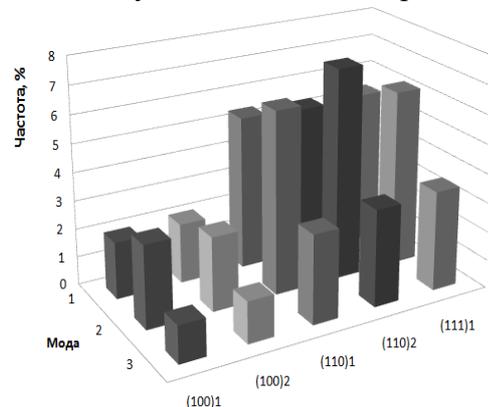


Рисунок 6 Относительное изменение собственных частот

Наименее чувствительна к изменению температуры пластина с кристаллографической ориентацией (100).

Абсолютное и относительное изменение собственных частот для пяти вариантов расположения ЧЭ на пластине приведены в таблице 2 и на рисунке 6 соответственно.

Таблица 2 Абсолютные изменения собственных частот

Мода	Вариант 1 (100), Гц	Вариант 2 (100), Гц	Вариант 3 (110), Гц	Вариант 4 (110), Гц	Вариант 5 (111), Гц
1	136	146	387	378	380
2	196	171	458	497	431
3	93	107	251	270	271

Для уменьшения влияний изменений температуры на точность измерения угловой скорости необходимо использовать систему температурной стабилизации, представляющую собой комбинацию емкостных датчиков, способных создавать положительную либо отрицательную жесткость [1]. Зависимости, отражающие дрейф собственных частот имеют практически линейный вид, что в значительной мере упрощает алгоритм термостабилизации.

В результате исследования определен наиболее подходящий вариант расположения ЧЭ на кремниевой пластине, при котором наблюдаются наименьшие отклонения собственных частот в рабочем диапазоне температур.

Список литературы:

1. Распопов В.Я. Микромеханические приборы: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.: ил.
2. С.Е. Вторушин, Т.Г. Нестеренко Двухкомпонентный микромеханический гироскоп компенсационного типа: Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2013. № 10, с. 41-48
3. J. F. Nye, M.A., Ph. D. Physical properties of crystals their representation by tensors and matrices. Lecturer in Physics in the University of Bristol. – Oxford at the Clarendon press, 1964.

Определение координат центра фотоснимка при проведении ортофотосъёмки с лёгких и сверхлёгких летательных аппаратов

Бу Доан Кет

Научный руководитель: Белянин Л. Н., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: doanket14687@gmail.com

Ортофотосъёмка – это фотосъёмка местности, при которой ось объектива фотокамеры перпендикулярна местной плоскости горизонта. С помощью системы GPS (ГЛОНАСС), установленной на борту летательного аппарата, можно получить координаты фотокамеры. Поскольку ось объектива фотокамеры строго вертикальна, широта и долгота центра фотоснимка будут повторять координаты фотокамеры. Это позволяет решать нескольких актуальных задач:

- определять формы, размеры и координаты участков при кадастровом учете;
- проводить ревизию нефтепроводов, газопроводов и т. д., при этом определять координаты участков, требующих ремонта;
- выполнять топографическую привязку объектов в строительстве.

На кафедре Точного Приборостроения разрабатывается трёхосный гиросtabilизатор (ГС) для проведения ортофотосъёмки с лёгких и сверхлёгких летательных аппаратов, электрокинематическая схема которого приведена на рис.1.

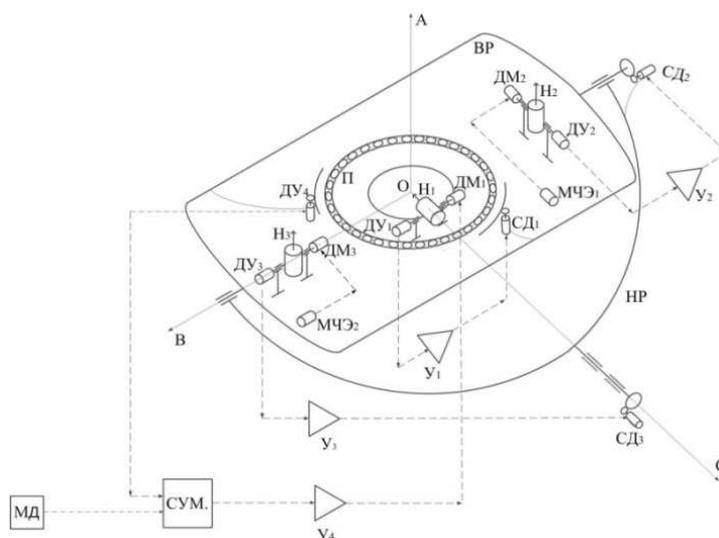


Рисунок 1 Электрокинематическая схема трёхосного ГС

На рисунке 1 обозначено: П – платформа; ВР – внутренняя рама карданного подвеса; НР – наружная рама карданного подвеса; G_1, G_2, G_3 – гироскопы; DU_1, DU_2, DU_3, DU_4 – датчики угла; DM_1, DM_2, DM_3 – датчики момента; $\bar{H}_1, \bar{H}_2, \bar{H}_3$ – векторы кинетических моментов; $МЧЭ_1, МЧЭ_2$ – маятниковые чувствительные элементы; U_1, U_2, U_3, U_4 – усилители; $СД_1, СД_2, СД_3$ – стабилизирующие двигатели; МД – датчик магнитного поля Земли; СУМ. – сумматор; ОА, ОВ, ОС – оси подвеса платформы, внутренней рамы и наружной рамы соответственно, НП – направление полёта. Объект стабилизации – фотокамера на схеме не показан.

Принцип работы трёхосного ГС заключается в последовательной стабилизации платформы. На первой ступени внутренняя рама стабилизируется относительно плоскости горизонта. На второй ступени платформа, установленная на внутренней раме, стабилизируется в азимуте. Итак, фотокамера, установленная на платформе, стабилизируется и относительно плоскости горизонта, и в азимуте.

Погрешность при определении координат центра фотоснимка зависит от погрешности системы GPS, погрешности трёхосного ГС, высоты полёта, широты, а также курса летательного аппарата.

Точность определения координат потребителя, которую обеспечивают системы GPS и ГЛОНАСС, составляет около 10 м [1]. Однако для многих случаев, таких как навигация автомобилей, судов на узких фарватерах в геодезии, навигации летательных аппаратов, подобная точность недостаточна. Для увеличения точности определения местоположения был предложен метод дифференциальной навигации,

который обеспечивает точности до одного метра [1]. Т. е. погрешность определения координаты центра фотоснимка, обусловленная погрешностью определения координат фотокамеры системой GPS, составляет $\Delta_{GPS} \approx 1 \text{ м}$.

Предположим, проведение ортофотосъёмки выполняется в следующих условиях:

- самолёт летит по курсу Ψ на высоте H относительно поверхности Земли;
- в работе трёхосного ГС существуют отклонения платформы вокруг наружной оси подвеса относительно плоскости горизонта - $\Delta\alpha$, вокруг внутренней оси подвеса относительно плоскости горизонта - $\Delta\beta$.

Отклонения платформы относительно плоскости горизонта ($\Delta\alpha, \Delta\beta$) вызывают смещение центра фотоснимка от точки А на точку В (рис. 2а). Центр фотоснимка находится в точке А в случае, когда ось объектива идеально вертикальна. А точка В является фактическим положением центра фотоснимки.

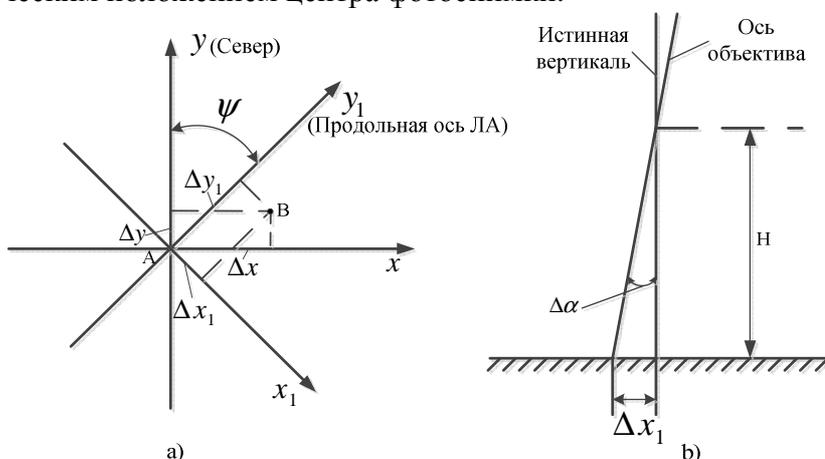


Рисунок 2 Картинная плоскость фотоснимки (а) и зависимость линейного отклонения центра фотоснимки (Δx_1) от углового отклонения платформы ($\Delta\alpha$)

На рис. 2а точка А является началом координат систем Ax_1y_1 и Axy . Ось Ay_1 совпадает с проекцией продольной оси летательных аппаратов на картинной плоскости, а ось Ay направлена на Север. Координаты точки В в системе Ax_1y_1 являются линейными отклонениями центра фото от точки А по осям x_1 и y_1 . На рис. 2б показана зависимость линейного отклонения Δx_1 от углового отклонения $\Delta\alpha$ и высоты полёта относительно поверхности земли. Значение Δx_1 определяется

$$\Delta x_1 = H \cdot \text{tg} \Delta\alpha . \quad (1)$$

Аналогично получим
$$\Delta y_1 = H \cdot \text{tg} \Delta\beta . \quad (2)$$

Линейные отклонения центра фотоснимки по осям x и y определяются

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= \Delta x_1 \cos \Psi + \Delta y_1 \sin \Psi; \\ \Delta y &= -\Delta x_1 \sin \Psi + \Delta y_1 \cos \Psi. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Поставив значения Δx_1 , Δy_1 (выражения (1) и (2)) в формулы (3):

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= (H \cdot \text{tg} \Delta\alpha) \cos \Psi + (H \cdot \text{tg} \Delta\beta) \sin \Psi; \\ \Delta y &= -(H \cdot \text{tg} \Delta\alpha) \sin \Psi + (H \cdot \text{tg} \Delta\beta) \cos \Psi. \end{aligned} \right\}$$

Суммарные линейные отклонения по осям x и y

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{\Sigma} &= \Delta x + \Delta_{GPS} = (H \cdot \operatorname{tg} \Delta \alpha) \cos \Psi + (H \cdot \operatorname{tg} \Delta \beta) \sin \Psi + \Delta_{GPS}; \\ \Delta y_{\Sigma} &= \Delta y + \Delta_{GPS} = -(H \cdot \operatorname{tg} \Delta \alpha) \sin \Psi + (H \cdot \operatorname{tg} \Delta \beta) \cos \Psi + \Delta_{GPS}. \end{aligned} \right\} (4)$$

Линейные отклонения Δx_{Σ} и Δy_{Σ} вызывают погрешности при определении широты φ и долготы λ центра фотоснимка, которые определяются

$$\left. \begin{aligned} \Delta \varphi &= \frac{\Delta y_{\Sigma}}{(R+h)}; \\ \Delta \lambda &= \frac{\Delta x_{\Sigma}}{(R_1+h)}, \end{aligned} \right\}$$

где R - радиус Земли;

h - высота точки А над уровнем мирового океана;

R_1 - радиус параллели, на которой находится центр фотоснимки,

$$R_1 = R \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

Окончательно получим:

$$\left. \begin{aligned} \Delta \varphi &= \frac{(H \cdot \operatorname{tg} \Delta \alpha) \cos \Psi + (H \cdot \operatorname{tg} \Delta \beta) \sin \Psi + \Delta_{GPS}}{(R+h)}; \\ \Delta \lambda &= \frac{-(H \cdot \operatorname{tg} \Delta \alpha) \sin \Psi + (H \cdot \operatorname{tg} \Delta \beta) \cos \Psi + \Delta_{GPS}}{(R \cdot \operatorname{tg} \varphi + h)}. \end{aligned} \right\} (5)$$

Например:

Мотоделъттаплан летит по курсу $\Psi = 30^\circ$ на высоте $H = 500 \text{ м}$. На нём установлен трёхосный ГС с отклонениями платформы вокруг осей подвеса относительно плоскости горизонта: $\Delta \alpha = 10 \text{ угл. мин}$ и $\Delta \beta = 10 \text{ угл. мин}$. В момент проведения ортофотосъёмки фотокамеры имеет координаты: широта $\varphi = 45^\circ$, долгота $\lambda = 20^\circ$. Поверхность Земли, на которой снимается фото, имеет высоту по отношению к уровню мирового океана $h = 200 \text{ м}$. Тогда из формул (4) получим погрешности определения координат центра фотоснимка в линейных единицах измерения:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_{\Sigma} &= (500 \cdot \operatorname{tg} 10') \cos 30^\circ + (500 \cdot \operatorname{tg} 10') \sin 30^\circ + 1 \approx 3 \text{ м}; \\ \Delta y_{\Sigma} &= -(500 \cdot \operatorname{tg} 10') \sin 30^\circ + (500 \cdot \operatorname{tg} 10') \cos 30^\circ + 1 \approx 1,5 \text{ м}. \end{aligned} \right\}$$

Из формул (5) получим погрешности определения широты и долготы центра фотоснимка:

$$\left. \begin{aligned} \Delta \varphi &= \frac{(500 \cdot \operatorname{tg} 10') \cos 30^\circ + (500 \cdot \operatorname{tg} 10') \sin 30^\circ + 1}{(6371 \cdot 10^3 + 200)} \approx 5 \cdot 10^{-7} \text{ рад} \approx 0,1 \text{ угл. сек}; \\ \Delta \lambda &= \frac{-(500 \cdot \operatorname{tg} 10') \sin 30^\circ + (500 \cdot \operatorname{tg} 10') \cos 30^\circ + 1}{(6371 \cdot 10^3 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ + 200)} \approx 2,5 \cdot 10^{-7} \text{ рад} \approx 0,05 \text{ угл. сек}. \end{aligned} \right\}$$

Полученные погрешности показывают, что координаты центра фотоснимки определяются с высокой точностью.

Список литературы:

1. Дифференциальные системы спутниковой навигации. Обзор современного состояния. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chipinfo.ru/literature/chipnews/200206/2.html> , свободный. – Загл. с экрана.
2. Географические координаты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://flot.com/publications/books/shelf/rulkov/3.htm> , свободный. – Загл. с экрана.

Датчик магнитного поля с частотным выходом для криогенных температур

Гасс К. В.

Научный руководитель: Дробот П. Н., к. ф.-м. н., доцент
Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: gasskristina@mail.ru

При создании космических аппаратов одним из основных инженерных, научных и экономических требований к надежности и качеству работы приборов является обеспечение длительного срока их функционирования в условиях космической среды. Низкие температуры являются одним из важных факторов характеризующих космическую среду, в условиях которого устройства должны долгосрочно и надежно функционировать. Вместе с тем существует тот факт, что космическая отрасль России сегодня стала часто прибегать к услугам западного рынка, поэтому разработка конкурентоспособных устройств отечественного производителя [1], обеспечивающих высокую точность измерений, имеющих невысокую стоимость, сохраняющих свои параметры стабильными, является актуальной задачей космической электроники.

Приборы, работа которых основана на принципах функциональной электроники, позволяют сократить затраты на их производство и при этом обладают стабильностью и надежностью работы. К таким приборам относятся датчики с частотным выходом, в основе которых лежит осцилляторный эффект, они работоспособны в широком диапазоне температур и обладают высокой чувствительностью. Осцилляторный эффект основан на явлении винтовой неустойчивости (ВН) электронно-дырочной плазмы, которая возникает при помещении полупроводника в магнитное поле, вектор индукции которого параллелен протекающему току при заданном значении средней напряженности электрического поля E внутри полупроводникового образца (диода), которому соответствует некоторое пороговое значение B [2]. Полупроводниковый образец генерирует регулярные, близкие к синусоидальным, колебания переменного тока и потенциала бокового зонда к поверхности диода. Частота и амплитуда колебаний, которые изменяются в соответствии с изменением измеряемой физической величины при неизменном напряжении питания сенсора, позволяют производить их обработку без применения усилительных и преобразующих устройств. На частоту генерации этих колебаний влияют внешние факторы: температура, напряжение (электрическое поле в образце), внешнее магнитное поле, давление на кристалл диода, угол между векторами E и B , и чувствительность частоты к этим факторам

достаточная высокая. На основе этого можно разработать сенсор с частотным выходом этих физических величин.

В настоящей работе рассмотрен датчик магнитного поля с частотным выходом, разработанный в результате исследований, проведенных на осцилляторном эффекте. Осциллятором называется полупроводниковый прибор, состоящий из специальным образом изготовленного полупроводникового диода, через который протекает электрический ток, помещенного в продольное току магнитное поле и сопротивления нагрузки R_n , включенных последовательно с источником питания. Рассматриваемый датчик представляет собой кремниевый кристалл с размерами менее миллиметра и двумя электрическими контактами, последовательно включенный с сопротивлением нагрузки. Он эффективно работает при температуре жидкого азота $T=77$ К от $B=0,4$ Тл до значений $B=1,1$ Тл при постоянном напряжении питания $U^*=3,1$ В, либо в виде прямоугольных импульсов длительностью 100 мкс, одиночных или повторяющихся с частотой 50 Гц, выходной сигнал датчика представляет собой колебания напряжения на измерительном сопротивлении нагрузки $R_n=10$ Ом [2]. Датчик обладает высокой чувствительностью равной $2 \cdot 10^6$ Гц/Тл = 2 МГц/Тл, характеристики датчика изображены на рисунке 1.

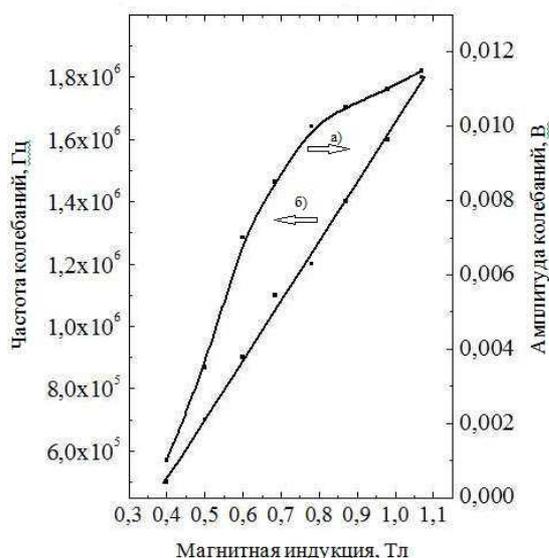


Рисунок 1 Основные характеристики: а) – зависимость амплитуды колебаний от значения магнитной индукции; б) зависимость частоты колебаний от значения магнитной индукции

Для обеспечения независимости показаний датчика магнитного поля от такого внешнего фактора, как температура возможна температурная компенсация несколькими способами: а) вручную, с помощью заранее проградуированного подстроечного резистора в цепи осциллятора; б) термостатированием; в) при сопряжении с компьютером – программными средствами с использованием заранее установленной температурной зависимости показаний датчика магнитной индукции [2].

На данный момент, работоспособность сенсора на основе кремния исследована в диапазоне температур от -196°C до $+63^{\circ}\text{C}$ (от 77 до 335 К) при питании его импульсным напряжением прямоугольной формы для исключения влияния джоулева нагрева кристалла на частотно-магнитную характеристику в области высоких температур. Отмечено, что снижение температуры улучшает работоспособность датчика, снижает напряжение питания и потребляемую электрическую мощность и делает возможным работу датчика в непрерывном режиме при питании постоянным напряжением от низковольтных источников питания. При температурах ниже температуры жидкого азота исследования не проводились ввиду отсутствия такой возможности, однако, по нашим оценкам, технические характеристики сенсора и его работоспособность только улучшатся при таком снижении температуры.

Изготовление осцилляторного прибора отличается простотой, для его производства не нужно высокотехнологичное, дорогостоящее производство микроэлектронной промышленности. Следовательно, внедрение в технику осцилляторного датчика магнитного поля будет нести существенные затраты только на этапах исследования применения данного прибора в космических условиях, в то время, как кроме экономичности, данный осцилляторный датчик обладает рядом следующих преимуществ:

1. высокая помехозащищенность, в том числе, в условиях электромагнитных помех, так как полезная информация заключена в частоте, а не в амплитуде сигнала и связанная с этим возможность передавать информацию на большие расстояния по проводным линиям, длиной до нескольких километров;

2. прямое преобразование магнитной индукции в частоту колебаний - исчезает необходимость предварительного соединения датчика с цифровой измерительной системой посредством усилителей и аналого-цифровых преобразователей, присущих системам с аналоговыми сенсорами; эта ситуация выгодна как с экономической точки зрения, так и с точки зрения технического упрощения;

3. частотный выход облегчает преобразование информации в цифровой параллельный код;

4. удобство и высокая точность частотных измерений;

5. возможность прямого подключения к компьютеру или микропроцессорным устройствам.

Список литературы:

1. Н. Данилин, С. Белослудцев. Проектирование и разработка космических бортовых приборов, ориентированных на современную зарубежную электронную компонентную базу // Современная электроника - № 4. – 2008 г., с 54-59;

2. П. Н. Дробот, Д. А. Дробот. Осцилляторные сенсоры с частотным выходом // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях: Межвузовский сборник – 2011 г. – в. 1 - с 124-127.

Разработка и создание гибридных информационно-телекоммуникационных комплексов с использованием передовых технологий HUGHES для организации широкополосного спутникового канала передачи геолого-геофизических данных при поиске и разведке месторождений углеводородов

Долгих В.С., Литвинов В.П.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: homedir@mail.ru

В ходе наземных поисково-разведочных работ месторождений углеводородов применяются геологические, геофизические, гидрогеохимические методы, бурение скважин и их дальнейшее исследование. При этом производится обработка большого количества информации. Обработка и анализ информации производится не на исследуемой площадке, а в центре обработки геолого-геофизических данных. Одной из проблем, при этом, является отсутствие широкополосных каналов для передачи большого объема данных в реальном режиме времени.

Применение современных технологий спутниковой связи решает вопросы организации каналов широкополосной передачи данных, в том числе и для труднодоступных мест. Кроме того, запуск спутников, работающих в Ka-частотном диапазоне позволяет использовать полосы для организации каналов со скоростями несколько десятков и сотен мегабит/с.

Для организации широкополосного спутникового доступа при осуществлении поиска и разведки месторождений углеводородов в докладе предлагается использовать технологию HUGHES. Эта технология основана на применении геостационарных спутников в качестве ретрансляторов сигнала для работы удаленных телекоммуникационных терминалов на скоростях до 4,5 Мбит/с исходящего и до 121 Мбит/с входящего трафика.

В Национальном исследовательском Томском политехническом университете (ТПУ) в 2010 году была установлена центральная станция системы HX, а в 2011 году был развернут учебно-исследовательский центр HUGHES-ТПУ для обучения спутниковых операторов и инженерно-технических специалистов России и стран СНГ, а также проведения исследовательских работ по созданию нового поколения навигационно-телекоммуникационных комплексов (НТК) для мобильных групп с использованием систем спутниковой связи (ССС) Гонец, Инмарсат, Иридиум, HUGHES, гибридных решений.

В этом плане перспективными направлениями деятельности центра с целью создания новых технологий и/или продуктов могут быть следующие:

1. Проведение НИКР по созданию нового поколения навигационно-телекоммуникационных комплексов (НТК).
2. Экспериментальные исследования работы систем HUGHES в Ka-диапазоне в приполярных широтах России;
3. Экспериментальные исследования технологических решений HUGHES на подвижных объектах;

Кремниевый осцилляторный ВЧ генератор в космической электронике

Завгородняя М.А.

Научный руководитель: Дробот П.Н., доцент, к.ф.-м.н.
Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: masha-zavgorodn@mail.ru

Одним из основных требований, предъявляемых к современным космическим аппаратам, является возможность передачи своевременной и достоверной информации как о технических параметрах самого аппарата, так и о ходе выполнения целевого задания. В результате при проектировании космических аппаратов особое внимание уделяется компонентам, отвечающим за формирование способов и методов передачи информации. Решение этих задач оказывается неотъемлемой частью процесса подготовки космического аппарата к производству и эксплуатации.

При воздействии на космическое оборудование различных факторов космической среды необходимым является надежное, устойчивое и долгосрочное функционирование аппаратов. Одним из этих факторов является температура и чаще всего эта температура сверхнизкая. Разработка и использование устройств, сохраняющих свои параметры стабильными в условиях низких температур и обеспечивающих точность измерений вместе с невысокой стоимостью, являются актуальной задачей космической электроники.

Надежными и стабильными параметрами в широком диапазоне температур и высокой чувствительностью обладают осцилляторные приборы с частотным выходом. Осциллятором называется специальным образом изготовленный полупроводниковый диод, помещенный в магнитное поле, параллельное протекающему через диод току [1]. Осцилляторный эффект основан на явлении винтовой неустойчивости тока, возникающей при определенных условиях, и проявляется в виде колебаний тока в цепи, содержащей осциллятор. Колебания по форме близки к синусоидальным, их частота зависит от температуры. Таким образом, информационным параметром сенсора является частота осцилляторной генерации.

Одним из осцилляторных приборов является генератор высокочастотных (ВЧ) колебаний, представляющий собой специальный полупроводниковый диод, помещенный между полюсами малогабаритных постоянных магнитов. В работающем лабораторном макете каждый из магнитов имел размеры $10 \times 10 \times 15$ мм. Магниты создают в зазоре около 1 мм магнитную индукцию $B=1$ Тл, достаточную для возбуждения ВН. Размеры магнитов могут быть и меньше указанных выше. Последовательно с диодом включается калиброванное нагрузочное сопротивление R_n . При изучении различных характеристик ВЧ генератора на последовательную цепь осциллятор и R_n подается постоянное или импульсное напряжение U^* такой величины, чтобы падение напряжения на осцилляторе $U_0 \geq U_{0п}$, где $U_{0п}$ – пороговое напряжение, необходимое для развития ВН. В импульсном режиме U^* – это одиночные или периодически повторяющиеся прямоугольные импульсы, длительность которых составляет $60 \div 100$ мкс, а частота повторений 50 Гц. В лабораторных условиях падение напряжения U_R на R_n и

напряжение U^* измеряются осциллографом. При питании одиночными импульсами все осциллографические измерения проводятся запоминающим осциллографом. Падение напряжения на осциллисторе $U_0 = U^* - U_R$, а сила тока в цепи осциллистора $I = U_R/R_n$.

При всех значениях температуры T в интервале (77÷100) К форма сигнала осциллисторного ВЧ генератора близка с синусоидальной. Частота f и амплитуда U сигнала генератора регулируется изменением напряжения питания U^* : с ростом U^* выше пороговой величины $U_{п}^* = U_{0п} - U_{Rп}$ значения f и U возрастают.

В импульсном режиме работы джоулев нагрев незначителен и осциллисторный генератор способен действовать в широком диапазоне температур от 77 до 335 К.

Данный осциллисторный прибор построен на принципах функциональной электроники, когда функции генерации и преобразования сигналов осуществляет не электронная схема, а свойства физического эффекта.

Изготовление осциллисторного генератора отличается простотой, вследствие этого исключаются затраты на дорогостоящее производство микроэлектронной промышленности. Но кроме экономических осциллисторный генератор обладает рядом технических преимуществ:

1) высокая амплитуда переменного сигнала генератора, не требующая предварительного усиления;

2) оперативное управление частотой и амплитудой генератора изменением напряжения питания генератора;

3) оперативное управление частотой и амплитудой генератора изменением величины переменного резистора в цепи осциллистора и резистора нагрузки

Температурная компенсация частоты и амплитуды генерации возможна несколькими способами: а) вручную, с помощью заранее проградуированного подстроечного резистора в цепи осциллистора; б) термостатированием; в) при сопряжении с компьютером – программными средствами с использованием заранее установленной температурной зависимости частоты и амплитуды [2].

При температурах ниже температуры жидкого азота исследования не проводились ввиду отсутствия такой возможности, однако, по нашим оценкам, технические характеристики генератора и его работоспособность только улучшатся при таком снижении температуры.

Список литературы:

1. Larrabee R.D., Steel M.C. Oscillistor - New Type Semiconductor Oscillator. // [J. Appl. Phys.](#)-1960. - v.31.-N9.-p.1519-1523.

2. П. Н. Дробот, Д. А. Дробот. Осциллисторные сенсоры с частотным выходом // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях: Межвузовский сборник – 2011 г. – в. 1 - с 124-127;

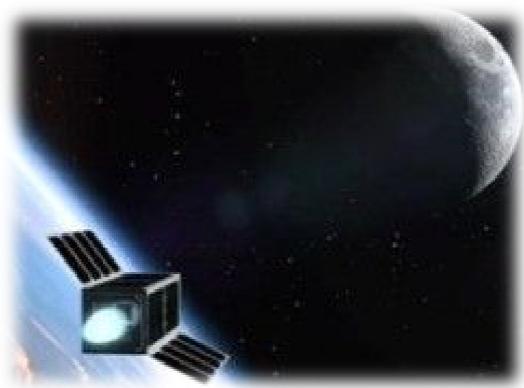
МЭМС технологии в космической отрасли

Зорина Е.В.

Научный руководитель: Нестеренко Т.Г., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Lenochka0892@gmail.com



Важнейшей тенденцией в области развития современной космической техники является миниатюризация всех ее компонентов и систем. Именно, благодаря внедрению передовых технологий миниатюризации станет возможным резкое уменьшение массы, объема космического аппарата и расхода топлива, что обеспечит снижение затрат на каждый пуск и откроет новые возможности для космических

транспортных систем. Другое существенное преимущество, вытекающее из использования технологии миниатюризации, – это обеспечения значительно более высокой надежности полётов и повышение их безопасности.

Миниатюризация изделий даёт толчок к развитию нанотехнологии, в первую очередь для элементов систем управления, на примере микроэлектромеханических систем (МЭМС)[1].

МЭМС – микроэлектромеханические системы – это интегрированные системы с размерами от нескольких микрометров до миллиметров, которые объединяют в себе механические и электрические электронные компоненты. MEMS состоит из механических микроструктур, микродатчиков, микроактюаторов и микроэлектроники, объединенных на одном кремниевом чипе[2].

Миниатюрность изделий МЭМС, являющаяся их характерной особенностью, обуславливает такие исключительно важные с точки зрения применения в космической технике свойства изделий, как портативность, высокий срок службы (предельно малые массы элементов минимизируют вибрационные и инерционные перегрузки), низкое потребление энергии, простота в обслуживании и замене[1].

В космической отрасли для применения МЭМС-устройств предъявляются жесткие требования к разработке:

- снижение массы изделия и уменьшение его габаритов;
- многофункциональность;
- возможность совмещения с логическими схемами;
- низкое энергопотребление и использование сигналов малой мощности;
- простота изготовления.

В качестве примеров успешного применения МЭМС в космической технике можно упомянуть кремневые гироскопы, акселерометры, клапаны,

микроисточники энергии, системы химического и биологического анализа, высокочастотные оптические и механические фильтры и др.

Методы микрообработки кремния позволяют изготавливать микросистемы, размеры которых составляют доли миллиметра. Под микрообработкой понимается формирование трехмерных микроскопических механических структур внутри кремниевой подложки или на ее поверхности. Эти методы открывают разработчикам возможности для построения принципиально новых микроустройств. Из таких материалов, как монокристаллический кремний, поликристаллический кремний, нитрид кремния и т.д., формируют разнообразные механические микроструктуры: подвесы, диафрагмы, бороздки, отверстия, пружины, шестеренки, подстроечные элементы, и огромное количество других сложных механических устройств[3].

Существует две технологии микрообработки кремния: объемная микрообработка, при которой элементы системы вытравливаются внутри кремниевой подложки, и поверхностная микрообработка, при которой микромеханические слои формируются из пленок, осажденных на поверхности подложки.

Объемная и поверхностная микрообработка являются двумя основными технологиями обработки кремния. LIGA-технология и трехмерная (3D) микрообработка позволяет формировать трехмерные функциональные микроструктуры для микросистем, обладающие высоким коэффициентом формы[3].

Объемная технология заключается в выборочном удалении кремния с одной стороны подложки для формирования мембран, бороздок, отверстий и других структур. Поверхностная технология заключается в построении микроструктур на поверхности кремния путем осаждения тонких пленок защитных (жертвенных) и структурных слоев и удаления в конце процесса защитных слоев для получения требуемой механической структуры.

Приводы и двигатели, созданные по технологии МЭМС, будут способны обеспечить значительные силы и крутящие моменты и заменят обычные механизмы.

МЭМС в космосе – это микродвигатели, микроскопические маневровые реактивные двигатели, инерциальная навигация, микроинструменты, ВЧ-коммуникация.

Преимуществами МЭМС-устройств являются:

- минимальные массы, в диапазоне от 10^{-7} до 10^{-3} кг;
- линейные размеры, в диапазоне от 10^{-5} до 10^{-2} м;
- максимальная интеграция с логическими схемами обработки входного сигнала, так как они выполняются по аналогичной технологии;
- возможность подстраивать свои параметры под условия окружающей среды;
- потребление энергии от 0 до 10^{-3} Вт;
- благодаря налаженному производству микросхем, запуск МЭМС-устройств в массовое производство требует минимальных затрат [3].

Быстрое развитие МЭМС-технологий во многом объясняется их ключевыми достоинствами – миниатюрностью, функциональностью, надежностью, малым энергопотреблением, простотой интегрирования, востребованностью практически всеми рынками электроники. МЭМС находят самое широкое применение как в

средствах массового спроса, таких как электронные системы автомобилей и потребительская техника (сотовые телефоны, ноутбуки, нетбуки и др.), так и в сложных приборах специального назначения, производимых небольшими партиями: медицинском оборудовании, военной и аэрокосмической технике, промышленных АСУ, аппаратуре мониторинга метеоусловий. Важнейшее требование, предъявляемое к МЭМС массового применения, – выполнение соотношения "низкая цена/высокий объем производства", а к приборам специального назначения – высокие рабочие характеристики[4].

МЭМС-технологии могут стать уникальным, простым решением для многих, прежде сложных, системных задач мониторинга и управления не только благодаря их достоинствам, включая простоту интегрирования миниатюрного компонента в клиентскую систему. Сегодня развитие технологий производства и тестирования, а также доступность оборудования для локального изготовления МЭМС позволяет заказчику создавать собственные, уникальные комплексные решения в рамках своей технологической линии[4].

Список литературы:

1. Миниатюризация Космических Систем//Интернет – Журнал Космос, 2012. -№12. [Электронный ресурс]. - URL: http://ijcosmos.ucoz.ru/news/miniaturizacija_kosmicheskikh_sistem/2012-12-12-118

2. В. Я. Распопов – Микромеханические приборы, 2007. -400с. С 12.

3. Андрей Капустян. Применение МЭМС-технологий в космической отрасли//Chip News/Инженерная практика,2007. - №1 (114). [Электронный ресурс]. -URL: www.chip-news.ru

4. С.Сысоева. МЭМС-технологии простое и доступное решение сложных системных задач//Новые технологии, 2009. - №7

Исследование магнитных полей моментного двигателя с ленточной намоткой

Зыль К.А.

Научный руководитель: Иванова А.Г., аспирант

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: kris-90@yandex.ru

Результаты настоящей работы представляют собой продолжение исследований магнитной цепи моментного двигателя с ленточной намоткой [1,2,3]. Аналитические исследования проводились для магнитной цепи макета двигателя с различными значениями воздушного зазора и длины магнитов.

Численное моделирование магнитной цепи проводилось в новейшем многоплатформенном программном продукте Agros 2D, основанном на библиотеке Hermes для численного моделирования и решения физических задач. Agros 2D был разработан группой исследователей в Западно-Чешском университете в Пльзене [4, 5].

В процессе проведения исследований задавалась магнитная цепь двигателя, состоящая из внешнего и внутреннего магнитопровода. На рисунке 1 представлена геометрия магнитной цепи.

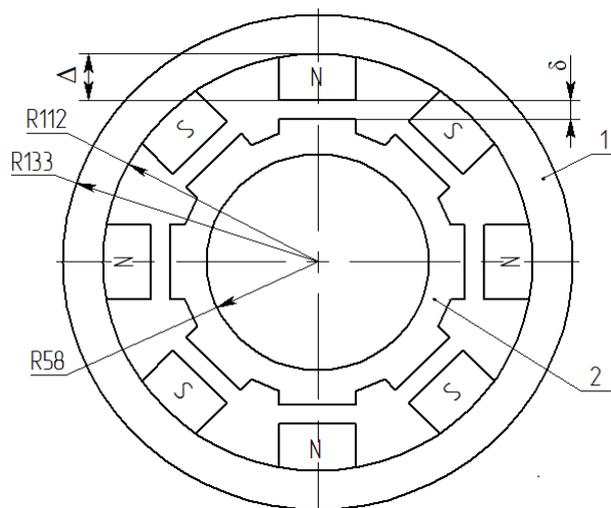


Рисунок 1 Размеры магнитной цепи

Внешний магнитопровод (поз.1) имеет форму кольца, к которому через 45° монтируются 8 полюсов, выполненных из постоянных магнитов NdFeB (неодим-железо-бор). Внутренний магнитопровод (поз.2) представляет собой зубчатую конструкцию. Изменяя размеры длин постоянных магнитов, можно варьировать величину воздушного зазора. Внешний и внутренний магнитопровод, выполнены из конструкционной стали 25ХМ (международный аналог AISI 4130). В зазор между постоянными магнитами и магнитопроводом будет помещена ленточная намотка из алюминиевой или медной фольги [6].

Магнитная цепь, представляющая собой распределенную систему сложной геометрической формы, представляется в виде совокупности конечных элементов. На рисунке 2 представлена конечно-элементная модель. Распределение магнитной индукции в цепи на рисунке указано цветом. Линии показывают векторный потенциал, а стрелки показывают направление магнитного потока.

Для определения характера изменения индукции в зазоре, вычисления проводились при длине магнита l от 5 до 25 мм с шагом 5 мм, величина зазора δ при этом менялась от 2 до 25 мм. Индукция при этом оценивалась в центре воздушного зазора.

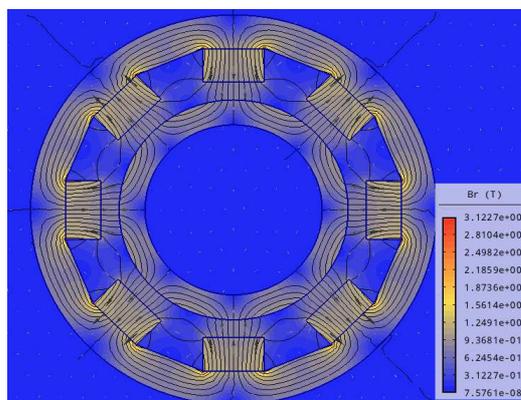


Рисунок 2 Конечно-элементная модель магнитной цепи

Для определения численного значения индукции использовалось приложение PythonLab - объектно-ориентированного сценария, в котором открывается скрипт с заранее написанной программой для вычисления магнитной индукции на расстоянии указанного радиуса от центра магнитной цепи [5].

На основании полученных значений индукции построены кривые, описывающие зависимость изменения индукции B от величины воздушного зазора δ (рис. 3).

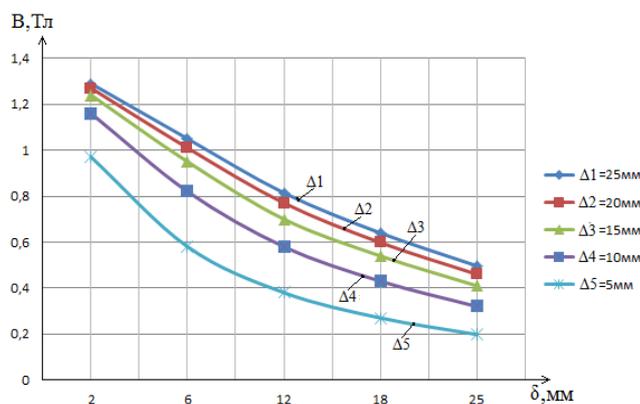


Рисунок 3 Характер изменения индукции от величины воздушного зазора

По полученному характеру изменения индукции видно, что при увеличении воздушного зазора, а также при уменьшении длины магнита значение магнитной индукции уменьшается.

Функцию индукции магнитного потока $B(\delta)$ можно аппроксимировать полиномом вида $B(\delta) = a + b \cdot \delta + c \cdot \delta^2$. На рисунке 4 представлена одна из кривых, полученных с использованием аппроксимационного выражения, которая описывает зависимость $B(\delta)$ в пределах рабочего диапазона воздушного зазора; длина магнита при этом 25 мм.

Погрешность аппроксимации в этом случае не превышает долей процента.

При проведении аппроксимации были получены коэффициенты a , b и c . Ниже приведены зависимости, которые показывают изменение аппроксимационных коэффициентов a , b , c , входящих в уравнения, от длины магнита L (рис.5).

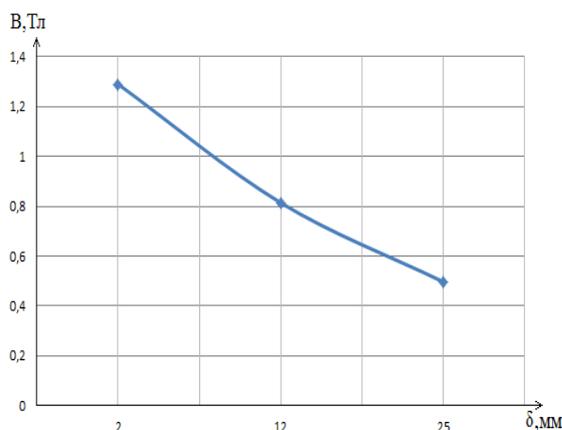


Рисунок 4 Характер изменения индукции от длины воздушного зазора

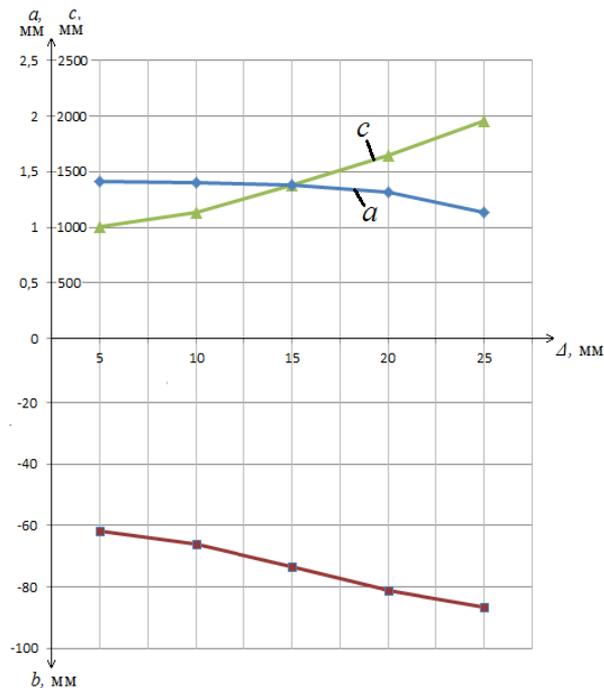


Рисунок 5 Зависимость аппроксимационных коэффициентов a , b , c от длины магнита Δ

Полученные зависимости $a(\Delta)$, $b(\Delta)$ и $c(\Delta)$ позволят при определении параметров магнитной цепи задаться необходимой величиной длины постоянного магнита с целью получения оптимальных характеристик моментного двигателя.

Список литературы:

1. Пат. 2441310 РФ. МПК H02K/26.00. Моментный двигатель/ В.М. Мартемьянов, А.Г. Иванова. Заявлено 20.08.2010; Опубл. 27.01.2012, Бюл. №3. – 6 с.: ил.
2. Иванова А.Г. Характеристики активного элемента моментного электродвигателям // Современные техника и технологии: сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в 3т.- Томск: Изд-во ТПУ, 2012. Т.1. С. 361-362.
3. Кодермятов Р.Э., Самодуров И.Н. Выбор параметров активного элемента моментного двигателя с ленточной обмоткой // Современные техника и технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.- Томск: Изд-во ТПУ, 2013. Т.1. С. 329-330.
4. Agros2D [Электронный ресурс]: база данных. - Режим доступа: <http://www.agros2d.ru>
5. Karban P., Mach F., Kus P., Panek D., Dolozel I. Numerical solution of coupled problems using code Agros2D, Computing (2013) 95 (Suppl 1):S381–S408
6. Мартемьянов В.М., Иванова А.Г. Активный элемент моментного двигателя// Контроль. Диагностика.- 2011.- Специальный выпуск.- С. 109-111.

Система управления зарядным устройством комплекса автоматики и стабилизации

Карюгин К.Л., Клименко Е.В.

Научный руководитель: Евтушенко Г.С., д.т.н., профессор
ОАО «НПЦ «Полюс», 634050, Россия, г. Томск, пр. Кирова, 56 «в»
E-mail: POLUS@ONLINE.TOMSK.NET

Одно из направлений деятельности ОАО «НПЦ «Полюс» – разработка и изготовление комплексов автоматики и стабилизации напряжения для систем электропитания космических аппаратов. С 1970-х гг. на предприятии создано более двадцати их типов для космических аппаратов различного назначения: связи и телевидения, дистанционного зондирования Земли, космического мониторинга природной среды, исследования дальнего космоса.

В настоящее время возникла необходимость модернизации одного из ранее разработанных комплексов с целью увеличения удельных энергетических характеристик системы электропитания. Основным требованием при этом является внесение минимальных изменений в конструкторскую документацию.

Один из путей решения поставленной задачи – увеличение КПД зарядного устройства, преобразующего энергию первичного источника (солнечной батареи) в энергию вторичного (аккумуляторной батареи). Оно построено по схеме комбинированного импульсного преобразователя «buck-boost» (рисунок 1) с использованием принципа управления, основанного на синхронном переключении ключей VT1 и VT2 в режиме широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

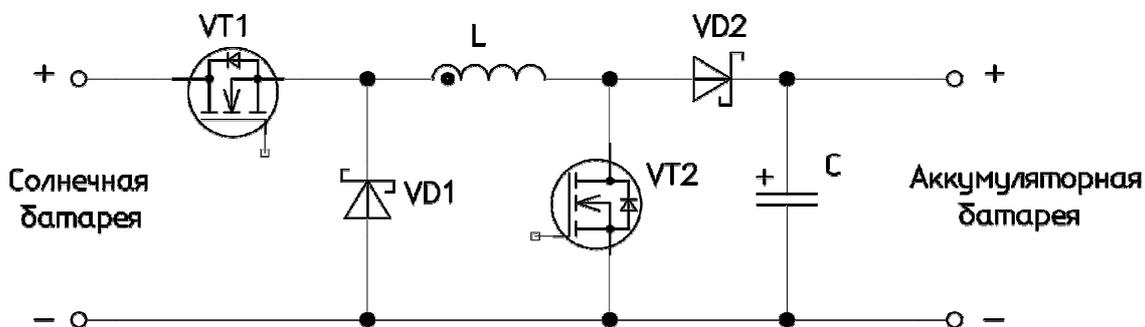


Рисунок 1 Силовая часть зарядного устройства

Данная схема полностью удовлетворяла предъявляемым тогда требованиям. Однако недостаток её в том, что в каждый момент времени ток проводят два полупроводниковых элемента, что, в свою очередь, увеличивает потери преобразователя. Чтобы исключить этот недостаток и тем самым увеличить КПД, авторами разработана схема управления, обеспечивающая раздельное управление ключами (рисунок 2). В этом случае силовая часть преобразователя имеет два режима работы [1]: понижающий, когда ключ VT2 закрыт, а VT1 работает в режиме ШИМ, и повышающий, когда ключ VT1 открыт, а VT2 находится в режиме ШИМ.

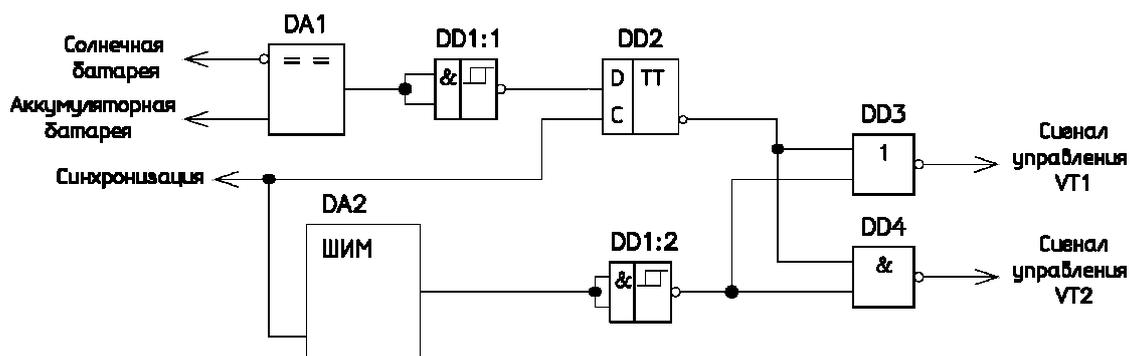


Рисунок 2 Схема управления

Компаратор DA1 (рисунок 2) в зависимости от соотношения входного и выходного напряжений преобразователя задаёт режим работы схемы (понижающий или повышающий). D-триггер DD2 необходим для исключения многократного переключения в течение одного периода ШИМ-сигнала. Выбор текущего состояния работающего ключа осуществляется логическими элементами «И» (DD4) и «ИЛИ» (DD3) [2].

В процессе смены режима работы силовой части преобразователя из понижающего в повышающий (рисунок 3) напряжение солнечной батареи (кривая 1 на графике) изменяется во времени. Кривая 2 показывает выходное напряжение преобразователя. Кривая 3 отображает сигнал с выхода компаратора сравнения напряжений (DA1), низкий уровень которого соответствует понижающему режиму, высокий – повышающему.

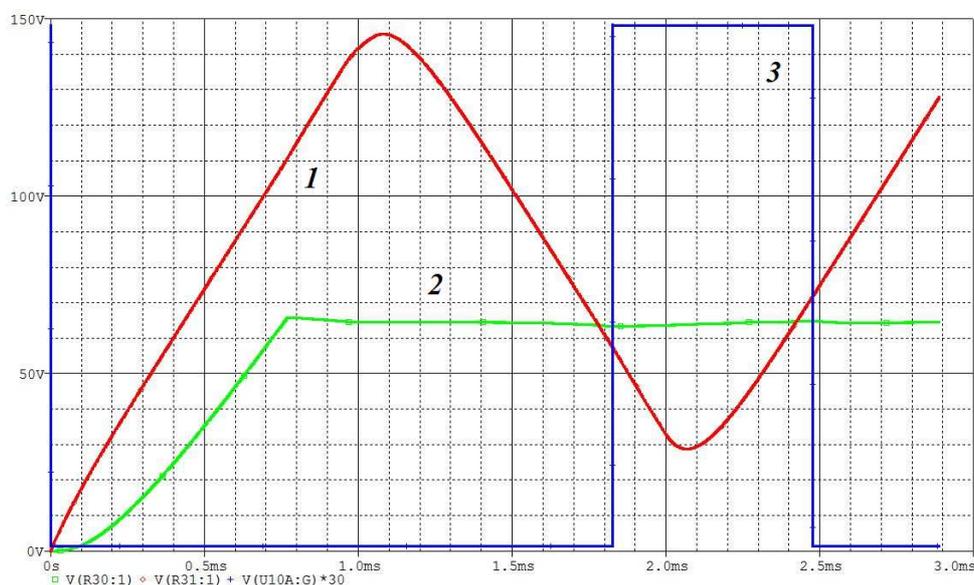


Рисунок 3 Переключение между режимами работы преобразователя

Работа ШИМ-регулятора при смене режима работы преобразователя показана на рисунке 4. Кривые 1 и 2 отображают сигнал управления транзисторами VT1 и VT2 соответственно.

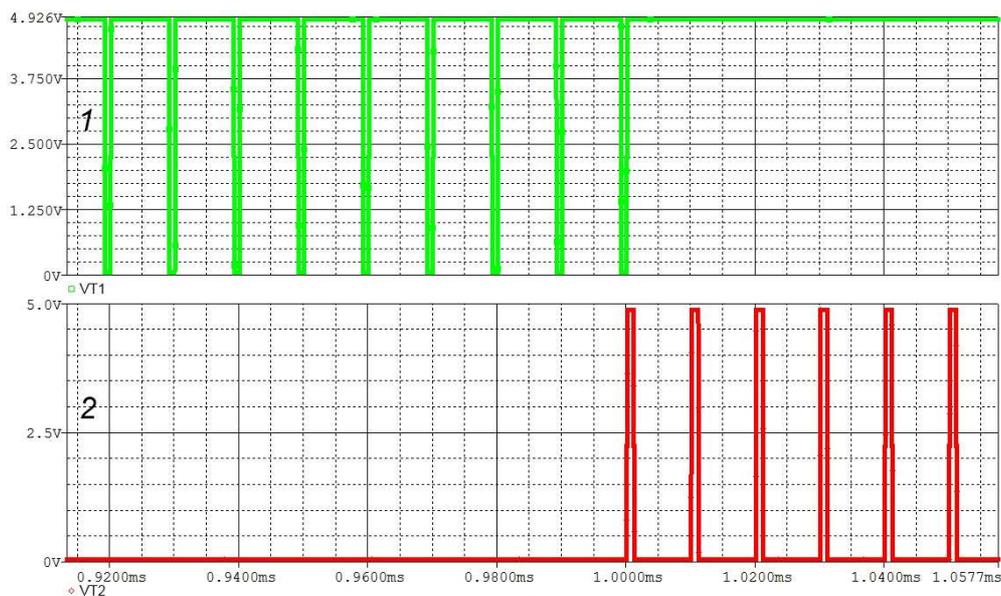


Рисунок 4 Работа ШИМ-регулятора при смене режима работы преобразователя

Таким образом, путем внесения минимальных изменений в существующую схему (введено две дополнительных микросхемы) КПД зарядного устройства увеличен с 90 до 94 %.

Список литературы:

1. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. – М.: Техносфера, 2005. – 632 с.
2. Гальперин М.В. Практическая схемотехника в промышленной автоматике. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 320 с.

Микроэлектромеханические датчики давления в космических аппаратах

Ле Чунг Зунг

Научный руководитель: Нестеренко Т.Г., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: dungtomsk@gmail.com

Развитие микроэлектроники привело к беспрецедентному возрастанию вычислительных мощностей. Повышение эффективности и безопасности производства и транспорта, мониторинг и диагностика состояния атмосферы, вод и поверхности Земли, новые возможности для медицины и здравоохранения, решение других глобальных проблем – вот круг кардинальных изменений, которые сулит информационная революция.

Микро-электромеханические системы (МЭМС) и более широкая область - микросистемная техника (МСТ) возникли и развиваются на основе использования модифицированных технологий микроэлектроники.

МЭМС датчики (рис.1) предназначены для восприятия внешних механических, тепловых, химических и др. воздействий, а не только для преобразования, обработки и передачи электрических сигналов.

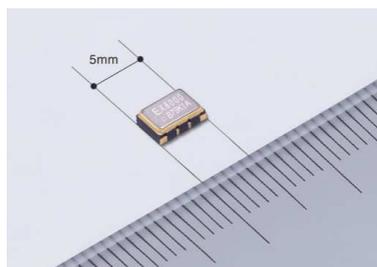


Рисунок 1 МЭМС датчик движения

Датчики давления и их роль в космических аппаратах.

Для реализации задач создания высокоэффективных информационно-измерительных систем (ИИС) управления и контроля авиационной и ракетно-космической техники требуется создание широкой номенклатуры датчиков с высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками.

Важнейшим параметром, подлежащим измерению в двигателях, является давление, для измерения которого применяются датчики давлений.

Функционально датчик играет роль основного информативного элемента о контролируемом или измеряемом физическом параметре. На объекте он подвергается одновременному воздействию большого количества дестабилизирующих факторов, которые, если не принять определенных мер, искажают истинную информацию о поведении объекта.

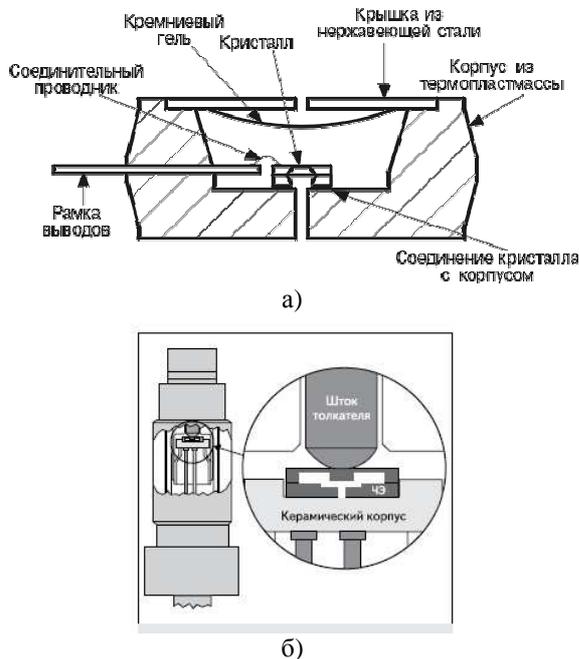


Рисунок 2 Конструкция датчика давления

- а) Поперечные сечение базового элемента абсолютного давления и носители кристалл датчика дифференциального давления; б) Датчик давления на основе SiC

МЭМС датчик давления в космических аппаратах

МЭМС датчики давления обычно выполняют на основе гибкой, деформируемой под действием давления диафрагмы (рис.2). По краям диафрагмы размещены четыре пьезорезистора, соединенные в мост Уитстона, вырабатывающие электрический сигнал, который соответствует изменению давления. В классическом исполнении датчика абсолютного давления диафрагма кремниевая, для ее создания субстрат вытравливается, а сенсорный кристалл присоединяется к стеклянному основанию, что создает уплотненную вакуумную полость под диафрагмой. Кристалл на стекле помещается в корпус следующего уровня так, что только верхняя часть диафрагмы подвержена воздействию давления, вызывающему изменение сопротивления пьезорезисторов, включенных в мост. Интегральная электроника переводит это изменение в аналоговый сигнал напряжения.

Выделяют три следующие основные конфигурации:

Датчики абсолютного давления.

Датчики относительного давления (вместо вакуума в опорной камере - воздух).

Дифференциальные датчики давления (давление подается с двух сторон диафрагмы).

Характеристики МЭМС датчиков давлений:

Размеры: от микрона до нескольких миллиметров.

Сложность: от 1 детали до миллиона.

Скорость движения деталей: от 100 наносекунд до 1 секунды.

Интегрируемость: с электроникой и оптикой.

Энергия для движения: электростатическая.

Стоимость: соизмерима со стоимостью процессоров.

Достоинства МЭМС датчиков давления:

Параллельное изготовление большого количества одинаковых устройств.

Низкая стоимость единичного изделия.

Совместное изготовление механических, электрических и другие элементов.

Однотипное и одновременное создание сложных комплексных структур.

Усложнение геометрической конфигурации не является ограничением и не ведет к удорожанию устройства.

Высокая точность изготовления, меньше 1 мкм.

Например (рис.3), датчики давления фирмы Honeywell.



Рисунок 3 Датчики давления Honeywell

- а) кремниевые МЭМС PPT; б) преобразователи в упрочненном исполнении PPTR; в) преобразователи во взрывозащищенном исполнении PPTЕ; г) прецизионный барометр HPB; д) Интегрированные преобразователи давления PPT; е) МЭМС – преобразователь давления LG 1237.

Датчики давления Honeywell обеспечивают динамические измерения давления и барометрические чтения в системах, где требуются высокие рабочие характеристики. Применения включают сбор вторичных воздушных данных (для воздушных компьютеров), для альтиметров и тестирования двигателя, тестирования полета, метеорологии и другие.

Список литературы:

1. www.honeywell.com
2. Сысоева С. Ключевые сегменты рынка МЭМС-компонентов. Инерциальные системы от Low-End до High-End // Компоненты и технологии. 2010. № 5.
3. Коптев Ю. Н., Гориш А. В. Датчиковая аппаратура для ракетно-космической техники // Радиотехника. 1995. № 10.

Разработка модуля информационного обмена для комплекта бортовой аппаратуры

Михайлов Б.О.

Научный руководитель: Прокопьев Ю.М., к.т.н., доцент
Новосибирский Государственный Университет
630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2

E-mail: bmikhailov@rambler.ru

В последние два десятилетия Спутниковые Системы Навигации (СН) получили новый виток интенсивного развития. К двум уже функционирующим глобальным системам, ГЛОНАСС и GPS Navstar, к 2020 году добавятся

разработанная Европейским Космическим Агентством Galileo и китайская Weidou. Кроме того, на этапе развертывания космической группировки находятся японская региональная CCH QZSS и индийская IRNSS.

В связи с этим, а также с плановой модернизацией на базе ОАО «ИСС имени Решетнева» было разработано новое, третье по счету, поколение Космических Аппаратов (КА) ГЛОНАСС-К, выполненного на негерметичной платформе «Экспресс-1000». В рамках довольно продолжительного сотрудничества, на базе Отдела Атмосферных Исследований Научно-Исследовательской Части Новосибирского Государственного Университета был разработан Бортовой Диагностический Комплекс (БДК) предназначенный для установки на данной серии КА. Стоит отметить, что ранее в ОАИ была разработана Аппаратура Контроля Внешней Среды, которая устанавливается на все спутники предшествующего поколения, ГЛОНАСС-М. Работа НИЧ НГУ в сфере космического приборостроения не ограничивается сотрудничеством с ИСС имени Решетнева, нашей лабораторией разрабатывалась и изготовлялась аппаратура для НПЦ имени Хруничева, НПО имени Лавочкина и т.д. Поэтому при разработке Бортового Диагностического Комплекса учитывался довольно богатый предшествующий опыт проведения подобных работ.

Основной задачей БДК является повышение надежности и стабильности работы космического аппарата. Для этих целей комплекс оснащен следующим набором датчиков:

- Алмазный Детектор Ионизационного Излучения (АДИИ);
- Датчики Электрического Поля (ДЭП);
- Модуль Питания и Помех (МПП);
- Датчики Измерения Радиации (ДИР);
- Блоки Датчиков Давления (БДД);
- Помеховые датчики для измерения помех на антеннах ДЭП;

Представленный выше комплект измерительных приборов позволяет получить исчерпывающие данные о кондуктивных помехах в цепи питания, конфигурации электрических полей вблизи корпуса КА, зарядно-разрядных процессах на внешней поверхности корпуса, интегральной накопленной дозе, остаточном давлении, температуре и потоках заряженных частиц. Эти данные, в свою очередь, помогают определить выработанный ресурс космического аппарата, а также оценить оставшееся время жизни спутника.

Наиболее важную роль в функционировании Бортового Диагностического Комплекса играет Блок Электроники, где сосредоточена большая часть модулей. В состав БЭ входят следующие платы: Коммутатор, ДЭП, ДИР, МПП и Центральный Модуль(ЦМ).

ЦМ БЭ БДК отвечает практически за весь информационный обмен с Бортовым Информационно-Вычислительным Комплексом. Для связи с которым используется шина МКО и 38 параметров сигнальной телеметрии, генерируемые центральным процессором. Кроме того, в число основных функций модуля информационного обмена блока электроники входит: формирование и запись системных и информационных кадров в собственное запоминающее устройство, отсчет времени по собственным часам и его синхронизация с бортовой шкалой времени, а также исполнение командных сообщений, приходящих из бортового информационно-

вычислительного комплекса.

В связи с тем, что ЦМ единственный модуль который осуществляет информационный обмен с БИВК, а также непосредственно работает с запоминающими устройствами БЭ БДК, к нему предъявляются строгие требования по надежности работы как с физической, так и с программной точки зрения.

При выполнении работ по разработке Бортового Диагностического Комплекса в мои задачи входит написание исполняемой программы для микропроцессора Центрального Модуля БЭ БДК и внесение изменений в логику взаимодействия прибора как с Бортовым Информационно-Вычислительным комплексом, так и с другими модулями БДК. Основными функциями данной программы являются:

- Осуществление внутреннего информационного обмена;
- Формирование информационных кадров и их последующая запись в собственное ЗУ;
- Формирование сигнальной телеметрии;
- Осуществление информационного обмена с БИВК, посредством шины МКО;
- Контроль системных параметров, таких как токи потребления модулей, ошибки при работе с шинами данных и т.д.;
- Формирование и запись в собственное ЗУ системных кадров;
- Переключение режимов работы Бортового Диагностического Комплекса.

Исследование электромагнитного поля привода гироскопа с массивным стальным ротором

Плеханов М. С.

Научный руководитель: А. Н. Голиков, доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: plehanovms@tpu.ru

Цель исследования – определить характеристики электромагнитного поля привода шарового ротора при различных режимах питания и конструкции статора, отработка методик расчета электромагнитных полей вихревых токов. От других конструкций разрабатываемый привод отличается наличием вихревых токов, наведенных на поверхности ротора и взаимодействующих с вращающимся электромагнитным полем статора [1]. При такой конструкции привода вихревые токи на поверхности ротора являются рабочими параметрами привода, представляющего собой асинхронную электрическую машину [1, 2].

Аналитические расчеты электромагнитного поля привода осложнены наличием вихревых токов в теле ротора и ярко выраженного поверхностного эффекта, описание которых требует сложного и громоздкого математического аппарата [2–4]. Физико-математическое моделирование методом конечных элементов позволяет получить не только картину электромагнитного поля, но и рассчитать его основные характеристики и рабочие режимы с приемлемой

точностью [4]. В таблице 1 приведены исходные данные для моделирования электромагнитного поля привода в его поперечном сечении.

Таблица 1. Исходные данные для расчета привода с шаровым ротором

	Параметр	Значение
	Напряжение питания, В	40
	Число фаз	3
	Частота питающего напряжения, Гц	500-1000
	Число пазов статора	12
	Число полюсов	4
	Материал статора	сталь 3412
	Диаметр обмоточного провода (по меди) мм	0,1
	Количество катушек на фазу	4
	Количество катушек в пазу	1
0	Относительная магнитная проницаемость материала статора (насыщение)	1074,8407
1	Материал ротора	сталь ШХ15
2	Относительная магнитная проницаемость материала ротора (насыщение)	97
3	Диаметр ротора, мм	28,6
4	Величина воздушного зазора, мм	0,11
5	Длина пакета и активной зоны ротора, мм	8
6	Условная длина замкнутого контура с током, мм	154
7	Полный ток фазной обмотки, не боле, мА	400

По картинам электромагнитного поля привода определяется распределение и глубина проникновения вихревых токов в тело ротора, величины индукции вдоль воздушного зазора между статором и ротором, энергетические характеристики поля. На рисунках 2 показана картина электромагнитного поля привода при номинальном напряжении питания, в установившемся режиме при частоте питающего напряжения 500 и 1000 Гц соответственно.

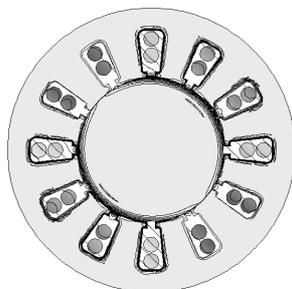


Рисунок 1 Поле привода при напряжении 40 В, 500 Гц

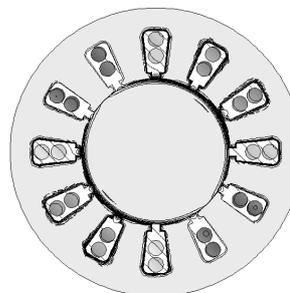


Рисунок 2 Поле привода при напряжении 40 В, 1000 Гц

Как видно из рисунков, наличие эффекта вытеснения вихревых токов в тонкий поверхностный слой ротора, оказывает сильное влияние на распределение индукции в зазоре. По предварительным оценочным расчетам, величина вихревых токов на поверхности ротора может достигать значений в пределах 5 – 7 А в зоне полюсных делений [5]. При работе привода наблюдается так называемый эффект «затягивания» – явления смещения поля статора в воздушном зазоре, при взаимодействии с поверхностными токами ротора, что обуславливает увеличение скольжения по сравнению с другими конструкциями асинхронных машин переменного тока [1, 3].

Распределение индукции вдоль воздушного зазора – один из важнейших параметров, необходимых для расчета элементов схем замещения, и определяющий качественные показатели привода. В идеальном случае, это распределение должно иметь синусоидальную форму [1, 4]. На практике, из-за присутствия высших нечетных гармоник поля, индукция в зазоре имеет сильные искажения.

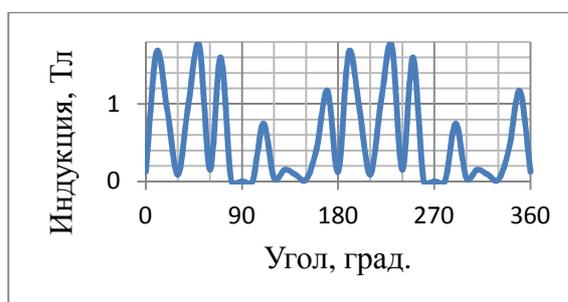


Рисунок 3 Распределение индукции в зазоре (зазор 0,11 мм, 40 В, 500 Гц)

На рисунке 3 представлен график распределения индукции в воздушном зазоре привода в полярных координатах. По форме этой кривой судят о наличии вращающегося магнитного поля в машине, по значениям вычисляются рабочие характеристики схемы замещения. Как видно из рисунка, кривая имеет сильные искажения, прежде всего вызванные наличием вихревых токов и геометрией зубцов статора. В таблице 2 приведены рассчитанные по результатам моделирования параметры поля. Эти данные определяют параметры схемы замещения электромеханической части привода и построить его рабочие характеристики, необходимые для дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

Таблица 2 Основные характеристики привода по результатам графического моделирования (экваториальное сечение, 2 пары полюсов)

Параметр	Значение
Потокоцепление обмоток, Вб	0,237
Индуктивность обмоток, мГн	8,8
Полный ток обмоток, мА	216
Сопротивление фазных обмоток, Ом	83

Список литературы:

1. Хрущев В. В. Электрические микромашины автоматических устройств. Л.: изд-во «Энергия», 1976. – 384с.

2. Куцевалов В. М. Асинхронные и синхронные машины с массивными роторами. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Энергия», 1979. – 160 с.
3. Ламмеренер Й., Штафль М. Вихревые токи. Перевод с чешского, М. – Л., изд-во «Энергия», 1967, 208 с.
4. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин: Учебник для ВУЗов. – 3-е из., перераб. и доп. – М. : изд-во «Высшая школа», 2001. – 327 с.
5. Голиков А. Н., Кузьма А. А., Плеханов М. С. Разработка и некоторые исследования для гироскопа с газодинамическим подвесом шарового ротора.// Контроль и диагностика, №13, 2012 г., С 167–172

Методика распределения контактов соединителя бортовой аппаратуры, обеспечивающая минимальный импеданс цепи питания

Салов В.К., Суровцев Р.С.

Научный руководитель: Заболоцкий А.М., к.т.н., доцент
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40
E-mail: catred@mail2000.ru

В настоящее время для систем мониторинга и телекоммуникаций важно повышение срока активного существования космических аппаратов (КА) до 15 лет (пока он составляет 10 лет). Одним из подходов к обеспечению этого ЦС является обеспечение целостности цепи питания печатных узлов бортовой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Часто для подачи питания к отдельным печатным узлам или целым блокам бортовой РЭА используются различного рода соединители. Несмотря на малую электрическую длину соединителей, сигналы в них подвержены искажениям из-за близкого расположения контактов. Часто стандартное распределение питания по контактам соединителя не обеспечивает минимального импеданса (волнового сопротивления). Однако, возможно выбрать такое распределение контактов соединителя, что будет обеспечиваться минимальный импеданс. Такой выбор, при разном числе рядов, контактов и их расположении, оказывается неоднозначным. Кроме того, его затрудняет отсутствие методики такого выбора.

Цель работы – предложить методику распределения контактов соединителя бортовой РЭА, обеспечивающую минимальный импеданс. Для этого необходимо: выбрать соединитель бортовой РЭА для моделирования; продемонстрировать методику распределения контактов на примере выбранного соединителя; обобщить и кратко изложить методику.

Для демонстрации методики выбран соединитель типа DB-9M, который входил в состав блока системы автономной навигации (САН) КА на этапе проектирования. Поперечное сечение соединителя в системе TALGAT [1] показано на рисунке 1.

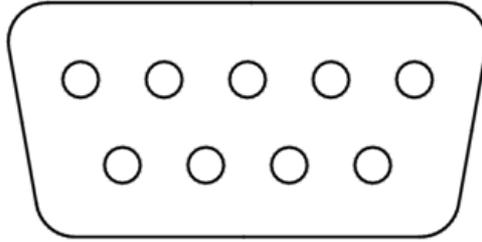


Рисунок 1 Поперечное сечение соединителя типа DB-9M

Первым этапом оценки импеданса является построение корректной геометрической модели поперечного сечения соединителя. Необходимо отметить, что при качественной оценке импеданса соединителя следует использовать номинальные геометрические параметры, в то время как электрические параметры (относительная диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь) могут быть выбраны любыми. Для количественной оценки все параметры соединителя должны быть приняты номинальными. При моделировании рассматриваемого соединителя используются номинальные геометрические параметры, а значение относительной диэлектрической проницаемости принято равным 3. Вторым этапом оценки импеданса является расчет матриц коэффициентов электромагнитной и электростатической индукции соединителя, а третьим – вычисление временного отклика в начале и конце соединителя на импульсный сигнал. Для вычисления отклика необходимо составить корректную эквивалентную схему соединителя. Пример такой схемы представлен на рисунке 2а, где E – ЭДС источника напряжения, $R_{ВХ}=R_H$ – внутреннее сопротивление источника и сопротивление нагрузки соответственно. Положительные и отрицательные контакты питания в начале соединителя параллельно подводятся к узлам V1 и V3, а в конце – к узлам V4 и V5. При полном согласовании импеданса соединителя с нагрузками формы сигналов в начале (между узлами V3 и V1) и конце (между узлами V4 и V5) линии должны быть неискаженными, а уровень сигнала должен составлять $0,5E$, как показано на рисунке 2б.

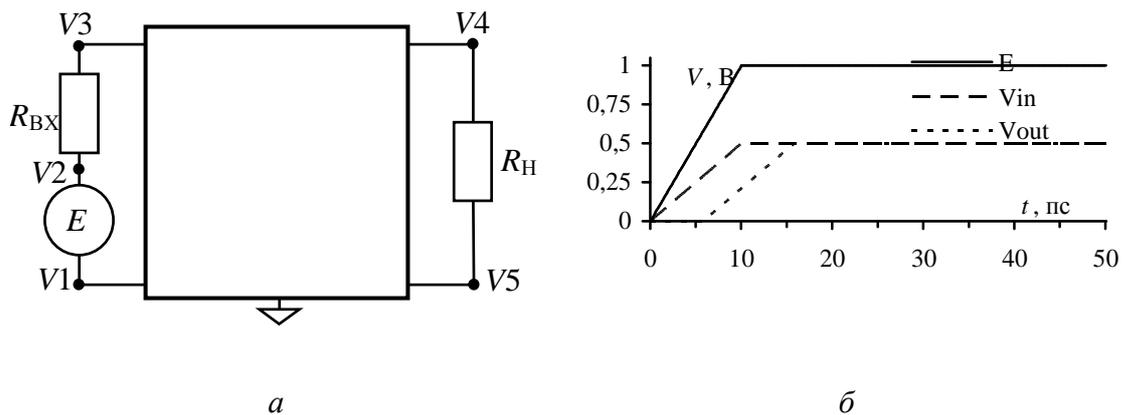


Рисунок 2 Эквивалентная схема соединителя (а) и пример формы сигналов: ЭДС источника (—), в начале (— — —) и конце (· · · · ·) соединителя типа DB-25M (б)

При моделировании принято $E=1$ В, длина линии $l=1$ мм, а длительности фронта (t_r), плоской вершины (t_d) и спада (t_f) импульса приняты равными 10, 100 и 10 пс соответственно.

Для демонстрации методики рассматриваются шесть примеров из возможных вариантов распределения контактов соединителя (рисунок 3). Условные обозначения: «+» и «-» для цепей ± 27 В соответственно. Обозначениями On₁/Off₁ и On₂/Off₂ показаны контакты для включения/отключения питания основного и резервного каналов блока САН соответственно. В таблицу 1 сведены значения импеданса соединителя, полученные при вычислении временного отклика по схеме рисунка 2а.

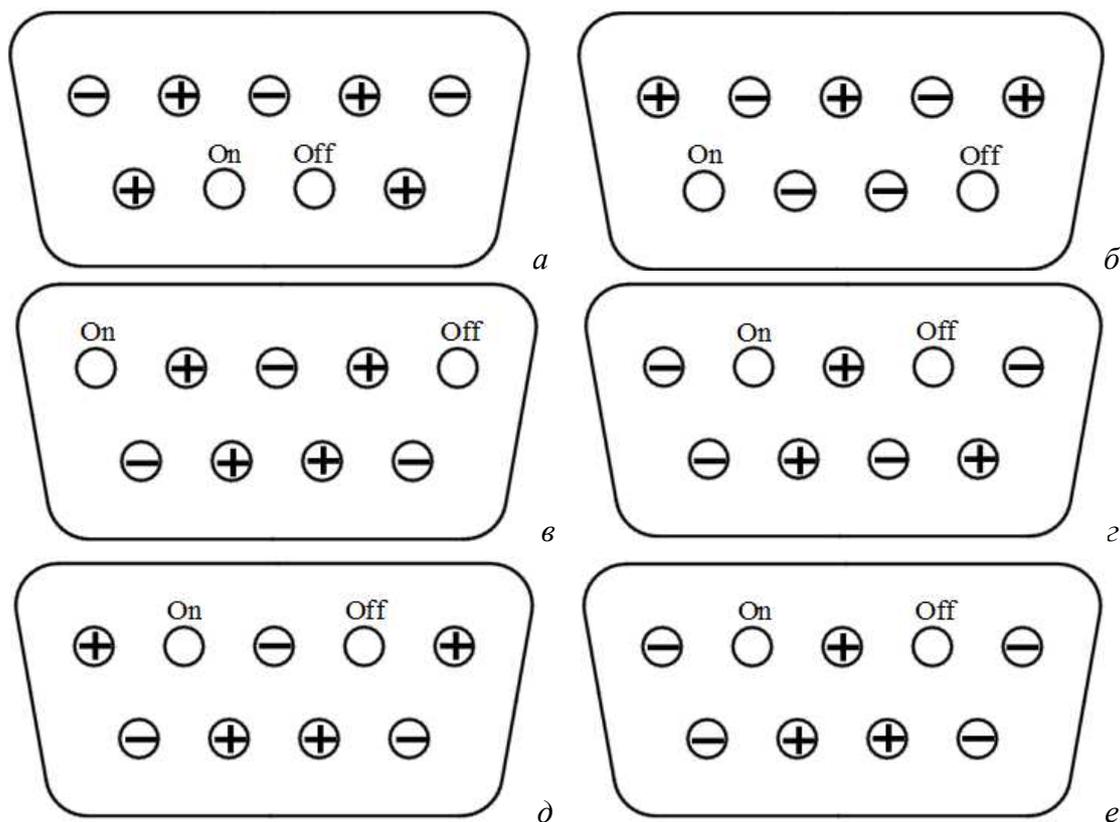


Рисунок 3 Примеры возможных вариантов распределения контактов соединителя DB-9M

Таблица 1 Волновое сопротивление различных вариантов распределения контактов соединителя DB-9M

№ рис. 1	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>е</i>
Z_B , Ом	24,4	25,4	24,3	25,1	25,1	35

Уменьшение импеданса соединителя достигается за счет максимизации расстояния (уменьшением связей) между «одноименными» контактами соединителя. Например, для распределения на рисунке 3е расстояния между контактами с обозначением «+» минимально, а импеданс при таком распределении

имеет наибольшее значение $Z_B=35$ Ом. Для рисунка 3в контакты с обозначением «+» и «-» чередуются, обеспечивая таким образом, максимальные расстояния между «одноименными» контактами и минимальный импеданс ($Z_B=24,3$ Ом). Важно отметить, что предлагаемое распределение с минимальным импедансом (рисунок 3в) не является единственным возможным.

Таким образом, методика распределения контактов, обеспечивающая минимальный импеданс включает: составление корректного поперечного сечения соединителя; вычисление матриц погонных параметров для поперечного сечения; выбор распределения контактов, обеспечивающего минимальные связи между «одноименными» контактами и моделирование эквивалентной схемы для оценки импеданса соединителя с выбранным распределением контактов.

Работа выполнена по договору от 16.11.2012 №96/12 ТУСУРа и ОАО «ИСС» им. акад. М.Ф. Решетнева» в рамках реализации постановления Правительства РФ от 09.04.2010 г. №218, договор от 12.02.2013 г. №02.G25.31.0042.

Список литературы:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013619615. TALGAT 2012. Авторы: Газизов Т.Р., Мелкозеров А.О., Газизов Т.Т., Куксенко С.П., Заболоцкий А.М. и др. (всего 13 авторов) Заявка №2013617773. Дата поступления 29 августа 2012 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 11 октября 2013 г.

Внедрение технологии наносенсоров в миографические нанобиоинтерфейсы

Турушев Н.В., Григорьев М.Г.

Научный руководитель: Авдеева Д.К., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: nvtur90@mail.ru

Одной из существующих и насущной проблемой человечества является поддержание хорошего уровня здоровья и дееспособности организма. Именно здоровье организма и правильное функционирование всех его систем, в первую очередь, влияет на качество жизни и благополучие человека, как душевное, так и материальное. По этой причине, первоочередной задачей во многих странах является решение проблем здравоохранения и разработка новых методов лечения и диагностирования существующих заболеваний и патологий.

По докладом Министерства Труда и Социальной защиты Российской Федерации на апрель 2013 года количество инвалидов в стране превысило отметку в 12,8 миллионов человек, что составляет 9,2 % всего населения России. Из них 1,75 миллионов являются людьми трудоспособного возраста. Но занимаются трудовой деятельностью только 0,508 миллионов человек, то есть около 31,9%. Для сравнения уровень занятого населения России от численности трудоспособного населения составляет 75% [1].

Кроме этого люди различных степеней инвалидности испытывают большие трудности при социализации из-за отклонений, как в раннем детстве, так и в зрелом возрасте, что сильно понижает их качество жизни и наносит большое количество психологических травм.

Именно повышение качества жизни таких людей и более простая интеграция их в общество является одной из проблем, которую решает государство и весь мир в целом.

Одним из способов решения проблемы социализации и увеличения качества жизни людей, восстановление их способностей является создание протезов, частично или полностью восстанавливающих функции, нарушенные у инвалидов и мешающие их нормальному существованию.

Решением этой проблемы стала разработка протезов, заменяющих отсутствующие органы человеку. Протезы позволяют человеку с инвалидностью уменьшить акцент на присутствующую у него патологию, уменьшить неудобства, которые он от неё испытывает, и помочь в адаптации во внешнем мире.

Некоторые учёные классифицируют разработанные на данный момент протезы на две группы: косметические и функциональные. [2]

Особенность косметических протезов заключается в том, что они несут минимальное восстановление функций отсутствующих органов человека и, в основном, направлены на маскировку недостатка правдоподобной моделью, в максимальном приближении повторяющей визуальные параметры.

Косметические протезы являются самым древним видом протеза, в истории известны случаи замены конечностей и частей лица ещё со времен древних шумеров и египетских фараонов. Как правило, данный вид протезов используется для обеспечения косметического эффекта для повреждённых органов опорно-двигательного аппарата и участков лица.

Производством подобных протезов занимаются практически во всех странах мира. В Российской Федерации производством косметических протезов занимается более 70 протезно-ортопедических мероприятий, связанных со своим регионом для обеспечения продукцией жителей, нуждающейся в ней. Например, в Томской области производством протезов занимается ФГУП «Томское протезно-ортопедическое предприятие», производящее протезы разнообразного назначения.

Функциональные протезы, называемые так же миотоническими, отличаются от косметических тем, что, прежде всего, направлены на восстановление функций потерянной части тела, либо органа. Такие протезы могут обладать косметическим эффектом (полный протез кисти, голени) или направлены только на восстановление функций.

На мировом рынке миотонические протезы представляют такие компании-производители, как Otto Bock (Германия), Thalmic Labs (США), Ossur (Ирландия), Dynastream Innovations (Канада), Touch Bionics (США). Данные разработчики приобрели большую известность не только за рубежом, но и в России. Например, продукция компании Otto Bock хорошо представлена в ФГУП «Томское ПрОП». [2]

Объём рынка протезов в мире по версии Market News составляет 16 млрд. долларов, а стоимость протезов варьируется от 2 000 до 300 000 долларов.

В России объём представляет около 3 млрд. рублей, а стоимость варьируется от 30 000 до 2 000 000 рублей. [2]

Миотонические протезы управляются при помощи биоинтерфейса, который использует в качестве информативного параметра электрофизиологические биосигналы человека.

Учёные различают несколько видов биоинтерфейсов: электромиографические, нейрологические, нейрокомпьютерные интерфейсы.

Нейрокомпьютерные биоинтерфейсы используют в качестве информативного параметра биосигналы, поступающие из подкорки головного мозга. При этом снимающие отведения вживляются в участок коры головного мозга. Получаемые данные обрабатываются и преобразуются в управляющие сигналы, подаваемые на механику протеза.

Наибольшую пользу данный вид интерфейсов имеет для людей, страдающих от паралича конечностей, обусловленного нарушением нейронных связей между мозгом и управляемым органом.

Данный вид интерфейсов обладает преимуществами, такими как возможность управлять протезом, заменяющим полную конечность или парализованную область тела. Но и имеет большой недостаток – инвазивность, что создаёт большой риск повреждения или заражения мозга при установке протеза.

Нейрологический интерфейс использует в качестве информативного параметра сигналы, проходящие через активируемые нервы человека.

Отведения такого интерфейса могут быть, как вживлёнными в нервную ткань, так и установленные над нервами, не внедряясь в живые ткани. Существует подвид вживления интерфейса в позвоночный столб, в аксоны больших рогов. Главным риском при использовании данного вида биоинтерфейсов является возможность разрушения или травмирования нерва и окружающих его тканей.

Электромиографический биоинтерфейс основан на биосигналах, получаемых с мышечной ткани. Как правило, отведения подобных биоинтерфейсов располагаются над мышцей, но существует практика внедрения электродов в мышечные пучки, в результате чего возможно возникновение определённых рисков травмирования здоровой части тела. Использование данного вида биоинтерфейсов в протезировании ограничено площадью информативной поверхности остаточных отделов мышцы, принимающих участие в дееспособной или отсутствующей конечности.

Проводимые на базе лаборатории № 63 института неразрушающего контроля НИ ТПУ исследования позволили добиться новых результатов в улучшении характеристик биоинтерфейсов, работающих на принципе регистрации электрофизиологических сигналов человека.

Открытия, произведённые во время исследования, позволили разработать новый класс наносенсоров, не имеющих аналогов во всём мире. Отличительными особенностями разработанных наносенсоров являются высокая помехоустойчивость, долгий срок эксплуатации, высокая чувствительность, биосовместимость. [3]

Разрабатываемые наносенсоры позволяют создать на их основе высокочувствительные, быстродействующие, безопасные измерительные комплексы, которые могут предоставить возможность по-новому исследовать организм человека.

Используемая технология, планируется для внедрения в электромиографические нанобиоинтерфейсы, которые позволят создать протезы, обладающие более высокой скоростью отклика по сравнению с существующими аналогами благодаря отсутствию инерционных звеньев, высокой чувствительностью, удобством эксплуатации и установки благодаря неинвазивности наносенсоров, а так же большим сроком службы.

Разрабатываемый экспериментальный макет нанобиоинтерфейса будет состоять из наносенсоров, блока усиления биосигналов, блока обработки биосигналов.

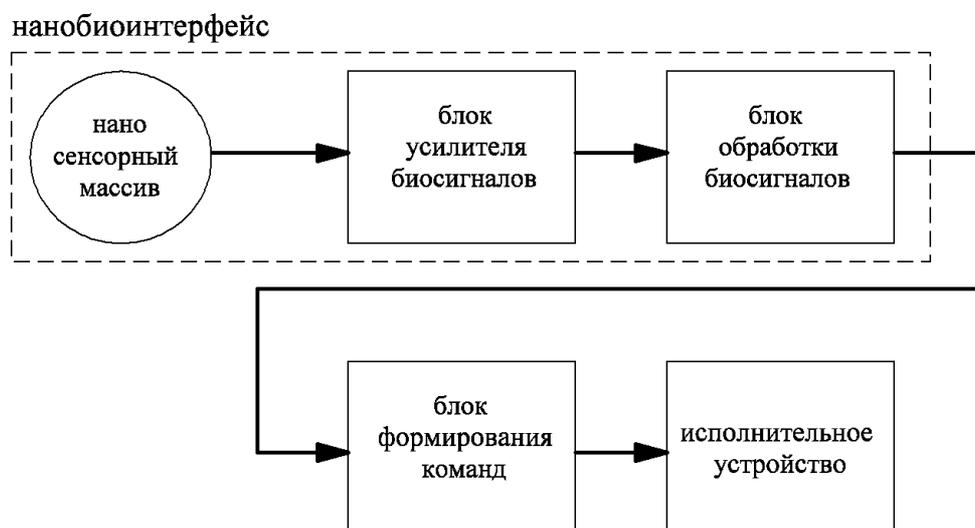


Рисунок 1 Структурная схема нанобиоинтерфейса в составе простейшего миотонического протеза

С наносенсоров информация поступает на усилитель биосигналов и передается в блок обработки сигналов, преобразующий усиленные биопотенциалы в цифровой код, удобный для обработки в блоке формирования команд, который обычно содержится в любом миотоническом протезе и служит для управления электромеханической его частью (рисунок 1).

На данный момент проводятся исследования, направленные на разработку оптимальной формы наносенсора, анатомически совместимой с конечностями человека.

По проведенным исследованиям будет разработан экспериментальный макет наносенсора, внедренный позднее в нанобиоинтерфейс, который найдёт применение во многих сферах человеческой жизни, как в медицине, так и в системах управления сложными компьютерными устройствами. Например, системой управления космическими аппаратами или беспилотными устройствами.

Список литературы:

1. О реализации мер, направленных на развитие трудовой занятости инвалидов// Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. [Официальный сайт] [URL:http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/migration/12](http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/migration/12) (дата обращения: 10.02.2014);
2. Max Ortiz-Catalan, Rickard Branemark, Bo Hakansson, Jean Delbeke. On the viability of implantable electrodes for natural control of artificial limbs: Review and discussion. BioMedical Engineering OnLine, 2012, 11:33. doi:10.1186/1475-925X-11-33;
3. Турушев Н. В. , Кашуба И. В. , Южаков М. М. Электронеуромиограф // Современные техника и технологии : сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 т., Томск, 15-19 Апреля 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - Т. 1 - С. 417-418

Микропроцессорная электроника в космическом приборостроении

Федюк Р.С.

Дальневосточный федеральный университет

690000, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

E-mail: roman44@yandex.ru

Объемы информации, перерабатываемой на борту космического аппарата (КА), постоянно растут, алгоритмы функционирования бортовых систем – усложняются. Поэтому необходимы новые решения в области системной архитектуры КА. Условия эксплуатации КА очень сложны: перегрузки при запуске, перепады температур, радиация и другие негативные факторы космического пространства, равно как и невозможность ремонта запущенного спутника, требуют от бортовой аппаратуры высокой надежности и живучести. Используемые сегодня архитектуры бортовых систем управления и передачи данных не удовлетворяют в полной мере всем этим требованиям [1]. Необходима новая концепция архитектуры бортовых информационно-управляющих систем КА, которая обеспечивает высокие функциональность и надежность таких систем.

В настоящее время достигнуты определенные успехи в области микромеханики, микро- нанопроцессорной техники и информационных технологий дают возможность разработки и создания нового типа систем обработки информации и управления – интеллектуальных. Этот тип систем особенно важен в мехатронике, поскольку проектирование механических систем и их систем управления должно осуществляться как единое целое – интегрированные системы. При этом надо учитывать, что одни проблемы могут быть решены легко и просто в физических образцах, другие в «информационных» образцах – микро-контроллерах, тем не менее объединенных информационным процессом, реализованным в том числе в программном обеспечении. Современная мехатроника рассматривается как наука о построении интеллектуальных машин. Ей предшествовал огромный опыт комплексирования механических устройств, радио- и оптоэлектроники, аналоговых и цифровых вычислительных средств в сложных системах различного назначения. Компоненты этих систем представляют собой отдельные блоки, которые соединяются с помощью различных преобразователей (ЦАП, АЦП) и других сопрягающих устройств. Однако, как и в нынешней мехатронике, все эти блоки в системе объединялись информационным процессом, включающим получение и обработку измерительной информации, ее распознавание, прогнозирование, выработку управления, исполнение управления действием и контроль результатов действия [2].

С современных позиций такие системы можно отнести к макромехатронике. Нынешняя мехатроника стоит на пути создания интеллектуальных систем управления различного типа объектов и комплексов, под которыми понимается объединенная информационным процессом совокупность технических средств и программного обеспечения, работающая во взаимосвязи с человеком (коллективом людей) или автономно, способная на основе сведений и знаний при наличии мотивации синтезировать цель, принимать решение к действию и находить рациональные способы достижения цели. Поскольку единственной реальной интеллектуальной системой является человек, то естественно в этом случае

обратиться к исследованиям в области физиологии и нейрофизиологии. Именно достижения в этих областях наук будут существенными при создании интеллектуальных систем нового поколения мехатроники – наномехатроники. О необходимости таких исследований говорил И.П. Павлов: «Вся жизнь – от простейших до сложнейших организмов, включая, конечно, и человека, есть длинный ряд всё усложняющихся до высочайшей степени уравниваний среды. Придет время, путь отдаленное, когда математический анализ, опираясь на естественнонаучный, осветит величественными формулами уравнений все эти уравнивания, включая в них и самого себя».

Именно математическое описание механизмов функционирования, включая процессы мышления человека и построение технико-биологических средств, реализующих в том числе информационные процессы, будет определять перспективы развития наномехатроники, особенно в космических задачах. Создание свободно летающих космических роботов, интеллектуальных систем управления космическим объектом различного типа немыслимо без наномехатроники.

Применяя те или иные компоненты и решения, стоит позаботиться о независимости от их поставщиков, а также оценить затраты, которые повлечет за собой модернизация системы в будущем. В целом вопрос можно сформулировать так: "Что остается в руках у разработчика?" Для наиболее распространенных сегодня "систем на плате" – это в общем случае схема, перечень материалов и программное обеспечение. Зарубежные, а сегодня уже и отечественные производители микроэлектроники, прилагают немало усилий для популяризации решений на основе микроконтроллеров (заказных или серийных СБИС) и программируемых логических матриц, интегрирующих в себе цифровую периферию для микроконтроллера. Подобные решения, несмотря на их работоспособность сегодня, к сожалению, приводят в тупик в ближайшей перспективе. Что произойдет, если прекратится поставка выбранного предприятием микроконтроллера? Как провести комплексную модернизацию узла, когда его возможности будут исчерпаны? Необходимо заново разрабатывать схему и создавать программное обеспечение, что потребует значительных ресурсов – времени, денег, специалистов. В условиях дефицита ресурсов последствия для предприятия могут оказаться драматическими: потеря контрактов, прекращение серийного производства и т.п.

Есть ли альтернатива? Есть. Обеспечить безопасность предприятия от проблем с элементной базой можно, применив кросс-платформенные интегральные решения. Под кросс-платформенностью понимается возможность разработчиков сменить элементную базу (платформу), на которой реализована разработка, путем синтеза решения для новой платформы без глубокой переработки схемотехнических решений и программного обеспечения. Еще недавно такая возможность отсутствовала, но сегодня благодаря развитию микроэлектронных технологий стали доступными программируемые матрицы колоссального объема. Можно уверенно утверждать, что любая функциональность локальных цифровых устройств, востребованных в космическом приборостроении, включая микропроцессоры и ЦСП, может быть реализована при помощи производительных матриц высокой интеграции. Практически все современные процессорные архитектуры доступны в виде IP-ядер, и их интеграция и отладка в составе "системы на кристалле" перестали быть непреодолимой проблемой благодаря новым средствам разработки ПЛИС и программно-аппаратной коверификации [1].

Платформа ПЛИС как основа для реализации узлов бортовой аппаратуры КА открывает разработчикам огромные возможности по модернизации и редизайну изделий. Разработанное на высокоуровневых языках описания оборудования (например, VHDL, Verilog) решение, с одной стороны, "вечно" и всегда остается в руках разработчика вне зависимости от поставок электронных компонентов. С другой стороны, оно в любой момент может быть модифицировано в соответствии с текущими задачами. Зависимость от производителя электронных компонентов при применении ПЛИС минимальна, поскольку на мировом рынке есть выбор необходимых ПЛИС и в перспективе ожидается появление отечественных аналогов. Грамотно разработанное HDL-решение может быть синтезировано в любую ПЛИС достаточной емкости или, в крайнем случае, в СБИС.

С учетом высоких требований к надежности и радиационной стойкости оптимальными являются решения компании Actel семейства RTAX. Они имеют максимальное на сегодняшний день число вентилях и максимальную производительность. Аппаратно реализованное тройное резервирование каждого вентиля делают изделия компании еще более привлекательными.

Применение подобных изделий в системообразующих элементах бортовой информационно-управляющей системы, основанной на сети коммутации пакетов SpaceWire, таких, например, как роутер и чипсет подключения электронных модулей к сети, позволяет выйти на недостижимый ранее уровень надежности.

Это особенно важно для создания КА с возможностью реконфигурации бортового оборудования непосредственно на орбите.

Список литературы:

1. Косткин М., Поздняков П., Попович А. Концепция информационно-управляющей системы космического аппарата // Электроника: Наука, Технология, Бизнес, 2008, № 4. – С. 86-90
2. Пупков К.А. Успехи в области микромеханики, микро-, нанопроекторной техники и информационных технологий дают возможность разработки и создания нового типа систем обработки информации и управления – интеллектуальных [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <http://ihst.ru/~akm/36t17.pdf>

Система автоматизированного контроля деталей в космическом приборостроении

Филон М.Ю., Шевченко В.В.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 03056, Украина, г. Киев, пр. Победы, 37

E-mail: mfilon@ukr.net

Приборостроение – одна из областей производства, которая требует высокой точности деталей, а именно их геометрических размеров. Это необходимо для точности и надежности работы приборов, продления сроков эксплуатации, обеспечения взаимозаменяемости и ремонтпригодности, что позволяет существенно снизить затраты на производство и эксплуатацию приборов.

К тому же, современная рыночная экономика предъявляет принципиально новые требования предприятиям к качеству производимых приборов. Это связано с тем, что спрос на продукцию предприятия определяется уровнем конкурентоспособности. Основные факторы конкурентоспособности — уровень

цены изделия и качество его продукции. При этом качество приборов постепенно выходит на первое место. Современный подход к стратегии предприятия заключается в понимании того, что качество является самым эффективным средством удовлетворения требований потребителей и снижения затрат производства.

Основной составляющей качества приборов является точность изготовления их компонентов. Это необходимо для точности и надежности их работы, продления сроков эксплуатации, обеспечения взаимозаменяемости и ремонтпригодности, что позволяет существенно снизить затраты на производство и эксплуатацию приборов. Поэтому контролю точности уделяют в космическом приборостроении большое внимание и он может занимать значительную долю в технологическом процессе, что требует затрат, как материальных (оборудование, персонал), так и времени.

Для сокращения затрат рационально производить контроль детали непосредственно в процессе обработки или же после нее, что позволяет оперативно изменять настройки станка в зависимости от получаемых результатов.

Для уменьшения влияния человеческого фактора, а также затрат на содержание высококвалифицированных кадров, необходимо использовать системы автоматизированного контроля (САК). Такая система при своей реализации нуждается в наличии технических средств, а также математического и программного обеспечения, определяющих алгоритм функционирования системы.

Перспективной является установка на станок оснащенного системой ЧПУ контактного измерительного датчика, с помощью которого производятся измерения обрабатываемой детали, тем самым превращая станок в контрольно-измерительную машину. Измерительная головка перемещается и в заданных точках касается детали, координаты касания передаются в систему ЧПУ, которая производит анализ формы и точности изготовления детали. Использование такой системы позволяет проводить контроль таких параметров как соосность, параллельность, перпендикулярность, эксцентриситет, конусность, бочкообразность и т.п.

Использование САК позволяет повысить точность и экономические показатели механической обработки в безлюдном производстве, что требует разработки теоретических основ построения САК и практического построения таких систем.

Методология автономных испытаний IP-ядра RMAP-контроллера сети SpaceWire

Чекмарев С.А., Шахматов А.В.

Научный руководитель: Ханов В.Х., к.т.н., доцент

Сибирский государственный аэрокосмический университет

660014, Россия, г. Красноярск, пр. им. газеты «Красноярский рабочий», 31

E-mail: khvkh@mail.ru

Испытания является важнейшей составляющей разработки любого аппаратного устройства. Правильная методология испытаний обеспечивает подтверждение соответствия испытываемого устройства предъявляемым к нему требованиям. В данной работе представлен подход к организации испытаний IP-ядра RMAP-контроллера сети SpaceWire, целью которых является проверка его

соответствия стандарту ECSS-E-ST-50-52C «SpaceWire – Remote memory access protocol» [1].

Протокол RMAP определяет взаимодействие узлов в сети SpaceWire через механизм удаленного обращения к их памяти. Он предназначен для конфигурирования узлов сети, а также может использоваться в качестве транспортного протокола, осуществляющего информационное взаимодействие узлов.

IP-ядро RMAP-контроллера разработано в среде ModelSim для встраивания в программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) типа flash-FPGA Actel компании MicroSemi.

Автономные испытания было решено провести в два этапа. Первый этап – модельное испытание в среде ModelSim, путем создания соответствующей тестовой VHDL-модели, содержащей источник и передатчик RMAP-пакетов; второй этап – натурное испытание в аппаратуре путем встраивания VHDL-модели в реальное ПЛИС-устройство. На первом этапе взаимодействие источника и передатчика RMAP-пакетов происходит с помощью модельного соединения в среде ModelSim, на втором этапе посредством реального физического кабельного соединения.

На рисунке 1 представлена структурная схема тестовой модели. Модель, являющаяся системой на кристалле, состоит из открытого процессорного ядра LEON3 и набора IP-ядер, подключенных к шине AMBA AHB/APB. Процессор выполняет тестовую программу, загруженную в ОЗУ (ahbram loadfile). Для моделирования взаимодействия по сети SpaceWire (SpW) используется открытое IP-ядро SpWLight. RMAP-контроллер соединён с кодеком SpWLight по реализованному в модели SpW-соединению. Набор программных тестов осуществляет передачу тестовых пакет как в направлении SpWLight → RMAP-контроллер, так и обратно RMAP-контроллер → SpWLight.

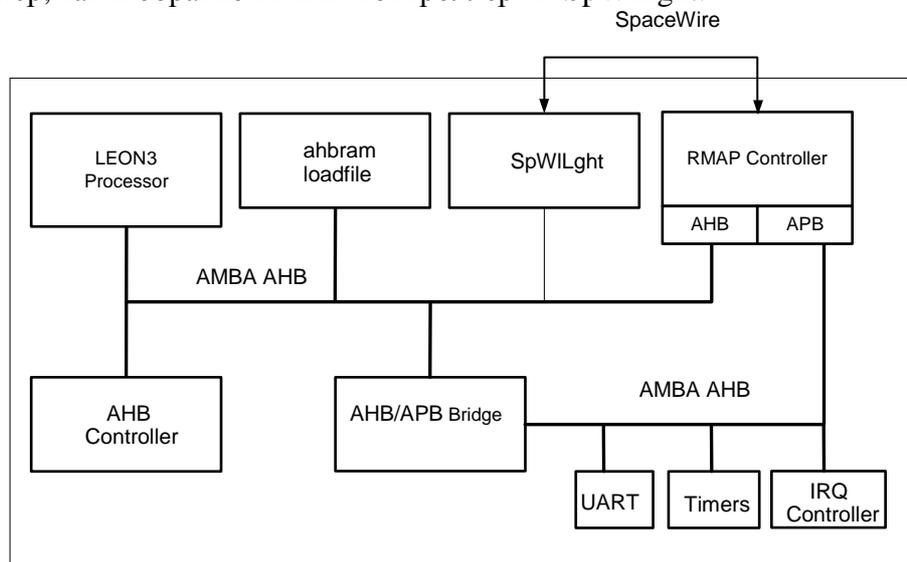


Рисунок 1 Структурная схема VHDL-модели тестирования RMAP контроллера

Если тестовая программа осуществляет проверку в направлении SpWLight → RMAP-контроллер, то она формирует и передает тестовый RMAP-пакет через кодек SpWLight по SpW-соединению. Получив пакет, RMAP-контроллер производит его

обработку и информирует тестовую программу об окончании обработки. Тестовая программа считывает принятую информацию и осуществляет ее анализ. Результаты анализа выдаются на консоль через UART интерфейс.

Проверка в обратном направлении осуществляется аналогично. Отличие состоит в том, что в этом случае RMAP-контроллер сам аппаратно формирует RMAP-пакет, а тестовая программа, получив его со стороны SpWLight, производит его дешифрацию и анализ.

Процесс моделирования происходит следующим образом:

- имитируется загрузка тестового программного обеспечения (ПО) в ОЗУ процессора LEON3;

- загруженная программа запускается на выполнение;

- в ходе работы тестового ПО на консоль выводится отладочная информация о результатах моделирования;

- по завершению моделирования работа процессора останавливается.

С помощью соответствующего тестового программного обеспечения в процессе тестового моделирования осуществим контроль всего функционала IP-ядра RMAP-контроллера. Полнота, завершенность и качество тестирования определяется тестовым программным обеспечением.

Тесты, разработанные для подтверждения функционала RMAP контроллера, делятся на следующие виды:

1. Тесты, подтверждающие работу внутренних регистров RMAP контроллера.
2. Тесты интерфейса тайм-кодов и сетевых прерываний сети SpW.
3. Тесты приема и передачи SpW пакетов (без RMAP протокола).
4. Тесты работы блока RMAP приёмник (target).
5. Тесты работы блока RMAP передатчик (initiator).

Каждый конкретный тест представляет собой отдельную программу, с открытым исходным кодом. Перед выполнением процесса моделирования происходит компиляция исходного кода тестовой программы в srec-образ, который размещается в корневом каталоге проекта. После успешной компиляции модель запускается на выполнение.

Таким образом, по окончании первого этапа испытаний имеется не только протокол испытаний, он и тестовая VHDL-модель и тестовое программное обеспечение. В процессе испытаний с помощью реального ПЛИС-устройства на втором этапе используются тестовая модель и тестовые программы, полученные на первом этапе. В качестве ПЛИС-устройства использован опытный образец одноплатного бортового компьютера (БК) для малых космических аппаратов, реализованный на ПЛИС АЗРЕ3000 [2].

На рисунке 2 представлен внешний вид БК в процессе испытаний. Через DSU-АНВ-UART интерфейс БК связан с управляющим компьютером. Кабельное SpW-соединение обеспечивает связь двух портов SpW. Один используется для кодека SpWLight, другой для RMAP-контроллера. Остальные два порта SpW не используются в процессе испытаний. Перед началом испытаний в ПЛИС встраивают тестовую VHDL-модель, полученную в процессе первого этапа испытаний. После перепрограммирования одноплатный БК приобретает следующие характеристики:

- тактовая частота процессора – 25МГц;
- скорость передачи по интерфейсу SpWLight – до 100 Мбит/с;
- скорость передачи по интерфейсу RMAP контроллера – до 100 Мбит/с;

- емкость ОЗУ – 16 МБ;
- емкость flash-ПЗУ – 4 МБ.

В дальнейшем, используя программные тесты, разработанные на первом этапе, процесс испытаний происходит следующим образом:

- на управляющем компьютере выбирается необходимый программный тест, который через UART интерфейс к отладчику ядра процессора DSU загружается в память одноплатного БК;
- с помощью команды управляющего компьютера загруженная программа запускается на выполнение;
- в ходе работы тестовой программы на консоль управляющего компьютера выводится отладочная информация о результатах;
- по завершению выполнения теста работа процессора останавливается.



Рисунок 2 Одноплатный бортовой компьютер

Методика тестирования предполагает в определенной последовательности последовательное выполнение всех тестов сначала в среде ModelSim, а затем этих же тестов в ПЛИС-устройстве. Предложенная методология, благодаря гибкости, присущей программному способу разработки тестов, позволяет покрыть все разнообразие функционала RMAP-контроллера, отработать все нюансы передачи и приемки RMAP-пакетов, а также аварийные ситуации, включая физические разрывы соединений. Для проведения испытаний разработано свыше 50 различных тестов. В процессе их разработки и отладки, как в модельном, так и реальном режимах были найдены и устранены все ошибки IP-ядра RMAP-контроллера. Двухэтапные автономные испытания подтвердили, что разработанный RMAP-контроллер полностью соответствует своему стандарту.

Список литературы:

1. ECSS-E-ST-50-52C SpaceWire – Remote memory access protocol. – European Cooperation for Space Standardization (ECSS), 2010 – 109с.
2. Ханов В.Х. Разработка аппаратуры системы информационного обмена бортового комплекса управления малого космического аппарата [Текст] В.Х. Ханов, А.В. Шахматов, С.А. Чекмарев, М.Ю. Вергазов, Ф.А. Лукин // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. Выпуск 3 (49): – Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2013. – 149-153.

Ракеты-носители

Шемякин А.Н., Кузьмин А.С., Шигин Г.В.

Научный руководитель: Бориков В.Н., директор ИНК ТПУ, д.т.н., профессор.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: fax777@rambler.ru

Ракета-носитель (РН) или по-другому ракета космического назначения (РКН) - это аппарат, действующий по принципу реактивного движения, который предназначен для выведения в космическое пространство полезной нагрузки. Под полезной нагрузкой понимается: искусственные спутники Земли, космические корабли, ядерные и неядерные боевые блоки.

Тип старта:

Ракеты-носители используют вертикальный взлет, в тот момент как авиационно-космические системы используют горизонтальный тип старта.

Двигатели:

По типам двигателя различают два типа: жидкостные и твердотопливные.

Жидкостные двигатели – это ракетные двигатели, использующие в качестве ракетного топлива жидкости, в том числе сжиженные газы.

Твердотопливные – это двигатели, которые используют в качестве топлива твердое горючее и окислитель.

Масса полезной нагрузки:

Масса полезной нагрузки - это количество или масса полезного оборудования, ради которого создается или запускается данный космический аппарат. В технической литературе обычно используются сокращения этого термина: «ПГ» (полезный груз) или «ПН» (полезная нагрузка).

По массе полезной нагрузки, выводимой на низкую околоземную орбиту (НОО) различают:

—Сверхтяжелый класс (60-70 тонн)

—Тяжелый класс (19-20 тонн)

—Средне – тяжелый класс (10 тонн)

—Средний класс (4 тонны)

—Легкий класс, а также класс нано - носителей (до нескольких десятков килограмм) [1]

В данной статье мы коротко рассмотрим три ракетносителя: «Энергия», «Протон» и «Зенит».

Рассмотрим один из ракетносителей – «Энергия».

Ракетноситель "ЭНЕРГИЯ" - универсальная ракетно-космическая транспортная система. Предполагалось, что эта система будет выводить на околоземную орбиту объекты массой до 200 тонн (в том числе сам воздушно - космический самолет массой 100 тонн).

Массы полезных грузов, выводимых на низкие орбиты ИСЗ - до 100 тонн, на геостационарную орбиту - до 20 тонн, на траекторию полета к Луне - до 32 тонн.

Данная система предназначалась для выполнения следующих задач:

—Носитель для МТКК (многоразовый транспортный космический корабль) «Буран».

— Носитель, обеспечивающий пилотируемые и автоматические экспедиции на Луну и Марс.

— Для запуска орбитальных станций нового поколения.

— Для запуска сверхтяжелых геостационарных спутниковых платформ.

— Для запуска тяжелых военных грузов.

Данной системой было произведено только два пуска.

Первый пуск этого уникального комплекса был произведен 15 мая 1987 года с экспериментальной нагрузкой: спутник «Полюс». К сожалению, он так и не был выведен на орбиту. Второй пуск был произведен 15 ноября 1988 года в составе комплекса МТКК «Буран».

Ракетноситель «Протон».

«Протон» - Ракета-носитель тяжелого класса. Он предназначен для выведения автоматических космических аппаратов на орбиту Земли и далее в космическое пространство.

Данный комплекс был разработан конструктором В.Н.Челомеем, как комплекс с межконтинентальной баллистической ракетой, оснащенной тяжелой боевой частью.

Масса полезного груза, что может вывести комплекс на круговую орбиту – 30 тонн.

Первый пуск «Протона», известного как «Протон – 1», был осуществлен 16 июля 1965 года. Летные испытания длились один год. За это время было совершено 4 пуска, в результате которых были выведены три тяжелых ИСЗ серии «Протон» на орбиту высотой 200км, массой около 12 тонн каждый. С момента первого запуска и до 1971 года было произведено 31 пуск. Из них неуспешными оказались 14.

Ракетноситель «Зенит».

Данный комплекс относится к ракетносителям тяжелого класса. Разработан был в 1976-1985 годах конструкторским бюро «Южное».

Масса полезного груза, выводимого на орбиту, равна 6 тонн.

Летные испытания начались в 1985 году. Первый пуск был назначен на 12 апреля. После двух неудачных попыток запуска его перенесли на 13 апреля. В этот день пуск аварийный: отказала система управления расходом топлива. Следующий пуск назначили на июнь, но также пуск оказался неудачным.

Только в октябре был запущен первый спутник - «Космос - 1697».

Декабрь, 1985 года, четвертый полет ракеты, не сбросился головной обтекатель. Последующие пуски шли удовлетворительно. Были выведены на орбиту спутники «Космос» различных серий. Летные испытания ракеты «Зенит» завершились в 1987 году, в декабре.

Самые мощные используемые на данный момент ракеты-носители - это российская РН «Протон-М», американская РН «Дельта IV heavy» и европейская РН «Ариан V» тяжёлого класса, позволяющие выводить на низкую околоземную орбиту (200 км) 21-25 тонн полезного груза, на ГПО (Геопереходная орбита) — 6-10 тонн и на ГСО (Геостационарная орбита) — до 3-6 тонн [2]

Список литературы:

1. Wikipedia. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>, свободный.
2. Ruscocosmos. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ruscosmos.narod.ru>, свободный.

СЕКЦИЯ №3

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Радиоволновый метод обнаружения инородных объектов в трубопроводах

Антонов Д.В.

Научный руководитель: Шиян В.П., к.ф.–м.н. доцент
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ
Россия, г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 4
E-mail: 1aadsdfn@gmail.com

Одним из наиболее перспективных направлений развития неразрушающего контроля трубопроводов является радиоволновый метод. В современном мире большими темпами идет освоение газовых и нефтяных месторождений. Основным способом транспортировки нефти и газа являются трубопроводы, которые необходимо очищать от гидратных пробок и инородных объектов (строительный мусор, осколки дефектоскопа и т. д.), которые могут перекрывать сечение трубы. Радиоволновый метод является наиболее доступным способом диагностики неоднородностей трубопровода.

Радиоволновый метод основан на зондировании линии передачи (волновода) сверхвысокочастотным (СВЧ) импульсом наносекундной длительности с последующей фиксацией времени прохода отраженного от неоднородности импульса к входному концу волновода. Отражение СВЧ импульса от разных объектов не однотипное. Коэффициент отражения СВЧ импульса от диэлектрика меньше единицы, а для металлических поверхностей равен единице. Из этого следует, что металлические объекты могут быть обнаружены с большей надежностью. Также, большую роль, в исследовании трубопроводов играет рабочая среда, например, трёхкомпонентная газоконденсатная смесь, состоящая из газа, мелкодисперсных капель (аэрозоли) и воды. Именно эти компоненты определяют диэлектрическую проницаемость среды.

Для выяснения потенциальных возможностей радиоволновой дефектоскопии трубопроводов был создан лабораторный макет (рисунок 1).

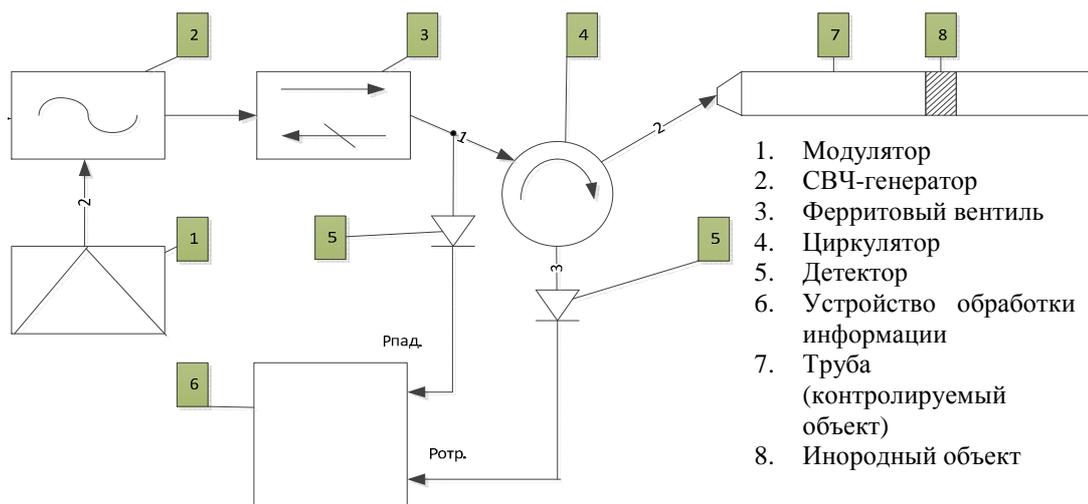


Рисунок 1 Принципиальная схема устройства радиоволновой диагностики

Сформированный генератором 2 СВЧ импульс длительностью 5 наносекунд и частотой заполнения 10 ГГц через ферритовый вентиль 3 попадает на вход 1 циркулятора 4 и далее через вход-выход 2 циркулятора в контролируемую трубу 7 диаметром 100 мм и длиной 1,5 м, в которой размещён имитатор инородного объекта 8. Затем отраженный импульс от имитатора возвращается на 2 вход-выход циркулятора, через выход 3 циркулятора импульс подается на детектор 5, откуда впоследствии огибающая отраженного импульса подается на ПК 6.

Для начала необходимо сформировать опорный импульс, который поможет задать точку отсчета времени прохождения импульса по трубе. Левый конец трубы закрываем металлической пластиной, от которого отразится опорный импульс. Этот импульс проходит через 2 вход-выход циркулятора на 3 выход. Затем с детектора огибающая этого импульса подается на устройство обработки информации (ПК и осциллограф). Временная отметка импульса на шкале времени используется в качестве опорного момента времени для последующего измерения временного интервала между импульсами.

Последующим нашим действием является удаления металлической пластины на левом конце трубы.

Затем в трубу помещаем металлический имитатор инородного объекта. И проводим ту же операцию: подаем СВЧ импульс в трубу и этот импульс, отразившись от имитатора, попадает на 2 вход-выход циркулятора, потом на 3 вход-выход, впоследствии с детектора огибающая отраженного импульса подается на устройство обработки информации. Таким образом, у нас сформировалась вторая метка времени. На экране осциллографа появляется два импульса, расположенные друг от друга на определенном временном интервале $\Delta t = t_2 - t_1$. За это время СВЧ импульс проходит двойное расстояние, поскольку движется сначала до объекта, а потом обратно.

$$l = V_{гр.} * \Delta t / 2, \quad (1)$$

где $V_{гр.}$ – скорость распространения СВЧ импульса по трубе.

Таким образом, зная скорость распространения СВЧ импульса в трубе и время Δt , за которое СВЧ импульс проходит двойное расстояние, сначала до неоднородного объекта, потом обратно, можно узнать расстояние до исследуемого объекта.

Исследование трубопроводов с помощью радиоволн – очень перспективный метод. Он позволяет без механического вмешательства определить положение неоднородного объекта, который нарушает нормальную работу трубопровода.

Список литературы:

1. Каневский И.Н. Неразрушающие методы контроля: учеб. пособие / И.Н. Каневский, Е.Н. Сальникова. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.
2. Лебедев И.В. ЛЗЗ Техника и приборы СВЧ. Под ред. Академика Н.Д. Девяткова. Учебник для студентов вузов по специальности «Электронные приборы», М., «Высшая школа», 1970. 440 стр. с илл. 1 л. вкл.
3. Матвеев В.И. Радиоволновый контроль: учебное пособие под общ. Ред. В. В. Клюева. М.: Издательский дом «Спектр» 2011.-184с. (Диагностика безопасности).

Исследование применимости радиационного контроля в досмотровых и поисковых системах

Бадьин С.С., Ковалев М.К., Григорьев М.Г.

Научный руководитель: Клименов В.А., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Badinss@mail.ru

На сегодняшний день терроризм по своим масштабам, по своим последствиям, по своей бесчеловечности и жестокости превратился в одну из самых страшных проблем. Ее решение является первоочередной задачей для всего мирового сообщества. Решить ее можно только при соответствующем уровне развития технологий, которые позволяют государственным органам успешно бороться с террористической угрозой. Среди них наиболее эффективными являются досмотровые системы.

Под досмотровым оборудованием понимается комплекс технических средств, используемый правоохранительными органами и службами охраны для контроля посетителей и пассажиров, а также их вещей (ручной клади, багажа и т. п.) при обеспечении безопасности различных учреждений, массовых мероприятий и общественного транспорта [1].

Приоритет в создании досмотрового оборудования остается за комплексным подходом к решению проблемы и соответственно существует достаточно широкий спектр приборов [2]:

- металлодетекторы;
- рентгеновское оборудование и комплексы;
- обнаружители паров взрывчатых веществ;
- обнаружители наркотических веществ;
- обнаружители часовых механизмов;
- приборы радиационного (дозиметрического) контроля;
- тепловизионные системы контроля;
- эндоскопы;
- досмотровые зеркала.

Наибольшее распространение получили рентгеновские досмотровые системы [3]. Этот тип оборудования представлен рядом установок, построенных по

различным схемам. Так, например, существуют установки, работающие на моноэнергетическом, мультиэнергетическом и обратнорассеянном излучении [4]. Детекторные блоки также представлены широким спектром принципов регистрации, используются ионизационные камеры, сцинтилляторы, в частности такие перспективные разработки как сцинтиллирующее стекловолокно, применяются счетчики Гейгера или же специальные полупроводниковые диоды.

Так как воздействие ионизирующего излучения вредно для здоровья, то у людей возникают опасения при контакте с радиационным оборудованием. Но рентгеновские досмотровые установки при правильной их эксплуатации безопасны как для персонала, так и для досматриваемых граждан. Тем не менее, к настоящему моменту не выработан единый подход к оценке безопасности подобных систем, поэтому вопрос о досмотре граждан должен решаться с учетом согласия досматриваемого пройти контроль таким способом.

На основании всего вышеизложенного, можно утверждать, что в ближайшие годы, перспективными направлениями для применения рентгеновской досмотровой техники будут оставаться предприятия транспорта (аэропорты, железнодорожные станции и вокзалы, морские и речные порты, метрополитен), места проведения массовых мероприятий и массового скопления людей (спортивные сооружения, театры, концертные залы, учебные заведения), предприятия общественного питания (рестораны, кафе) и, безусловно, объекты таможенного контроля. Хотя уже в настоящее время появилась тенденция к оснащению подобными системами всех крупных организаций [5].

В техническом смысле развитие рентгеновских досмотровых устройств будет идти по пути взаимной интеграции с системами, основанными на других физических явлениях, и автоматизации процесса контроля.

К другому классу оборудования, тесно связанному с досмотровым, относятся поисковые системы. Их принципиальным отличием является ориентация на выявление взрывчатых веществ и взрывоопасных предметов.

Современное состояние возможных методов обнаружения взрывных устройств характеризуется многообразием. Их анализ показывает, что каждый из них обладает какими-либо ограничениями, наибольшее применение нашли следующие средства [6]:

- металлоискатели;
- саперные щупы;
- собаки, обученные по программе минно-розыскной службы;
- дрейф спектрометры;
- газовые хроматографы;
- экспресс-тесты;
- СВЧ устройства;
- оборудование, работающее на принципе ядерного квадрупольного резонанса;
- нейтронные обнаружители.

Во всей совокупности рассмотренных выше методов обнаружения и идентификации наиболее эффективными принято считать методы непосредственного обнаружения взрывчатых веществ, среди которых наиболее перспективными, являются нейтронные методы.

Среди них можно выделить две основные группы, это нейтрон-нейтронные основанные на облучении объекта контроля нейтронами и регистрации обратнорассеянных медленных нейтронов и нейтрон-гамма методы, где

регистрируется гамма-излучение радиационного захвата нейтронов азотом, в то время как для нейтрон-нейтронного метода основой является реакция на локальное увеличение содержания водорода в зоне контроля. Еще одним из перспективных методов обнаружения взрывчатых веществ является метод, основанный на наносекундном нейтронном анализе, который позволяет проводить фильтрацию фонового гамма-излучения возникающего из-за взаимодействия нейтронов с конструктивными элементами установок, с веществом исследуемого объекта и всего окружающего установку и исследуемый объект пространства.

Таким образом, использование нейтронных методов для решения задач поиска взрывчатых веществ представляется весьма перспективным. Однако создание приборов на основе этих методов до сих пор не получило массового распространения. Во многом это связано с проблемами защиты от ионизирующего излучения, возникающего при работе подобных приборов, а так же с трудностью хранения и транспортировки радионуклидных источников. Тем не менее, совершенствование нейтронных методов и разработка приборов на их основе остается перспективным направлением, т. к. по всем параметрам данный метод превосходит остальные.

Список литературы:

1. Ковалев А.В., Возможности методов неразрушающего контроля в обеспечении национальной безопасности. Часть 1 // «Мир и безопасность». – № 5. – 2004.
2. Антонов К.А., Андрюшин О.Ф., Ахматов А.П. Этапы развития отечественной досмотровой техники // «Специальная техника». – № 2. – 2006.
3. Горбачев Ю.П. Антитеррористическое оборудование: состояние и перспективы // «Пожарная безопасность». – 2004.
4. Ковалев А.В. Антитеррористическая и криминалистическая диагностика. – М.: Машиностроение, 2005. – 789 с.
5. Хухрыгин А.П. Рентгенотелевизионные досмотровые установки как базовый элемент антитеррористических мероприятий. «Формула безопасности», 2008 г.
6. Петров С.И. К оценке возможности обнаружения взрывчатых веществ и устройств, содержащих их // «Специальная Техника». – № 4. – 2001.

Разработка пьезоэлектрического преобразователя для мобильного метеокомплекса

Бадьин С.С., Ковалев М.К., Григорьев М.Г.

Научный руководитель: Клименов В.А., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Badinss@mail.ru

С 1994 года в Институте мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук ведутся интенсивные разработки в области создания автоматических метеорологических измерительных систем и комплексов с ультразвуковым каналом измерения скорости ветра и температуры воздуха. В период с 1996 по 1999 годы в этих работах принимал участие Научно-исследовательский институт интроскопии (Томский политехнический университет) в части разработки пьезокерамических электроакустических преобразователей для генерации и детектирования ультразвуковых импульсов. Результаты этих работ,

приведённых в совместных публикациях [1–3], легли в основу разработки ультразвуковых преобразователей для автоматического метеокомплекса АМК-03, разработанного в ИМКЭС СО РАН совместно с ООО «Сибаналитприбор» организован серийный выпуск автоматических метеокомплексов.

Многолетняя эксплуатация метеокомплекса в различных климатических условиях подтвердила его высокие технические характеристики и степень надёжности, в том числе и используемых в нём электроакустических преобразователей. Но в процессе реальной эксплуатации обнаружились и некоторые ограничения технических возможностей метеокомплекса, препятствующие более широкому его внедрению.

Проблемы АМК-03 и основные причины.

1. Нарушение работоспособности ультразвуковых каналов (вплоть до полного отказа работы) в условиях низких температур окружающего воздуха (ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$). Основная причина: возникновение прямого акустического контакта активного элемента ультразвукового излучателя с ультразвуковым приёмником непосредственно через элементы несущей арматуры (нержавеющая сталь) за счёт изменения акустических свойств применяемых изоляционных материалов в условиях низких температур окружающей среды.

2. Относительно большие габариты ультразвуковой измерительной головки, обусловленные размером (диаметром) применяемых пьезокерамических элементов ($D = 10\text{ мм}$).

Основная причина: необходимость генерации акустического импульса достаточной интенсивности, обеспечивающей уверенное детектирование сигнала приёмным каналом при наличии всех мешающих факторов (колебания температуры окружающей среды, жидкие и твёрдые осадки, пыль, туман и пр.)

Для уменьшения габаритов ультразвуковой измерительной головки можно использовать пьезокерамические элементы уменьшенного диаметра (6–8 мм), но при том условии, если разработанный демпфер, обеспечил бы повышенный коэффициент затухания и обладал большой надёжностью в различных условиях эксплуатации.

При разработке демпфера необходимо учесть также удельное волновое сопротивление среды или импеданс:

$$Z = \rho \cdot C ,$$

где ρ – плотность, C – скорость звука в материале.

Требования к материалу демпфера противоречивы, одновременно он должен обладать акустическим импедансом схожим с импедансом пьезопластины и обладать достаточным коэффициентом затухания.

Известны случаи успешного использования в качестве демпфера латуни и бронзы [4], обладающих волновым сопротивлением близким к пьезокерамическим, и сравнительно большим коэффициентом затухания. Неплохие результаты получены при использовании в качестве демпфирующей массы компаунда из галлия, олова и никеля с вольфрамовым наполнителем [5], однако трудности его изготовления ограничивают применение в серийном производстве. Авторы технического решения [6] рекомендуют создавать рыхлый крупнозернистый слой в демпфере на стороне, противоположной контактирующей с пьезопластиной. При этом демпфер изготавливают из сплава Вуда или сплава Розе, что не способствует высокой способности поглощать ультразвук. Тем не менее идея, о необходимости

присутствия крупнозернистой структуры в составе конструкции демпфера является правильной. Часто материалом демпфера служит эпоксидная смола, смешанная с наполнителем из мелкодисперсного порошка вольфрама. Наибольший достижимый импеданс данных демпферов составляет $5,5 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \frac{\text{С}^3}{\text{М}}$, что не сопоставимо с импедансом пьезокерамики.

Известен материал, представляющий собой связанные кремнийорганическим герметиком ВИКСИНТ полые корундовые микросферы. Структура функционально-композитного материала приведена на рисунке 1.

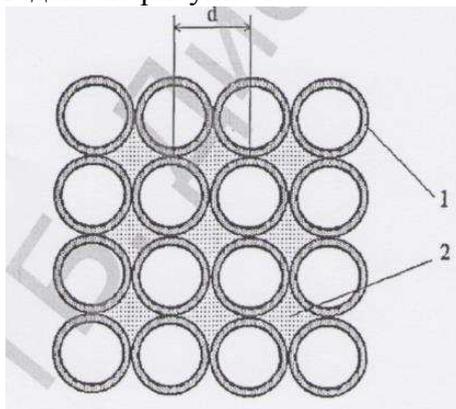


Рисунок 1 Структура функционально-композитного материала, обеспечивающего затухание ультразвуковых колебаний

Особенностью такой структуры является плотная упаковка микросфер. Объем изготовленного образца равен объёму насыпки микросфер (порошки микросфер отличаются исключительно высокой текучестью и занимают объём компактирования без приложения дополнительного давления), а объём связующего вещества не превышает объёма открытой пористости при плотной упаковке микросфер.

Композит на основе полых корундовых микросфер и связующего клея обладает коэффициентом затухания $\alpha = 52 \frac{\text{дБ}}{\text{мм}}$, что вполне удовлетворяет поставленной задаче. Данный материал уже несколько лет используется для создания ультразвуковых медицинских аппаратов. Следует материал на основе, связанных клеем компаундом микросфер, может быть использован для создания АМК-03.

Для связывания микросфер можно использовать какой-либо другой клей с иными акустическими и температурными свойствами. Демпфер данной конструкции можно применять при построении ультразвуковых измерителях скорости потока, расходомеров, медицинских приборов, дефектоскопов и при решении различных технических задач.

Список литературы:

1. Капранов Б.И., Корольков В.А., Коротков М.М., Шаверин В.А. О конструировании преобразователей, работающих на малоимпедансную нагрузку. Тезисы докладов Международного симпозиума «Контроль и реабилитация окружающей среды». – Томск: Издательство СО РАН, 1998. – С 63–64.

2. Азбукин А.А., Богушевич А.Я., Бурков В.В., Ваулин П. П., Капранов Б.И., Корольков В.А., Ростов А.И., Хмельницкий Г.С. Автоматизированный метеокомплекс нового поколения // Тезисы докладов III Межреспубликанского симпозиума «Оптика атмосферы и океана». – Томск, 1996. – С. 41.

3. Азбукин А.А., Береснев В.А., Капранов Б.И., Корольков В.А. Ультразвуковой термоанемометр ТАУ-01 Тезисы докладов Международного симпозиума «Контроль и реабилитация окружающей среды». – Томск: Издательство СО РАН, 1998. – С. 42–43.

4. Патент. 1619165 (СССР). Материал демпфера ультразвукового преобразователя/ В. В. Лобанов, И. С. Байдин // Б. И. – 1991. -№ 1.

5. Патент 1272226 (СССР). Материал для демпфера ультразвукового преобразователя / А.В. Медведев, Г. И. Овчинников // Б.И. – 1986. – № 43.

6. Патент 888029 (СССР). Способ изготовления демпфера ультразвукового преобразователя/ А.А. Белаш, Т.Н. Волченков // Б.И. – 1981. – №4 5.

Обеспечение заданной усталостной прочности деталей космических аппаратов

Барандич Е.С.

Научный руководитель: Выслоух С.П., к.т.н., доцент

Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт», 03056, Украина, г. Киев, пер. Ковальский, 22(а), к. 520

E-mail: Barandichk@ukr.net

Многие детали, входящие в состав конструкций космических аппаратов, работают в условиях переменных напряжений, которые возникают в элементах конструкций под действием переменных по времени или направлению нагрузок. При этом поломка деталей может происходить вследствие усталостного разрушения и привести к выходу из строя определенного узла или аппарата в целом. А поскольку одним из наиболее значимых параметров качества космических аппаратов является их надежность, важной задачей является обеспечение заданного уровня усталостной прочности деталей.

Анализ литературных источников показал, что очаги разрушения деталей от усталости материала зарождаются на их поверхности [1]. Это могут быть отдельные поверхностные дефекты, неровности, риски и т.п. Таким образом, усталостная прочность деталей в значительной степени должна определяться состоянием поверхностного слоя. Однако, не все параметры состояния поверхностного слоя в равной степени влияют на усталостную прочность деталей. Помимо свойств материала детали, ее размеров и наличия концентраторов напряжений на усталостную прочность значительное влияние имеют: параметры шероховатости (в особенности R_{\max} и S_m); остаточные напряжения, их знак, величина и глубина залегания; степень и глубина упрочнения. Известно, что формирование качественных характеристик поверхностного слоя происходит при изготовлении детали под действием пластических деформаций, высоких температур. Результаты испытаний образцов, описанные в [2], поверхность которых имеет различную чистоту обработки, свидетельствуют о том, что предел выносливости, полученный для образцов с полированной поверхностью, выше, чем для образцов со шлифованной поверхностью, а предел выносливости последних выше, чем образцов

с поверхностью, обработанной резцом. Известны также методы поверхностного упрочнения деталей [3], которые позволяют без изменения размеров создать наклеп, стабильные остаточные напряжения и благоприятный микропрофиль. К таким методам относятся: виброударный, пневмоударный, дробеструйный, ударно-барабанный и др. Однако, при этом с улучшением качества поверхности снижается ее точность, что является недопустимым для прецизионных деталей.

Поскольку основным методом формообразования поверхностей деталей является механическая обработка, целесообразным является создание методики определения оптимальных режимов резания, которые будут обеспечивать необходимое значение предела выносливости, что численно характеризует усталостную прочность деталей. С этой целью, на основе методов многомерного статистического анализа, а также известных из научных работ и справочной литературы экспериментальных данных, разработаны теоретико-экспериментальные зависимости между пределом выносливости деталей после механической обработки и технологическими условиями обработки. Использование данной методики позволит еще на этапах технологической подготовки производства обеспечить необходимое значение предела выносливости, а, следовательно, и усталостной прочности деталей.

Список литературы:

1. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с., ил.
2. Александров А.В. Сопротивление материалов: Учеб. для вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов, Б.П. Державин; Под ред. А.В. Александрова. – 3-е изд. испр. – М.: Высш. шк., 2003. – 560 с.: ил.
3. Бойцов В.Б., Чернявский А.О. Технологические методы повышения прочности и долговечности: Учебн. пособие для студентов / В.Б. Бойцов, А.О. Чернявский. – М.: Машиностроение, 2005. -- 128 с.; ил.

Исследование характеристик электрических соединений в бортовой кабельной сети космических аппаратов

Васильев И.С., Ефремов С.В., Ким В.С.

Научный руководитель: Ким В.С., к.ф-м.н., доцент

ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева», 662972, Россия, г. Железногорск, Красноярский край, ул. Ленина, 52

E-mail: vasilyev_is@sibmail.com

Надежность является важнейшей характеристикой любого космического аппарата (КА), так как почти полностью отсутствует возможность ликвидации неисправностей в процессе его эксплуатации.

С целью обеспечения все более жестких требований, происходит постоянное развитие технологий. Особенно резкие темпы в развитии технологий произошли с начала 2000-х годов. Результатом данного развития стало увеличение срока активного существования (САС) вновь разрабатываемых КА в 1,5...2, достигающего 15 лет. Это стало возможно благодаря комплексному подходу к проектированию, изготовлению и испытанию всех подсистем КА.

Применение новых технологий и материалов позволило повысить надежность КА и улучшить их габаритно-массовые показатели. Так, например, переход на современную технологию с использованием метода 3-D проектирования бортовой кабельной сети (БКС) позволил существенно снизить массу БКС. Применение данного подхода потребовало применения современных облегченных субминиатюрных (тип D-sub) и микроминиатюрных (тип Micro-D) соединителей с извлекаемыми контактами под обжимку, а также обжимные сростки, используемые для сращивания участков проводов в кабельных жгутах.

Данные соединители и обжимные сростки имеют большую степень надежности, чем соединители под пайку, имеют уровень качества Space и способны бесперебойно выполнять свои функции в течение не менее 15 лет при заданных условиях эксплуатации [1]. Однако, с учетом постоянно возрастающих требований к надежности и ресурсу КА, представляет интерес вопрос о надежности работы данных соединительных элементов при длительности эксплуатации свыше 15 лет, или при эксплуатации в более жестких условиях. Для решения данного вопроса, с целью исследования изменений характеристик обжимных электрических соединений с течением времени, в открытом акционерном обществе «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнева» проводятся термовакуумные испытания (ТВИ). Условия испытаний максимально приближены к условиям эксплуатации КА на геостационарной орбите в течение САС до 15 лет:

- атмосферное давление: $1,33 \cdot 10^{-3}$ Па (10^{-5} мм. рт. ст.);
- квалификационный диапазон температуры термоциклирования: от -120 до 110 °С (эксплуатационный диапазон температуры КА: от -50 до 50 °С);
- скорость изменения температуры: ± 5 °С/мин;
- ток нагрузки: 4,8 А;
- объем термоциклирования: 3250 циклов, имитирующих количество входа/выхода КА в область Тень/Солнце.

Так как одной из основных характеристик любого электрического контакта является стабильность электрического сопротивления в течение эксплуатации, данный параметр был взят в качестве контролируемой величины. Критерием недопустимого ухудшения электрических характеристик соединений и провода является увеличение электрического сопротивления более чем на 20 % от первоначального значения [2]. Контроль изменения характеристик обжимных электрических соединений проводится примерно после выполнения каждых 100 циклов изменения температуры. В настоящий момент проведено 1350 циклов изменения температуры в условиях вакуума. Усредненные результаты испытаний по 5 обжимным электрическим соединениям приведены в таблице 1.

Таблица 1 Результаты испытаний

Количество термоциклов, <i>n</i>	Усредненные электрические сопротивления обжимных контактов	
	$R_{к.ср}$, Ом	$\Delta R_{к.ср}$, %
0	$4,400 \cdot 10^{-4}$	0
103	$4,370 \cdot 10^{-4}$	-0,643
209	$4,369 \cdot 10^{-4}$	-0,711

300	$4,367 \cdot 10^{-4}$	-0,746
404	$4,491 \cdot 10^{-4}$	2,065
531	$4,366 \cdot 10^{-4}$	-0,781
600	$4,327 \cdot 10^{-4}$	-1,649
622	$4,356 \cdot 10^{-4}$	-1,001
730	$4,319 \cdot 10^{-4}$	-1,845
822	$4,151 \cdot 10^{-4}$	-5,655
922	$4,386 \cdot 10^{-4}$	-0,332
1027	$4,260 \cdot 10^{-4}$	-3,181
1127	$4,212 \cdot 10^{-4}$	-4,279
1234	$4,250 \cdot 10^{-4}$	-3,418
1322	$4,199 \cdot 10^{-4}$	-4,559
1350	$4,238 \cdot 10^{-4}$	-3,674

Для наглядности, на рисунке 1 результаты испытаний представлены в виде графика зависимости сопротивления обжимных электрических контактов от количества циклов изменения температуры.

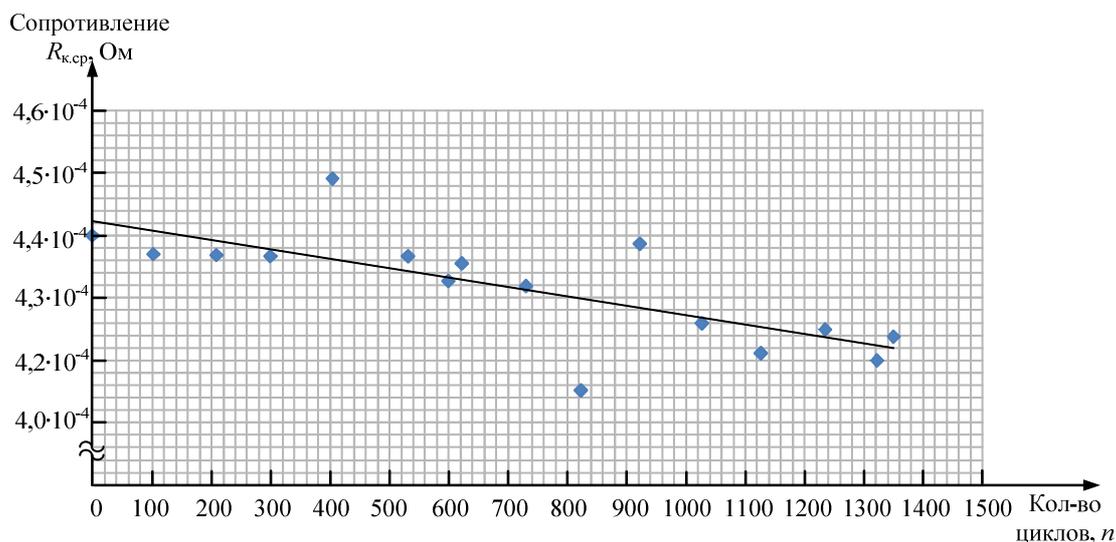


Рисунок 1 Усредненные результаты испытаний по группе обжимных электрических соединений

Из рисунка 1 видно, что с увеличением числа термоциклов, электрическое сопротивление обжимных соединительных элементов уменьшается. Скорость уменьшения сопротивления невелика и лежит в пределах 1,3 % за весь период испытаний.

Такое поведение объясняется двумя основными факторами:

- взаимная диффузия металлов соединительного элемента и провода;
- реструктуризация и снятие остаточных механических напряжений в зоне обжатия, приводящей к пластической деформации микровыступов на поверхности обжимаемых металлов.

В результате прохождения данных процессов происходит постепенное увеличение эффективной площади электрического контакта. В свою очередь,

увеличение эффективной площади контакта, через которую протекает электрический ток, приводит к уменьшению так называемого сопротивления стягивания через области непосредственного металлического контакта (а-пятна) [3].

Выводы по работе.

Представленные результаты позволяют сделать вывод о высокой устойчивости обжимных электрических контактов к воздействию внешних факторов. Дальнейшее проведение испытаний позволит применять данный тип контактов в более жестких условиях или в течение более длительного САС. Однако необходимо учесть, что КА могут эксплуатироваться на различных орбитах, следовательно, количество циклов входа/выхода в область Тень/Солнце может изменяться в широких пределах – от 1000 до 3250.

Полученные результаты испытаний электрических соединений также необходимы для создания полуэмпирической модели, позволяющей прогнозировать изменения характеристик новых типов конструкций электрических контактов.

Список литературы:

1. Васильев И.С., Ким В.С., Ефремов С.В. «Надежность электрических соединений в бортовой кабельной сети перспективных космических аппаратов» / «Науковедение». 2013. № 3.
2. ОСТ 16 0.800.365-76. Провода монтажные низковольтные. Общие технические условия.
3. Хольм Р. Электрические контакты /Р. Хольм. – М.: Изд-во иностр. лит., 1961.– 464 с.

Исследование характеристик сигналов раздельно-совмещенного преобразователя импульсного импедансного дефектоскопа

Водзик Д.П.

Научный руководитель: Еременко В.С., к.т.н., профессор

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 03056, Украина, г. Киев, пр. Победы, 37

E-mail: vodzik.92@mail.ru

Основной задачей при разработке методов и систем неразрушающего контроля является нахождение информативных параметров сигналов, получаемых в результате взаимодействия с объектом диагностики, несущих информацию о состоянии диагностированного изделия.

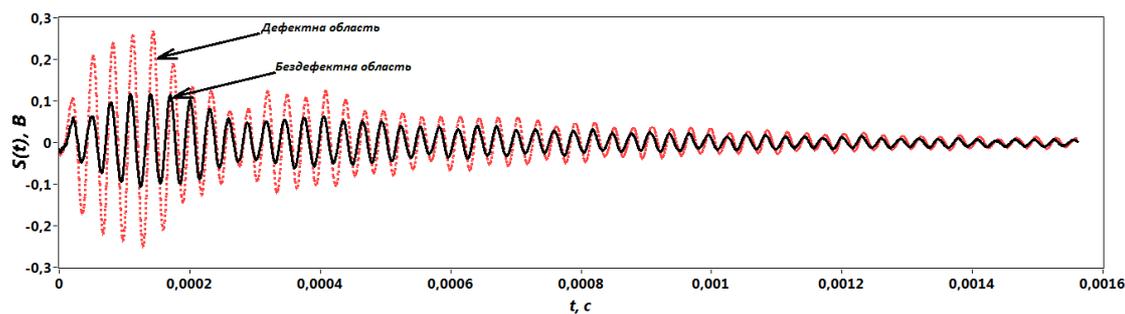
Сегодня при диагностике состояния изделий из композиционных материалов импедансным методом доминирует детерминистический подход к измерению и анализу информационных сигналов, т.е. эти сигналы рассматриваются как некоторые детерминированные функции времени. Принятие решений в процессе контроля базируется на определении пороговых значений используемых диагностических признаков полученных с помощью эталонных образцов и сравнению их с измеренными в процессе контроля.

Однако, детерминистические методы приемлемы лишь в случае, когда существует возможность многократного повторения эксперимента при идентичных начальных условиях. Обеспечивая это, искусственно занижается достоверность контроля, так как в процессе исследования случайные факторы не должны влиять на

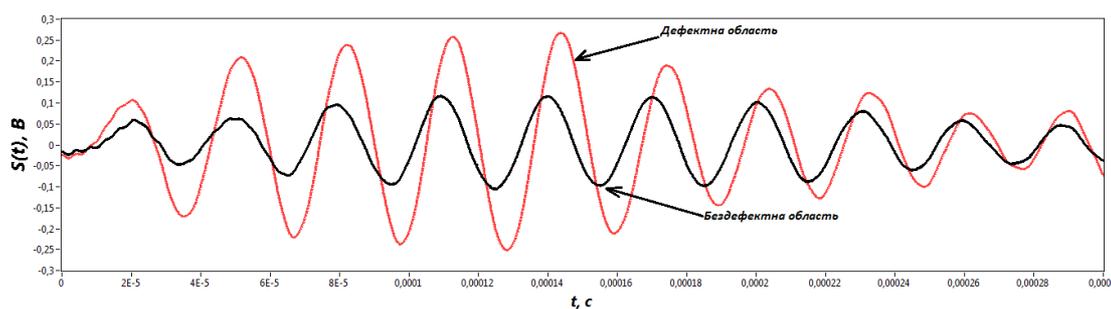
результат измерений. К случайным факторам возникающим при неразрушающего контроле изделий с помощью импедансного метода можно отнести следующие: глубину залегания дефекта, его форму, раскрытие, краевые условия закрепления обшивки вокруг области повреждения, наличие воздушных посторонних включений в наполнителе и другие факторы. Кроме того вклад в суммарную случайную составляющую вносят такие факторы как состояние поверхности ОК, скорость сканирования, изменение толщины поверхностного слоя и др.

Изменение механического импеданса зоны взаимодействия между преобразователем и объектом контроля влияет на амплитуду, фазу и частоту выходного электрического сигнала [1, 2]. Кроме того различия физико-механических характеристик контролируемой зоны могут приводить к изменению формы огибающей информационного сигнала.

Для оценки влияния изменения импеданса контролируемой зоны на параметры информационного сигнала РС преобразователя были проведены экспериментальные исследования образца композиционной панели в виде сотовой панели с искусственно нанесенным дефектом. С помощью разработанного аппаратно-программного комплекса были получены осциллограммы импульсов с приемного пьезоэлемента распределено-совмещенного преобразователя, представленные на рисунке 1. В процессе исследования были получены данные с бездефектной и дефектной областей образца.



а)



б)

Рисунок 1 Осциллограммы выходных сигналов РС-преобразователя: а - полная реализация на интервале 0-0,0003 [с], б - отрезок сигнала

Как видно из приведенных осциллограмм, изменение характеристик исследуемой зоны влияет на приведенные выше параметры результирующего

сигнала. Кроме того имеет место изменение несущей частоты сигнала на интервале $[0; 0,0003]$ от начала импульса.

Излучающий вибратор преобразователя имеет постоянный контакт с объектом контроля. Свободные колебания в системе вибратор ОК возбуждаются путем быстрого разряда через тиристор предварительно заряженной емкости излучающего пьезоэлемента. При этом в вибраторе возникают продольные колебания, а в ОК - изгибные. Этот процесс можно рассматривать как суперпозицию импульсов свободно затухающих колебаний с несущими частотами, равными собственным частотам нагруженного вибратора. Система имеет несколько собственных частот из которых наиболее информативны две: «полуволновая» f_{II} и «низкая» f_H . Результирующее возбуждение колебания представляет собой сумму экспоненциально затухающих колебаний с несущими частотами f_{II} и f_H [3].

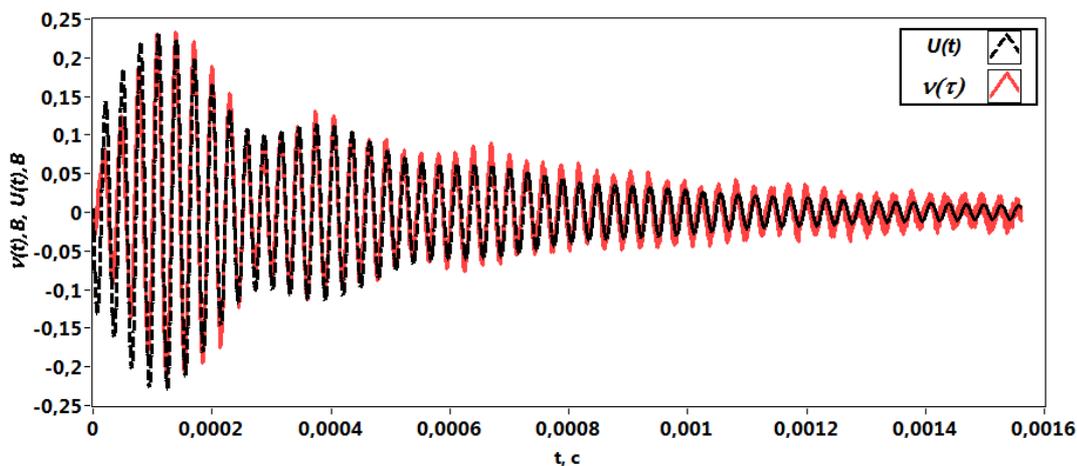
Резонансные свойства принимающего вибратора РСП обуславливают постепенное нарастание огибающей информационного сигнала, а после достижения относительного максимума ее экспоненциальное убывание.

Приближенную модель информационного сигнала преобразователя во временной области можно представить в виде суммы двух экспоненциально затухающих колебаний:

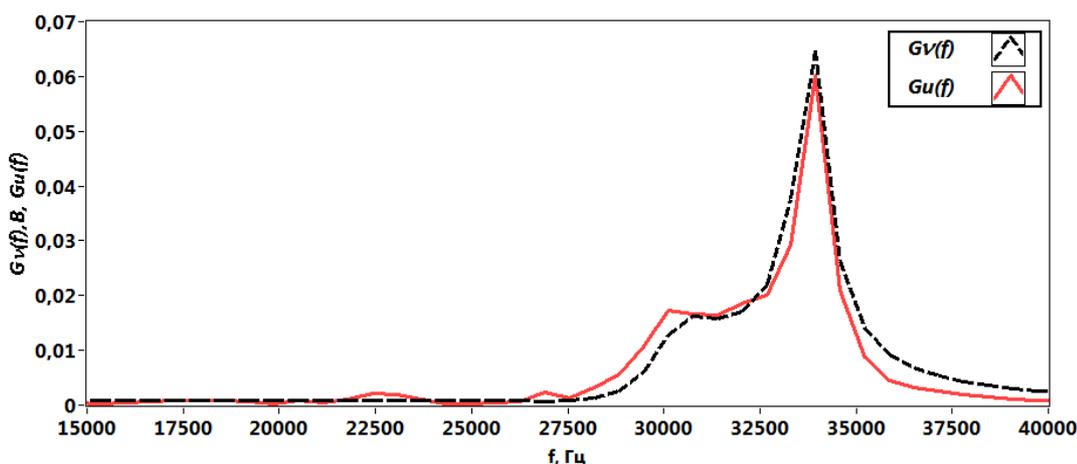
$$v(t) = A_1 \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1) \cdot e^{-\delta_1 P(t)} + A_2 \sin(2\pi f_2 t + \varphi_2) \cdot e^{-\delta_2 P(t)},$$

где δ_1, δ_2 - коэффициенты затухания; $f_1 = f_H$, $f_2 = f_{II}$ - центральные частоты, A_1, A_2 - амплитуды; $P(t) = 2 \cdot \left(t - \left[\frac{1}{2} + t \right] \right)$.

На рисунке 2 а) представлено смоделированный импульсный сигнал $v(t)$ с параметрами составляющих: $A_1 = 0,23$, $A_2 = 0,1$, $\delta_1 = 1059$, $\delta_2 = 2344$, $f_1 = 33870 \Gamma\text{ц}$, $f_2 = 30280 \Gamma\text{ц}$, $\varphi_1 = 0$, $\varphi_2 = 182,60$, вместе с сигналом $U(t)$ полученным из бездефектной области тестового образца с помощью отдельно-совмещенного преобразователя. На рисунке 2 б) приведены спектры модельного $Gv(f)$ и реального $Gu(f)$ сигналов.



а)



б)

Рисунок 2 Результаты моделирования сигнала раздельно-совмещенного преобразователя: а) реализации сигналов б) спектры сигналов

Исследование показывает, что представленная модель хотя и является сравнительно простой, однако позволяет точно настроить импульсы полученные от РСП в процессе контроля.

Список литературы:

1. Ланге Ю. В., Московенко М. Б. Низкочастотные акустические методы неразрушающего контроля. Дефектоскопия, 1978, №9, с.22 – 36.
2. Еременко В.С. Исследование дефектов в сотовых панелях низкочастотными акустическими методами / В. С. Еременко, О. А. Дереча, Е.Ф. Суслов, Е.О. Пиколенко // Научни известия, София. - 2011. - С. 49 - 51.
3. Еременко В.С. Система импедансного контроля композиционных материалов / В.С. Еременко, Ю.В. Куц, Е.Ф. Суслов // V Международная научно-практическая конференция «Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments»: тезисы докл. - М. : Издательство РУДН, 2006. - С. 345 - 348.

Моделирование электрической активности сердца

Григорьев М.Г., Турушев Н.В.

Научный руководитель: Авдеева Д.К., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Mishatpu@sibmail.com

По данным всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) от болезней сердца и сосудов каждый год в мире погибают более 17 миллионов человек. Более того, согласно прогнозу ВОЗ к 2030 году умрет ещё около 23,6 миллионов человек. В России, в 2012 году от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) погибли 1 млн. 232 тыс. 182 человека (рисунок 1) [1].



Рисунок 1 Отчет ВОЗ по ССЗ за 2012 г.

Основным наиболее распространенным в медицинских учреждениях различного уровня является электрокардиографический (ЭКГ) метод исследования состояния сердечно-сосудистой системы человека. ЭКГ метод является методом функциональной диагностики с количественной оценкой результатов исследования. Впервые кардиографические исследования были проведены в конце 19-го века шотландским ученым Александром Мьюхэдом [2]. Тело представляет собой объемный проводник. Активная работа сердца приводит к генерации электромагнитного поля, которое может быть измерено на поверхности тела. Это поле в ходе возбуждения сердца постоянно меняется и характеристики этого поля в каждый момент времени зависят от того, в каком направлении движется по сердцу волна возбуждения. Изучение этого поля позволяет судить о последовательности возбуждения предсердий и желудочков.

Решением данной проблемы занимается множество предприятий, но особого успеха добились лишь единицы.

Проведенный анализ показал, что в настоящее время отсутствуют аппаратно-программные комплексы (АПК) для массового применения (в отделениях функциональной диагностики и кардиологии, в стационарах, в поликлиниках и медико-санитарных частях, в машинах скорой помощи, а также в частной медицинской практике, в домашних условиях, в постоянно носимых аппаратах) с целью неинвазивного углубленного исследования сердца путем регистрации низкоамплитудных потенциалов сердца с поверхности тела человека без процедуры осреднения кардиоциклов и фильтрации. Подобные аппараты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Название фирмы	Кол-во отведений	Уровень сигнала, мкВ	Частотный диапазон, Гц	Цена, тыс. руб
Геолинк-Электроникс (Россия)	3	6	0,03-10,0	270

Rozinn (США)	3	8	0.05-70	385
OXFORD (Англия)	3	5	0,05-100	400
ФГБОУ ВПО НИ ТПУ (Россия)	3-12	0,3	0-10000	<50
Davis Medical Electronics Inc. (США)	3-12	2	0.05-60	227
HELLIGE (США)	3-12	5	0,05 -100	417
CardioMem CM 3000 (Германия)	3	8	0,03-70	160
Scan Tech Medical, LLC (США)	3	6	0.05-100	163

Как видно из таблицы, рыночная стоимость кардиографов известных компаний непомерно велика по сравнению с предложенным нами продуктом. Это связано с тем, что в устройстве используются разработанные нами наносенсоры, позволяющие без использования фильтров и осреднения получать сигналы нановольтового уровня.

Актуальным для совершенствования диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе и для ранней диагностики сердца взрослых, детей, младенцев и плода, является разработка нового поколения наносенсоров и компьютеризированной ЭКГ - аппаратуры высокого разрешения для применения в поликлиниках и в домашних условиях.

Для решения данной задачи необходимо исследование численной модели распространения возбуждения в сердечной мышце.

Возбуждение распространяется по сердечной ткани с определенной скоростью, различной для разных отделов сердца (рисунок 2).

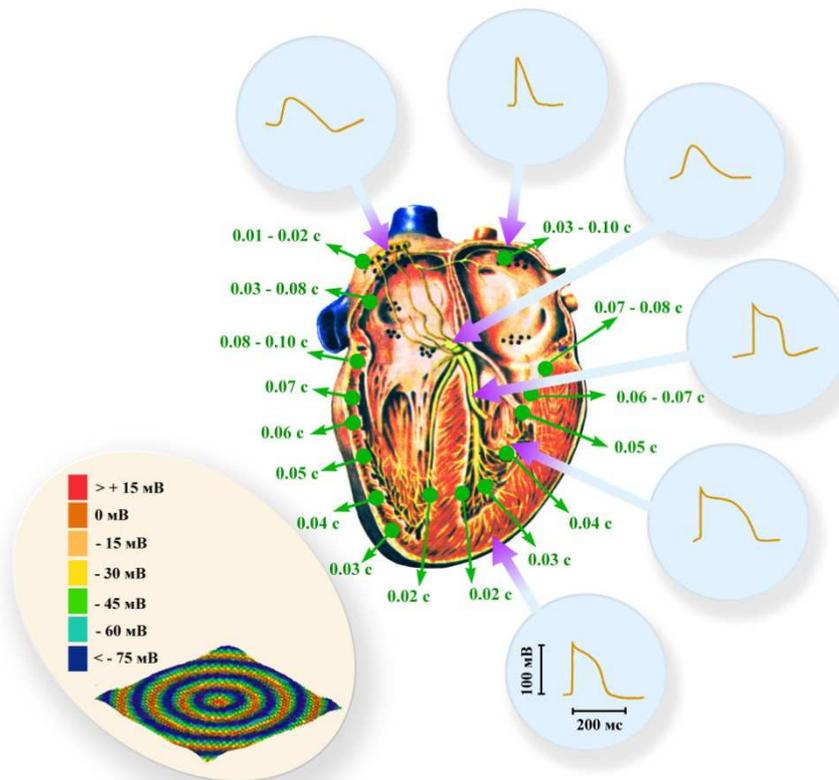


Рисунок 2 Схема пространственно-временной организации нормальной работы сердца человека. Зеленые надписи и стрелки указывают время прихода волны возбуждения в данную область сердца. Голубые врезки показывают форму профиля бегущей волны (т.н. «потенциала действия») в разных областях сердца, обусловленную различием свойств элементов возбудимой среды, которую формируют ткани сердца. Бежевая врезка — нормальное распространение бегущей волны возбуждения из пейсмекерной зоны в центре (синусового узла) в сторону краев (по рабочему миокарду) в простейшей имитационной математической модели [3]

В результате формируется пространственно-временная организация возбуждения сердца, обеспечивающая его функционирование. При моделировании процесса распространения возбуждения необходимо учитывать все особенности организации возбуждения в сердце.

Для реализации моделирования процесса распространения возбуждения в сердце, в рамках концепции оценки состояния сердечно-сосудистой системы (ССС), на базе лаборатории № 63 института неразрушающего контроля предполагается разработка аппаратно-программного комплекса. Алгоритм работы АПК представлен на рисунке 3.

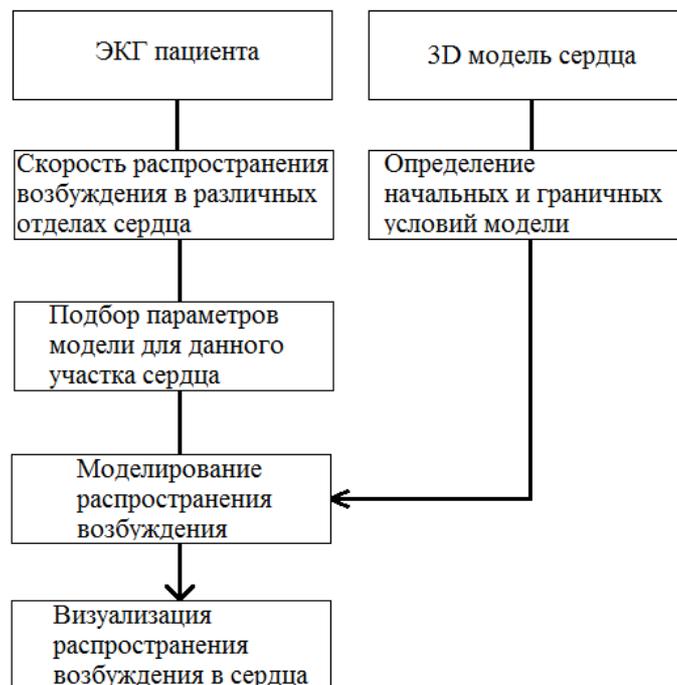


Рисунок 3 Алгоритм моделирования процесса распространения возбуждения в сердце

Согласно алгоритму сначала на основе анализа кардиографической информации осуществляется задание начальных и граничных условий модели, затем определяются параметры модели для различных анатомических отделов сердца, и моделируется распространение возбуждения. По результатам моделирования осуществляется визуализация распространения возбуждения на поверхности сердца пациента.

Список литературы:

1. Сердечно - сосудистые заболевания. Информационный бюллетень N°317. // Сайт Всемирной организации здравоохранения [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru/index.html>. – Загл. с экрана.

2. Alexander Muirhead // Wikipedia.com: [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Muirhead(дата обращения: 11.02.2014).

3. Сердце человека // Wikipedia.ru: [Электронный ресурс]. – режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Сердце_человека (дата обращения: 18.02.2014)

Испытания конструкций космических аппаратов

Данылюк А.А.

Научный руководитель: Барандич Е.С., ассистент

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 03056, Украина, г. Киев, пр. Победы, 37

E-mail: sasha59280@mail.ru

При испытаниях космических аппаратов, в качестве воздействующих берут такие механические факторы: линейное ускорение, удар, вибрация и их сочетание. Механические испытания нужны с целью контроля прочности объектов их устойчивости к вибрациям и ударам, а также к центробежным нагрузкам. Агрегаты и узлы космических аппаратов должны сохранять свои свойства во время и после механических воздействий. Все испытания должны соответствовать штатным условиям эксплуатации. Как правило, всем видам испытаний подвергается один и тот же образец агрегата.

Испытательная установка выбирается соответственно испытательным режимам и массы агрегата или узла космического аппарата. Если имеется несколько вибрационных установок, то выбирается та, у которой наиболее высокая частота основного резонанса. Но если в наличии не имеется таких установок, на которых должны проводиться испытания, изготавливаются специальные установки.

Средства измерения выбираются в зависимости от величины измеряемых параметров, точности и формы информации, которая в дальнейшем будет использоваться. Очень важно правильно закрепить их на агрегате, чтобы не было искажения результатов. Поэтому в таких случаях можно использовать резьбы, различные клеи и другие способы креплений. Выбираются контрольные точки на приспособлениях крепления агрегатов к испытательной установке. Туда устанавливаются измерительные преобразователи. Если такие приспособления отсутствуют, то контрольные точки выбирают на столе испытательной установки.

Испытания на прочность проводят для исключения поломок агрегатов или узлов при действии на их механических нагрузок во время транспортировки. Если агрегат может транспортироваться как отдельно, так и в составе изделия, то испытания проводятся для двух случаев.

Испытания на прочность и устойчивость проводят для проверки противостояния агрегата разрушающему действию вибрации. Такие работы проводят на специальных вибрационных установках одним из двух способов: при воздействии синусоидальной вибрации или случайной. Для каждого определенного вида используют свои частоты.

В связи с тем, что на агрегат могут действовать различные механические удары или нестационарные вибрации проводят испытания на специальных ударных установках. Для нестационарных вибраций используют электрогидравлические, электродинамические установки, а также специальные установки с использованием пирострел.

Очень часто на агрегат могут воздействовать различные линейные ускорения. Поэтому проводят испытания на прочность и устойчивость при воздействии линейных ускорений. Такие испытания проводят для проверки агрегата на способность его сохранять свои свойства после или во время действия линейного

ускорения. Такие испытания проводятся на центробежных установках с двумя или одним столом.

После всех испытаний проводится осмотр агрегата, а также его работоспособность и технические характеристики согласно техническим условиям.

Ряд таких испытаний проводится для избегания малейшей поломки во время полета космического аппарата. Качественные испытания улучшают работу аппарата и его работоспособность в дальнейшем.

Список литературы:

1. Беляков И.Т. Технология сборки и испытаний космических аппаратов. – М: Машиностроение, 1990. – 133 с.

Эффект ELDRS в электронной компонентной базе отечественного производства и методы его обнаружения

Каськов¹ Т.Н., Рубанов² П.В., Окунцов² М.И., Авдюшкин³ С.А., Максимов³
И.А., Иванов³ В.В.

¹ОАО «НПЦ «Полус», ²ИНК ТПУ, ³ОАО «ИСС»

Научный руководитель: Зыков В.М., д.т.н., профессор

Национальный исследовательский томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

Открытое акционерное общество «Научно-производственный центр «Полус»,
634050, Россия, г. Томск, пр. Кирова, 56 «в»

E-mail: kaskovtn@mail.ru

Представлены результаты исследований изменения опорного напряжения и входного тока по входу опорного напряжения интегральных микросхем 1230EP1T от поглощенной дозы при облучении гамма-квантами Co^{60} при мощностях дозы 0,45; 0,1 и 0,01 рад/с. Показано, что деградация параметров существенно зависит от мощности дозы, при снижении которой наблюдается рост изменения параметра, что свидетельствует о возможном наличии эффекта ELDRS.

К числу основных требований, предъявляемых к современным космическим аппаратам (КА), относятся высокая безотказность и долговечность. Повышение срока активного существования КА до 12 лет и более требует пересмотра традиционной методологии обеспечения надежности бортовой аппаратуры при ее разработке [1, 2]. Проведенные ранее исследования показали, что часть электронной компонентной базы (ЭКБ), изготовленной по биполярной или БиКМОП-технологии, имеет зависимость радиационной стойкости от мощности дозы ионизирующего излучения, что проявляется в более сильной деградации электрических параметров ЭКБ – эффект повышенной чувствительности к низкой мощности дозы (ELDRS) [3]. Поэтому важным является обнаружение эффекта ELDRS для ЭКБ, изготовленной по биполярной технологии, применяемой в бортовой аппаратуре, а также разработка для такой ЭКБ методики ускоренных испытаний.

Цель данной работы – оценка стойкости электронных компонентов отечественного производства к воздействию низкоинтенсивного ионизирующего излучения с разной мощностью дозы для разработки методики ускоренных испытаний.

В качестве объектов исследований использовались интегральные микросхемы 1230EP1T. Три выборки данных микросхем облучались гамма-квантами Co^{60} в активном электрическом режиме питания при мощностях дозы 0,45; 0,1 и 0,01 рад/с. После облучения проводился временной отжиг при комнатной температуре в течение 24 ч и температурный отжиг при температуре 100 °С в течение 168 ч. Отжиг проводился в том же электрическом режиме, что и облучение.

Из графиков (рисунок 1) четко видно, что деградация опорного напряжения и входного тока по входу опорного напряжения существенно зависит от мощности дозы гамма-излучения, причем снижение мощности дозы приводит к увеличению деградации параметра, что свидетельствует о возможном наличии эффекта ELDRS у испытуемых микросхем.

При проведении температурного отжига наблюдается восстановление значений опорного напряжения до допустимых, причем при мощностях доз 0,01 и 0,1 рад/с восстановление происходит в меньшей степени, чем при мощности дозы 0,45 рад/с. При мощности дозы 0,01 рад(Si)/с входной ток по входу опорного напряжения восстанавливается в меньшей степени, чем при мощностях доз 0,1 и 0,45 рад(Si)/с. Однако до исходных значений параметры не восстанавливаются при всех уровнях мощности дозы.

Таким образом, исходя из вышесказанного следует что, данные микросхемы 1230EP1T, возможно, подвержены эффекту ELDRS.

Полученные результаты после накопления статистических данных по испытаниям, их анализа и обобщения будут использованы для разработки методики ускоренных испытаний ЭКБ, изготовленной по биполярной технологии, с целью выявления компонентов, подверженных эффекту ELDRS в течение более короткого времени.

В настоящее время ОАО “НПЦ “Полюс” совместно с ИНК ТПУ и ОАО “ИСС” проводит опытно-конструкторскую работу, в рамках которой ведутся испытания различных типов микросхем отечественного производства при низких мощностях дозы в диапазоне от 0,1 до 0,01 рад(Si)/с и ультранизких в диапазоне от 0,01 до 0,001 рад(Si)/с.

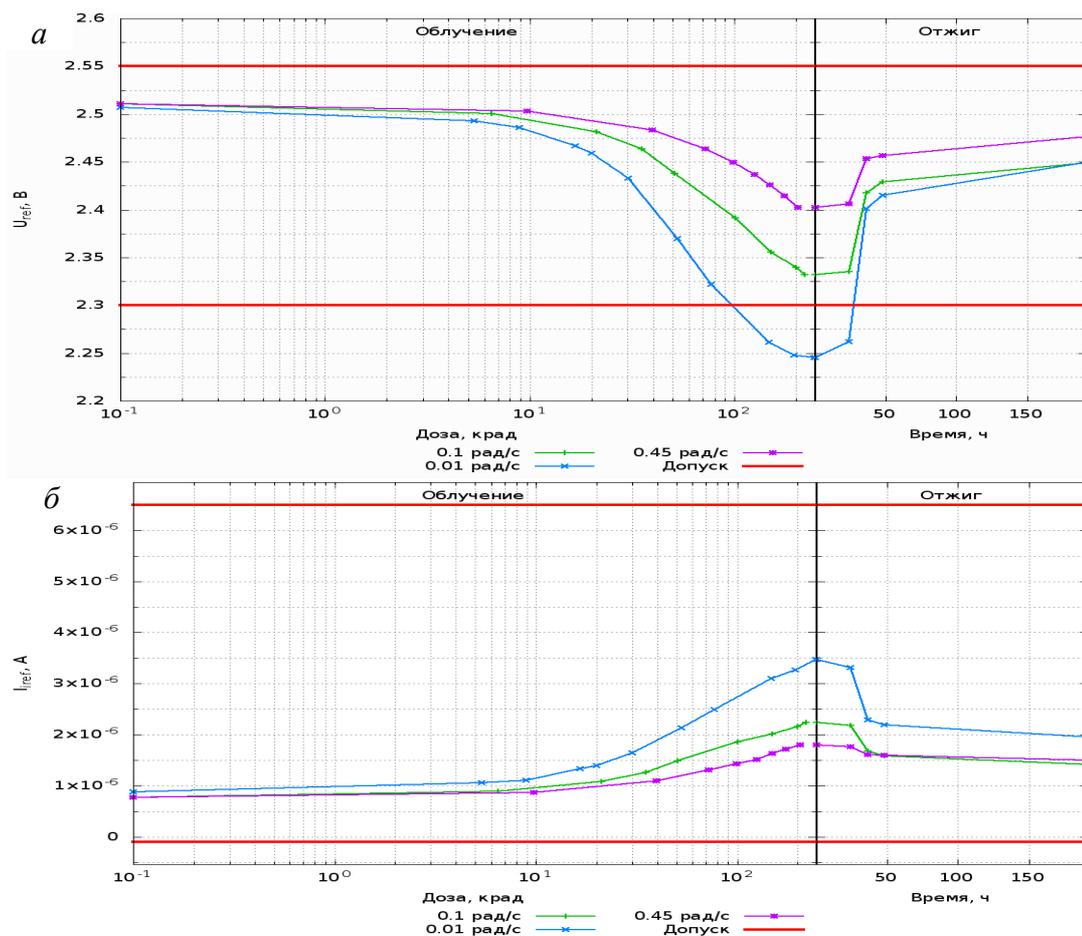


Рисунок 1 Зависимости изменения параметров ИМС от поглощенной дозы и времени температурного отжига при разной мощности дозы: *а* – опорного напряжения; *б* – входного тока по входу опорного напряжения

Список литературы:

1. Юдинцев В. Радиационно стойкие интегральные схемы. Надежность в космосе и на земле // Электроника: наука, технология, бизнес. 2007. № 5. С. 72 – 77.
2. Басаев А. С., Гришин В. Ю. Космическое приборостроение: главное – правильная концепция // Электроника: наука, технология, бизнес. 2009. № 8. С. 4 – 10.
3. Зебрёв Г. И. Моделирование дозовых и одиночных радиационных эффектов в кремниевых микро- и нанозлектронных структурах для целей проектирования и прогнозирования : дис... д-ра техн. наук. М.: МИФИ, 2009.

Возможности применения рентгентелевизионной установки «НОРКА» и цифрового радиографического комплекса «ФОСФОМАТИК»

Ковалев М. К., Бадьин С. С., Григорьев М. Г.

Научный руководитель: Клименов В. А., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Kovalev@tpu.ru

В работе исследованы возможности расширения функций рентгентелевизионной системы «Норка» и цифрового радиографического комплекса «Фосфоматик». Портативная рентгентелевизионная установка «Норка» предназначена для проведения в стационарных и полевых условиях рентгеновского контроля отдельных предметов багажа, почтовых отправок и т. д. в целях борьбы с терроризмом [1–5]. Наряду с этим представляет интерес применение «Норки» в целях неразрушающего контроля, поиска дефектов в сварных швах и сравнение с результатами полученными с использованием радиографических систем типа «Фосфоматик».

Радиографический комплекс «Фосфоматик» применяется для неразрушающего контроля объектов сложной формы, а также для неразрушающего контроля трубопроводов, резервуаров и других объектов в нестационарных условиях. Здесь также представляет интерес рассмотрение возможностей поиска опасных предметов в целях борьбы с терроризмом. Представляет интерес сравнение результатов контроля одних и тех же предметов с помощью системы «Норка» и цифрового радиографического комплекса «Фосфоматик» и определения достоинств и недостатков этих систем.

Для исследований использовалось следующее оборудование: переносной рентгеновский аппарат У.ХРО 225; комплекс цифровой радиографии «Фосфоматик»; портативная рентгентелевизионная установка «НОРКА».

Для сравнения качества работы систем «Норка» и «Фосфоматик» в качестве тестового объекта контроля использовалась сумка, заполненная различными предметами (бутылка с водой, жесткий диск, ручной насос, пневматический пистолет и складной нож).

Объекты подвергались экспонированию в течение 40 секунд рентгеновским аппаратом У.ХРО 225 (ток трубки 1 мА, фокусное расстояние 0,5 м). В качестве детектора использовались фосфорная пластина комплекса «Фосфоматик» и блок телекамеры установки «Норка».

Была проведена серия экспериментов по получению радиографических изображений с меняющимся напряжением рентгеновского аппарата радиографическими комплексами «Норка» и «Фосфоматик». Полученные изображения на установке «Норка», позволили определить содержимое сумки, но качество изображений оказалось неудовлетворительным. Качество радиографических изображений тех же предметов с помощью системы «Фосфоматик» было значительно лучше.

Другим объектом досмотрового контроля являлась пара туфель, с выполненной в одном из каблучков нишей, в которой располагался пакетик с солью, имитирующий закладку с наркотиками. В другой туфле под стелькой была спрятана

микросхема, которая могла бы быть использована в качестве прослушивающего устройства.

Из радиографических изображений, полученных на комплексе «Фосфоматик», удалось не только обнаружить скрытые закладки, но и легко опознать эти закладки, в то время как на снимках с установки «Норка» труднее опознать эти закладки.

Также был проведен контроль сварного шва алюминиевой пластины и поиск неисправностей в вакуумной камере типа РБКЗ-3М с хорошим качеством изображений.

Выводы:

1. Цифровые комплексы «Норка» и «Фосфоматик» возможно использовать как для производственного неразрушающего контроля, так и в досмотровых системах в целях борьбы с терроризмом.

2. Комплекс «Фосфоматик» дает изображения, в целом, превосходящие по качеству и выявляемости дефектов изображения, полученные с помощью установки «Норка». Но главным недостатком радиографического комплекса «Фосфоматик» является меньшая скорость проведения контроля. Так, за время обследования одного объекта при помощи комплекса «Фосфоматик» возможно провести обследование двух или трех объектов на установке «Норка», при этом, если скорость досмотра считать незначительным фактором, то использование «Фосфоматик» в целях досмотрового контроля является целесообразным.

3. При проведении неразрушающего контроля производственных объектов главным фактором является качество производимого контроля. Применение рентгенотелевизионной установки «Норка» для выявления дефектов, например в сварном шве, может привести к низкокачественному контролю.

4. При проектировании любого оборудования должна учитываться область его использования и, соответственно, задаваться его параметры. Поэтому универсальное применение даже схожего по устройству оборудования не всегда возможно. В частности, использование рентгенотелевизионной установки «Норка» для проведения неразрушающего контроля производственных объектов возможно только при большом уровне квалификации оператора и при контроле объектов, не относящихся к особо ответственным, либо при дополнении радиографического контроля другими методами НК.

Список литературы:

1. Руководство по эксплуатации. Установка рентгенотелевизионная портативная НОРКА. 2005 г. – 22 с.
2. Руководство по эксплуатации и паспорт. Комплексы цифровой радиографии ФОСФОМАТИК. – 37 с.
3. Руководство по эксплуатации и паспорт «Переносной рентгеновский аппарат У.ХРО».
4. Справочник том 1 под ред. В.В. Ключева «Неразрушающий контроль», Ф.Р. Соснин, 494–499 с.
5. Справочник том 8 под ред. В.В.Ключева, книга 2. «Антитеррористическая и криминалистическая диагностика». – М.: Машстроение, 2005. – С. 509–788 с.

Маркировка рентгеновских снимков засвечивающим устройством

Ковалев М.К., Бадьин С.С., Григорьев М.Г.

Научный руководитель: Клименов В.А., д.т.н., профессор

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Kovalev@tpu.ru

Одним из самых широко распространенных методов неразрушающего контроля является радиография. Этот метод основан на получении статического видимого изображения внутренней структуры изделия, просвечиваемого ионизирующим излучением. Так до недавних пор контроль сварных соединений трубопроводов был целиком областью применения радиографии, и только недавно появившиеся автоматические системы ультразвукового контроля (УЗК) обоснованно стали эффективной альтернативой радиографии. Но на практике радиографический метод наиболее широко распространен в связи с его простотой и возможностью документального подтверждения полученных результатов. Рентгеновская пленка, на сегодняшний день, является основным детектором ионизирующего излучения [1].

Согласно ВСН 2-148-82, на каждом радиографическом снимке должна быть изображена четко видимая маркировка, получаемая путем установки под кассету перед просвечиванием стыка определенной системы свинцовых маркировочных знаков (цифр, букв, стрелок) [2].

Существует 8 наборов маркировочных знаков, их следует подготавливать до начала просвечивания непосредственно в помещении лаборатории, для чего необходимо предварительно иметь сведения о намечаемых к контролю стыках: их номера, даты сварки и клейма сварщиков или бригад, выполнявших сварку данных стыков. Необходимую систему цифр и букв выкладывают на гибкой подложке (например, на небольших отрезках рентгенографической пленки со снятым предварительно эмульсионным слоем и т.п.) и заклеивают прозрачной клейкой лентой [3].

Номера стыков набирают непосредственно на месте производства работ по контролю путем укладки соответствующих свинцовых цифр в пеналы или между двумя слоями пластыря или клейкой ленты, как изображено на рисунке 1. Предварительно в пеналы должны быть вложены цифры, указывающие номер соответствующей пленки. Номера стыков добавляются к ним на месте контроля.



Рисунок 1 Укладка свинцовых знаков в пеналы и на пластырь

Процесс набора маркера из множества знаков достаточно трудоемок, занимает значительное количество времени, сопоставимое со временем проведения самого контроля. Однако главным минусом данного метода является возможность порчи снимка, из-за попадания маркировочных знаков на контролируемую область.

Согласно ОСТ 102-51-85 возможна маркировка простым карандашом, проставляемая после проявления проэкспонированных пленок [4]. Вместо карандашей возможно использование специальных перманентных промышленных маркеров. Этот метод более характерен для медицинской радиографии и его главным минусом является не долговечность и ненадежность маркировки, поэтому данный метод никогда не найдет широкого применения [5].

Еще один метод маркировки получил широкое распространение за рубежом, но в России остается до сих пор малоизвестным. Маркировка производится с использованием источника света, при помощи которого на участок снимка проэкспонированного ионизирующим излучением будет наложено световое изображение в виде информации, нанесенной на лист бумаги, по принципу трафарета. Маркировка таким способом наносится непосредственно перед процессом проявления пленки в помещении с неактивным излучением.

За последний год нами было произведено несколько прототипов подобного устройства (рисунок 2). Каждое следующее устройство дорабатывалось в соответствии с данными полученными в ходе промышленных испытаний. Итогом работ стали приборы, отчужденный ЗАО «Трест коксохиммонтаж».



Рисунок 2 Прототипы маркирующего устройства

Устройство позволяет наносить маркировку размером 20×80 мм. Для засветки участка пленки используются светодиоды. Устройство срабатывает от нажатия кнопки, находящейся на лицевой панели устройства. Для получения читаемой маркировки необходимо кратковременное загорание источника света, чтобы не получить полное засвечивание пленки. Для этого срабатывание кнопки происходит в момент опускания крышки, также для этого используется управляющая схема, рисунок 3, позволяющая регулировать время свечения светодиодов, при помощи регулятора расположенного на лицевой панели устройства, тем самым снижая общую экспозицию. Крышка предохраняет от засветки часть пленки, находящейся не под световым окном. Для индикации засветки применяется светодиод красного свечения, что позволяет визуально фиксировать момент срабатывания устройства, что затруднительно при кратковременном загорании основных светодиодов.

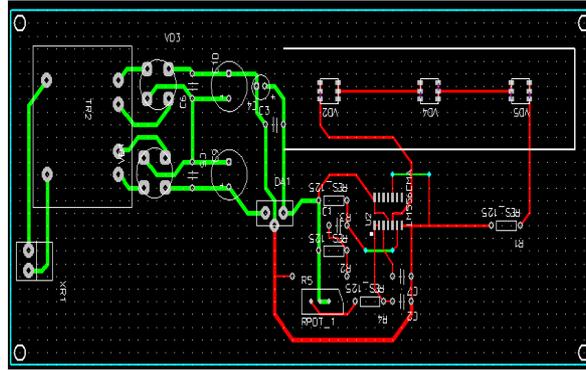
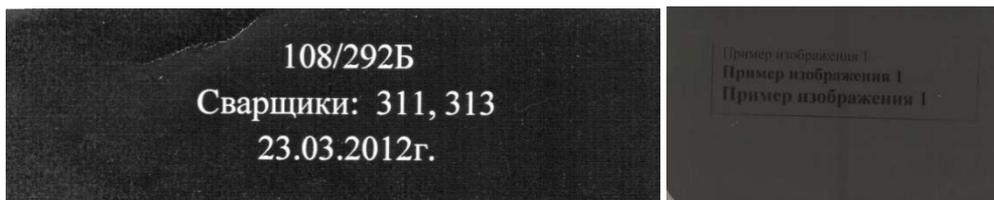


Рисунок 3 Управляющая схема

На рабочее окно необходимо прикладывать лист бумаги с информацией в негативе, рисунок 4а, данная наборка может быть выполнена при помощи стандартного редактора Microsoft Word, а соответственно предоставляются все возможности данного редактора по работе с размерами и типами шрифтов. Полученная в результате испытаний прототипа маркирующего устройства пленка, имеет легко читаемую маркировку, изображенную на рисунке 4б, не поддающуюся удалению или исправлению.



а)

б)

Рисунок 4 а) Пример трафарета (наборки);
б) Маркировка нанесенная при помощи засвечивания

Использование устройства в промышленном неразрушающем контроле показало эффективность данного способа нанесения информации на рентгеновскую пленку. После испытаний устройства на предприятии, поступил ряд предложений по его незначительной модернизации и заказ на изготовление еще 2 образцов, рисунок 5.



Рисунок 5 Маркирующие устройства

Список литературы:

1. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Контроль качества сварочных работ. -М.: ВЫСШАЯ ШКОЛА, 1986. - 207 с.
2. ВСН 2-148-82. Инструкция о порядке маркировки радиографических снимков и оформлению заключений по качеству сварки. - М.: ВНИИСТ. -1983. - 18 с.
3. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод. - М.: ИПК Изд-во стандартов. -2004. - 19 с.
4. ОСТ 102-51-85. Контроль неразрушающий. Сварные соединения трубопроводов. Радиографический метод. - М.: ИПК Изд-во стандартов. -2000. - 44 с.
5. Алхимов Ю. В. , Ковалев М. К. Устройство для маркировки рентгеновских снимков [Электронный ресурс] // Вестник науки Сибири. - 2012 - Т. 5 - №. 4 - С. 124-128. - Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/433>

Моделирование катушек гельмгольца в среде comsol

Огай В.Е.

Научный руководитель: Муравьев С.В., д.т.н, профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: vita@tpu.ru

Для осуществления работ по поверке и калибровки магнитометров необходим управляемый источник однородного поля. Наиболее часто используют катушки Гельмгольца, которые состоят из двух соосных катушек с N витками [1].

Осевое поле одной катушки в заданной точке можно рассчитать согласно уравнению:

$$B_z = \frac{1}{2} \mu_0 N I R^2 (R^2 + (z - h)^2)^{-\frac{3}{2}} \quad (1)$$

В соответствии с законом Био-Савара-Лапласа и принципом суперпозиции, результирующее поле двух катушек равно векторной сумме полей, создаваемых каждой катушкой в отдельности. На основании этого осевое поле двух катушек можно рассчитать по формуле:

$$B_z = \frac{1}{2} \mu_0 N I R^2 \left\{ \left[R^2 + (z + h)^2 \right]^{-\frac{3}{2}} + \left[R^2 + (z - h)^2 \right]^{-\frac{3}{2}} \right\} \quad (2)$$

Формулу (2) можно разложить в ряд Тейлора:

$$B_z = B_0 + \frac{1}{2} B_0^{(2)} z^2 + \frac{1}{24} B_0^{(4)} z^4 + \frac{1}{720} B_0^{(6)} z^6 + \dots \quad (3)$$

При выполнении условия, при котором расстояние между центрами двух соосных катушек равно их радиусу, второй член разложения в ряд Тейлора становится равным нулю:

$$B_0^{(2)} = 0 \quad (4)$$

Такая пара катушек называется катушками Гельмгольца, изображенными на рисунке 1.

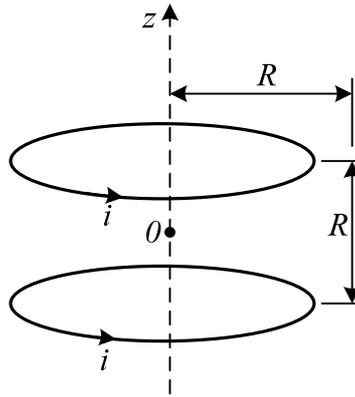


Рисунок 1 Катушки Гельмгольца

Магнитное поле, создаваемое катушками Гельмгольца вдоль оси z , описывается выражением:

$$B_z = \frac{1}{2} \mu_0 N I R^2 \left\{ \left[R^2 + \left(z + \frac{R}{2} \right)^2 \right]^{-\frac{3}{2}} + \left[R^2 + \left(z - \frac{R}{2} \right)^2 \right]^{-\frac{3}{2}} \right\} \quad (5)$$

Тогда, магнитное поле в геометрическом центре катушек Гельмгольца (в точке O) определяется из выражения:

$$B_0 = \frac{16}{5\sqrt{5}} \frac{1}{2} \frac{\mu_0 N I}{R} \quad (6)$$

На основании (5) и (6) получим выражение для относительной неоднородности магнитного поля вдоль оси z :

$$\delta_z = \frac{B_z - B_0}{B_0} = \left\{ \frac{5\sqrt{5}}{16} \left[\left[1 + \left(\frac{z}{R} + \frac{1}{2} \right)^2 \right]^{-\frac{3}{2}} + \left[1 + \left(\frac{z}{R} - \frac{1}{2} \right)^2 \right]^{-\frac{3}{2}} \right] - 1 \right\} \quad (7)$$

Неоднородность магнитного поля вдоль оси z определяется суммой ненулевых членов ряда Тейлора (3) и имеет соответственно четвертый порядок малости.

На рисунок 2 представлена аналитическая зависимость относительной неоднородности магнитного поля, созданного катушками Гельмгольца вдоль оси z от отношения координаты точки, лежащей на оси z , к радиусу катушки R .

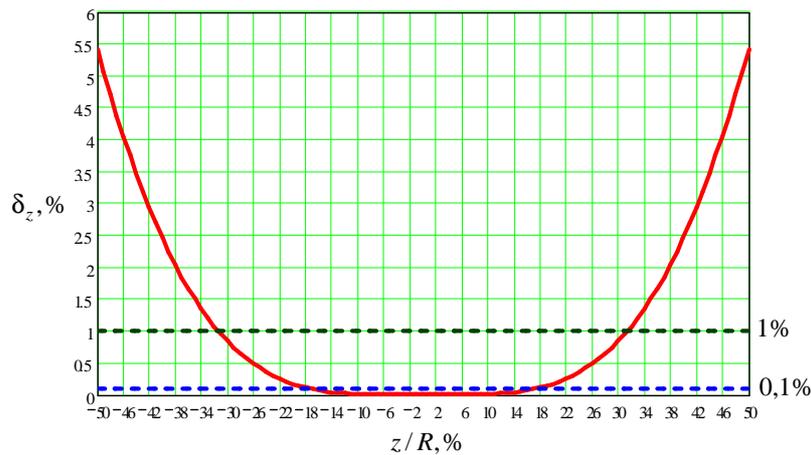


Рисунок 2 Неоднородность магнитного поля, созданного катушками Гельмгольца от отношения координаты точки, лежащей на оси z , к радиусу катушки R

На основании (7) неоднородность магнитного поля $\delta_z \leq 1\%$ вдоль оси z может быть получена на расстояние от геометрического центра $z/R < 31,4\%$, при требовании к неоднородности $\delta_z \leq 0,1\%$ на расстояние $z/R < 17,3\%$.

Для моделирования системы катушек использовалась среда COMSOL Multiphysics 4.4 [2]. На рисунке 3 приведена геометрия катушек Гельмгольца, созданная в среде COMSOL при $R = 0,055$ м, толщине катушки $5 \cdot 10^{-4}$ м и ширине катушки $5 \cdot 10^{-3}$ м. Такая геометрия эквивалентна катушке с количеством витков равным 10 намотанной проводом $0,5 \text{ мм}^2$.

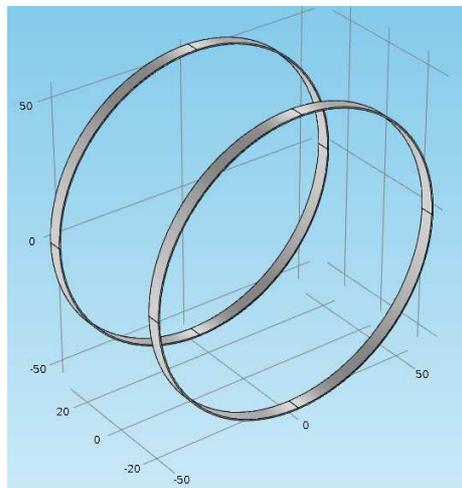


Рисунок 3 Геометрия катушек Гельмгольца в среде COMSOL

Расчет магнитного поля производился в модуле *Magnetic Fields (mf)*, поскольку только данный модуль позволяет использовать граничные условия *Multi-Turn Coil Domain* для моделирования катушек с заданным количеством витков. Катушки имеют замкнутую геометрию с круговым сечением перпендикулярным оси z , поэтому тип катушки был выбран *Circular*. Направление протекания тока в этом случае моделируется заданием границы (*reference edge*), вдоль которой течёт ток (рисунок 4).

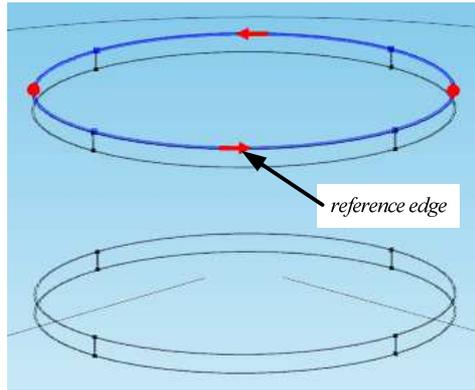


Рисунок 4 Задание направления протекания тока

Результаты моделирования катушек Гельмгольца при постоянном токе равном 250 мкА и количестве витков равным 10 представлены на рисунке 5.

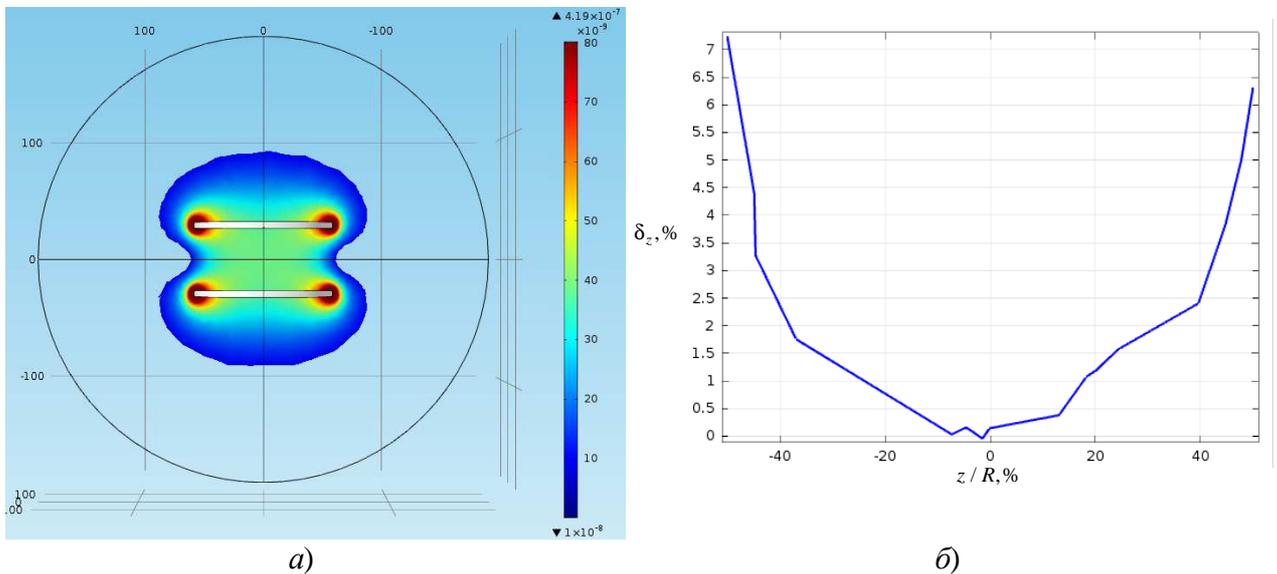


Рисунок 5 Результаты моделирования: а) распределение магнитного поля в центре катушек Гельмгольца вдоль оси z ; б) неоднородность магнитного поля, от отношения координаты точки, лежащей на оси z , к радиусу катушки R

Погрешность моделирования не превысила 5 %. Следует отметить, что результаты аналитического моделирования получены для двух бесконечно тонких витков. Однако реально применяют катушки с большим количеством витков для уменьшения тока питания при создании необходимого по величине магнитного поля. Вследствие чего вторая производная при разложении в ряд Тейлора не равна нулю для пар витков находящихся на расстоянии отличном от $R/2$ и неоднородность поля возрастает. Поэтому при моделировании катушек в среде COMSOL неоднородность вдоль оси z больше чем расчетная

Список литературы:

1. Robinson P.R. Improvements to the system of four equiradial coils for producing a uniform magnetic field // J.Phys., E: Sci. Instrum. – 1983, – v.16 – p. 39-42
2. COMSOL Multiphysics. – <http://www.comsol.com/> (дата обращения 15.02.2014).

Об аппаратно-методическом обеспечении тепловакуумных испытаний космических аппаратов связи

Пастушенко О.В.

Научный руководитель: Носенков А.А., д.т.н., профессор СибГАУ
ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева», 662972, Россия, г. Железногорск, Красноярский край, ул. Ленина, 52
E-mail: mixmonex@gmail.com

Тепловакуумные испытания (ТВИ) представляют собой один из важнейших видов испытаний космических аппаратов связи (КАС), создаваемых ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева», на этапе наземной экспериментальной отработки (НЭО). Общая задача НЭО состоит в подтверждении способности КАС выполнять в полном объеме заданные функции во время эксплуатации на орбите, которые во многом определяются качеством тепловым режимом бортовых приборов КАС [1,...,5].

Цель статьи – изложение сути принятого аппаратно-методическом обеспечения ТВИ КАС и авторского видения перспектив его совершенствования.

При проведении ТВИ выполняется следующий цикл работ:

1) исследование работоспособности СТР в условиях штатной эксплуатации и аварийных ситуаций, т. е. при частичном отказе тех или иных блоков, узлов, датчиков; случайном изменении оптических свойств, нарушении герметичности, изменении внутреннего тепловыделения и т. д.;

2) исследование фактически реализуемого поля температур в конструкции КАС, приборных отсеков, элементов солнечных батарей;

3) проверка работоспособности бортовых приборов, блоков и механических систем, например приводов антенн и солнечных батарей в условиях реальных нестационарных градиентов температуры;

4) отработка рационального (с точки зрения обеспечения теплового режима) размещения тепловыделяющих и энергопассивных приборов герметичного исполнения и исследование их взаимного теплового влияния;

5) ресурсные испытания бортовых приборов КАС в реальных температурных условиях;

6) определение средних теплофизических параметров, таких как эффективные значения температуры, теплоемкости, теплопроводности отдельных участков конструкции, оборудования и отсеков КАС;

7) проверка достоверности теоретических расчетов теплового режима КАС в целом и элементов его конструкции с целью выяснения возможности экстраполяции результатов расчета на условия, отличные от условий проведения ТВИ;

8) исследование температурных деформаций конструкции КАС.

Кроме того, нередко выполняются специальные материаловедческие исследования, необходимые для изучения стабильности материалов и покрытий во время полета, а также исследование тепловых режимов и работоспособности приборов, разрабатываемых организациями академического уровня, в условиях космического пространства.

С другой стороны, ТВИ структурно являются совокупностью частных видов испытаний и подготовительных работ, таких как:

1) испытания на герметичность;

- 2) термобалансные и электротермовакuumные испытания;
- 3) термоциклирование;
- 4) обезгаживание;
- 5) вакуумная сушка;
- 6) функциональные и ресурсные испытания систем КАС в вакууме при экстремальных температурах;
- 7) огневые испытания электрореактивных двигателей;
- 8) ТВИ с использованием имитатора солнечного излучения;
- 9) испытание материалов и покрытий при экспериментальных температурах и воздействии ультрафиолетового облучения в вакууме;
- 10) испытание неметаллических материалов и покрытий на газовыделение и устойчивость к термоциклированию в вакууме;
- 11) тепловые испытания калориметрических датчиков;
- 12) испытания приборов и элементов конструкции КАС на воздействие плазмы.

При выполнении указанных выше работ находят практическое применение различные виды моделирования, например:

- 1) максимально возможная имитация условий космического пространства, воздействующих на полноразмерный натурный КАС;
- 2) моделирование результирующего теплового потока на внешней поверхности КАС в сочетании с контролем температурного поля;
- 3) масштабное моделирование КАС в сочетании с воспроизведением квазитождественных и видоизмененных окружающих условий;
- 4) математическое моделирование теплообмена КАС с окружающей средой с учетом экспериментальных данных по моделированию отдельных видов воздействия космической среды на оптические характеристики материалов КАС.

Неотъемлемым оборудованием для проведения ТВИ является тепловакуумная камера (ТВК), имеющая замкнутый рабочий объем, снабженный имитаторами воздействий космического пространства на КАС и рядом других приспособлений.

При этом в ТВК имитируются следующие факторы космического пространства: вакуум, «чернота», «холод», тепловое воздействие Солнца и планет.

В ТВК должен создаваться вакуум в пределах $1,3 \times 10^{-4} \div 1,3 \times 10^{-2}$ Па, при котором теплообмен между КАС и отдельными его элементами осуществляется только за счет радиационной теплопередачи. Это достигается с помощью системы многоуровневой вакуумной откачки, в состав которой, в зависимости от габаритных характеристик ТВК, обычно входят три группы насосного оборудования: форвакуумная, турбомолекулярная и криовакуумная.

Понятие «чернота» космического пространства употребляется в том смысле, что тепловые потоки, излучаемые объектом испытания, не возвращаются обратно к нему. В ТВК это достигается специальным конструированием экранов и применением покрытий черного цвета для поверхностей, находящихся во взаимном облучении с объектом испытаний. Для этого используется специально профилированное оребрение трубопроводов, по которым пропускается жидкий азот. В результате многократных отражений теплового излучения от поверхности оребрения поглощается значительная часть лучистого потока. Черные покрытия обладают высокими поглощательными свойствами по отношению к тепловому излучению. Коэффициенты поглощения излучения и степени черноты данных поверхностей обычно подбираются порядка 0,8 и более.

Понятие «холод» означает, что внутреннее пространство ТВК дает, подобно космическому пространству, пренебрежимо малое тепловое воздействие на ОИ. Это воздействие соответствует излучению абсолютно черного тела, имеющего температуру около 4 °К.

При ТВИ на большинство современных КАС элементы ТВК оказывают сравнительно малое тепловое воздействие за счет защиты этих элементов криогенными экранами, охлаждаемыми жидким азотом. Такое экранирование должно обеспечивать получение средних радиационных температур в рабочем объеме ТВК вблизи поверхности ОИ не менее $50 \div 100$ °К ниже температуры этих поверхностей. Обычно средними приемлемыми значениями являются величины $120 \div 140$ °К.

Уменьшению средних радиационных температур в ТВК способствуют:

- 1) полнота экранирования тепловых поверхностей и конструкций камеры криогенными экранами;
- 2) увеличение поглощающей и уменьшение излучающей способностей покрытий криогенных экранов имитаторов космического пространства;
- 3) уменьшение температуры этих экранов;
- 4) уменьшение тепловых потоков, вводимых в ТВК имитаторами солнечного и планетарного излучения, главным образом вследствие уменьшения излишней площади облучения.

Облучение ОИ Солнцем и Землей осуществляется соответствующими имитаторами. В сочетании с опорно-поворотным устройством, на которое устанавливается объект испытаний, эти имитаторы создают лучистые потоки, перемещающиеся относительно объекта в пространстве, имитируя соответствующие реальные тепловые воздействия [1,3,5].

Дальнейшее развитие ТВИ авторы видят в совершенствовании математического обеспечения, автоматизации выполняемых операций и создании системы критериев оценки эффективности ТВИ и сопутствующих работ; в совершенствовании аппаратурно-методического обеспечения имитации условий эксплуатации КАС в процессе испытаний.

При этом математическое обеспечение должно позволять более комплексное и адекватное моделирование процесса испытаний и ОИ.

Автоматизировать необходимо наиболее сложные операции процесса испытаний, например выведение ОИ на требуемый тепловой режим.

Система критериев эффективности должна обеспечивать оценку производственной технологичности процесса ТВИ.

Совершенствование имитации должно быть направлено, например на повышение оперативности ее перестройки в случаях схемно-методических изменений процесса выполнения ТВИ.

Список литературы:

1. Андрейчук О.Б., Малахов Н.Н. Тепловые испытания космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1982. – 143 с.
2. Афанасьев В. Г., Верхотуров В. И. и др. Проектирование надежных спутников связи. Под ред. акад. М. Ф. Решетнева. – Томск: МПП «Раско», 1993. – 221 с.
3. Афанасьев В.А., Барсуков В.С. и др. Экспериментальная отработка космических летательных аппаратов. Под редакцией Холодкова Н.В. – М.: Издательство МАИ, 1994. – 412 с.
4. Тестоедов Н.А. и др. Технология производства космических аппаратов. – Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2009. – 352 с.

Реализация метода тепловых волн в активном тепловом контроле изделий из композиционных материалов

Фоминцева Ю.В.

Научный руководитель: Нестерук Д.А., к.т.н., доцент
Томский Политехнический Университет, 634050, Россия, Томск пр. Ленина, 30
E-mail: yulchikfom@mail.ru

Задача существенного улучшения качества продукции, а следовательно, повышения ее надежности и долговечности может быть успешно решена при условии совершенствования производства и методов контроля качества продукции.

В настоящее время для выполнения одного из указанных выше условий широко применяется неразрушающий контроль, позволяющий проверить качество продукции без нарушения ее целостности и пригодности к использованию по назначению.

ГОСТ 18353 – 73 устанавливает классификацию видов и методов неразрушающего контроля, среди которых присутствует и тепловой неразрушающий контроль. Данный метод контроля основан на регистрации тепловых полей объекта контроля.

На сегодняшний день, ТК активно применяется для мониторинга композиционных материалов, которые широко используются во всех областях науки и техники, а также промышленности, в том числе в металлургии, машиностроении, энергетике, химической промышленности, электронике и т.д.

Основными дефектами композитов являются следующие технологические и эксплуатационные нарушения в структуре и конструкциях материалов:

- возникновение коррозии под краской и между слоями;
- расслоения и непрочности;
- ударные повреждения;
- наличия масла или воды в сотах обшивки самолета и т.д.

Согласно нормативной документации различают активный и пассивный способы ТК в зависимости от наличия или отсутствия внешнего источника тепловой стимуляции.

Наиболее распространенными способами активного ТК является импульсный метод и метод тепловых волн. В данной работе производилась реализация метода тепловых волн, который подразумевает периодический нагрев, в результате которого в объекте контроля возникают тепловые волны. Этот метод предназначен для обнаружения глубинных дефектов.

Одной из разновидностей указанного метода является оптическая синхронная ИК – термография. Общая схема реализации метода представлена на Рисунке 1.

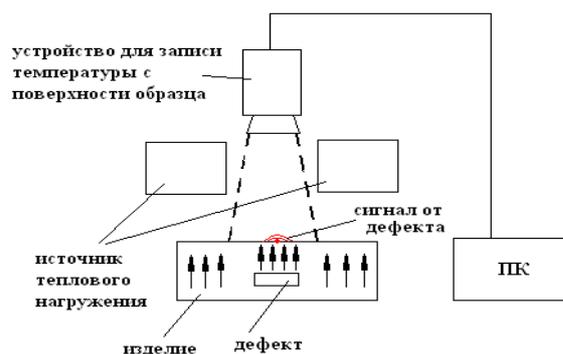


Рисунок 1 Общая схема реализации метода оптической синхронной ИК – термографии.

Исследуемое изделие подвергается тепловому воздействию посредством источника теплового нагружения на передней поверхности образца относительно источника. За счет процесса диффузии тепловая энергия внутри образца распространяется во всех направлениях. В присутствии скрытых дефектов тепловые потоки перераспределяются, что приводит к появлению специфических температурных аномалий на передней и задней поверхности образца. Температурные аномалии регистрируются с помощью устройства для записи температуры с поверхности образца. Особенностью данного метода является то, что тепловое воздействие на образец происходит периодически в течение определенного времени, а снятие данных происходит параллельно процессу нагрева и сразу попадают на ПК.

Исследования по реализации описанного выше метода производились на тонкой пластинке из углепластика, в которой дефекты в виде расслоения имитировались с помощью тефлоновой пластинки. Нагрев пластины производился с помощью 2-ух галогеновых ламп по 1000Вт каждая. Время нагрева и охлаждения составило 2с. Скорость съемки – 10 кадров/с.

В результате эксперимента была получена последовательность термограмм. До обработки дефекты стали явно заметны на 63 кадре. Данный кадр представлен на Рисунке 2.

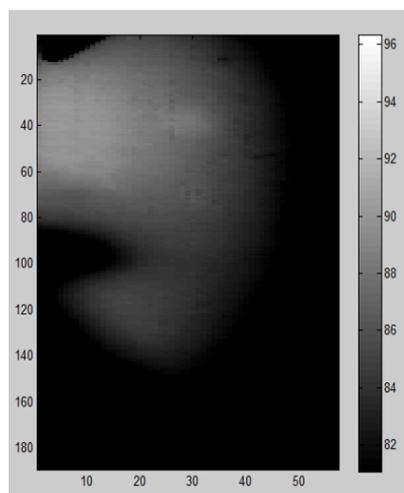


Рисунок 2 Исходная термограмма 63 кадр.

Динамику нагрева поверхности образца можно наблюдать на Рисунке 3, из которой видно, что нагрев образца вопреки теории происходит не гармонически.

Предварительным этапом обработки стало выделение области интереса и удаление из исходной последовательности части кадров, так чтобы присутствовало целое число периодов. Кроме того, восходящая температуры была централизована и приведена к гармоническому графику (см. Рисунок 4). Все описанные операции были необходимы для последующей корректной обработки данных с помощью метода Фурье.

Фурье – анализ в тепловом контроле используется для исследования пиксельной температурной динамики в последовательностях ИК – изображений, а также для увеличения отношения сигнал/шум. В результате применения этого метода обработки получается амплиграмма и фазограмма. Первая показывает среднее изменение амплитуды температурного сигнала в образце с изменением частоты для каждого пикселя кадра. Фазограмма, свою очередь, показывает среднее изменение фазы сигнала в образце с изменением частоты на каждый пиксель кадра. Как утверждает теория, лучше всего дефекты проявляются на фазограмме. В этом можно убедиться сравнив Рисунке 5 и 6, на которых приведены амплиграмма и фазограмма эксперимента. После обработки данных, дефекты стали выявляться на 41 кадре. Таким образом, было выявлено 3 дефекта в виде расслоения. Однако на этом эксперименте работа не заканчивается, поскольку конечной целью наших исследований является создание действующей системы активного теплового контроля композиционных материалов, основанной на методе тепловых волн.

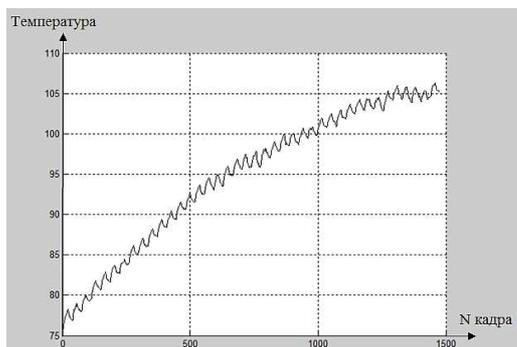


Рисунок 3 Динамика нагрева поверхности образца

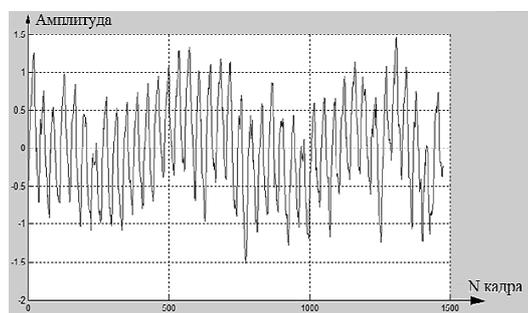


Рисунок 4 График нагрева поверхности образца

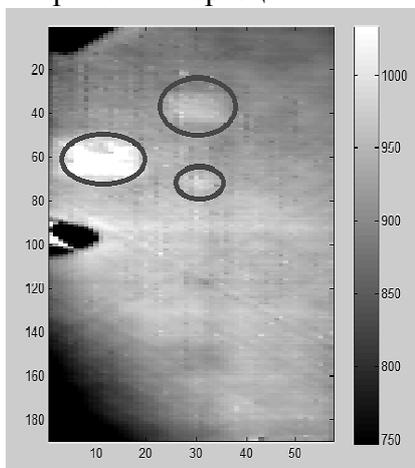


Рисунок 5 Амплиграмма

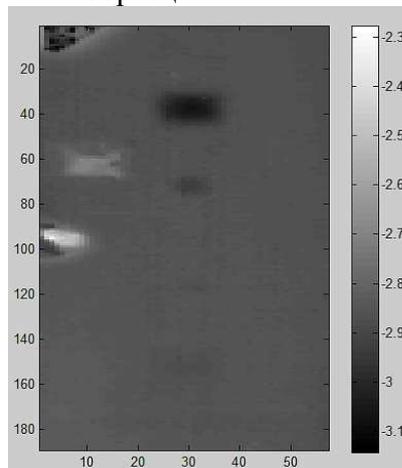


Рисунок 6 Фазограмма

Список литературы:

1. В. П. Вавилов. Инфракрасная термография и тепловой контроль. - М.: Спектр – 544с.;
2. В.П. Вавилов. Тепловые методы контроля композиционных структур и изделий радиоэлектроники. – М.: Радио и связь, 1984 – 152с.;
3. Д.А. Нестерук, В.П. Вавилов. Тепловой контроль и диагностика. Учебное пособие для подготовки специалистов I, II, III уровня – Томск, 2007 – 104с.

Диагностические признаки дефектов при капитальном ремонте электродвигателей типа АЭ 92-4

Чесноков Д.В.

Научный руководитель: Калиниченко А.Н., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: danyabrown@mail.ru

Повышение качества функционирования электродвигателей возможно путем совершенствования систем технического обслуживания на основе проведения диагностических мероприятий с целью более объективного и достоверного контроля технического состояния ответственных деталей и узлов, например, подшипниковых узлов. Одним из методов диагностирования является вибродиагностика – техническая диагностика, основанная на анализе сигналов вибрации объекта диагностирования.

Применение методов виброакустической диагностики, обеспечивающих бездемонтажный контроль качества изготовления и ремонта машинного оборудования, упрощает технологии контроля качества, экономит рабочее время, а также снижает стоимость оборудования.

Как показывает практика, диагностика необходима на всех этапах жизненного цикла машины: от изготовления и доводки до снятия с эксплуатации. Методы и средства, применяемые на разных этапах, могут существенным образом различаться между собой (рисунок 1).



Рисунок 1 Области применения виброакустической диагностики на этапах жизненного цикла машинного оборудования

Как видно из рисунка, неотъемлемым этапом жизненного цикла механизма является этап ремонта. При этом необходимо понимать, что проведение любого, даже капитального ремонта агрегата, не даёт гарантий на то, что все технические проблемы будут решены, и машину можно эксплуатировать без каких-либо ограничений. Только послеремонтный (выходной) контроль даёт объективную картину о действительном состоянии механизма. После ремонта виброактивность механизма в процессе эксплуатации может существенно снизиться, но также может не измениться или даже возрасти [1].

При капитальном ремонте и сборке электродвигателей с подшипниками качения, возможны различные повреждения элементов подшипников, обусловленные возникновением перекосов, ударов или чрезмерного усилия монтажа. В эксплуатации подобные повреждения могут стать причиной дальнейших повреждений подшипников, при которых работа машины становится опасной. Поэтому разработка технологии диагностики подобных сборочно-монтажных повреждений подшипников без разборки машины является весьма актуальной. В статье приведены результаты экспериментальной работы по исследованию возможности обнаружения сборочно-монтажных повреждений подшипников электродвигателей методами вибродиагностики с использованием сигналов акселерометров, установленных снаружи на корпусных деталях.

Объектом контроля являются двигатели типа АЭ 92-4 (АНЭ225L4УХЛ2). Для проведения спектрального анализа были выбраны характерные частоты, на которых возможно проявление признаков дефектов монтажа, а также дефектов подшипника типа 315.

Измерение уровня вибрации осуществлялось в соответствии с ТУ 16-99 ДТЖИ.526413 акселерометрами, установленными в точках согласно схеме, приведенной на рисунке 2 в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60034-14 при упругой установке испытуемого двигателя в горизонтальном положении.

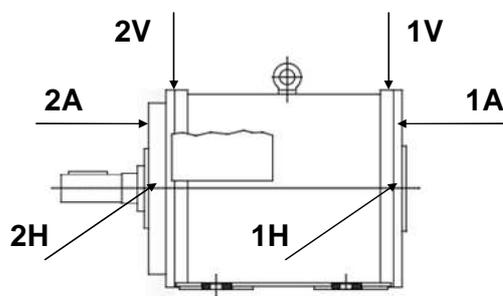


Рисунок 2 Схема установки датчиков

Во время диагностики была использована следующая аппаратура и программное обеспечение. Использовались акселерометры типа АС102-1А. Для записи и первичной обработки вибросигналов использовался вибрационная аппаратура компании «ДИАМЕХ 2000» – 2-х канальный анализатор вибрации АГАТ-М. Для обработки вибрационных сигналов использовался программный комплекс Агат-Протокол. Данное измерительное оборудование соответствует требованиям ИСО 2959 и обеспечивает измерение вибрации на горизонтальном участке амплитудно-частотной характеристики в диапазоне частот от 10 до 1000 Гц.

Согласно ГОСТ Р МЭК 60034-14 измеряемой величиной при контроле являются вибрационное смещение, виброскорость и виброускорение, а так же

относительное вибросмещение. Основным критерием при контроле является среднеквадратичное значение (СКЗ) виброскорости (мм/с). Поскольку высота оси вращения двигателя составляет 225 мм, то при упругом креплении машины, согласно ТУ 16-99 ДТЖИ.526413, СКЗ виброскорости не должно превышать 2,2 мм/с.

Сигнал, полученный с кондиционного (без дефектов) двигателя, в целом имеет достаточно богатый спектр. На рисунке 3 можно отчетливо наблюдать составляющие с частотами $f_{сеп}$, $f_{вр}$ и её супергармоники, а также ряд других составляющих. На рисунке 4 приведен характерный спектр вибрационного сигнала, снятого с двигателя с дефектами монтажа: неотбалансированный двигатель с дефектным подшипником.

При анализе представленных спектров в базе данных «Агат-Протокол» можно выделить характерные гармонические составляющие на определенных частотах или в частотных диапазонах. Следовательно, состояние электродвигателя будет определяться амплитудными составляющими этих характеристик.

Для получения наглядного распределения значений амплитуд, были построены гистограммы (рисунок 5) для каждой частоты/диапазона частот. В качестве значений амплитуд были выбраны следующие интервалы виброскорости: 0...0,2; 0,2...0,5; 0,5...1; >1 мм/с.

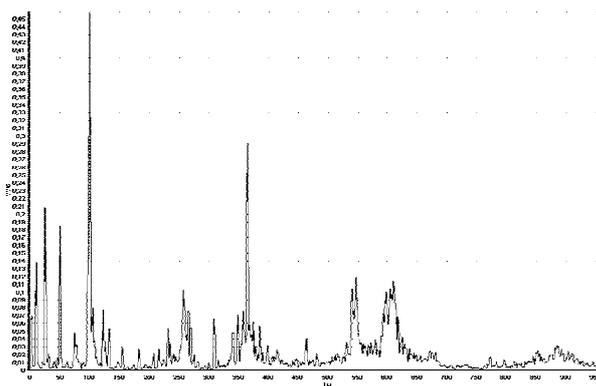


Рисунок 3 Спектр сигнала, полученного с кондиционного двигателя

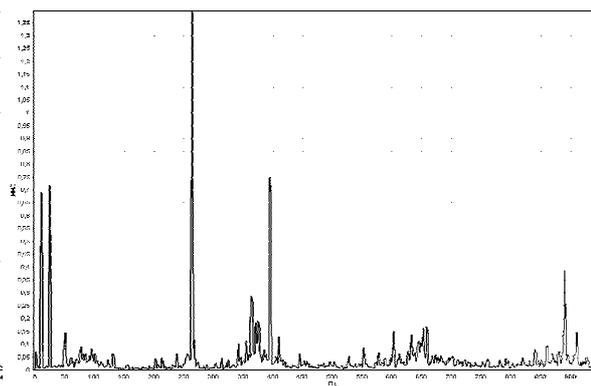


Рисунок 4 Спектр сигнала, полученного с двигателя с дефектами типа: дисбаланс и дефект сепаратора подшипника

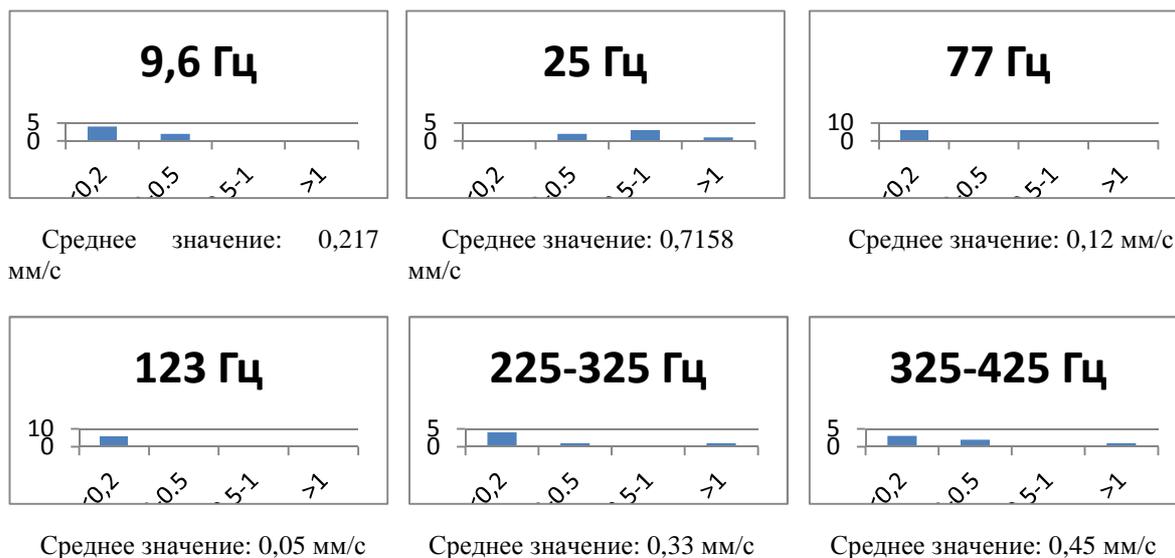


Рисунок 5 Примеры распределения значений амплитуд для характерных частот/диапазонов частот

В ходе исследования было показано и экспериментально подтверждено, что методом вибродиагностики можно обнаружить дефекты, возникновение которых возможно при монтаже и сборке электрического двигателя. Были рассмотрены результаты экспериментального исследования вибросигналов от двигателей без дефектов и с дефектами монтажа. Показано, что разнообразные диагностические признаки дефектов содержатся в спектре сигнала, получаемого при помощи акселерометра в процессе испытательных пусков двигателя. Признаки повреждений могут быть выделены при помощи полосовой фильтрации сигнала в диапазоне информативных частот. Для достоверных статистических выводов требуется гораздо большее количество данных. Это позволит проследить наличие того или иного закона распределения величины на гистограммах, после чего, данные могут быть отправлены на процедуру проверки статистических гипотез.

Список литературы:

1. Оглезнева Л.А., Калининченко А.Н. Акустические методы контроля и диагностики: учебное пособие. Ч. 2. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 292 с.
2. ГОСТ Р МЭК 60034-14 Машины электрические вращательного действия - Часть 14: Вибрация машин некоторых видов с высотой оси вала 56 мм и более. Измерения, оценка и предельные уровни вибрации. – М.: Стандартинформ, 2009. – 15 с.
3. ТУ 16-99 ДТЖИ.526413 Электродвигатели асинхронные типа НВА. Технические условия. – 1999. – 23 с.

СЕКЦИЯ №4

СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ И АНАЛИЗ РИСКОВ

Система менеджмента качества авиационной, космической и оборонной отраслей промышленности в соответствии с требованиями ГОСТ Р ЕН 9100-2011

Абросимова Е.С., Белоусова И.С.

Научный руководитель: Редько Л.А., д.т.н., доцент кафедры ФМПК
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: irishka08-93@mail.ru

AS/EN/JISQ 9100 – это международный набор стандартов, разработанный Международной Группой по вопросам Качества Аэрокосмической Промышленности (IAQG), которая определяет требования, предъявляемые к качеству в аэрокосмической индустрии, включая гражданскую авиацию, коммерческую авиацию и оборону.

Сертификация по AS/EN/JISQ 9100 может принести следующие выгоды организации: подтверждение соответствия систем управления, производства и предоставления услуг международному стандарту качества; обеспечит доступ к последним достижениям аэрокосмической промышленности; послужит доказательством обязательств предоставлять качественную продукцию и услуги; улучшит перспективы завоевать новые рынки; высокий уровень конкурентоспособности; предупреждение возможных рисков при поставке сырья, комплектующих и услуг; положительный имидж организации; повышение лояльности клиентов; возможность участия в тендерах и торгах на более выгодных условиях.

Необходимо уточнить, что AS 9100 является американским стандартом, в то время как в Европе действует его аналог EN 9100, а в Азии – JISQ 9100. Они абсолютно идентичны, разница исключительно в статусе. Предприятия, проходя сертификацию на соответствие AS 9100 или EN 9100, в равной степени соответствуют международным требованиям [1].

Объектом рассмотрения является национальный стандарт РФ ГОСТ Р ЕН 9100-2011 «Системы менеджмента качества. Организаций авиационной, космической и оборонных отраслей промышленности. Требования», который идентичен европейскому региональному стандарту EN 9100-2009 «Аэрокосмическая серия. Системы менеджмента качества. Требования». Настоящий стандарт предназначен для использования организациями, осуществляющими проектирование, разработку и/или производство авиационной, космической и оборонной продукции, а также организациями, обеспечивающими обслуживание после поставки, в том числе техническое обслуживание своей собственной продукции и поставку запасных частей или материалов для нее [2]. Применение стандарта должно привести к улучшению качества, уменьшению сроков и стоимости выполнения работ, сокращению или исключению специфических для

организаций требований к системам менеджмента качества, а также к более широкому применению положительного опыта в этой области.

Структура стандарта ГОСТ Р ЕН 9100-2011 идентично содержанию стандарта ГОСТ ISO 9001-2011 [3]. Данный стандарт ГОСТ Р ЕН 9100-2011 содержит 26 дополнений и примечаний к требованиям ГОСТ ISO 9001-2011 и 10 новых требований, аналогов которым нет в ГОСТ ISO 9001-2011. Эти требования позволяют стандарту уделять наибольшее внимание прямому воздействию на безопасность и надежность продукции.

ГОСТ Р ЕН 9100-2011 добавляет к стандарту ГОСТ ISO 9001-2011:

- требования авиационных властей к менеджменту качества;
- внедрение подходящего для продукции процесса конфигурационного управления;
- испытание опытного образца;
- оценка риска;
- контроль и трассируемость: постоянное документирование по всей цепочке снабжения продукции;
- внедрение плана непредвиденных обстоятельств для уже отгруженной несоответствующей продукции.

Согласно требованиям ГОСТ Р ЕН 9100-2011, организациям необходимо иметь следующий комплект документов для сертификации: политика в области качества, цели в области качества, руководство по качеству. Шесть обязательных документированных процедур по ГОСТ ISO 9001-2011: управление документацией, управление записями, корректирующие действия, предупреждающие действия, управление несоответствующей продукцией, внутренние аудиты. Документированные процедуры по ГОСТ Р ЕН 9100-2011: управление рисками, управление конфигурацией, управление передачей работ, отзыв оборудования для мониторинга и измерений требующего калибровки или проверки [4].

ОАО Корпорация «Иркут» стала первым российским самолетостроительным предприятием, СМК которого сертифицирована по стандарту EN 9100. В России на соответствие AS 9100 сертифицированы Верхне-Салдинское и Белокалитвинское металлургические производственные объединения, Самарский металлургический завод, Каменск-Уральский металлургический завод, НПО «Сатурн» и ОАО «Гидромаш» [5], Раменский приборный завод [6]. В октябре 2013 года завод «Авиаагрегат» холдинга «Авиационное оборудование» подтвердил соответствие требованиям международного стандарта качества для авиационных, космических и оборонных организаций. Его наличие послужило гарантией стабильно высокого качества выпускаемой продукции для зарубежных потребителей, оптимизирован ряд процессов, в том числе закупок, маркетинга и продаж, реализована функция «одного окна» и налажена работа с заказчиками. В результате холдинг «Авиационное оборудование» значительно улучшил финансовые показатели по итогам 2013 года. Совокупная выручка ведущего российского производителя систем и агрегатов для воздушных судов увеличилась более чем на 30% по сравнению с предыдущим годом и превысила 20 млрд. рублей, совокупная чистая прибыль выросла на 72% - 1 млрд. рублей [7].

ГОСТ Р ЕН 9100-2011 полезен тем, что использование его для совершенствования СМК направлено на выравнивание подходов к менеджменту

качества в организациях оборонного комплекса РФ и аналогичных зарубежных организациях. Опыт его внедрения позволяет утверждать, что он представляет собой реальный инструмент повышения эффективности деятельности и позволяет достигнуть более высокого уровня развития компании.

В процессе внедрения ГОСТ Р ЕН 9100-2011 есть определенные трудности, которые, как правило, обусловлены: отсутствием стратегического решения руководства о создании системы, внутренними барьерами между подразделениями, отсутствием понимания общих целей организации, разрывом доверия между разными уровнями персонала; дисбалансом ответственности и полномочий; отсутствием регламентированных процессов; отсутствием понимания персоналом сути «качества» как качества процессов, ресурсов, управленческих решений, а только лишь как качества готовой продукции.

Список литературы:

1. Шпер В. Л. Стандарт AS 9100. // Методы менеджмента качества. – 2010, № 5.
2. ГОСТ Р ЕН 9100-2011 Системы менеджмента качества организаций авиационной, космической и оборонных отраслей промышленности. Требования. – Москва, ФГУП «Стандартинформ», 2012. – 32 с.
3. ГОСТ ISO 9001-2011 Системы менеджмента качества. Требования// База нормативных документов «Кодекс» [Электронный ресурс], дата обращения 10.02.2014.
4. М. В. Кохтина. Сравнительный анализ международных и российских стандартов, устанавливающих требования к системе менеджмента качества предприятий высокотехнологичных отраслей промышленности. // материал Международной научно-технической конференции, МИРЭА. - 2013 .
5. В.А. Новиков, Ю.П. Зубков. Отраслевые производные стандарты ИСО 9001. // Компетентность. - 2007 , № 9–10, с. 54-63.
6. ОАО «Раменский приборостроительный завод». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rpz.ru/>. – Загл. с экрана.
7. Холдинг «Авиационное оборудование». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://avia-equipment.ru/>. – Загл. с экрана.
8. Отличия стандарта AS 9100:2009. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.kpms.ru/Standart/ISO_AS9100_2009.htm. – Загл. с экрана.

Внедрение метода 5s на участке упаковка

Айтжанова А.Б.

Научный руководитель: Редько Л.А., д.т.н., доцент кафедры ФМПК
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: fmpk@tpu.ru

Бережливое производство в современных условиях российской действительности становится актуальным и востребованным инструментом управления предприятием, поскольку направлено на повышение конкурентоспособности предприятия и является наиболее эффективным способом развития предприятия и повышения качества продукции или услуг [1].

Реализация системы бережливого производства начинается с обеспечения базы или фундамента для дальнейшего преобразования, которое обеспечивает внедрение системы 5S. Фактически успешный запуск системы 5S дает сигнал о готовности к дальнейшему использованию инструментов бережливого производства [2].

Цели системы 5S:

- снижение числа несчастных случаев;
- повышение уровня качества продукции, снижение количества дефектов;
- создание комфортного психологического климата, стимулирование желания работать;
- повышение производительности труда (что в свою очередь ведёт к повышению прибыли предприятия и соответственно повышению уровня дохода рабочих);
- определение и устранение отклонений от нормального процесса;
- исключение сбоев в работе.

Система 5S – это 5 простых принципов рациональной организации рабочего пространства, соблюдая которые, можно извлечь максимальную выгоду из имеющихся ресурсов (таблица 1) [3]. Слова, обозначающие эти действия, в японском языке начинаются с буквы «с»:

- Seiri – Sorting – сортировка
- Seiton – Straighten or Set in Order – рациональное расположение
- Seiso – Sweeping – уборка.
- Seiketsu – Standardizing – стандартизация работ.

Таблица 1 Действия системы 5S

Название	Действия	Ключевая фраза
1S Сортировка	Убрать ненужные вещи с рабочего места (оставить только то, что необходимо и в том количестве, сколько необходимо)	Если сомневаешься, выбрасывай
2S Рациональное расположение	Положить каждый предмет туда, где он используется (все находится на своих местах, в чистоте и готовности к применению)	Свое место для каждой вещи, и каждая вещь на своем месте
3S Регулярная уборка	Убирать и исключать причину загрязнения (регулярная проверка рабочего места для поддержания порядка)	Лучшая уборка, когда не нужно убираться; не создавай грязь
4S Стандартизация	Создать инструкцию и стандарт того, каким должно быть изделие (инструкция включает пошаговое описание действий и методы выполнения работ)	Смотри и знай, что должно быть сделано
5S Поддержание (улучшение)	Поддержание порядка с помощью того, что проведение 5S станет постоянным, второй натурой (сохранение достижений и постоянный поиск улучшений)	Чем меньше самодисциплины Вам нужно, тем лучше

Применение системы 5S осуществлялось на пилотной площадке компании ЗАО «Физтех-Энерго», а именно на участке упаковки. Компания ЗАО «Физтех-Энерго» является Российским производителем энергосберегающих осветительных приборов на основе светодиодов. Вся выпускаемая продукция разрабатывается и

выпускается в России из качественных зарубежных комплектующих, и имеет все необходимые сертификаты соответствия.

По прибытию на участок упаковки были выявлены следующие проблемы:

- отсутствие синхронизированной работы между участком упаковки и участком ОТК;
- отсутствие стандарта рабочего места упаковщика. (Потеря времени на поиск скотча, наклеек и т.д. и лишние перемещения);
- отсутствие стандарта работы упаковщика и плана работ на день, неделю, месяц.

Поэтому целями команды определили:

- оптимизация рабочего места сотрудников на участке упаковки;
- стандартизация процесса упаковки и разгрузки продукции;
- повышение производительности труда.

После выявления существующих проблем на процессе упаковки и постановки целей, приступили к реализации первых трех этапов метода, а именно сортировка, расположение и уборка.

1S – Сортировка на участке упаковки.

При визуальном осмотре было выявлено, что на столах упаковки расположены ненужные предметы. Мешки с полистиролом стоят на упаковочном столе (рисунок 1, фото 1). На другом столе стоят сок, ненужные документы и мультифоры и т.д (рисунок 1, фото 2). На этом этапе необходимо убирать все лишнее, оставить только предметы, необходимые упаковщику для работы.



Рисунок 1 Сортировка на участке упаковки

2S – Расположение на участке упаковки. Простая и доступная визуализация помогает сотрудникам в течение работы. Необходимо зонировать рабочее пространство с использованием цветных границ. Например, границы с синим цветом будут использоваться для размещения стандарта упаковки. На границе зеленого цвета будут расположены инструменты, а границы красного цвета сигнализируют упаковщику об опасной зоне, значит, ближе к этой зоне нельзя ставить предмет упаковки, а также режущие предметы.

Место хранения каждого инструмента следует обозначить его силуэтом и надписью (рисунок 2) на специальном стенде. В этом случае отсутствие предмета сразу же становится заметным.



Рисунок 2 Создание мест хранения для инструмента

3S – уборка на участке упаковки. Уборка – есть обязательство сотрудников нести ответственность за вещи, которыми они пользуются.

Выполнение первых трех этапов системы 5S без следующего этапа, является бессмысленным, так как без установки процедуры или стандарта положение дел вернется со временем в исходное положение.

4S – стандартизация. Проанализировав результаты первых трех этапов, команда предложила стандарт расположения инструментов на столе упаковки, с наиболее удобным расположением для упаковщика, а также разработали стандарт упаковки.

5S –поддержание, улучшение. Деятельность в соответствии с методом 5S должна стать неотъемлемой частью рабочего дня и войти в привычку. Что касается улучшения, то в качестве рекомендаций были предложены следующие возможные решения по устранению выявленных проблем:

- ввести стандарт рабочего места, оснастить каждого набором инструментов;
- ввести стандарт упаковки продукции, сделать технологические карты на всю продукцию. Вести журнал перемещений с ОТК, разработать и согласовать план работ на день, месяц;
- разработать процедуру аудита рабочего места.

В настоящее время на рабочих местах, в цехах нет лишних предметов, промаркированы инструмент и места его хранения; в тумбочках все разложено в соответствии с указанными местами хранения; оборудование выкрашено разными цветами, выделены опасные зоны; оптимизированы площади.

В результате внедрения метода 5S на пилотной площадке получили следующие результаты:

1. Безопасность рабочего места;
2. Повышение качества выполняемых работ в рабочей зоне;
3. Устранение потерь (время на поиск инструментов);
4. Повышение эффективности выполняемых работ в рабочей зоне.

Сейчас система 5S обладает фундаментальной мощью для того, чтобы изменять рабочие места и вовлекать в процесс улучшений всех работников. При этом предметом приложения усилий при внедрении 5S является не место само по себе, а процесс, участвующий в создании стоимости и потребительской ценности. И в этом процессе люди взаимодействуют с инструментом, оборудованием и другими людьми

Список литературы:

1. Портал Бережливое производство и Lean – технологии. <http://www.leaninfo.ru/> [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.dmg.com, свободный. – Загл. с экрана.

2. 5S для офиса: как организовать эффективное рабочее место, Томас Фабрицио, Дон Теппинг / Пер.с англ. – М.:Институт комплексных стратегических исследований, 2012. – 224 с.

3. 5S для рабочих: как улучшить свое рабочее место, Хироюки Хирано / Пер.с англ. – М.:Институт комплексных стратегических исследований, 2012. – 176 с.

Многопараметрическая система контроля процесса обработки деталей космических приборов

Андреев А.А., Шевченко В.В.

Научный руководитель: Шевченко В.В., к.т.н., доцент

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 03056, Украина, г. Киев, пр. Победы, 37

E-mail: charley4ik@yandex.ru

Для выбора наиболее информативных методов диагностики процессов обработки материалов космического приборостроения, обосновано использование информационных технологий, которые решают вопросы идентификации дефектов и прогноза их развития на базе неразрушающих методов контроля и функционального диагностирования. Среди информационных технологий функциональной диагностики процессов резания предпочтительными являются те, которые строятся на измерении величины сигналов в контрольных точках и сравнении их с предельными значениями, на частотных технологиях выделения из измеряемого сигнала составляющих в определенных частотных диапазонах и дальнейший энергетический анализ выделенных составляющих, на спектральных технологиях, которые основаны на узкополосном спектральном анализе сигналов.

Среди методов диагностики степени износа и технического состояния режущей кромки инструмента наиболее подходящим является сочетание нескольких методов как, например, измерение виброакустического сигнала и ИК-излучения [1].

Метод виброакустической диагностики состояния режущего инструмента. В процессе резания источниками колебаний являются пластическая деформация, разрушение и трение. По мере роста износа увеличиваются силы резания, увеличивается нестабильность обработки и плоскость контактирующих поверхностей приводит к росту амплитуды колебаний и росту их количества в единицу времени. Этим объясняется наличие корреляционной связи между параметрами колебаний и величиной износа. Таким образом, он имеет большие преимущества для диагностирования дефектов режущей кромки, что начинают развиваться задолго до возникновения аварийных ситуаций и практически сразу же начинают влиять на вибрацию и шум технологической системы [2].

Метод диагностики состояния режущего инструмента с помощью ИК-излучений основанный на измерении и анализе потока инфракрасного излучения из зоны резания. Он дает широкий спектр возможностей по предотвращению поломки режущего инструмента, тем самым предотвращает возможность брака деталей приборов.

Предложенная комбинированная система диагностики режущего инструмента в условиях автоматизированного производства космических приборов, позволит проводить диагностику режущего инструмента и анализировать полученные

данные, независимо от обрабатываемого материала и материала инструмента, а внедрение данной системы потребует незначительных по сравнению с другими системами средств.

Список литературы:

1. Григорьев, С. Н. Диагностика автоматизированного производства: Учебник / С. Н. Григорьев. – М.: Машиностроение, 2011. – 600 с.
2. Аршанский, М. М., Щербаков, В. П. Вибродиагностика и управление точностью обработки на металлорежущих станках: Учебник / М. М. Аршанский. – М.: Машиностроение, 1988. – 67 с.

Понятие качества в современном мире

Булгакова О.С., Иванова Т.О.

Научный руководитель: Васендина Е.А., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: fmpk@tpu.ru

Новое поколение привыкло оценивать все, что видит: начиная с обслуживания в кафе и заканчивая купленным автомобилем. Мы требуем высокого качества за относительно невысокую цену, но не задаемся вопросом о том, возможно ли это?

Начнем с того, что качество - понятие субъективное, что у одного будет вызывать восхищение, для другого не вызовет никаких положительных эмоций.

Впервые о качестве заговорил Аристотель в III веке до н.э. Им было выделено два основных критерия, по которым можно было рассуждать о качестве продукции или услуги: «хороший» и «плохой». На то время эта система оценивания имела место быть, однако, сейчас мы не сможем достаточно точно определить качество продукции, придерживаясь этим критериям. После Аристотеля были и другие великие люди, которые затрагивали тему качество, но именно XX век стал взрывом в этой области, подарив нам труды, вклады и мысли таких гуру качества как: В. Шухарт, К. Исикава, Э. Деминг, Ф. Кросби, В. Парето и другие. Именно с этих имен началась эпоха развития управления качеством. 14 принципов Деминга, контрольные карты Шухарта, цикл PDCA, закон Парето, система «ноль дефектов», причинно-следственная диаграмма – все это имеет место быть и сейчас. Этим пользуются, не смотря на то, что прошло достаточно времени, однако что-то уже успело поменяться.

Сегодня мир стремительно изменяется: новые технологии, новые виды производств, высокое разнообразие продукции и услуг, благодаря чему у нас появилась возможность выбора. Недовольство одной вещью уже не несет огромного разочарования для потребителя, достаточно перейти улицу и приобрести товар, соответствующий твоим запросам. Все это порождает такое понятие, как конкуренция. Компании очень дорожат своим имиджем и готовы сделать все, что сохранить старых и привлечь новых клиентов. Постоянный клиент – вот к чему стремятся организации. Клиент всегда ищет качество совместно со стоимостью и для того, чтобы сделать свое производство качественным и менее затратным, компании стремятся оптимизировать каждый процесс. В связи с этим они применяют различные методики ведения производства такие как: 20 ключей, 5S,

ноль дефектов и другие, а так же проводятся мероприятия внутри организации такие как: бенчмаркинг, самооценка, внутренние аудиты. Не трудно заметить, что на сегодняшний день все организации стремятся занимать лидирующие позиции на рынке, и чтобы оставаться на высоте «им нужно бежать в два раза быстрее остальных».

С каждым годом «качество» только будет набирать обороты, стремительно увеличивая свою значимость. Оно охватывает все стороны жизни общества, не оставляя ни одного человека равнодушным.

Наступит время, и мы сможем довольствоваться миром, в котором «правит качество». В большей части организаций будут внедрены системы менеджмента качества, различные способы управления, за счет которых будет повышаться уровень компании на мировом рынке. Так давайте же сегодня сделаем все возможное, чтобы завтра наслаждаться достойной жизнью.

Зачем необходимо управлять качеством в современном мире?

Величко К.В., Пучихина А.А.

Научный руководитель: Васендина Е.А., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: fmpk@tpu.ru

Современное общество постоянно требует повышения качества, с наименьшими затратами. Поэтому производитель стремиться, всеми возможными способами, удовлетворить желания потребителя без вреда для собственного производства.

В наши дни качество достигает высокого уровня, путем усовершенствования уже существующих концепций. Как и ранее основной ориентацией производителя остается потребитель, его желания, ожидания и потребности.

Как мы уже говорили, основную деятельность компании необходимо направить на потребителя. Что бы компания была деятельная, нужен компетентный руководитель, который непрерывно и лично будет участвовать во всех производственных процессах, а так же не отстраняться от документации. Контролировать работу персонала, непрерывный поиск новых партнеров и качество продукции.

Дать каждому работнику возможность идти вверх по карьерной лестнице. Так же он должен обеспечить возможность участия каждого работника в достижении главной цели – удовлетворение запросов потребителя.

Ни в коем случае не стоит забывать и о самом процессе производства, максимально улучшать качество продукта, при этом сохранять оптимальную его стоимость, как для покупателя, так и для производителя.

Как известно совершенству нет предела, поэтому необходимо непрерывное улучшение. Нужно организовать постоянные проверки на качественное выполнение производственных процессов, выполнение качественной работы персонала и конечно самого руководителя.

Так же необходимо заключить договор с поставщиками, что бы он был взаимовыгоден обеим сторонам. Так как без поставщиков не организуется оптимальная работа компании.

В каждой стране своя концепция управления качеством, и выбор конкретной концепции зависит от продукта производства и мнения руководителя. На сегодняшний день существует три базовых модели: японская, американская и европейская:

– для японской модели управлением качеством главной задачей является обеспечение контроля качества, как единого процесса (от руководства до персонала).

– для европейской модели характерно систематизированное множество критериев, по которым оценивается качество:

1. удовлетворение потребностей клиентов;
2. удовлетворение интересов персонала;
3. влияние на общество.

Страны меняются опытом в управление качеством, именно поэтому качество в современном обществе постоянно вырывается на самый высокий уровень, остается сохранять стабильность и совершенствоваться.

Развивающее (инновационное) управление персоналом современных промышленных предприятий

Гальцева О.В.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: rabota2013tpu@mail.ru

Эффективное управление производственной системой является основным фактором для обеспечения качества выпускаемой продукции.

Для достижения определенных целей организации огромное значение управления людьми осознается повсеместно и требует постоянных управленческих нововведений.

Высшее административное управление организации задает темп всему производственному процессу. Впервые на этом звене управленческой структуры сконцентрировал свое внимание А. Файоль. В книге «Общее и промышленное управление» определено его понимание процесса управления [1]: «Управлять – значит, предвидеть, распоряжаться, координировать и контролировать:

- предвидеть, т.е. учитывать грядущее и выработать программу действия;
- организовывать, т.е. строить двойной – материальный и социальный организм предприятия;
- распоряжаться, т.е. заставлять персонал надлежаще работать;
- координировать, т.е. связывать, объединять, гармонизировать все действия и все усилия;
- контролировать, т.е. заботиться о том, чтобы все совершалось согласно установленным правилам и отдельным распоряжениям».

Но для успешного решения производственных задач в нестабильных условиях рынка требуются подходы и концепции управления, которые реализуют развивающее (инновационное) управление персоналом в условиях инновационной экономики.

Развивающее (инновационное) управление персоналом реализуется [2], как системный подход к управлению персоналом, при котором происходит интеграция системы управления организацией и системы управления персоналом со всем комплексом факторов и методов влияния на развитие и поведение персонала. Следовательно, современное управление персоналом должно стремиться к реализации и развитию интеллектуальных, предпринимательских способностей работников, что необходимо для достижения общих целей организации и для удовлетворения личных потребностей сотрудника. Когда мы говорим об интеллектуальных, предпринимательских способностях работников, то надо учитывать, что данный аспект напрямую связан с творческим подходом к работе и имеет свои особенности.

Особенности труда при творческом подходе, которые предлагается учитывать при формировании концепции развивающего управления персоналом на основе интеллектуального совершенствования персонала, приведены в работе [3], а именно:

- в процессе творческого поиска работник не может спрогнозировать количество времени, сил и энергии, которые ему придется затратить;
- в творчестве отсутствует гарантия положительного результата;
- имеет место эмоциональное восприятие творческим работником результатов труда;
- необходимо своевременно пересматривать систему мотивов и стимулов к труду: работник может приступить к творческому процессу только в том случае, если процесс находится в сфере его интересов;
- условием творчества является взаимодействие субъектов творческого процесса между собой, с окружающей средой, средствами труда (человек – существо общественное), что способствует неординарности решений;
- доля творческого труда изменяется в зависимости от категории работника;
- творческий труд предполагает постоянное качественное развитие работников, что является объективной необходимостью эффективной деятельности предприятий, особенно в условиях жесткой конкуренции их инновационных потенциалов.

Таким образом, мы можем представить функции развивающего управления персоналом современных промышленных предприятий [4]:

воспроизводство инновационной рабочей силы: подготовка кадров по новым направлениям развития техники и технологии, экономики и управления, повышение роли дополнительного профессионального образования, формирование работников, обладающих инновационными способностями, т.е. умением вырабатывать инновации самостоятельно, в процессе трудовой деятельности, находить новое в опыте других и использовать его в своей организации;

оценку уровня и характера инновационной активности трудовых коллективов предприятий;

систематизацию персональных качеств менеджеров, специалистов, других работников, позволяющую оценить их инновационные способности;

поиск стратегий кадрового обеспечения инновационных процессов;

развитие подходов к формированию инновационных команд;

развитие инновационной культуры на предприятиях, в организациях.

Представленные функции управления персоналом должны быть подчинены единой цели, которую можно сформулировать следующим образом: управление

развитием интеллектуального потенциала персонала организации, так как интеллектуальный потенциал персонала организации необходимо рассматривать в качестве основного стратегического ресурса организации в условиях инновационной экономики.

Можно сделать выводы, что на стадии современной экономики, когда производственный процесс совершенствуется через развитие рынка интеллектуальных товаров и услуг, применение интеллектуальной компоненты в совершенствовании технологий и процессов и увеличение научности производимой продукции, наиболее ценными качествами персонала становятся уровень образования, профессионализм, обучаемость, креативность. Как вывод, повышение внимания руководящего состава на развитие этих характеристик персонала поможет повысить качество продукта на выходе.

Список литературы:

1. Бернал Джон Десмонд. Мир без войны: - М., 1960.– 500 с.
2. Развитие человеческих ресурсов / Д. Джой-Меттьюз, Д. Меггинсон, М. Сюрте. – М.: Эксмо, 2006. – 432 с.
3. Потуданская В.Ф., Яковлева Е.В. Управление развитием персонала в условиях инновационной экономики // Креативная экономика. — 2009. — № 6 (30). — с. 3-12. — <http://www.creativeconomy.ru/articles/2356/>
4. Яковлева Е.В. Персонал как объект управления в условиях инновационной экономики // Креативная экономика. — 2010. — № 6 (42). — с. 7-13. — <http://www.creativeconomy.ru/articles/3627/>

Оптимизация производственных процессов в выпуске светодиодных светильников с применением инструментов Lean Production

Карбина Ю.С.

Научный руководитель: Плотникова И.В., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: karbina_ula@mail.ru

Основным инструментом для оптимизации процесса производства является картирование потока создания ценности, позволяющее проанализировать полностью весь процесс, выявить проблемные места и на основе анализа улучшить процесс. В результате картирования сравнивают результаты «до» и «после» улучшений и делают выводы, стоит ли дальше продолжать внедрение Lean Production.

Для того чтобы быть конкурентоспособным на рынке сбыта светодиодных светильников предприятия активно начинают применять методы, позволяющие улучшить процесс производства и тем самым повышать качество светильников и спрос на отечественную продукцию, таковыми являются инструменты бережливого производства.

Томское предприятие, выпускающее светодиодную технику, успешно применяет инструменты бережливого производства, т.к. предприятие относительно молодое, то в конкурентной борьбе на рынке светодиодной технике, необходимо иметь преимущество, которое заключается в качестве выпускаемых светильников.

Для оптимизации процесса производства светодиодных светильников, необходимо использовать такой инструмент бережливого производства, как картирование.

Картирование – это визуализированное описание материального потока создания ценности процесса. Картирование производится в условиях «как есть» и «как будет». При помощи такого инструмента бережливого производства создается карта потока создания ценности, позволяющая четко определить время создания ценности и потери, присутствующие в потоке создания ценности.

Данный инструмент был применен на участке сборки, визуального контроля и участка упаковки светодиодного светильника. Для того чтобы построить карту потока создания ценности, необходимо подробное описание производства светильника с указанием всех операций и необходимого времени, данные приведены в таблице 1.

На основе сводной таблицы, строится карта потока создания ценности (рис 1). Тут же выделяем потери 1-го, 2-го и 3-го рода. Потери 1-го рода (красным цветом) – это вынужденные потери, которые обязательно нужно исключать из потока производства; 2-го рода (желтым) – это необходимые потери, без которых не обойтись, но по времени их необходимо сокращать, и потери 3-го рода – это действия, создающие ценность конечного продукта для потребителя.

Таблица 1 Описание производства светильника с указанием всех операций и времени

	Описание	Количество, шт.	Общее время	Время в среднем на 1 шт.
монтажный стол №1				
1	Распаковка кронштейна	8	80	10,00
2	Выкладка корпуса из коробки на стол	18	119	6,61
3	Берет корпус	18	45	2,50
4	Распаковка корпуса	18	280	15,56
5	Выкидывает бумагу	1	22	22,00
6	Взял / положил торцевой ключ	18	38	2,11
7	Монтаж болта уплотнительного	36	290	8,06
8	Положил торцевой ключ	18	39	2,17
9	Берет БП	36	71	1,97
10	Распаковка БП	36	198	5,50
11	Фиксация провода	36	802	22,28
12	Взял шуруповерт	18	23	1,28
13	Монтаж БП	36	791	21,97
14	Взял / положил шуруповерт	18	22	1,22
15	Берет кронштейн	18	34	1,89
16	проверяет шуруповерты	1	18	18,00
17	Взял шуруповерт	18	22	1,22

18	Монтаж кронштейна	18	662	36,78
19	Положил шуруповерт	18	22	1,22
20	Осмотр кронштейна	1	15	15
21	Исправление брака	1	44	44
22	Снятие внешней изоляции с проводов	36	566	15,72
23	Передача на следующий этап	18	54	3,00
24	Убирает мусор	1	96	96,00
25	Попил чаю	1	10	10,00



Рисунок 1 Карта потока создания ценности

Карта потока показывает, сколько времени занимает каждая операция. На момент картирования производство состояло из 180 операций, данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 Итоги картирования

Сборка + ОТК + Упаковка (1 деталь)		
	t, с.	%
Общее количество времени	1274,11	100%
Потери 1-го рода	114,28	9%
Потери 2-го рода	921,33	72%
Потери 3-го рода	527,56	31%

Проанализировав проблемные участки, были выявлены основные проблемы и предложены решения по оптимизации процесса производства светильника. Данные сведены в таблицу 3

Таблица 3 Решения по оптимизации процесса производства светильника

№	Проблема	Решение
1	Ожидание заготовки на участках сборки светильника	Распределить операции таким образом, чтобы время на каждом этапе сборки было практически одинаковым
2	Потеря времени на поиск необходимых инструментов для сборки светильника	Стандартизировать рабочее место и определить каждому инструменту свое конкретное место.
3	Многочисленные перемещения упаковщицы по рабочей зоне За 11 ч рабочий день она проходит 858м.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установить участок «Упаковка» в одну линию с производством светильника (сборки). 2. Расставить столы для сборки коробки и для нарезки изолон, таким образом, чтобы было меньше перемещений.

После проведенных мероприятий, полностью устранили потери 1-го рода и на 12 % сократили потери 2-го рода и на 11 % увеличили время на действия, создающие ценность и сократилось количество операций на 80 (было 180 –стало 120 операций). Эффективность производства составляла на момент картирования 34%, а после проведенных мероприятий увеличилась на 6 %, данные в таблице 4.

Таблица 4 После проведения корректирующих мероприятий, итоги картирования

Сборка + ОТК + Упаковка (на 1 деталь)		
	t, с.	%
Общее количество времени	1088,94	100%
Потери 1-го рода	0,00	0%
Потери 2-го рода	648,11	60%
Потери 3-го рода	440,83	40%

После применения картирования все потери и связанные с ними проблемы были устранены, что свидетельствует об эффективности применения инструментов бережливого производства. Но на этом работа не останавливается, необходимо постоянно улучшать процесс и доводить его до идеального состояния.

Список литературы:

1. Портал Leaninfo.ru [Электронный ресурс] – URL: [http:// www.leaninfo.ru](http://www.leaninfo.ru) (дата обращения: 26.02.2014).

Промышленное освоение астероидов

Кузьмин А.С., Шемякин А.Н., Шигин Г.В.

Научный руководитель: Бориков В.Н., директор ИНК ТПУ, д.т.н., профессор.
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: King-magicianAIM@Yandex.ru

Околоземное пространство содержит множество небесных тел богатых различными полезными ископаемыми. Огромное количество астероидов, комет, планет, спутников находятся возле Земли, природные ресурсы которых могут дать толчок к развитию новых технологий и могут привести к научно-технической революции.

Промышленное освоение космического пространства является одним из перспективных направлений в освоении космоса. Астероиды имеют огромное количество различных минералов и летучих элементов, которые могут служить источником редких металлов и воды. Такие небесные тела могут содержать в себе золото, кобальт, железо, марганец, молибден, никель и др. металлы, в которых нуждается современная промышленность. Для сравнения, небольшой астероид диаметром 1 км может содержать до 2 млрд тонн железо-никелевой руды, что в несколько раз больше добываемой руды на Земле за 1 год. Доказательством данной теории является то, что большую часть полезных ископаемых добываемых из верхних слоёв Земли, являются остатками астероидов, упавших на Землю.

Ученые всего мира пытаются создать технологии для добычи полезных ископаемых в космосе. Ряд крупных компаний занимаются решением данной задачи. Такие фирмы как Planetary Resources или Deep Space Industries, Inc. уже ведут разработки в данном направлении, в частности создание разведывательных кораблей для определения состава ископаемых на астероидах. В дальнейшем они планируют использовать 3D-принтеры для добычи для создания оборудования (деталей в невесомости) прямо на месте добычи. А воду с астероидов можно будет использовать в качестве производства водорода, как топлива для космических кораблей, и кислорода для дыхания персонала, обслуживающего место разработки.

В настоящее время выделяют 3 варианта добычи сырья с астероидов:

- добыча руды и доставка её на место последующей переработки;
- переработка добытой руды прямо на месте добычи, с последующей доставкой полученного материала;

- перемещение астероида на безопасную орбиту между Луной и Землёй.

Также учеными разработано несколько возможных способов добычи руды:

- добыча руды методом, аналогичным, используемым в карьерах;
- сбор зерен металла на металлических астероидах при помощи магнита;
- тепловым воздействием на поверхность астероида;
- закрытая добыча (строительство шахт и тоннелей в астероидах);
- создание самопроизводящихся машин для развития производства и исключения необходимости вмешательства человека при различных аварийных ситуациях.

Пока современные технологии не позволяют начать добычу полезных ископаемых на астероидах по ряду причин:

- Доставка необходимых компонентов на околоземную орбиту дорогое удовольствие, которое не может позволить себе каждый.

- Технологии по добычи и доставки сырья несовершенны или нереализуемы на сегодняшний день (н-р: ядерный двигатель, который еще не создан)

- Современная промышленность не испытывает острой нехватки в редкоземельных металлах, например металлов платиновой группы

Но данный проект перспективен:

- Количество редкоземельных металлов на Земле ограничено.

- Открытие новых химических элементов может продвинуть науку на десятилетия вперед.

- С появлением новых технологий человечество сможет осваивать не только околоземное пространство, а создавать колонии, как на других планетах, так и в других солнечных системах, которые не будут зависеть от поставок сырья с Земли.

Человеческая цивилизация прошла длинный исторический этап. Интенсивное освоение космоса и использование его богатств является огромным шагом, сделав который человечество вступит в новую эпоху.

Список литературы:

1. Wikipedia. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>, свободный.

2. Золотодобыча. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zolotodb.ru>, свободный.

Современные концепции управления качеством

Рабенко Е.Б.

Научный руководитель: Редько Л.А., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634040, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: fmpk@tpu.ru

Всеобщее управление качеством – основополагающая философия, применимая практически ко всем существующим в настоящий момент моделям и концепциям в сфере управления качества. Эта философия возникла во второй половине XX века и очень быстро охватила весь мир, так как позволяла по-новому взглянуть на организацию производства.

В основе философии всеобщего управления качеством лежат несколько базовых принципов: ориентация на потребителя, вовлечение всех работников, лидерство руководства, взаимовыгодные отношения с поставщиками, процессный подход к системе менеджмента качества, системный подход к управлению, принятие решений на основе фактов, постоянное улучшение деятельности. Именно эти принципы являются общепризнанными, они приняты на международном уровне.

Существует несколько основных направлений в управлении качеством, но можно условно выделить две крупнейшие научные школы в этой области: японскую (восточную) и европейскую (западную).

Рассмотрим для начала японские модели в управлении качеством, затем европейские. Попробуем выяснить, какие концепции хорошо применимы к производству в России, а с какими могут возникнуть большие сложности.

После окончания второй мировой войны, Япония находилась в неблагоприятной экономической обстановке. Тогда улучшение качества стало национальной стратегией – именно так японцы решили выйти из состояния послевоенного кризиса.

Для Японии того времени было характерно привлечение к проблемам качества всех работников: от рабочих в цехах до высшего руководства. Путем участия всех работников и внесения небольших улучшающих изменений компании развивались в среднем темпе, но планомерно. Кроме того, такие изменения не требовали больших финансовых затрат. Особое внимание также уделялось статистическому контролю качества.

Меня особенно восхищает модель кружков качества как одна из ранних моделей управления качеством в Японии. Активное участие в развитии этой концепции принимали Эдвардс Деминг и Каору Исикава. Вышеуказанная модель создавалась для того, чтобы обучить сотрудников статистическим методам контроля качества и вовлечь их в процесс постоянного улучшения качества. Кружки качества способствовали тому, что сотрудники работали в командах, сами выявляли и решали проблемы, причем обосновывали решение. Лучшие предложения внедрялись в короткий срок (менее недели).

Также особое внимание нужно уделить программе «Пять нулей», направленной на предупреждение появления дефектных изделий. Суть этой программы заключается в следующем: каждый работник понимает ответственность за то, что он передает только качественный товар на следующую стадию, каждый строго соблюдает технологию, создаются все условия для предотвращения появления дефектов.

Еще одна особенность японской школы управления качеством – система Just-in-Time, что в переводе с английского означает точно-во-время. Эта система позволяет избавиться от издержек, связанных с избыточным складированием, например, уменьшить площади, на которых хранятся детали, ожидающие своей очереди. Система точно-во-время означает поставку товаров или услуг в правильном количестве и в правильное место именно тогда, когда это необходимо потребителю (внутреннему или внешнему).

Японские концепции и методы всё еще остаются актуальными и действенными, а также являются предметом изучения для менеджеров из разных уголков мира. На мой взгляд, основное подтверждение эффективности японских концепций управления качеством – это японские компании, такие как XEROX, TOYOTA и некоторые другие, которые остаются успешными десятилетиями и постоянно расширяют производство, сохраняют и увеличивают рабочие места, постоянно радуют потребителей предвосхищением их требований.

Теперь обратимся к европейским моделям управления качеством. Наверно, первое, что приходит на ум, – это модель Европейской Премии в области качества. Эта методика, разработанная Европейским фондом управления качеством, содержит критерии управления качеством, на основе которых компании могут совершенствоваться, проводить самооценку, участвовать в конкурсе на получение премии, а также эти критерии могут быть хорошим инструментом для бенчмаркинга. Критерии можно разделить на две группы: возможности (предпринимаемые усилия) и результаты. Эти критерии охватывают все сферы деятельности компании: организация деятельности в компании, персонал, лидерство руководителей, в общем, проходит по всем принципам качества, которые уже были указаны выше.

На данный момент ситуация такова, что управление качеством в России больше направлено на совместимость с Европейскими требованиями. Например, в

России существует модель Премии качества РФ в области качества, которая практически совпадает с Европейской.

Эта модель обычно не сильно видоизменяется со временем, и содержит примерно следующие критерии: роль руководства в организации работ; использование потенциала персонала, планирование в области качества; рациональное использование ресурсов; управление технологическими процессами; удовлетворенность персонала работой в организации удовлетворенность потребителей; влияние на общество; Результаты деятельности организации. Каждый критерий оценивается в баллах, изменяется лишь возможные баллы за каждый критерий в зависимости от того, какое направление является приоритетным с точки зрения правительства.

Таким образом, качество должно стать национальной идеей в России. Двуглавый орел смотрит на запад и на восток, и нам есть чему поучиться у Запада и Востока. Существует множество замечательных концепций, нам лишь стоит больше внимания уделить их изучению и возможностям практического применения в нашей стране. В заключение, приведу высказывание философа Ивана Ильина: «Верим и знаем: придет час, и Россия восстанет из распада и унижения и начнет эпоху нового расцвета. Но возродится она лишь когда поймут, что спасение надо искать в качестве! Все основные крушения и унижения России были от объема и количества».

Распознавание образов как эффективный инструмент решения задач технологической подготовки производства

Сергиенко А.А.

Научный руководитель: Выслоух С.П., к.т.н., доцент

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 03056, Украина, г. Киев, пр. Победы, 37

E-mail: sergiyenko.olexandr@gmail.com

Современное приборостроение требует повышения качества и сокращения сроков технологической подготовки производства и непосредственно изготовления изделий, которые будут отвечать мировому уровню. Это невозможно реализовать на используемой на сегодняшний день информационно-методологической базе без применения современных научно обоснованных методов обработки информации.

Так, в различных научных дисциплинах нашли свое применение методы теории распознавания образов. Использование данных методов позволяет эффективно решать множество задач классификации, идентификации процессов и явлений, обработки сигналов, оценки ситуаций и т.п.

Успешное применение методов теории распознавания образов в различных областях науки и техники дают возможность сделать вывод о целесообразности их использования в приборостроении для решения множества задач данной отрасли.

Новых способов решения требуют задачи технологической подготовки производства (ТПП) в приборостроении. Распознавание образов уже было неоднократно задействовано в решении задач ТПП, таких как математическое моделирование сборочных процессов [1] и интегрировании систем конструкторского и технологического проектирования [2].

Из приведенного выше можно сделать заключение, что использование методов теории распознавания образов в ТПП имеет большой потенциал и требует более широкого применения.

Список литературы:

1. Чимитов П. Е., Разработка математической модели сборочных процессов с использованием методов распознавания образов. Автореф. дис. канд. тех. наук. – Иркутск, 2010. – 20с.
2. Щерстобитова В.Н., Алгоритмы интеграции систем автоматизации конструкторского и технологического проектирования. Автореф. дис. канд. техн. наук. – Оренбург, 2004. – 18с.

Внедрение стандартов GMP на российских предприятиях

Сидельцева Х.Е., Сацута А.Е.

Научный руководитель: Янушевская М.Н., к.т.н., старший преподаватель
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: sidelzewa@mail.ru

Международный стандарт GMP (Good Manufactured Practice) является базовым отраслевым стандартом обеспечения качества выпускаемой продукции и включает в себя достаточно обширный ряд показателей, которым должны соответствовать фармацевтические предприятия, определяя четкие параметры каждого производственного этапа.[1]

Стандарт устанавливает требования к производству и контролю качества лекарственных средств для человека и животных и не распространяется на обеспечение промышленной безопасности, пожарной безопасности, взрывобезопасности, химической безопасности и безопасности других видов при производстве лекарственных средств, требования к которым приведены в других нормативных документах.[3]

В России более 600 локальных производителей лекарственных средств. 10% от этого количества – это производственные площадки, которые знакомы со стандартами GMP и внедрили их пусть не повсеместно, но в отдельных цехах на определенных линиях. Всего 21 площадка полностью соответствует необходимым стандартам производства от входа комплектующих до выхода готовой продукции.[2]

Согласно закону «Об обращении лекарственных средств» от 12.04.2010 №61-ФЗ отечественные фармацевтические предприятия должны перейти на работу по правилам GMP не позднее 1 января 2014 года, но многие организации не видят всех преимуществ от внедрения данного стандарта, а именно:

- улучшение качества выпускаемой продукции;
 - гарантии безопасности и эффективности лекарственных средств;
 - повышение квалификации сотрудников, занятых в производстве;
 - улучшение дисциплины на производстве;
 - четкость и слаженность работы всего коллектива;
 - повышение ответственности каждого звена производственной цепочки;
- возможность контроля производства на каждой стадии, прослеживаемость всего технологического цикла;

- снижение уровня производственных рисков;
- отсутствие необходимости в дополнительных вложениях с целью модернизации производства;
- повышение уровня продаж;
- возможность выхода на международный рынок. [2]

Многие организации не применяют правила данного стандарта из-за ряда трудностей, возникающих при внедрении, например:

- некорректный перевод стандарта;
- внедрение требует больших финансовых и временных затрат;
- увеличение стоимости препарата для конечного потребителя;
- может повлечь за собой закрытие предприятий, не соответствующих требованиям GMP, но годами выпускавшим фармацевтическую продукцию на территории РФ, т.к. российский бизнес пока не готов к серьезным капиталовложениям в производство (ни морально, ни материально);
- создается много ненужной документации, что отнимает время от основной деятельности.

Стандарты GMP являются важной частью при построении интегрированной системы менеджмента (Рисунок 1) на предприятиях фармацевтической отрасли. Для дальнейшего совершенствования деятельности организации необходимо внедрение интегрированных систем менеджмента, отвечающих требованиям международных стандартов и обобщающих мировой опыт системного управления качеством, экологией, персоналом, охраной труда, промышленной безопасностью и т.д. [1][4]



Рисунок 1 Интегрированная система менеджмента на предприятие фармацевтической отрасли

Учитывая все трудности, с которыми предстоит столкнуться компаниям, решившим пойти по пути внедрения GMP на своем производстве, приходится

однозначно признать, что именно те компании, которые внедрят у себя на производстве действенную систему GMP, смогут выйти в лидеры отрасли и достойно представить нашу страну как на внутреннем, так и на международном рынке, выпуская продукцию высочайшего качества, соответствующую мировым стандартам.

Список литературы:

1. GMP Good Manufacturing Practice Надлежащая производственная практика. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.gmpua.com/>, свободный. – Загл. с экрана
2. Новости GMP. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://gmpnews.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
3. ГОСТ Р 52249-2009. Национальный стандарт российской федерации правила производства и контроля качества лекарственных средств Good Manufacturing Practice for medicinal products (GMP) - М.: Стандартинформ 2010, 139с.
4. ГОСТ ISO 9001-2011. Система менеджмента качества. Требования - М.: Стандартинформ 2012, 34с.

Система повышения точности размерной настройки в гибких производственных системах авиационного приборостроения

Скороход А.А.

Научный руководитель: Шевченко В.В., к.т.н., доцент

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 03056, Украина, г. Киев, пр. Победы, 37

E-mail: Oleksandrkpi@i.ua

Основным из требований к деталям авиационного приборостроения является высокая точность их геометрических форм и размеров, что обеспечивает надежность и бесперебойную работу прибора в целом. Достигнуть нужную точность и качество поверхности деталей возможно повышением точности процесса механообработки.

В обеспечении точности механообработки не маловажную роль играет размерная настройка гибкой производственной системы (ГПС), а также ее постоянная поднастройка в процессе обработки на станках с ЧПУ.

На данное время существует несколько систем размерной настройки станков, но все они имеют один значительный недостаток – низкую точность регистрации координат касания.

Для повышения точности измерений и определения периодичности проведения настройки при расчетах необходимо учитывать погрешность от износа станка $\overline{\Delta}_{ep}(\tau)$. Эта погрешность определяется как соотношение реального времени (τ_p) подведения датчика касания (ДК) к детали и рассчитанного времени (τ_T) подвода ДК к детали, которое можно рассчитать, зная подачу (S) и путь (L), который должен пройти ДК к детали, согласно программе обработки.

$$\overline{\Delta}_{ep}(\tau) = \frac{\tau_p}{\tau_T(S, L)} \times 100\%$$

В процессе анализа измеренных координат, помимо формирования коррекционных сигналов, исходя из значения $\overline{\Delta_{ep}}(\tau)$, можно судить о том, как часто необходимо проводить поднастройку станка, что особенно актуально в случае обработки на оборудовании имеющем значительный износ движущихся механизмов.

Также для повышения точности регистрации координат касания, рекомендуется проводить несколько измерений одного и того же размера. Экспериментально подтверждено, что достаточно провести 3 измерения и уже на их основании определить среднее значение координат, как реально измеренные.

Рассмотренный метод повышения точности системы автоматической размерной настройки позволяет повысить точность размерной настройки ГПС, а также ее поднастройки в процессе обработки, что значительно повышает точность механообработки, а соответственно, и точность обрабатываемых деталей.

Использование программных средств на основе искусственных нейронных сетей при изготовлении деталей приборов

Топал А. В.

Научный руководитель: Выслоух С. П., к.т.н., доцент
Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 03056, Украина, г. Киев, проспект Победы, 37
E-mail: optimist13@mail.ua

Технологическая подготовка производства (ТПП) является необходимым этапом в жизненном цикле приборов и машин. Значительная часть деталей приборов изготавливается путем механической обработки. Здесь ТПП деталей включает в себя выбор материала, создание технологического процесса обработки, расчет режимов обработки, выбор и конструирование необходимого оборудования, приспособления и пр. Данный этап жизненного цикла требует больших затрат материальных ресурсов, затрат времени, а также прямого вмешательства большого числа квалифицированных специалистов данной предметной области. Выполнение этих требований не всегда является возможным и экономически выгодным с точки зрения конкретного предприятия.

Номенклатура деталей, которые на данный момент используются в космических аппаратах, чрезвычайно широка. Также широкой есть номенклатура материалов, которые используются в данной отрасли. При этом постоянно повышаются требования к конструкции космических аппаратов, которые, в свою очередь, требуют применения деталей, изготавливаемых из новых материалов. Это вызывает сложность вследствие того, что условия изготовления деталей из одного материала, абсолютно непригодны для другого материала, что может серьезно сказаться на качестве готовой детали. Для решения этой проблемы необходимо проводить исследования, чтобы установить оптимальные режимы резания для достижения заданных свойств детали. Данный процесс является достаточно трудо- и материалоемким.

Поэтому была поставлена задача создания программного продукта, который без больших затрат времени, материальных ресурсов, мог бы решать множество задач ТПП просто и эффективно с высокой точностью.

Существует много способов решения данной задачи. Одним из них является применение методов искусственных нейронных сетей. Преимуществом данных методов перед подобными методами является высокая эффективность прогнозирования. Программный продукт, созданный на основе искусственных нейронных сетей, позволяет прогнозировать получаемые конечные характеристики готовой детали, такие как шероховатость поверхностей, качество точности поверхностей, твердость и напряженное состояние поверхностного слоя детали и др. Результаты прогнозирования, получаемые в результате выполнения программы, основываются на физико-химических характеристиках материала заготовки, режимах резания, сведениях о применяемых инструментах, оборудовании и оснастке.

Применение предлагаемых программных средств является необходимым, поскольку позволит значительно сократить время, необходимое для получения информации, которая необходима для изготовления деталей с требуемыми характеристиками. Еще одним преимуществом использования программ является сокращение материало- и трудоемкости, которые являются достаточно высокими при внедрении новых конструкционных материалов деталей приборов.

Исследование факторов мотивации на инновационно-ориентированном предприятии Свердловской области

Усачева А.С.

Научный руководитель: Плотникова И.В., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634040, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: fmpk@tpu.ru

В совершенствовании управления персоналом с учетом мотивационных и культурных аспектов трудового поведения ведущая роль принадлежит поиску методов мотивации трудовой деятельности, дифференцированных относительно групп работников, имеющих различия в мотивационной структуре.

В 2013 г. мной было проведено исследование мотивации персонала в Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом». В процессе исследования опрошено более 50 специалистов предприятия.

Методика предполагает, с одной стороны, исследование уровня удовлетворенности работников отдельными факторами мотивации, с другой — оценку значимости этих факторов на исследуемом предприятии.

Мной были проанализированы имеющиеся теории мотивации, а также существующие факторы удовлетворенности сотрудников, на основании чего я построила единую модель мотивации

Модель мотивации является не только сводом современных теорий, но и их прогрессивным результатом. Практическое применение этой модели позволит не только понять сущность теорий мотивации, их взаимосвязь, но и определить

возможность решения некоторых проблем, порожденных практической деятельностью.

Используя единую модель мотивации, я определила возможности увеличения активности и устремленности работающих как в настоящем, так и в будущем. Этот процесс связан с использованием результатов анализа системы заработной платы и стимулирования, исследований потребностей рабочих и мотивов их активизации.

Таблица 1 Результаты анализа потребностей рабочих

Потребности	Возраст, %				
	16-25	26-35	36-45	46-55	55-65
Саморазвития	29.45	25.3	17.2	10	0
Потребность в деньгах	14.38	9.5	7.8	0	0
Властные потребности	8.22	12	12.1	10	0
Потребности уважения	15.1	19.6	18.1	20	25
Социальные потребности	12.33	9.5	9.5	15	0
Потребности безопасности	10.96	11.4	19.8	15	25
Физиологические потребности	9.56	12.7	15.5	30	50

Возрастное различие работающих оказывает влияние на структуру потребностей. Так, с возрастом у рабочих снижается уровень первых трех потребностей. Однако уровень психологических (уважения, социальные) потребностей имеет тенденцию к увеличению. Также рост возраста рабочих приводит к росту фундаментальных потребностей.

Таблица 2 Результаты исследования мотивов активизации рабочих

Мотив	Общий процент
Высокая заработная плата	22.6
Хорошие условия труда	19.5
Хорошие отношения	17.5
Правильная и справедливая оценка	10.2
Возможность роста карьеры	8.79
Возможность саморазвития	7.33

По результатам анализа данных таблицы 2 видно, что рабочие мотивируются не только высокой зарплатой. Поэтому перед руководством встают задачи умелого использования прочих мотив активизации работающих. С этой целью руководство компании должно использовать следующие возможности, такие, как:

Усовершенствование настоящих норм и нормативов тарифной оценки труда относительно работающих по сдельной оплате труда.

- Использование премиальной системы оплаты труда для рабочих-сдельщиков.
- Изменение стилей руководства на всех уровнях управления.
- Обновление системы оценки исполнения.
- Разработка положений карьерного роста.

- Разработка премиальной системы, основанной на системе оценки исполнения.

- Подготовка учебной программы повышения квалификации рабочих.

- Разработка мероприятий по удовлетворению социальных потребностей.

Исследование связи между целями и устремлениями указывает на неудовлетворительный характер единства руководства, не до конца отработанную обратную связь, неоптимальность планов и общей деятельности отделов. Поэтому внутренняя организация данной компании неудовлетворена и это ведет к ослаблению активности людей.

На основе проведенных исследований по данной модели мной были предложены следующие рекомендации по рассматриваемому вопросу. А именно:

- Проведение анализа работы. Организация должна досконально провести разработку характеристик рабочих мест. Особенно необходимо четко определить требуемую способность для выполнения данной работы. Для этого, учитывая особенность каждой работы следует комплексно использовать методы наблюдения, опросов и собеседований. После четкого определения характера способности следует разработать единую методику ее оценки.

- Проведение оценки работы. При проведении оценки работы использовать систему баллов. Эта система содержит десять факторов, и компания, разделив работу на десять уровней, должна будет оценивать их десятью баллами с максимальным объемом в тысячу баллов.

- В размере компании необходимо на основе разрядности работ заново установить размер основной заработной платы. Это будет способствовать обеспечению справедливости оценки работы.

- Заново установить нормы и нормативы для рабочих-сдельщиков. Вновь разработать систему оценки работы менеджеров всех уровней.

- Оценку результативности компании следует проводить два раза в год.

- На основе методов оценок результативности и способности следует разработать порядок роста карьеры.

- Для рабочих, получивших более 75% при оценке результативности, следует ввести указание об обеспечении гарантийности данного рабочего места.

- Изменить методику разработки годовых планов деятельности отделов компании, обеспечить их взаимосвязь.

Исследование вовлеченности репрезентативной группы реакторного исследовательского комплекса

Чебодаева А.В., инженер группы качества

Технологического управления Реакторного исследовательского комплекса

Научный руководитель: Соловьев М.А., начальник группы качества

Технологического управления Реакторного исследовательского комплекса

Открытое акционерное общество "Государственный научный центр научно-исследовательский институт атомных реакторов" (ОАО "ГНЦ НИИАР")

г. Димитровград

Вовлеченность как показатель в Госкорпорации изучают уже третий год. «Мы впервые в конце прошлого года поставили такой приоритет – работу с людьми, - сказал гендиректор Росатома Сергей Кириенко, выступая перед собравшимися. – До этого в реальном приоритете чаще был объем производства или выполнение производственной программы. А теперь мы в один уровень с этим поставили показатели работы с персоналом» [1].

Успешное руководство организацией и ее функционирование обеспечиваются путем ее систематического и прозрачного управления. Успех может быть достигнут в результате внедрения и поддержания в рабочем состоянии системы менеджмента качества, разработанной для постоянного улучшения деятельности с учетом потребностей всех заинтересованных сторон [2].

Выделяют восемь принципов менеджмента качества для того, чтобы высшее руководство могло применять их для улучшения деятельности организации: ориентация на потребителя; лидерство руководителя; вовлечение персонала; процессный подход; системный подход к менеджменту; постоянное улучшение; принятие решений, основанное на фактах; взаимовыгодные отношения с поставщиками.

Таким образом, одним из принципов менеджмента качества является вовлечение персонала и изучение данного принципа, его развитие и реализация существенно повлияют на успешную деятельность организации.

Исследования вовлеченности показывают, что вовлеченность имеет сильную корреляцию с результатами бизнеса: совокупный доход акционеров, производительность, текучесть кадров и удовлетворенность потребителей [3].

Существует несколько моделей вовлеченности. Наиболее известные консалтинговые компании, проводящие исследования вовлеченности: Aon Hewitt (представитель в России AXES Management) Hay Group, Gallup, Towers Watson [3].

Исследование вовлеченности в ОАО «ГНЦ НИИАР» проводит консалтинговая компания Aon Hewitt. Используя понятия данной компании рассмотрим, что такое вовлеченность.

Вовлеченность – это эмоциональное и интеллектуальное состояние, которое мотивирует сотрудников выполнять их работу как можно лучше [3].

В анкетах под вовлеченностью мы будем понимать степень участия сотрудников в жизни и деятельности института, совпадение интересов института и интересов сотрудников, позитивное отношение к своей работе, которое приводит к повышению производительности труда. Вовлеченный сотрудник чувствует себя частью организации, чувствует, что его работа важна для организации. В результате

растет производительность труда, сотрудники сами готовы генерировать идеи по развитию и улучшению деятельности.

Рассмотрим основные признаки вовлеченного работника:

Интерес к работе, который выражается в стремлении сделать свою работу как можно лучше и быстрее. Сотрудник по своей инициативе задерживается на работе, чтобы выполнить задачу. Он думает о работе во вне рабочее время, пытается найти решение каких-то вопросов. Обсуждает рабочие вопросы с коллегами по собственной инициативе, потому что ему это интересно. Читает специальную литературу, с удовольствием учится. В целом такое отношение к работе приводит к получению удовольствия от хорошо сделанной работы.

Помимо интереса к работе, вовлеченного работника отличает понимание своих задач и способность самостоятельно расставлять приоритеты. Если работник вовлечен, он никогда не станет сидеть на работе «сложив руки», либо заниматься посторонними делами, никогда не скажет «а я сделал, что вы сказали, больше не знаю чем заняться». Вовлеченный работник сам может определить, какие задачи нужно решать, даже если текущие планы выполнены, он найдет на что направить свои усилия.

И, наконец, вовлеченность проявляется в более высоком уровне инициативности. Вовлеченность приводит к нацеленности на постоянное совершенствование работы, так и процессов в компании [4]. Самостоятельное планирование работы, правильное понимание приоритетов в работе, ориентация на командный результат, увлеченность работой, равнодушие к работе и результатам труда, творческий подход и инициатива – все это критерии инициативности и нацеленности на повышение эффективности работы и развития организации.

Так как вовлеченность напрямую зависит от способности организации обеспечить мотивацию персонала, рассмотрим наиболее актуальные и распространенные модели мотивации, существующие на сегодняшний день в мире.

С точки зрения классификации Хенриха Шольца мотивация делится – в зависимости от предмета анализа - на три главных направления:

Теории, основанные на специфической картине работника - эти теории исходят из определенного образа работника, его потребностей и мотивов. К ним относятся «ХУ-теория» Дугласа Макгрегора, теория «Z» Уильяма Оучи.

Содержательные теории - анализируют структуру потребностей и мотивов личности и их проявление. Это теория иерархии потребностей Альфреда Маслоу, теория потребностей Клейтона Альдельфера, теория двух факторов Фредерика Герцберга.

Процессуальные теории – выходят за рамки отдельного индивида и изучают влияние на мотивацию различных факторов среды. К теориям этого типа относят теорию трудовой мотивации Джона Аткинсона, теория справедливости Джона Адамса, теорию мотивации Виктора Врума, теорию Портера- Лоулера, теорию 12 факторов Ричи и Мартина.

Исследование вовлеченности позволит оценить настоящее состояние вовлеченности персонала репрезентативной группы (РГ), узнать, что думают о вовлеченности в институте, а также всей деятельности в целом и на основе полученных данных попробовать разработать некоторые рекомендации по повышению данного показателя. Результаты опроса помогают сделать выводы о приверженности команды своему предприятию, своему делу, отрасли в целом, и самое главное, понять, что изменить, дабы этот показатель вырос.

Для анкетирования была выбрана РГ, включающая представителей всех уровней управления в РИКе: Руководители Высшего звена (Директор, Главные инженера, Заместители Главных инженеров), Руководители Среднего звена (Начальники управлений, групп, лабораторий), научные сотрудники, ИТР, рабочий персонал. Всего в анкетировании приняло участие 53 сотрудника РИК.

В данной работе была использована авторская методика оценки уровня вовлеченности компании Аксима, основанная на алгоритме формирования вовлеченности. Понимая, каким образом формируется вовлеченность, мы можем оценить ситуацию по каждому фактору и вычислить индекс вовлеченности. Анкетирование проводилось анонимно.

Данная методика предполагает, что вовлеченность персонала формируется из трех составляющих:

вовлеченность в решение корпоративных задач - мы заменили данный параметр на «вовлеченность в СМК» так как одной из задач данной работы было исследование вовлеченности персонала в СМК;

вовлеченность в рабочий процесс, заинтересованность в работе в целом;

инициативы и нацеленность на повышение эффективности своей работы и развитие компании.

Каждая из этих составляющих вносит свой вклад в расчет индекса вовлеченности [4]. В результате было проанкетировано:

По возрастному показателю было проанкетировано следующее количество сотрудников НИИАР (Таблица 1):

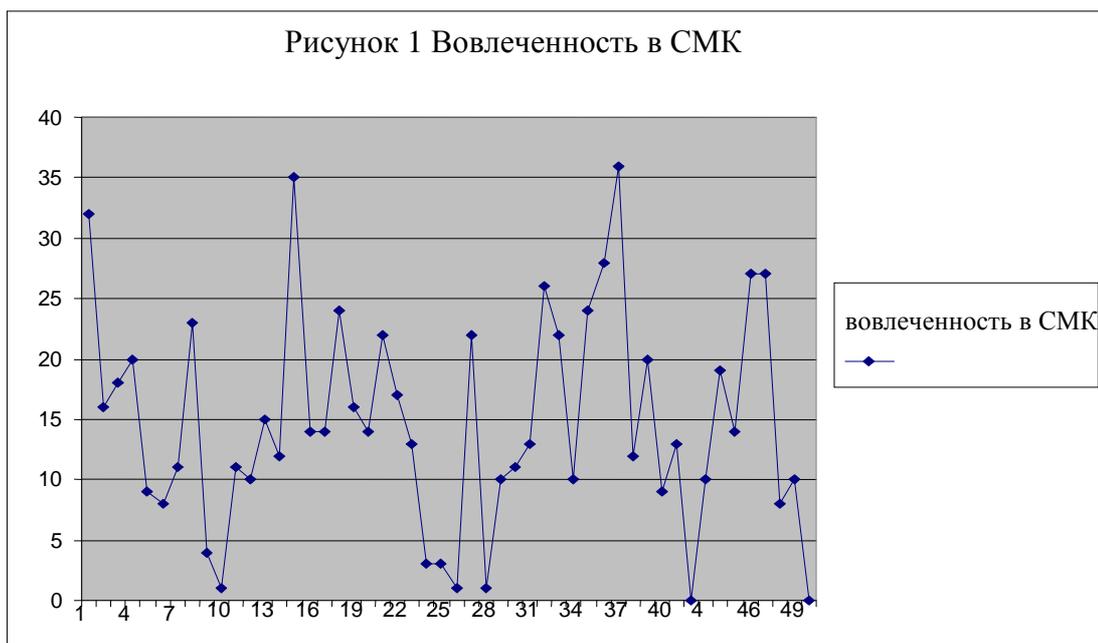
Таблица 1 Возрастные интервалы

Возрастной интервал	Кол-во человек
20-25	1
26-30	5
31-40	10
41-50	15
50 и выше	22

Среди анкетлируемых самое большое количество респондентов попало в интервал возраста от 50 и выше. Наименьшее количество респондентов попало в интервал возраста от 20 до 25 лет. Причем вовлеченность мало зависит от возраста. Среди молодого персонала (20-30) можно выявить как вовлеченных полностью в работу, а также тех, кто отказался заполнять анкеты.

По оценке вовлеченности в СМК в РИКе были получены следующие данные:

Среднее значение индекса вовлеченности составило 14,7 баллов (Среднее арифметическое от всех полученных баллов по данному показателю). Вовлеченность в СМК РГ в РИК в процентном значении получилась равной 53%, что соответствует среднему уровню вовлеченности (Таблица 3). На рисунке 2 представлен график изменения значения вовлеченности персонала РГ в СМК. Максимальное значение вовлеченности в СМК из всех полученных данных оказалось равным 36 баллам. Минимальное значение вовлеченности равно 0. На рисунке 1 приведен график изменения индекса вовлеченности.



Среднее значение индекса вовлеченности в рабочий процесс оказалось равным 34, что составило 77% (44 баллов – максимальное значение вовлеченности по данному показателю). Данное соотношение в соответствии с таблицей 4 вовлеченность является вовлеченностью выше среднего уровня. Полученный результат показывает, что по факту персонал работает достаточно эффективно в той деятельности, которой он занимается. Опираясь на полученные результаты, можно говорить о хорошем потенциале работать вовлеченно.

Индекс вовлеченности в свою работу и развитие организации оказался равным 6, что составило 77%. Данное значение показывает, что вовлеченность выше среднего и то, что персонал понимает каким должен быть вовлеченный работник.

В результате общий индекс вовлеченности оказался равным 55. В процентном соотношении это составляет 69%, что в соответствии с таблицей 4 относится к уровню вовлеченности выше среднего и указывает на то, что вовлеченность выбранной репрезентативной группы достаточно высока, но все же можно направлять усилия на поддержание и улучшение ситуации.

На диаграмме (Рисунок 2) и в таблице 2 можно увидеть как распределились мотивирующие факторы по результатам анкетирования РГ. По вертикальной шкале отмечена важность (баллы). Среди предложенных мотивирующих факторов наиболее важным оказался – повышение зарплаты. Возможность развивать культуру и творчество оказалось наименее важным фактором. Но нужно отметить, что есть респонденты, которые придавали большое значение данному фактору.

Таблица 2 Мотивирующие факторы

Мотивирующий фактор	Баллы
Повышение зарплаты	435
Интересные задачи в работе	412

Мотивирующий фактор	Баллы
Удобный график работы	371
Соцпакеты(+беспроцентны	341

Хорошие отношения в коллективе	403
Достойное медобслуживание	384

е кредиты)	
Возможность дополнительно обучаться	270
Возможность развивать творчество, культуру	222

Таким образом, к факторам наиболее важным для большинства респондентов оказались: «Повышение зарплаты», «Хорошие отношения в коллективе», «Интересные задачи в работе». Далее по важности можно выделить группу: «Достойное медобслуживание», «Удобный график работы», «Соцпакеты». Наименее важными для респондентов факторами оказались: «Возможность дополнительно обучаться», «Возможность развивать творчество, культуру». В анкете также было предложено предложить свой фактор. Среди которых оказались: карьерный рост и помощь в оплате ипотеки на жилье, стабильность, кредитование с минимальным процентом в банках - партнерах, возможность ежемесячно влиять на заработную плату, реализация ипотечной программы «Жилье», ремонт в рабочем помещении, повышение качества снабжения оборудования и материалов, а также уменьшение сроков снабжения оборудования и материалов.

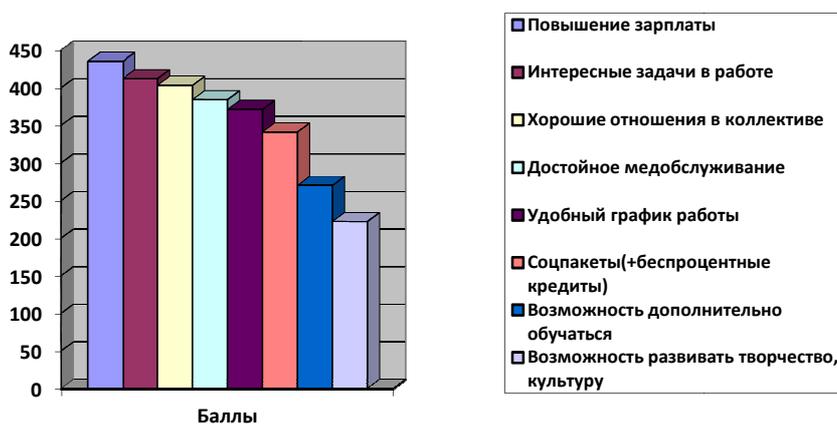


Рисунок 2 Диаграмма мотивации

Таблица 3 Уровень вовлеченности

Уровень вовлеченности	Низкий уровень вовлеченности	Уровень вовлеченности ниже среднего	Средний уровень вовлеченности	Уровень вовлеченности выше среднего	Высокий уровень вовлеченности
Индекс вовлеченности	От 0 до 20	От 20 до 40	От 40 до 60	От 60 до 80	От 80 до 100

В ходе проделанной работы были рассмотрены актуальность исследования вовлеченности персонала, теории мотивации персонала, определение понятия вовлеченного сотрудника. Полученные результаты исследования вовлеченности РГ в РИК не включают рекомендации по повышению индекса вовлеченности. Работа по разработке рекомендаций по повышению вовлеченности персонала, а также анализу теорий мотиваций, выбора теории мотивации для организации,

формированию своей теории и системы мотивации персонала будет проводиться в будущем.

Список литературы

1. Влечение к работе // «Страна Росатом» №3 (83) Февраль 2013.С.6.
2. ГОСТ ISO 9000-2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.- М.: Изд-во Стандартиформ, 2012.
3. Википедия. [Электронный ресурс]: Вовлеченность персонала.- Режим доступа: [<http://ru.wikipedia.org/wiki/>]
4. Скриптунова Е.А. Управление человеческим потенциалом №2(22) апрель 2010. [Электронный ресурс]: Методика расчета индекса вовлеченности персонала. – Режим доступа: [<http://www.axima-consult.ru/stati-04-10-metod-raschet-indeksa-vovl-personala.html>]

Система диагностики режущего инструмента при обработке деталей авиационных приборов

Шарабура С.Н.

Научный руководитель: Шевченко В.В., к.т.н., доцент
Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 03056, Украина, г. Киев, пр. Победы, 37
E-mail: seregetz@ukr.net

В современном авиационном приборостроении значительное внимание уделяют проблеме управления процессом резания изготавливаемых авиационных деталей. От успешного решения этой проблемы зависит множество факторов в экономической и технологической жизни авиационных приборостроительных предприятий.

Доля отказов режущего инструмента зависимо от условий эксплуатации может достигать 63% от общего числа нарушений работоспособности станков с ЧПУ. А расходы времени на ликвидацию отказов режущего инструмента составляют в среднем 10% общего времени работы станка. При этом отказ инструмента на одной позиции часто приводит к выходу из строя инструментов на последующих операциях и в большинстве случаев является основной причиной брака продукции и отказов узлов станка.

Отсутствие информации о настоящих состояниях внешних технологических воздействий или параметров процесса резания приводит к возможности незапланированных или аварийных ситуаций. В этом случае невозможно своевременно устранить источники погрешностей, своевременно заменять инструмент, который затупился, изменять и управлять режимами резания и т.д. в результате от момента выявления брака до принятия необходимых мер может быть изготовлено некоторое количество деталей, что не соответствует техническим требованиям чертежа.

Поэтому, повышение эффективности обработки авиационных материалов связано с применением новых методов и средств диагностики работоспособности режущего инструмента, создание которых должно базироваться на более глубоком понимании о физической сущности процесса резания. Все это позволяет получать

максимальную прибыль и минимальные затраты, при обработке авиационных деталей.

Процесс резания является сложным комплексом физико-химических явлений, таких как механические, тепловые, электрические, диффузионные, адгезионные и др., что возникают в результате взаимодействия инструмента с заготовкой. Причем перечисленные явления происходят в таких граничных условиях, которые обычно не встречаются ни при испытаниях материалов, ни в других технологических процессах.

Потому диагностика режущего инструмента должна быть основана на излучении естественно образующихся в процессе резания сигналов.

Рассмотрим основные причины генерирования электрических сигналов и взаимосвязь их с видами износа инструмента.

В общем виде энергия электрона определяется как сумма «нулевой» и «тепловой» энергий. «Нулевая» энергия имеет чисто квантовую природу и зависит от концентрации свободных электронов и эффективной массы плотности состояний электронов. Пластические деформации, которые возникают в процессе резания, увеличивают плотность дислокации на четыре порядка, при этом изменяется величина эффективной массы плотности состояний электронов, что и позволяет некоторым электронам получить энергию достаточную для преодоления потенциального барьера и выйти на границу разделения между инструментом и деталью. «Тепловая» энергия зависит от температуры в зоне резания, при этом сравнение «нулевой» и «тепловой» энергии электронов показывает, что при температурах плавления «тепловая» энергия электрона составляет единицы процентов от «нулевой». Приведенный выше анализ показывает, что при резании материалов, когда температура в зоне контакта не превышает температуру плавления, энергия электрона определяется, прежде всего «нулевой» энергией, что зависит от степени пластической деформации.

Изменение энергии электрона под действием пластической деформации называется низкотемпературной (экзоэлектронной) эмиссией, что возникает в результате перекручивания электронного спектра твердого тела со следующим перестроением его электронной структуры, связанной с появлением дефектов. Именно пластическая деформация, которая сопровождает процесс резания материалов, приведет к увеличению количества дефектов кристаллических решеток. Потому, пластическая деформация при стимулировании температурой, окислением, фазовыми преобразованиями является основным видом энергетического влияния при резании материалов.

Таким образом, энергия электрона, что определяет электрические явления в процессе резания, зависит от концентрации электронов материалов инструмента и детали, температуры и степени пластической деформации.

Электрические сигналы, которые возникают при резании, непосредственно связаны с адгезионным, диффузионным и окислительными видами износа режущего инструмента.

Природу адгезии можно объяснить появлением металлической связи при сближении поверхностей на расстояние порядка параметра кристаллической решетки и превышения определенного энергетического порога для каждой пары материалов. Это энергетическое состояние возникает как за счет повышения температуры, так и за счет общего пластического деформирования взаимодействующих поверхностей в местах контакта. При условии сближения

кристаллов взаимодействующих металлов на расстоянии, в сравнении с параметрами кристаллической решетки тела, начинают обмениваться потоками электронов, которые проникают через поверхность разделения. В результате этого обмена образуются металлические связи между контактирующими поверхностями. Данное условие выполняется при наличии высоких локальных давлений в зоне контакта, которые обеспечивают сближение кристаллических решеток взаимодействующих элементов. Другим условием адгезии является сообщение электронам дополнительной тепловой энергии, которая преобразуется в кинетическую энергию движения электронов за счет повышения температуры в зоне контакта режущего инструмента с обрабатываемой деталью. На адгезионное взаимодействие влияет и электронное строение контактных пар. Установлено, что при адгезии происходит обмен электронами атомов взаимодействующих металлов, что приводит к образованию энергетически стабильных электронных конфигураций. Чем больше доля локализованных электронов, тем больше адгезия. Для разноименных металлов, прочность адгезионной связи обусловлена разной величиной уровня Ферми и потому дополнительные электроны проходят сквозь контактные поверхности.

Следовательно, процессы генерирования электрических сигналов при резании и образование адгезионного шва, который потом разрушается, что приводит к износу инструмента, непосредственно зависят от степени пластичной деформации, температуры, и электронного строения контактной пары, что и вызывает их взаимосвязь.

На этих взаимосвязях и основываются основные методы диагностики режущего инструмента. Потому что, основными последствиями пластической деформации, под воздействием локального давления, является повышение температуры и образование разности потенциалов между заготовкой и режущим инструментом, эффективным является измерение электродвижущей силы (ЭДС) резания.

Измерение ЭДС резания есть сложным и до конца не решенным заданием. Как правило, измеряют переменную составляющую ЭДС используя токосъемное устройство и изолируя режущий инструмент и деталь от массы станка, что снижает универсальность оснастки, приводит к техническим трудностям реализации и, самое главное, к невозможности промышленного применения систем контроля износа инструмента на основе ЭДС резания.

Поэтому была разработана система для измерения ЭДС резания без применения токосъемника, изоляции инструмента и детали от массы станка, что позволяет широко использовать систему в производственных условиях.

Система состоит из магнитного тороидального ферритового сердечника, установленного непосредственно в резцедержателе, и охватывающего державку режущего инструмента. А катушка обмотки установлена на другом конце магнитного сердечника. Возникающая в процессе резания ЭДС вызывает протекание в обрабатывающей системе переменного тока, при этом обрабатывающую систему можно представить в виде одного витка первичной обмотки. Переменный ток протекает по режущему инструменту, производит переменный магнитный поток в сердечнике. При измерении используют режим холостого хода трансформатора тока. В этом режиме магнитный поток увеличивается вследствие отсутствия токов размагничивания, что в свою очередь увеличивает ЭДС во вторичной обмотке. ЭДС во вторичной обмотке зависит от

конструктивных параметров сердечника, числа витков вторичной обмотки, силы тока, протекающего по резцу и частоты изменения магнитного потока. Величина частоты изменения магнитного потока пропорциональна частоте изменения тока и соответственно ЭДС резания.

Экспериментальные исследования показывают, что для изношенного инструмента (износ по задней поверхности равен 0,5 мм.) интегральный уровень сигнала ЭДС резания увеличивается в 1,88 раза в сравнении с интегральным уровнем сигнала, который соответствует неизношенному инструменту. Это объясняется тем, что с увеличением износа инструмента по задней поверхности увеличивается фактическая площадь контакта пари инструмент-деталь. В результате этого взаимодействия на поверхности контакта происходят процессы обмена электронами, что сопровождается появлением импульса сигнала. Потому, с увеличением износа инструмента увеличивается фактическая площадь контакта, увеличивается частота образования сплеска сигнала, а также его общий уровень.

Промышленная апробация системы диагностики режущего инструмента при обработке деталей авиационных приборов на основе ЭДС резания показала высокую эксплуатационную надежность и точность, что позволяет эффективно использовать ее в устройствах автоматического управления на станках с ЧПУ, в условиях «безлюдной технологии».

Список литературы:

1. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1982. – 320с.
2. Васильев С.В. ЭДС и температура резания. – Станки и инструмент, 1980, №10, с.20-22.
3. Постников С.Н. Электрические явления при трении и резании. – Горький: Волго-Вят.кн.изд-во, 1985. – 280с.
4. Остафьев В.А., Тымчик Г.С., Шевченко В.В. Адаптивная система управления. – Механизация и автоматизация управления. – Киев, №1, 1983. – с.18-20.
5. Шевченко В.В. Контроль стану різального інструменту за допомогою електричних сигналів. Збірник наукових праць V науково-технічної конференції ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи, 25-26 квітня 2006 р., м. Київ, ПБФ, НТУУ «КПІ». – 2006. – с.112-113.

СЕКЦИЯ №5

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Проектирование защитных корпусов бортового оборудования авиакосмической техники на основе программного обеспечения «Meza»

Безгинов Р.О., Мишин М.А.

Научный руководитель: Крехтулева Р.А., канд. физ.-мат.наук, доцент
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: Pro-6@yandex.ru

Непрерывное развитие и совершенствование авиакосмической техники предъявляет повышенные требования ко всему бортовому оборудованию, обеспечивающему общесистемные средства контроля технического состояния, жизнеобеспечения и управления летательных аппаратов. Разработка перспективных средств контроля неразрывно связана с повышением эффективности их защиты от влияния внешних условий: воздействия сильных электромагнитных полей, механических нагрузок, агрессивных сред и других. При этом следует иметь в виду, что при разработке средств защиты необходимо стремиться к минимизации их веса.

В данной работе предлагается в качестве материала защитных корпусов использовать сплавы на основе пеноалюминия, производство которых освоено в России и ряде других стран. Достоинства этих материалов несомненны. Имея плотность в 4 – 8 раз меньшую, чем у монолитных сплавов, они обладают высокими демпфирующими, теплозащитными и шумозащитными свойствами, являются экологически чистыми нетоксичными и негорючими материалами. Применение пеносплавов на основе алюминия ограничено в производстве в значительной степени из-за устоявшегося мнения о том, что элементы конструкций из них нельзя соединять сваркой плавлением – хорошо отработанным, дешевым и доступным технологическим способом. Другие способы соединения пеноалюминиевых материалов (клеевые, механические, сваркой трением) не обеспечивают конструкциям в зоне контакта нужного качества. В работах [1,2] проведены исследования, позволившие понять особенности формирования сварных соединений пеноалюминия и пеносплавов на основе алюминия при сварке плавлением. В этих работах было показано, что в процессе поиска технологических режимов сварки сложного композиционного материала, каким и являются пеносплавы, необходимо руководствоваться CAD/CAE подсистемами проектирования и уже на основе полученных проектных решений осуществлять «доводку» нужных режимов экспериментально. С целью конструкторско-технологического обоснования предлагаемого решения ниже приводятся результаты проведенных исследований.

Рассмотрена методология применения системы автоматизированного проектирования (САПР), основой которого является программное обеспечение (ПО) «Meza», для анализа тепловых процессов в сварочной ванне под действием движущегося электродугового источника нагрева. На конкретных примерах

показаны этапы CAD/CAE проектирования отдельных элементов конструкций из пеноматериалов, а также проектирование технологического процесса сварки, включающее в себя поиск рациональных режимов, обеспечивающих сварному соединению необходимые эксплуатационные качества

Рассматриваемое в данной работе ПО «Meza» представляет цифровую 3D модель технологического процесса сварки плавлением [3], состоящее из двух подсистем: CAD (Computer Aided Design) – системы конструкторского проектирования и CAE (Computer Aided Engineering) – системы расчетов и инженерного анализа. Вместе с базой данных материалов эти две подсистемы образуют единую систему автоматизированного проектирования (САПР), предназначенную для решения прикладных задач сварочного производства: оценки геометрических размеров сварного шва и зоны термического влияния (ЗТВ), выбора рациональных режимов сварки, поиска режимов свариваемости композиционных материалов, прогнозирования возможных дефектов в уже готовых образцах. ПО «Meza» работает на базе операционной системы Windows 2000 и выше. Расчеты для образцов размерами 120x80x50 мм (и ниже) с приемлемой точностью могут осуществляться в режиме реального времени процесса или быстрее.

В программном блоке Meza-CAD предусмотрена возможность проектирования образцов сложной геометрии и материалов неоднородного состава: слоистых, пористых, и материалов с включениями. На Рис.1 представлены примеры проектирования элементов конструкций различного типа. Так, на Рис.1,а изображен фрагмент корпуса, выпиленный из пеноалюминиевого массива; на Рис.1,б – аналогичный по форме фрагмент, скомпонованный из отдельных пластинок пеноалюминия, на Рис.1,в – фрагмент тонкостенной оболочечной конструкции с полусферическим сводом из пеноалюминия.

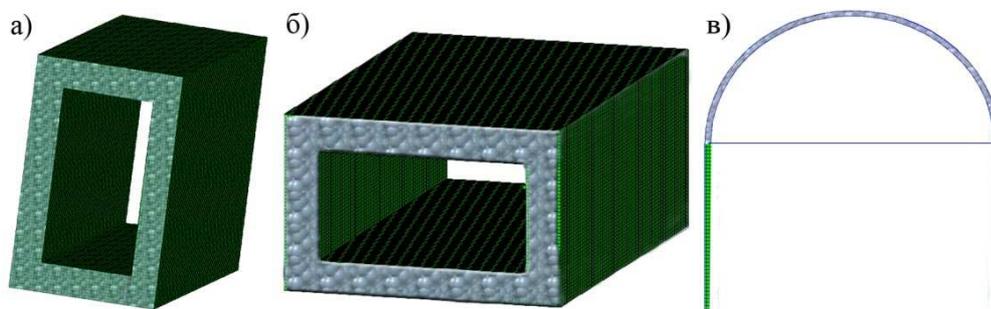


Рисунок 1 Примеры проектирования: а, б – фрагменты толстостенных корпусов, в – сечение тонкостенного корпуса оболочечного типа

На Рис. 2 даны примеры организации полиоконной среды конструирования пеноматериала в блоке Meza-CAD.

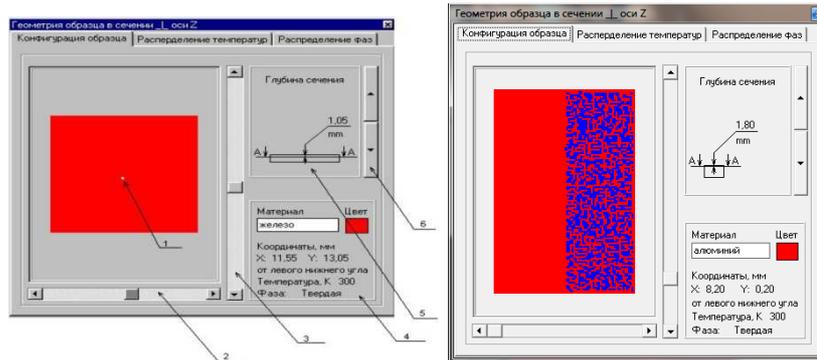


Рисунок 2 Схема конструирования материалов: 1 – положение виртуального датчика, 2,3 – линейки перемещения указателя по осям Y и X соответственно, 4 – показания виртуального датчика, 5 – положение горизонтального сечения, 6 – кнопки перемещения горизонтального сечения

В ПО «Meza» реализована единая среда проектирования. Разработан удобный пользовательский интерфейс, позволяющий на следующем за конструированием шаге перейти к проектированию технологического процесса сварки плавлением. В блоке Meza-CAE предусмотрены три типа сварки: электронно-лучевая сварка, газотермическая сварка и сварка неплавящимся электродом в среде аргона. Этот блок позволяет осуществлять интеллектуальную поддержку инженерных решений по выбору рациональных режимов сварки для образцов заданной геометрии с заданными свойствами материала. На Рис.3 представлена конфигурация некоторых окон, с помощью которых отслеживается информация о формировании ванны расплава и кристаллизации металла шва, а также о температурных режимах в зоне термического влияния (ЗТВ).

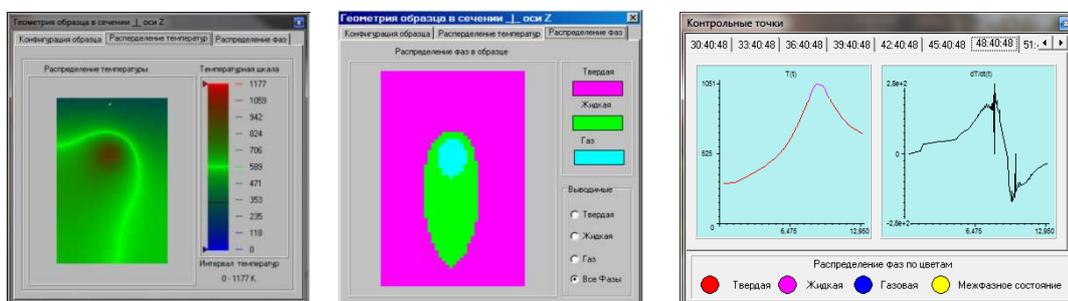


Рисунок 3 Типичные примеры конфигурация окон для выполнения сопряженного анализа формирования сварного соединения

Приведем алгоритм действий, позволяющий проектировать реальные изделия со сварным соединением на примере сварки монолитного алюминия с пенодюралюминием. Необходимо учитывать, что диаметр пор в реально производимом пеноматериале колеблется от долей миллиметра до нескольких сантиметров и распределены поры в объеме материала крайне неравномерно (Рис.4, а). Практика показывает, что существует некоторый минимальный представительный объем, пористость которого (отношение объема пор к общему объему образца) является эталонной для всех образцов большего объема. Обычно размеры эталонного образца выбирают 2x2x2 мм. В рассматриваемом случае объем

пор составлял порядка 70 % от общего объема. При конструировании пенообразца задавали размер пор и их распределение в материале случайным образом, но так, чтобы общая пористость соответствовала пористости реального материала (Рис 4,б).



Рисунок 4 Результаты натурального и компьютерного экспериментов получения сварного соединения сплошного алюминия с пенодюралюминием: а – эксперимент, б – компьютерный эксперимент

Результаты применения CAD/CAE проектирования показали, что технология сварки пеноматериалов на основе алюминия возможна как с монолитными алюминием и его сплавами, так и их пеноаналогами. Реализация теоретически рассчитанных режимов на практике дала положительные результаты, что дает основания для проведения опытно-конструкторских исследований по созданию корпусов приборов летательных аппаратов из современных пеносплавов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 13-08-00092.

Список литературы:

1. Кректулева Р.А. Мишин М.А. Анализ свариваемости пеноалюминия по результатам компьютерных экспериментов // Сварка и Диагностика. –2012. – №3. – С.38–41.
2. Кректулева Р.А., Безгинов Р.О., Фролов А.И. Возможности САПР технологических процессов сварки на основе программного обеспечения «Meza»// Труды VII-й международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиностроения», 11-13 ноября 2013г. Томск, Россия. – Томск, 2013. – С.191–195.
3. Кректулева Р. А., Батрагин А. В., Бежин О. Н. Применение программного обеспечения Meza для оценки дефектности сварных соединений на стадии проектирования // Сварка и диагностика. – 2009. – № 2. – С. 36–42.

Исследование прототипа малого космического аппарата на квазистатические нагрузки

Битуева М.И., Костюченко Т.Г.

Научный руководитель: Костюченко Т.Г., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: bitueva@tpu.ru

Одним из научных направлений кафедры точного приборостроения (ТПС) является проектирование малого космического аппарата (КА) студенческого спутника.

На кафедре ТПС имеется прототип сверхмалого КА в составе лабораторного стенда натурального моделирования поведения малогабаритных КА. Одним из вариантов студенческого спутника является вариант, аналогичный прототипу,

имеющемуся на кафедре. Поэтому целесообразно проведение исследований, направленных на изучение работоспособности такой конструкции при выводе в космос.

На современном этапе развития методов автоматизированного проектирования и расчетных методов классические методы расчета практически не используются, поскольку не дают необходимой точности расчетов. Современные расчетные методы предполагают использование 3D моделей.

На рисунке 1 приведена 3D модель сверхмалого КА – одного из вариантов студенческого спутника. Длина одного ребра – 100 мм.

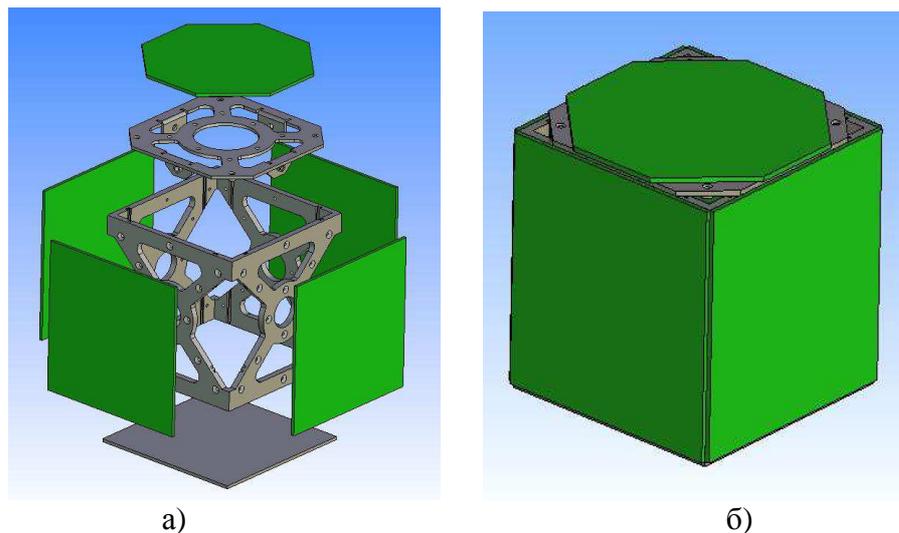


Рисунок 1 Сверхмалый КА в: а) собранном виде; б) разобранном виде

При выведении на орбиту КА испытывает следующие виды нагрузок:

- Квазистатические;
- Синусоидальные;
- Случайные;
- Акустические;
- Ударные.

Первым этапом исследования конструкции МКА является исследование на квазистатические нагрузки, величины которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 Величины нагрузок

Случай эксплуатации	Перегрузка, g	
	Продольная (X)	Поперечная (Y, Z)
Старт	$3,6 \pm 0,7$	$\pm 2,5$
Полет 1 ступени	$8,6 \pm 0,5$	$-0,5 \dots +1,0$
Полет 2 ступени	$7,8 \pm 0,5$	$\pm 0,8$
Полет 3 ступени	$-0,5 \dots +3,4$	$\pm 0,7$

Исследование на квазистатические нагрузки осуществлялось с использованием модуля T-Flex Анализ. Для расчета нагрузки пересчитаны с учетом силы тяжести Земли.

Таблица 2 Нагрузка, Н

	Ось X	Ось Y,Z
Старт	1,11991	1,95334
Полет 1 ступени	2,37005	0,79336
Полет 2 ступени	2,1617	0,62507
Полет 3 ступени	0,88551	0,5469

Поскольку поперечные нагрузки действуют в любом направлении одновременно с осевыми перегрузками, нагрузки прикладывались следующим образом:

Продольная ось (ось Z) – сверху;

Поперечная ось (оси X, Y) – сбоку.

В таблице 3 приведены результаты расчета на квазистатические воздействия для всех случаев эксплуатации.

Таблица 3 Результаты статического анализа

	Перемещения, модуль, м	Деформации эквивалентные	Напряжения эквивалентные, Н/м ²	Коэффициент запаса
Старт	$0 - 2,969 \cdot 10^{-5}$	$9,889 \cdot 10^{-15} -$ 0,000462	$0,0007987 -$ $3,409 \cdot 10^5$	$3,202 \cdot 10^{10} - 1$
Полет 1 ступени	$0 - 3,345 \cdot 10^{-5}$	$6,802 \cdot 10^{-15} -$ 0,000322	$0,0005494 -$ $6,206 \cdot 10^5$	$4,655 \cdot 10^{10} - 1$
Полет 2 ступени	$0 - 3,051 \cdot 10^{-5}$	$6,065 \cdot 10^{-15} -$ 0,0002937	$0,0004899 -$ $5,665 \cdot 10^5$	$5,221 \cdot 10^{10} - 1$
Полет 3 ступени	$0 - 1,249 \cdot 10^{-5}$	$2,159 \cdot 10^{-15} -$ 0,0001293	$0,0001744 -$ $2,337 \cdot 10^5$	$1,466 \cdot 10^{11} - 1$

На рисунке 2 в качестве примера показан результат расчета перемещений конструкции для случая эксплуатации «Полет 1 ступени».

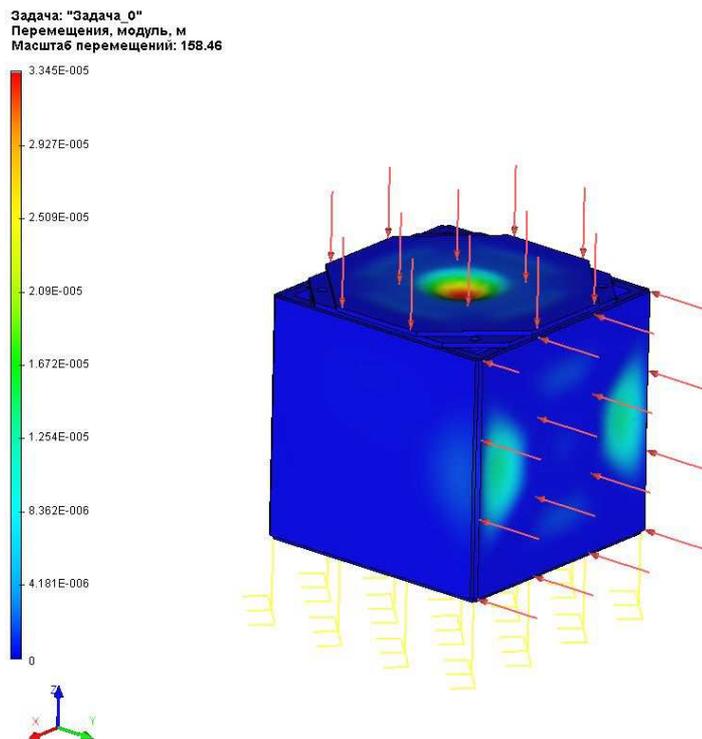


Рисунок 2 Перемещение, модуль для случая эксплуатации "Полет 1 ступени"

По результатам статического анализа (величина перемещения, деформации, напряжения, коэффициент запаса) можно сделать вывод о том, что после приложения квазистатических нагрузок конструкция сохраняет свою работоспособность.

Проектирование единой трехмерной сети электрических интерфейсов космического аппарата с применением интегрированной системы SEE Electrical PLM

Дубровский Е.Ю., Добышев Е.В., Клишкин О.А.

ОАО «Информационные Спутниковые Системы им. академика М.Ф. Решетнева»
 662972, Россия, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Ленина, 52/ Решетнева, 4
 E-mail: evgenij.dubrovskij@gmail.com

Введение

Проектирование кабельной сети – один из важнейших этапов проектирования космического аппарата. Кабельная сеть обеспечивает большое количество электрических соединений космического аппарата: между модулями спутника, между блоками полезной нагрузки. Поэтому проектирование кабельной сети очень сложный и ответственный процесс, в котором не обойтись без специализированных САПР.

Описание процесса проектирования

В ОАО «ИСС» существует два подхода к проектированию кабельной сети космического аппарата [1]:

1. В виде отдельных кабелей;
2. В виде единой трехмерной кабельной сети.

Проектирование кабельной сети в виде отдельных кабелей – процесс устаревший, разработанный приблизительно 20-30 лет назад, при котором проектирование может производиться без использования специализированной САПР. На проектирование кабельной сети космического аппарата данным способом уходит большое количество временных и материальных ресурсов. Второй подход является более современным, но требует использования специализированного программного обеспечения, позволяющего производить прокладку кабельной сети по 3D-модели спутника.

Для успешного проектирования единой трехмерной сети электрических интерфейсов космического аппарата необходимо использование специализированного программного обеспечения. Однако, для решения проблем, связанных с проектированием, нужно, чтобы программное обеспечение было единым. Именно использование единого программного обеспечения позволяет решить такие проблемы как:

- 1) большие временные трудозатраты;
- 2) порождение многообразия форматов данных вследствие использования различного программного обеспечения;
- 3) многократная обработка исходных данных вследствие многообразия форматов;
- 4) обнаружение ошибок, допущенных при проектировании;
- 5) доработка и оптимизация геометрических характеристик кабельной сети;
- 6) согласование механической и электрической части проектирования.

В ОАО «ИСС» актуальна проблема использования единого программного обеспечения. На рисунке 1 показана общая схема проектирования космического аппарата по технологии 3D-макета «как есть». Из рисунка видно, что проектирование кабельной сети проводится на отдельном этапе с применением различных САПР. Например, прокладка кабеля проводится в САПР CATIA, а разработка конструкторской документации проводится в абсолютно другой САПР – AutoCAD. Использование двух разных САПР для проектирования кабельной сети и разработки конструкторской документации приводит как к описанным выше проблемам, так и к тому, что многие ошибки, допущенные при проектировании, выявляются уже при тестировании готового изделия. В этом случае изготовленный кабель, как правило, если не подлежит доработке, бракуется.



Рисунок 1 Общая схема проектирования космического аппарата по технологии 3D-макета «как есть»

В качестве решения проблемы предлагается внедрение программного комплекса SEE Electrical PLM.

SEE Electrical PLM – система проектирования электрической части кабельной сети и ее конструкции. С ее помощью решаются задачи проектирования электрических схем, определения конструкций кабельной сети, выбора комплектующих изделий и материалов для изготовления жгутов. Данная система может использоваться как для самостоятельной работы, так и в интеграции с САПР САТИА. В интеграции с САТИА, SmarTeam и RAM Commander, SEE Electrical PLM обеспечивает разработку, выпуск и ведение конструкторской документации на кабельную сеть, выполняемую как в виде единой трехмерной сети электрических интерфейсов, так и в виде комплектов конструкторской документации на отдельные кабели [2].

Внедрение САПР SEE Electrical позволяет глобально не изменять процесс проектирования кабельной сети, а только внести некоторые изменения на отдельных этапах проектирования.

На этапе «Общее проектирование космического аппарата» при проектировании конструкций узлов модулей полезной нагрузки и служебных систем требуется произвести дополнительное резервирование пространства для кабельной сети в САПР САТИА. Для этого при проектировании конфигурации оборудования требуется дополнительно резервировать место для проектирования трасс, а затем проложить примерный маршрут прохождения кабельной сети. На выходе мы получаем упрощенную 3D-модель спутника с изначально зарезервированным пространством под кабельную сеть.

На этапе «Механическое проектирование» проводится полная коррекция конфигурации оборудования, в том числе и зарезервированного ранее пространства для кабельной сети. Результатом проектирования является проработанная 3D-

модель спутника с готовыми трассами для прокладки кабельной сети. В дальнейшем это дает возможность рассчитать наиболее оптимальный маршрут прокладки кабельной сети. К тому же появляется возможность начать разработку кабельной сети, не имея окончательно проработанной 3D-модели космического аппарата. Это, в свою очередь, позволит сократить срок разработки спутника в целом.

На этапе «Электрическое проектирование» проводится проектирование всех электрических соединений, разработка электрических принципиальных схем, выбор полного перечня электрического оборудования. Разработка электрических принципиальных схем полностью выполняется в SEE Electrical Harness, который является модулем SEE Electrical PLM и предназначен для проектирования электрических принципиальных схем. В отличие от приведенной на рисунке 1 схемы проектирования космического аппарата, где результатом этапа являются таблицы электрических соединений в формате «.xls», при использовании SEE Electrical PLM на выходе мы получаем готовые схемы электрических соединений в формате SEE Electrical Harness. Это позволяет избежать повторного перевода таблиц в формат схемы и использовать разработанные схемы на следующих этапах.

На этапе «Проектирование кабельной сети космического аппарата» отпадает необходимость дожидаться полного комплекта схем. К разработке кабельной сети можно приступить, как только появляются первые данные, необходимые для прокладки кабеля. При этом, если по какой-либо причине будет изменено зарезервированное пространство, нет необходимости переделывать весь проект, а требуется переделать только те места, которые претерпели изменения. После появления необходимых данных по электрическому и механическому проектированию, на их основе в модуле SEE Topology проводятся работы по определению топологии жгутов и их количества, определению оптимальных путей прохождения сигналов в жгутах, выбору оптимальных массогабаритных параметров жгутов, трассировки сигналов, выполнению различных расчетов (массы, диаметров и пр.).

В САТИА выполняется прокладка жгутов и определение точных габаритных размеров кабельной сети. По окончании процесса проектирования выпускается полный комплект конструкторской документации на кабельную сеть, разработанный в SEE Electrical Harness. После выпуска конструкторской документации происходит переход на этапы «Подготовка производства» и «Производство».

Внедрение САПР SEE Electrical позволяет за счет интеграции с САПР САТИА получить все преимущества от использования единого программного обеспечения. Внедрение САПР SEE Electrical также позволяет [2]:

- 1) сократить время на формирование конструкторской документации;
- 2) обеспечить контроль над процессами конструкторской подготовки производства;
- 3) выявить возможные ошибки, получаемые за счет человеческого фактора;
- 4) обеспечивает актуальность и сохранность информации, получаемой в процессе проектирования кабельной сети;
- 5) дает возможность повторного использования ранее разработанных документов [3].

Помимо перечисленного, внедрение SEE Electrical PLM позволяет сделать процесс проектирования более гибким, т.е. появляется возможность доработки конструкторской документации на этапе проектирования в случае выявления ошибок, и, как следствие, повысить качество проектирования при сокращении затрат на производство.

Список литературы:

1. СТП154-180-2008 «Система менеджмента качества. Требования к проектированию и доработке кабелей», 2008;
2. Интегрированная система проектирования и испытаний низкочастотной бортовой кабельной сети космических аппаратов, ИС БКС Описание системы 643.59502470.00008-01 13 01, Санкт-Петербург, 2012;
3. Интегрированная система проектирования и испытаний низкочастотной бортовой кабельной сети космических аппаратов, Технический проект 643.59502470.00001-01 91 01-1, Санкт-Петербург, 2009.

Анализ RLC параметров цепей при проектировании печатных плат в космическом приборостроении

Зырин И.Д.^{1,2}, Карабан В.М.¹, Сунцов С.Б.²

Научный руководитель: Шиняков Ю.А.¹, д.т.н.

¹Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 634050, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 40

²ОАО «Информационные спутниковые системы» им. М.Ф. Решетнёва» 662972, Россия, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Ленина, д. 52

E-mail: igorpnk@mail.ru

Разработаны 2 комплекта цифрового блока (основной и резервный), отличающихся трассировкой в связи со спецификой компоновки. На каждом комплекте проведено вычисление RLC параметров цепей функциональной ячейки генератора опорной частоты 500 КГц для выявления паразитных взаимодействий между цепями, используя ANSYS Q3D Extractor. Проведен анализ полученных значений и выявлены нежелательные связи, которые могут привести к неработоспособности генератора.

Ключевые слова: цифровой блок, RLC параметры, ANSYS Q3D Extractor, печатная плата, генератор.

Актуальность: При проектировании современных и перспективных космических аппаратов (КА) отечественного производства применяются современные методы анализа печатных плат для выявления недостатков и их устранения.

Цель: разработка 2х комплектов цифрового блока (основного и резервного) и их расчет с последующим анализом, для выявления недостатков.

Исследования

Для достижения поставленной цели были разработаны, скомпонованы и протрассированы 2 комплекта цифрового блока, после чего результаты были переданы в ANSYS Q3D Extractor для расчетов RLC параметров.

Анализ проводился для функционального узла генератора, поскольку в нем имеются цепи взаимосвязь, между которыми должна быть минимальной для исключения перевозбуждения или затухания генератора. Схема генератора показана на рисунке 1.

Для анализа взяты цепи:

- 1) R13_R14_D19-3,5,6; 2) Z1_C7_R14;
- 3) Z1_R15_C8_D19-1,2; 4) D19-9_D20-2
- 5) D19-13_D20-4; 6) D19_11 7) D19-4,8

Поскольку основным устройством генератора является резонатор Z1, а эффект генерирования достигается за счет совместной работы D19 и Z1, то необходимо максимально снизить влияние на цепи 3 и 2.

Наибольшее влияние на цепь 3 может оказать цепь 7, на цепь 2 - цепь D19_10,12.

Поскольку цепь D19_10,12 является очень короткой и с другими цепями не пересекается, то данная цепь из расчета исключена.

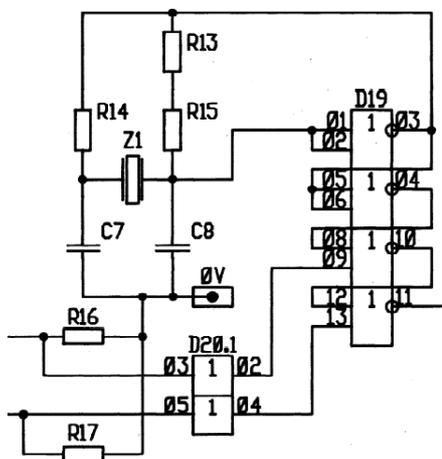
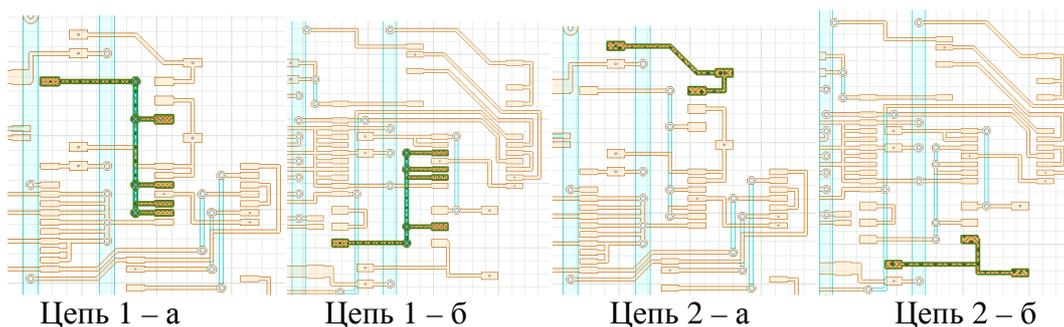


Рисунок 1 Схема генератора

На рисунке 2 показаны пары цепей для анализа платы а и платы б.



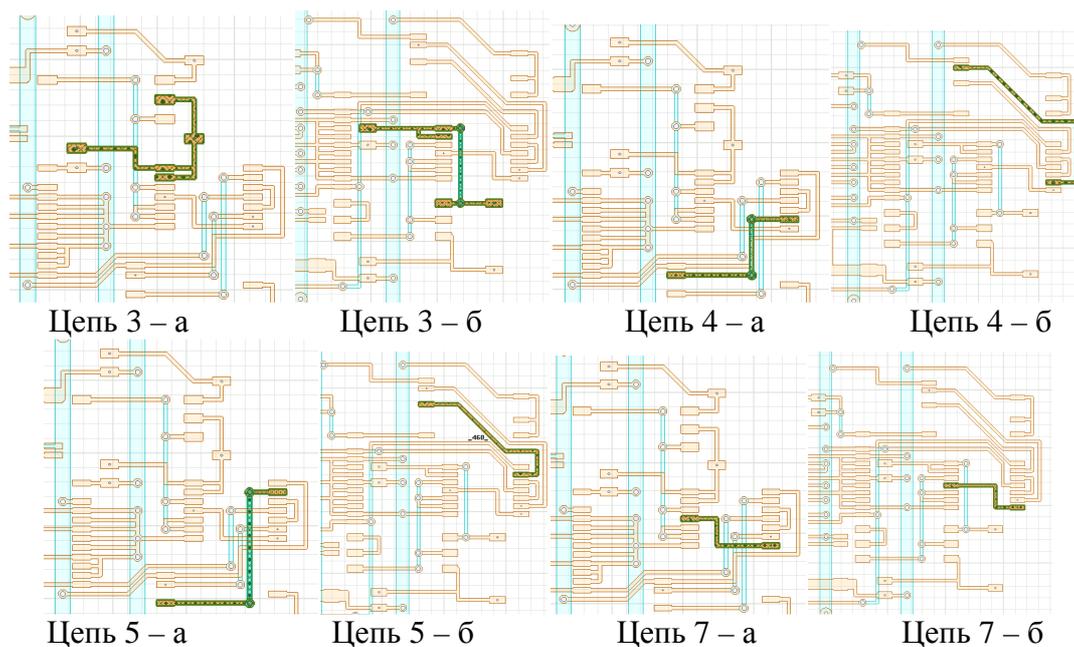


Рисунок 2 Пары цепей для расчета RLCG характеристик между ними на плате а и плате б

Перечисленные выше цепи были включены в анализ. Поскольку генератор работает на частоте 500 КГц и все цепи не превышают значения $\lambda/8$, то для получения RLC параметров цепей использовался ANSYS Q3D Extractor.

Результаты анализа для цепей 2,3,4,7 приведены в таблице 1. Распространение токов в цепях 3 и 7 с учетом паразитной связи для двух печатных плат показано на рисунке 3.

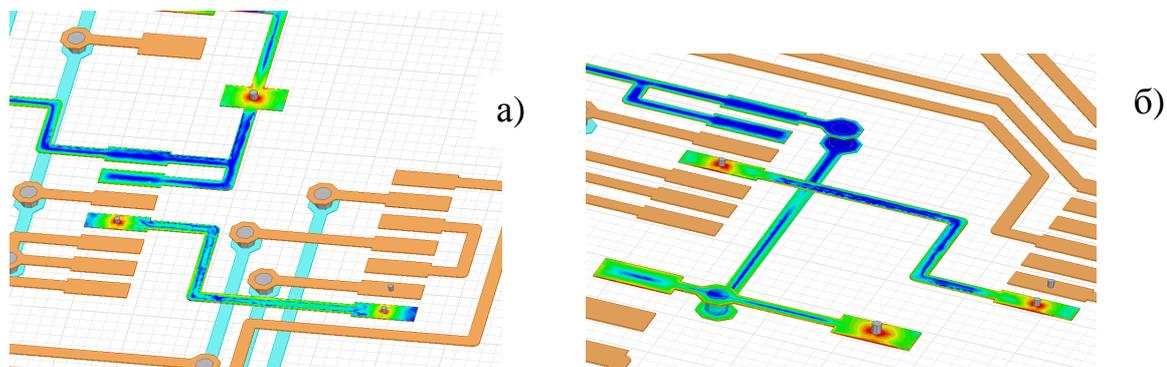


Рисунок 3 Распространение токов в цепях 3 и 7 на плате а и б

Таблица 1 Результаты расчетов RLC характеристик между цепями в ANSYS Q3D Extractor для цепей 2,3,4,7

Плата – 1 Емкость (С), пФ					Плата – 2 Емкость (С), пФ				
цепь	2	3	4	7	цепь	2	3	4	7
2	0,818	0,108	0,002	0,002	2	0,902	0,045	0,010	0,010
3	0,108	1,354	0,006	0,039	3	0,045	1,524	0,021	0,216
4	0,002	0,006	1,507	0,212	4	0,010	0,021	1,457	0,113

7	0,002	0,039	0,212	0,961	7	0,010	0,216	0,113	0,701
Плата – 1 Индуктивность (L), нГн					Плата – 2 Индуктивность (L), нГн				
цепь	2	3	4	7	цепь	2	3	4	7
2	13,4100	1,2543	0,5870	0,6575	2	16,7930	1,9040	0,8722	1,0456
3	1,2543	15,0890	1,4478	1,4668	3	1,9040	23,8480	3,2424	2,9074
4	0,5870	1,4478	17,0050	2,3540	4	0,8722	3,2424	30,5590	1,5090
7	0,6575	1,4668	2,3540	10,3470	7	1,0456	2,9074	1,5090	10,4800
Плата – 1 Сопротивление (R), Ом					Плата – 2 Сопротивление (R), Ом				
цепь	2	3	4	7	цепь	2	3	4	7
2	0,0055	0,0005	0,0004	0,0004	2	0,0067	0,0007	0,0002	0,0006
3	0,0005	0,0066	0,0007	0,0007	3	0,0007	0,0099	0,0008	0,0012
4	0,0004	0,0007	0,0079	0,0010	4	0,0002	0,0008	0,0110	0,0002
7	0,0004	0,0007	0,0079	0,0056	7	0,0006	0,0012	0,0002	0,0055

Поскольку на частоте 500 КГц наибольшие паразитные связи приходятся на емкостную связь, то на основе анализа результатов расчета можно сделать вывод о том, что на плате 1 имеется повышенная связь между цепями 7 и 4,5,6 а на плате 2 имеется повышенная связь между цепями 7 и 3.

Заключение

На плате 2 имеется повышенная паразитная связь между цепями 3 и 7, что недопустимо из за того, что именно цепь 7 может внести максимальные искажения в работу генератора.

На плате 1 цепи 4, 5 - это сигналы, управляющие генератором, отвечающие за его включение и выключение и имеющие в основном постоянное значение логического «0» или «1», поэтому небольшая паразитная связь между цепью 7 и цепями 4,5 не критична. Цепи 6 и 7 находятся в противоположных фазах, поэтому небольшая паразитная связь между ними так же не критична, и для самовозбуждения недостаточная.

В связи с вышесказанным было принято решение поменять компоновку функционального узла на плате б на компоновку, идентичную компоновке платы а.

Использование анимации в T-Flex для демонстрации проявления гироскопического эффекта

Коломейцев А.А., Бадьин С.С., Ковалев М.К.

Научный руководитель: Костюченко Т.Г., к.т.н., доцент

Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: Kenobi1993@mail.ru

В повседневной жизни детали большинства машин совершают в процессе работы одновременной вращение подвижных деталей вокруг двух пересекающихся осей. Для определения возникающих в этих случаях сил сопротивления обратимся к схеме, приведенной на рисунке 1.

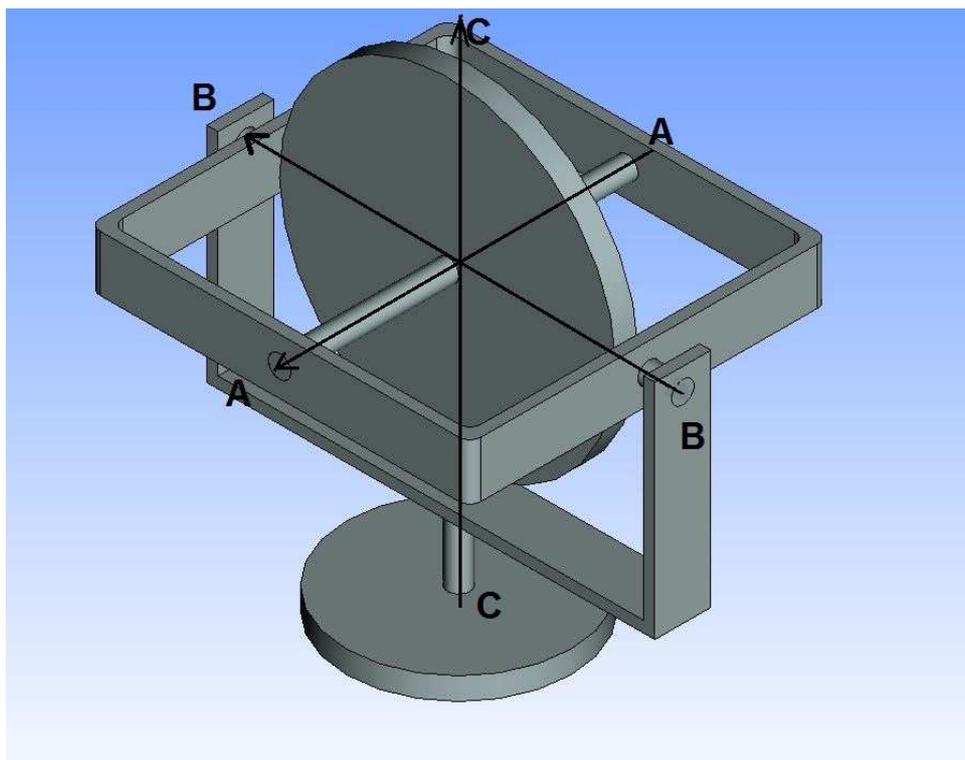


Рисунок 1 Схема для определения направления действия гироскопического момента

Представим себе ротор, смонтированный на подшипниках в корпусе. Если такому ротору сообщить вращение вокруг оси AA, а его корпусу вокруг оси CC, то ротор начнет двигаться с поворотным ускорением. Поворотное ускорение является следствием силы инерции, которая действия относительно оси BB, создает момент называемый гироскопическим моментом.

При практическом использовании гироскопического эффекта значение имеет не только величина, но и направление действия момента гироскопической реакции. Этот момент, который принято коротко называть гироскопическим как бы стремиться повернуть ротор оси BB таким образом, чтобы его ось AA кратчайшим путем пришла к совмещения с осью CC вынужденного поворота.

Для определения направления гироскопического момента можно сформулировать следующее правило: при сообщении ротору, вращающемуся вокруг оси AA, одновременного вращения вокруг какой-либо другой оси, перпендикулярной к первой, возникнет гироскопический момент, вектор которого перпендикулярен к векторам обеих угловых скоростей и направлен в ту сторону, откуда совмещение вектора угловой скорости вращения ротора по кратчайшему расстоянию с вектором вращения по другой оси будет казаться происходящим против часовой стрелки.[1]

Для демонстрации, изучения и понимания процесса гироскопического эффекта, а также для получения навыков в определении направления векторов угловых скоростей и моментов сил предлагается создание анимации вращающегося ротора с помощью систем автоматизированного проектирования. С помощью анимации можно визуально проследить за изменениями положения модели[2], происходящими при изменении положения объекта вокруг 2-х перпендикулярных

осей. Например, мы создали модель ротора и его подвеса. Используя параметризацию мы можем задать изменение положения оси ротора при появления внешнего момента сил. Так, используя основные следствия гироскопического эффекта, была получена простая и наглядная модель ротора двигающегося с поворотным ускорением. Анимация представлена на рисунке 2.

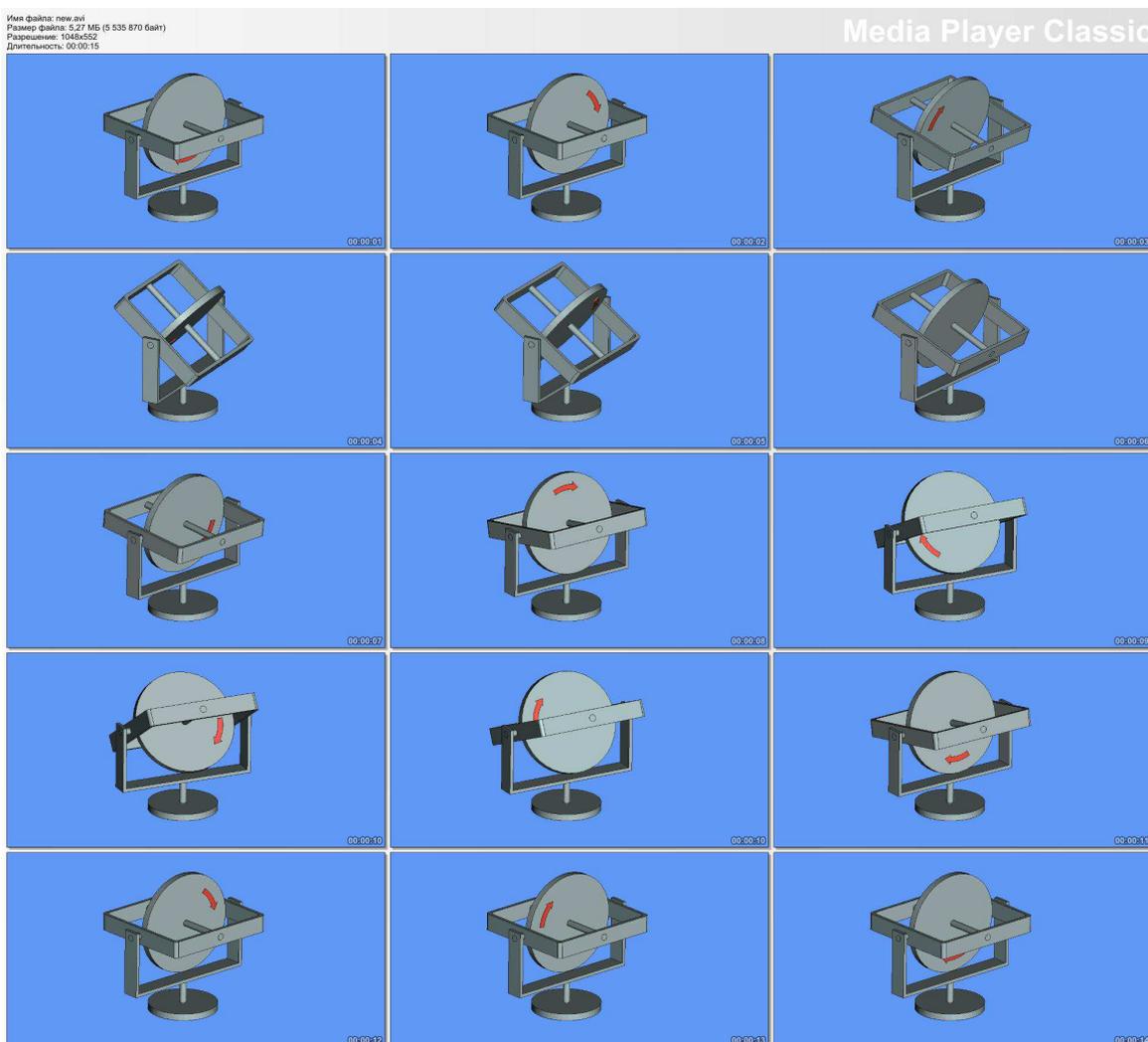


Рисунок 2 Анимация движения ротора при вынужденном повороте

Данный способ можно использовать для демонстрации опытов, которые сложно провести в лабораторных условиях, например проявления гироскопического эффекта при поворотах одномоторного самолета или проявления гироскопического эффекта при качке корабля. Это поможет студентам, изучающим дисциплины связанные с проявлениями гироскопического эффекта.

Список литературы:

1. Павлов В.А. Гироскопический эффект, его проявления и использование: Изд-во «Судостроение», г. Ленинград, 1978 г. – 207 с.
2. Костюченко Т.Г. САПР в приборостроении: Уч. пособ. – Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 207 с

Геометрическое моделирование сложных технических форм в системах автоматизированного проектирования летательных аппаратов

Пятанин П. С, Владимирова В. В.

Научный руководитель: Боровиков И.Ф., к.т.н, доцент

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
105005, Россия, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

E-mail: bif1986@mail.ru

При разработке систем автоматизированного конструирования сложных технических форм летательных аппаратов в основу геометрического моделирования можно положить бирациональные (кремоновы) преобразования [1, 2]. При таком подходе кривая или поверхность получается как изоморфный образ прямой или плоскости. Зная свойства преобразования и прообраз, можно уже на начальной стадии конструирования указать свойства получаемой формы. В работе [3] описаны нелинейные преобразования, которые в пучках прямых расслаиваются на параллельные переносы. В данном исследовании мы упростили аппарат нелинейных инволюций, взяв в качестве исходных преобразований центральные симметрии.

Зададим на плоскости пучок прямых с центром в начале координат и на каждой прямой – центр симметрии. Для задания центров симметрий можно взять прямую k , уравнение которой имеет вид:

$$Ax + By + 1 = 0,$$

Произвольной точке $A(x_A, y_A)$ в пучке (O) будет соответствовать единственная прямая S_i , которая пересекается с k в точке Q_i , являющейся для A центром симметрии. Координаты точки Q_i :

$$x_{Q_i} = -\frac{x_A}{Ax_A + By_A}, \quad y_{Q_i} = -\frac{y_A}{Ax_A + By_A}.$$

Координаты точки A' , симметричной точке A относительно центра Q_i , определяются выражениями:

$$x'_A = -\frac{Ax_A^2 + Bx_A y_A + 2x_A}{Ax_A + By_A}, \quad y'_A = -\frac{Ax_A y_A + By_A^2 + 2y_A}{Ax_A + By_A}.$$

Опуская индексы, получаем операторы преобразования:

$$x' = -\frac{Ax^2 + Bxy + 2x}{Ax + By}, \quad y' = -\frac{Axy + By^2 + 2y}{Ax + By}.$$

Из выражений для операторов преобразований следует, что на плоскости задано квадратичное преобразование, в котором образом любой прямой будет являться кривая второго порядка q . Можно показать, что q проходит через центр преобразования O . Причем точка O для кривой будет простой.

Если в качестве носителя центров симметрий задать окружность m с центром $S(x_s, y_s)$, проходящую через начало координат и описываемую уравнением:

$$x^2 - 2xx_s + y^2 - 2yy_s = 0,$$

то на плоскости индуцируется кубическое преобразование. Его операторы имеют вид:

$$x' = \frac{4x^2x_s + 4xyy_s - x^3 - xy^2}{x^2 + y^2}, \quad y' = \frac{4xux_s + 4y^2y_s - yx^2 - y^3}{x^2 + y^2}.$$

Анализ операторов преобразования показывает, что для того, чтобы конструируемая кривая не имела несобственных точек, необходимо, чтобы прообраз не проходил через начало координат.

Пусть носителем центров симметрий является парабола второго порядка, проходящая через начало координат и имеющая уравнение: $y = Ax^2 + Bx$. Операторы преобразования описываются выражениями:

$$x' = \frac{2(y-x) - Ax^2}{Ax}, \quad y' = \frac{2y(y-x) - Ax^3}{Ax^2}.$$

Таким образом, приходим к выводу, что для случая, когда бирациональное преобразование расслаивается в пучке прямых с собственным центром на центральные симметрии, порядок преобразования n с порядком k кривой, являющейся носителем центров симметрий, связаны соотношением $n = k + 1$.

Пусть носителями центров симметрий являются прямая и парабола, а центр пучка прямых удален в бесконечность (является несобственной точкой).

1. Носитель центров симметрий – прямая $Ax + By + 1 = 0$. Операторы преобразования имеют вид:

$$x' = x, \quad y' = -\frac{2Ax + By + 1}{B}.$$

Носитель центров симметрий – парабола $y = Ax^2 + Bx$. Операторы преобразования:

$$x' = x, \quad y' = 2Ax^2 + 2Bx - y$$

Для случая пучка прямых с несобственным центром порядок нелинейной инволюции, расслаивающейся на центральные симметрии, $n = k$

При задании бирациональных преобразований плоскость можно расслоить окружностями пучка. В работе [4] рассматривается случай, когда расслоение осуществляется окружностями эллиптического пучка, который задается двумя действительными базисными точками $F_1(0, a)$, $F_2(0, -a)$. При этом произвольная точка $A(x_A, y_A)$ из пучка выделяла единственную окружность q . За образ точки A принималась диаметрально противоположная точка $A'(x'_A, y'_A)$. На плоскости O , таким образом, задавалась квадратичная инволюция с пучком слабоинвариантных окружностей.

В данной работе рассмотрены случаи расслоения окружностями параболического и гиперболического пучков. В случае параболического пучка

окружностей (все окружности пучка касаются друг друга в действительной точке), операторы преобразования имеют вид:

$$x' = \frac{y^2}{x}, \quad y' = -y.$$

Если точка касания находится в начале координат O , то образы любых прямых в преобразовании (гомолоиды) будут касаться в точке O оси Oy , обе принципиальные прямые совпадают с осью Ox .

Гиперболический пучок окружностей задавался нулевой окружностью $N(m, 0)$ и радикальной осью Oy . Такой пучок имеет две мнимые базисные точки $U(0, mi)$, $V(0, -mi)$. Операторы преобразования для рассматриваемого случая выглядят следующим образом:

$$x' = \frac{y^2 + m^2}{x},$$

$$y' = -y.$$

В обоих случаях на плоскости задавались квадратичные преобразования. В процессе исследований был сделан вывод о целесообразности выбора в качестве кривых-преобразов окружностей. Проходя через циклические точки плоскости, окружности в качестве образов в рассматриваемых преобразованиях имеют рациональные циркулярные кривые. Так, например, образ окружности с уравнением $(x' - x_0)^2 + (y' - y_0)^2 = R^2$ будет рациональная циркулярная кривая четвертого порядка:

$$y^4 + y^2 x^2 - 2x_0 x y^2 + 2y_0 y x^2 + 2m^2 y^2 + (y_0^2 - R^2 + x_0^2) x^2 + 2m^2 x_0 x - m^4 = 0.$$

Предлагаемый способ позволяет конструировать сложные технические формы (кривые, поверхности, гиперповерхности), отвечающие самым разнообразным требованиям, и, в первую очередь, требованиям, аэро-гидродинамики. Последнее делает возможным его применение в практике реального проектирования летательных аппаратов.

Список литературы:

1. Иванов Г.С. Начертательная геометрия. - М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. -340 с.
2. Иванов Г.С. Конструирование технических поверхностей (математическое моделирование на основе нелинейных преобразований). - М.: Машиностроение, 1987. - 192 с.
3. Ощепков С.С., Головин В.В. Нелинейные инволюции плоскости как базовый метод формообразования изделий машиностроительного производства// Современные техника и технологии: Материалы XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. - Томск 2009. – Т.1. – С. 326-326.
4. Игнатьев В.П. Нецентральные нелинейные преобразования плоскости, индуцируемые пучками окружностей, и их использование в получении технических кривых// Наука и технология: шаг в будущее: Материалы IV Международной научно-практической конференции, – Прага: Publishing House "Education and Science".- С.23-24.

Дополнительные методы обеспечения тепловых режимов электрорадиоизделий в приборах, входящих в состав современных космических аппаратов

Смолякова Е.Ф.^{1,3}, Зырин И.Д.^{2,3}, Сунцов С.Б.³, Селоустьев А.В.³

Научный руководитель: Бутов В.Г., д.ф-м.н.

¹Томский государственный университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36

²Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 40

³ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева»
662972, Россия, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Ленина, д. 52

E-mail: smolyakovaef@gmail.com

В настоящее время для обеспечения тепловых режимов приборов, входящих в состав современных космических аппаратов (КА) со сроком активного существования 15 лет и более, необходимо применение дополнительных мер для передачи тепла как на уровне прибора, так и от компонента к тепло-съёмному основанию прибора.

Рассмотрим следующие дополнительные методы обеспечения теплового режима ЭРИ (электрорадиоизделий):

- выполнение переходных отверстий под наиболее тепловыделяющими элементами;
- применение теплопроводного стеклотекстолита.

Далее представлен тепловой анализ для варианта установки ЭРИ на металлическое основание (рисунок 1):

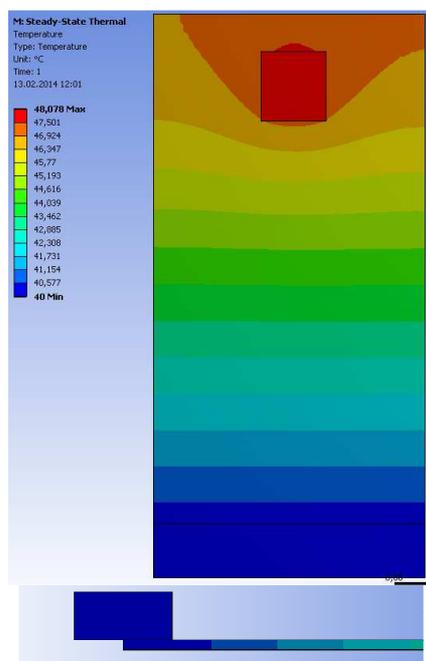


Рисунок 1 Тепловой анализ для компонента, установленного на металлическое основание.

Вариант установки ЭРИ на металлическое основание является наиболее эффективным, поэтому его мы будем сравнивать с другими методами отвода тепла от ЭРИ.

Проведем сравнительный тепловой анализ для основания печатной платы из стеклотекстолита IS420 (рисунок 2) и теплопроводного стеклотекстолита 92ML (рисунок 3) с различными вариантами теплосъема:

- через печатную плату (а);
- через печатную плату с переходными отверстиями под тепловыделяющими компонентами (б);
- через печатную плату с переходными отверстиями, заполненными медью, под тепловыделяющими компонентами (в).

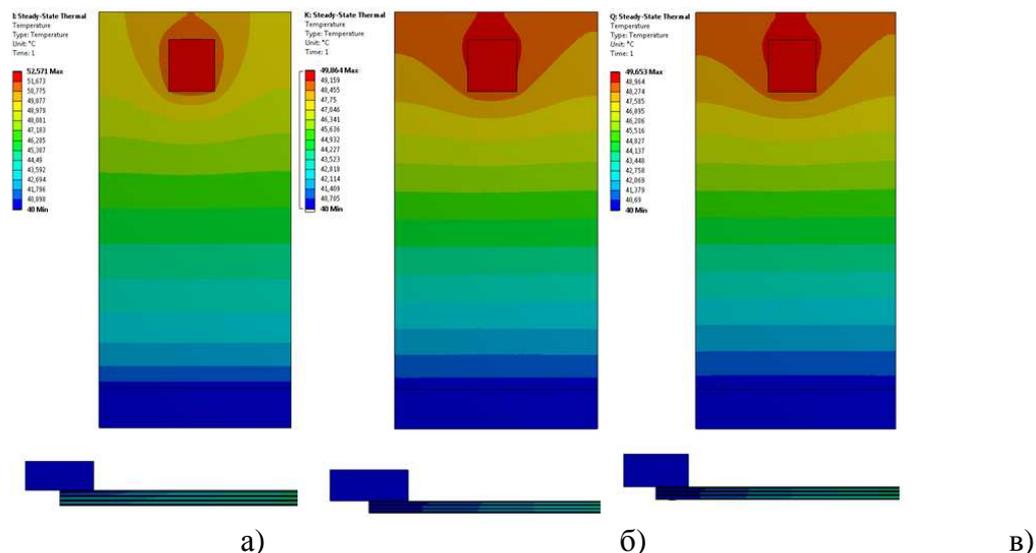


Рисунок 2 Тепловой анализ для теплопередачи с материалом основания печатной платы IS420

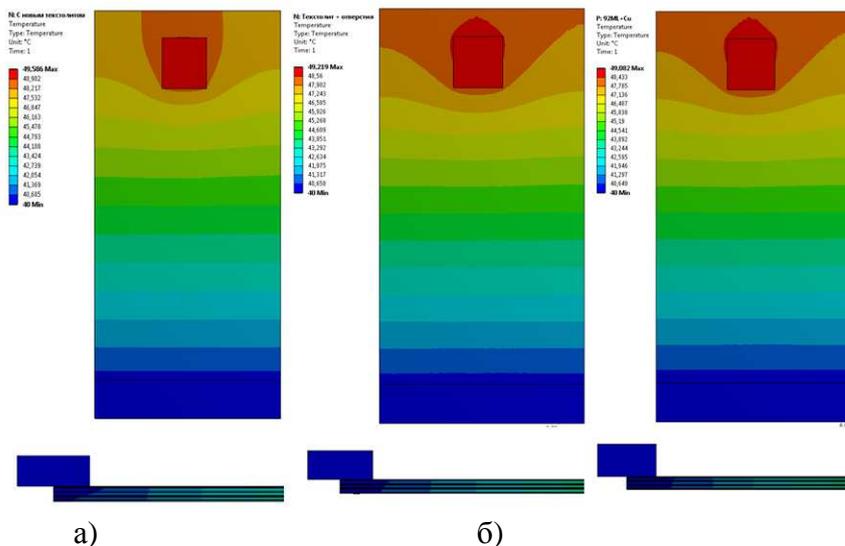


Рисунок 3 Тепловой анализ для теплопередачи с материалом основания печатной платы 92ML

Для проведения анализа стационарного теплового режима использовался метод конечных элементов, реализованный в программном комплексе Ansys Workbench.

Геометрическая модель подготовлена в программе SolidWorks.

Конечно-элементная модель прибора подготовлена в Ansys Workbench.

Порядок проведения анализа следующий:

- задание теплофизических свойств материалов конструкции;
- генерирование конечно-элементной сетки;
- задание тепловых граничных условий;
- вывод результатов расчета в графическом виде.

Модель представляет собой восьмислойную печатную плату толщиной 2 мм с установленными необходимыми ЭРИ. Многослойная печатная плата состоит из трёх двухсторонних печатных плат с медной фольгой.

Тепловыделение задается непосредственно на корпус ЭРИ (в данном случае 0,5 Вт). При проведении расчета на теплоотводящей поверхности задается температура 40 °С.

Теплофизические характеристики материалов, использованных в тепловой модели, приведены в таблице 1.

Таблица 1 Теплофизические характеристики материалов

Элемент конструкции	Материал	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К
Проводящие слои	Медь	400,0
Корпус ЭРИ	Керамика	26,0
Материал рамки	АМг6	117,0
Материал основания печатной платы	Стеклотекстолит IS420, ф. ISOLA	0,3
	Стеклотекстолит 92ML, ф. ARLON	В поперечном направлении – 2,0 В продольном направлении – 3,5

Результат проведенных расчетов позволяет сделать вывод, что передача тепла через переходные медные отверстия под теплонагруженным элементом в сочетании с применением стеклотекстолита 92ML сравнима с передачей тепла через металлическое основание, что говорит о целесообразности применения данного материала для обеспечения теплового режима ЭРИ. Данные методы теплоотвода обеспечивают выигрыш по массогабаритным характеристикам и более технологичны при применении автоматизированного монтажа. Технология заполнения металлизированных отверстий медью может быть рассмотрена как перспективный метод обеспечения тепловых режимов ЭРИ.

3D моделирование прототипа малого летательного аппарата - вертолета

Стасевский В.И.

Научный руководитель: Костюченко Т.Г., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: 3vityok3@mail.ru

Проектирование сложных технических объектов на современном этапе осуществляется с использованием 3D-моделирования. 3D-моделирование – это создание 3D (от англ. слова Dimension; трехмерное пространство), визуализация, редактирование трехмерных объектов в какой-либо программе для 3D моделирования.

Главная, ключевая задача проектирования – спроектировать и передать в производство конструкторскую документацию (рабочие чертежи, спецификации). Проектные работы при создании любого изделия занимают длительное время, в проектировании задействованы инженеры разных специальностей. Применение современных мощных средств компьютерной техники и специального программного обеспечения приводит к значительному сокращению времени, затрачиваемого на проектные работы, и, как следствие, снижают трудоемкость этих работ. Использование систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяет провести виртуальные испытания разработанных объектов, что так же снижает затраты на изготовление опытных образцов и прототипов.

В настоящее время существует множество систем для 3D моделирования. Среди них особое место занимает программный продукт российской разработки T-Flex CAD, с использованием которого была создана 3D модель прототипа малого летательного аппарата – вертолета.

На рис. 1 приведена созданная 3D модель вертолета.



Рисунок 1 3D модель вертолета

Конструкция вертолета довольно сложная, содержит в себе большое количество элементов [1]. На рис. 2 указаны основные элементы конструкции вертолета.

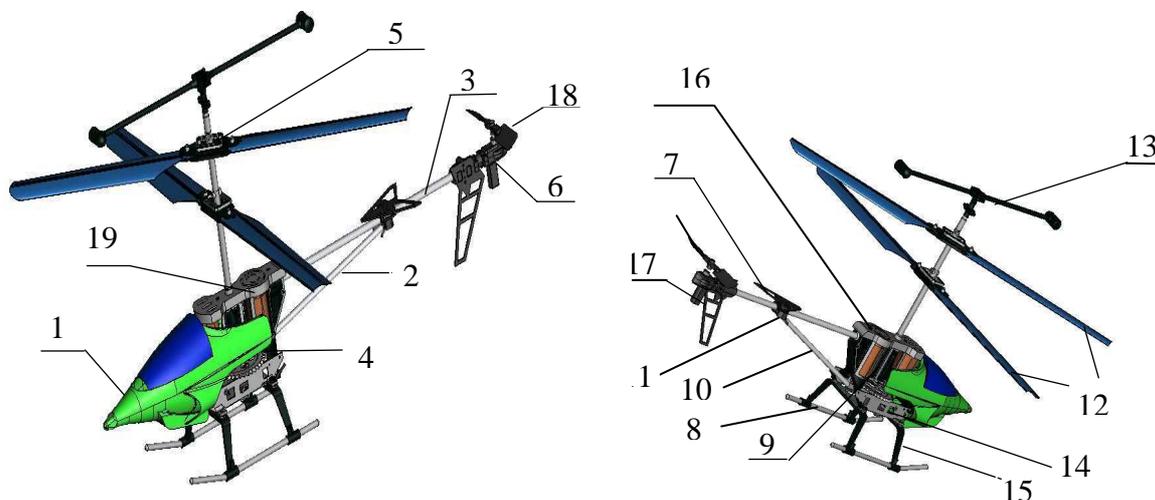


Рисунок 2 3D модель вертолета

1 – капот; 2 – рама; 3 – хвостовая балка; 4 – зубчатое колесо; 5 – крепеж для лопастей; 6, 9 – электромоторы; 7 – руль хвоста; 8 – лыжи; 10 – крепеж хвостовой балки; 11 – насадка для крепежа; 12 – лопасть; 13 – балансир вертолётa; 14 – крепления ножек; 15 – ножки; 16, 19 – крепление электромоторов; 17 – стабилизатор; 18 – хвостовой винт

Рама 2 – это основной элемент конструкции вертолета. На нее крепятся узлы и агрегаты модели: двигатель, редуктор, ротор, хвост, декоративный фонарь, электроника. Рама обеспечивает взаимное расположение всех этих элементов в соответствии с компоновкой, которая, в свою очередь, должна не только давать возможность сбалансировать модель, но также учитывать взаимную совместимость узлов. Например, приемник и гироскоп стараются отодвигать дальше от двигателя с его повышенной вибрацией; провода – дальше от движущихся и горячих частей; топливную систему – поближе к двигателю.

Основная характеристика рамы – ее жесткость. В общем случае чем рама жестче, тем лучше. Однако, «ужесточение» рамы отражается на ее весе (в случае использования дополнительных силовых элементов).

Недостаточно жесткая рама «играет», что отрицательно сказывается на управляемости прототипа.

Как правило, прототипы вертолётa имеют обычную пластиковую раму, состоящую из двух половинок. Между ними зажимаются маленькие шайбы и некоторые другие элементы. Половинки рамы стягиваются между собой болтиками. Преимуществом такой рамы является малое количество деталей. Рама получается сложной формы и переменной толщины, но состоит всего-навсего из двух деталей. К недостаткам можно отнести:

- применение – если их перетянуть, то закрепить болтик можно только с использованием клея, что исключает разборку;

– сложность сборки: большое количество деталей, устанавливаемых между половинками рамы, часто не дает собрать конструкцию с первого раза – то одно выскочит, то другое не попадет в нужный паз.

Модели портативных вертолетов, как правило, проектируются по схеме с одним несущим ротором и рулевым винтом. Она наиболее проста для реализации на модели и отработана настолько, что все остальные схемы отошли на второй план.

Хвостовая балка 3 обычно представляет собой трубу. Она может быть изготовлена из алюминия, стекло- или углепластика. Чем легче и жестче, тем лучше. Балка имеет определенную, свойственную конкретной модели, длину и диаметр. Это может быть просто отрезок трубы, либо на балке могут быть пазы или выступы для облегчения сборки и точного позиционирования редуктора и стабилизатора.

Прототип вертолета должен устойчиво стоять на шасси, даже на небольших неровностях грунта, так как опрокидывание на взлете или при посадке приводит к серьезным поломкам. Кроме того, шасси должно смягчать удары при жестких приземлениях и авариях.

Прототип вертолетного шасси, как правило, представляют собой две лыжи 8 из дюралевого трубок и две изогнутые пластиковые поперечины, которые служат в качестве амортизаторов. От качества этих пластиковых амортизаторов зависит, будут подламываться стойки на жесткой посадке или нет. Шасси реально защищает модель при авариях и жестких посадках, даже ценой собственной целостности.

Капот 1 выполняет не только декоративную функцию. При аварии он сминается и поглощает большое количество энергии удара, предохраняя другие узлы. Капот должен быть легкий. Обычно капоты изготавливаются из пластика. Другое предназначение капота – помощь в ориентации. По этой причине к покраске капота относятся очень серьезно. Дело не столько в том, как будет выглядеть готовая модель, сколько в том, насколько хорошо она будет различима в небе. Окраска не должна сливаться с небом, должно быть хорошо видно, где верх, где низ модели. По возможности – где левая и правая сторона. Чем ярче и контрастнее, тем лучше. В инструкции, как правило, предлагается один или несколько вариантов окраски капотов, а так же цветные самоклеящиеся детали.

Основное оборудование - это то, без чего вертолет не полетит. Современная модель вертолета не летает без приемника, гироскопа, сервомашинки и бортового аккумулятора.

3D моделирование, как уже говорилось, выполнялось с использованием программного продукта T-Flex CAD [2]. Для создания простых по форме деталей использовались стандартные команды создания объемных тел - Выталкивание, Вычитание, Булева операция, Сглаживание и т.п. (детали рама, лыжи, балки, крепеж, балансир и т.п.). При создании деталей сложной формы использовались команды Круговой массив, Тело по сечениям, Выталкивание с уклоном, Построение вспомогательной плоскости и другие (детали Лопасть, капот, хвостовой винт). Создание сборочной 3D модели осуществлялось основным способом сборки в T-Flex CAD - совмещением локальных систем координат деталей, входящих в сборку.

Созданная 3D модель прототипа малого летательного аппарата - вертолета позволяет визуально представить вертолет, посмотреть подробно его детали. Кроме того, на основе созданной 3D модели возможно произвести виртуальные испытания разработанной модели и оценить ее работоспособность после приложения

различных перегрузок, которые испытывает модель в процессе эксплуатации. Это является объектом дальнейших исследований.

Список литературы:

1. http://www.rcdesign.ru/articles/heli/heli_layout
2. T-Flex CAD. Трехмерное моделирование. Руководство пользователя. АО «Топ Системы». – Москва, 2012. – 677 с.

Выбор оптимальной ширины электрода ленточного активного элемента

Стахеева О.Ю.

Научный руководитель: Иванова А.Г., аспирант

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: olechka_15@sibmail.com

Настоящая работа представляет собой продолжение исследований, проводимых по изучению характеристик моментного двигателя с ленточной намоткой статора. Ранее были получены зависимости момента от взаимного положения пластинчатого элемента намотки и источника поля – постоянного магнита, показаны возможности получения заданной функциональной зависимости «момент – угол поворота ротора» [1-4]. Момент исследуемого двигателя зависит от его геометрических параметров, величины индукции поля, силы тока, протекающего по намотке, а также характера распределения последнего по пластинчатому элементу намотки. В зависимости от характера распределения тока меняется величина двойного интеграла, входящего в выражение для усилия, создаваемого пластинчатым элементом [4]

$$D = \iint j_y(x, y) \cdot dx \cdot dy . \quad (1)$$

Аналитические исследования характеристик проводились для пластин, выполненных из алюминия с различным соотношением геометрических параметров, а именно, длины и ширины. Толщина пластины $\Delta=0,0001$ м.

В процессе проведения аналитических исследований задавались два электрода, которые имеют определенные геометрические размеры. Была поставлена задача определения зависимостей тока и двойного интеграла от относительной ширины электрода (отношения ширины электрода к ширине пластины). На основании полученных зависимостей можно определить закономерность изменения усилия.

Данные исследования проводились при помощи программного продукта COMSOL Multiphysics. Для определения токов на границе электрода пользовались опцией интегрирования нормальной составляющей тока. Для оценки влияния длины контакта на расчетное значение тока левый контакт имел бесконечно малую длину, а правый, на границе которого определялась величина тока, выбирался соизмеримым с длиной пластины ($\sim 0,5b$). Источник постоянный магнит, шириной $c = 0,02$ м располагается в центре пластины (рисунок 1).

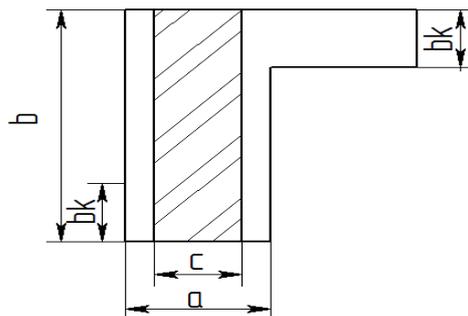


Рисунок 1 Параметры пластины

Обратимся к формуле для вычисления усилия [4] $F_x = B \cdot \Delta \cdot D$, где D – величина двойного интеграла. Индукция и толщина пластины являются постоянными величинами, поэтому анализ производим только величины D .

Введем понятие относительной ширины электрода $\beta = \frac{b_k}{b}$, где b_k - ширина электрода, b – ширина пластины, постоянная величина, равная 0,05 м (рисунок 1), и относительной величины $\alpha = \frac{a}{b}$, которая при анализе принимает значения 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2; в данном случае a – длина пластины (рисунок 1).

Относительная ширина электрода при анализе выбиралась равная $\beta = 0,05$; 0,15; 0,25; 0,35; 0,5. Значение больше 0,5 приведет к тому, что часть тока будет протекать параллельно оси x , вертикальной составляющей тока не будет, и полезный эффект уменьшается. Если $\beta=1$, то весь ток будет протекать параллельно оси x (рисунок 2).

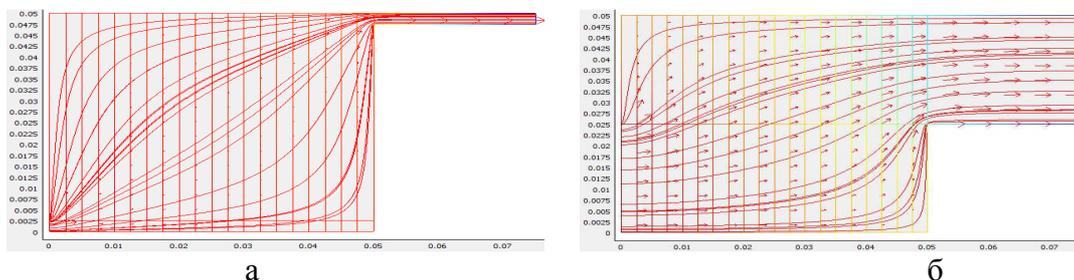


Рисунок 2 Линии тока, протекающего по пластине:
а – при $\beta= 0,05$; б – при $\beta= 0,5$

При определении тока, протекающего по пластине, задавалась фиксированная величина разности потенциалов $U=0,01$ В.

Изменяя относительную ширину электрода и длину пластины, получим характеристики тока, протекающего по пластине, и двойного интеграла (рисунки 3, 4, 5).

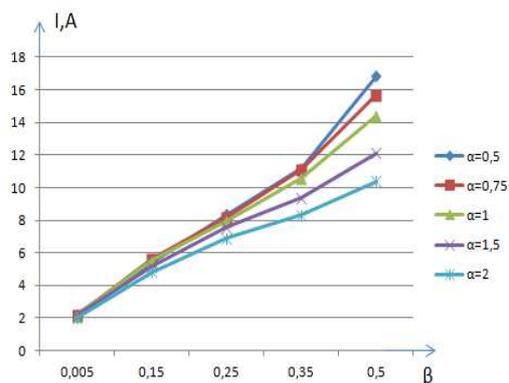


Рисунок 3 График зависимости тока от относительной ширины электрода

Таким образом, чем больше относительная ширина электрода, тем меньше сопротивление пластины и, соответственно, больше ток.

Двойной интеграл D определяем при фиксированном токе $I = 10$ А. При большей относительной ширине электрода вертикальные составляющие тока уменьшаются, следовательно, величина двойного интеграла будет уменьшаться и при значении электрода, равном ширине пластины, двойной интеграл будет равен нулю (рисунок 4).

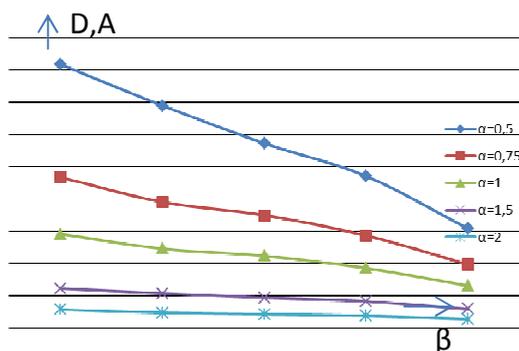


Рисунок 4 График зависимости величины двойного интеграла от относительной ширины электрода

Усилие, создаваемое единичным пластинчатым элементом катушки, определяется по формуле:

$$F_x = \frac{B \cdot \Delta}{I_0} \cdot I(\beta) \cdot D_y(x, y, I_0, \beta), \quad (2)$$

где $B = 0,2$ Тл - величина индукции, выбранная для численного анализа;

$I_0 = 10$ А - начальное значение тока;

$I(\beta)$ - зависимость тока от относительной ширины электрода, А;

$D_y(x, y, I_0, \beta)$ - зависимость двойного интеграла от относительной ширины электрода, А.

Учитывая выражение (2), получаем значения усилия единичного пластинчатого элемента (рисунок 5).

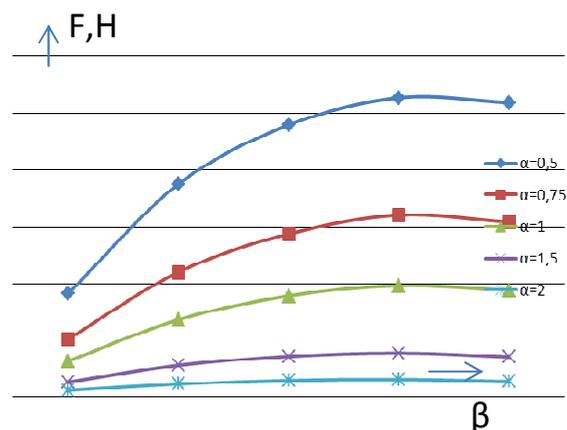


Рисунок 5 Графики зависимости усилия от относительной ширины электрода

Из данного графика следует, что при заданных параметрах максимальное значение усилия наблюдается при $\beta = 0,35$, т.е. величина электрода равна 0,0175 м.

Полученные зависимости, отображенные на рисунках 3,4,5, позволяют создать основу для дальнейших аналитических исследований моментного двигателя.

Список литературы:

1. К.А. Татарникова, О.Ю. Екимова. Влияние геометрии пластин на вид силовой характеристики двигателя //Современные техника и технологии: сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в 3-х томах. Томск: изд-во ТПУ, 2012.
2. К.А. Зыль, О.Ю. Екимова. Влияние геометрии пластины на электрические параметры двигателя // Наука. Технологии. Инновации: сборник всероссийской научной конференции молодых ученых в 7 частях . Новосибирск: изд-во НГТУ, 2012.
3. О.Ю.Екимова, К.А. Зыль. Влияние геометрии пластины на вид силовой характеристики двигателей с пакетным элементом //Космическое приборостроение: сборник научных трудов Форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Космическое приборостроение» / НИТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013.
4. А.Г. Иванова, В.М. Мартемьянов, И.В. Плотникова. Влияние геометрии пластины на силовую характеристику двигателя с активным пакетным элементом // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2013. №4.

Оценка влияния длины электрода на нормальную составляющую тока пластинчатого элемента

Стахеева О.Ю., Стахеев Е.В.

Научный руководитель: Иванова А.Г., аспирант

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: olechka_15@sibmail.com

Настоящая работа представляет собой продолжение исследования влияния размеров электрода на характеристики двигателя с ленточной намоткой. В работе [1] определение усилия проводилось при изменении ширины электрода и длины

пластинчатого элемента. При неизменном значении приложенного к отдельной пластине напряжения, в случае изменения размера электрода, будут происходить как изменения величины активного сопротивления пластины (а, следовательно, и тока), так и изменения линий протекания распределенного тока, вызывающие изменение их поперечных компонент, которые являются основными при создании усилия. Исследования проводились при помощи программного продукта COMSOL Multiphysics 3.5a. Проблема, с которой пришлось столкнуться, заключается в том, что данный программный продукт не содержит опции для вычисления тангенциальной составляющей полного тока на границах электродов. Нормальная составляющая тока определялась интегрированием величин плотности элементарных токов по тем границам электродов, через которые ток втекает и вытекает. При приближении линий тока к зоне, где происходит резкое изменение сечения пластинчатого элемента намотки (место контакта электрода и основного тела пластины) происходит постепенное плавное их искривление; т.е. появляются тангенциальные составляющие тока, которые становятся тем больше, чем ближе находится место соединения электрода и основного тела пластины.

Предполагается, что в реальных условиях длина электрода будет лежать в диапазоне 0,2-0,5 мм. В этом случае тангенциальные (поперечные) составляющие тока в электроде могут иметь величины, заметно искажающие реальное значение полного тока. В связи с этим было проведено аналитическое исследование влияние длины электрода на нормальную компоненту полного тока, определяемую продуктом COMSOL 3.5a. Основная идея при данном исследовании заключалась в том, что с двух сторон пластины задавались электроды такой длины, которые многократно превышают длину реальных электродов (рисунок 1а).

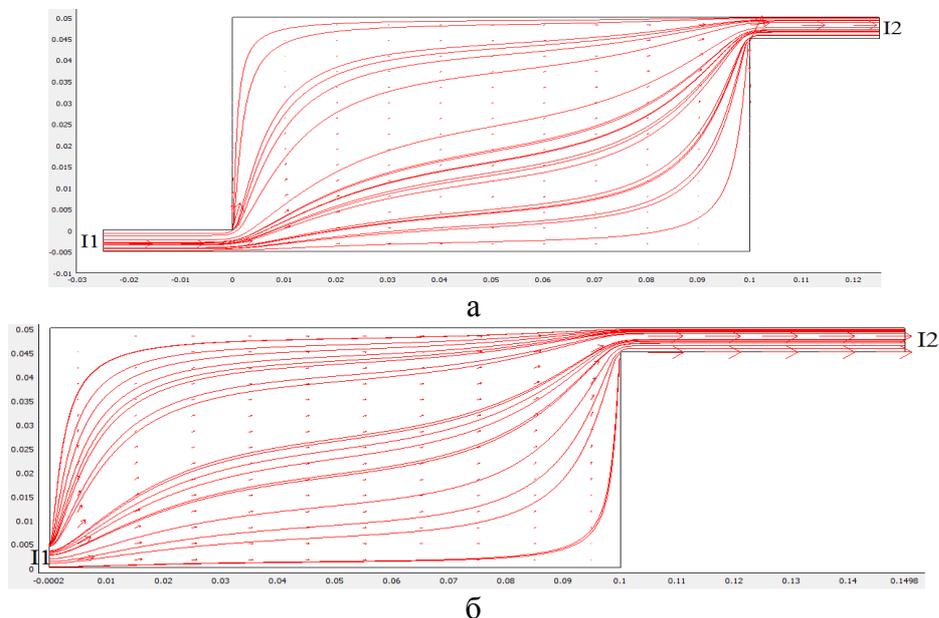


Рисунок 1 Распределенный ток, протекающий по пластине: а – начальная длина электродов 0,025 м; б – длина левого контакта 0,0002 м

В этом случае предполагается, что на границах таких электродов тангенциальные составляющие тока будут отсутствовать. Затем длина одного из электродов уменьшается, но на такую же величину увеличивается длина другого;

при таком условии активное сопротивление пластинчатого элемента остается прежним, и нет необходимости корректировать приложенное напряжение (рисунок 1б). Кроме того, на границе удлиняющегося электрода гарантированно будет отсутствовать тангенциальная составляющая тока. Затем проводится сравнение рассчитанных нормальных составляющих токов на границах обоих электродов. Основным, «опорным» электродом является тот, длина которого увеличивается. Разность (отношение) рассчитанных величин токов может дать информацию о том, какой должна быть необходимая поправка для определения полного тока признании только его нормальной компоненты.

При численном моделировании предполагалось, что пластинчатый элемент выполнен из алюминиевой ленты толщиной $\Delta = 10^{-4}$ м; шириной $b = 0,05$ м, длиной $a = 0,1$ м. В исходном состоянии электроды шириной $0,005$ м имеют длину $0,025$ м, которая в процессе численного эксперимента изменялась с шагом $2 - 3$ мм.

Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 Результаты исследований

Длина левого электрода, м	I1, А	I2, А	I1/I2
0,025	4,166731944	4,166731944	1
0,023	4,166417921	4,166417922	1
0,02	4,149834992	4,149834983	1,000000002
0,018	4,150027983	4,15002799	0,999999998
0,016	4,149705136	4,149705044	1,000000022
0,014	4,149906362	4,149906411	0,999999988
0,012	4,150097591	4,150097587	1,000000001
0,01	4,149769217	4,149765821	1,000000818
0,008	4,148697746	4,148698333	0,999999859
0,006	4,150891037	4,149685507	1,000290511
0,004	4,148599908	4,148381323	1,000052692
0,002	4,150273118	4,148903281	1,000330168
0,0002	4,156453013	4,154910032	1,000371363
0	3,503702939	4,163474331	0,841533455

Анализ показывает, что существенное отличие (разница аналитически найденных токов) наблюдается при длине электродов меньше $0,2$ мм.

Список литературы:

1. Стахеева О.Ю. «Выбор оптимальной ширины электрода ленточного активного элемента». См. настоящий сборник.

Обработка результатов испытаний жидкостных ракетных двигателей малых тяг в среде MathCad

Хохлов А.Н.

Научный руководитель: Коломенцев А.И., к.т.н., доцент
Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет), 125993, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4
E-mail: alexey.hohlov.86@gmail.com

Стоимость разработки и последующего производства жидкостных ракетных двигателей малых тяг (ЖРДМТ) во всем мире достаточно высока. Самая дорогостоящая часть жизненного цикла – экспериментальная отработка. Отсюда, остро стоит вопрос о сокращении времени и стоимости отработки двигателей, связанный с количеством их испытаний.

На сегодняшний момент существует три метода снижения стоимости испытаний:

- сокращение числа опытов за счет применения новых методов планирования эксперимента;
- применение расчетных систем на основе математических моделей и мощных вычислительных машин;
- комбинация этих двух методов.

Данная работа посвящена разработке и отработке программного обеспечения (ПО) для планирования и последующей обработки результатов испытаний ЖРДМТ [1-4].

В настоящее время существуют аналоги для планирования и обработки экспериментов (STATISTICA, Matlab, Labview [5] и др.). Но данные программы перенасыщены информацией: слишком много видов планов, которые не предназначены для испытаний ЖРДМТ, много лишней информации по обработке эксперимента, а также имеют очень высокую стоимость. Данная программа адаптирована для испытаний ЖРДМТ.

За основу была выбрана математическая среда Mathcad 15.0 [6] (M020 [MC15_M020_20121127]).

Программа разделена на 2 связанных модуля: планирования испытаний (рисунок 1) и статистической обработки результатов испытаний (рисунок 2).

Работоспособность программы проверена при испытаниях ЖРДМТ:

- МАИ (НИУ): ДМТ-МАИ-200М (тяга - 200Н, компоненты - кислород+метан), ДМТ-МАИ-500П (тяга - 500Н, компоненты - ВПВ+керосин);
- EADS Astrium: S10 (тяга - 10 Н, компоненты - АТ+ММГ).

С помощью программного обеспечения были разработаны планы испытаний, по результатам проведенных по ним испытаний построены регрессионные зависимости различных параметров ЖРДМТ(1-5):

$$\text{ДМТ-МАИ-500П: } T_{cm} = 404,5 + 11,5\overline{\dot{m}_o} - 30\overline{\dot{m}_2} - 19\overline{\dot{m}_o\dot{m}_2}; \quad (1)$$

$$\Delta p = 6,666 + 4,205\overline{\dot{m}_2} + 0,547\overline{\dot{m}_2^2} - 0,626\overline{C} - 0,051\overline{\dot{m}_2C}; \quad (2)$$

$$\text{ДМТ-МАИ-200М: } I_y = 122,278 - 5,83\overline{\dot{m}_o} + 9,583\overline{\dot{m}_2} + 1,5\overline{\dot{m}_o\dot{m}_2}; \quad (3)$$

$$T_{cm} = 689 - 25\overline{\dot{m}_o} + 95\overline{\dot{m}_2} + 16\overline{\dot{m}_o\dot{m}_2}; \quad (4)$$

$$\text{S10: } I_y = 291.222 + 3.25\overline{\dot{m}_2} + 6.875\overline{\dot{m}_o\dot{m}_2} - 5.333\overline{\dot{m}_o^2}, \quad (5)$$

где T_{cm} - температура стенки; I_y - удельный импульс тяги; Δp - перепад давления на форсунке; \bar{C} - концентрация добавки полиизобутилена (ПИБ) в керосине; \bar{m}_o , \bar{m}_2 - массовые расходы компонентов топлива в кодовом (безразмерном) виде, которые определяются как

$$\bar{m} = \frac{\dot{m} - \dot{m}_{ном}}{\Delta \dot{m}}, \quad (6)$$

где \bar{m} - массовый расход в кодовом виде, \dot{m} - массовый расход компонента, $\dot{m}_{ном}$ - массовый расход на номинальном уровне, $\Delta \dot{m}$ - интервал варьирования массового расхода.

Разработано программное обеспечение, позволяющее строить планы испытаний и проводить статистическую обработку результатов испытаний с построением регрессионных моделей основных параметров ЖРДМТ.

Эффективность программы подтверждена результатами испытаний двигателей, разработанных в МАИ (НИУ) и EADS Astrium.

В дальнейшем планируется внедрение программного обеспечения в системы управления и технической диагностики двигателей и испытательных стендов.

Назначьте интервалы варьирования входных факторов

x1 x2
max_{x1} := 2.41 max_{x2} := 1.42
min_{x1} := 1.86 min_{x2} := 1.09
nom_{x1} := 2.135 nom_{x2} := 1.255

Вы выбрали тип плана:

ПФЭ ДФЭ

plan = "ПФЭ"

Хатри BoxWilson

Откройте правильную область соответственно цвету

Задайте число опытов в центре плана

n0 := 1

status = "продолжайте работу"

- сравнение количества экспериментов и коэффициентов регрессии

status₁ = "продолжайте работу"

- проверка по максимальному количеству экспериментов для квадратичной модели

Введите матрицу планирования в кодовом виде

M := $\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \\ -1 & 1 \\ -1 & -1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$

Введите количество контрольных опытов

n_k := 3

Введите количество коэффициентов регрессии и порядок уравнения регрессионной зависимости

N_b := 6

nr := 2

Введите доверительную вероятность

γ := 0.95

Введите максимальную и минимальную степени свободы

f_{max} := n - 1 = 1

f_{min} := n - 1 = 1

voori = "Опыты встроиваемы"

slac = "Опыты стационарны"

Рисунок 1 Модуль планирования испытаний

Список литературы:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013615794 «Планирование и обработка результатов испытаний жидкостных ракетных двигателей малых тяг» Коломенцев А.И., Хохлов А.Н., 2013.

2. Response surface methodology. Andre I. Khuri, Siuli Mukhopadhyay. John Wiley & Sons, Inc. Volume 2, March/April, 2010.

3. Design of experiments in chemical engineering, Zivorad R. Lazic. Wiley-Vch verlag GmbH @ Co, KGaA, Weinheim, 2004.

Рисунок 2 Модуль статистической обработки испытаний

4. Response surface methodology. Process and product optimization using designed experiments. Third edition. Raymond H. Myers, Douglas C. Montgomery, Christine M. Anderson-Cook. A John Wiley & Sons, Inc., Publication. 2009
5. Коломенцев А.И., Хохлов А.Н. Программное обеспечение для построения регрессионных зависимостей параметров сложных технических систем. Научно-технический журнал «Авиационно-космическая техника и технология», Харьков, «ХАИ», 2012, №4 (91).
6. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad 15: Учебный курс. – СПб.: Питер, 2011.

Управление технологической документацией в едином информационном пространстве

Чекрыгин С.С., Коблов Н.Н.

Научный руководитель: Бориков В.Н., д.т.н.

ОАО «НПЦ «Полус», 634050, Россия, г. Томск, пр. Кирова, 56«в»

E-mail: polus@online.tomsk.net

Ни для кого не секрет, что большинство действующих российских производств унаследовано с советских времен, и с тех пор принципы их работы, в том числе принципы создания и обработки документации, не подвергались значительным изменениям. Практически все потоки информации как внутри самих предприятий, так и при взаимодействии с внешними партнерами, реализуются с помощью бумажного документооборота. И хотя данный подход подкреплен полноценной законодательно-нормативной базой и не требователен к техническим средствам для работы с бумагой, все больше становятся заметны его слабые стороны: низкая скорость создания, обработки и передачи документов; медленный поиск информации, что крайне неудобно при оперативной работе; сложность хранения бумажных подлинников и многое другое. Как следствие всех этих проблем – все больше предприятий, задействованных в проектировании и производстве высокотехнологичной и наукоемкой продукции, приходят к мысли о коренном переустройстве своих проектно-технологических, производственных и бизнес-процессов, получившем название “реинжиниринг”. Важнейшей составляющей предлагаемых для этого мероприятий является применение компьютерной техники и современных информационных технологий на всех стадиях жизненного цикла изделий [1]. В частности, речь идет о системах управления инженерными данными и производством, а также об электронном документообороте. Однако увидеть электронный документооборот на производственном предприятии в чистом виде сегодня большая редкость. Чаще всего он осуществляется на бумажных носителях с использованием автономных персональных компьютеров только для подготовки и регистрации документов, или в смешанной форме, когда компьютеры, объединенные в локальные вычислительные сети, служат для подготовки, передачи и хранения документации, однако юридическую силу имеет только бумажный подлинник [2].

В соответствии с концепцией информатизации Роскосмоса и политикой предприятия в области качества в ОАО «НПЦ «Полус» создано единое информационное пространство данных о корпоративной продукции под управлением автоматизированной системы управления инженерными данными и производством на всех этапах жизненного цикла изделия (АСУ ИДиП) собственной

разработки [3]. Система реализует все функции, необходимые для полноценного электронного документооборота на предприятии: выпуск, проведение изменений, согласование, сдача в архив и хранение документов, разрабатываемых согласно единым системам конструкторской, программной и технологической документации (ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД) полностью в электронном виде. Подлинниками электронно-технических документов при этом выступают многостраничные графические файлы в формате TIFF, получаемые при печати файлов-оригиналов (файлы в формате систем автоматизированного проектирования, например AutoCAD, P-CAD, MS Office Word) на виртуальном принтере. В рамках данной статьи более подробно рассмотрим возможности системы по работе с технологической документацией.

Как известно, технологической документацией называют комплекс графических и текстовых документов, которые регламентируют выполнение технологического процесса изготовления деталей и сборочных единиц (ДСЕ). Стадии разработки и виды применяемых при этом документов устанавливает ГОСТ 3.1102. Описывая процесс изготовления конкретной детали или сборочной единицы согласно этому стандарту, технолог тем самым формирует комплект технологической документации. Документом, связывающим каждый такой комплект с ДСЕ, является титульный лист. На рисунке 1 представлен внешний вид формы АСУ ИДиП, реализующей функционал для формирования и хранения комплектов технологической документации.

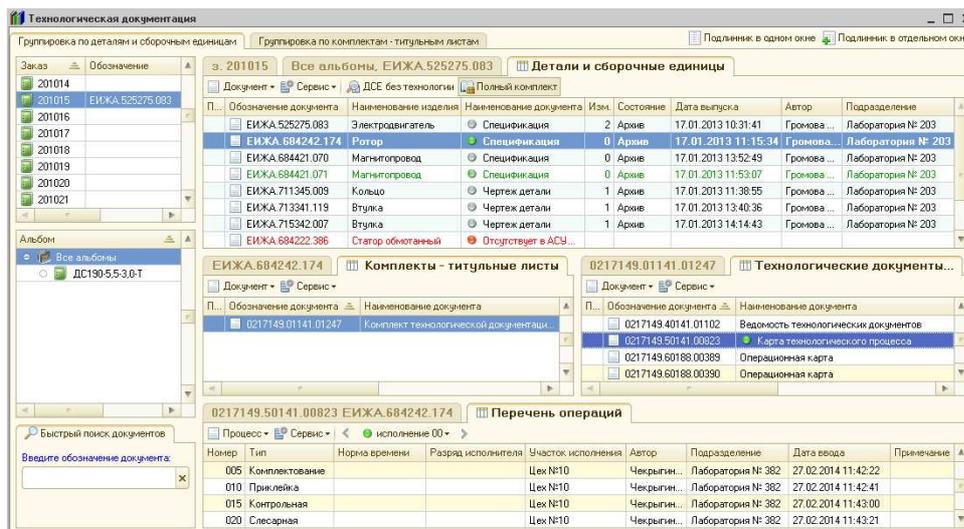


Рисунок 1 Форма для управления технологической документацией в АСУ ИДиП

В верхней левой части формы расположен список всех зарегистрированных в системе заказов. При выделении какого-либо заказа из этого списка ниже на форме отображается дерево входящих в него альбомов конструкторской документации (с учетом их входимости друг в друга), а в элементе формы «Детали и сборочные единицы» – список всех ДСЕ (соответственно типы документов: чертежи деталей и спецификации). С помощью дерева альбомов можно установить отбор ДСЕ по конкретному альбому, а для быстрого поиска документации на ДСЕ по обозначению предназначено поле «Быстрый поиск документов». По умолчанию указанный список содержит только впервые выпущенные конструкторские

документы по текущему заказу (альбому). Для просмотра полного комплекта ДСЕ предназначена кнопка «Полный комплект». При этом будет определена головная спецификация заказа (альбома), построен электронный конструкторский состав изделия [4] и уже по нему сформирован полный комплект, содержащий как впервые выпущенные, так и примененные из других заказов документы. В полном комплекте также учитываются те документы, которые еще не занесены в АСУ ИДиП и имеют бумажный подлинник, для наглядности они подсвечиваются на экране красным цветом.

Для создания комплекта технологической документации на изготовление ДСЕ технологу нужно выделить соответствующую деталь (сборочную единицу) из списка и в элементе формы «Комплекты – титульные листы» создать новый титульный лист, определяющий этот комплект, после чего в элементе формы «Технологические документы комплекта» к титульному листу прикрепляется перечень необходимых комплектных технологических документов. Этот процесс может выполняться одновременно сразу несколькими пользователями. В общем случае с одной деталью или сборочной единицей может быть связано несколько комплектов, описывающих разную технологию ее изготовления, и, наоборот, один комплект может распространяться на несколько ДСЕ. Система дает возможность связать ДСЕ с уже существующим титульным листом, а соответственно и со всеми комплектными ему документами. ДСЕ, для которых в системе уже разработан комплект технологической документации, будут подсвечены зеленым цветом. Для просмотра подлинника любого интересующего документа предназначены кнопки «Подлинник в одном окне» и «Подлинник в отдельном окне».

Среди всех возможных технологических документов комплекта в системе особое место отведено документу вида «Карта технологического процесса», который предназначен для операционного описания процесса изготовления или ремонта изделия в технологической последовательности по всем операциям с указанием переходов, режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах. В АСУ ИДиП разработан функционал для формализованного описания этого документа. В элементе формы «Перечень операций» формируется маршрутное описание технологического процесса – сокращенное изложение всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием норм времени, разряда исполнителей и участков. Учитывая, что каждая деталь может иметь несколько исполнений, а значит, и несколько технологических процессов, в системе реализована возможность создания подробных описаний для каждого из них. Кроме того, даже в рамках одного исполнения можно иметь несколько формализованных описаний, но только одно из них должно быть действующим на данный момент времени. Также существует возможность подготовить описание каких-либо типовых технологических процессов и использовать их в дальнейшем в качестве шаблонов. ДСЕ, для которых существует формализованное описание технологического процесса, выделяются в списке жирным шрифтом. Для быстрого отбора всех ДСЕ без формализованного технологического процесса служит кнопка «ДСЕ без технологии».

В ближайшее время планируется нарастить этот функционал и создать полноценную автоматизированную систему проектирования технологических процессов, позволяющую учесть и ряд других параметров: переходы между операциями, технологические режимы, используемые инструменты и материалы и

т.д. Это, в свою очередь, позволит формировать печатную форму и электронный подлинник карты технологического процесса полностью в автоматическом режиме, что значительно ускорит процедуру разработки и оформления комплектов технологической документации на изделие. Однако уже сейчас, имея лишь маршрутное описание технологических процессов изготовления всех ДСЕ по заказу, возможно в автоматическом режиме формировать план выпуска изделий по цехам, маршрутные карты и рассчитывать трудоемкость изготовления.

Таким образом, в системе реализована “горячая” связь конструкторской и технологической документации. При этом АСУ ИДиП оперирует не только традиционными документами и их электронными отображениями, но и формализованными информационными моделями, описывающими изделие, технологии его производства, начиная от конструкторской спецификации и заканчивая данными о его фактическом изготовлении. Другими словами, образуется единое пространство цифровых данных о корпоративной продукции, аккумулирующее всю информацию, возникающую на всех этапах жизненного цикла любого выпускаемого изделия.

Список литературы:

1. Зильбербург Л.И., Молочник В.И., Яблочников Е.И. Информационные технологии в проектировании и производстве. – СПб : Политехника, 2008. – 304 с.: ил.
2. Документооборот и его программное обеспечение // КомпьютерПресс. URL: <http://compress.ru/article.aspx?id=9646&iid=407> (дата обращения: 03.03.2014).
3. Коблов Н. Н. Разработка и внедрение автоматизированной системы управления инженерными данными // Электронные и электромеханические системы и устройства : сб. науч. тр. – Томск : Изд-во НТЛ, 2011. С. 436–443.
4. Коблов Н.Н., Екимова О.Ю., Чекрыгин С.С. Построение электронного состава изделия в рамках единого информационного пространства приборостроительного предприятия // Контроль. Диагностика. – 2012. – № 13. – С. 22–26.

Задачи и направления рационализации

Шангина Е.А., Патраев В.Е., Яковлев А.В.

Научный руководитель: Патраев В.Е., д.т.н., доцент

ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева
662972, Россия, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Ленина, д. 52

E-mail: ekshangina@mail.ru

Общие принципы проектирования космических аппаратов (КА) на базе унифицированных космических платформ (УКП) имеют ряд особенностей, позволяющих эффективно применять их на практике и рационализировать, таким образом, процесс проектирования КА [1,2].

Приведены некоторые сравнительные технические характеристики ряда КА, созданных на базе унифицированных платформ разных классов и их модификаций: Э-1000Н (АМОС-5, Экспресс-АТ1), при этом квалификация платформы осуществлялась в рамках КА АМОС-5, Экспресс-2000 (Экспресс-АМ5,6, АМУ-2, Ямал-401). Из таблицы 1, например, следует, что КА ЭКСПРЕСС-АТ1 имеет более высокую энерговооруженность и безотказность при более низкой массе и сходном спутниковом ресурсе по сравнению с КА АМОС-5.

Сравнительные характеристики КА производства ОАО «ИСС» на базе платформ «Экспресс-1000» и «Экспресс-2000»

Параметр	Экспресс-1000		Экспресс-2000			
	AMOS-5	Экспресс-АТ1	Экспресс-АМ5	Экспресс-АМ6	Экспресс-АМУ2	Ямал-401
Количество стволов, шт.	36	32	82	76	68	53
Масса КА в стартовой конфигурации (с топливом, адаптером и БГ), кг	1966	1689	3347	3292	2887	3011
Масса заправки, кг (Ксенон/Гидразин)	142/25	13830	280/60	264/75	200(350)/60	282/25
Энерговооруженность	12	13,2	13,02	13,02	11	13,1
ВБР КА за САС (Требуемая\Расчётная)	0,717/ 0,745	0,85/ 0,851	0,75/ 0,766	0,75/ 0,766	0,85	0,8/ 0,832
ВБР платформы за САС (Требуемая\Расчётная)	0,9079/ 0,9355	0,9/ 0,947	0,8858/ 0,901	0,8858/ 0,901	0,9	
Квалификация оборудования, %	A – 2	A – 0-	A – 0	A – 2	A – 6	A (A) – 0
	B – 51	B – 11	B – 2	B – 2	B – 2	B (B) – 24
	C – 12	C – 11	C – 4	C – 4	C – 8	C (B) – 24
	D – 33	D – 77	D – 93	D – 91	D – 83	D (Г) – 71
Примечание: А - оборудование, вновь спроектированное; В - существующее оборудование, которое требует модификации; С - существующее оборудование, которое не требует модификации, но которое должно подвергаться более жестким условиям квалификации, либо существующее оборудование, которое было подвергнуто квалификационным испытаниям на заданные условия, но требует незначительной модификации; D - существующее оборудование, которое не требует модификации и, которое было подвергнуто квалификационным испытаниям с условиями, как минимум такими же жесткими, как требуемые условия квалификации						

Для этапов наземной отработки разработана рационализированная Схема отработки и квалификации перспективного КА ЭКСПРЕСС-АТ1, создаваемого с использованием унифицированной платформы Э-1000Н. Предложенная и реализованная схема отличается от базовой тем, что обеспечивая заданные показатели надежности, использует сокращенные номенклатуру материальной части для отработки КА и бортовых систем, и этапы автономной отработки оборудования. В частности, при отработке КА ЭКСПРЕСС-АТ1 не проводятся отработочные испытания на уровне бортовых систем БКУ, СОС, СК, СЭП, потому что оборудование данных систем и сами системы относятся к категории D. Проводятся следующие виды испытаний, отличные от схемы испытаний Amos-5 – интеграционные испытания подсистем платформы (рисунок 1).

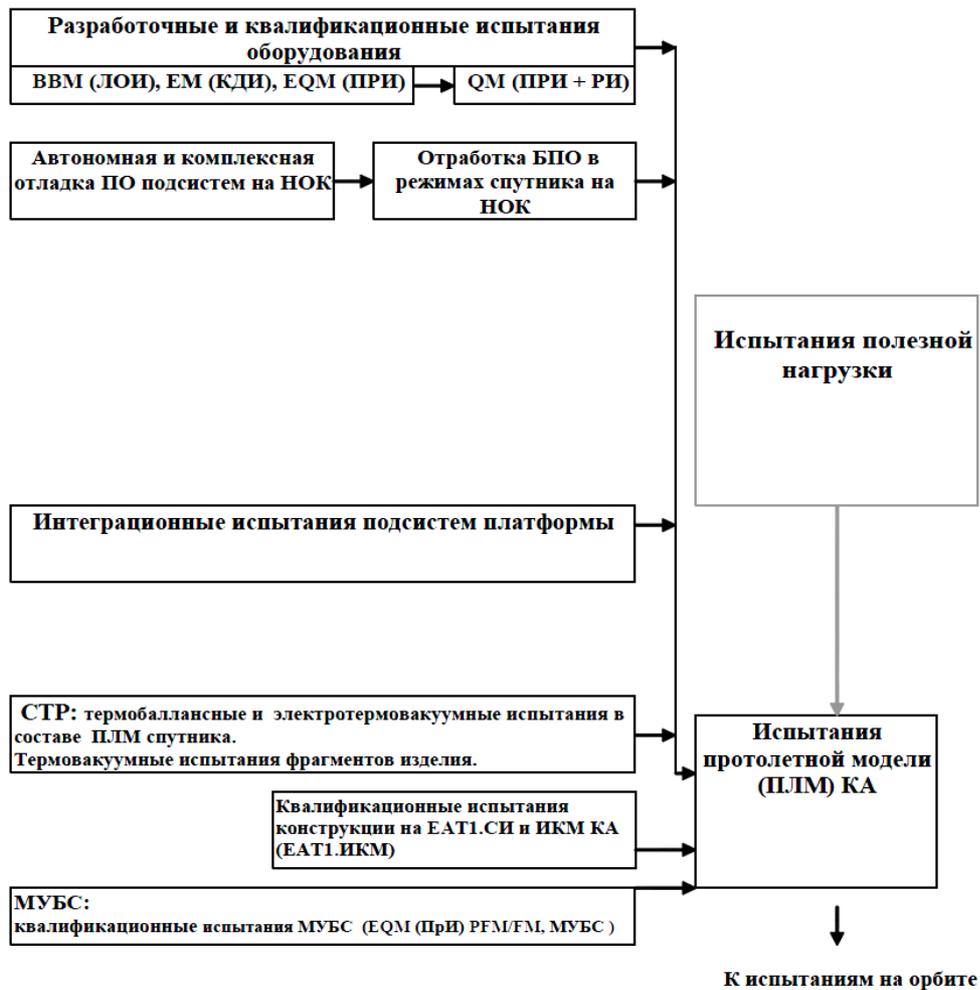


Рисунок 1 Схема этапов наземной отработки КА «Экспресс-АТ1»

Список литературы:

1. Чеботарев, В.Е., Косенко, В.Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения: учеб. пособие / В.Е. Чеботарев, В.Е. Косенко; Сиб. гос. Аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2011. – 488с., [24]с. ил.
2. Е.А. Шангина, В.Е. Патраев : Рационализация проектирование космических аппаратов информационного обеспечения, создаваемых с использованием унифицированных платформ негерметичного модульного исполнения [Текст] / Е.А. Шангина, В.Е. Патраев // Материалы XVI Междунар. науч. конф., посвящ. памяти генер. Конструктора ракет.-космич. систем акад. М. Ф. Решетнева (7–9 нояб. 2012, г. Красноярск) : в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2013.

СЕКЦИЯ №6

МОЛОДЕЖЬ И КОСМОС

Планеты солнечной системы, пригодные для жизни

Аржаник А. А.

Руководитель: Аржаник А.Р., к.п.н., доцент кафедры общей физики
Томского государственного педагогического университета
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ
Россия, г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 4
E-mail: arzh_sasha@mail.ru

Введение

Считается, что Земля – это единственная планета Солнечной системы, пригодная для жизни животных и растений. Действительно, в настоящее время из всех космических тел Солнечной системы человек смог бы выжить только на Земле. Но Земля не вечна, существуют факторы, которые могут привести к необходимости расширять область обитания людей за пределы нашей планеты. Такими факторами могут послужить, например, климатические и экологические изменения среды или повышенная активность Солнца. Но также причиной могут стать и последствия человеческой деятельности, такие, как истощение природных ресурсов или последствия, вызванные использованием оружия массового поражения. Поэтому целесообразно уже сейчас задуматься, куда в будущем сможет переселиться человек.

В связи с этим появилось такое понятие, как «терраформирование». *Терраформирование* представляет собой комплекс различных мер, предназначенных для получения на определенной планете условий, пригодных для жизни человека [1]. В настоящее время возможность терраформирования рассматривается только в теории, но в будущем может найти применение и на практике.

Сначала стоит определиться: какие планеты Солнечной системы следует рассматривать как объекты для терраформирования?

Цель работы: определить наиболее подходящую для жизни человека планету Солнечной системы (не включая Землю).

Задачи: рассмотреть характеристики планет Солнечной системы, возможности и способы их терраформирования.

Исследование характеристик планет

Основные факторы, влияющие на жизнепригодность планеты, следующие:

- *наличие атмосферы* (для терморегуляции, защиты от излучения и внешних воздействий, таких, как метеориты);
- *наличие магнитного поля* (для защиты от воздействия космических частиц, например, ионизированных частиц солнечного ветра);
- *расстояние от Солнца;*
- *средняя температура на поверхности;*
- *среднее давление на поверхности;*

– ускорение свободного падения [2].

Но не целесообразно рассматривать некоторые из планет. Например, Юпитер и Сатурн – это газовые гиганты, а Нептун и Уран – ледяные гиганты. Эти планеты не имеет смысла брать в счет. Таким образом, круг рассматриваемых планет сокращается до трех планет: Меркурий, Венера, Марс.

После исследования и структурирования информации из различных источников была составлена таблица с характеристиками выбранных планет и характеристикой Земли для сравнения (таблица 1).

Оценив данные таблицы, получаем, что из трех планет менее всего подходит Меркурий ввиду отсутствия атмосферы.

Таким образом, методом исключения в качестве объектов для терраформирования были выбраны две планеты: Венера и Марс. И на самом деле, еще одним важным фактором является наличие мест, где организмы могут проводить фотосинтез. И из всех планет Солнечной системы в наиболее подходящей зоне находятся Венера, Земля и Марс.

Таблица 1 Характеристики планет

Планета	Характеристика					
	Атмосфера, состав	Наличие магнитного поля	Среднее расстояние от Солнца, а. е.	Средняя температура, °С	Среднее давление, ат	Ускорение свободного падения, м/с ²
Меркурий	отсутствует	присутствует	0,3871	400	10 ⁻¹⁵	3,7
Венера	CO ₂ , N ₂	отсутствует	0,72333	470	95	8,9
Земля	N ₂ , O ₂	присутствует	1	7,2	1	9,8
Марс	CO ₂ , N ₂	практически отсутствует	1,52363	-63	4·10 ⁻³ - 8,7·10 ⁻³	3,711

Далее будут рассмотрены способы терраформирования выбранных планет.

Терраформирование Венеры

Венера – планета, похожая на Землю по многим параметрам, например, таким, как радиус, масса планеты и ускорение свободного падения. Также Венера является ближайшей к Земле планетой Солнечной системы. Но при освоении и терраформировании Венеры возникнет ряд трудностей.

1. Высокая температура на планете.
2. Высокое давление.
3. Атмосфера Венеры состоит на 97 % из CO₂.
4. На Венере практически нет воды, поэтому её необходимо доставить туда искусственным путём.

5. Магнитосфера Венеры значительно слабее земной, а также Венера расположена ближе к Солнцу, чем Земля. Вследствие этого в ходе

терраформирования уровень радиации на поверхности планеты может оказаться выше, чем на Земле.

Способы терраформирования Венеры

Солнечные экраны между Солнцем и Венерой. Экраны предполагается установить в точке Лагранжа между Венерой и Солнцем. Но такое равновесие неустойчиво, поэтому потребуется регулярная корректировка его положения.

Предполагается, что подобные экраны смогут снизить поток солнечной энергии, достигающей Венеры, и опустить температуру на планете до приемлемого уровня. Причём при достаточном экранировании температуру можно понизить настолько, что атмосфера Венеры вымерзнет и значительная её часть выпадет на поверхность в виде сухого льда. Результатом будет значительное падение давления и дополнительное охлаждение планеты.

Бомбардировка кометами или водно-аммиачными астероидами. Количество воды, необходимое для доставки на Венеру, огромно: для создания приемлемой гидросферы на Венере требуется не менее 10^{17} тонн воды. Требуемый ледяной астероид должен иметь диаметр около 600 км. Но после решения одних проблем могут появиться новые, например, разрушение коры планеты ударом большого астероида.

Предполагается, что свободная вода станет разрушать венерианские горные породы и вымывать окись кальция из грунта. Образующийся щелочной раствор начнёт поглощать CO_2 из атмосферы Венеры. Таким образом, за некоторый срок понизится концентрация углекислого газа и атмосферное давление, после чего станет возможным запускать туда фотосинтетические земные организмы для преобразования оставшегося CO_2 в кислород [3].

Возможный вид Венеры после терраформирования представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 Преобразованная Венера

Терраформирование Марса

Марс также имеет некоторое сходство с Землей. Марс вдвое меньше Земли по диаметру, а ось его суточного вращения наклонена к плоскости орбиты, почти как земная [4]. Марс имеет атмосферу (в отличие от Венеры), которая защищает от солнечной радиации. Параметры марсианского грунта имеют сходство с земными: теоретически там возможно было бы выращивать растения. Также недавние

исследования НАСА подтвердили наличие на Марсе воды. Вдобавок климатические условия на Марсе не такие суровые, как на Венере.

Но при терраформировании планеты также возникнут сложности:

1. На Марсе высок уровень космической радиации.
2. Сильно колеблется температура в течение суток.
3. Существует метеоритная опасность.
4. Атмосферное давление на планете низкое.
5. Марсианская пыль в большом количестве содержит перхлораты.

Способы терраформирования Марса

Управляемое обрушение кометы, астероида из Главного пояса или одного из спутников Юпитера с целью разогреть атмосферу и пополнить её водой и газами. Но подобные способы воздействия требуют основательных расчётов.

Взрыв на полярных шапках нескольких ядерных бомб. Но при данном методе возможно радиоактивное заражение выделенной воды.

Помещение на орбиту Марса искусственных спутников, способных собирать и фокусировать солнечный свет на поверхность планеты для её разогрева.

Колонизация поверхности архебактериями и другими экстремофилами для выделения необходимых количеств парниковых газов или получения нужных веществ в больших объёмах из уже имеющихся на планете [5].

Вероятный вид Марса после терраформирования представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 Вид Марса после терраформирования

Вывод

Таким образом, после проведенного исследования информации было выявлено, что помимо Земли наиболее подходящая для жизни и терраформирования планета Солнечной системы – это Марс.

Проблема заселения планет Солнечной системы, пригодных для жизни, достаточно актуальна, но наука и техника пока что не достигли необходимого уровня, и нет технических возможностей для реализации данных проектов по терраформированию и переселению людей на другие планеты. Поэтому в настоящее время подобные «эксперименты» проводятся только в теории и не опираются на какие-либо существующие в реальности и проверенные технологии, а по энергозатратам они сильно превышают возможности современного человечества.

Список литературы:

1. Первухина А. В. Перспективы терраформирования планеты Марс // Проблемы естествознания в третьем тысячелетии. – 2011. – С. 62.
2. Как оценить обитаемость других планет? Какая планета самая пригодная для жизни? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://mirnt.ru/aviation/prigodnye-dlia-jyzni-planety>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Тераформирование Венеры. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Тераформирование_Венеры, свободный. – Загл. с экрана.
4. Астрономия 10 класс / Б. А. Воронцов-Вельяминов: Планеты земной группы, 1987. – 72 с.
5. Колонизация Марса. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Колонизация_Марса, свободный. – Загл. с экрана.

Влияние солнечной активности на биосферу Южно-Казахстанской области

Бисенбай Аружан

Руководитель: Смагулова А.Н., магистр, учитель физики НИШ ХБН Шымкент
Назарбаев Интеллектуальная школа химико-биологического направления
Казахстан, г.Шымкент
E-mail: ay_nuri_84@mail.ru

Цель научной работы: проанализировать влияние активности Солнца на растения, животных и здоровье людей в Южно-Казахстанской области.

Задачи работы:

- Исследовать природу лучей, распространяемых из космоса космическими элементами.
- Провести теоретический анализ причин и последствий влияния космических лучей на Земную биосферу.
- Доказать влияние активности Солнца на биосферу с помощью исторических данных.
- Провести качественный и статистический анализ результатов влияния активности Солнца на сельское хозяйство в Южно-Казахстанской области.
- Рассмотреть полезные пути использования магнитного поля Солнечной системы.

Новизна работы: проведение исследований неизвестных явлений Земли комплексным путем (например, для того чтобы предотвратить некоторые болезни и т.д.).

Были выполнены эксперименты по определению интенсивности и состава космических лучей; за счет использования результатов исследований экологических и биологических крушений и исследований природы космических лучей, проведен теоретический анализ.

Краткое содержание работы
Атмосфера Земли

Газовый слой окуружающий Землю – атмосфера, состоит из 78 % азота, 21% кислорода и других газов в маленьком объеме. Лучи Солнца вызывают сильную ионизацию в верхних слоях атмосферы Земли.

Влияние изменений магнитного поля Земли и активности Солнца

Защитить от побочных эффектов вспышек на Солнце – одна из главных проблем астрономии на сегодняшний день. Все природные явления на Земле (магнитосфера, ионосфера, атмосфера, гидросфера, литосфера и биосфера) сильно связаны между собой и эти явления невозможно рассматривать без связи с космосом.

Сейчас человек любой профессии, особенно медики, археологи, биологи, геологи т.д. должны быть в курсе процессов, происходящих в области астрономии и космоса, для того чтобы делать разные выводы.

24-й цикл солнечной активности - один из 11-летних циклов, который начался в январе 2009 года (по данным ИЗМИРАН, по другим данным - в декабре 2008 года или даже 4 января 2008 года, всё зависит от того, что понимать под началом цикла) и является текущим. Сглаженное среднемесячное число Вольфа к маю 2013 года достигло 59,9.

По состоянию на 25 февраля 2014 года, наиболее значительные по пиковой интенсивности рентгеновского излучения вспышки, согласно данным спутника GOES, приведены в таблице 1.

Таблица 1 Вспышки рентгеновского излучения

Дата	Балл
9 августа 2011 года	X6.9
7 марта 2012 года	X5.4
25 февраля 2014 года	X4.9
5 ноября 2013 года	X3.3
14 мая 2013 года	X3.2
13 мая 2013 года	X2.8
29 октября 2013 года	X2.3
15 февраля 2011 года	X2.2
25 октября 2013 года	X2.1
6 сентября 2011 года	X2.1

Таким образом, по этому показателю все вспышки 24-го цикла пока слабее первой десятки крупнейших вспышек предыдущего 23-го цикла. К началу декабря 2013 года самые значительные геомагнитные возмущения этого цикла произошли 25 октября 2011 года, 9 марта и 1 октября 2012.

Магнитное поле земли

Магнитное поле земли очень сильное. Чем дальше от Земли, тем слабее становится индукция магнитного поля.

Исследование с помощью аппаратов космоса около пространства Земли, показали то, что Землю окружает сильный радиационный пояс, а он состоит из

высоко заряженных частиц элементов-протонов и нейтронов. Это называется пояс высокоэнергичных частиц. Внутренний пояс протягивается на 500-5000 км то Земли. Наружный слой радиационного пояса составляет 1-5 радиуса Земли. Он состоит из десяти тысяч электронов имеющих энергию электрон-вольт. Частицы, составляющие радиационный пояс магнитного поля Земли ловят частицы, которые выходят с Солнца. Очень сильный поток частиц, особенно во время взрывных явлений на Солнце, появляется во время огненных взрывов на Солнце. Поток солнечных частиц движется со скоростью 400-1000 км/с, и приближается к Земле после 1-2 дней огненных взрывов на Солнце, которые вызвали их. Такой сильный поток корпускулирует магнитное поле Земли.

Активность Солнца и контакт Солнца и Земли

11 годовой цикл активности Солнца открыл в 1844 году немецкий астроном Г.Швабе. Мечтавший найти неизвестную планету на орбите Земли, он надеялся на то, что его проекция окажется черным кругом на большой деревянной чашке Солнца. Для этого в течение 25 лет он отмечал появление пятен Солнца и их количество (рисунок 1). Он не нашел новую планету, но зато он определил что изменение пятен Солнца имеет 11 годовой цикл. После этого Вольф, воспользовавшись много годовым наблюдением с телескопа за пятнами Солнца в 1610 году, прикрепил найденную закономерность. Его усиление продолжается 4 года, а угасание на 7 лет в каждом цикле активности Солнца. Во время высокой активности Солнца, численность протуберанцев и пламеней возрастает.

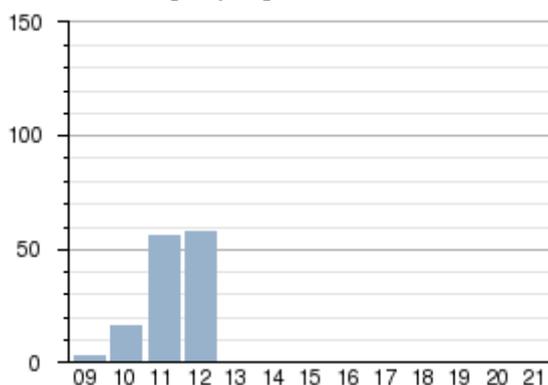


Рисунок 1 Среднегодовые числа солнечных пятен

В исследовании активности Солнца гармонизовавшись, изменяется и рисунок венца Солнца. Его лучи расходятся в разные стороны симметрично. Во время малой активности Земли, венец становится разноцветным и вытянутым в экваториальной области Солнца. Это объясняется таким образом: электрически заряженные частицы плазмы венца, выйдя из Солнца, движутся по индукционной линии магнитного поля. Если активность Солнца высокая, то индукционные линии магнитного поля направляются в разные стороны. Во время слабых пятен, их очень мало и они ближе располагаются только в экваториальной области. И поэтому магнитные поля сходятся в этих местах.

Сильное проявление активности Солнца во время вспышек на Солнце, то есть внезапное увеличение света в частях хромосфер на пятнах Солнца. Время вспышек на Солнце разное и зависит от мощности. Мелкие вспышки приблизительно длятся от 5 до 40 минут, но во время сильной активности Солнца могут продолжаться 3

часа и более. Энергия в это время достигает 10^{25} Дж, это сравнимо с взрывом ядерных бомб

Исследования со спутников Земли показали интенсивный выход ультрафиолетовых лучей и мощных рентгеновых и гамма-лучей в результате вспышек на Солнце (рисунок 2). Датчики заряженных частиц, установленные на спутнике, показали наличие частиц с большой кинетической энергией, движущихся со скоростью 100000 км/с в космическом пространстве. Основной их состав – частицы ядер водорода и гелия, а также электроны. Однако во время ядерных реакций, велико и количество образовавшихся дейтронов и тритонов. Значит, во время вспышек на Солнце скорость нарастания элементарных частиц настолько высока, что при столкновении химических элементов, происходит синтез ядерных реакций.



Рисунок 2 Вспышка 9 августа 2011 года. Снимок сделан на длине волны 131 \AA , то есть видна исключительно солнечная корона

Связь пятен на Солнце со вспышками на Солнце, доказывает то, что магнитное поле играет большую роль в реакции появления вспышек. Движение пятен во время вспышек и наблюдение за изменением магнитных полей, доказало, что вспышки представляют собой магнитное поле в этой зоне. Во время движения пятен, между пятнами изменяется направление магнитной индукции, это приводит к электронному полю. Это поле вызывает высокую скорость заряженных частиц плазмы Солнца и нагревает элементы в этой зоне. Значит, вспышки на Солнце по физической природе, означают формирование сильного взрыва в ходе влияния давления магнитного поля на плазму Солнца.

Влияние космоса на растения

В результате влияния космоса на поверхность Земли, происходит изменение климата. В древние времена животные и растения адаптировались к месту обитания под действием внешних факторов. Влияние космоса на деревья можно увидеть по их кольцам. Толщина колец связана с осадками, а это напрямую зависит от 11-летнего цикла активности Солнца. Кроме того, на толщину колец влияют плодородность Земли и разновидность дерева. Обширный материал на эту тему собран астрономом Дугласом. Дуглас сначала обратил внимание на 11-годовой быстрый рост и 11-годовой медленный рост колец Секвойи. Эти изменения были связаны с активностью Солнца. Активность Солнца определяют с помощью чисел Вольфа, которые обусловлены пятнами на Солнце. На развитие растений влияют воздухообмен и температура атмосферы. Так Дуглас, исследуя кольца деревьев, открыл новую науку - дендрохронологию.

Самая большая дендролетопись собрана в университете США, Аризона. Были исследованы не только 11-годовые циклы, но и 22-годовые циклы. В 22-годовом цикле в зонах активности Солнца изменяется и магнитное поле. Была выявлена и продолжительность жизни деревьев. Например, у Секвойи 184 года, но колебание амплитуды срока жизни изменяется на 600 лет от одного этапа к другому.

Влияние космоса на растения можно разделить на две группы: прямые и побочные влияния.

1. В прямом влиянии – факторы космоса напрямую влияют на клетки растений (активность Солнца). Так растения преобразовывают волнистую энергию лучей Солнца в химическую энергию органических веществ.

2. В побочном влиянии – факторы космоса меняют оборот воздуха, и это способствует изменению климата. А это влияет на развитие растений.

В районах Южно-Казахстанской области развито сельское хозяйство, ориентированное на выращивание зерновых культур, овощей и фруктов. С 2008 по 2012 годы в области наблюдалось нашествие саранчи как в районах, так и в городской местности. Это послужило причиной уменьшения урожая зерновых культур на 30 %.

Выработка и активность Солнца

Активность Солнца и воздухооборот влияют на выработку урожая, отсюда наблюдается нагревание воздуха и влагообразование. Данная взаимосвязь изменяется каждые 40 лет. Еще одна причина влияния активности Солнца на растения, это обитание микроорганизмов в почве. Они очень сильно влияют на растения, потому что они сохраняют азот в почве. Микроорганизмы продолжают жить и в морозной почве.

Влияние магнитного поля на растения

Магнитное поле Земли влияет на все растения на Земле, взаимосвязь развития растений с магнитным полем называется магнитотропизмом. Также на семя растений влияет и биохимическое качество. Если направить корень растения на южное магнитное поле, то все растения будут быстро расти. Эти исследования были проведены на пшенице, кукурузе, свекле, подсолнухе, фасоли, дыне, ячмене и на деревьях сосна и ель. Еще на растения влияет и полнолуние, при этом все растения будут быстро расти. Еще на развитие растений влияют и биологические часы, если точнее, то все растения подчиняются одному ритму. А на ритм влияют внешние факторы. Также это связано с длительностью ритмов годовых, этапных и суточных часов.

Влияние активности Солнца на мир животных

Вследствие космических факторов изменяется воздухооборот, погода и климат. Одновременно с этим изменяется мир растений и животных. Мир животных напрямую связан с растениями.

Влияние активности Солнца на животных выражается в миграции - они начинают двигаться в холодные края. Например, в 1956 году белки прошли через реку Ашур и направились за пределы гор. В среднем из одного села переселилось 300 белок, и они двигались со скоростью 30 км/ч. Аналогичное переселение было у сверчков в 1929 году. Они переселились из Афганистана в Фергану и уничтожили на своем пути 1 млн. гектар растений. У сверчков такие переселения были несколько раз. В прошлом веке они переселялись 9 раз, и разница между переселениями была 11 лет. В предыдущие 60 лет сверчки 6 раз достигли южной

границы Туркменистана. Однако во время переселения сверчков был осуществлен прогноз данного явления великим ученым Н.С. Щербиновским, который исследовал переселения сверчков в странах Азии и Южной Америки. После этих прогнозов переселения сверчков уменьшились в несколько раз, потому что борьба против них была осуществлена вовремя.

Ученые следующим образом объясняют такое поведение животных:

Нарушается равенство системы ниорозэндокрин. Все процессы в организме человека регулирует верхняя почка. А при сильном размножении животных и сильной миграции заметно изменение верхней почки. Из-за этого появляется стресс и тревога. Причиной этому является влияние внешних факторов на организм животных. Этот вывод был сделан, благодаря проведению опыта. Один из этих экспериментов был сделан таким образом: олени начали жить в хороших условиях и им начали давать хорошие продукты, для того чтобы сохранить их от разных болезней, они жили на одном острове; из-за сильного влияния лучей Солнца, у 80 % оленей, особенно у молодых особей начали расти верхние почки. Из-за этого за 3 месяца погибло 30 % оленей. А если исследовать поведение зайцев, то многие зайцы гибнут из-за шокового состояния. В это время гликогены в крови и состав крови уменьшается. В состоянии такого стресса изменяются обязанности верхней почки, зоба и печени. Впоследствии размножение зайцев останавливается и приводит к смерти молодых зайцев.

Вот таким образом доказывается влияние Солнца на биосферу. Вполне возможно, что если бы Солнце не влияло на нашу биосферу, то жителей Земли могло бы и не быть.

Численность животных и активность Солнца

С каждым днем изменяется численность всех животных на Земле. На это есть разные причины. Исследования показали два вида изменения развития животных после вследствие изменения активности Солнца. Первое связано с повышением активности Солнца. Основной вывод: резкое изменение развития животных заметно во время повышенной активности магнитного поля и во время низкой активности Солнца.

Прямое влияние факторов космоса на животных

Есть ли доказательства влияния космоса на животных? Исследования животных разных групп крови показали что белые и черные цвета в окрасе, изменение восприятия запаха, вес, эритроциты, гемоглобин и лейкоциты в крови животных связаны с изменением активности Солнца и магнитного поля Земли. Магнитное поле Земли напрямую влияет еще на генетические аппараты. Магнитное поле Земли изменяется только тогда, когда на него действует ветер. Эти изменения бывают разными в разное время. Магнитное поле Земли также влияет и на муравьев и на правильный полет птиц. Птицы всегда летают в правильном направлении, не смотря на все изменения окружающей среды. Если изменится магнитное поле Земли, то птицы изменят направление полета. Ученые обнаружили магниточувствительную зону в теле птицы. Она контролирует внешнее магнитное поле. Поэтому птицы сильно воспринимают природное магнитное поле. Еще магнитное поле влияет на откладывание яиц и размножение. Такие же исследования были проведены на рыбах, и выявлены такие же последствия. Для того чтобы узнать о влиянии космоса на живые существа, сначала нужно выявить его влияние на организм.

Сонливость в Казахстане

Сейчас в Казахстане есть такая болезнь как сонливость, которую никто не может излечить. И эта болезнь постигла жителей села Калачи в Акмолинском районе. Они просто засыпают на ходу, и могут проспать бесконтрольно двое-трое суток подряд. Районные медицинские работники не могут объяснить причину этого явления.

Это началось гораздо раньше, но официально случаи зафиксировали прошлой весной. Около десяти жителей посёлка в возрасте от 14 до 70 лет обратились в областную больницу с непонятными науке, вышеописанными симптомами. Они сетовали на слабость, частые обмороки, постоянную сонливость, общее недомогание, частичную потерю памяти и галлюцинации. Врач-невропатолог Акмолинской областной больницы, который непосредственно наблюдал пациентов, рассказал, что люди в течение 2-3 дней спали очень крепко, разбудить их было невозможно, а когда просыпались, то ничего не помнили. История тянет на фантастический блокбастер и была бы действительно интригующей, если бы не серьезность ситуации. В январе этого года такие случаи опять стали повторяться. Зафиксированы они только в посёлке Калачи. Пациенты заметили, что болезнь проявляется в период резкого потепления. Вначале медики решили, что это проявление гриппа или ОРВИ, неизученного штамма вирусной инфекции, которая оказывает такое сильное влияние на нервную систему. Местные жители стали даже просматривать справочник по ветеринарии на подобные симптомы у животных и возможное заражение местных жителей. Затем специалисты провели обследование посёлка - проверили уровень радиации, оказавшийся ниже допустимого; качество питьевой воды, которая тоже соответствовала необходимым стандартам. Взяли у больных кровь на анализ, и проверили её на содержание суррогатного алкоголя, анализ показал отрицательный результат. Местные жители обеспокоены происходящим и требуют направить в посёлок Калачи квалифицированных вирусологов, а больных поместить в областной центр для детального обследования.

Исходя из всех фактов, мною был сделан следующий вывод: в тексте сказано, что болезнь проявляется лишь в теплые времена, и это напрямую связано с активностью Солнца, так как Земля может быть жаркой, только тогда, когда активность Солнца высокая. Значит, эта болезнь может быть, тоже связана с космосом. И люди не смогут победить эту болезнь.

Разработка состава и метода производства высокотеплопроводного керамического изделия для высокотехнологичных отраслей промышленности РФ Волкова А. В.

Научный руководитель: Дитц А. А., к.т.н., доцент кафедры ТСН НИ ТПУ
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ
634028, Россия, г. Томск, ул. А. Иванова, 4
E-mail: AnnVolkova96@gmail.com

Современные тенденции к миниатюризации радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) приводят к увеличению компоновки элементов на монтажной плате. Вследствие этого повышается тепловыделение от работающих узлов, блоков.

Повышенное тепловыделение приводит к повышению температуры и ухудшению характеристик работы полупроводниковых приборов. Особенно чувствительным к этому фактору являются такие области применения как: космос, авиация, ракетостроение. На сегодняшний день в качестве теплоотводящих материалов в электронике применяют оксид бериллия (250 Вт/м•К) его теплопроводность выше многих металлов и оксид алюминия (30 Вт/м•К). Оксид бериллия, который имеет лучшую среди диэлектриков теплопроводность, является остродефицитным, малодоступным и высокотоксичным для человека материалом [1]. Оксид алюминия обладает высокими диэлектрическими свойствами, низкой стоимостью, но и низкой теплопроводностью. Применяемые материалы не отвечают растущим требованиям производителей электронной аппаратуры. В связи с этим необходимо разработать материал, обладающий высокими диэлектрическими свойствами и высокой теплопроводностью.

Хорошо для этих целей подходит нитрид алюминия, являющийся нетоксичным, экологически безопасным диэлектрическим материалом с высокой теплопроводностью.

Теоретическая теплопроводность монокристалла AlN оценивается в 320 Вт/м•К, однако, теоретического значения достичь невозможно. Это связано с тем, что большинство изделий представляют собой поликристаллические материалы со сложным взаимодействием кислорода в структуре керамики. Наличие кислорода в решетке нитрида алюминия или на поверхности частиц порошка приводит к существенному по сравнению с другими примесями снижению теплопроводности [2].

На сегодняшний день высокотеплопроводные керамические изделия из нитрида алюминия производят несколько стран: Китай, Германия, Япония. В России не существует действующих производств высокотеплопроводных керамических материалов. В связи с этим происходит торможение развития компонентной базы российской электронной промышленности, а значит снижение ее конкурентной способности на внешних и внутренних рынках.

Цель работы: разработать состав и технологию производства высокотеплопроводного керамического изделия из нитрида алюминия.

Задачи:

1. Провести анализ технического уровня изделий из нитрида алюминия, представленных на рынке.
2. Разработать состав керамического порошка (нитрида алюминия и спекающей добавки), обеспечивающего высокую теплопроводность конечного изделия.
3. Разработать метод производства гранулята из смеси нитрида алюминия и спекающей добавки.
4. Определить оптимальные условия формования для получения керамического изделия из гранулята.
5. Разработать режим спекания для получения высокотеплопроводного изделия.

Методика исследования. Для изготовления высокотеплопроводного изделия был выбран самый распространенный способ формования – прессованием из гранулята, который может быть реализован практически на любом предприятии, поскольку применяется стандартное технологическое оборудование.

Получение высокотеплопроводного материала возможно при очищении кристаллической решетки нитрида алюминия от свободного кислорода. Очищение возможно за счет связывания кислорода в различные соединения, чаще всего для

этих целей применяют следующие двойные системы ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O}$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Y}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$). По результатам анализа двойных диаграмм состояния систем было предложено применение оксида иттрия, как наиболее перспективной спекающей добавки по сравнению с другими [3].

В работе использовали порошок нитрида алюминия производства Японии и порошок оксида иттрия производства Германии. Порошки были исследованы на наличие примесей методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии, фазовый состав определяли методом рентгенофазового анализа. Анализ гранулометрического состава проводили методом лазерной гранулометрии.

Процесс производства высокотеплопроводного изделия, разработанный в ходе работы, состоит из нескольких основных этапов.

На первом этапе из сырьевых материалов (порошков AlN и Y_2O_3) производится смесь порошков. Смешение ведется в среде органического растворителя, для интенсификации процесса перемешивания. Для приготовления смеси порошков нитрида алюминия и оксида иттрия применяется широко распространенное оборудование – шаровая мельница с регулируемым числом оборотов.

На втором этапе из приготовленной смеси порошков изготавливается гранулят способом «разлома брикета», который заключается в смешении смеси порошка с органической связкой, прессовании брикета, его высушивании и разломе. Для прессования брикета используется гидравлический пресс, позволяющий прессовать брикеты с удельным давлением прессования до 2 тонн/см². Полученный гранулят рассеивается на ситах, для прессования изделия отбирается необходимая фракция, обеспечивающая лучшие технологические свойства. Изготовление гранулята позволяет повысить технологические характеристики материала (насыпную плотность, сыпучесть, прочность, снижение трения между частицами порошка).

На третьем этапе из целевой фракции гранулята на гидравлическом прессе прессуются изделия при удельном давлении от 1,0 до 2 тонн/см².

Заключительным четвертым этапом производства высокотеплопроводного изделия из нитрида алюминия является стадия удаления связки и спекание изделий.

Результаты исследований

Согласно проведенному анализу представленных на рынке изделий из нитрида алюминия и анализу потребностей потребителей были определены требования для изделий из нитрида алюминия, которые представлены в таблице 1.

Для расчета количества спекающей добавки необходимо точно контролировать содержание кислорода в нитриде алюминия. Для определения изменения содержания кислорода в нитриде алюминия проводили исследование при перемешивании в течение разного времени: 6, 12, 24 часа в среде органического растворителя. Полученные данные применяли для корректирования содержания спекающей добавки.

Из полученной смеси порошков получали гранулят описанным выше способом. Для гранулята определяли основные технологические характеристики (насыпную плотность, сыпучесть, влажность). Согласно полученным данным после гранулирования произошло увеличение насыпной плотности с 0,62 до 0,97 г/см³; увеличение сыпучести гранулята до 21,44 г/с, влажность материала можно контролировать по необходимости.

Для определения оптимального количества органической связки - пластификатора, позволяющего получать необходимое качество прессовок, был

приготовлен гранулят с разным содержанием (3, 4, 5 мас. %) органической связи. Содержание органической связки в количестве 5 мас. % обеспечивает пропрессовку изделий (кромки) и достаточную начальную механическую прочность, позволяющую проводить с отформованным изделием все необходимые манипуляции.

Для определения кажущейся плотности прессовок проводили взвешивание и обмер полуфабрикатов.

Спекание прессовок проводилось в высокотемпературной печи при температуре 1850°C в среде азота. Полученные спеченные изделия исследовались согласно ГОСТ 24409-80. Полученные данные представлены в таблице 1.

Выводы:

1. В результате проведенных исследований были проанализированы образцы керамики из нитрида алюминия производства Китая и Германии. Образцы производства Китая имеют большой разброс по свойствам и, в частности, по теплопроводности. Отклонение от паспортной величины может достигать до 50 Вт/м·К, такие изделия не удовлетворяют требованиям со стороны потребителей. Образцы производства Германии имели высокую теплопроводностью порядка 180 Вт/м·К, но из-за высокой стоимости они широко не применяются. На основании полученных данных были определены свойства изделий, требуемых потребителями.

2. Установлено, что смесь порошков может изменять свой состав при различных операциях. Предложены режимы для снижения изменения количества кислорода в смеси порошков (подобраны время перемешивания, растворитель, ПАВ).

3. Предложена схема приготовления гранулята (связка, растворитель, режимы его приготовления).

4. Предложены условия прессования керамических заготовок с относительной плотностью до 62 %.

5. Разработан режим спекания прессовок, позволяющий получать изделия с относительной плотностью 98,8%.

6. Получены образцы высокотеплопроводной керамики ($\lambda=173$ Вт·м/К), удовлетворяющие требованиям потребителей.

Таблица 1 Результаты испытаний образца керамики, на основе нитрида алюминия по ГОСТ 24409-80

Наименование параметра	Значение	
	Полученное	Требуемое
Теплопроводность, Вт/ м·К	173	180±10
Кажущаяся плотность, г/см ³	3,30	3,30
Открытая пористость, %	0,06	0,06
Отн. плотность, %	98,9	98
Предел прочности на изгиб, МПа	270	250
Содержание основной фазы AlN, мас.%	94	94
Электрическая прочность при T=25 °С (переменное напряжение 50 Гц), кВ/мм	20	20

Список литературы:

1. Волкова А.В., Дитц А.А., Непочатов Ю.К. и др. Разработка технологии изготовления высокотеплопроводной керамики на основе нитрида алюминия с использованием нанопорошка оксида иттрия. Сборник статей по материалам XXVI международной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2013. - С. 194-199.
2. Самсонов Г. В. Неметаллические нитриды. – М, 1969. - С. 134-166.
3. Youngmin Baik «Sintering of aluminum nitride with Y_2O_3 by secondary phase composition control». Vol-38, pp. 1145-1152.

Изменение облика человека, осваивающего космос

Гончаренко Анна

Руководитель: Казанцева Л. Х. учитель физики МБОУ Лицей при ТПУ
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ
634028, Россия, г. Томск, ул. А. Иванова, 4
E-mail: Gonchen@sibmail.com

Данная тема является актуальной на настоящее время и будет актуальна еще достаточно долго. Уже сейчас готовятся экспедиции на ближайшие к Земле планеты – Марс и Венера. С чем столкнутся люди при колонизации планет? Что будет воздействовать на человеческий организм и как в связи с этим изменится его облик? Как будет выглядеть человек – инопланетянин?

Создавая экспедицию на другую планету, необходимо учесть, что человеческий организм может нормально функционировать только в условиях гравитации. Уже на пути к новой планете человека ждут препятствия. Космическая радиация, от которой его защищало магнитное поле планеты Земля; вредное воздействие невесомости на организм: атрофия мышц, изменения в кровообращении. Происходят негативные изменения и в обмене веществ. Уровень окисления жиров снижается, что может привести к тому, что мышечная ткань будет замещена жировой. Огромнейшую опасность невесомость представляет для костной ткани человека. Всё это при долгом проживании вне Земли ведет к тому, что человек видоизменится.

Если отправить 3 экспедиции, создав для них необходимые для жизни условия, в разные направления:

А. в дальний космос

Б. на некую планету «Х» (сила притяжения меньше Земной)

В. на некую планету «У» (сила притяжения больше Земной)

Экспедиция «А»

При долгом нахождении в невесомости у человек атрофируются некоторые мышцы, разрушается костная ткань, человеческий облик будет напоминать беспозвоночных.

Экспедиция «Б»

На планете «Х», где сила притяжения меньше Земной, средний рост человека будет увеличиваться, относительная сила будет уменьшаться, в то время как интеллект увеличивается.

Экспедиция «В»

На планете «У», где сила притяжения больше Земной, средний рост человека будет уменьшаться, относительная сила будет увеличиваться, в то время как интеллект падать.

Список литературы:

1. Циолковский Константин. Биология карликов и великанов. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://royallib.ru/read/tsiolkovskiy_konstantin/biologiya_karlikov_i_velikanov.html#0, свободный. – Загл. с экрана.
2. Человек не создан для космических путешествий. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://globalscience.ru/article/read/20109/>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Влияние притяжения Земли на формирование живых организмов и их силовые качества. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.olympic-weightlifting.ru/kanevsk1.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Эволюция. Гравитация. Невесомость. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://scilib.narod.ru/Biology/Korzhueff/weight.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Космическая погода. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>, свободный. – Загл. с экрана.

Космос в фантастической литературе

Евстигнеева Арина

Руководитель: Антропьянская Л. Н.

МБОУ СОШ «Эврика-развитие», г. Томск, пер. Юрточный 8, строение 1

Космос всегда манил людей, мерцающие звезды шептали о своих тайнах. Пока большой космос был не доступен людям, они изучали звездное небо с Земли. Человек получил много информации о звездах с помощью мощных телескопов и других астрономических приборов, но это вовсе не значит, что он перестал пытаться разгадать их сокровенные тайны.

Лишь в 1961 году космос стал действительно доступен людям, первый советский космонавт Юрий Алексеевич Гагарин 108 минут провел за пределами земной атмосферы, что не осталось незамеченным в культуре. Именно в этот период прошла волна «космической» моды, модельер Андре Курреж в Париже создал целое «космическое» направление. Дутые формы в одежде, блестящие ткани, искусственные материалы, все это ассоциировалось со скафандрами космонавтов. В дальнейшем космическую тему использовали такие модельеры как Пьер Карден, Руди Гёрнрайх, Пако Рабанн. В моду вошли мини-юбки, впервые предложенные в Лондоне в коллекции Мери Куант, сапоги из кожзаменителя на низком каблуке; сарафаны с застежками-молниями; шлемы и "космические" очки. Покорение космоса советскими людьми стало началом новой "космической" моды, но в СССР она практически не разрабатывалась (рисунок 1).



Рисунок 1 Космическая мода

В отличие от моды искусство живописи и литературы не может реагировать на новые тенденции столь быстро и разнообразно. В живописи не так легко понять, что станет настоящим произведением искусства, а что останется «детскими рисунками» и забудется, до сих пор еще сложно отследить проявление космоса и космической темы в искусстве. Не многим проще это сделать в архитектуре, в 60-е годы появились различные мозаики на космическую тему, которые украшают построенные в советское время дома, они-то и могут рассказать нам, что космос, как никогда ранее, взволновал людей в то время (рисунок 2).



Рисунок 2 Мозаика на космическую тему

А вот литература часто опережала время, такие фантасты как Герберт Уэллс, Алексей Толстой, Александр Беляев, Станислав Лем писали о космических путешествиях задолго до первых реальных космических проб человечества. И в начале космической эры, когда первая собака Лайка уже провела в космическом пространстве несколько дней, в 1959 году братья Стругацкие опубликовали свою первую книгу о межпланетном путешествии на Венеру «Страна багровых туч».

В литературе тема космоса нашла отражение в виде целого жанра, и именно космические путешествия являются основой такого жанра как фантастика.

Мне бы хотелось рассмотреть тему космоса в литературе на примере произведений братьев Стругацких, Сергея Лукьяненко и Рэя Бредбери. Именно с этих писателей началось мое личное знакомство с жанром фантастики, к тому же эти авторы имеют широкую известность и признание, а значит, их произведения действительно достойны внимания.

Основой жанра научной фантастики является допущение того, что мы не одни во Вселенной, что существует множество планет, среда которых пригодна для обитания, на некоторых из них есть собственное население, на других же планетах разумные существа отсутствуют. Реже люди описывают, как при помощи собственных технологий они делают иные планеты пригодными для собственного обитания. Любопытной особенностью многих произведений является то, что не земля становится объектом завоевания инопланетных существ, а равно наоборот, земляне захватывают космические объекты, присоединяя к себе новые территории. Реже в произведениях встречается тотальный захват земли инопланетными существами, или же почти безучастное наблюдения землян за развитием иной цивилизации.



Рисунок 3 Страна багровых туч

Также многие писатели отмечают, что для контакта с внеземными цивилизациями человечество должно достигнуть определенного уровня развития. Многие отмечают, что человечество должно быть едино, ведь в масштабах космоса вся планета становится одной страной, а страна на планете в масштабах космоса - это не более чем город. Чаще всего в произведениях деление планеты на страны отсутствует вовсе. Не сразу люди чувствуют себя в космосе как у себя дома, множество произведений повествует именно о нелегком освоении новых территорий, о работе ученых первопроходцев, о тех, кто первыми прибывают на неизведанную планету и начинают её освоение или же наблюдения. Зачастую космос лишь фоновая декорация для происходящих событий, или же вовсе маленькая деталь, которая добавляет особой атмосферы. Даже на других планетах и межзвездном пространстве разворачиваются сцены про обычных земных людей с их обычными чувствами, вопросами, проблемами. Человек выходит в космос, он пытается познавать новое, но на самом деле он всего лишь познает самого себя.

Скорее всего, контакт человечества с внеземными цивилизациями произойдет лишь тогда, когда человечество сможет познать себя, и космос столкнет нас с новыми вопросами, ответы на которые находятся внутри нас самих, весь мир вокруг, вся Вселенная, для человека, лишь поле и способ для познания себя.

Солнце – источник жизни

Жавзмагин Руслан

Руководитель: Тобылбаева С.Т.

Назарбаев Интеллектуальная школа

Казахстан, г. Кызылорда, ул. Султан Бейбарыс

E-mail: Tобыlbayeva_S@kzlnis.edu.kz

Во всей галактике существуют миллиарды звезд, но в нашей Солнечной системе главенствует одна - Солнце. Роль нашей звезды очень велика, так как вокруг нее вращаются другие небесные тела системы. Солнце – пылающее сердце Солнечной системы, огненный Колос, дарующий нам тепло и свет (рисунок 1). Без Солнца невозможно даже представить жизнь на Земле, скорее всего Земля, как и все другие планеты, утонула бы в бесконечном мраке и безмолвии. Именно по этой причине я выбрал данную тему «Солнце – источник жизни».

Диаметр Солнца равен 1391980 км (приблизительно в 109 раз больше диаметра нашей планеты). На поверхности Солнца температура достигает 6000 градусов по Цельсию. Солнечная активность зависит от количества факелов – ярких полей, окружающих солнечные пятна. Эти факелы состоят из ячеек, которые достигают величины в 30000 км (представьте себе башню из 10 миллионов слонов, вот такой величины и достигают факелы)

При тщательном изучении Солнца было обнаружено, что поверхность его состоит из гранул – светлых зернышек. Правда, размеры этих зернышек «немного» велики – в ширину 300-600 км и в длину 1000-2000 км.



Рисунок 1 Солнце

При лунном затмении можно заметить, что Солнце имеет свою корону – самый внешний слой атмосферы. Корона очень велика, она простирается на миллионы километров. Температура короны достигает до 2 миллионов градусов по Цельсию. Самое интересное здесь то, что каждые 11 лет корона меняет свою яркость и форму (это связано с циклом солнечной активности), тем самым якобы перестраиваясь.

На Солнце невероятно огромное количество заряженных частиц, время от времени высвобождающихся, образуя тем самым солнечный ветер. Если этот ветер доходит до магнитного поля Земли, он начнет раскачивать нашу Землю. Именно это явление и называется магнитными бурями, которые оказывают влияние на здоровье, самочувствие всего живого на планете (как бы этот ветер «не простудил» нашу Землю).

Скорость движения Солнца вокруг ядра Галактики составляет 217000 м/с. Средняя скорость ракеты составляет 500 м/с.

У Солнца есть своя диета. Каждую секунду Солнце теряет 4 миллиона тонн своей массы.

Фотоны, посылаемые от Солнца к Земле, достигают от ядра до поверхности Солнца за 10 дней. Эти фотоны и есть энергия и свет, которую мы получаем от Солнца. От поверхности Солнца же до Земли они достигают уже в среднем за 8 минут. За эти 8 минут многое можно успеть.

Фотосфера состоит из кипящего газа, который образует на поверхности Солнца пузыри. Пузыри эти размером с Техас!

На Солнце иногда бывают торнадо - магнитные вихри, которые тянутся вдоль поверхности Солнца со скоростью 0,5 миллионов километров в час. Размеры этих торнадо очень велики. К примеру, в 2012 году торнадо было размером с Землю! (все равно, что опустить теннисный мячик в обычную воронку для переливания жидкости)

Солнечные пятна – это образования на поверхности Солнца темного цвета, являющиеся местами выхода в солнечную атмосферу мощнейших магнитных полей. Самое большое зафиксированное пятно достигло размеров в 100000 км! На этом пятне можно расположить четыре Тихих океанов.

От Солнца может отрываться и попадать в космос масса, приблизительно равная массе горы Эверест. Солнце вырабатывает приблизительно 380 миллиардов мегаватт энергии. Той энергии, которую Солнце вырабатывает за 1 секунду, хватило бы на всё население нашей планеты. И чтобы разжечь костер, который будет вырабатывать столько же энергии, сколько вырабатывает Солнце, понадобится 72 миллиона кубометров дров.

Положительные атомы водорода на поверхности Солнца в беспорядочном хаосе с невероятной скоростью и под высоким давлением «мечутся» по всей звезде. Их скорость настолько велика, что при столкновении они сливаются друг с другом и образуют новый атом – гелий. Каждую секунду 600 миллионов тонн водорода при слиянии превращаются в 595 миллионов тонн гелия. Недостающая же масса высвобождается в виде энергии, эквивалентной 1 миллиарду водородных бомб. Так и происходят «взрывы» на поверхности Солнца КАЖДУЮ секунду!

Солнце может создавать любые химические элементы, масса которых не превышает железо, благодаря всей той энергии, что образуется в результате термоядерного синтеза.

Если бы наша планета располагалась бы хоть чуточку ближе к Солнцу, то все океаны бы высохли, а земля достигла бы такой температуры, что могла бы расплавить свинец.

У Земли всего два полюса – Северный и Южный. Именно по этой причине людям так легко ориентироваться по компасу. А вот у Солнца этих полюсов около 10 миллионов. Магнитное поле Солнца еще запутаннее, чем паутина.

В результате магнитных колебаний на поверхности Солнца образуются огромные дуги плазмы, как бы накрывающие магнитные силовые линии. Вершины их устремляются в космос. Эти плазменные арки настолько высоки и широки, что сквозь них вполне могла бы пройти такая крупная планета, как Юпитер.

Извержения всех вулканов на Земле не сравнятся со вспышками, что происходят на Солнце. А температура достигает до 10 миллионов градусов по Цельсию. И все это может длиться часами! Но интересно то, что вся энергия,

образующаяся в результате «взрывов» отправляется не в космос, а в слой атмосферы Солнца – в хромосферу.

Список литературы:

1. Документальный фильм «Секреты Солнца». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.youtube.com/watch?v=YQYRSpe_gYI, свободный. – Загл. с экрана.
2. Солнечная система. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://sistemasolnca.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Солнце. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://tesis.lebedev.ru/sun_vocabulary.html?news_id=39, свободный. – Загл. с экрана.
4. Познавательный журнал. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://facte.ru/?s=%D1%81%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%86%D0%B5>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Солнечное ядро. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.walkinspace.ru/publ/1-1-0-1>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Солнце. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%86%D0%B5>, свободный. – Загл. с экрана.
7. Движение Солнца (в пространстве). [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.astronet.ru/db/msg/1188280>, свободный. – Загл. с экрана.
8. Положение Солнца в Галактике. Млечный путь. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://znaniya-sila.narod.ru/solarsis/solar/solar_01.htm, свободный. – Загл. с экрана.

Освоение Венеры

Лукин Константин

Руководитель: Казанцева Л.Х., учитель физики МБОУ Лицей при ТПУ
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ
634028, Россия, г. Томск, ул. А. Иванова, 4

Цель: Рассмотреть возможность освоения Венеры.

Основные сведения

Диаметр Венеры составляет 12102 км., масса достигает $4,87 \cdot 10^{24}$ кг; расстояние от Солнца равняется 0.72 а.е., а средняя плотность равна 5250 кг/м^3 . Ускорение свободного падения на Венере равно $8,9 \text{ м/с}^2$. Период обращения Венеры вокруг Солнца – 224,7 суток, при этом эксцентриситет орбиты и ее наклон составляют 0,007 и $3,4^0$ соответственно. Венера вращается в обратную сторону по сравнению с Землей и другими планетами Солнечной системы. Наклон оси вращения к перпендикуляру плоскости орбиты составляет 178^0 . Из-за такого необычного сочетания направлений и периодов вращения и обращения вокруг Солнца смена дня и ночи на Венере происходит за 117 земных суток, поэтому день и ночь продолжаются по 58,5 земных суток.

Нужно ли осваивать Венеру?

Перенаселение и экологические проблемы скоро заставят нас всерьез задуматься об освоении других планет или спутников. А Венера – ближайшая к нам планета Солнечной системы. Также она является «братом-близнецом» Земли.

Современные условия на Венере

Средняя температура + 467 °С, атмосферное давление - около 93 атм., состав атмосферы: углекислый газ - 96 %, азот - 3,5 %, угарный газ и сернистый газ - 0,3 %, кислород и водяной пар - 0,12 %.

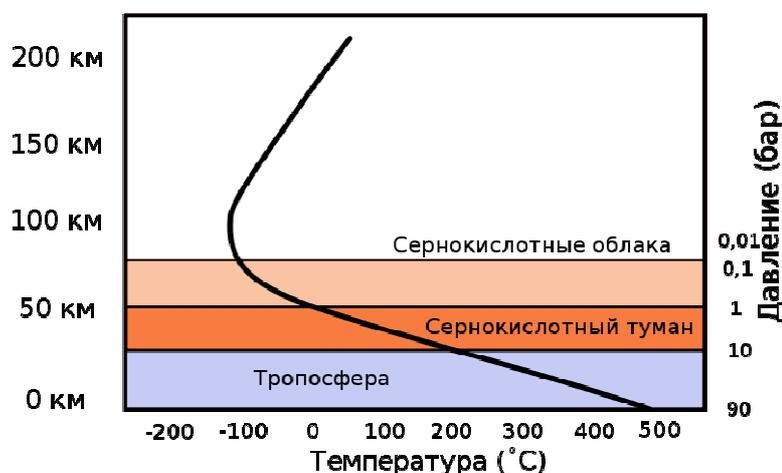


Рисунок 1 Зависимость температуры и давления от высоты над поверхностью Венеры

Освоение облачного слоя

Облачный слой Венеры можно условно разделить на 3 подслоя:

- Нижний подслей (30-50 км) - кислотный туман, существующий при температуре более 100 градусов Цельсия и давлении в несколько атмосфер. Никакой жизни там быть не может, ничего интересного не происходит, и человеку там тоже делать нечего.
- Средний подслей (50-70 км), в котором температура колеблется от -40 до +80 градусов Цельсия, а давление - от 0.1 до 2 атмосфер. Это основной облачный слой, в котором существуют облака из жидких и твердых кислотных частиц. Какая-то загадочная сила разгоняет ветер на верхнем участке основного слоя почти до 100 км/ч. По мнению НАСА, здесь лучшие условия для проживания человека после земных. Этот слой и должен осваивать человек.
- Верхний подслей (70-90 км), в котором температура падает ниже -100 градусов, а давление - до сотых долей атмосферы.

Концепция "летающих городов" - огромных обитаемых баз в атмосфере - и является единственно возможной при освоении Венеры. Естественная территория для летающих городов - средний облачный слой, в котором человек может жить без скафандра, лишь в дыхательной маске. Единственная проблема - капельки концентрированной серной кислоты, но, поскольку облака на Венере достаточно разреженные, от них, видимо, может защитить плотная одежда или вентиляторы, разгоняющие облака.

Поверхность Венеры

Человек не может жить на поверхности Венеры - огромные температура и давление, которые уничтожили несколько разведывательных аппаратов из прочной стали, совсем не подходят для людей. Однако, мы можем совершать кратковременные погружения из облачного слоя на поверхность планеты, подобно

тому, как погружаемся в прочных батискафах на дно земных океанов. Поверхность Венеры богата радиоактивными материалами - такими, как уран и торий. Запасы урана на Земле скоро подойдут к концу. На Марсе урана еще меньше, чем на Земле. А вот на Венере его в избытке, что позволяет использовать его в местных АЭС летающих городов. В результате можно строить сколь угодно большие летающие города, независимые от солнечной энергии и погоды.

Выводы:

- Освоить Венеру – посильная человеку задача
- Вначале освоение Венеры будет происходить тяжело, но после создания соответствующей инфраструктуры пойдет намного легче
- Благодаря залежам ресурсов и солнечной энергии Венера – экономически выгодное место для жизни человека.

Список литературы:

1. Жиль Спэрроу – Планеты. Путешествие по Солнечной системе / 2008 г.
2. Википедия – свободная энциклопедия. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Венера>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Астрономия для любителей. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.astrotime.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

Проблема поиска разумной жизни во Вселенной. Проект SETI

Меринова Д.А.

Научный руководитель: Малов А.Н., доктор физико-математических наук
Томский Физико-Технический Лицей, г. Томск, ул. Мичурина,8
E-mail: mdao.o@mail.ru

Введение

Человека всегда интересовало, одинока ли наша цивилизация во Вселенной. Иногда этот интерес стоил и жизни, например, во времена инквизиции Джордано Бруно был сожжен на костре за свои взгляды о множественности обитаемых миров и отрицание, тем самым, богоизбранности человека.

С развитием современной астрофизики и космической техники с каждым днем все острее становится вопрос: почему они молчат? И этот вопрос всех волнует, так как до сих пор не понятно, откуда взялась жизнь на Земле. Если будет доказано, что вне Земли жизни нет, и жизнь - это явление абсолютно уникальное и просто случайное стечение обстоятельств, то придется перестраивать всю современную науку - химию, биологию и физику в том числе, чтобы объяснить его. Но все же, ученые склоняются к мнению, что жизнь возникает не просто так, а по определенным закономерностям. Тогда должна быть жизнь и внеземная.

На сегодняшний день известно около 200 звездных систем, похожих на Солнечную систему, но оттуда ничего не видно и не слышно.

В начале 60-х годов XX века начал выполняться проект SETI (от англ. Search for Extraterrestrial Intelligence) по поиску внеземной жизни который работает и в наши дни, но пока без успехов. Параллельно проекту SETI развивается и проект CETI (Communication with Extraterrestrial Intelligence), в рамках которого

разрабатываются способы и язык общения с нечеловеческими цивилизациями, отправляются послания на космических аппаратах. Но и там пока ответов нет.

Цель настоящей работы состояла в анализе истории и концепции проекта SETI и оценка вероятности обнаружения внеземной жизни по критериям, используемым в этом проекте.

Возможности возникновения разумной жизни во Вселенной

Для решения этого вопроса нужно понять, как и при каких условиях возникает жизнь?

Во-первых, для возникновения и развития жизни необходимо, чтобы выполнялся ряд условий. Во-вторых, так как жизнедеятельность любых организмов есть прежде всего совокупность различных согласованных между собой химических реакций, жизнь может возникнуть лишь тогда, когда на планете уже имеются достаточно сложные молекулярные соединения. Образование таких соединений и химические реакции между ними требуют подходящих температурных условий: не слишком высоких, но и не слишком низких. Так же не должно быть резких колебаний температуры.

В-третьих, для эволюции живых организмов от простейших форм к разумным существам необходимо огромное количество времени, следовательно, только на планетах, обращающихся вокруг достаточно старых звезд, мы можем ожидать присутствие высокоразвитых живых существ.

Для определения числа цивилизаций в Галактике, с которым у человечества есть шанс вступить в контакт, иногда пользуются формулой Дрейка:

$$N = R * F(p) * N(e) * F(l) * F(i) * F(c) * L$$

где:

- N – количество разумных цивилизаций, готовых вступить в контакт;
- R – количество звёзд, образующихся в год в нашей галактике;
- F(p) – доля звёзд, обладающих планетами;
- N(e) – среднее количество планет (и спутников) с подходящими условиями для зарождения цивилизации;
- F(l) – вероятность зарождения жизни на планете с подходящими условиями;
- F(i) – вероятность возникновения форм жизни на планете, на которой есть жизнь;
- F(c) – отношение количества планет, разумные жители которых способны к контакту и ищут его, к количеству планет, на которых есть разумная жизнь;
- L – время жизни такой цивилизации.

Существует множество мнений по значению большинства параметров. Числа, использованные самим Дрейком, показывают нам, что прямо сейчас существуют как минимум 10 разумных цивилизаций, готовых вступить с нами в контакт.

Проект SETI

Это международный проект по поиску внеземной жизни, осуществляющий свои исследования с помощью новейших достижений науки и техники и финансирующийся частными пожертвованиями и NASA.

Методы поиска

Существуют разные методики поиска сигналов внеземной жизни, но все они делятся на два типа: активный и пассивный.

Активный заключается в посылке сигналов и зондов в космическое пространство в надежде, что кто-то их обнаружит и начнет искать нас. Первым посланием человечества внеземному разуму принято считать "Пионер-10" – американскую беспилотную автоматическую межпланетную станцию, на борту которой была размещена пластинка из анодированного алюминия с некоторой информацией о человечестве и наших знаниях о мире.

Так же активно посылаются и радиосигналы. Так, первое радиопослание внеземным цивилизациями было направлено с обсерватории Аресибо 16 ноября 1974 года к шаровому скоплению M13 в созвездии Геркулеса, расположенному на расстоянии 25 тыс. световых лет от Солнца. Послание содержало всего 1679 бит информации.

Пассивный метод состоит в наблюдении, поиске и прослушивании электромагнитных сигналов искусственного происхождения, так как считается, что любая достаточно технически развитая цивилизация должна прийти к созданию систем радио - телевизионных или радиолокационных сигналов — таких же, как на Земле.

Пассивный метод поиска выражается не только в работе отдельных обсерваторий, но и таких крупных проектов, как SETI@home.

SETI@home

Один из подходов к поиску внеземных цивилизаций – проект SETI Radio Searches (SETI@home). Он использует радиотелескопы для поиска узкополосных радиосигналов из космоса. Предположительно, внеземная цивилизация будет использовать радиосвязь на определенной длине волны, так земные радиостанции можно поймать из ближайших звездных систем на хороший приёмник. Если в радиосигнале будут периодически повторяющиеся элементы, их будет несложно обнаружить, обработав запись с радиоприёмника математически. Эти повторяющиеся сигналы предположительно должны иметь искусственную природу и тогда их обнаружение косвенно подтвердит присутствие внеземной технологии.

Проект SETI@home заключается в обработке данных радиотелескопа астрономической обсерватории Аресибо, расположенной в Пуэрто-Рико.

Данные о радиосигналах в диапазоне от 50 МГц до 10 ГГц, получаемые с радиотелескопа, записываются с высокой плотностью на магнитную ленту (заполняя примерно одну 35-гигабайтную плёнку в день). При обработке данные с каждой ленты разбиваются на 33000 блоков по 1049600 байт, что составляет 1,7 сек времени записи с телескопа. Затем 48 блоков конвертируются в 256 заданий на расчёт, которые рассылаются не менее чем на 1024 компьютера участников проекта. После обработки результаты передаются компьютером участника проекта в Space Sciences Laboratory (SSL) Калифорнийского университета, Беркли (США), с помощью программного обеспечения BOINC.

Ожидается, что инопланетяне хотели бы послать нам сигнал наиболее эффективным способом для них, что позволит легко его обнаружить. Поэтому отправка сообщения на многих частотах не является эффективной, т.к. она потребует большой мощности радиопередатчика.

Если передавать сообщение в очень узком диапазоне частот, то сигнал легче отсеять от фонового шума. Это особенно важно, поскольку мы считаем, что они находятся достаточно далеко и их сигнал будет очень слабым. Таким образом, мы не ищем сигнала, распространяющегося на многих частотах, мы ищем очень

специфическое по частоте сообщение. SETI @ Home действует как настройка радиостанции на различные каналы.

Другим фактором, который помогает исключить наземные и спутниковые сигналы является то, что наши, земные, источники являются более или менее постоянными. Поэтому внеземной сигнал громкий, а затем он уменьшается в течение 12 секундного периода из-за движения радиотелескопа вместе с Землей, а положение передатчика «братьев по разуму» точечное на небосводе.

Для уверенности в том, что сигнал обработан правильно, надо сделать это для одного участка неба в общей сложности 20000 раз и с шагом 0,002 Гц, а радиотелескоп Аресибо принимает одновременно в диапазоне радиочастот от 50 МГц до 10 ГГц. Поэтому обработка такого объема данных возможна только на «глобальном суперкомпьютере», имеющем сеть из множества персональных компьютеров. Каждый пользователь персонального компьютера, имеющий доступ к Интернету, может подключиться к проекту (такой подход даёт беспрецедентную вычислительную мощность, обусловленную большим количеством компьютеров, участвующих в обработке данных).

Сигналы, получаемые радиотелескопом, преимущественно состоят из шума, производимого различными небесными и земными объектами. Современные проекты по поиску внеземного разума или SETI в радиодиапазоне используют цифровые технологии для анализа данных. Для этого требуется невероятная вычислительная мощность, потому что нужные математические расчёты — крайне ресурсоёмкая задача, а в данном случае она помножена на огромное количество поступающей информации.

В предыдущих проектах SETI Radio Searches использовались специализированные суперкомпьютеры, установленные на радиотелескопах и анализирувавшие огромный объём поступающей информации. Но 1994 году Дэвид Геди предложил использовать виртуальный суперкомпьютер, состоящий из большого числа имеющих доступ к Интернету ПК, и организовал проект SETI@home. В настоящее время в проекте насчитывается около 1,2 млн участников.

Заключение

Проблема SETI вряд ли будет решена в ближайшее время. Но «сворачивать» подобные проекты никто не будет. Поскольку

1. почти невозможно строго доказать, что «мы одиноки во Вселенной»
2. решение этой проблемы требует, видимо, новых форм организации исследовательской деятельности. И глобальный проект SETI тому подтверждение.
3. каждый может принять участие в масштабном проекте по поиску внеземного разума.

Список литературы:

1. Шкловский И.С. Вселенная. Жизнь. Разум // АНО "ЖУРНАЛ "ЭКОЛОГИЯ И ЖИЗНЬ". – Москва, 2006
2. Лига SETI (SETI League всемирная организация). [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.setileague.org/>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Шкловский И.С. Проблемы современной астрофизики. – М: НАУКА, 1982
4. Кардашев Н.С. Космология и цивилизация. – М, 1997
5. Гиндилис Л.М. Поиски сигналов внеземных цивилизаций // Земля и Вселенная, 1986, №6.

Планеты вне Солнечной системы

Мухамедова Р.Р.

Руководитель: Казанцева Л.Х., МБОУ Лицей при ТПУ

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ
634028, Россия, г. Томск, ул. А. Иванова, 4

E-mail: Alice-gemini@sibmail.com

Существуют ли планеты за пределами Солнечной системы? Возможно ли существование планеты подобной нашей Земле? Ученые астрономы постоянно находят планеты, которые могут быть обитаемы. Ученые впервые обнаружили за пределами Солнечной системы планету, которая может быть потенциально обитаемой – на ней такая же температура, как и на Земле. Планета имеет подходящий для возникновения жизни размер и на ней, вероятно, есть вода. Она находится на расстоянии около 200 трлн. км. от Земли.

Результаты открытия пока не опубликованы, однако они были предоставлены журналу *Astronomy and Astrophysics*. Планета была обнаружена телескопом Южноамериканской обсерватории La Silla, расположенной в Чили. В обсерватории есть специальное оборудование, позволяющее улавливать колебания волн различной длины. Эти колебания могут указывать на существование других миров.

Орбита планеты расположена вокруг красной карликовой звезды Gliese 581. "Красные карлики" – это крошечные звезды, от которых исходит тусклый красный свет, однако продолжительность их жизни больше, чем у Солнца. Несколько лет назад ученые считали, что в таких системах жизни быть не может. Сейчас с уверенностью можно сказать, что открытие новой планеты, названной 581с, подтолкнет исследование планет, окружающих подобные тусклые звезды. Приблизительно 80% звезд, расположенных около Земли, – "красные карлики". Новая планета приблизительно в пять раз больше Земли. Пока не ясно, является ли ее поверхность скалистой, или же это замороженный ледяной шар с жидкой водой на поверхности. Если планета покрыта скалами, то ее диаметр в полтора раза больше Земли, предполагают ученые. Если же она представляет собой ледяной шар, то ее размеры еще больше.

Согласно теории, выдвинутой учеными, на 581с должна быть атмосфера, однако какой состав она имеет, пока неизвестно. Если атмосферный слой недостаточно плотный, то температура на поверхности планеты может быть слишком высокой. Однако исследователи полагают, что средняя температура на поверхности 581с может колебаться от нуля до 40 градусов Цельсия.

Планета расположена в 20,5 световых лет от Земли, в созвездии Весы. Она является одной из ста ближайших к Земле звезд. Сила притяжения на 581с в 1,6 раза больше, чем земная. Кроме того, ученые предполагают, что планета не вращается вокруг своей оси, поэтому на одной ее стороне всегда светит солнце, другая же постоянно остается в темноте.

Несмотря на то, что Gliese 581 входит в список наиболее близких к Земле звезд, попасть на нее в течение человеческой жизни по-прежнему не представляется возможным. Космический телескоп Хаббл при помощи спектрографа STSI напрямую смог определить максимумы в спектре визуального диапазона, иными словами, цвет, которым окрашена атмосфера этой планеты для человеческого глаза. Это – глубокий синий цвет.

Космический аппарат «Кеплер»

«Кеплер» – астрономический спутник НАСА, оснащённый сверхчувствительным фотометром, специально предназначенный для поиска экзопланет (планет вне Солнечной системы у других звёзд), подобных Земле. Это первый космический аппарат, созданный с такой целью. Он назван в честь немецкого математика и астронома, открывшего законы движения планет.

Запуск аппарата состоялся 6 марта 2009 года в 22:49 по времени Восточного побережья США (7 марта в 06:49 по московскому времени). Строительством и начальной операцией управляла «Лаборатория реактивного движения» НАСА, а первичный подрядчик, «Ball Aerospace», был ответственным за разработку систем полёта «Кеплера». С декабря 2009 года ответственность за управление миссией легла на Исследовательский центр Эймса, который также производит основной анализ научных данных от телескопа.

12 мая 2013 года телескоп «Кеплер» вышел из строя. Орбитальная обсерватория потеряла ориентацию в пространстве, бортовой компьютер перешел в «безопасный режим».

За три года работы телескопом «Кеплер» были сделаны важные, и даже сенсационные открытия. Планеты, обращающиеся вокруг звезд, находящихся вне Солнечной системы называются внесолнечные или экзопланеты (от древнегреческого «εξο» – снаружи, вне). Долгое время обнаружение данных планет в огромном космическом пространстве было практически невозможно. Так как планеты вне Солнечной системы очень маленьких размеров по космическим масштабам и в сравнении со звездами весьма тусклы, а сами же звезды расположены на большом расстоянии от Солнца.

Большинство экзопланет обнаружено благодаря различным непрямым методикам детектирования, а не визуальному наблюдению. В результате большая часть открытых планет вне Солнечной системы представляют собой газовых гигантов, более похожих на Юпитер, чем на нашу с вами Землю. Это вполне очевидно и объясняется весьма ограниченными на данный момент методами исследования, в большинстве случаев делающих возможным обнаружение лишь массивных планет с коротким периодом колебания.

История открытия первых экзопланет

Первая внесолнечная планета была обнаружена в 1988 году канадскими астрономами С. Янгом, Б. Кэмпбеллом и Г. Уолкером у субгиганта оранжевого цвета Гамма Цфея А, но подтверждена она была только в 2002 году. Поэтому официально первыми открытыми (и своевременно подтвержденными) экзопланетами, считаются планеты, обнаруженные астрономом Александром Вольшчаном у нейтронной звезды PSR 1257+12 в 1991 году.

Происхождение названий экзопланет

Все вновь открываемые планеты получают название, образующееся из названия звезды, вокруг которой движется эта планета и индекса - строчной буквы латинского алфавита, начиная с буквы «b». Например, 51 Пегаса b. Следующей открытой после нее планете около этой же звезды присваивается индекс «c» и так далее по алфавиту. Индекс «a» при образовании названия экзопланеты не используется, так как в этом случае образованное название должно было бы подразумевать саму звезду.

Вихретоковый метод одночастотного измерения толщины электропроводящей пластины и толщины ее непроводящего покрытия

Неруш М. Н.

Научный руководитель: Гольдштейн А. Е., д.т.н., профессор
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ
634028, Россия, г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 4
Email: 1340116@gmail.com

Безопасности космического оборудования уделяется повышенное внимание на всех стадиях от проектирования и строительства до эксплуатации и вывода из эксплуатации. Все материалы, используемые для его изготовления и монтажа, должны контролироваться. Одним из параметров, требующих строжайшего контроля, является толщина какого либо электропроводящего объекта и его непроводящего покрытия.

Для различных измерений используют различные методы контроля: акустический, магнитный, электрический, вихретоковый и прочие. Последний имеет такие преимущества как бесконтактность, малое влияние внешних факторов, высокая производительность, безопасность. Данный метод основан на возбуждении в электропроводящих объектах переменным магнитным полем вихревых токов, и он очень удобен из-за наличия большого количества контролируемых параметров, таких как толщина объекта, его электрическая проводимость, расстояние от источника возбуждающего поля до поверхности объекта, частота тока в источнике возбуждающего поля. Это позволяет решать такие задачи как контроль толщины электропроводящего объекта или толщины непроводящего покрытия.

В настоящее время существует множество толщиномеров, основанных на вихретоковом методе. Но все они одновременно измеряют либо толщину самого электропроводящего объекта, либо толщину его непроводящего покрытия. При необходимости одновременного контроля обеих этих толщин, например, в авиа- или приборостроении, проводится несколько измерений с использованием различных частот тока.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании возможности измерения толщины электропроводящей пластины и ее непроводящего покрытия вихретоковым методом с использованием одной частоты возбуждающего тока.

Для достижения указанной цели решались следующие задачи.

- Разработать метод контроля толщины электропроводящей пластины и толщины ее непроводящего покрытия вихретоковым методом с использованием одной частоты возбуждающего тока;
- Разработать средство реализации этого метода.

Для разработки метода контроля экспериментально были определены зависимости вносимого напряжения вихретокового преобразователя (ВТП) от основных влияющих параметров: электропроводности материала пластины, толщины электропроводящей пластины, толщины непроводящего покрытия. В результате анализа этих зависимостей был разработан алгоритм определения толщины электропроводящей пластины и ее непроводящего покрытия.

Затем был разработан прибор, реализующий разработанный метод. Структурная схема этого прибора показана на рис. 1.

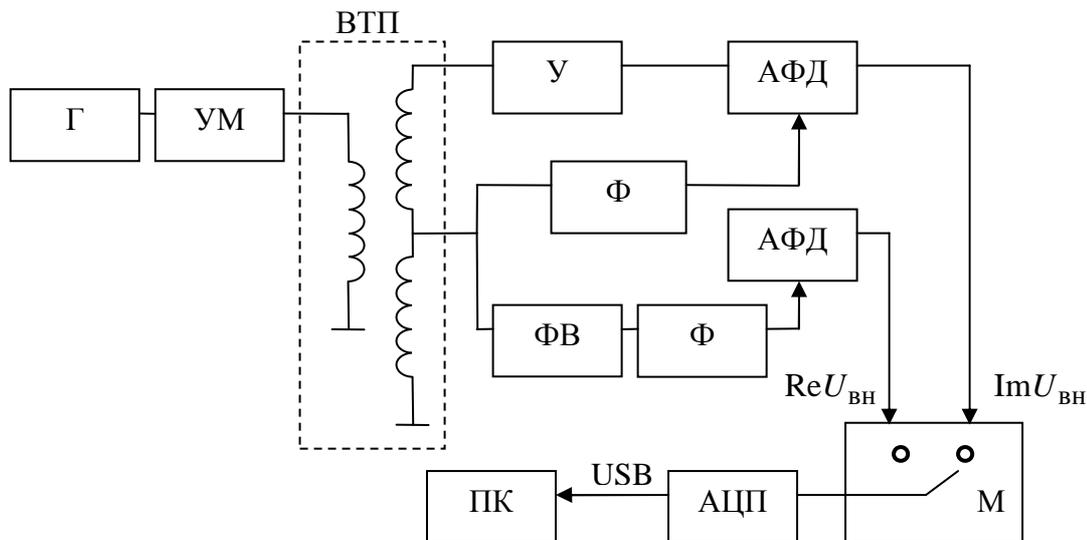


Рисунок 1 Структурная схема вихретокового прибора

Г - генератор переменного тока, УМ – усилитель мощности, ВТП – вихретоковый преобразователь, У – увеличитель амплитуды, Ф – формирователь, ФВ – фазовращатель, АФД – амплитудно-фазовый детектор, М – мультиплексор, АЦП – аналогово-цифровой преобразователь, сигнал с которого передается на персональный компьютер. В персональном компьютере полученные данные обрабатываются согласно разработанному методу программой, написанной в среде LabView National Instruments.

Система была испытана на образцах из различных материалов (медь, алюминий дюраль) в диапазоне толщин пластины 1 – 3 мм, и толщин покрытия 0 – 4 мм. Погрешность определения электропроводности не превышала 2%, толщины пластины – 5%, толщины покрытия – 7%. При необходимости меньших погрешностей следует либо уменьшить диапазон толщин, либо использовать метод, применимый для материала с известной электропроводностью.

Выводы.

Был разработан метод контроля толщины электропроводящего объекта и толщины его непроводящего покрытия, основанный на вихретоковых измерительных преобразованиях, с использованием одной частоты тока.

Было разработано средство реализации данного метода.

Была показана принципиальная возможность измерения толщины электропроводящей пластины и ее непроводящего покрытия вихретоковым методом с использованием одной частоты возбуждающего тока.

Список литературы:

1. Гольдштейн А. Е. Физические основы измерительных преобразований. В 2-х частях. Часть 1. Измерительные преобразования в низкочастотных электромагнитных полях: Учебное пособие. – Томск: 2010. – 113 с.
2. Неразрушающий контроль: Справочник. Под ред. В. В. Клюева. В 7 томах. Т 2: Вихретоковый контроль. – М.: Машиностроение, 2003. – 688 с.

Использование космического зонда для сохранения теплового баланса земли

Омирбай С.Ж., Пирназар А.Н.

Научные руководители: Аманбаева М.К., учитель физики,

Абдрахманов Н.М., к.ф.м.н., акад. профессор

Назарбаев Интеллектуальная школа, Казахстан, г. Кызылорда, ул. Султан Бейбарыс

E-mail: omirbay98@mail.ru

Актуальность темы связана с глобальным потеплением атмосферы Земли, отсюда вытекают негативные последствия. Причиной потепления являются вырубка и уничтожение лесов, загрязнение воздуха, разрушение озонового слоя и его последствия, рост концентрации парниковых газов в атмосфере.

По последним данным, средняя температура Земли превышает оптимальный уровень. И наш проект заключается в снижении средней температуры Земли до оптимального уровня, пока люди не сбалансируют экологию земли. Если не избавиться от этой проблемы земля и животный мир погибнут от засухливости климата, высокой температуры, нехватки еды, наводнения, опустынивания и т.д. Нашим решением является «Космический зонт».

Космический зонт – это спутник рассеивающий солнечные лучи на подобии «зонтика», который будет находиться между Солнцем и Землей и двигаться с одинаковым периодом параллельно орбите Земли. Так как лучи света от Солнца идут по расходящимся линиями, спутник будет рассеивать более 10% солнечных лучей падающих на землю. Однако возникает ряд проблем. С помощью космического зонта необходимо поддерживать оптимальную температуру Земли, для предотвращения последствий глобального потепления.

Основной целью нашего научного проекта является понижение средней температуры Земли до оптимального уровня. С помощью космического зонта можно решить эту глобальную проблему.

Основные задачи:

1. Рассчитать примерное расположение космического зонта
2. Исследовать возможные способы реализации

Методы решения основных задач

По расчетным формулам мы определили, что примерное расположение спутника равно четырем расстояниям от Земли до Луны (1538000 км.) (рисунок 1). Далее возникает проблема доставки космического зонта на орбиту.

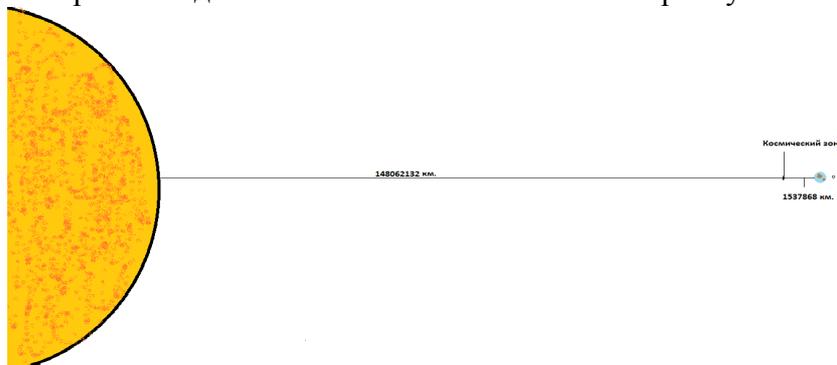


Рисунок 1 Расположение спутника

Существуют два способа решения этой проблемы:

1. Строительство «зонтика» прямо на орбите (при помощи роботов-строителей).

2. Строительство на Земле и доставка его при помощи космического лифта или ракеты-носителя.

1. **Строительство «зонтика» на орбите.** Строительство будет осуществляться с помощью роботов-строителей. Работа космического зонтика и роботы будут управляться с помощью спутника на который будет поступать информация и отправляться на «зонтик».

Роботы-строители (рисунок 2) начнут строительство с каркаса в виде паутины (рисунок 3), который будет из очень прочного материала (угородное волокно, титанографен и т.д.), в отверстиях «паутины» будут располагаться рассеивающие линзы.

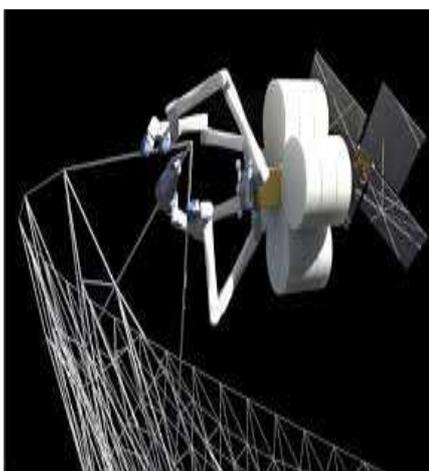


Рисунок 2 Робот-строитель

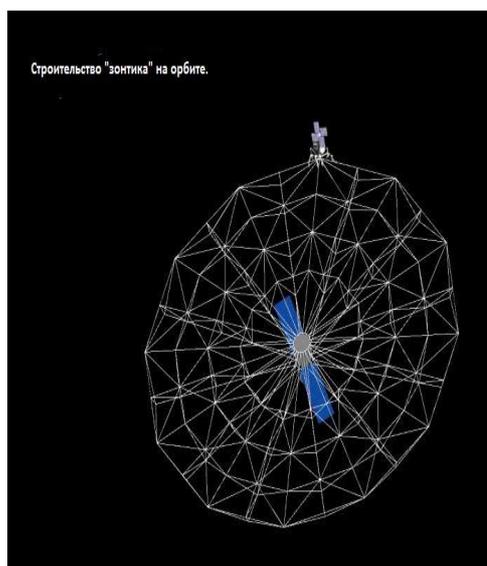


Рисунок 3 Строительство «зонтика» на орбите

2. **Строительство «зонтика» на Земле.** На Земле будет построен только каркас космического зонтика и будет доставлен на орбиту с помощью космического лифта или ракеты-носителя. После доставки на орбиту каркас раскроется как «зонтик», и после будут вставлены рассеивающие линзы в отверстия.

Тенденции в развитии ракетной техники

Сайдазова Л.А., Тажихан Б.Т., Срайыл Д.Н.

Научный руководитель: Колесникова М.В. учитель физики

Назарбаев Интеллектуальная школа, Казахстан, г. Шымкент, мкр-н Нурсат, д. 1-А

E-mail: balnurtajikhan@gmail.com

Общеизвестно, что запуск первой орбитальной ракеты был произведен 4 октября 1957 года в СССР с космодрома Байконур, но знаем ли мы точную дату появления первых ракет? Для этого давайте заглянем в прошлое, некоторые историки предполагают, что первые ракеты появились в Китае еще в VII-IX веках, но другие ученые не согласны с этим существует предположение, что некое подобие ракеты было сконструировано ещё в Древней Греции. В начале ракеты тех времен применялись в военной сфере, но значимую роль они не играли, так как эта технология только появлялась и не имела большой поддержки.

Далее вместе с монгольскими завоевателями те ракеты попали в страны Европы, и в 1248 году английскому философу естествоиспытателю Роджеру Бэкону удалось удачно применить в своих работах эту технологию и опубликовать свой труд по их применению.

К концу XVIII века ракеты широко применялись в Индии. После, ракетная технология нашла свое применение в России. Ей занимались Николай Тихомиров, Константин Циолковский, Александр Засядко.

Число ученых, которые хотели работать по этому проекту, увеличивалось, и так уже в 1957 году в СССР была изготовлена и готова к применению первая в мире межконтинентальная баллистическая ракета и использована для запуска самого первого в мире искусственного спутника Земли.

В настоящее время на орбите нашей планеты насчитывается около 8000 спутников. Они запускаются в различных целях.

Мы живем в мире, жители которого придумывают, изобретают и воплощают свои идеи в реальность. Так и ракетная технология развивалась благодаря таким людям, которые трудились для блага человечества. Сейчас благодаря таким изобретениям наши возможности увеличились, и увеличиваются с каждым днем.

Мы, являясь учениками Назарбаев Интеллектуальной школы, так же хотим внести свой вклад в развитие технологии и способствовать ее улучшению, а именно мы выбрали ракетную технологию.

Таблица 1 Преимущества и недостатки использования ракетных технологий

Преимущества	Недостатки
Геофизические исследования	Вред окружающей среде
Метеорологические исследования	Резкое изменение погоды
Спутниковая связь	Негарантированный успешный запуск который приведет к большим затратам

Мы считаем, что сейчас самое главное – это бережное отношение к природе, чтобы оставить красоту и чистоту природы нашим детям и внукам. А поэтому нам стоит подумать о том, какой огромный вред наносится окружающей среде. Мы не можем игнорировать факт влияния ракетной отрасли на экологию. И в группе мы хотим поработать над экологическими аспектами используемого топлива. Хотелось бы также обратить внимание на то, что представляет собой будущее космической отрасли, что необходимо разработать ученым будущего, а может быть и нам в будущем для полноценного и безопасного освоения космоса.



Рисунок 1 Развитие космической техники

Как представлено на рисунке 1, большинство современных космических миссий выполняется с использованием аппаратов «Протон» и «Союз». Однако положительные результаты их использования не покрывают огромных проблем в их использовании. Эти космические аппараты были созданы в 50-х, 60-х годах прошлого века. Хотя они и являются основными используемыми, основные системы или устарели, или их невозможно использовать для космических миссий, запланированных в будущем.

Ранее учеными была выдвинута идея о космическом лифте, но по определенным причинам процесс остановился и мы хотим возобновить этот процесс. Хотя это выглядит фантастически, но это можно будет воплотить в реальность.



Рисунок 2 Лифт в космос

Положительные моменты межпланетного лифта.

1. Отсутствуют ограничения на объемы и размеры груза.
2. Кроме перевозки грузов такая транспортная система может быть использована для доставки людей в космос а значит начнется новая эра.

Тут возникает вопрос: этот лифт будет большим, и откуда мы возьмем столько материалов которые можно использовать для постройки лифта. Для этого можно будет вернуть обратно на Землю все спутники которые вышли из строя и используя материалы этих спутников, построить лифт. Немного нереально, а может все же стоит попробовать?

У нас еще есть и другие идеи, но пока что они реализуемы и в ходе своей научной работы в будущем мы хотим рассмотреть все возможные стороны и добиться результатов в изменении взглядов на космическую технику в будущем.

Ведь будущее космоса – те грандиозные проекты, которые уже планируются и будут разработаны – это все в наших руках, в руках молодежи. И хотя мы пока являемся учениками 8 класса, эта тема нам глубоко интересна. Мы уверены, что возможное освоение космоса людьми в будущем будет безопасным для Земли, экономичным для ресурсов и бюджетов стран. А мы приложим все усилия, чтобы стать активными гражданами своей страны, хорошими специалистами и внесем вклад в историю космонавтики всего мира.

Список литературы:

1. Как летают ракеты. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.what-this.ru/science/mechanics/rockets_fly.php, свободный. – Загл. с экрана.
2. История ракет. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://lemur59.ru/node/8870>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Ракета. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%E0%EA%E5%F2%E0>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Железняков А. ЭНЦИКЛОПЕДИЯ “КОСМОНАВТИКА”

Исследование кометы Галлея

Сарычева А.Е.

Научный руководитель: Сарычев В.Т. д.ф.-м.н., профессор ТГУ
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ
634028, Россия, г. Томск, ул. А. Иванова, 4
E-mail: aiaza97@mail.ru

Свою первую работу для конференции по физике я решила посвятить этой теме, потому что мне её предложил выбрать дедушка. Ещё в детстве я интересовалась космосом, но потом забыла про свое увлечение. Сейчас я хочу наверстать упущенное и рассказать про одну из наиболее известных комет – комету Галлея.

Исследование комет очень актуально в наше время, ведь можно получить уникальную информацию о происхождении солнечной системы. Более того, изучение движения комет дало мощный импульс развитию механики. В 1687 году в работе Ньютона «Математические начала натуральной философии» был опубликован точный закон тяготения, справедливый для всей Вселенной, благодаря которому появилась возможность рассчитать движения всех небесных тел [1].

Сам термин комета означает, что это тела Солнечной системы, имеющие вид туманных объектов, обычно со светлым сгустком-ядром в центре и хвостом. Маленькое ядро размером несколько километров, иногда и меньше, является единственной твердой частью кометы, и в нем практически сосредоточена вся ее масса. Вдали от Солнца у комет нет никаких атмосфер, и они ничем не отличаются от обычных астероидов. При сближении с Солнцем на расстояния примерно 11 а.е. у них сначала появляется газовая оболочка неправильной формы (кома). Кома вместе с ядром (телом) называется головой кометы [2].

По значению периода обращения вокруг солнца кометы делятся на долгопериодические и короткопериодические. Период обращения долгопериодических больше 200 лет, среди этих комет есть кометы, проходящие вблизи Солнца в перигелии, они называются “царапающими” ими кометами Крейца (Kreutz sungrazers).

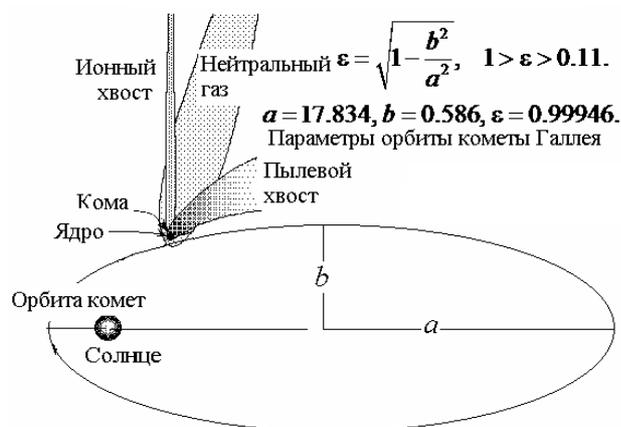


Рисунок 1 Структура и траектория комет

Галлей определил пути вокруг Солнца 24 комет. Оказалось, что три кометы, наблюдавшиеся через промежутки времени около 76 лет, двигались по почти совпадавшим путям. Близость орбит позволила предположить, что наблюдается одна и та же комета. Галлей в 1704 г. предсказал, что комета 1682 г, вновь появится в 1758 году или в начале 1759. Трудность предсказания точной даты определялась тем, что периоды обращения комет вокруг Солнца не постоянны. Их массы значительно меньше масс планет, поэтому планеты оказывают сильное воздействие на движение комет. Галлей полагал, что разница между периодами 1531-1607 и 1607-1682 в 459 дней является результатом влияния на траекторию кометы планет-гигантов: Сатурна и Юпитера. Галлей не дождался 17 лет до предсказанного им появления кометы. Его исследования нашли продолжения в работах французского математика, механика и астронома Алексиса Клеро [3].

Комета Галлея – яркая, короткопериодическая комета, возвращающаяся к Солнцу каждые 75-76 лет. Она хорошо видима невооруженным глазом. Последнее прохождение кометы через перигелий было в феврале 1986 года; следующее ожидается в середине 2061 года. Во время появления 1986 года комета Галлея стала первой кометой, исследованной с помощью космических аппаратов. Советские аппараты «Вега-1» и «Вега-2» стартовали 15 и 21 декабря 1984 года с помощью

ракеты «Протон». «Веги» и комета Галлея двигались на встречных курсах и скорость сближения превышала 70 км/с. 6 и 9 марта 1986 года «Веги» прошли на расстоянии 8890 и 8030 км от ядра кометы. «Веги» передали около 1500 снимков внутренних областей кометы Галлея и её ядра, информацию о пылевой обстановке внутри кометы, характеристиках плазмы, измерили темп испарения льдов (40 тонн в секунду в момент пролёта «Веги») и другие данные. Изображения ядра кометы были получены впервые в истории. Кроме того, аппараты обнаружили наличие сложных органических молекул.

«Джотто» был запущен ракетой-носителем «Ариан-1» 2 июля 1985 года. В ночь с 13 на 14 марта 1986 года аппарат прошёл на расстоянии в 596 км от ядра кометы. Для уточнения траектории аппарата были использованные данные АМС «Вега-1» и «Вега-2» в рамках международной программы «Лощман». Пролетев на таком близком расстоянии от ядра кометы, «Джотто» получил повреждения от её частиц, в частности вышла из строя его фотокамера [4].

Наиболее дискуссионный вопрос – откуда берутся кометы, т. е. как, где и когда образовались их ядра. Одна из гипотез принадлежит С. К. Всехсвятскому, он выдвинул предположение об эруптивном происхождении комет, т. е. о выбросе их ядер в результате вулканической деятельности с поверхности спутников планет-гигантов. Однако в настоящее время наиболее разработанной остается пока гипотеза об образовании ядер кометы на позднем этапе эволюции протосолнечного газопылевого облака, когда в периферийных его областях шла агрегация пылинок и конденсация летучих компонентов типа воды, углекислого газа и др.. Сформировавшиеся ядра, как полагают, были вынесены затем гравитационными возмущениями со стороны планет-гигантов на расстоянии 104-105 а. е. от Солнца, где они образовали так называемое “облако Оорта” [5].

В 1995 был запущен космический аппарат SOHO. До настоящего времени этот аппарат обнаружил более 2,5 тыс. комет, которые пролетают на расстоянии нескольких миллионов километров от Солнца, а некоторые даже падают на него. Кроме того это аппарат зафиксировал более 20 тыс. корональных выбросов масс Солнца (КВМ). В работе [6] выдвигается гипотеза, что некоторые из этих корональных выбросов могут привести к образованию комет. Массы КВМ близки значениям масс комет (10¹³-10¹⁷г.). Скорость КВМ вблизи орбиты Земли порой превосходит 1000 км/с.

Список литературы:

1. Уиттекер Э. История теории эфира и электричества. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001, — 512 с.
2. Сарычев В. Т. Основы астрофизики. Учебное пособие, Томск. ТГУ. – 2007.
3. Белов Н. А., Чурюмов К.И. Комета Галлея и её наблюдение. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 272 с., ил. – Б-ка любителя астрономии
4. Комета Галлея. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://ru.wikipedia.org/wiki/>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Каймаков Е. А., Лизункова И. С., Светов Ю. И. Кометы на Земле. – Л.: Знание, 1986. – 36 с.,ил. (О-во “Знание” РСФСР, Ленингр. организация)
6. Сарычев В.Т. Регрессионная модель солнечного ветра // Геомагнетизм и Аэронавигация. 2002. Том 42. № 4.

Влияние космической деятельности на экологию Казахстана

Сисембаева Я.Т., Корольчук А.А.

Научный руководитель: Ан Игорь Петрович, учитель физики

Назарбаев Интеллектуальная школа химико-биологического направления

Казахстан, г. Шымкент

E-mail: Yana_sisembaeva@mail.ru

Я считаю, что в наше время науки без космонавтики не существует, точно так же, как и не существует космонавтика без науки. Эти две большие отрасли на нашей планете тесно взаимосвязаны между собой и не могут существовать друг без друга. Исследования космоса дало человечеству предпосылки на изучение и развитие космоса и науки, связь, толчок развитию технологической индустриализации. Дали обширную информацию о Земле и других планетах.

К большому сожалению, приходится признать о негативных последствиях космической деятельности. Так, 6 сентября 2007 года, при запуске с космодрома «Байконур», произошла авария ракеты-носителя «Протон-М». С 1996 года это седьмая авария при запуске ракет с Байконура, в том числе шесть из них сопровождалось падением ракет-носителей.

В 2006 году с космодрома «Байконур» было произведено 16 запусков ракет-носителей «Протон М». Первая ступень ракет-носителя, отделяясь от корабля, обычно падает на территорию Улытауского района. В зоне её падения находятся участки автомобильных и железных дорог, линий электропередач, вахтовые посёлки Кумкольского нефтяного месторождения. Самые опасные участки, куда могут падать остатки ступени ракет-носителя «Протон М», находятся в Улытауском и Шетском районах Карагандинской области. В этой зоне живут люди, находятся населённые пункты. Сухопутная трасса ракет-носителя «Протон-М» захватывает не только территорию Казахстана, также Алтайский край, Республику Алтай, Хакасия, Тува, Саха Российской Федерации, Китая, Монголии, Северной и Южной Кореи, Японии.

Ракета-носитель серии "Протон" относится к тяжелому классу. Она производится Государственным космическим научно-производственным центром имени М.В. Хруничева (Россия). С 1965 года состоялось более 320 стартов носителя. Модернизированный "Протон-М" имеет три ступени. Стартовая масса - 700 тонн, длина - 61,75 метра, диаметр - 7,4 метра. Оснащается новым разгонным блоком "Бриз-М" и современной цифровой системой управления. "Протон" может выводить на геостационарные орбиты одновременно несколько спутников суммарной массой до 4,2 тонн.

Группа специалистов во главе с руководителем предприятия подведомственного Казкосмосу республиканского государственного предприятия «Научно-исследовательский центр (НИЦ) «Гарыш-Экология» произвели расследования на космодроме Байконур на месте чрезвычайной ситуации сразу же после аварии ракеты космического назначения «Протон-М», произошедшей 2 июля 2013 года. На месте аварии был осуществлен выброс гептила в количестве 600 тонн.

Опытные и учебные пуски РН связаны с загрязнением обширных территорий по траектории их полета. Существенный вред природным объектам наносится как самими элементами конструкции отделяющихся частей ракет-носителей (ОЧ РН), так и остатками невыработанных компонентов топлив-гептила и др. Площадь

одного загрязнения в зависимости от гидрометеорологических и географических особенностей места падения ОЧ РН может достигать несколько гектаров, кроме того компоненты ЖРТ (жидкого ракетного топлива) и продукты их превращения могут мигрировать с природными водами на расстояния до нескольких сотен километров.

Гептил представляет из себя токсин 1-го класса опасности. При содержании в воздухе количества гептила 0,01 мг/л через несколько минут возникает тяжелое отравление. Предельная допустимая концентрация в этом измерении составляет 0,0001 мг/л или 0,001 мг/м³ атмосферного воздуха. За время длительного использования гептила в Вооруженных Силах СССР накоплен большой материал, свидетельствующий о неблагоприятном воздействии гептила на здоровье личного состава ВС. Установлено также, что гептил в дозе 0,1 ПДК при контакте с ним на открытом воздухе в течение двух лет оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека. Следовательно, ПДК следует считать 0,00001 мг/л для детей, а для беременных женщин ПДК гептила должно быть 0,000001 мг/л или 0,00001 м³.

Неспецифические нарушения здоровья имеют большое сходство с симптомами лучевого поражения (рак, лейкозы, цитопении, астения и т.п.), что часто становится причиной ошибочного диагноза. Симптомы псевдолучевого поражения бывают настолько выраженными, что вынуждают врачей ставить диагноз острой лучевой болезни. Однако отсутствие источника ионизирующего излучения дает возможность исключать радиационное поражение.

Отчетливо выражен возрастной риск: чем меньше возраст, тем чаще обнаруживается специфическая патология (судороги, поражение печени, крови, ларингостенозы и т.п.). У женщин больший риск заболеваний крови, чем у мужчин. Наибольший риск имеют новорожденные, что связано с внутриутробным поражением плода и следственно, различные мутации малышей.

Места разлива гептила превращаются в гиблые места на десятилетия, опасные для жизни человека. Гептил обладает высокой текучестью: попав на землю, он сразу же уходит до влажности (в сухой лёгкой почве на глубину до 3-х метров), растворяется в воде и, что интересно, когда идет дождь, поднимается вверх. Кроме того, гептил невероятно “прилипчив” к тому месту, где он оказался. Российские ученые, исследующие это вещество, находят его уже в течение 34 лет на одних и тех же местах. Специфические физико-химические свойства гептила делают его крайне сложным, а на практике- невозможным его обезвреживание и дегазацию местности после химического заражения.

Производство, испытание и эксплуатация РКТ имеет свои специфические факторы негативного влияния на окружающую среду:

- загрязнение атмосферы и поверхностных водоемов в процессе изготовления элементов РКТ и продуктами выбросов ракетных двигателей;
- риск возникновения аварийных ситуаций во время изготовления и хранения ракетного топлива (возможны проливы токсичных компонентов ракетного топлива (КРТ), испарение токсичных КРТ, горение КРТ, взрыв КРТ);
- локальное загрязнение атмосферы во время запуска ракет-носителей (РН);
- негативное влияние на состояние озонового слоя Земли;
- отчуждение территорий и загрязнение плодородного слоя почвы в зоне падения частей ракет;

- отделение фрагмента конструкции, либо отделяющейся части РН или космического аппарата (КА) = («космический мусор»).

Казахстан, следуя собственной стратегии, непременно будет развивать свою космическую программу. И пришло время для создания на Байконуре открытой конкурентной среды, следствием чего был бы технологический прорыв, или как минимум- отказ от устаревших и опасных технологий.

Космос - среда для человека новая, пока еще не обжитая, но уже и здесь возникла извечная проблема засорения среды, на этот раз космической. Нельзя не признать, что сегодня имеет место отрицательное воздействие ракетно-космической техники (РКТ) на окружающую среду (разрушение озонового слоя, засорение атмосферы окислами металлов, углерода, азота, а ближнего космоса - частями отработанных космических аппаратов). Поэтому очень важно вести изучение последствий ее влияния с точки зрения экологии.

Я считаю, что негативных последствий должно быть как можно меньше на нашей планете. Необходимо как можно чаще использовать мероприятия для уменьшения этих негативных последствий и помогли прояснить ситуацию. Пока наша медицина и наука отдалены от больных раком, нам необходимо предоставить человечеству, проживающему вблизи районов падения частей ракет квалифицированную медицинскую помощь, компенсационные выплаты и реальную возможность по собственному желанию покинуть эти неблагоприятные для человеческого организма территории. Ведь здоровье граждан – один из приоритетов нынешнего политического курса...

Я знаю, что мы не можем отказаться от космической деятельности, которая в будущем принесет большие блага человечеству. Современные реалии показывают что, эта космическая деятельность увеличивается, поэтому необходимы срочные меры, которые полностью исключают или минимизируют негативные последствия на экологию.

В настоящее время разработано новое экологичное ракетное топливо, на 20-30% эффективнее, чем лучшие аналоги. Тринитрамид - так назвали новую молекулу, которая может стать компонентом будущего ракетного топлива. Открытие было сделано в Королевском Технологическом Институте (КТИ) в Швеции.

Как сказал Торе Бринк в своем открытии, на практике, при увеличении эффективности ракетного топлива на 10%, грузоподъемность ракеты может удвоиться. Более того, открытая молекула содержит только азот и кислород, что делает топливо экологически чистым. Чего не скажешь о современном твердом топливе, при использовании которого выделяется эквивалент 550 тонн концентрированной соляной кислоты при каждом запуске космического шаттла. Торе Бринк, профессор физической химии в КТИ. Как упоминалось, особенность этой молекулы в том, что она состоит только из азота и кислорода. Ранее было известно только о восьми подобных смесях, и большинство из них были открыты в 18 столетии. Это, очевидно, самый большой из оксидов азота. Его молекулярная формула - $N(NO_2)_3$, а форма молекулы напоминает пропеллер.

Загрязнение окружающей среды, истощение природных ресурсов и нарушение экологических связей в экосистемах стали глобальными проблемами. И если человечество будет продолжать идти по нынешнему пути развития, то его гибель, как считают ведущие экологи мира, через два - три поколения неизбежна.

Список литературы:

1. Космос и экология. Сб. статей. – М.: Знание, 1991. - С. 17-29.
2. О влиянии космической деятельности на экологическую безопасность // Экологическая безопасность России. Материалы Межведомственной комиссии по экологической безопасности (октябрь 1993 г. — июль 1994 г.). – М.: Юридическая литература, 1994. - Вып. 1. С. 197-216.
3. Панин Л.Е., Перова А.Ю. Медико-социальные и экологические проблемы использования ракет на жидком топливе (гептиле) // Бюллетень СО РАМН, 2006 . №1 (119),
4. Айкешев Б.М, Муса К.Ш. Актуальные вопросы экологической безопасности ракетно-космической деятельности в Казахстане. Материалы международной научно-практической конференции «Экологическая безопасность урбанизированных территорий в условиях устойчивого развития». - Астана, 2007. – С.41-44.
5. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://www.rusnauka.com>, свободный. – Загл. с экрана.
6. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://ru.wikipedia.org/>, свободный. – Загл. с экрана.
7. [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://bib.convdocs.org/>, свободный. – Загл. с экрана.
8. Журнал «Международная жизнь» №5 2002г. «Риски международной космической деятельности» г. Москва Краснов А.
9. Журнал «Международная жизнь» №2 2003г. «В коммерческом космосе» г. Москва, Rogozin «Кризис цивилизаций и космонавтика».

Солнечные бури и их воздействие на нашу планету

Сухорукова В.А.

Научный руководитель: Казанцева Л.Х., учитель физики МБОУ лицей при ТПУ
Муниципальное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ
634028, Россия, г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 4
E-mail: suhoruckova.valeria@yandex.ru

В космосе существует оружие в 100 миллионов раз мощнее атомной бомбы. Один удар и целый континент может остаться без электричества. За мгновение из космической эры мы вернемся в каменный век, это оружие создано не человеком - это наше Солнце.

Солнце – это супердержава нашей Солнечной системы, термоядерная печь, сотрясаемая мощными взрывами. От Солнца может отрываться и попадать в космос масса приблизительно равная горе Эверест. Находясь от Солнца в 149 миллионах километров, мы вроде бы защищены от его ярости, но так ли это? Что делает Солнце? Вращаясь, Солнце создает вокруг себя зону убийства. Некоторые специалисты предсказывают чрезвычайную вспышку солнечной активности, сегодня как никогда надо понимать секреты Солнца.

Солнце – это газовый шар, диаметром полтора миллиона километров, преимущественно состоящий из водорода и гелия. Нагретых до состояния плазмы, которая сгорает при миллионах градусов. Оно настолько огромно, что Земля может поместиться в него миллионы раз и еще останется место. Вся энергия Солнца вырабатывается глубоко в его центре-ядре. Здесь температура достигает 15 миллионов градусов в тысячи раз больше, чем при самом свирепом лесном пожаре на Земле.

Ядерный синтез вырабатывает более 5 миллионов тонн энергии. За секунду Солнце излучает больше энергии, чем наш мир истратил с момента своего

возникновения. Побочный эффект этой энергии - сильный магнетизм. Мощные магнитные поля пересекают поверхность Солнца, они поднимаются из ядра на сотни тысяч километров в солнечную атмосферу. А затем уходят обратно под поверхность.

Эти дуги настолько огромны, что сквозь одну из них свободно может пролететь Земля и с каждой стороны останется еще 160 тысяч километров. На планетах, таких как Земля, все их части делают один оборот вокруг своей оси в день. Но Солнце - это подвижный газовый шар, его экватор делает один оборот за 25 дней, а полюса за 35. Во время вращения магнитные петли растягиваются и скручиваются.

Вдоль каждой петли перемещаются миллиарды тонн сверхгорячей плазмы, протонов, электронов с электрическим зарядом. В каждой петле содержится энергия эквивалентная одновременному извержению 10 миллионов вулканов. Иногда эти петли являются первым признаком надвигающейся Солнечной бури.

Солнечные бури:

Большинство солнечных бурь почти никак не проявляют себя - только в виде полярных сияний, танцующих в небе вблизи полюсов; по силе это явление не уступает ливню с ураганным ветром. Тем не менее, время от времени солнце порождает страшную бурю.

Сильные солнечные бури - это события небывалой мощности, происходящие на солнце, в результате которых «выстреливаются» облака плазмы, сильно искажающие магнитное поле нашей планеты. Вспышки и облака ионизированного газа, все вместе и называемыми солнечными бурями, происходят из-за неослабевающего перемешивания (конвекции) газов на Солнце.

Такая буря может привести к выведению из строя космических спутников, сбою радиосвязи, отключению электричества на целых континентах, для восстановления которого потребовались бы недели. Согласно прямым и косвенным подсчетам ущерба от подобной солнечной бури, без необходимой подготовки к ней она может оказаться подобной урагану или землетрясению небывалой мощи.

То, что сильные солнечные бури случаются, стало известно астрономам задолго до наступления эры спутников. В августе 1859 года солнечная активность была настолько сильной, что показания научных приборов во всем мире, фиксирующие минутные изменения магнитного поля Земли, оказались за пределами допустимой шкалы; в телеграфных системах произошел сильный скачок напряжения. Весь следующий день телеграфисты в Балтиморе трудились с восьми утра до десяти вечера, чтобы передать печатный текст, состоящий всего из четырехсот слов.

Удар солнечной бури 1859 г. был не столь заметен только благодаря тому, что наша цивилизация к тому времени еще не достигла технологических высот. Если бы подобная вспышка произошла сегодня, то разрушений было бы гораздо больше: выведенные из строя космические спутники, сбой радиосвязи, отключение электричества на целых континентах, для восстановления которого потребовались бы недели. Хотя буря такой мощности, к счастью, происходит редко (раз в 500 лет), подобное явление половинной мощности происходит примерно раз в 50 лет. Последняя, случившаяся 13 ноября 1960 г., привела к возмущению геомагнитного фона нашей планеты и остановкам в работе радиостанций.

Никто из нас, ныне живущих, никогда не испытывал на себе по-настоящему сильную солнечную бурю, но некоторые оставшиеся от нее следы дают

исследователям много интересной информации. В данных о ледяной коре Гренландии и Антарктики ученый из Университета штата Мэриленд Кеннет Дж. Маккракен (Kenneth G. McCracken) обнаружил внезапные скачки концентрации сжатого эфира азотной кислоты, которые в последние десятилетия коррелируют с известными выбросами солнечных частиц. Нитратная аномалия, отождествленная с событиями 1859 г., стала самой серьезной за 500 лет.

Список литературы:

1. The 23rd Cycle: Learning to Live with a Stormy Star. Stean Odenwald. Columbia University Press, 2001.
2. The Fury of Space Storms. James L. Burch in Scientific American, Vol. 284, No. 4, pages 86-94; April 2001.
3. The Great Historical Geomagnetic Storm of 1859: A Model Look. Edited by M. Shea and C. Robert Clauer in Advanced in Space Research, Vol. 38, No. 2, pages 117–118; 2006.

Исследование астрономических наблюдений и предсказание прогноза погоды на основе народной астрономии

Файзулла Балжан

Руководитель: Смагулова А.Н., магистр, учитель физики НИШ ХБН Шымкент

Назарбаев Интеллектуальная школа химико-биологического направления

Казахстан, г. Шымкент

E-mail: ay_nuri_84@mail.ru

Цели научного проекта:

1. Теоретически изучить схожесть выводов наблюдений и научных доказательств в народной астрономии.
2. Разобрать правила по предсказыванию погоды, связанные с движением звезд и созвездий в небе.
3. Доказать научную важность астрономических наблюдений и предсказания погоды на основе народной астрономии.

Содержание работы:

Научно-творческая работа по теме «Исследование астрономических наблюдений и предсказание прогноза погоды на основе народной астрономии» состоит из введения, обзора литературы, методики и исследовательской работы, результатов исследования и выводов.

В разделе введение описаны значимость, цели и задачи научно-творческой работы.

В разделе методики и исследовательских работ рассматривались правила связанные с астрономическими явлениями, преобразованиями по предсказыванию погоды в сезонах года. Также, доказывалась схожесть прогнозирования погоды народных астрономических наблюдений некоторых туркоязычных народов с научными объяснениями. Исследования на основе народной астрономии и изменения прогноза погоды, связанные с изменениями лунных фаз, в течение года, записывались в дневник.

В народном предсказывании погоды выявлена высокая вероятность астрономических наблюдений и сделаны выводы.

Если бы существовали совокупность правил связанных с предсказыванием погоды по географическим областям, то расширилась бы область исследования.

Если обеспечить более долгий срок точки наблюдения с научным доказательством и результатом наблюдений, точность исследования будет высока.

Если развивать народные предсказания погоды и астрономические наблюдения, можно внедрить эти знания в местное народное хозяйство.

Таблица 1 Научные объяснение сходств между астрономическими наблюдениями и прогнозированиями погоды некоторых туркоязычных народов

№	Названия звезд и созвездий	Правила связанные с народным прогнозированием погоды	Научное обоснование прогноза погоды, сделанного с помощью народной астрономии
1	<u>Плеяда созвездий</u> (особое скопление звезд в составе тельца, расположенных на очень близком расстоянии друг от друга)	Оттого, что ты смазываешь кожу бульоном, она становится мягче, но плеяда шести звезд не меняет расположение и количество	Можно сказать, что все турко-язычные народы знают плеяду звезд. Особенно она видна в зимнюю ночь, сверкая в небе. Многие могут увидеть только 6 звезд плеяды, а зоркие могут увидеть 7-9 звезд плеяды. Если смотреть через телескоп на плеяду звезд можно увидеть 180-200 звезд.
		Род плеяд созвездий (он комфортен для скота и человека)	Начинается в середине июля. Плеяда звезд поднимаясь из истинного горизонта, перемещается к северному полушарию. Это соответствует началу осени, земля твердеет, стебли трав становятся жестче и желтеют.
		«Сход созвездий» «Сорок дней жары» «Пока плеяда звезд не спустится на землю, земля не прогреется»	Плеяда звезд в это время в Казахской земле, и она перемещается с северного полушария на южное полушарие. 10 июня спускается за горизонт, потом до 40 дней, а именно до конца июля ее не видно. Если летняя жара начинается со сходом звездной плеяды, то конец зимних морозов соответствует перемещению с центра неба плеяд звезд. Солнце, находящееся на высшей точке годового движения, от точки на 90° крещению точек эклиптики с небесными экваторами от 90° расстояния на высшей точке (солнце находится наивысшей точке годового движения)
		«При появлении плеяд все оживает» «Появление плеяд, повышает рост травы и	Плеяда звезд повышается с горизонта на северное полушарие неба. Это пора движения солнца по эклиптике по экватору к точке крещению, то есть соответствует балансу дня и ночи. В сентябре пасущийся скот толстеет, трава

		пшеницы»	набирает соки и мясо животного которое его ест становится сочнее и вкуснее.
		«Зимние месяцы плеяд созвездий»	В середине зимы, в феврале месяце после заката над головой горит плеяда звезд В составе звезд созвездия сверкая ярко горит явление «крещение» луны и плеяды звезд можно увидеть и понять. Когда Плеяда звезд спускается с горизонта вниз на южное полушарие, в течений отрезка времени 40 дней знойной жары остальные кажутся холодным (зимний) солнечный застой.
2	Созвездие Сириус	«Рождается звезда Сириус, вода холодеет» (На латыни Сириус, альфа большого пса)	Когда Сириус поднимается с горизонта и перемещается к северному полушарию и сторона Средней Азии отходит от Солнца. Это время соответствует холодному осеннему времени и утро становится холоднее, т.е. понижается температура, влияет на воду.
3	Созвездие Орион – Весы	«Весы появляются на небе, утро холоднеет» (при наблюдении появлений Весов прогнозировали зиму)	В сентябре месяце Орион – Весы перемещается по горизонту к северному полушарию неба. А в летнюю пору Солнце задерживается над горизонтом. А в сентябре месяце дальность времени приводит к балансу и заметно, что утро наступает пораньше, народ чувствует прохладу ночи к утру.
4	Созвездие Северной звезды и Большой Медведицы («Альфа Малой Медведицы» и Большая Медведица)	«Проверить семерку Жетигена»	Из-за того что созвездие Большой Медведицы не спускается с северного полушария неба, его видно в любое время года. От яркого свечения этой звезды, можно понять в каком состоянии небосклон.

Другие значения констант

Халниязова Ю. Р.

Научный руководитель: Казанцева Л.Х., учитель физики
Муниципальное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ
634028, Россия, г. Томск, ул. Аркадия Иванова, 4
E-mail: effi@mail2000.ru

Существование любого объекта во Вселенной обусловлено фактически несколькими конкретными числами, которые называются фундаментальными постоянными. К числу этих величин относятся массы элементарных частиц и параметры, характеризующие силу четырех фундаментальных взаимодействий. Особенности Вселенной зависят от точного значения таких констант, изменение которых могло существенно повлиять на формирование мира.

Целью данной работы было рассмотреть, что будет при изменении нескольких таких фундаментальных величин.

Масса нейтрона немного больше массы протона, что позволяет нейтрону распадаться на протон и электрон. Предположим, что масса нейтрона уменьшилась на такую величину, что соотношение масс протона и нейтрона стало обратным. В таком случае нестабильной частицей станет протон, который будет распадаться на нейтрон и позитрон. Если соотношение масс увеличить еще немного, то протон станет распадаться и в ядрах атомов. Атомы станут распадаться, так как ядро потеряет заряд и нечему будет удерживать электроны на их орбитах. Электроны и позитроны станут аннигилировать с образованием фотонов. В итоге мир будет состоять из нейтронов и света. Ни о какой жизни в таких условиях речи идти не может.

Рассмотрим ситуацию, при которой масса нейтрона немного увеличится. Нейтроны станут более нестабильными и начнут распадаться внутри ядер атомов, превращаясь в протоны. Ядра атомов разрываются из-за электрического отталкивания протонов. Протоны, став свободными, соединяются с электронами, образуя атомы водорода. В итоге мы получим мир, состоящий только из водорода.

Фундаментальными взаимодействиями называются взаимодействия элементарных частиц и составленных из них тел. На данный момент различают четыре вида фундаментальных взаимодействий: сильное, слабое, электромагнитное и гравитационное. Слабое взаимодействие, несмотря на относительную малость и малый радиус действия, имеет важное значение для ряда природных процессов. Именно слабым взаимодействием обусловлено протекание термоядерной реакции, являющейся источником энергии для звезд. Важную роль слабое взаимодействие играет во взрывах сверхновых. Звезда начинает свою жизнь как холодное облако межзвездного газа, которое постепенно сжимается и нагревается, через какое-то время сжатие прекращается, а в звезде начинаются термоядерные реакции, которые протекают с образованием более тяжелых элементов. Водород превращается в гелий, гелий – в углерод, углерод – в кислород, кислород – в кремний, а кремний – в железо. Когда железное ядро массивной звезды достигает определенных размеров, давление в нем уже не в состоянии противостоять тяжести верхних слоев. Ядро коллапсирует. Происходит взрыв сверхновой звезды, при этом выделяется огромное количество энергии, которая по большей части распространяется в виде слабовзаимодействующих нейтрино. Частицы, участвующие в сильном или электромагнитном взаимодействии, находятся в ловушке сверхплотного коллапсирующего ядра, а нейтрино прорываются сквозь него, срывая верхние слои звезды, что вызывает огромный взрыв. Если бы слабое взаимодействие было сильнее, то нейтрино не могли бы вырваться из ядра, слабее — нейтрино бы проходили через верхние слои звезды, не задевая их. Тяжелые элементы, образованные в ядрах массивных звезд, распространяются посредством взрывов сверхновых, которых бы не происходило, будь слабое взаимодействие чуть сильнее или чуть слабее. Эти элементы являются важной составляющей планет, и без них существование нашего мира было бы невозможно.

Из четырех фундаментальных взаимодействий гравитация является самым слабым. Ее влияние существенно только при наличии больших скоплений материи, таких как галактики или звезды. Именно слабость гравитации делает звезды такими большими – для того, чтобы в звезде могли происходить термоядерные реакции, нужно сжимать газ до высокой плотности, что возможно только при массивности

звезд. Если сделать гравитацию больше, то звезды будут меньшего размера, а их жизнь будет проходить быстрее. Времени, до которого сократится жизнь звезды, не хватит на то, чтобы развить такой сложный организм, как человек.

Теперь предположим, что увеличилась масса электрона. Несмотря на то, что она очень мала, но увеличение ее хотя бы в 3 раза привело бы к катастрофическим последствиям.

Нейтрон становится стабильным, так как реакция распада нейтрона становится невозможной. Кроме того, становится возможной реакция распада протона с электроном на нейтрон и электронное антинейтрино, что делает атомы водорода нестабильными. Все атомы водорода преобразуются в нейтральные частицы. При этом станет невозможно звездообразование и, следовательно, существование разумной жизни.

Все эти примеры доказывают, что изменение значения констант во Вселенной приводит к неисправимым последствиям. Существование Вселенной зависит от баланса всех этих значений, который бы нарушился при изменении данных величин.

Список литературы:

1. Виленкин А. Мир многих миров: Физики в поисках параллельных вселенных / Алекс Виленкин; пер. с англ. А. Сергеева — М.: АСТ : Астрель: CORPUS, 2010. - 303, [1] с. - (ЭЛЕМЕНТЫ)
2. Воронцов-Вельяминов Б. А. Астрономия. 11 кл.: Учеб. Для общеобразоват. Учеб. Заведений / Б. А. Воронцов-Вельяминов, Е. К. Страут. - 4-е изд., стереотип. - М.: Дрофа, 2003. - 224. с.: ил.

Современная Россия в космосе

Шаврак Дмитрий

Руководитель: Антропянская Л. Н.

МБОУ СОШ «Эврика-развитие», г. Томск, пер. Юрточный 8, строение 1

В современной России модно говорить, что у нас ничего не строится, а только все разрушается. Но это не так. Одним из достижений постсоветской России является создание семейства современных модульных ракет-носителей «Ангара» и строительство космодрома Восточный. С распадом СССР основной космодром Байконур остался в Казахстане. В России остался космодром Плесецк в Архангельской области, а так же в 2012 году начато строительство космодрома Восточный в Амурской области и создание новых типов ракет, которые будут запускать с указанных космодромов. Это первоочередные задачи, на решение которых направлены усилия российских ученых и инженеров в последние 13 лет. На сегодняшний день строительство космодрома Восточный находится в стадии реализации, и к 2015 году с него планируется запуск модернизированной ракеты Союз – 2 и легкой "Ангара", летные испытания которой уже начаты в настоящее время. Предыдущая «тяжелая» ракета-носитель (РН) «Протон», была способна поднимать достаточное количество груза только с космодрома Байконур, и еще в начале 90-х годов встал вопрос о создании ракеты-носителя другого класса, которая могла бы поднимать груз еще и с российского космодрома Плесецк, который находится значительно севернее.



6 ноября 2007 года
Президент России
подписал Указ О
создании в Амурской
области нового
космодрома
Восточный.

Рисунок 1

Сегодня Россия занимает лидирующие позиции как мировая космическая держава, разделяя пальму первенства с США. Однако без серьезного развития космической отрасли наша страна может потерять эти позиции. Китай, Япония и Индия разрабатывают сегодня новые и более совершенные ракетносители, чем российские. Последние, являясь еще советскими разработками, в скором времени неизбежно утратят свое техническое первенство [2].

Что же это за ракета, актуальность которой возрастает в современной России и на которую делают ставки, как на перспективу сохранения статуса мировой космической державы? «Ангара» - это современное семейство ракет-носителей, построенных по модульному принципу и оснащенных кислородно-керасиновыми двигателями. Разработкой «Ангары» занимается Государственный космический научно-производственный центр им. Хруничева (ГКНПЦ им. Хруничева), который и предложил тяжелую «Ангару», пообещав выводить с ее помощью с Плесецка на низкую околоземную орбиту 24,5 т груза. В дальнейшем учеными центра были предложены кардинальные изменения концепции этой ракеты-носителя. Вместо одной «тяжелой» РН на базе единого ракетного модуля создается целое семейство ракет-носителей — от легкого класса на базе одного модуля первой ступени с массой полезной нагрузки на низкой околоземной орбите 1,5 т до тяжелого — до 35 т, состоящего из семи универсальных ракетных модулей в составе первой ступени. Так выстроенная модульная «Ангара» могла бы занять практически все ниши космических запусков. В непростой постсоветской истории корпорации ГКНПЦ им. Хруничева существовали невыполненные соглашения с партнерами об организации полетов «Ангары-5» с Байконура, в результате чего новая ракета не полетела ни в 2005-м, ни в 2007-м запланированных годах. Так же конкуренты хруничевцев — «ЦСКБ-Прогресс» (Самара) в кооперации с РКК «Энергия» (Королев) и ГРЦ им. В. П. Макеева (Миасс) собирались начать лётно-конструкторские испытания новой ракеты-носителя «Русь-М» грузоподъемностью 23,5 т (с перспективой увеличения до 100 т), что вывело «Ангару» из зоны государственного внимания и внимания ракетостроителей. И только 2011 год стал «прорывным» для ГКНПЦ им. Хруничева, когда фактически модульная ракета-носитель «Ангара» разработки и производства ГКНПЦ им. Хруничева сейчас становится в России ракетой №1, постройка технического комплекса для запуска ракет-носителей «Ангара» выходит на конечную стадию. Запуск ракет нового поколения состоится до конца 2014 года. В основе идеи новой российской ракеты находится универсальный ракетный модуль

(УРМ), который способен летать как самостоятельно, так и в составе носителей тяжелого и среднего класса. Ракетный комплекс «Ангара» придет на смену таким советским разработкам, как «Циклон 2/3», «Протон», «Космос-3М», ее особенностью являются новые экологически безопасные двигатели, ее запуски будут осуществляться силовыми установками, которые используют в качестве топлива кислород и керосин, а не гептил, который не выдерживает никакой критики с точки зрения экологии.

Эксплуатационные и энергетические характеристики ракет-носителей «Ангара» находятся на таком уровне, который позволяет успешно конкурировать на международном рынке с лучшими образцами ракетно-космической техники. Применение передовых технологий производства и широкое использование унификации, применение полимерных композиционных материалов позволит обеспечить «Ангаре» более низкую по сравнению с мировыми аналогами себестоимость выведения в космос полезной нагрузки в широком диапазоне орбит. Уникальные технические решения, реализованные в данном семействе ракет, позволяют с одной пусковой установки производить запуски всех типов ракет, имеющих в широком диапазоне семейства ракет-носителей «Ангара».

Различные варианты ракет-носителей «Ангара» на практике реализуются при помощи разного количества универсальных ракетных модулей (УРМ), для легких ракет – носителей (Ангара 1.1) используется один УРМ, для ракет – носителей среднего класса (Ангара А3) – три УРМ, для ракет – носителей тяжелого класса (Ангара 5) – 5 УРМ. Длина универсального ракетного модуля составляет 25,1 метра, диаметр 2,9 метра, масса с заправленным топливом – 149 тонн.

В настоящее время испытания ракет проводятся на специальных макетах, на которых можно осуществить весь комплекс пневмоиспытаний с ракетой и некоторые электрические испытания. В дальнейшем ракета «Ангара» будет сертифицирована для осуществления пилотируемых полетов.

Разработка новейшего космического комплекса «Ангара» объявлена задачей государственной важности и взята под пристальный контроль государства. Начало полетов ракет-носителей «Ангара» позволит Российской Федерации запускать в космос ракеты всех типов со своей собственной территории, что обеспечит России гарантированный и независимый доступ в космос.

Новости проекта:

1. Снят фильм-презентация о новом российском космодроме Восточный для демонстрации на Саммите деловых кругов «Сильная Россия - 2010» (Москва, Большой дворец Государственного музея - заповедника «Царицыно», 25-26 июня 2010 года).

2. 17 февраля специалистами космодрома Плесецк была осуществлена установка макета ракеты-носителя нового поколения «Ангара» на стартовый комплекс площадки №35 для проведения цикла комплексных испытаний.

3. Москва 24 февраля. INTERFAX.RU - Замглавы правительства России Дмитрий Rogozin заявил о возросшем значении строительства космодрома Восточный в Амурской области. "Олимпиада закончилась, теперь этот объект (космодром Восточный. – ИФ) является ключевым", – сказал Rogozin в понедельник во время осмотра строящегося космодрома.

4. АРХАНГЕЛЬСК, 16 марта. /Корр. ИТАР-ТАСС Владимир Ануфриев/. Перспективные ракеты-носители «Союз-2» и «Ангара», которые будут запускаться с космодрома Плесецк в Архангельской области, не окажут негативного воздействия на окружающую среду региона.



Рисунок 2_Космодром Плесецк



Рисунок 3 Космодром Восточный

Список литературы:

1. Торжество унификации. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://expert.ru/2013/02/5/torzhestvo-unifikatsii/>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Космодром Восточный – ведущий космодром мира. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://proektnoegosudarstvo.ru/project/kosmodrom_vostochnij__vedushij_kosmodrom_mira/, <http://topwar.ru/29065-raketa-nositel-anagara-vse-blizhe-k-zvezdam.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Ракета-носитель «Ангара». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.porpmech.ru/article/15004-raketa-nositel-angara-ispityivaetsya-na-kosmodrome-plesetsk/>, свободный. – Загл. с экрана.
4. Ракета-носители «Союз-2» и «Ангара». [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://sdnnet.ru/r/821/>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Документальные фильмы телестудии Роскосмоса. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://tvroskosmos.ru/frm/films_prezen/kosmodrom_vostochnii.php, свободный. – Загл. с экрана.

СЕКЦИЯ №7

SPACE INSTRUMENT MAKING

Orientation and stabilization system artificial Earth satellite type CubeSat using Earth's magnetic field

Boyakhchyan A.A., Prygov A.N., Zubenko A.A.

Scientific advisor: Gormakov A.N., Ph.D., associate professor

Linguistic advisor: Yagotkina K.V., Senior Lecturer

Tomsk Polytechnic University, 30 Lenin Avenue, Tomsk, Russia, 634050

E-mail: bojahchyan@yandex.ru

Orientation and stabilization system artificial Earth satellite type CubeSat using Earth's magnetic field. System of spacecraft orientation is one of the onboard systems which provides a definite position of apparatus axes with regard to the given directions. It is required for the following tasks realization:

- *Orientation of solar batteries to the Sun;
- *Navigation measurements;
- *Carrying out various studies;
- *Before braking or accelerating engine switch on to change a flight trajectory.

Systems of orientation can be [1]: active or passive. Passive systems of orientation don't demand a power source on the satellite board.

Passive systems are energy-conserving, they don't use internal power supply energy; the design of such systems is quite simple and has high reliability; satellite life is almost unlimited. The simplicity of passive stabilization systems is achieved by reference picking. Equilibrium orientation for a peculiar stabilization method is not always a required one. For satellites orbits as a base for orientation the Earth, the Sun or any other direction may be required.

Passive systems can be [2] gravitational, aerodynamic or electromagnetic. The most appropriate are electromagnetic ones, as far as electromagnetic systems possibly at the heights from 600 to 6000 km (fig.1) can be used. Magnetic hysteresis rods provide extinguish of energy of a rotary motion after the kick-off and damping the possible accidental perturbation during flight.



Figure 1 Geomagnetic field

When performing the tests on orbit, e.g. studying the ionosphere, radiation zones of the Earth, the geomagnetic field orientation is aimed. By installing on board a definite satellite position with regard to magnetic field lines of the Earth can be achieved. The interaction of the magnet with Earth's magnetic field leads to the appearance of the restoring moment which tends to align the axis of the permanent magnet on the satellite with the vector of the geomagnetic field vector.



Figure 2 Third Soviet satellite

Many satellites were put into orbit with magnetic orientation system. The Soviet satellite was the first one (fig. 2). The self-orienting type magnetometer was used. The magnetometer sensitivity axis was combined with the direction of the Earth magnetic field. Axis position data allowed to define the satellite position in space.

Similar orientation system is convenient to use on spacecraft, which aim to the Earth remote sensing, such passive systems are used on satellites standard «CubeSat».

References:

1. Системы ориентации космического аппарата. [электронный ресурс] - Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Системы ориентации и стабилизации малых спутников. [электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.cosmos-journal.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

Das Raumschiff - Wostok

Bulgakova T.A., Iljina A.A., Tarasova L.V.

Tarasova L. V., Doktor der Pädagogik, Dozentin

Polytechnische Universität Tomsk, 634050, Russland, Tomsk, Lenin-Pr., 30

E-mail: bulgakova.t.a@mail.ru

Das Wostok-Raumschiff wurde von Sergej Koroljows Konstruktionsbüro OKB-1 unter Leitung von Mikhail Tichonrawow entwickelt. Es bestand aus einem kugelförmigen Eintrittsmodul und einem Versorgungsmodul. Beide sollten kurz vor Wiedereintritt per Sprengbolzen getrennt werden, um zu vermeiden, dass nicht mehr gebrauchte Masse in der Hyperschallphase mit abgebremst werden musste und danach zusätzlich am Fallschirm hing.

Das Eintrittsmodul mit seinem Durchmesser von 2.3 Metern war auf den ersten Blick zwar recht geräumig, wenn auch eine Menge Platz vom Schleudersitz eingenommen wurde, in dem der Kosmonaut, gekleidet in Raumanzug und Helm, während der Mission saß. Der Schleudersitz sollte den Astronauten im Fall eines Problems in der frühen Startphase retten. Dieser Fall trat zum Glück nie ein. Er wurde ferner planmäßig bei der Landung verwendet. Die Wostok-Kapseln kamen zwar auf festem Boden herunter, hatten aber kein Abbremsystem, um die Restgeschwindigkeit vor dem Aufschlag zu reduzieren.

Deswegen betätigte der Kosmonaut in etwa 7 km Höhe den Schleudersitz und landete mit einem eigenen Fallschirm so wie ein Kampfpilot, der aus einem abstürzenden Düsenjäger aussteigt. Die Landung in der fallschirmgebremsten Kapsel wäre zwar möglich, erschien aber nicht empfehlenswert.

Schon bei Gagarins Start wurde aus diesem Umstand ein großes Geheimnis gemacht; es sollte nicht publik werden, dass der Kosmonaut nicht den kompletten Flug vom Start bis zur Landung in seinem Raumschiff zugebracht hatte. In zahlreichen Raumfahrt-Büchern, auch solchen, die im Westen verlegt wurden, findet sich die Behauptung wieder, dass Gagarin bis zum Aufsetzen in der Kapsel blieb. Das stimmt aber nicht.

Das Eintrittsmodul war durch einen 13 cm starken Hitzeschild aus Asbest vor der Hitze des Wiedereintritts geschützt. Die Massenverteilung war so, dass das Eintrittsmodul sich stabil mit dem Hitzeschild entgegen der Flugrichtung und damit in Richtung der Anströmung ausrichtete. Während des Wiedereintritts konnte die g-Belastung auf mehr als 8 g steigen.

Das Versorgungsmodul umfasste das Bremstriebwerk für das Wiedereintrittsmanöver, das Lageregelungssystem, Funkausrüstung, Sauerstoff- und Stickstofftanks für das Lebenserhaltungssystem des druckbelüfteten Eintrittsmoduls und Batterien für die Stromversorgung. Dieses Konzept der Auslagerung technischer Komponenten, die nur im Orbit, aber nicht während der Eintrittsphase gebraucht werden, hat sich bewährt, man findet es in späteren sowjetischen Raumschiffen wie Wolchod und Sojus, die bis heute weiterentwickelt und verwendet wurde. Man findet es aber auch in den Gemini- und Apollo-Raumschiffen der NASA, ebenso beim privat entwickelten Dragoner Firma SpaceX und beim CST-100 von Boeing. Auch das geplante Orion-CEV sollte dieser Auslegung folgen.

Ein abtrennbares Versorgungsmodul ist an und für sich eine gute Idee, sonst hätte man sie nicht mehr als 50 Jahre lang weiter verfolgt. Allerdings muss die Abtrennung auch zuverlässig erfolgen. Bei Gagarins Schiff Wostok 1 tat sie es nicht: Eintritts- und Versorgungsmodul blieben bis zum Eintritt über eine nicht ordnungsgemäß getrennte elektrische Leitung verbunden, sodass die Kapsel taumelte und von der falschen Seite angeströmt wurde, bis das Kabel durchschmolz oder riss und die Kapsel sich in die richtige Lage einpendelte. Dasselbe Problem trat bei der folgenden Mission Wostok 2 mit dem Kosmonauten German Titow wieder auf.

Es wurden insgesamt acht Wostoks des Aufbaus 3KA, wie er für die bemannten Flüge verwendet wurde, gestartet, davon sechs mit einem Kosmonauten an Bord. Der erste bemannte Flug war Wostok 1 am 12. April 1961. Auf der Wostok-Technik basiert aber nicht nur das Wolchod-Raumschiff, sondern auch einige unbemannte Satellitenbaureihen. Die Wissenschaftskapseln der Serie "Foton" werden sogar bis in unsere Zeit verwendet!

Die Wostok ist nur eine andere Bezeichnung für die Luna Rakete, wenn diese Nutzlasten in eine Erdumlaufbahn transportiert. Hier konnte die Rakete die Nutzlast von 1500 auf 4730 kg glatt verdreifachen. In Deutschland ist die Bezeichnung Wostok gängiger,

im Englischen dagegen Vostok. Der russische Begriff bedeutet "Osten". Schon vor dem ersten bemannten Einsatz der Vostok am 12.04.1961 mit dem Flug Gagarins auf Wostok 1 gab es Einsätze der Vostok. Sie transportieren die "Wostok-Kapsel" zuerst unbemannt um diese zu testen. Dabei wurden die Nutzlasten als Sputniks klassifiziert um zu verschleiern, dass es Testflüge der Vostokkapsel waren.

Auch später wurden noch mit dieser Rakete Nutzlasten gestartet. Ihre Bedeutung schwand jedoch mit der Zeit. Problematisch ist vor allem, dass durch die Zündung direkt während der Brenndauer der zweiten Stufe nur Direkteinschüsse in einem Orbit möglich sind. Die Orbits die dadurch möglich sind oder auch planetare Flugbahnen sind dadurch stark eingeschränkt. Trotzdem wurden von dieser Rakete zahlreiche Nutzlasten befördert, solange kein anderer Träger verfügbar war. Neben zwei Hauptversionen gab es zahlreiche Variationen. Diese Variationen beruhten vor allem, dass die Satelliten direkt in einen Orbit eingeschossen wurden und dadurch jeweils Modifikationen an der Oberstufe Block E nötig wurden, da sonst die Nutzlastmasse bei höheren Orbits rasch abnimmt. (Die Brenndauer der dritten Stufe musste so ausgelegt sein, dass sie noch brennt, wenn der gewünschte Orbit erreicht ist).

In der Wostokversion wurde der Schub des Triebwerks RD-0105 von 49 auf 55 kN Erhöht. Die Brenndauer verringerte sich von 400 auf 376 Sekunden. Der spezifische Impuls stieg von 3090 auf 3178 m/s. Die Stufe hatte vor allem aber eine größere Leermasse von 1.4 anstatt 1.1 t. Die Verstärkung der Struktur erlaubte es schwerere Nutzlasten von bis zu 4.73 t in eine Erdumlaufbahn zu transportieren. Dafür nimmt die Stufe nur 6.4 anstatt 7.0 t Treibstoff auf.

Weitere Verbesserungen betreffen die Grundstufe die nun über einen etwas höheren Startschub von 4060 kN anstatt 3904 kN verfügte. Auch hier wurden die Triebwerkskenndaten verbessert und die Struktur verstärkt um größere Nutzlasten zu starten.

Die Wostok transportierte im wesentlichen zwei Nutzlasten:

Die nächsten Flüge galten der Wostok Kapsel, die zuerst unbemannt und schließlich in Folge umgebaut als Zenit Aufklärungssatellit (in der Rückkehrkapsel wurde einfach ein Kamerasystem eingebaut). Modell 8K72 (unbemannte Testflüge, Luna) 8K72K (bemannte Flüge + einige Forschungssatelliten wie Elektron), 8A92 (Zenit 2 Aufklärungssatelliten). Nach Verfügbarkeit der Sojus übernahm die Wostok den Transport der Meteor Satelliten, die einen polaren Orbit erreichen und für eine Zyklon zu schwer und für eine Sojus zu leicht sind. 1991 fand der letzte Start einer Wostok statt. Sie ist heute nicht mehr im Einsatz auch Einführung der Sojus nahm die Zahl der Wostok Starts kontinuierlich ab (Modell 8A72M). Die Sowjetunion betrieb damals ein Verwirrspiel mit dem Westen, indem mehrere neue Namen für ein und dieselbe Rakete präsentierte. So nahm man damals an die Sowjetunion hätte von 1957-1961 innerhalb von 4 Jahren drei verschiedene Raketentypen mit den Bezeichnungen Sputnik Luna und Vostok in Dienst gestellt. Dies legten auch die unterschiedlichen Nutzlastmassen (Sputnik 1.3 t in erdnahe Bahnen, Luna 400 kg zum Mond, Vostok (Wostok) 4.73 t in erdnahe Bahnen) nahe. Erst als mit der Einführung der Sojus mehr Details über die Rakete bekannt wurden, klärte sich dies auf.

Quellenverzeichnis:

1. http://www.scilogs.de/go-for-launch/vergleich_wostok_mercury/
2. <http://www.bernd-leitenberger.de/semjorka.shtml>

Heat pipes in space instrument making

Dovydenko E. A.

Scientific advisor: Gormakov A.N., docent

Linguistic advisor: Shepetovsky D.V., senior lecturer

Tomsk Polytechnic University, 30 Lenin Avenue, Tomsk, Russia, 634050

E-mail: dovidenko92@mail.ru

When designing a spacecraft one of the objectives is to provide the specified temperature level of the various elements of spacecrafts. The correct solution to this problem gives the correct operation of the missiles material, rocket engines, payload of various types and purposes.

The purpose of my work is to study the cooling of the spacecraft by means of heat pipes.

A heat pipe is a device which exhibits an extremely high effective thermal conductivity by means of two-phase fluid flow with capillary circulation. The primary objective of the experimental program was to determine a suitable method of control for the heat pipe and to establish suitable wick fluid configurations for the various temperature ranges of interest.

Communications in satellites, global positioning systems, and defense purposes, a heat pipe is the device used to regulate temperature and keep the overall systems operating reliability.

The requirements of cooling in the space environment have led researchers to study various coolants and high thermal conductivity devices. In its simplest form the device consists of a length of tubing, sealed at both ends, containing an annular wick and a small amount of working fluid.

One end is the evaporator and the other is the condenser. Heat enters at the evaporator and exits at the condenser.

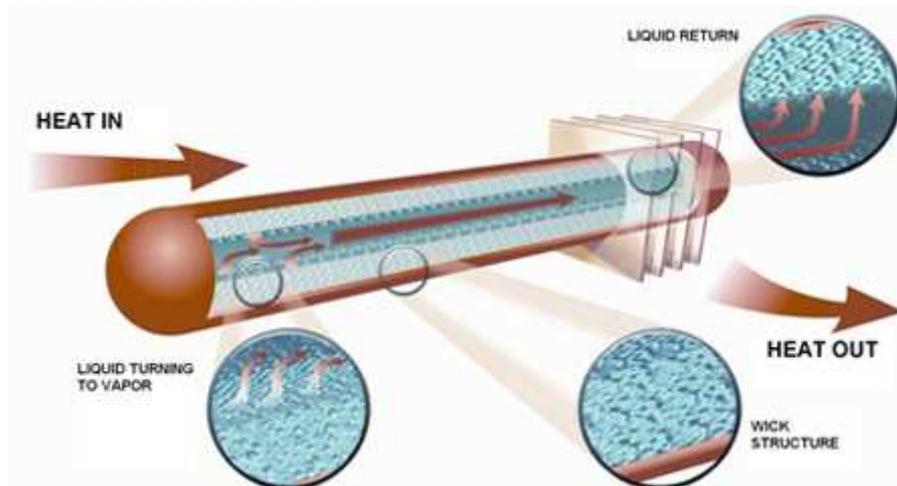


Figure 1 Working principle a heat pipe

When heat enters the evaporator, it causes the fluid to vaporize. The vapor quickly travels from the hot end to the cooler end. There, the vapor condenses back into a fluid which releases the heat. The fluid is absorbed into the wick which transports it back to the hot end where it absorbs heat and evaporates again (Fig.1).

Heat pipes typically provide heat transport from spacecraft electronics or instruments to its radiators. Heat pipes can also be embedded into radiator panels for heat distribution to achieve high efficient heat rejection. Due to its high reliability and low complexity heat pipes have become a standard device for thermal control on spacecraft and instruments.

Nearly all heat pipes contain wicks or grooves that enhance capillary action and promote the pumping of the working liquid from the cool liquid pool back to the hot surface where the liquid can evaporate again.

Cooling of electronics has one primary goal: maintain a component's temperatures at or below the manufacturer's maximum allowable temperature. The rate failure increases when the temperature of an electronic part increases.

The function of the tubing is to isolate the working fluid from the outside environment. It has to therefore be leak-proof, maintain the differential pressure across its walls, and enable transfer of heat to take place from and the working fluid. Selection of the tubing material depends on many factors. These are as follows:

- Compatibility (both with working fluid and external environment)
- Strength to weight ratio
- Thermal conductivity
- Ease of fabrication, machineability and ductility
- Porosity
- Wettability

Most of the above are self-explanatory. In spacecraft applications a high ratio strength to weight is more important. The material should be non-porous to prevent the diffusion of vapor. A high thermal conductivity ensures minimum temperature drop between the heat source and the wick.

The operating vapour temperature range is a first consideration in the identification of a suitable working fluid. To determine the most acceptable of these fluids for the application considered within the approximate temperature band, must be examined a variety of characteristics and several possible working fluids. The prime requirements are:

- compatibility with wick and wall materials
- good thermal stability
- wettability of wick and wall materials
- vapor pressure not too high or low over the operating temperature range
- high latent heat
- high thermal conductivity
- low liquid and vapor viscosities
- high surface tension
- acceptable freezing or pour point [1]

In heat pipe design, a high value of surface tension is desirable in order to enable the heat pipe to operate against gravity and to generate a high capillary driving force. In addition to high surface tension, it is necessary for the working fluid, to wet the wick and the container material. The vapor pressure over the operating temperature range must be sufficiently large to avoid high vapor velocities, which tend to setup large temperature gradient and cause flow instabilities.

A high latent heat vaporization is desirable in order to transfer large amounts of heat with minimum fluid flow, and hence to maintain low pressure drops within the heat pipe. High the thermal conductivity of the working fluid is preferred in order to minimize the radial temperature gradient and to reduce the possibility of nucleate boiling at the wick or wall surface. The resistance to fluid flow will be minimized by selecting fluids with low values of vapor and liquid viscosities.

Heat pipes are excellent candidates for electronics cooling because of their high thermal conductivity, high heat transfer characteristics, they provide constant evaporator temperatures with variable heat fluxes, and variable evaporator and condenser sizes.

They are good alternative to air cooling because of their better heat transport capabilities. Air cooling may still be used to remove heat from the condenser.

Later, in his work, I would like to spend experimenting directly with the satellite electronic equipment design the cooling system by using heat pipes. Also will be produced to minimize the size cooling system and will use the new materials for its manufacture.

References:

1. Barry W Williams. Principles and elements of power electronics devices, drivers, applications, and passive components. - Glasgow, Electrical Engineering University of Strathclyde, 2006, pp. 187

Die ersten russischen Erdsatelliten

Galkina P.V., Tarasova L.V.

Tarasova L. V., Doktor der Pädagogik, Dozentin

Polytechnische Universität Tomsk, 634050, Russland, Tomsk, Lenin-Pr., 30

E-mail: polina.galkina.2015@mail.ru

Ein künstlicher Satellit ist in der Raumfahrt ein künstlicher Raumflugkörper, der einen Himmelskörper – einen Planeten oder Mond – auf einer elliptischen oder kreisförmigen Umlaufbahn zur Erfüllung wissenschaftlicher, kommerzieller oder militärischer Zwecke umkreist. Satelliten, welche die Erde umkreisen, werden Erdsatelliten genannt. Künstliche Satelliten, die einen anderen Körper als die Erde umlaufen und erforschen, werden hingegen als Orbiter bezeichnet.

Im Jahre 1955 gab US-Präsident Eisenhower die Entwicklung eines amerikanischen Erdsatelliten in Auftrag, worauf die Sowjetunion vier Tage später ein ähnliches Vorhaben ankündigte. Der erfolgreiche Start des sowjetischen Satelliten Sputnik 1 am 4. Oktober 1957 um 19:28:34 Uhr überraschte die Weltöffentlichkeit und führte im Westen zum regelrechten Sputnikschock. Die Entwicklung von Satelliten stand seitdem lange Zeit unter dem Einfluss des Kalten Krieges. Ab 1958 wurde von den USA mit Transit das erste Satellitennavigationssystem der Welt entwickelt, das zunächst rein militärischen Zwecken diente. Das Nachfolgesystem GPS hat sich inzwischen auch im zivilen Bereich, etwa als Navigationshilfe durchgesetzt. Die Erdbeobachtung ist der Hauptzweck des Erdsatelliten.

Ein Satellit besteht im Wesentlichen aus der wissenschaftlichen, kommerziellen oder militärischen Nutzlast sowie dem Satellitenbus der die zu deren Betrieb notwendigen Strukturen und Subsysteme enthält. Dieser besteht aus der Primärstruktur, in die die weiteren Subsysteme integriert werden. Dazu gehören die Energieversorgung (Solarzellen, Akkumulatoren), das Temperaturkontrollsystem, das Antriebssystem für die Lage- und Positionsregelung (Bahnregelung) und das Bordrechensystem für Steuerung und Datenmanagement [1].

Als Energieversorgungssystem oder Bordenergieversorgung eines Satelliten werden alle Systeme zur Erzeugung, Umwandlung, Speicherung- und Verteilung von Energie an Bord von Satelliten bezeichnet. Die Versorgung des Satelliten mit elektrischem Strom erfolgt meist durch Solarzellen mit Unterstützung durch Akkumulatoren, wenn im erdnahen Raum ausreichende Helligkeit der Sonne vorhanden ist, oder durch Batterien wenn nur kurze Einsatzzeiten geplant sind. Bei Satelliten, die sich von der Sonne weiter entfernen und so das Angebot an Strahlungsenergie zu gering ist, verwendet man die erheblich kleineren Radioisotopengeneratoren [2].

Raketentriebwerke sind Antriebe, die die Antriebskraft durch Ausstoßen von Stützmasse entgegen der Antriebsrichtung erzeugen. Weil sie dabei keine Materie von außen ansaugen und beschleunigt wieder ausstoßen, funktionieren sie unabhängig von der Umgebung, also auch im Vakuum. Theoretische Effekte, die bei einem Raketenantrieb zu verzeichnen sind, wurden 1903 von Konstantin Ziolkowski mit der Raketengrundgleichung dargestellt. Später kam Hermann Oberth unabhängig davon zu den gleichen Erkenntnissen [3].

Die Stabilisation dient dazu, dass Raumflugkörper (Raumsonden, Satelliten, Raumschiffe) in einer bestimmten Richtung ausgerichtet bleiben, damit sie ihre Aufgabe erfüllen können. Es gibt drei Hauptmethoden, die räumliche Orientierung von Satelliten oder Raumsonden langfristig zu stabilisieren: mittels Gravitations-Gradient, durch Rotation (Spin) oder durch massive Trägheitsräder. Demgegenüber kann über ein Kreiselinstrument die Lage nur mittelfristig geregelt werden, da über die Zeit eine Kreisel drift auftritt [5].

Als Bahnregelung, Orbit Control System (OCS), bezeichnet man in der Satellitentechnik die Kontrolle der Translationsbewegungen eines Satelliten, während die Ausrichtung durch Drehung entlang der drei Hauptrotationsachsen Aufgabe der Lageregelung ist. Da Steuerdüsen beide Regelungsaufgaben übernehmen können, fasst man sie unter dem Begriff „Attitude and Orbit Control System (AOCS)“ oder auch „Attitude Determination and Control System (ADCS)“ zusammen [4].

Eine Solarzelle oder photovoltaische Zelle ist ein elektrisches Bauelement, das kurzwellige Strahlungsenergie, in der Regel Sonnenlicht, direkt in elektrische Energie umwandelt. Die Anwendung der Solarzelle ist die Photovoltaik. Die physikalische Grundlage der Umwandlung ist der photovoltaische Effekt, der ein Sonderfall des inneren photoelektrischen Effekts ist [6].

Durch Reihenschaltung von einzelnen Solarzellen und abschließende Kapselung entstehen die zur Energieerzeugung verwendeten Solarmodule. Die Reihenschaltung ist bei Dünnschichtmodulen in den Prozess der Zellfertigung integriert, bei den weit verbreiteten kristallinen Modulen durch Auflöten von Verbindern auf fertige Solarzellen realisiert. Manchmal werden auch Elemente eines Sonnenkollektors als Solarzelle bezeichnet. Sie erzeugen aber keinen elektrischen Strom, sondern Prozesswärme und ersetzen beispielsweise Warmwasser-Boiler. Solarzellen kann man nach verschiedenen Kriterien einordnen. Das gängigste Kriterium ist die Materialdicke. Dabei wird nach Dickschicht- und Dünnschichtzellen unterschieden.

Ein weiteres Kriterium ist das verwendete Halbleitermaterial. Am häufigsten wird Silicium eingesetzt. Daneben finden auch weitere Halbleiter Verwendung wie Cadmiumtellurid, Galliumarsenid. Bei sogenannten Tandem-Solarzellen kommen Schichten unterschiedlicher Halbleiter zur Anwendung, beispielsweise Indiumgalliumarsenid in Kombination mit Indiumgalliumphosphid. Die Kristallstruktur kann kristallin (mono-/polykristallin) oder amorph sein. Neben anorganischen

Halbleitermaterialien gibt es auch organische Solarzellen und Farbstoffsolarzellen sowie anorganisch-organische Hybride. Die Entwicklung ist keineswegs abgeschlossen.

Die Herstellung photovoltaischer Solarzellen ist ein chemischer Prozess, bei dem gasförmige, flüssige und feste Chemikalien zum Einsatz kommen, die gesundheits- und umweltschädlich sind. Aus diesem Grund ist ein hoher Standard der Prozesssicherheit zentral. Unter Arbeitsschutzaspekten ist eine sichere Ablufferfassung und Reinigung zu gewährleisten. Bei dem Einsatz von Nasswäschern wird die Abluft durch ein flüssiges Absorptionsmedium geleitet. Wenn dieses aufgebraucht ist, entsteht eine weitere Abwasserquelle, neben den Ätzlösungen aus der Produktion. Diese müssen innerbetrieblich wiederaufbereitet oder spezialisierten Entsorgern übergeben werden. Bei der Herstellung von Dünnschichtableitern kommt es an den Wänden und Aufbauten der Prozesskammer zu siliciumhaltigen Ablagerungen. Die Rückstände müssen regelmäßig entfernt werden, da sie den Prozess stören und zu Qualitätseinbußen führen. Zum Entfernen der Rückstände verwendet man Schwefelhexafluorid und Stickstofftrifluorid als Reinigungsgase. Beide Gase sind zwar ungiftig, gleichwohl aber sehr starke Treibhausgase. In der Zellproduktion müssen die Reinigungsgase mit hoher Volumenflussrate eingesetzt werden, da sie chemisch sehr stabil sind und im Plasma zu weniger als 10 % in reinigungsaktive Radikale zerfallen. Ein Großteil des Gases bleibt somit ungenutzt und muss kostenintensiv entsorgt werden. Zum Teil entweicht es – gewollt oder ungewollt – direkt in die Umwelt. Hieraus erklärt sich u.a. auch der kürzlich gemessene starke Anstieg der Stickstofftrifluoridkonzentration in der Hochatmosphäre, besonders über Ost- und Südostasien. An Stelle von Schwefelhexafluorid und Stickstofftrifluorid kann auch das sehr reaktive Halogen Fluor als Reinigungsgas verwendet werden. Fluor ist sehr giftig, es ist jedoch kein Treibhausgas. Außerdem lässt es sich sehr leicht und rückstandsfrei aus Abgasströmen entfernen.

Einige Solarzelltypen verwenden anstelle von Silicium Stoffe wie z. B. toxisches oder karzinogenes Cadmium, Arsen bzw. deren Verbindungen sowie Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid. Ein typisches Cadmiumtellurid-Solarmodul enthält zum Beispiel ca. 22 g des gefährlichen Schwermetalls Cadmium und 25 g Tellur pro m² Zellfläche. Bei der Produktion werden beide Substanzen durch Co-Verdampfung auf das Trägermaterial aufgebracht. Die Co-Verdampfung ist ein ungerichteter Prozess, bei dem die gesamte Innenoberfläche der Beschichtungskammer mit Dünnschichten aus Tellur, Cadmiumtellurid, Cadmiumsulfid und Antimontellurid überzogen werden. Der Materialverbrauch erhöht sich dadurch um mindestens weitere 40 %.

Bei der regelmäßigen Reinigung der Produktionskammer mit wässriger Säure – die Reinigung erfolgt manuell – werden die Rückstände in eine wässrige Lösung überführt. Neben der eigentlichen Zellproduktion stellt also auch die Reinigung der Produktionsanlagen eine Herausforderung an Umweltschutz und Arbeitsschutz dar. Eine neuere Untersuchung versucht, die geringere Gefährdung, die von Cadmiumtellurid-Zellen im Vergleich zur Kohleverbrennung ausgeht, nachzuweisen. Produktionsrückstände und Emissionen können zu Langzeitschäden und Altlasten führen. Gleiches gilt bei unsachgemäßer Entsorgung für die Altzellen. Die Photovoltaik unterscheidet sich in diesem Aspekt von anderen Technologien zur Nutzung regenerativer Energien.

Quellenverzeichnis:

1. http://de.wikipedia.org/wiki/Satellit_%28Raumfahrt%29
2. http://de.wikipedia.org/wiki/Energieversorgungssystem_%28Satellit%29
3. <http://de.wikipedia.org/wiki/Raketentriebwerk>

4. <http://de.wikipedia.org/wiki/Bahnregelung>
5. http://de.wikipedia.org/wiki/Stabilisation_%28Raumfahrt%29
6. <http://de.wikipedia.org/wiki/Solarzellen>

Die photodynamische therapie

E.P. Gornykh

Wissenschaftliche Begleiterin und Sprachberaterin: Fr. Dr. E.K. Prochorets
Polytechnische Universität Tomsk, Russland, Tomsk, Lenin-Prospekt, 30, 634050
E-mail: dranik99@mail.ru

Trotz großer Fortschritte in Diagnostik und Therapie gibt es bis heute noch Erkrankungen, die sehr schwer zu behandeln sind, ganz zu schweigen von einer kompletten Remission. In der letzten Zeit ist in der ganzen Welt ein aktives Wachstum sowohl von Hautkrankheiten, als auch onkologischer Krankheiten zu verzeichnen. Es gibt verschiedene Methoden der Behandlung dieser schweren Krankheiten. Zum Beispiel ist, nach Meinungen vieler Forscher, die photodynamische Therapie am meisten effektiv.

Zum ersten Mal wurde der photodynamische Effekt von O. Raab im Labor H. von Tappeiner an der Universität München im Jahre 1900 beschrieben [1]. Es wurde festgestellt, dass die Paramecien bei Sonnenlichtbestrahlung mit der Anwesenheit von Akridin- und anderen Farbstoffen absterben, während bei Sonnenlichtbestrahlung und Abwesenheit der Farbstoffe oder mit Farbstoffen in Dunkelheit die Paramecien doch überleben. Der Begriff photodynamische Reaktion wurde von H. von Tappeiner im Jahre 1904 eingeführt und bezeichnet eine spezifische photochemische Reaktion, die zu einem Sturz des biologischen Systems bei Anwesenheit von Licht, Farbstoffen, absorbierender Lichtstrahlung und Sauerstoff führt. Die Neuzeit der Verwendung von PDT in der Onkologie begann mit der Publikation von R. Lipson in den 60-er Jahren des 20. Jhds, in der dargestellt wurde, dass der bösartige Tumor nach einer inneren Injektion einer Mischung von Hämatoporphyrin-Derivat (HpD), durch charakterliche Fluoreszenzbestrahlung stichweise gesammelter Porphyrinen sichtbar wird. Am Anfang der 80-er Jahre begann man die PDT in der Behandlung von Bronchial-[2], Magenkrebs, Kopf-, Hals-Tumoren [3-4]. J. Mc Caughan et al. hat als erster die photodynamische Therapie für die Zerstörung der choroideal melanome (Augenkrebs) gebraucht.

Professoren C. S. Betz, A. Leunig der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohren-Heilkunde der Ludwig-Maximilians-Universität München, Klinikum Großhadern, behaupten, dass die photodynamische Therapie (PDT) ein Verfahren ist, bei dem neoplastisches Gewebe nach Verabreichung tumorselektiver Photosensibilisatoren und gezielter Lichtbestrahlung eine toxische Schädigung erfährt und zugrunde geht [5].

PDT durchläuft zwei Stufen. Zuerst wird der Photosensibilisator intravenös injiziert, eine Substanz, die in der Lage ist, unter der Wirkung des Sonnenlichts zu reagieren. Nach bestimmter Zeit sammelt sich das Präparat in den erkrankenden Geweben. Nach der Sammlung des Präparates wird eine bestimmte Zeit hindurch eine Gewebebestrahlung mit bestimmter Wellenlänge durchgeführt. In den durch Sensibilisator enthaltenden Bereichen der Tumoren entwickeln sich photochemische Reaktionen, die zu dem Absterben der Krebszellen führen. PDT zerstört die Krebszellen gerichtet und schont dabei das normale kräftige Gewebe, auch Trägerstruktur der Gewebe und Organe- und Kollagenfaser. Danach verlaufen während der 2-4 Wochenlangen Bestrahlungen das Absterben der

malignen Gewebe und die Wiederherstellung der erkrankten Bereiche. Die PDT entwickelte sich in solchen Ländern wie England, Frankreich, Deutschland, Italien, Japan, China, in anderen Ländern, und ab 1992 auch in Russland. Die PDT lässt auch die allgemein ungünstige Einwirkung auf den Organismus während der Chemotherapie vermeiden, indem die Lichtwirkung nur auf die erkrankenden Gewebe orientiert ist[6].

Es gibt viele Quellen für diese Methode. In der klinischen Dermatologie werden je öfter Laser auf Kupferbromid-Dämpfen gebraucht, dass mit dem Absorptionsspektrum des Hämoglobins verbunden ist.

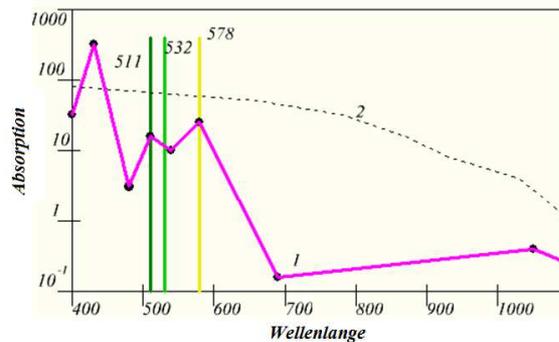


Abb.1 Lichtabsorptionsspektrum der Chromophore: (1) Hämoglobin, (2) Melanin

Wie man aus dem Bild sieht, hat das Absorbierungsspektrum des Hämoglobins drei Höhepunkte und in zwei Fällen generiert der Kupferbromiddampflaser. Diese Wellenlängen sind ideal für die Behandlung der Gefäßkrankheiten. Dabei ist der Gebrauch von lichtempfindlichen Präparaten unnötig.

Zu solchen Lichtquellen wird eine Reihe von Forderungen gestellt, die von dem Charakter und Spezifik der Erkrankung abhängen. Erstens muss das Gerät über eine bestimmte Ausgangskapazität, von 1 bis 2.5 Watt, verfügen. Die dargestellten Angaben hängen von dem Umfang der erkrankenden Gewebe und der für die Prozedur bestimmte Zeit ab. Im Falle von vielen, und insbesondere umfangreich erkrankenden Geweben, kann eine schwache Ausgangskapazität zu einer Verzögerung der Prozedur auf mehrere Stunden führen, dass eine ungünstige Einwirkung auf die Strahlenquelle hat. Außer den elektronischen Parametern spielen auch die optischen Eigenschaften des Bündels eine große Rolle: Energieverteilungsgrad auf dem Bündel, sein Diameter, Divergenz, u.a. muss die Quelle eine lange Betriebsdauer haben. Es sei betont, dass infolge hoher Preise der Lasergeräte und wegen der kurzen Betriebsdauer der Lichtquellen die Selbstkostenpreise für die Behandlung steigen [7].

All diesen oben angeführten Anforderungen entsprechen Laser mit Kupfer-Übergang, im Besonderen Kupferbromiddampflaser, die nicht nur als Lichtquellen gebraucht werden können, sondern auch als Geräte für die Sichtbarmachung der Wechselwirkungsbereiche. Die Generation verläuft in zwei Spektrallinien: grüne mit der Wellenlänge 510,6 nm und gelbe- 578,2 nm. Diese Ausstrahlungen werden durch erregte Kuprumatome emittiert, wenn sie vom Resonanzzustand zu dem metastabilen Zustand übergehen[7-8].

Eine charakterliche Eigenschaft solcher Laser, als ein Vertreter der Gaslaser mit atomarer Gleitschritt, ist die hohe Qualität des Bündels, die nah zu der gebeugten Grenze liegt. Solch eine Qualität kann man nur durch den Gebrauch von einem haltlosen Resonator erreichen. Dieser Laser ist für die Konvertierung zu roten Wellenlängenbereichen mithilfe von verschiedenen Farbstoffen effektiv.

Für einen effizienten Gebrauch der Kupferbromiddampflaser im Bereich der Medizin ist die Entwicklung von Lasern notwendig, die in der Lage sein könnten, die beanspruchende Energie der Ausgangsstrahlen zu verschaffen. Dabei muss die Divergenz sehr klein sein, was mit dem Gebrauch von einem haltlosen Resonator zu verschaffen ist. Die Möglichkeit der Generationssteuerung führt auch zur Erweiterung des Anwendungsbereichs solcher Laser [8].

PFT unterscheidet sich günstig von den traditionellen Behandlungsmethoden der malignen/ bösartigen Tumoren, und auch angeborene Gefäß- Defekte hoher Affektion, das Risikoabwesenheit chirurgischer Eingriffe, schwerer endemischer und systematischer Folgekrankheiten der Behandlung, Möglichkeit einer mehrfachen Wiederholung von medizinischer Behandlung.

Aufgrund der Analyse der im Artikel erwähnten Literaturquellen können die Schlussfolgerungen gezogen werden, dass die PDT eine schonende und relativ neue Behandlungsmethode ist, und dabei über ein breites Anwendungsspektrum verfügt. Man kann dabei vermuten, dass alle oben angeführten Angaben und Ergebnisse mit Hilfe von Gebrauch des Kupferbromiddampflasers verwirklicht werden können. Zur Zeit werden die experimentellen Untersuchungen zu diesem Thema aktiv durchgeführt.

QUELLENVERZEICHNIS:

1. Raab O. Über die Wirkung fluoreszierender Stoffe auf Infusorien Biol.-1900.-39.-524–529.
2. Hayata Y., Kato H. Ableitung von Hematoporphyrin und Laserphotoradiation in der Behandlung des Lungenkrebses//Chest.-1982.-81.-269–277.
3. Hayata Y., Kato H. Laser und Krebstherapie// Gan To Kagaku Ryoho.- 1983.- 10.-1387–1394.
4. McCaughan Jr. J.S., Williams T.E. Photodynamische Therapie für endobronchial bösartige Krankheit: eine zukünftige vierzehnjährige Studie. J. Thorac. // Cardiovasc. Surg.- 1997.-114.-940–946.
5. Betz C.S., Leunig A. Möglichkeiten und Grenzen der Fluoreszenzdiagnostik und photodynamischen Therapie// Springer-Verlag.- 2004.- 175-191.
6. Stranadko E.Ph. Hauptstufen der Entwicklung und moderner Staat der Kunst der photodynamischen Therapie in Russland//Laser Medicine.-2012.-16.- 4-14.
7. Stranadko E.Ph., Arnichev A.V., Geynits A.V. Quellen von Licht für die photodynamische Therapie//Laser Medicine.-2011.-15.- 63-69.
8. Gubarev F.A., Troitskiy V.O., M.V. Trigub M.V., Sukhanov V.B. Gain characteristics of large volume CuBr laser active media // Optics Communications Journal.-2011.- №.284.-p. 2565-2568

Numerical modeling of physical problems with using of Agros2D

Antonina G. Ivanova

Scientific advisor: Vladimir M. Martemjanov, Ph.D., associate professor

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050

E-mail: ivanovatonya@tpu.ru

In recent times numerical modeling has become an essential tool in most branches of science and engineering. In general the term modeling is the process of solving physical problems by appropriate simplification of reality. In engineering, modeling is divided into two major parts: physical/empirical modeling and theoretical/analytical modeling. With the increase in computational technology, many numerical models and software programs have been developed for various engineering problems.

Nowadays, there exist several packages of numerical modeling that allow processing physical problems, mostly in technical domains. They can be divided into two groups – commercial professional codes developed by software companies and used both in

industry and academy, and open source codes developed and used mostly in the academic sphere.

The industrial commercial codes are mostly based on lower-order finite element methods and work with elements of the first and second orders. For example, ANSYS [1], Flux [2], COMSOL Multiphysics [3] and others. A more powerful code in this group is COMSOL Multiphysics.

The open source codes mostly developed in academia groups. For example, FEniCS [4], Sundance [5] and FreeFem++ [6]. These packages are often have rather low user friendliness. Among the open source codes it is necessary to distinguish software Agros2D [7] based on the library Hermes2D [8].

Agros2D is a multiplatform application for the solution of physical problems based on the Hermes library, developed by the group at the University of West Bohemia in Pilsen. Abilities of Agros2D allow making numerical solution of physical fields (single and multi-physics analysis with the possibility of weak and hard coupling) by using complex time-dependent nonlinear solver, steady state, harmonic and transient analysis and particle tracing in electromagnetic fields. Advantages of Agros2D software include user-friendly preprocessor, powerful postprocessor and support for scripting in Python (advanced IDE PythonLab).

Agros2D can be used for solving coupled problems of the following fields: electric currents, electrostatics, magnetic fields, heat transfer, structural mechanics, radio frequency, acoustics, and incompressible flow, mathematics (Laplace, Poisson, Helmholtz, diffusion, convection-diffusion, and wave equation).

One of the main strengths of the Hermes library and Agros2D is an automatic space adaptivity (h, p and hp) algorithm (figure 1 [9]). With Agros2D is also possible use adaptive time stepping for transient phenomena analysis. It can significantly improve solution speed without decreasing accuracy [9].

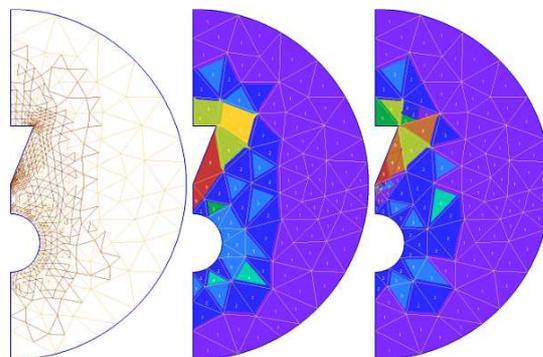


Figure 1 Automatic space and time adaptivity

To sum up, numerical solution of various physical problems can be carried out with using open source code Agros2D. The free latest version of software could be downloaded on the Agros2D website [9]. And video tutorials should help new users to become familiar with Agros2D in a very convenient way.

References:

1. ANSYS. [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.ansys.com>, free
2. CEDRAT Flux. [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.cedrat.com>, free
3. COMSOL Multiphysics. [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.comsol.com>, free

4. Logg A, Mardal KA, Wells GN et al (2012) Automated Solution of Differential Equations by the Finite Element Method, Springer, Berlin. doi:10.1007/978-3-642-23099-8
5. Long KR, Kirby RC (2010) Unified embedded parallel finite element computations via software-based frechet differentiation. SIAM J Sci Comput 32(6):3323–3351
6. FreeFem++. <http://www.freefem.org/ff++>
7. Karban P, et al. Multiplatform C++ application for the solution of PDEs. <http://agros2d.org> (online)
8. Solin P et al (2012) Hermes-higher-order modular finite element system (user's guide). <http://hpfem.org> (online)
9. Agros2D. [Electronic resource]. - Access mode: www.agros2d.org, free.

Die Modellierung der dichten Verpackung der Pulver

Kashirina N.V.

Wissenschaftlicher Betreuer: Khasanov A.O.

Polytechnische Universität Tomsk, Russland, Tomsk, Lenin-Prospekt, 30, 634050

E-mail: nvk2@tpu.ru

Zur Zeit werden die Nanomaterialien aller auf den großen Gebieten der Wissenschaft, einschließlich im kosmischen Gerätebau verwendet. Aus der breiten Auswahl der keramischen Materialien kann man die Materialien bekommen, die über die notwendigen Eigenschaften für die Anwendung in *Raketentechnik* verfügen. Die Nutzung der Nanomaterialien als Zusatz dem industriellen Pulver oder als die Grundlage kann die Eigenschaften der verwendeten Materialien wesentlich ausdehnen.

Für die Prognostizierung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften des Konstruktionsmaterials hat das quantitative Modell der Mikrostruktur des Halbfabrikates die wichtige Bedeutung. Das lässt zu, das Verhältnis zwischen der Porosität und der Koordinationszahl der Verpackung festzustellen. Die reale Mikrostruktur des Halbfabrikates, das der Aufschüttung und dem Pressen bekommen ist, hat den körnigen Bau. Die Struktur der Materialien des körnigen Baus ist es üblich, vom Verpacken der Kugeln zu modeln.

Das eingepackte Teilchen bewegt sich im freien Fallen im Feld der Kraft der Schwere entlang der Achse Z, d.h. die Koordinaten (X0, Y0) bleiben ständig bis zur Berührung mit anderen Teilchen der Verpackung oder mit den Wänden des Bunkers. Kaum stößt sich das Teilchen an die bezeichneten Hindernisse, geschieht nicht elastisch Stoß, und die Sphäre bewegt sich nach der Oberfläche schon der eingepackten Sphären in der Richtung Minimums der potentiellen Energie bis zum folgenden Hindernis. Die optimale Lage "der neuen" Sphäre wird bei der Ausführung der Bedingung der Kreuzung drei Oberflächen (drei Sphären, zwei Sphären und die Ebene, u.a.) oder auf der Oberfläche, senkrecht der Richtung des freien Fallens der Teilchen, zum Beispiel, aufgrund des Bunkers erreicht [1].

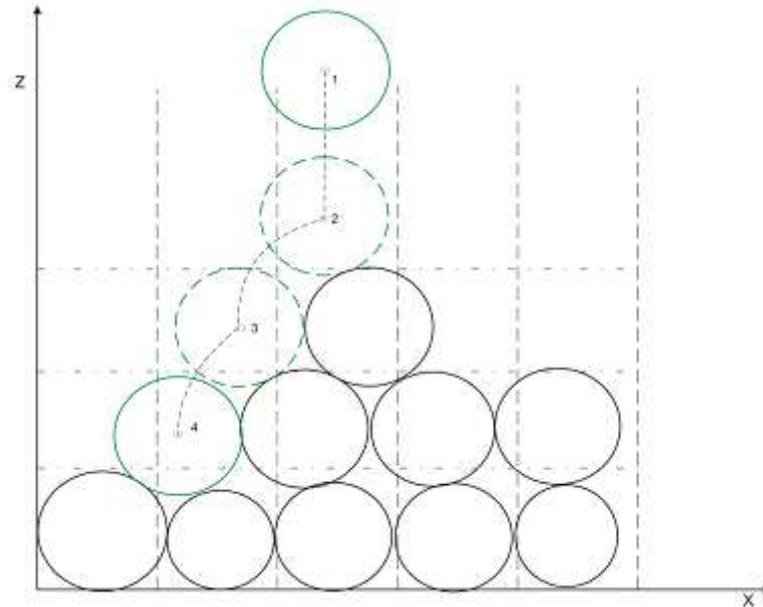


Abb. 1. Die Illustration der Suche der optimalen Lage "des neuen" Teilchens im Laufe der Verpackung (die Projektion an die Ebene ZX).

Auf der Abb. 2 sind die Aufschüttung der Pulver verschiedener Umfänge vorgestellt. Aus der Abb. ist es sichtbar, dass bei *der* Aufschüttung $60\ \mu\text{m}$ (a) in Höhe von 30 Stücke und $5\ \mu\text{m}$ (b) in Höhe von 94857 Stücke die Höhe des Bunkers ungefähr die identische Bedeutung übernimmt. Bei der Aufschüttung der selben Zahl beider Pulver, ändert sich die Höhe des Bunkers, was von der vollen Auffüllung der Pore von den kleineren Teilchen zeugt. Für solches Halbprodukt im Folgenden ist es die kleineren Temperaturen und die Drücke des Sinterns für das Erhalten des Erzeugnisses der selben Dichte erforderlich. Dabei, in einigen Arbeiten [2,3,4] wird die Festigung des Erzeugnisses beobachtet.

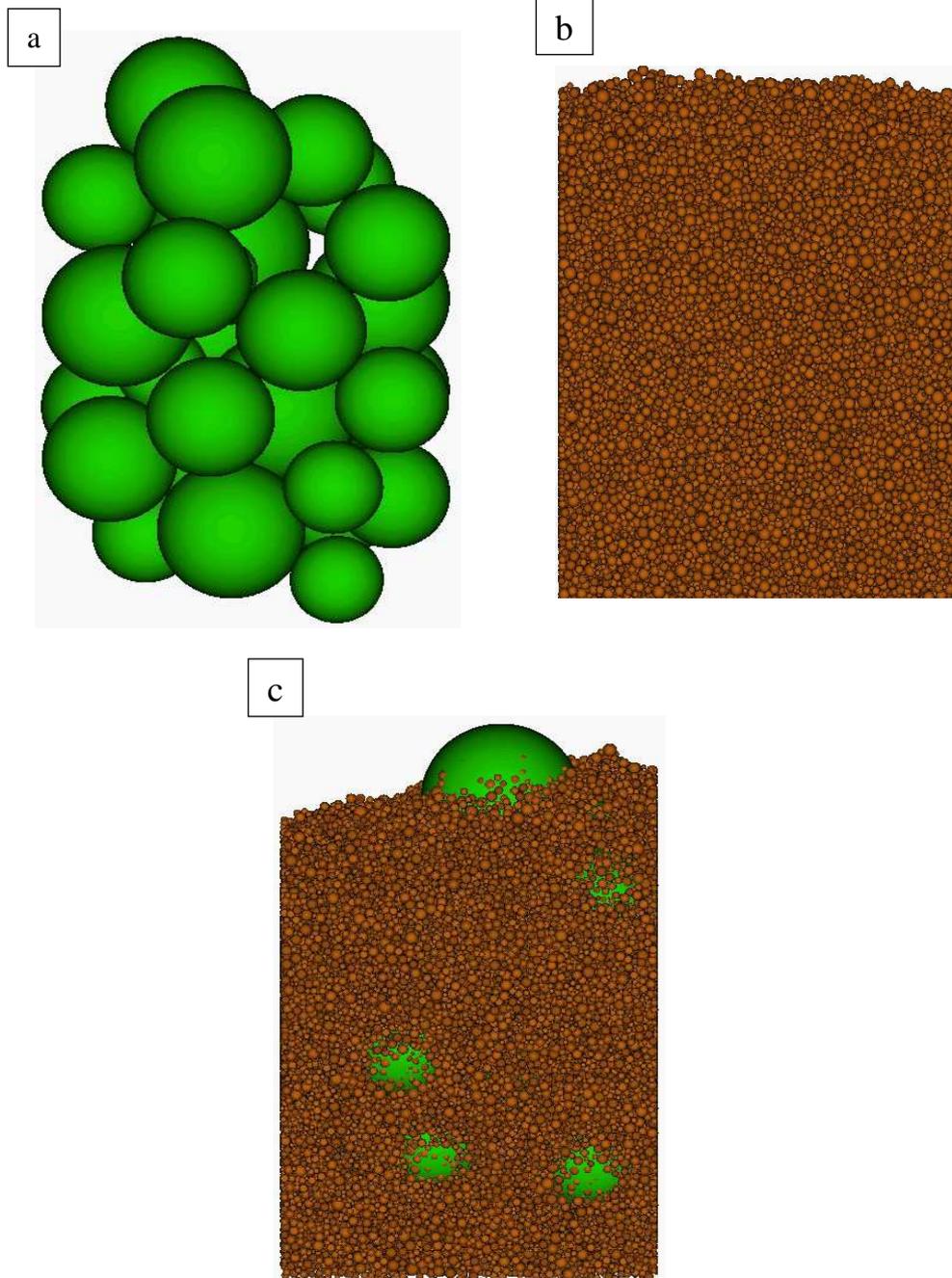


Abb. 2. Die Modellierung der dichten Verpackung bestehend aus: a – 30 Stücke 60 μm , b – 94857 Stücke 5 μm , c - 30 Stücke 60 μm und 94857 Stücke 5 μm (die Massenbeziehung 1:1)

Die Durchführung der Modellierung zu (lässt als Voraussage der Ergebnisse) das notwendige Verhältnis der Pulver für das Erhalten eines bestimmten Ergebnisses zu bestimmen genauer. Außerdem lässt es zu, wie die Zahl der notwendigen Experimente, als auch die Zeit, die auf ihre Durchführung notwendig ist zu verringern.

Quellen:

1. Torquato S. Mean Nearest-Neighbor Distance in Random Packings of Hard Dimensional Spheres// Physical Review Letters. - 1995. - Vol.74. - №12. - p.p. 2156-2159

2. Blinkov I.N., Anikin V.N. Die Nutzung Nanopulver des Borcarbids für die Herstellung der Hochfest- Keramik // Die Sammlung der Thesen der Vorträge der Teilnehmer des Zweiten Internationalen Forums nach den Nanotechnologien.– 2009. – S. 351-352.

3. Khasanov O.L., Dvilis E.S., Khasanov A.O., Bikbaeva C.G., Polisadova V.V., Sokolov V.M., Katschaev A.A., Valova J.V. Die Bestimmung der optimalen Modus der Herstellung der hochdichten Keramik aus dem Pulver des Borcarbids von der Methode des Sinters im Plasma des Ausfunktens // Die Nachrichten der Polytechnische Universität Tomsk. – 2012 – T.320- №2 – S.58-62.

4. Saenko L.V., Omarov G.Sh., Khasanov A.O. Der Einfluss des ultradispersen Zusatzes des Pulvers des Borcarbids auf die Festigkeitseigenschaften der Keramik, die von der SPS-Methode hergestellt ist // Die Perspektiven der Entwicklung grundlegend der Wissenschaften: Die Werke der IX. internationalen Konferenz der Studenten und der jungen Gelehrten. –Tomsk, 2012. – S.197-199.

Modern trends in materials science for the manufacture of parts for space purposes

Andrey A. Kolomeytsev, Stanislav S. Bad'in, Michail K. Kovalev

Supervisor: Kseniya V. Yagodkina, Senior Lecturer

Tomsk Polytechnic University, 30 Lenin avenue, Tomsk, Russia, 634050

E-mail: Kenobi1993@mail.ru

In aviation and astronautics from the 1960s there was an urgent need to provide a strong, light and durable design. Composite materials are used for the production power structures aircraft, artificial satellites, thermal barrier coatings shuttles, space probes. Composites are increasingly used for the manufacture of skins air and spacecraft, and the most loaded force elements.

The main task of the scientists in advanced laboratories - is the development of new materials, resource-efficient technologies and designs for rockets and spacecraft of new generation. They must be reliable, easy and environmentally friendly. We are talking about composite materials – glass-, carbon fiber. Functionalities basic design elements may be different, respectively, need different materials. Then, these structures must be tested in extreme conditions - vibration, the effect of various mechanical factors, pressures, radiation resistance, etc. These indicators and conditions will be simulated on the computer with their account and developed spacecraft structural elements.

By nature of the composite material components are divided into four groups:

- component, containing metals or alloys;
- containing component of inorganic oxide;
- containing component of non-metallic elements;
- component containing organic compounds.[1]

Widespread uses are devices using layering method of creating a physical object to its digital model. 3D printers are created by different technologies, are capable of printing in different ways and with different materials, but it is based on the principle of creating a solid object layer by layer. This technology is widely used at the stage of rapid prototyping and corrections facility design and detail, which is essential to reduce costs in the production of new products. Also extremely high utility of this technology in the manufacture of molds and models foundry. Terms of the model are reduced from several months to 1-2 weeks.

Promising and not yet very developed area of the use of 3D printing is a space instrument. It is still early to talk about high-tech high-precision scientific or military

satellites. However, speaking about the student satellites, this technology can significantly reduce the cost of the device and simplify its manufacture.

Most current models of 3D printers can make products of certain metal alloys and various plastics. Simulate the strength and frequency characteristics of these materials in any CAD system; we can conclude the suitability of a particular material. Thus, even part of body and the fasteners can be replaced by 3D article. Further explore the possibilities of 3D printing allows you to create complex systems. Ideally, in the future nano-satellite will be possible to completely «brand-new " collect on a 3D printer.

Introduction of 3D technology in space instrument can be divided into the following stages:

- Analysis of existing models of 3D printers, classifying them by printing the material and working principle.
- Create 3D CAD models of manufactured parts.
- Calculation of the strength and the frequency characteristics of the model obtained from different materials. Selection of the optimal result.
- Making 3D models.
- Diagnostics (eg vibrodiagnostics) the resulting model . Test the model.

Based on these results will done specific conclusions. While we need only say that the technology is realizable, though, and requires a high initial investment. Do not forget that almost 3D printing can be performed on the orbit itself. This can significantly reduce the need for supply of equipment for the space station.

Development of new materials brings space exploration a qualitatively new level. New materials can facilitate job creation accelerate, install more payload achieve more and better results in experiments. Every dollar invested in materials science pay off hundreds of times in the future. This should be the main argument for investment in this branch of science.

References:

1.ISSN 2223-1471 Композиционные материалы, №08 (79) 2013 г.,10 с.

The main requirements for construction of borehole orientation system

Kuzma A.A.

Scientific advisor: Golikov A. N., associate professor

Tomsk Polytechnic University, 30 Lenin avenue, Tomsk, Russia, 634050

E-mail: nastena@tpu.ru

The development of drilling technology is largely based on the application of new and more improved information and measuring equipment which used in wiring wells. For realization of the perspective species of drilling are required to solve a number of problems: power control of the pipe string movement and its underground navigation and orientation.

The main task of navigation and orientation under the ground is determination of location drill body. Borehole navigation is based on the definition of orientation angles which are obtained from the inclinometric inertial navigation systems (INIS) [1].

In recent years, the gyroscopic orientation systems have obtained the greatest distribution, because the main advantages of such systems, defining their application in downhole navigation systems is immunity to ferromagnetic masses and magnetic anomalies.

During of developing inclinometric inertial navigation systems their size is rigidly limited – typically, for the majority of the tasks the length of the devices does not matter, but the well's diameter is decisive for the choice of scheme and system's sensitive elements.

The second decisive factor during of developing is conditions of its operation: mechanical, climatic and also baric. Values of acting mechanical and climatic factors regulated by GOST 26116-84: propensity to intense vibrations with frequencies which are found in the range from 10 to 300 Hz, with a maximum acceleration of 300 m/s^2 ; significant levels of blows (beats per minute from 10 to 50, with a duration of beats from 6 to 12 ms); the ambient temperature - from minus $40 \text{ }^\circ\text{C}$ to $120 \text{ }^\circ\text{C}$ or more; pressure up to 60 MPa or more.

The list of determined parameters, typically a standard: determination of the zenith angle, the angle of rotation tool and azimuth or course angle. Accuracy requirement for inclinometric inertial navigation systems, especially for gyros, has value between 0,25-1 angular degrees, for storage's accuracy or other way of recreation the indicating inertial direction.

The location of the drilling tool is determined in relation to geographically-oriented coordinate system (CS). The coordinate system origin is located at the wellhead and the coordinates of its axis (well trajectory) are calculated by integrating the corresponding increments along the length of the well. The accuracy of the final result depends on the accuracy of the zenith angle, azimuth's plane inclination of the tangent to the axis of the borehole and removing the measuring point from the wellhead (depth) [2].

For the implementation of geographically-oriented coordinate system, it is necessary that spin axis maintains its direction to the geographic North by the manner of a gyro compass. In this case, the gyroscope is an angular rate sensor (ARS) measures the angular rate of the Earth's rotation on the gyro sensitivity axis [3, 4]. The main varieties of angular rate sensors which are used in the gyroscopic inclinometers are dynamically tuned gyroscope, micromechanical gyroscopes and rotary gyroscopes in gimbals.

For determining a path of the well are mostly used let off gyroscopic system. Advantageous, would be using devices that will work during the entire drilling. Therefore, actual problem today is the creation of reliable sensor for gyroscopic system orientation. It must be workable and maintain their accuracy properties under acting factors in conditions during drilling and during the working of the drilling tool. The solution of this problem will reach a new level in the problems of metrological support of drilling.

References:

1. Golikov A.N., Kuzma A.A., Plehanov M.S. Research design and some elements for gyroscope with gas-dynamic suspension of rotor ball // Scientific and technical journal – Control. Diagnostics №13, 2012.
2. Belyanin L.N. The influence of geometrical errors of installation borehole tool measuring block and centering devices on the accuracy of survey well parameters // Automation and information technology software processes in the oil industry: Collection of reports "Geofit" VNK. V.2. Tomsk: Publishing house of University Press, 2002.
3. Ya.I. Binder, I.Ye. Gutner, A.P. Mezencev, A.A. Molchanov. The modern information-measuring

systems and underground navigation and orientation systems // "Gyroscopes and navigation", Scientific and Technical Journal, 2003, № 1.

4. Belyanin L.N., Golikov A.N., Martem'yanov V.M., Samoilov S.N. The experience of creating gyroscopic inclinometer // Automation and information support processes in the oil industry: Collection of reports "Geofit" VNK. V.2. Tomsk: Publishing house of University Press, 2002.

Globale positionsbestimmungssystem-empfänger für raumfahrtanwendungen

Levanova V.S., Sysa E.A.

Polytechnische Universität Tomsk, Russland, Tomsk, Lenina st., 30, 634050

E-mail: LevanovaV111@sibmail.com

Der Empfänger für globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) ist ein Gerät, das Positionssignale solcher Systeme empfängt. Die meisten Empfänger für den Heimgebrauch waren bis ungefähr 2012 reine Globale Positionsbestimmungssystem-Empfänger (GPS-Empfänger), Empfänger des US-amerikanischen Satellitensystems NAVSTAR GPS. Später gebaute Empfänger sind meistens Multisysteme, mit Stand 2013 werden viele neue Geräte ausgeliefert, welche sowohl GPS als auch GLONASS-Signale empfangen können. Werden Empfänger mit einer elektronischen Karte kombiniert, spricht man von einem Navigationssystem [1].

Das Ziel der Arbeit ist GPS- Empfänger für Raumfahrtanwendungen zu behandeln.

Die Nutzung von raumgestützten GPS-Empfängern stellt heute eine allgemein anerkannte Alternative zu konventionellen Verfahren der Bahnverfolgung künstlicher Himmelskörper dar. Grundsätzliche technische Vorteile liegen dabei in der globalen räumlichen Abdeckung, der erzielbaren Messgenauigkeit und der unmittelbaren Verfügbarkeit von Bahninformation an Bord des jeweiligen Raumfahrzeuges. Maßgeblich für die hohe Akzeptanz des GPS Einsatzes sind aber oft auch finanzielle Erwägungen, obwohl konkrete Angaben über die Gesamtsystemkosten inklusive Anschaffung, Integrationsaufwand und Betrieb praktisch nicht erhältlich sind. Im Rahmen des nationalen deutschen Raumfahrtprogramms wurden (bzw. werden) GPS-Empfänger bisher in den Missionen MIR/MOMSNAV, EQUATOR-S, ABRIXAS, CHAMP und BIRD eingesetzt.

Vor dem Hintergrund dieser Situation hat sich die Gruppe „GPS Technologie und Navigation“ des deutschen Raumflugkontrollzentrums zur Aufgabe gesetzt, den raumgestützten Einsatz von Satellitennavigationsempfängern in deutschen Raumfahrtprojekten mit der vorhandenen Erfahrung zu unterstützen und durch eigene Entwicklungen voranzutreiben. Aktuelle Kernprojekte sind die Beistellung eines autonomen Navigationssystems für die Kleinsatellitenmission Bird sowie der Aufbau eines einfachen und flexiblen GPS Empfängers für den Einsatz auf Höhenforschungsraketen und Satelliten. Die Entwicklung dieses Empfängers sowie die Erprobung in Labortests und Flugexperimenten wird im folgenden näher beschrieben [3, S.1].

Als Basis für die Entwicklung eines GPS-Empfängers für Raumfahrtanwendungen wurde auf den Schaltungsentwurf des GPS-Orion-Empfängers von Mitel Semiconductors [4] zurückgegriffen. Er dient als Prototyp für industrielle GPS-Empfänger auf Basis des GP2000 Chipsatzes von Mitel und wird ergänzt durch das GPS Architect Software Development Kit. Ein wesentlicher Vorteil gegenüber anderen Entwicklungsumgebungen

für GPS Empfänger liegt in der Verfügbarkeit des Quellcodes, was eine grundlegende Voraussetzung für die notwendigen Softwareanpassungen darstellt [3, S.1].

Abb 1 zeigt einen im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) aufgebauten Flugempfänger.



Abbildung 1 GPS Orion Empfänger (IRDT Flugeinheit)

Die eigentliche Empfängerplatine wird durch eine darunter liegende Interfaceplatine ergänzt, die neben einer Spannungsregelung eine Pufferbatterie zum Betrieb der Echtzeituhr und Aufrechterhaltung des nichtflüchtigen Speichers sowie zwei TTL/RS232 Schnittstellenkonverter umfasst. Aufgrund der geringen Größe und der angemessenen Leistungsaufnahme von 2 W stellt der Orion Empfänger einer ideale Ausgangsbasis für Raumfahrtanwendungen dar. Die meisten Funktionen der Interfaceplatine können dabei von unabhängigen Bordsystemen übernommen werden, so dass die eigentlichen Empfängerabmessungen lediglich rund 10 x 5 x 1 cm³ betragen [3, S. 2].

Zur Validierung des Softwarekonzeptes und der Empfängerhardware wurde umfangreiche Tests an einem GPS Signalsimulator durchgeführt, der seitens der Fa. Kayser-Threde GmbH zur Verfügung gestellt wurde. In diesen Tests konnte nachgewiesen werden, dass auch bei hoher Dynamik und nach kurzzeitigen Signalunterbrechungen eine schnelle Akquisition oder Reakquisition gewährleistet ist. Die erste Flugerprobung des GPS Orion Empfängers fand am 19. Februar 2001 im Rahmen des Testflugs einer Improved Orion Rakete in Kiruna statt [3, S.2]. Aufgrund seiner physikalischen Kenngrößen (Volumen, Leistungsaufnahme) empfiehlt sich der GPS Orion Empfänger besonders für Klein- und Mikrosatellitenmissionen mit begrenzten Onboard-Ressourcen. Nachdem die Abrixas-2 Mission im Rahmen des deutschen Kleinsatellitenprogramms zunächst nicht realisiert werden konnte, ist für eine erste Flugerprobung der Einsatz auf dem amerikanischen Radioamateursatelliten PCSat (Prototype Communication Satellite) geplant (Start Aug. 2001). Ferner wird zur Zeit ein Mitflug auf dem von Tubsat abgeleiteten LeonidenInspektor diskutiert [3, S.2].



Abbildung 2 Der Prototype Communication Satellite (PCSat) der US Naval Academy

Die Komponenten des verwendeten GP2000 Chipsatzes sind ausreichend strahlungsfest, um ohne aufwendige Modifikationen einen sinnvollen Einsatz in niedrigen Erdumlaufbahnen (500-800 km Höhe) zu ermöglichen. Berücksichtigt man eine durch die Busstruktur gegebene Abschirmung von typischerweise 3 g/cm² Al, so ist eine mehrjährige Lebensdauer zu erwarten, bevor die gesamte Strahlungs-dosis zu einer signifikanten Degradation der Bauteile führt. Als bedingter Schutz gegen Latch-Up-Effekte ist jedoch eine zusätzliche elektronische Sicherung zur Begrenzung der Gesamtstromaufnahme empfehlenswert [3, S.4].

Vor dem Hintergrund der geplanten Anwendungen liegt der Schwerpunkt der am Raumflugkontrollzentrum (GSOC) durchgeführten Modifikationen des Empfängerdesigns derzeit in der Erweiterung des oben vorgestellten Stützungskonzeptes für orbitale Bahnen. Anstelle von Approximationspolynomen findet eine Verwendung analytisches Bahnmodells, mit dessen Hilfe in einem Hintergrundprozess ungefähre Werte der Satellitenposition und – geschwindigkeit berechnet werden. Damit kann jederzeit eine schnelle Signalakquisition unter Warmstartbedingungen sichergestellt werden, was wiederum einen diskontinuierlichen Betrieb des Empfängers in einzelnen Bahnabschnitten ermöglicht. Angesichts knapper Energiebudgets gängiger Klein- und Mikrosatelliten kann der Einsatz des GPS Empfängers somit auf ein zur Bahnbestimmung notwendiges Minimum reduziert werden [3, S.4].

Zur Verifikation des Konzeptes wurden verschiedene Tests an einem GPS Signalsimulatordurchgeführt, die Zeiträume bis zu 24 h umfassen. Hierbei wurde zum einen die Fähigkeit des Empfängers bestätigt, innerhalb kurzer Zeit (<20 sec) nach dem Einschalten GPS Signale zu akquirieren und gültige Navigationslösungen zu liefern. Darüberhinaus konnte die erzielbare Genauigkeit der Positions und Geschwindigkeitsmessungen durch Vergleich mit der Referenzbahn des (S/A-freien) Simulationsszenarios ermittelt werden. Für die ungefilterten Navigationslösungen wurden dabei Werte von <10 m und <1 m/s demonstriert. Ergänzende Entwicklungsarbeiten für den Satelliten einsatz umfassen die Synchronisierung der Messwerte und Navigationslösung mit den vollen Sekunden der GPS bzw. UTC-Zeit sowie die Generierung eines 1 Hz Taktsignals (pulse per second) zur Zeitverteilung an Bord des Satelliten. Zur Glättung der Pseudoentfernungsmessungen sowie für differentielle Messverfahren ist darüber hinaus die Erweiterung auf Trägerphasenmessungen in Vorbereitung [3, S.4].

Zusammenfassend kann man sagen, dass Entwurf eines GPS Empfängers für terrestrische Anwendungen wurde am Raumflugkontrollzentrum des Deutsches Zentrum

für Luft- und Raumfahrt (DLR) ein Empfänger für den Einsatz auf Höhenforschungsraketen und Satelliten entwickelt. Die vorgestellten Projekte illustrieren das Einsatzspektrum eines GPS Empfängers für Raumfahrtanwendungen ebenso wie den vorhandenen Bedarf für geeignete Geräte innerhalb nationaler Missionen. Durch die enge Einbindung der deutschen Raumfahrtindustrie konnten die erforderlichen Entwicklungsarbeiten zügig durchgeführt und die Ergebnisse einer unmittelbaren praktischen Nutzung zugeführt werden. Zukünftige Arbeiten zielen zum einen auf die volle Operationalisierung des GPS Einsatzes auf Höhenforschungsraketen, zum anderen auf die Erschließung von Satellitenanwendungen nach Durchführung entsprechender Flugexperimente. Als herausragendes Ziel ist dabei die Nutzung als Relativnavigationssensor für den autonomen Formationsflug im Rahmen des GEMINI Projektvorschlags von Astrium und DLR formuliert. Neben der Bereitstellung kostengünstiger GPS Empfänger für nationale Raumfahrtprojekte liefern die durchgeführten Entwicklungen und Erprobungen wesentliche Erfahrungen zur operationellen GPS Nutzung im Raketen und Satellitenbetrieb. Das Raumflugkontrollzentrum des DLR baut damit seine in früheren Missionen gewonnene Expertise weiter aus, und steht Projektwissenschaftlern, Raumfahrtindustrie und Raumfahrtagentur weiterhin als kompetenter Ansprechpartner für dieses Aufgabenfeld zur Verfügung.

Literaturverzeichnis:

1. Empfänger (GNSS) [Электронный ресурс]. – Режимдоступа: <http://de.webblaster.org/de.wikipedia.org/wiki/GPS-Empf%C3%A4nger> (дата обращения 23.02.2014).
2. O. Montenbruck, M. Markgraf, S. Leung. Ein GPS Empfänger für Raumfahrtanwendungen // Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress. – 2001.– С.1-7. [Электронный ресурс]. – Режимдоступа.: http://www.weblab.dlr.de/rbrt/pdf/DGLR_01.pdf (дата обращения 25.02.2014).
3. GPS Architect 12 Channel GPS Development System ; Mitel Semiconductor; DS4605; Issue 2.5, March 1997. [Электронный ресурс]. – Режимдоступа.: <http://www.datasheetarchive.com/GPS%20ARCHITECT-datasheet.html> (дата обращения 27.02.2014).

Marskolonien: Projekt «Mars One» und seine Entwicklungsperspektiven

Marenkova E.V.

Wissenschaftliche Leiterin: Plekhanova M.V., Doktor der Pädagogik, Dozentin
Nationale Polytechnische Forschungsuniversität Tomsk, 634050, Russland, Tomsk,
Lenin-Str., 30

E-mail: eugen.marenckova@yandex.ru

- Du bist entweder ein Verrückter, oder ein Genie
- Das sind aber zwei Extreme eines und desselben Wesens
Der Film «Piraten der Karibik»

Wir leben in der Epoche der Marktwirtschaft, wo Privateigentum, Liberalisierung der Preise und freie Konkurrenz herrschen. Es ist heutzutage eine hohe Unternehmensentwicklung zu beobachten. Die alltäglichen Ideen (die Eröffnung des Cafés, den Fahrräderverleih usw.) ziehen die Unternehmer nicht mehr heran. Sie sehen in

die Zukunft. Die Menschen versuchen voraussagen, welche Businessideen schon in der allernächsten Zeit aktuell sein werden.

Wenn der Mensch über die Zeiten sagt, wenn er Gemüse im Marsgemüsegarten züchten wird, stellen wir seine psychische Gesundheit in Frage. Als dieser Mensch aber die Reihe von Raketen abgesandt hat und alle diese Raketen haben den Mars erreicht, sollten wir schon daran glauben, dass der Mensch ein Genie ist. Darin besteht das ganze Wesen des extremen Unternehmertums: man braucht sowohl den Wahnsinn, als auch die Genialität, um die Welt wirklich verändern zu können und die Grenze zwischen beiden Eigenschaften ist ziemlich vage [1].

Das betrifft auch den bekannten Unternehmer Elon Mask, Schöpfer der Zahlungssystemgesellschaft «PayPal» und zugleich Automiterfinder von «Tesla». Er in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft «SolarCity» transformiert die Energie, die die sonnigen Batterien den Haushalten anbieten. Jetzt beschäftigt er sich mit der Gesellschaft «SpaceX», die 2002 gegründet war. Diese Gesellschaft arbeitet an der Raketenentwicklung, die die Nutzlast in den Kosmos gegen Bezahlung liefern können. Die Benutzung von Masks Raketen ist aber im Vergleich zu den alten Raumfahrzeugen viel günstiger. Im Jahre 2010 wurde «SpaceX» die erste private Gesellschaft, die das Raumschiff auf den Erdorbit gestartet und es wiedergewonnen hat [2].

«SpaceX» ist Partner des großen von Bass Lansdorp gegründeten Projektes «Mars One». Das Projekt hat im Jahre 2011 gestartet. Das Ziel des Projektes ist die Gründung einer Kolonie auf dem Mars, die 80.000 Menschen bewohnen werden. Der Zweck der Projektteilnahme besteht nicht darin, dass man «einen Ausflug» in den Kosmos unternimmt, sondern, dass man dort leben, arbeiten und die Kinder gebären wird [3].

Der ausführlichere Projektpan ist in der Tabelle 1 dargestellt [4].

Tabelle 1

Projektschritte	
Datum	Schritte
2011	Projektstart
2013	Beginn der Astronautenauswahl
2015	Vorbereitung der 24 Kandidaten
2018	Abfahrt der notwendigen Ausrüstung
2020	Abfahrt der zusätzlichen Ausrüstung
2022	6 Ladungenstart: 2 Wohnblöcke, 2 Blöcke mit den Systemen der Lebenserhaltung, 2 Lagerblöcke
2023	Landung der Ladung auf den Mars
2024	Abfahrt der ersten 4 Astronauten
2025	Astronautenlandung
2027	Ankunft der zweiten Gruppe
2035	Koloniebevölkerung soll 20 Menschen erreichen

Vermutlich wird die kleine Gruppe der Menschen (zehn oder weniger) abgesandt, die mit der Rakete zurechtkommen können, die mit dem flüssigen Sauerstoff ausgestattet ist. Ein Ticket auf die Marskolonie wird etwa 500.000 Dollar kosten. Nach den Berechnungen der Organisatoren können etwa 100.000 Menschen aus fast 8 Milliarden Menschen, die auf der Erde leben, die sich ein Ticket für die Marsfahrt leisten können. Das bedeutet, dass es leicht wäre, 80.000 zukünftige Kolonisatoren zu engagieren [5].

2013 hat «Mars One» die Auswahl der zukünftigen Astronauten durchgeführt, die auf die Fahrt, indem sie notwendige Fertigkeiten und Kenntnisse für den langfristigen Verbleib im geschlossenen Raum erwerben werden. Die Gruppen werden aus den Vertretern von beiden Geschlechtern bestehen. Das Mindestalter der Teilnehmer/innen soll 18 Jahre, das Höchstalter ist 65 Jahre betragen. Die Staatsangehörigkeit spielt dabei keine Rolle. Den Vorrang haben die intelligenten, gesunden Menschen mit der wissenschaftlich-technischen Bildung. Zur Bestätigung der ernstesten Absichten von Kandidaten dient die Spende in Höhe von 40 Dollar. Die Spendehöhe hängt von der Staatsangehörigkeit ab.

Im Laufe von fünf Monaten haben sich 202.586 Menschen aus 140 Ländern für die Teilnahme am Projekt angemeldet. Erste Auswahlrunde haben 1.058 Menschen aus 107 Ländern bestanden. Das sind die 297 Bewohner der USA, 75 Kanadas, 62 Indiens, 52 Russlands. In den nächsten zwei Jahren werden noch drei zusätzliche Ausscheidungsrunden durchgeführt. Es wird geplant, dass bis zum Jahre 2015 6-10 Gruppen mit vier Menschen engagiert werden [4].

Zusammenfassend lässt sich Folgendes sagen, ungeachtet der großen Menge der konservativen Meinungen interessieren sich die Menschen für die innovativen Projekte immerhin und sie wollen sie auf sich selbst erproben. Aber es soll auch betont werden, dass die Aufwände (sogar auch finanzielle) für die Teilnahme an ähnlichen Experimenten ziemlich hoch sind. Es entsteht dabei auch die Frage, ob dieser Wirtschaftsbereich wirklich erfolversprechend ist. Die Fachkräfte behaupten, dass der große Teil der Erdbevölkerung bis jetzt so arm lebt, dass man keine Bildung und keine Versicherungen hat. Die Frage, ob die Menschheit zur Zeit bereit ist, noch die neuen Planeten zu besiedeln, ist heute offen.

Quellenverzeichnis:

1. Hi-Tech News. Elon Mask und seine Mission zum Mars [Электронный ресурс]. URL: <http://hi-news.ru/space/intervyu-elon-mask-i-ego-missiya-na-mars.html> (дата обращения: 25.02.14).
2. Freie Enzyklopädie «Wikipedia» [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/SpaceX> – SpaceX (дата обращения: 20.02.14).
3. Kanal «Youtube». Erste menschliche Kolonie auf dem Mars [Электронный ресурс]. URL: <http://www.youtube.com/watch?v=rGSCHeCW6LI> (дата обращения 27.:02.14).
4. Freie Enzyklopädie «Wikipedia» [Электронный ресурс]. URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Mars_One – Mars One (дата обращения: 17.02.14).
5. Hi-Tech News. Elon Mask plant die erste Kolonie auf dem Mars zu gründen [Электронный ресурс]. URL: <http://hi-news.ru/space/elon-mask-planiruet-osnovat-pervuyu-koloniyu-na-marse.html> (дата обращения: 25.02.14).

Stabilisierung der satelliten im raum

E.L. Pochukhneva

Wissenschaftlicher Betreuer: A.N. Gormakov

Sprachbetreuer: E.A. Sysa

Tomsk Polytechnische Universität, Russland, Tomsk, Lenin Straße, 30, 634050

E-mail: pazitivvchik93@mail.ru

Stabilisation (bisweilen auch Lageregelung) dient dazu, dass Raumflugkörper (Raumsonden, Satelliten, Raumschiffe) in einer bestimmten Richtung ausgerichtet bleiben, damit sie ihre Aufgabe erfüllen können.

Das Ziel der Arbeit ist die Methoden zur Stabilisierung der Satelliten im Raum zu behandeln.

Es gibt drei Hauptmethoden, die räumliche Orientierung von Satelliten oder Raumsonden langfristig zu stabilisieren: mittels Gravitations-Gradient, durch Rotation (Spin) oder durch massive Trägheitsräder. Demgegenüber kann über ein Kreiselinstrument die Lage nur mittelfristig geregelt werden, da über die Zeit eine Kreiseldrift auftritt [1].

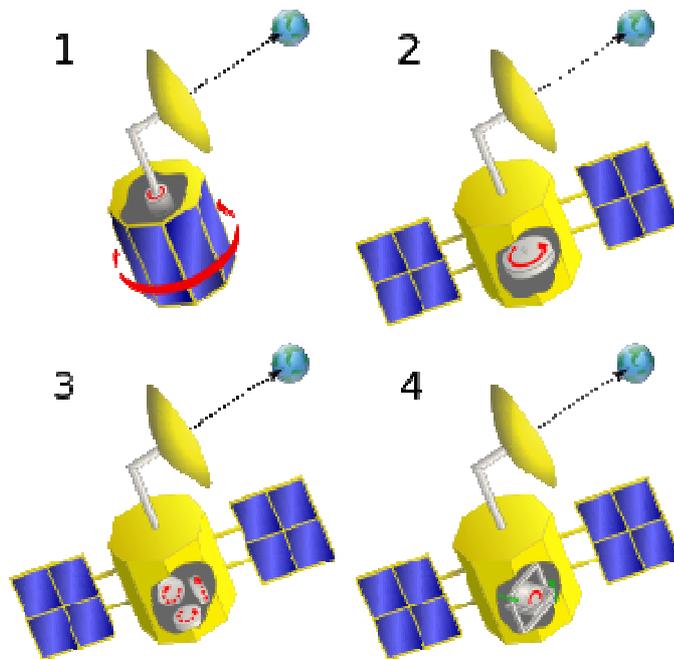


Abbildung 1 Vergleich der Methoden zur Lageregelung von Raumfahrzeugen: Satellitenspin (1), Drallstabilisation (2), Reaktionsschwungräder (3) und Momentenkreisel (4)

Weiter wird die 1. Methode der Gravitationsstabilisation beschreibt. Über einen räumlich ausgedehnten Körper verändert sich das Gravitationsfeld (der Gradient des Feldes ist ungleich Null). Dadurch wirkt am Raumflugkörper näher am umkreisten Himmelskörper eine stärkere Gravitationskraft als am fernerem Ende des Raumflugkörpers. Das Gravizentrum (der eigentliche „Schwerpunkt“) ist nicht mehr identisch mit dem Massenmittelpunkt. Als Resultat wirkt ein Drehmoment auf den Raumflugkörper. Erst wenn sich der Massenmittelpunkt und das (zeitlich veränderliche)

Gravizentrum in einer Linie senkrecht zum Himmelskörper ausgerichtet haben, wirkt keine gravitative Störung mehr. Ist der Satellit so entworfen, dass diese Lage dem Sollzustand entspricht und Lageveränderungen durch die gravitative Störung ausgeglichen werden, spricht man von einer Gravitationsstabilisation [1].

Die 2. Methode – die Spinstabilisation nutzt den Effekt aus, dass sich ein um seine Längsachse rotierender Raumflugkörper wie ein Kreisel verhält und deshalb normalerweise nicht aus seiner Lage im Raum gebracht werden kann. Dies verleiht genügend Stabilität um die beiden zur Rotationsachse senkrechten Achsen. Die Stabilisierung um die Rotationsachse erfolgt durch Drehzahländerung und dem damit verbundenen Reaktionsmoment. Die Spinachse kann nur schwer durch Steuerungstriebwerke beliebig im Raum ausgerichtet werden. Ein weiterer Nachteil ist, dass nur jeweils die Hälfte der an der Außenhülle angebrachten Solarzellen von der Sonne beschienen werden [1].

Bei der Drallstabilisation (die 3. Methode) dreht sich nicht der ganze Raumflugkörper um seine Achse, sondern ein Trägheitsrad im Innern des Raumflugkörpers. Das Trägheitsrad ist ein dauernd schnell drehender massereicher Körper, dessen Achse gegenüber dem Raumflugkörper unbeweglich ist. Die so erzeugte Kreiselkraft stabilisiert den Raumflugkörper. Zur Stabilisierung genügt ein einziges Drallrad, wegen der Ausfallsicherheit haben manche Raumflugkörper jedoch mehrere [2].

Der Vorteil der Drallstabilisation ist, dass der Raumflugkörper fest ausgerichtet werden kann, um Antennen zur Erde, Solarpanels zur Sonne oder Beobachtungsinstrumente zum Zielobjekt auszurichten. Auch bei dieser Stabilisierungsart kann der Raumflugkörper und damit auch die Achse des Drallrades von Steuertriebwerken beliebig im Raum gedreht werden. Die Steuerdüsen werden auch dazu verwendet, die Drift bei konstant einwirkenden Störmomenten von Zeit zu Zeit zu korrigieren. Im Englischen wird dies als biased momentum system oder momentum-bias system bezeichnet [2].

Die nächste Methode – die Dreiachsenstabilisation ist mit der Drallstabilisierung eng verwandt, jedoch um einiges präziser. Bei ihr stellen Sensoren die Lage im Raum gegenüber der Sonne und dem umkreisten Himmelskörper fest. Die so ermittelten Daten werden in Steuerungsbefehle umgewandelt und von Steuerdüsen und Reaktionsschwungrädern dazu verwendet, den Raumflugkörper in die gewünschte Lage zu drehen [2].

Lageregelungssensoren dienen der Bestimmung der Ausrichtung des Satelliten/Raumfahrzeugs im Raum. Man unterscheidet absolute Sensoren und inertielle Sensoren [3].

- Sternensensor;
- Sonnensensor;
- Erdsensor;
- Magnetfeldsensor (Magnetometer).

Inertielle Sensoren:

- Kreisel;
- Beschleunigungsmesser .

Die Stabilisierung der Satelliten ist auf dem Gebiet der Raumfahrtindustrie wichtig. Die Berechnung der Satellitenflugbahn hat bei der Wahl der Methoden ihrer Stabilisierung im Raum die wichtigste Bedeutung.

Quellen:

1. Stabilisation. [http://de.wikipedia.org/wiki/Stabilisation_\(Raumfahrt\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Stabilisation_(Raumfahrt)) - (18.02.2014).
2. Drallstabilisation. <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/1319477> - (23.02.2014).
3. Attitude Determination and Control System. http://de.wikipedia.org/wiki/Attitude_Determination_and_Control_System - (25.02.2014)

Threshold voltage sensing in the power supply of the spacecraft

I.S. Reshetov

Scientific supervisor: D.A. Pestunov, Ph.D.

Linguistic advisor: T.S. Mylnikova, Senior Lecturer

Tomsk Polytechnic University, 30 Lenin Avenue, Tomsk, Russia, 634050

E-mail: resh-iv@mail.ru

Designing schemes for spacecrafts, engineer-designers face some challenges since space electronic components are exposed to specific impacts of environment, such as temperature extremes, humidity and radiation. To protect the scheme, the components with the marking code E meeting the quality standards with (temperature range from -55 to $+125^{\circ}\text{C}$) are used.

The integral part of a spacecraft is the module of automatic equipment and voltage stabilization, which supplies voltage to power modules. For effective regulation of voltage, the high-voltage rail is to be connected to the low-voltage logical interface of management with the logical levels of 5 V or 3.3 V. In that case, there should be an isolation barrier between a high-voltage bus and a low-voltage one. Conventionally, transformers, electro-mechanical relays and capacitors are used to make the galvanic outcome. There is an alternative way – to use an optocoupler.

The advantages of optocouplers are as follows: small size, high reliability, and a wider range of working frequencies.

To connect the buses, it is necessary to find the exact value of the entrance signal threshold which will correspond to logical "1". Using HCPL-5761 optocoupler, it is possible to determine the specified switching level having picked up only one external resistor. This chip is also a radiation resistant chip for space application, and its temperature range varies from -55 to 125°C .

At the entrance of HCPL-5761 optocoupler there is a two-half-period bridge rectifier, the integrated scheme of the threshold detector with a hysteresis for providing high noise stability and a high efficiency light-emitting diode (Fig. 1). The output cascade consists of an integrated photo diode from which the signal arrives in the amplifier with high coefficient of strengthening, made in compliance with the Darlington circuit with an open collector.

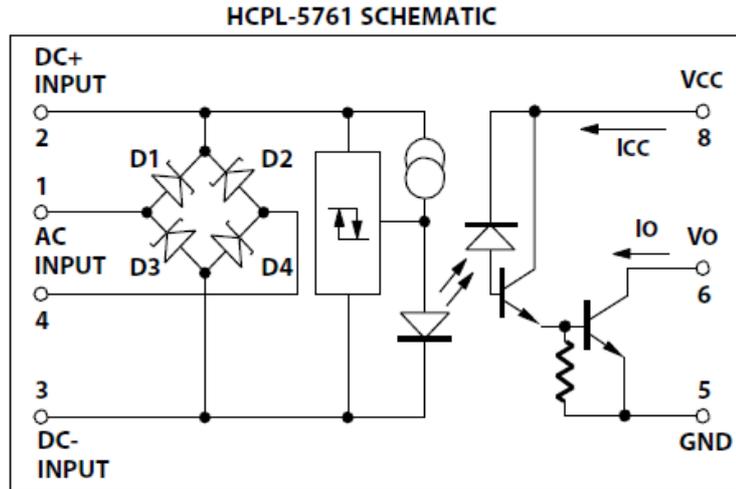


Figure 1 Block Diagram of the HCPL-5761 AC/DC Threshold Detector

Consider application of HCPL-5761 optocoupler. Assume the voltage of the input bus is 100 V and the threshold level of a signal corresponds to logical "1". The circuit on the basis of the HCPL-5761 optocoupler is shown in Fig. 2.

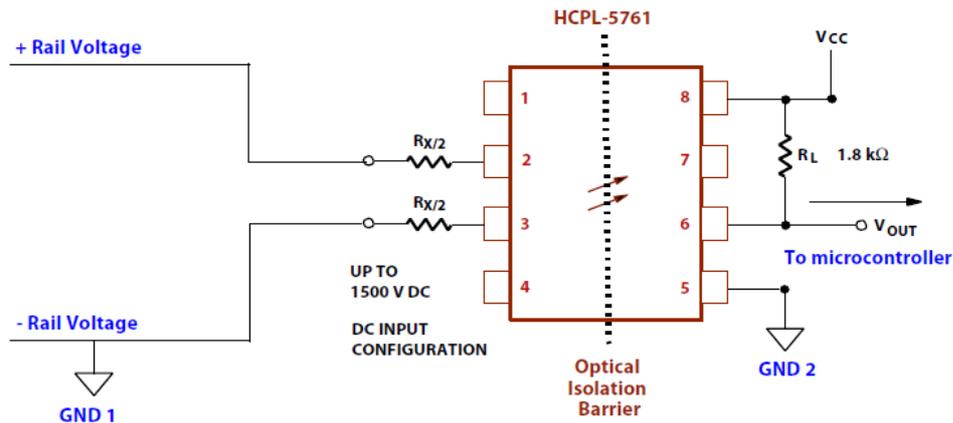


Figure 2 DC Bus Voltage Detection using the HCPL-5761

The characteristics to perform calculations are taken from technical documentation of the HCPL-5761 optocoupler.

- Input Threshold Current, I_{TH+} 2.5 mA;
- Input Threshold Current, I_{TH-} 1.3 mA;
- Input threshold Voltage DC, V_{TH+} 3.6 V;
- Input threshold Voltage DC, V_{TH-} 3.0 V.

For threshold value of 90 V it is necessary to calculate resistance of the external R_x resistor.

$$R_X = (V - V_{TH+}) / (I_{TH+}) = (90 - 3.6) / (2.5) = 34.56 \text{ k}\Omega$$

To increase resistance to inphase hindrances and to establish an equal impedance on entrance contacts 2 and 3, it is recommended to connect the resistor with the resistance of $R_x/2$ (17.28 k Ω) to each of the entrance contacts.

The resultant lower threshold level (V_-) in view of a hysteresis of an entrance circuit of the HCPL-5761 optocoupler is calculated as:

$$V_- = I_{TH-} \cdot R_X + V_{TH-} = 1.3 \times 34.56 + 2.5 = 47.428 \text{ V.}$$

Now, we will calculate the required power of the external resistor (R_X).

The maximum power disseminated on R_X depends on the results of the inequalities given below (V_{IHC3} — this entrance voltage of restriction for a case with constant entrance voltage):

$$(V_+) / (V_{peak}) > (V_{TH+}) / (V_{IHC3}) \quad (V_{IN} \text{ will not clamp})$$

$$(V_-) / (V_{peak}) < (V_{TH+}) / (V_{IHC3}) \quad (V_{IN} \text{ will clamp})$$

Since $90/100 > 3.6/12$, the input will not clamp.

Since the output stage of the HCPL-5761 is an open collector stage, a pull-up resistor is required to make the optocoupler switch. An output pull-up resistor of $1.8 \text{ k}\Omega$ is consistent with the gain and current transfer ratio of the optocoupler when the output V_{cc} is 5 V .

References:

1. Using Hermetic Optocouplers in Military and Space Electronics// Avago Technologies, 2010, 18 p.
2. HCPL-576x* AC/DC to Logic Interface Hermetically Sealed Optocouplers, Data sheet, 10 p.
3. Radiation-Hardened and Radiation-Tolerant Components for Aerospace Applications [electronic resource]. (retrieved 28.03.2014, from <http://www.electronics-vision.com>)

Metrological characteristics and testing of MEMS gyroscopes

Soltanova D. G.

Scientific advisor: Borikov V. N., Dr.Sci.Tech, professor

Linguistic advisor: Chudinova A.I., senior teacher

Tomsk Polytechnic University, 30 Lenin Avenue, Tomsk, Russia, 634050

E-mail: DianaSol@sibmail.com

Transformation of angular rate in electrical signal is a necessary task for spacecraft positioning stabilization. It is performed by using gyroscopes.

There is a big variety of angular rate sensors today. There are three basic types of gyroscopes: rotary, vibrating structure and optical gyroscopes.

The wide range of gyroscopes is done in MEMS (microelectromechanical system) technology today.

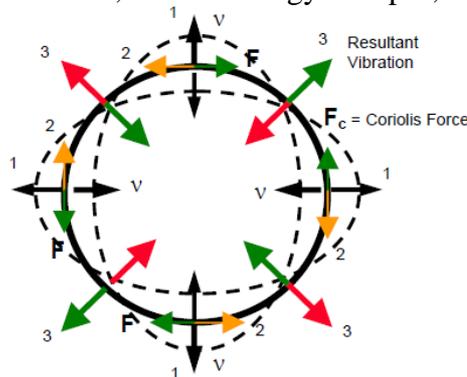
The aim of this article is to examine features of MEMS-gyroscopes, navigation systems based on it and the methods of testing for gyroscopes.

Using MEMS devices has many advantages: small size and weight, low price and power consumption. It causes broad application of micro gyroscopes in navigation systems.

MEMS angular rate sensors use silicon micromechanical ring that works on the base of Coriolis effect. Usually the ring has the width of about $6 \text{ m}\mu\text{m}$ and the external diameter of 1 mm . Electrodes are located on the ring external diameter. Fixed bias is given to the half of electrodes and this bias causes ring vibration during rotation. Oscillation amplitude and angular rate are determined via the change value of the capacity of condensers that are

formed by the second half of electrodes. Resolution of such devices reaches 0,01 °/s in band 10 Hz [1].

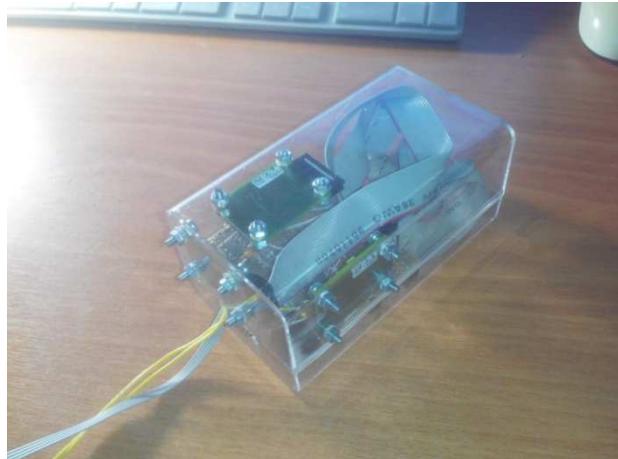
The principle of work for CRG20, one of such gyroscopes, is shown in picture 1 [2].



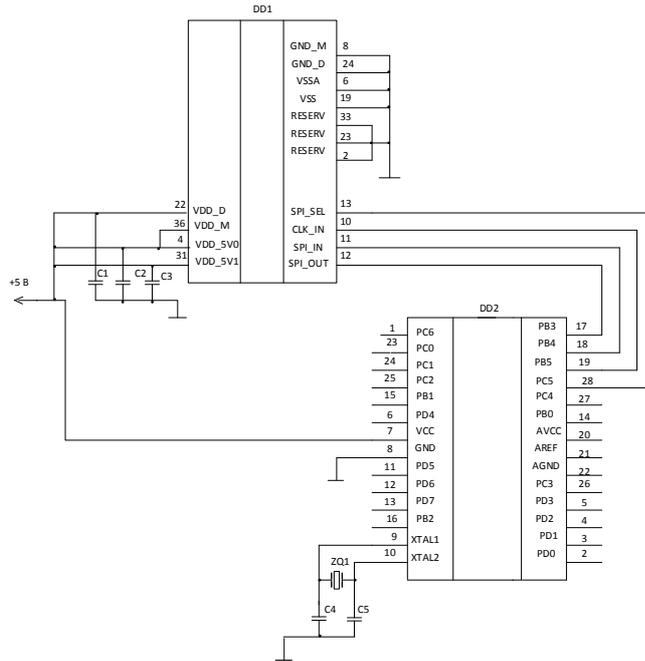
1 – the direction of ring fluctuations in natural state;
 2 – the direction of the Coriolis force;
 3 – the direction of a resultant vibration.
 Picture 1 The principle of gyroscope work

As the ring oscillates in its natural state the ring moves in direct way. When the gyro is turned, the Coriolis force is perpendicular to ring movements. This causes the resultant vibration of 45° out of alignment with the primary vibration. The force required for complete null of this resultant vibration is directly proportional to the angular rate [2].

It is possible to create a simple navigation system via using microcontroller Atmega 8. The layout of the system is shown in picture 2 and the scheme is described in picture 3.



Picture 2 The layout of navigation system



Picture 3 The principle scheme of navigation system

Characteristics of navigation systems in measuring angular rate are determined by the characteristics of gyroscopes: measurement range, the number of sensing axes, nonlinearity, working temperature range, shock survivability, bandwidth, angular random walk (ARW), bias, bias drift, bias instability [2].

Some characteristics of gyroscope CRG20 are presented in table 1 [2].

Table 1 Characteristics of gyroscope CRG20

Parameters of digital interface	Conditions	Value
Scale factor nominal		0.03125 °/s/bit
Full scale range		±300 °/s
Scale factor over temperature	Over full operating temperature range	±2 %
Bias over temperature	Over full operating temperature range	±2.50 °/s
Bias switch on to switch on repeatability		0.07 °/s 1σ
g sensitivity (0±30 g range)		±0.10 °/s/g
g ² sensitivity (0±30 g range)		±0.005 °/s/g ²
Parameters of analog inputs		
Offset error	T = 25°C, V = 5 V	±32 mV
Scale factor error	T = 25°C, V = 5 V	2.5 %
Scale factor error stability	V = 5 V	±0.7 %

The main error of CRG20 can be estimated via parameters of analog inputs. Total resultant absolute error consists of additive component (offset error) and multiplicative component (scale factor error and scale factor error stability). If millivolts and percent will be transformed in degrees a second, expression for total resultant absolute error will have next view:

$$\Delta = \pm [1,2 + (0,032) \cdot X_m],$$

where Δ - total resultant absolute error, °/s;

X_m – angular rate measured with CRG20, °/s.

Moreover, it is clear according to table 1 that scale factor and bias depend on temperature. Bias can also be changed because of calibration errors switch-on to switch-on, bias drift, effects of shock (g level). All this characteristics are additional errors appeared, when one or several of the influence quantities change. Therefore, there are considered high G-shock impact, vibration and temperature test in this paper.

Values of characteristics should be tested in conditions of gyro work. Microelectromechanical devices are often used in harsh conditions: high temperature, pressure, humidity, corrosive gases or liquids, dust, high power density, mechanical shocks and vibration, intensity of magnetic and electrical fields, radiation, and others [3]. To make reliable conclusion it is necessary also to control a gyro before and after experiment.

G-shock impact test

G-value is the value of acceleration due to gravity so +1G is equal approximately to an acceleration of 9.82 m/s^2 . As a rule, MEMS-gyros have small weight and shock impact is not so damageable for it. However, material can crack and small parts can be chipped away. It breaks down sensor operating.

There are standards for board-level drop tests standardized by the Joint Operation Electronic Devices Engineering Council (JEDEC). The exposure of MEMS devices and components to shock environments can occur during assembly, fabrication or operation.

Shock duration varied from 40 to 3000 μs during impact examination from 20 G's to 120 G's. Placing of damping material between a mounting surface of a sample can more than halve the shock impact loading within a MEMS device in a drop test. [3].

Vibration test

Vibrations can cause high alternating stresses that produce fatigue failure in MEMS gyroscopes. Usually the ideal model of vibration sources in examinations has periodic and sinusoid character. Vibration tests are usually performed in an environment that has a certain peak amplitude, acceleration and certain spans frequencies.

Many vibration parameters changed in the results of vibration test with accelerations from 6G up to 120G including, first of all, acceleration of vibration (G-value) and spanned frequencies (Hz) [3].

Temperature test

The effects of the temperature environment can be an imperious source of error in micromachined devices. There are several types of temperature tests: constant temperature, temperature shock, thermal cycling, humidity and condensation tests. Testing of MEMS accelerometers and gyroscopes can be done at elevated temperatures with a tilting or rotating device to get acceleration or angular velocity data.

It was noticed in examinations that temperature fluctuations often cause low frequency noise. Effect of temperature is also seen as a drift in angular velocity [3].

In conclusion it is possible to say that it is necessary to perform the examination of gyroscope and its metrological characteristics in conditions of gyro operating for the provision of navigation system accuracy and its correct work.

References:

1. Vasenkov A., Yepifanova V., Yuditsev V. Microelectromechanical systems. It's high time for appearing – [Electronic resource in Russian]. – Access mode: <http://www.electronics.ru/issue/1998/5/12/> - 27.02.14.

2. Silicon Sensing. CRG20 Digital Angular Rate Sensor [Electronic resource]. – Access mode: http://www.willow.co.uk/html/components/com_virtuemart/shop_image/product/Angular%20Rate/pdfs/CRG20%20-%20Specification%20-%20Rev9.pdf – 07.02.14.

3. Hyvönen H. Thermomechanical and mechanical characterization of a 3-Axial MEMS gyroscope [Electronic resource]. – Access mode: <http://lib.tkk.fi/Dipl/2011/urn100509.pdf> - 17.02.14.

Possible application of eddy current measurements for space-qualified medical equipment to diagnose otitis

Svintsova E.A.

Scientific instructor: Milyaev D.V., Ph.D., Associate Professor

Linguistic consultant: Shepetovsky D.V., Senior Teacher

Tomsk Polytechnic University, 30 Lenin Avenue, Tomsk, Russia, 634050

E-mail: katya_svincova@mail.ru

Humans have been continually present in space for 13 years and 149 days on the International Space Station. The first manned spaceflight was launched by the Soviet Union on 12 April 1961 as a part of the Vostok program, with cosmonaut Yuri Gagarin aboard.

As of 2013, human spaceflights are only launched by the Soyuz program conducted by the Russian Federal Space Agency and the Shenzhou program conducted by the China National Space Administration. The United States lost human spaceflight launch capability upon retirement of the space shuttle in 2011 [1].

In recent years there has been a gradual movement towards more commercial means of spaceflight. The first private human spaceflight took place on 21 June 2004, when Space Ship One conducted a suborbital flight. A number of non-governmental startup companies have sprung up, hoping to create a space tourism industry. NASA has also tried to stimulate private spaceflight through programs such as Commercial Crew Development (CCDev) and Commercial Orbital Transportation Services (COTS). With its 2011 budget proposals released in 2010 [2], the Obama administration moved towards a model where commercial companies would supply NASA with transportation services of both crew and cargo to low Earth orbit. The vehicles used for these services would then serve both NASA and potential commercial customers. NASA intended to spend \$6 billion in the coming years to develop commercial crew vehicles, using a model similar to that used under COTS [3].

During long missions, astronauts are isolated and confined into small spaces. Depression, cabin fever and other psychological problems may impact the crew's safety and mission success.

Astronauts may not be able to quickly return to Earth or receive medical supplies, equipment or personnel if a medical emergency occurs. The astronauts may have to rely for long periods on their limited existing resources and medical advice from the ground. Space tourists receive less serious training before their flight into space, so overload applied to the tourist's body is higher than that astronaut.

One of the most frequent diseases in astronauts is otitis. Barometric trauma is one of the major risk factor for a middle ear infection. The pressure in the middle ear rises when the airplane you are travelling on descends or when you ascend while scuba diving. If the

eustachian tube is not open, the pressure in the middle ear cannot be equalized, and thus, may cause injury, which increases the risk of an acute ear infection.

Currently, the main method for the diagnosis of otitis media (OM) is pneumatic otoscopy. Pneumatic otoscopy remains the standard examination technique for patients with suspected OM. In addition to a carefully documented examination of the external ear and tympanic membrane (TM), examining the entire head and neck region of patients with suspected OM is important.

Every examination should include an evaluation and description of the following 4 TM characteristics:

- Color – A normal TM is translucent pale gray; an opaque yellow or blue TM is consistent with middle ear effusion (MEE);
- Position – In AOM, the TM is usually bulging; in OME, the TM is typically retracted or in the neutral position;
- Mobility – Impaired mobility is the most consistent finding in patients with OME;
- Perforation – Single perforations are most common.

Adjunctive screening techniques for OM include tympanometry, which measures changes in acoustic impedance of the TM/middle ear system with air pressure changes in the external auditory canal, and acoustic reflectometry, which measures reflected sound from the TM; the louder the reflected sound, the greater the likelihood of an MEE.

Besides the described methods for otitis monitoring, there is a method based on using eddy currents. Onset of eddy current diagnosis was related to the requirements of contactless methods of studying human organs and tissues. Among these methods we may name dielectrography (contactless electroplethysmography), contactless registration of mechanical manifestations of cardiac activity (kinetocardiography, venography), the measurement of blood flow through the peripheral part of the body (microwave radiometry, electromagnetic flowmeters, especially applied to blood flow measuring), etc. Not all developments reached the level of commercially-produced devices. This is largely due to the complexity of the technical solutions, the need for superconducting sensors or screened examination rooms.

A considerable volume of Russian and foreign research is dedicated to various applications of non-contact eddy current probes (ECP). Eddy current method is widely used in nondestructive testing of materials and products, as well as in medicine and biology [4, 5, 6, 7, 8].

When the location of the eddy current sensor transducer on the study area, it exposed to the exciting field induced eddy current density is determined by the conductivity of the investigated area. In cases where pathological content of the sinus (exudate, cyst, etc.) increases the electrical conductivity of the study area, it increases the density of the eddy currents measured.

Eddy current method of diagnosis is based on the analysis of the interaction of the external electromagnetic field with the electromagnetic field of the eddy currents induced in complex semiconducting media, such as human tissues, with a source of energizing field.

Living tissue can be divided into three groups according to their conductive properties which largely depend on water content: liquid suspension of cells and the protein molecules in the electrolyte solution (blood, exudate, cystic fluid), a similar suspension in the compressed state (muscles, polypous tissue, etc.) and low water-content

tissues (adipose tissue, bone tissue). Cells, colloidal particles, and other protein molecules microparticles being suspended in an electrolyte solution, obtain the electrical dipole moment. Electric charges in the tissues are as well represented with the water dipoles and electrolyte channels [5, 9]. Two basic processes will take place under the influence of alternating electromagnetic fields in the biological environment: the oscillations of free charges and dipole molecules rotation in accordance with the frequency of the electromagnetic field. Since the medium has some electrical resistance and viscosity, both of these processes are associated with the electromagnetic field loss. In the first case, such losses are called the conduction losses in the second – dielectric losses. Loss values and their share in the total absorption of the field energy depends, firstly, on its electrical parameters: conductivity and dielectric constant, and secondly, the frequency of the acting electromagnetic field.

When an external electromagnetic field is applied to a biological media, at a certain frequency the molecules can no longer follow the changes in the field and an eddy current is induced in the medium. Polarization processes and induced eddy currents (medium reaction) cause distortion of the electromagnetic field. Measurement of the perturbed field or reaction experienced by the source of the field, can give us some properties of the medium.

In order to estimate the reaction experienced by the energizing source of the electromagnetic field, it is necessary to carry out a theoretical study of the interaction between this field and the semiconducting biological environment.

Parametric eddy current transducer (ECT) overlay type were considered as a source of energizing electromagnetic field. Depending on the type of disease, abnormal sinus is filled with content that is characterized by certain values of electrical conductivity σ and permittivity ϵ .

In the future the device for diagnosis of otitis media will be manufactured, having the following structure:

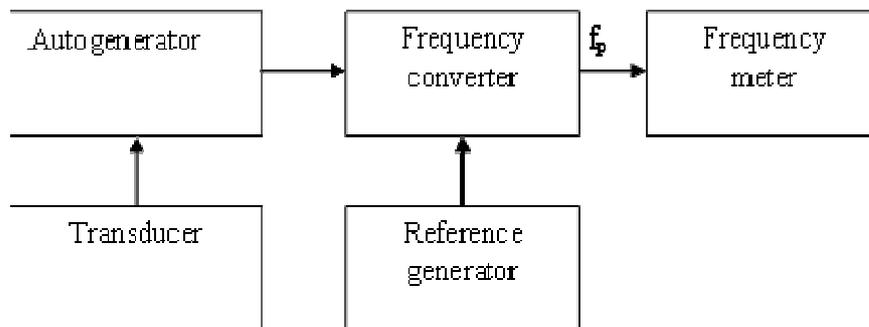


Figure 1 Diagnostic device for otitis

Principle of operation: an inductor included in the oscillator circuit, wherein the oscillator operates at a frequency:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

If the inductor L is extended with an increment ΔL , the frequency $f + \Delta f$ equals to:

$$f + \Delta f = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L + \Delta L)C}}$$

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{1}{2} \frac{\Delta L}{L}$$

Thus, the oscillator frequency is halved in comparison to the value of L.

A double generator circuit is constructed according to this scheme to control the change of Δf and subtract the initial frequency using two generators – a reference generator which can be initially tuned to a frequency of the measuring generator. Therefore, in the absence of otitis media the mixer unit outputs frequency of zero.

The main advantages of this method are as follows: a large penetration depth in human tissue, portability of the device, speed of measurement, no harmful effects on the body, low costs, low mass, simplicity of measurements, which can be performed and interpreted by a personnel without special training, operates independently of gravity level. All these are important factors for medical equipment in space.

References:

1. Wikipedia. [Electronic resource]. - Access mode: en.wikipedia.org, free. - Title screen.
2. "FY 2011 Budget". NASA. [Electronic resource]. - Access mode: web.archive.org, free. - Title screen.
3. "Mission Directorate: Exploration Systems". NASA. [Electronic resource]. - Access mode: web.archive.org, free. - Title screen.
4. Дорофеев А.Л., Казаманов Ю.Г. Электромагнитная дефектоскопия. - М.: Машиностроение, 2006. - 323с.
5. Зиновьева Л.А., Авдеева К.Д. Определение диаграмм направленности высокочастотного вихретокового преобразователя, расположенного над полупроводящей средой // Магнитные и электромагнитные измерения: Сборник научных трудов. - Омск, 1983. - С.88-91.
6. Patent 2055206 UK, IPC A61B 4/02. Physiological measurement device // B.I. - 1981. - №1.
7. Patent 4638932 US, IPC A61B 5/05. Method and apparatus for removing currents representing areas of the body impedance // B.I. – 1983. - №18.
8. Электронные и электромагнитные устройства в измерительной технике / Под ред. Ю.В.Селезнева. - Омск: ОмПИ, 2009. - 164с.
9. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. - М.: Наука. - 2007. - 288с.

Application of the eddy current method to measuring the internal diameter of conductive pipes for space instruments

Zhong Yang

Supervisor: Goldstein A.E., professor

Linguistic Consultant: Shepetovsky D.V., Senior Lecturer

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, Russia, 634050

E-mail: yan.tchzhun@yandex.ru

Production of space instruments requires application of high accuracy measuring methods in manufacturing and even more so in quality control. In the area of nondestructive testing every effort is now being made to take full advantage of active methods in order to raise the accuracy, reduce the costs, weight and volume of the equipment. High frequency conductors and heat pipes are among the applications where dimensions control is very important. One of promising contactless methods for measuring internal diameters of pipes is the eddy current method.

This article demonstrates the physical basis of eddy current method of transformation measuring and considers whether its accuracy is enough for space applications. The construction of measuring transducers and the function of realization for measuring are given and an experimental study of overhead eddy current transducer is described.

The eddy current measuring of transformation is based on two phenomena, the first is the excitation of eddy current in electrically conductive objects by an alternating magnetic field; the second is the dependence of the parameters of the eddy current on the properties of the object. Figure 1 shows the principle of eddy current excitation.

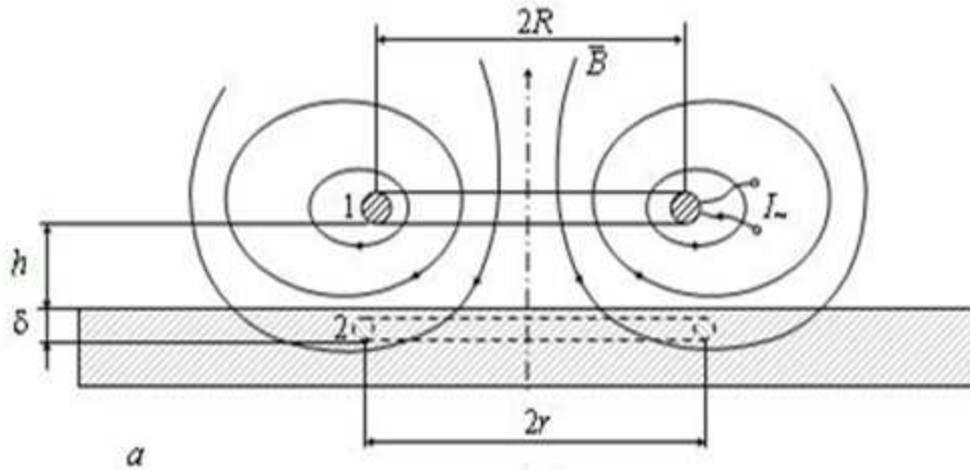


Figure 1 The principle of eddy current excitation

When the winding is served with alternating current, alternating magnetic field is immediately induced around the coil. The alternating magnetic field instantly creates a vortex of electric field with an intensity E in the electrically conductive object, and this is described by the formula (1):

$$\text{rot } \bar{E} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} \quad (1)$$

The original magnetic field and the induced vortex magnetic field have opposite directions, therefore the resultant magnetic field is attenuated.

There are many different types of ECT. Due to this, it is useful to classify them. By the output type of parameters transformation of ECT, they are divided into two types: parametric and transformer. According to the working position of the probe to the target, ECT are divided into throughout, overhead and combined ECT.

Transformer Overhead ECT, schematically shown in the Figure 2 [2] is the most suitable to measure the internal diameter of a pipe.

In fact, the showed eddy current transducer in figure 2 consists of two small overhead ECT. The first of them comprises an excitation winding 1, one measuring winding 3, the second (excitation) winding 2, measuring winding 4, and coil 5 - compensating winding.

It is known that a complex insertion voltage of double-coil ECT is given by formula (2):

$$\dot{U}_{BH} = j\mu_0 W_B W_H \omega I R \pi \int_0^{\infty} \varphi_{OK} \cdot \exp(-xh^*) \cdot J_1(x \frac{R_B}{R_H}) \cdot J_1(x \frac{R_H}{R_B}) dx \quad (2)$$

To simplify the calculation, we use a logarithmic function (3):

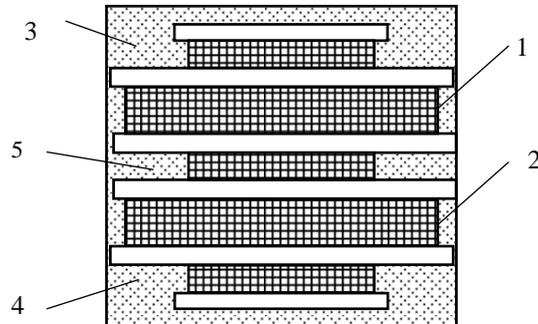
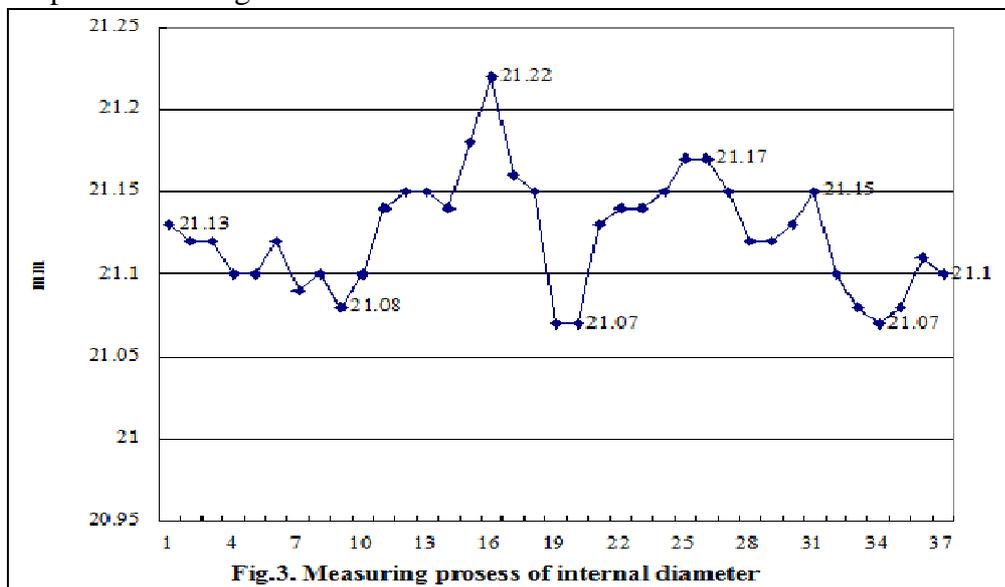


Figure 2 Construction of eddy current

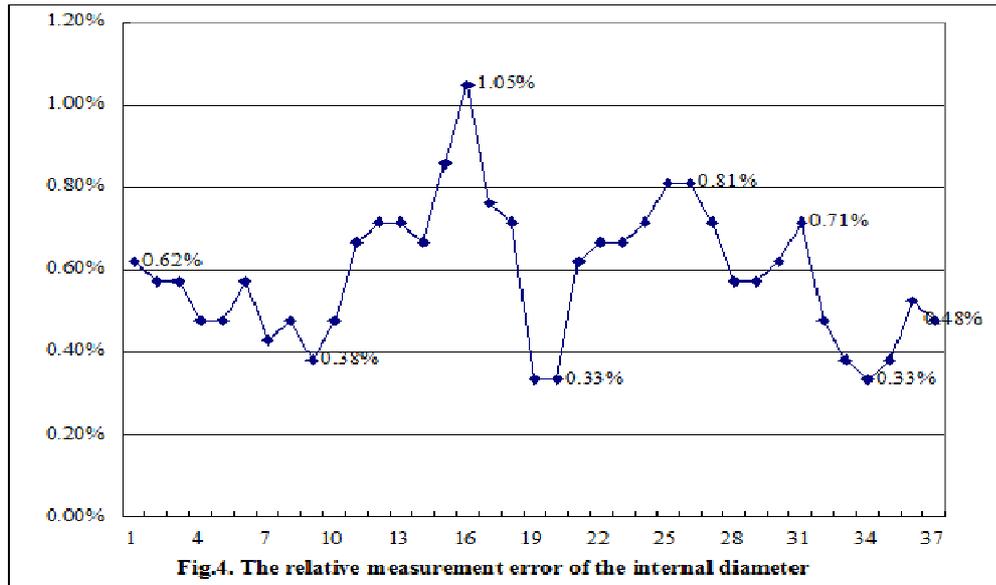
$$D = H_0 + K \cdot \ln A \quad (3)$$

where D - internal diameter of the pipe, H_0 - the height of ECT, K - coefficient from the pipe, A - amplitude of the eddy current.

By using the overhead ECT in fig.2, we conducted an experiment measuring the internal diameter of a conductive pipe with internal diameter 21mm. The measuring results are represented in fig.3.



From the 37 measurements, we plotted the measured values in Figure 3. And to simplify the analysis we plotted the relative measuring values in Figure 4.



From analysis of the measurement results we can say that the measurement of the internal diameter of a conductive pipe demonstrates high accuracy, with the relative measurement error not exceeding 1.05%. With these results we can conclude that the eddy current method can be used for space pipeline measurements with high accuracy as well as for other areas requiring high accuracy measurement.

References:

1. Physical basis of information: the textbook / A.E Goldstein, Tomsk Polytechnic University. - Tomsk: Tomsk Polytechnic University in 2010. - 292 p.
2. Control of the internal diameter of the pipes by eddy current method. Article / A.E Goldstein, V.F Bulgakov. M.: Non-Destructive Testing, 2013, 9c.

Die Anwendung der mikromechanischen Sensoren in inertialen Navigationssystemen im Raum

Жвырбля В.Ю., Боригов В.Н., Сыса Е.А.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: wadim00@sibmail.com

Inertiales Navigationssystem (INS) ist ein unabhängiges System, das automatisch die Position, die Geschwindigkeit und die Bewegungsrichtung eines Gefährts messen kann, um seinen zukünftigen Kurs zu bestimmen. Basiert auf grundlegendes Wissen über Zeit, Gravitationsfeld, Anfangsposition, Anfangsgeschwindigkeit und relative Richtung zum Fahrgestell kann das Trägheitsnavigationssystem die momentane Position, Geschwindigkeit und Orientierung ohne externe Informationen bestimmen. Die gewonnen Daten können benutzt werden, um den Kurs zu einem Ziel zu berechnen. Grundsätzlich kann man zwei Bauarten von inertialen Navigationssystemen unterscheiden – Räumlich stabilisierte Trägheitsplattformen und Strapdown-Systeme [2].

Das Ziel der Arbeit ist die Anwendung der mikromechanischen Sensoren in Inertialen Navigationssysteme im Raum zu behandeln.

Der Begriff „Navigation“ stammt von dem lateinischen Begriff *navis agere* für „ein Schiff führen“. Die Neuerungen in diesem Gebiet waren vom Altertum bis in die Neuzeit hinein von der Seefahrt geprägt, da dort zuerst die Frage nach dem eigenen Standort aufgeworfen wurde. In der Zeit des Mittelalters entstand ein neues Verfahren, die Koppelnavigation, also die Messung des Geschwindigkeitsvektor und mittels numerische Integration die entsprechende Ortsberechnung. Neue Sensoren und Messprinzipien, sowie mathematische und technische Neuheiten fuhren dazu, dass die Navigation als selbstständige Wissenschaft mit vielen Anwendungsmöglichkeiten etabliert wurde. Die Seefahrt wurde nach dem II. Weltkrieg von der Luftfahrt und ab 1960 aufkommenden Raumfahrt als Fortschrittstreiber ersetzt [1, S. 2].

Als „Vater der inertialen Navigation“ wird Dr. Charles Stark Draper, geboren am 2.10 1901 in Windsor, ernannt, der die Technologie entwarf und sie praktisch in Luftfahrt, Raumfahrt und in Militärsraketen umsetzte. Sein Team von Studenten begründete ein eigenes Laboratorium in Massachusetts Institute of Technology (MIT), die in 1973 selbstständig wurde und den Name „The Charles Stark Draper Laboratory, Inc.“ bekam. In 1949 in das MIT FEBE System präsentierte man die Möglichkeiten der Gyroskopen für die Luftfahrtnavigation, das später von das erste vollständig inertielle Navigationssystem SPIRE (The Space Inertial Reference Equipment) für die Raumfahrt in 1953 gefolgt wurde. Dr. Drapers Arbeit im Bereich des Militärs führte dazu, das im 1954 SINS (Submarine Inertial Navigation System) zur Raketennavigation entwickelt wurde, die später zum THOR Navigationssystem für interkontinentale Raketen wie Polaris, Poseidon, Trident I und II führte. Das größte Programm in das Laboratorium war aber das Arbeit auf das Navigationssystem für das Landung von Apollo auf den Mond. Heutzutage finden inertielle Navigationssysteme breite Umsetzung sowie in der Raum- und Luftfahrt, als auch bei U-Booten, Schiffe und Fahrzeuge [1, S. 2].

Anfang der 70er Jahren hat man begonnen eine alternative Variante zur kardanischen Aufhängung zu suchen. Das hat zur Entwicklung der ersten Strapdown-Systeme (am Fahrzeug "festgeschnallt") geführt. Sie sind preiswerter, weil man sich auf die aufwändige kardanische Aufhängung verzichten kann. Die Gyroskope werden nicht mehr benutzt, um die Kardanringe zu stabilisieren, sondern um die Rotationen im Raum zu messen. So weist das System immer in welche Richtung die drei Sensoren zeigen. Am Anfang war aber diese Umsetzung nicht möglich, weil die Fehlerquoten dieses System stiegen und um sie zu minimieren brauchte man Sensoren, die schneller messen können und Prozessor, der den gestiegenen Rechenaufwand unterstützen kann. Mit der Entwicklung von leistungsfähigen Rechnern und nichtmechanischen Gyroskopen wurde dann ab Mitte der 80er Jahren der Bau dieser so genannten Strapdown-INS möglich. So konnte man statt 50-60 Messungen pro Sekunde ungefähr 2000 erzeugen. Noch einen Vorteil von Strapdown-Systemen ist ihre Größe. So konnte man sie nicht nur bei der Luft-, Raum- oder Schifffahrt einsetzen, sondern auch bei den üblichen Fahrzeugen. So haben diese Systeme die kardanische Plattform, die sehr selten noch zu treffen ist, verdrängt [1, S.4].



Abbildung 1 Kostengünstige Variante eines Inertial-Navigationssystems

Beschleunigungssensoren erfassen translatorische Beschleunigungen. In ihrem Grundprinzip arbeiten Beschleunigungssensoren nach dem Feder-Masse Prinzip. Eine Testmasse wird von einer Kraft ausgelenkt. Diese Auslenkung wird als Beschleunigung der Masse interpretiert und kann dann berechnet werden. Nun lässt sich bei Bewegung der Masse eine Änderung der Kapazität feststellen. Die Veränderung des Plattenabstands und die dadurch entstehende Veränderung der Kapazität folgt der Formel $C = A/d$, wenn C die Kapazität, die Dielektrizitätskonstante, A die Fläche und d der Abstand der Platten ist. Die Kapazität als Funktion der Beschleunigung ist jedoch nur bis zu einem gewissen Grad annähernd linear. Um nicht bei zu großer Veränderung einer zu starken Nichtlinearität zu unterliegen, werden beide Seiten berücksichtigt. Erhöht sich auf der einen Seite die Fläche der Kondensatorplatten, so verringert sie sich auf der anderen. Deswegen spricht man von einem Differentialkondensator. Er ermöglicht eine deutlich bessere Messung der Kapazität als ein einseitiger Kondensator [3, S.27].

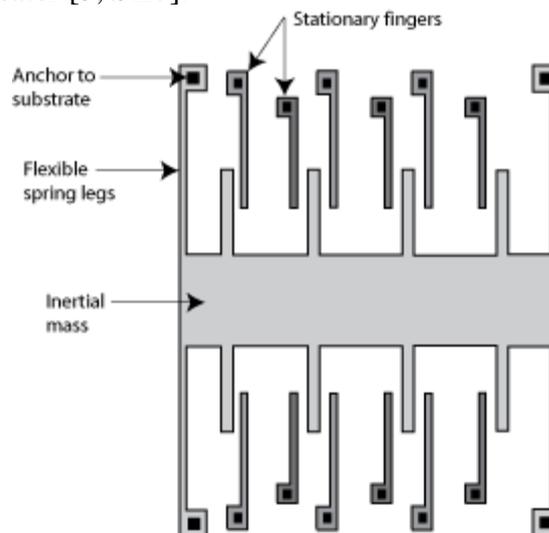


Abbildung 2 Kammartiger Differentialkondensator

Gyroskope werden auch als Drehratensensoren bezeichnet. Mikromechanische Gyroskope gibt es nur als Ausführung mit oszillierenden Kreiseln. Das erhaltene

Ausgangssignal ist eine Winkelgeschwindigkeit, zum Beispiel in rad/s oder Grad/s. [Haid05] Dabei wird der Coriolis-Effekt ausgenutzt. Dieser besagt, dass eine sich bewegende Masse in einem rotierendem Bezugssystem eine Krafterfahrt. Diese Kraft ist Grundlage zur Berechnung der Geschwindigkeit, mit der sich das Gerät um eine bestimmte Achse dreht. [Wood10] Es ist zu beachten, dass Gyroskope immer nur relative Werte angeben. Anders als bei Beschleunigungs- und Magnetfeldsensor ist das Bezugssystem kein absolutes, wie das der Erde [3, S.29].

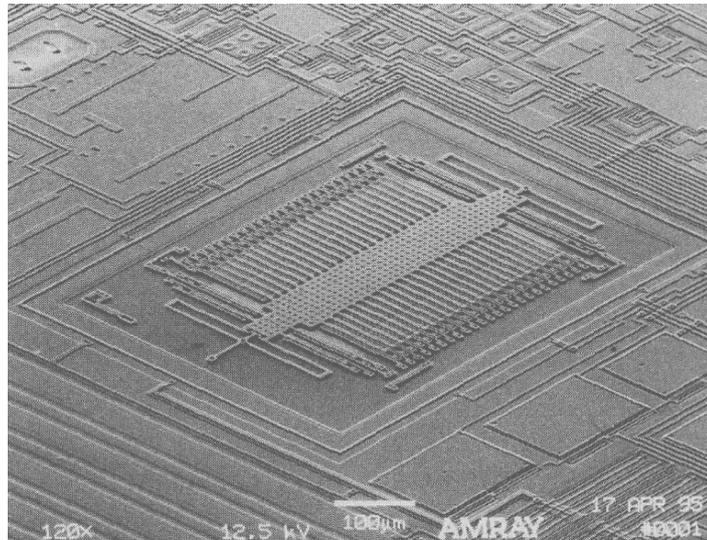


Abbildung 2 Mikromechanischer Beschleunigungssensor

Mikromechanische Sensoren entwickeln sich schnell und haben zwei Vorteile – niedriger Preis und kleine Abmessungen, die ihre breite Anwendung im Weltraumgerätebau fördern.

Literatur:

1. Seminar Intelligente Industrieroboter Sommersemester 06, Universität Karlsruhe. [Internet]. - http://iirob.ira.uka.de/joomla_1.0.11/images/docs/education/seminar/seminarbandss06.pdf
2. Tragheitsnavigationssystem. [Internet]. - <http://de.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%A4gheitsnavigationssystem>
3. Oliver Nehrig. Entwurf und Realisierung eines Beschleunigungssensorsystems auf der Basis von in Silizium integrierter Mikromechanik für die besonderen Anforderungen bei Schwerlasthandhabungssystemen. Dissertation, Universität Duisburg-Essen, 2003. [Internet]. - <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet?id=5454>

Korrektur scanwinkelsonargerät für das fördern robotersysteme

Пушкарев М. С., Стреминский А. С., Глиненко Е.В.

Научный руководитель: Сикора Е.А., к.т.н., ассистент

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: o-sea@tpu.ru

Specialized Robotersysteme sind weit verbreitet in verschiedenen Bereichen des Lebens. Besonders interessant sind Roboter mit Sonar, die mit hohen Anforderungen an die Positioniergenauigkeit sind.

Fachorientierungssystem verwendet um die Navigation Probleme zu lösen. Diesen Systemen gehören ein Navigationssystem und ein System, die Messung der Entfernung zu dem Hindernis. Beste Lösungen für Low-Budget-Aufgaben passen Messungssystem der Entfernung zum Objekt - Sonare. Das Funktionsprinzip basiert auf Sonarmessung des Zeitintervalls zwischen dem ausgesendeten Schallwelle von Hindernissen reflektiert wird. Mit Hilfe der Zeit werden kann den Abstand zu dem Hindernis leicht erhalten. Ultraschallsender strahlen eine Schallwelle.

Sonarsysteme erfordern eine sorgfältige Abstimmung, zum Beispiel, um die optimale Scanwinkels zu bestimmen. Für das Experiment verwendet ein Trainingsroboter NI sbRIO 9631. Es kann im Raum ausgerichtet werden und die Hindernisse identifizieren indem Sonar.

Kontrollsystem (Abb. 1) besteht aus der Steuerkarte 1, die mit in einer Richtung Laufwerke Gerät integriert ist: 3-Motor, Antrieb Sonar 5. Auch damit verbunden ein Ultraschallsensor (Sonar) 4, auf der Oberseite des Rahmens des Roboters befindet, so dass sie leicht Platz kriechen. Roboter angetrieben Antriebe 3 angetrieben Steuerplatine. Bewegung der Räder wird durch eine Steuerplatine mit den Sensoren 2 gesteuert. Die Funktionsweise ist wie folgt: Der Schalter wird mit der Steuerkarte 1 und 3 Antrieb. Steuerkarte integrierte unidirektionale Geräte 2, 3, 4, 5. Nach dem Einschalten des Antrieb sendet Sonar 5 Werte Scanwinkel und Nick Lauf des Stellantriebs Sonarum Platz für Hindernisse dazu Sonar-Sensor 4 angebracht scannen. Der Sensor sendet die Steuerkarte Scanergebnisse. Nach dem Datenverarbeitungssteuerplatine wird die Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung des Roboters und sendet Befehle an den Antriebsrädern. Der Roboter hat die Fähigkeit, zu expandieren und mit einer Vielzahl von Sensoren zu integrieren.

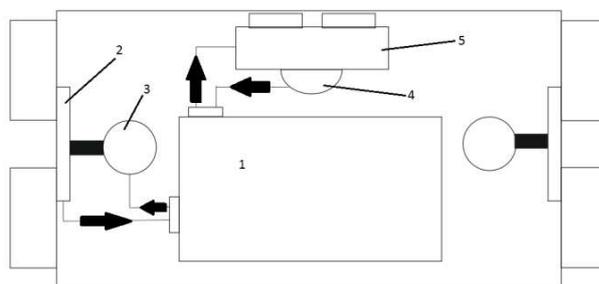


Abb. 1. Schematische Darstellung der Wechselwirkung zwischen den Elementen des Navigationssystems des Roboters NI sbRIO 9631

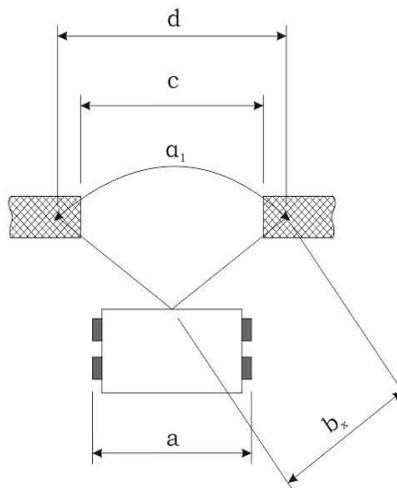


Abb. 2. Der Anfangswinkel: a - Breite des Roboters; b_x - Bereich Abdeckung; α_1 - Winkel der Überprüfung; c - Gangbreite; d - die Breite der Überprüfung.

Wenn die Breite des Scanbereichs ist viel größer als die Abmessungen des Roboters reagiert Sonar auf Objekte, die die Bewegung (Abb. 2) nicht behindern, wobei keine Fahrten in "schmal" Passagen. Dieses Problem kann durch die Änderung des Wertes des Winkels α_1 gelöst werden, während die Bedingungen, die zu beachten sind:

$$c = d + \Delta, \quad \Delta \rightarrow 0. \quad (1)$$

$$d = a + \Delta, \quad \Delta \rightarrow 0.$$

Berechnung des Winkels durch die Formel:

$$\alpha_1 = 2 \arcsin \frac{d}{2b_x}. \quad (2)$$

Daten zur Berechnung der Roboter von dem Hersteller oder in der Code-Controller genommen oder empirisch (Körpergröße, Geschwindigkeit, etc.) bestimmt. Aufrundung den Winkel wird gemacht, da sind zu beachten (1) $c = d + \Delta$, $\Delta \rightarrow 0$. Im Ergebnis ist der Wert der Scanwinkel des Roboters Breite von etwa 39 cm und einem Scanbereich von 1 m 0,4 rad oder 23 °.

Auch theoretisch angenommen, dass die Bewegung des Roboters nach vorne und Scan-Raum auf Hindernisse erscheint nicht "blind" Zone A (Abb. 3). Finding gescannt, lächelnd auf die Bewegung des Roboters. Wird diese Zone ist ein Hindernis Punkt (Abb. 3), wird der Roboter nicht verraten ihre Präsenz. 1-1,2-2 und 3-3 aufeinanderfolgenden Vektoren, die die Richtung und Entfernung Abtasten in Bereichen extremer Amplitude. Das Problem hängt von der Geschwindigkeit des Roboters und der Dauer der Drehung der Sonar.

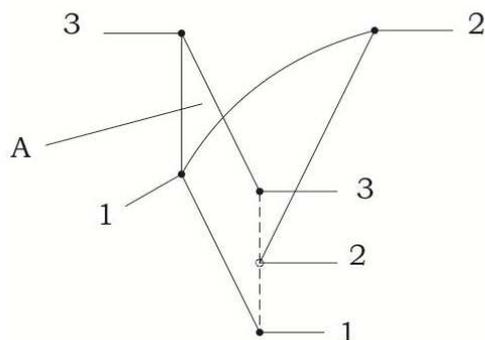


Abb. 3. "Blind"-Zone

Aber die Ergebnisse der Berechnungen ergaben, dass das Problem der Kollision ist nicht relevant, da die Größe der "Blinde" Zone kompensiert mit Aufrundungen Werte α_1 .

Der Einsatz von Software LabView Robotics 2009 wurde der modifizierte Code Steuerkarte basierend auf berechneten Daten. Dann wiederholt experimentell simuliert Reaktion auf Hindernisse geprüft. In dem Fall, wo die Durchgangsbreite betrug 10 cm größer als die Breite des Roboters von der Eingabe des Ziel war immer richtig. Daran erinnern, dass in der ursprünglichen Winkel Scan-Roboter definierte Zieldurchgang als Hindernis vor ihm. In dem Fall, wo die Schnittbreite betrug 1 cm länger als die Breite des Roboters von der Eingabe den Durchgang korrekt, aber manchmal eine Kollision mit einem Hindernis Spur. Dies ist aufgrund der Tatsache, dass manchmal aufgrund von Fehlfunktionen Roboterinstallation Ausgangsposition Sonar detektiert das Vorhandensein von Hindernissen (und Hindernis wirklich auf dem Weg Verkehr) und versucht zu überholen (was der Fall ist), während er an der Reihe gebildet "Blind"-Zone, auf der Straße und nicht in der Zukunft Sonar nachweisbar. Dennoch sind die Bewegungssensoren eingebaut Räder korrigiert seinem Eintritt in den Durchgang und die Möglichkeit der Blockierung der Roboter in Gang zu beseitigen.

Würdigung

In den theoretischen Berechnungen wurde optimalen Winkel Kriechkeller auf Hindernisse berechnet. Während der Durchführung der Prüfung Optima wurde gefunden, daß die Winkel wirklich optimal zur Überwindung der Gänge größer als die Breite des Roboters.

Hauptaufgabe abgeschlossen ist, so daß der Abtastwinkel kann als optimal angesehen werden. Die Verwendung von Formel (2) ist für die Roboter wie in diesem Artikel unter Berücksichtigung des Blindzone A (Fig. 3), die von der Geschwindigkeit des Roboters und der Rotationsperiode Sonar hängt beschrieben.

Список литературы:

1. Лысенко О.Н. Использование лазерных сканеров SICK AG для навигации мобильных роботов // Компоненты и технологии. – 2008.- № 1. – С. 56.
2. Getting Started Guide for the Robotics Prototyping Kit // National Instruments. URL: <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/10568>

Научное издание

КОСМИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Сборник научных трудов
II Всероссийского форума
школьников, студентов, аспирантов
и молодых ученых
с международным участием

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка *А.Г. Иванова*
Дизайн обложки *И.Н. Самодуров*

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 04.04.2014. Формат 60x84/8. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл. печ. л. 34,7. Уч.-изд. л. 31,4.
Заказ 251-14. Тираж 100 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета
сертифицирована в соответствии с требованиями ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru

II ВСЕРОССИЙСКИЙ ФОРУМ
ШКОЛЬНИКОВ, СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
с международным участием

«КОСМИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

