

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королёва
(национальный исследовательский университет)»**

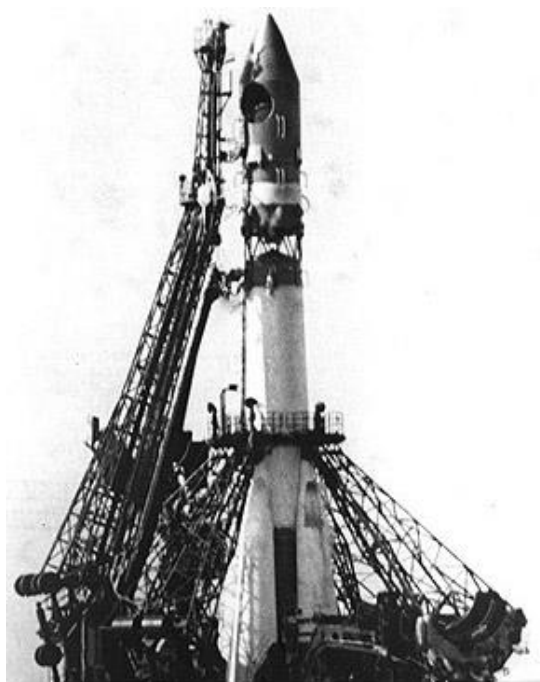
Правительство Самарской области

**Министерство экономического развития, инвестиций и торговли
Самарской области**

**РЕГИОНАЛЬНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ,
ПОСВЯЩЁННАЯ 50-ЛЕТИЮ
ПЕРВОГО ПОЛЁТА ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС**

14-15 апреля 2011 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



САМАРА 2011

Региональная научно-практическая конференция, посвящённая 50-летию первого полёта человека в космос. Самара, 14-15 апреля 2011 г.: тезисы докладов. – Самара: Издательство Самарского государственного аэрокосмического университета, 2011. – 298 с.
ISBN 978-5-7883-0839-5

В сборнике представлены тезисы докладов, в которых изложены результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по вопросам космической и авиационной техники, а также отраслей науки и производства, обеспечивающих их развитие. Представлены работы по ракетостроению и космическим аппаратам; конструированию и проектированию авиационной техники; проблемам механики, динамики полёта и аэродинамики; производству летательных аппаратов, стандартизации и управлению качеством; конструированию, проектированию и производству двигателей летательных аппаратов; виброакустике машин, наноинженерии, лазерным системам и технологиям; технической эксплуатации ЛА и двигателей; транспортной логистике; материаловедению и прогрессивным процессам обработки материалов давлением; микроэлектронике и конструированию радиоэлектронной аппаратуры; радио- и биотехническим устройствам; информационным системам и технологиям.

Региональная научно-практическая конференция, посвящённая 50 – летию первого полёта человека в космос

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Хасаев Г. Р. – сопредседатель, заместитель председателя правительства Самарской области, министр экономического развития, инвестиций и торговли Самарской области;
Сойфер В. А. – сопредседатель, президент СГАУ, чл.-корр. РАН;
Капустин В. В. – министр промышленности, энергетики и технологий Самарской области;
Кирилин А. Н. – генеральный директор ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс»;
Никитин Н. Ф. – исполнительный директор ОАО «Кузнецов»;
Кареев А. Е. – генеральный директор ЗАО ВКБ РКК «Энергия имени С. П. Королёва»;
Шорин В. П. – председатель Самарского научного центра РАН, академик РАН.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Шахматов Е. В. – председатель, ректор СГАУ;
Богатырёв В. Д. – проректор по образовательной и международной деятельности СГАУ;
Гречников Ф. В. – проректор по учебной работе СГАУ, чл.-корр. РАН;
Прокофьев А. Б. – проректор по науке и инновациям СГАУ;
Кирпичёв В. А. – декан факультета летательных аппаратов СГАУ;
Ермаков А. И. – декан факультета двигателей летательных аппаратов СГАУ;
Тихонов А. Н. – декан факультета инженеров воздушного транспорта СГАУ;
Хардин М. В. – декан инженерно-технологического факультета СГАУ;
Кудрявцев И. А. – декан радиотехнического факультета СГАУ;
Коломиец Э. И. – декан факультета информатики СГАУ;
Павлов О. В. – декан факультета экономики и управления СГАУ;
Седельников А. В. – директор института энергетики и транспорта СГАУ;
Изжеуров Е. А. – декан факультета базовой подготовки и фундаментальных наук СГАУ;
Белоцерковская Е. Ю. – ведущий специалист министерства экономического развития, инвестиций и торговли Самарской области;
Головин А. Н. – секретарь оргкомитета.

АДРЕС: 443086, г. Самара, Московское ш., 34, СГАУ, корпус 3А, ауд. 210
Справки по телефону: (846) 267-43-61

УДК 629.764.7

ВКЛАД КуАИ – СГАУ В РАЗВИТИЕ КОСМОНАВТИКИ

Тарасов Ю.Л.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

2 января 1958 года правительство Советского Союза приняло Постановление об организации серийного выпуска межконтинентальных баллистических ракет на авиационном заводе №1 в г. Куйбышеве (ныне – завод «Прогресс» в г. Самара). В феврале 1958 года Главный конструктор С.П. Королев направил на этот завод для организации конструкторского сопровождения серийного производства Д.И. Козлова – ведущего конструктора ракеты Р-7.

1 апреля 1958 года Д.И. Козлов назначен заместителем Главного конструктора – С.П. Королева.

Первой удачей для него была встреча с директором завода В.Я. Литвиновым, таким же одержимым в освоении нового.

Виктору Яковлевичу Литвинову было свойственно руководить, используя нетрадиционные идеи, нешаблонные методы. Спустя годы он вспоминал: «Одной из таких идей было моё стремление постоянно держать завод на передовом уровне науки и техники. Завод наш был серийным, выпускали мы изделия и поточным методом, но всегда стремились к обновлению продукции. Как только налаживался устойчивый серийный выпуск той или иной машины, я ехал в Москву и просил новое задание...».

Очень крупным поворотом в сторону абсолютно новой продукции и было правительственное Постановление об организации на заводе ракетного производства.

С.П. Королёв и В.Я. Литвинов приняли взаимные обязательства – заводчане реконструируют цех главной сборки, а опытный завод изготовит узлы и агрегаты для сборки первой машины. Монтаж нового оборудования, освоение принципиально новых технологий, материалов, методов испытаний и контроля – всё это соответствовало запросам, желанию и умению директора завода и его коллектива.

Выполнение громадного объёма работ, которые проводились на заводе для обеспечения выполнения нового ракетно-космического заказа потребовало бы в обычных условиях во много раз больше времени, если бы не одержимость и фантастическая работоспособность С.П. Королёва, В.Я. Литвинова, Д.И. Козлова, и их умение организовать и воодушевить свои коллективы.

Всё лучшее и передовое в науке и технике работало на производство нового изделия. Но освоить и реализовать объём новых технических задач было непросто. Инженерно-технические кадры переучивались. А завод работал круглосуточно. И меньше, чем через год первая ракета сошла с заводских ступеней.

Первая ракета Р-7, изготовленная в Куйбышеве, 17 февраля 1959 года совершила успешный полет. Началось освоение более совершенных ракет Р-7А и Р-9А. Куйбышев стал кузницей первого ракетного щита нашей Родины.

За успешное освоение и серийный выпуск новой техники Указом Президиума Верховного Совета СССР 29 июня 1960 года завод «Прогресс», так к этому времени стал именоваться бывший авиационный завод №1, получает третью награду – орден Трудового Красного Знамени. Второй Звездой Героя Социалистического Труда был награждён В.Я. Литвинов.

Следующей знаменательной датой является 12 апреля 1961 года. Эта дата навечно вошла в историю нашей Родины, в историю всего человечества. В этот день космический аппарат со старшим лейтенантом, ставшим в этот день майором, Юрием Гагариным на борту совершил полет вокруг Земного шара по космической орбите и вернулся на Землю.

Космический аппарат «Восток» был выведен на орбиту ракетой-носителем ВК72 «Р- 7».

50 лет тому назад мало кто знал, что первые две ступени РН «Восток», той самой модифицированной королёвской «семёрки», вынесшей на космическую орбиту первого в мире человека, были собраны на самарском заводе. А конструкторское сопровождение её производства осуществлял филиал №3 ОКБ-1 – ныне знаменитое ЦСКБ, возглавляемый тогда и многие годы потом Д.И. Козловым.

И за весомый вклад в то эпохальное дело Д.И. Козлов удостоен звания Героя Социалистического Труда с вручением ему третьего ордена Ленина.

Соратники Дмитрия Ильича, те, с кем он начинал в далеком 1958 году, и те, кто пришел позже, кто вместе с ним был влюблён в удивительную и сверхточную науку космонавтики, говорили о нём: «У него знания, опыт и непостижимая техническая интуиция».

23 июня 1960 года вышло Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О создании мощных ракет-носителей, спутников, космических кораблей и освоении космического пространства в 1960-1967 годах». В соответствии с постановлением предусматривалось создание в СССР в течение 1961 – 1963 годов мощной ракеты-носителя Н-1 со стартовой массой 2000 тонн. Предполагалось, что она будет выводить на околоземную орбиту объект массой 40-50 тонн, а также иметь возможность разгонять груз массой 10-20 тонн с околоземной орбиты до второй космической скорости для полёта космического корабля к планетам Солнечной системы.

Именно этот носитель, согласно проекту, должен был вывести в околоземное пространство космический корабль с экипажем, а затем направить его к Луне по баллистической траектории.

С.П. Королёв предписывал филиалу №3 под руководством Д.И. Козлова выполнение эскизного проекта, а также ряд конструкторских и доводочных работ по изделию Н-1.

В процессе реализации грандиозных планов возникла громадная проблема создания двигателей для изделия Н-1. С.П. Королёв ещё при работе над новой межконтинентальной ракетой Р-9 настоял на необходимости создания двигателей, работающих на кислородно-керосиновом топливе.

В.П. Глушко – главный конструктор ракетных двигателей, отстаивал свой проект двигателей для Р-9 (а впоследствии – и для Н-1), работающих на тетраоксиде азота (АТ) или несимметричном диметилгидразине (НДМГ) – крайне токсичных химических соединениях.

В итоге С.П. Королёв поручил создание двигателей для Р-9 Куйбышевскому ОКБ-276, известное потом как Самарское НПО «Труд», которым руководил Генеральный конструктор авиационных двигателей Н.Д. Кузнецов.

Производство и доводка изделия Р-9 были переданы на завод «Прогресс» и уже в 1962 году эта ракета на кислородно-керосиновых двигателях НК-9 была принята на вооружение Советской Армии. Вот так заказ на двигатели для Н-1 и попал в Куйбышев в ОКБ, которое возглавлял Н.Д. Кузнецов. Производство двигателей НК поручалось заводу №24 (Моторостроительный завод имени Фрунзе).

В апреле 1963 года вышло распоряжение ВСНХ, согласно которому к работам по комплексу Н-1 привлекались ещё и некоторые промышленные предприятия страны и Куйбышевской области.

Блоки А и Б этого изделия должен был изготовить завод «Прогресс» в кооперации с заводом №88. Выпуск ряда клепаных агрегатов поручался авиационному заводу (ныне – ОАО «Авиакор»). Привлекались заводы № 24, 207, 305, 454, 525 областного центра, Куйбышевский металлургический и сталелитейный заводы, Сызранский завод тяжелого машиностроения и Сызранский завод пластмасс.

Работы по совершенствованию конструкции Н-1 с двигателями НК шли полным ходом. Но вдруг в январе 1966 года последовала неожиданная и преждевременная смерть

С.П. Королёва на шестидесятом году жизни. Вскоре работа была приостановлена, а потом и заморожена.

Выполнить полностью грандиозную программу не удалось. Было 4 старта, к сожалению, неудачных.

Из-за недостатка финансовых средств в стране работы по Программе были закрыты. Как известно, космический корабль «Аполлон - 11 с астронавтами Нейлом Армстронгом, Эдвином Олдрином и Майклом Коллинзом на борту успешно стартовал 16 июля 1969 года, а 20 июля – вышел на окололунную орбиту и в тот же день кабина с Армстронгом и Олдрином мягко опустилась на лунный грунт. А 21 июля 1969 года на поверхность Луны впервые ступила нога человека с планеты Земля – к сожалению для нас, не советского гражданина, а Нейла Армстронга.

Дмитрий Ильич Козлов так вспоминал о своей работе в то время: «Интересные были годы, когда делали ракету Н – 1. Никогда раньше не было этого энтузиазма и, наверное, уже не будет».

В те же годы шла работа над ракетами-носителями, создаваемыми на основе «семёрки». Среди них – «Восток», «Союз», «Молния».

Среди всех носителей, созданных в годы освоения космоса для практического использования, «семёрке» по праву принадлежит первое почётное место. И в этом большая заслуга самарских ракетостроителей и Д.И. Козлова. Но в шестидесятых годах он начинает осваивать новое направление в космонавтике.

С.П. Королёв, как эстафету, навсегда передал Дмитрию Ильичу разработку космических аппаратов – средств национального контроля и дистанционного зондирования Земли.

Первым, полностью разработанным под руководством Д.И. Козлова, – был спутник «Янтарь». За работу по созданию спутников серии «Янтарь» Д.И. Козлов был вторично удостоен звания Героя Социалистического Труда и награждён четвёртым орденом Ленина.

Предприятием создано около 30 типов космических аппаратов, обеспечивающих практически глобальное наблюдение поверхности Земли с высоким разрешением на местности и оперативной доставкой информации. Возможна съёмка с разрешением на местности не хуже 1м в панхроматическом диапазоне и от 2-х до 3-х метров в трёх спектральных диапазонах. Полоса захвата может достигать до 200 км при инфракрасном наблюдении.

Созданы космические аппараты научного назначения. Они предназначены для проведения экспериментов в области космических технологий, производства материалов и биологических препаратов в интересах промышленности и науки, а также для проведения фундаментальных исследований по изучению частиц высоких энергий.

Следует отметить также участие самарских научно- производственных коллективов в работе по реализации космического проекта «Энергия – Буран».

Волжский филиал НПО «Энергия», образованный 30 июля 1974 года под руководством Б.Г. Пензина, предназначался для разработки конструкторской документации и сопровождения изготовления ракет-носителей на Куйбышевских заводах. В 1976 году и была начата работа над эскизным проектом ракетносителя «Энергия». 15 мая 1987 года первый пуск ракеты-носителя прошёл успешно. Через полтора года удачно прошёл запуск «Энергии» уже в комплекте с орбитальным кораблём «Буран».

К сожалению, автоматическим полётом «Бурана» этот виток в истории космонавтики завершился.

Сделав обзор тех научно-технических разработок, над которыми работали коллективы Куйбышевских, а потом – Самарских, организаций и предприятий в области ракетно-космической техники, отметим роль Куйбышевского авиационного института, имеющий теперь наименование – Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва.

Открыт он был в 1942 году для подготовки кадров инженеров – технологов для самолётостроительных и моторостроительных предприятий. С этими предприятиями с первых дней существования у института сложилось деловое сотрудничество. Буквально в первый год приезда Д.И. Козлова в наш город для выполнения решений С.П. Королёва стала интенсивно расти эффективность научно-технического сотрудничества и завода «Прогресс», и конструкторского подразделения, руководимого Д.И. Козловым, с коллективом Куйбышевского авиационного института и его ректора В.П. Лукачёва, остро реагирующего на новое настоящее дело.

Первыми сотрудниками Д.И. Козлова были приглашённые им с ведома В.Я. Литвинова инженеры завода «Прогресс». Среди тех первых были – К.В. Тархов, А.М. Солдатенков, Г.Е. Фомин, А.И. Апексимов, Ю.И. Новичихин, Л.Ф. Шумный, Ю.В. Ярёмченко, Е.А. Болотов, Б.Г. Пензин, В.А. Рясный, М.Г. Татко, М.Ф. Шум и другие. Кроме Г.Е. Фомина все они – недавние выпускники разных лет КуАИ.

С началом развития космического комплекса в Самаре одной из главных проблем была проблема кадрового обеспечения. Дефицит кадров для реализации создания новой техники решался путём своевременной работы коллектива КуАИ во главе с В.П. Лукачёвым по коренной перестройке учебного процесса и направлений научных исследований.

Высокие темпы развития авиационной и ракетно-космической отраслей потребовали скорейшего решения проблемы подготовки квалифицированных инженерных кадров и научной поддержки разрабатываемых проектов. Оглядываясь на истёкшие десятилетия, можно с уверенностью сказать: ректор В.П. Лукачёв с задачами, поставленными жизнью, справился блестяще. Его имя с полным правом можно поставить рядом с именами Н.Д. Кузнецова и Д.И. Козлова.

По их инициативе в 1959 году в КуАИ началась подготовка специалистов для новой отрасли науки и техники – по учебным планам «Ракетостроение» и «Ракетные двигатели», а в 1980 году началась подготовка инженеров по специальности «Космические летательные аппараты и разгонные блоки».

С целью реализации подготовки инженеров по новым специальностям создавались новые кафедры, новые учебные лаборатории. В КуАИ-СГАУ подготовлено около 30 тысяч специалистов для создания ракетно-космической техники, для проведения научных исследований в этой сфере.

Организация регионального Совнархоза позволила властям высвободить инициативу местных организаций и сконцентрировать внимание и ресурсы на решении задач, в числе которых были задачи оборонной отрасли. Понимая важность решения кадровых проблем, руководитель Совнархоза – В.Я. Литвинов, бывший директор завода, активно поддержал инициативу ректора В.П. Лукачёва по созданию в институте девяти первых в стране отраслевых научно-исследовательских лабораторий. В этой идее ректор видел локомотив, с помощью которого можно, решая проблему отрасли, добиться дальнейшего развития института.

Коллективы кафедр, групп и лабораторий решали проблемы научного обеспечения создания новой ракетно-космической техники. В некоторые годы объём научных исследований и опытно-конструкторских работ в институте составлял 50% от общего объёма НИР. И этой работой занимались свыше 600 штатных сотрудников института.

В институтских подразделениях проводились испытания и доводка микроЖРД, используемых в системах управления и ориентации КА. Создавались амортизаторы и демпферы из металлического аналога резины (МР) – материала, разработанного в институте.

Решались проблемы разработки новых прогрессивных, более эффективных технологий производства конструкций летательных аппаратов и двигателей. Разрабатывались алгоритмы и программное обеспечение для реализации новых приёмов проектирования, обеспечения прочности и надёжности конструкций. Решались проблемы аэрогазодинамики, механики, процессов управления применительно к различным этапам полёта космического летательного аппарата.

По мере выполнения этих исследований поднимался и уровень самого вуза, укреплялась материально-техническая база, повышался научно-педагогический уровень преподавателей, а также уровень учебного процесса.

За выдающиеся успехи в подготовке инженерных и научно-педагогических кадров, за высокую эффективность научных исследований в 1987 году В.П. Лукачёву присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением ему ордена Ленина и золотой медали «Серп и Молот».

В 1992 году институт был переименован в Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва.

В 2009 году по распоряжению правительства Российской Федерации Самарский государственный аэрокосмический университет стал одним из 14 высших учебных заведений, в отношении которых установлена категория «национальный исследовательский университет».

Практически все руководители аэрокосмических предприятий Самарского региона в настоящее время являются выпускниками КуАИ-СГАУ, делами которых по праву гордится университет.

ВКЛАД КАФЕДРЫ КИПДЛА И ОНИЛ-1 КуАИ В ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Белоусов А.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Коллективы кафедр ряда вузов нашей Отчизны, готовящих специалистов аэрокосмических специальностей, могут гордиться своим непосредственным участием в подготовке и осуществлении космических исследований. В год 50-летия первого космического полета человека, осуществленного Ю. А. Гагариным, особенно контрастно осознаются грандиозность научно-технических проблем и величие людей, решавших их.

Таким является и коллектив кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов (КиПДЛА) и отраслевой научно-исследовательской лаборатории №1 «Вибрационная прочность и надежность авиационных изделий» (ОНИЛ-1). ОНИЛ-1, созданная в 1958 г. по инициативе А. М. Сойфера, была первой отраслевой лабораторией не только в КуАИ и г. Куйбышеве, но и в стране.

С 1995г. активно велась НИР по поиску эффективных средств виброзащиты для аэрокосмических условий. В результате был изобретен оригинальный отечественный материал (а. с. №183174 на имя А. М. Сойфера, В. Н. Бузицкого, В. А. Першина), условно названный МР («металлическая резина»). Созданный как упругодемпфирующий для решения актуальной, но отдельной проблемы виброзащиты он обладает такой гаммой полезных свойств, которые позволяют решать важные проблемы, возникающие при создании новой ракетно-космической техники и всего спектра человеческой деятельности, благодаря разработке высокоэффективных изделий из МР.

Широко известны цельнометаллические виброизоляторы вибрации и удара (типа двойного колокольчика, кольцевые, втулочные — на них подвешены все телеметрические элементы РН и пульта управления пилотируемых космических аппаратов), демпфирующие и звукоизолирующие элементы (подвеска агрегатов, опоры трубопроводов, вкладыши подшипников качения, демпфирующие втулки лопаток турбомашин и др.), уплотнения для герметизации жидкостей и газов высокого давления и глубокого вакуума в интервале температуры от жидкого водорода (20К) до +700К.

Особенность упругодемпфирующего материала МР заключается и в том, что он является пористым проницаемым металлическим материалом. Поровая металлическая структура МР определяет работоспособность и практически неограниченные области его использования. Наличие системы взаимосвязанных пор МР обеспечивает ему такие свойства, как проницаемость для жидкостей и газов (гасители пульсации, дроссели, звукопоглощающие конструкции, фильтры грубой и тонкой очистки и др.), способность к капиллярному транспорту жидкости и удержанию ее в порах (тепловые трубы систем терморегулирования, системы выпотевания и др.).

Высокие прочность, упругость, демпфирование, пластичность обеспечивают изменение поровой структуры благодаря сжимаемости в условиях работы (регуляторы расхода, редукторы давления и др.); работоспособность при воздействии интенсивных механических, гидравлических и тепловых ударов; возможность нанесения покрытий на исходную проволоку, коррозионная стойкость и жаропрочность (катализаторы ракетных двигателей малой тяги, высокотемпературные – более 1500К – фильтры, электрохимические генераторы – топливные элементы и газовые пористые электроды, электроды сложной формы для электрохимической обработки деталей и др.).

По каждому отмеченному направлению имеются разработки кафедры КиПДЛА и ОНИЛ-1.

Приведем лишь примеры разработок для первых пилотируемых космических полетов, в которых принимал участие автор как молодой специалист.

Для обеспечения работоспособности редуктора давления точной настройки двигателей первой и второй ступеней РН “Восток”, управляющего работой жидкостного редуктора давления перекиси водорода, а значит, режимом работы двигателя, установлены воздушные фильтры.

Первоначально фильтр содержал фильтрующий элемент, состоящий из перфорированного стакана, на котором размещалось две латунные сетки с замшей между ними. Замша была фильтрующим материалом. Она крепилась к стакану в двух местах с помощью проволоки.

Такой же по конструкции фильтр был предусмотрен также для двигателя второй ступени в месте отбора воздуха к бортовым агрегатам.

В 1959 – 1960 г.г. на кафедре был разработан по ТЗ предприятия фильтр с материалом МР с толщиной очистки 5 мкм. Фильтр прошёл заводские испытания и был внедрён.

В то же время нами было предложено также упростить конструкцию жиклёра с фильтром, через который постоянно стравливается некоторое количество воздуха от второй ступени редуктора в атмосферу. Это делается потому, что двигатель первой ступени при запуске и выключении работает на режимах промежуточных ступеней тяги, на которых необходимо снижать давление в управляющей полости жидкостного редуктора.

В жиклёр вставлена проставка с трёхслойным пакетом латунных сеток. Пакет связан с жиклёром пайкой. Такая конструкция жиклёра с фильтром обусловлена требованием защитить дозирующее отверстие жиклёра от засорения со стороны входа воздуха от редуктора. Для защиты дозирующего отверстия в жиклёре от засорения со стороны выхода предусмотрено резиновое кольцо, одеваемое на дренажные отверстия гайки-прижима.

Жиклёр-фильтр с материалом МР существенно проще описанной выше конструкции.

В пневмосистемах ЛА и ДЛА применяются дроссельные шайбы, работающие в сверхкритическом режиме течения газа. Если необходимо обеспечить незначительный расход рабочего тела при большом перепаде давления, то диаметр проходного сечения дроссельной шайбы приходится выбирать очень маленьким, порядка $0,1 \div 0,2$ мм. Применение дроссельных шайб с таким проходным сечением нежелательно из-за сложности изготовления, возможности засорения дросселя, ведущего к отказу пневмосистемы. В этой связи были разработаны, испытаны и применены в агрегатах пневмосистем РН дроссели

большого перепада давления с вкладышами из упругодемпфирующего пористого материала МР.

Изучение механических, упругогистерезисных, акустических, газо – и гидродинамических, фильтрационных, фильтрованных, капиллярных, структурных, гидро – и электрохимических, теплофизических, электронных, электрических, магнитных и других характеристик распределенных, неравнодоступных в диффузионном отношении систем, каким является материал МР, затруднено многими факторами. Прежде всего – сложностью, стохастичностью, вариативностью в работе самой структуры материала, разной природой механизма этих характеристик, наложением и сложной взаимосвязью различных по физико-химической природе эффектов и процессов, связанных со структурными особенностями МР, большим числом кинетических и транспортных стадий.

Наряду с разработкой, изучением и совершенствованием свойств материала МР и технологии изготовления изделий из него основными научными направлениями кафедры КиПДЛА и ОНИЛ-1 были:

–разработка методов и средств конструкционного демпфирования и амортизации колебаний сложных механических систем (демпферы опор роторов, например, водородного насоса двигателя второй ступени РН «Энергия» и др.);

–развитие теоретических и экспериментальных методов исследования динамических свойств рабочих колес и конструирования элементов роторов, обладающих повышенной демпфирующей способностью;

–разработка методов расчета и моделирования колебаний жидкости в сложных гидравлических цепях и конструирование гасителей колебаний для систем летательных аппаратов и двигателей;

–развитие методов гидродинамического демпфирования и использование гидростатического принципа центрирования для создания подшипников, противоударных и амортизирующих опор, силоизмерительных и др. устройств повышенной грузоподъемности, демпфирующей способности, с высокими метрологическими показателями (автоматы разгрузки ряда турбонасосных агрегатов ЖРД, гидростатические подшипники ТНА, разгрузочные устройства вибростендов и др.);

–усовершенствование методов наземного и бортового контроля вибраций, диагностика и прогнозирование технического состояния двигателя (приборы «Срыв-1», «Срыв-2» и др.);

- разработка способов рационального армирования элементов конструкций из композиционных материалов на полимерной матрице, подверженных в эксплуатации вибрациям (лопатки направляющих аппаратов двигателя Д-18Т и др.).

Создавалось уникальное экспериментальное оборудование. Разработано и внедрено в промышленность семейство мощных воздушных возбуждателей типа КуАИ-ВВ для расширения экспериментальных возможностей при вибрационных испытаниях элементов роторов.

Естественно, для создания высокоэффективных изделий каждого конкретного применения необходимо было прежде всего выявить основные закономерности формирования облика и структуры каждого типа изделий на основе теоретических и экспериментальных исследований, а также обобщения богатого опыта эксплуатации и диффузии идей из одной области использования в другую.

За время существования ОНИЛ-1 только сотрудниками кафедры защищено более 30 докторских и более 60 кандидатских диссертаций.

Укрепление материальной базы и повышение научной квалификации сотрудников кафедры и лаборатории способствует улучшению подготовки выпускников нашего университета для предприятий аэрокосмической промышленности.

СЕКЦИЯ 1

ИСТОРИКО-ФИЛОСОФСКИЕ И СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ АСПЕКТЫ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 629.78(09)

ФИЛОСОФСКИЙ КОНТЕКСТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Арзаматов А.Г.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

2011 г. – юбилейный год в истории космонавтики: 50 лет назад произошел первый полет человека в космос. Началась космическая эра человечества. К космонавтам относились, как к небожителям, их боготворили, ими восхищались, осыпали наградами, почестями и всевозможными благами. Космическая тематика заняла видное место в художественной и документальной кинематографии, в художественной, научно-популярной и научной литературе, в живописи и скульптуре, в филателии и фалеристике. Космическое соперничество двух сверхдержав (СССР и США) воспринималось, как едва ли не главное противоречие современной эпохи. Мальчики и девочки бредили космосом и мечтали, когда вырастут стать космонавтами. Казалось еще немного и человечество начнет колонизировать Луну, Марс, а там возможно через несколько десятилетий выйдет за пределы Солнечной системы. И вот прошло 60 лет...

За это время человечество охладело к космонавтике. Реальной и очевидной отдачи обществу от нее не видно. С окончанием холодной войны космонавтика перестала быть средством агитации, и финансирование ее государством резко сократилось. Молодежь, сформировавшаяся на клиповой культуре, уже не может удерживать длительные космические полеты в своем внимании. В силу этого, СМИ не проявляют интереса к космической тематике. Отсутствует реклама космических полетов, вокруг них нет не только «белого», но и «черного» пиара. С начала 70-ых гг. были свернуты лунные программы, перестал расти грузооборот «Земля-Космос» (стабилизация произошла на отметке 100-150 т. в год). Ракетносители «Зенит», «Энергия», «Алас-5», «Дельта-IV», «Ариан-5» не содержали принципиальных новшеств, меняющих их технические характеристики, а новые системы «Венчур Стар», «Дельта Клипер», «Хотол», «Зенгер» не были доведены до завершения по разным причинам, в том числе в силу их дороговизны. В итоге космические корабли не могут решить ни стратегические, ни какие-либо тактические задачи, кроме обеспечения полета.

Между тем, освоение космоса является в историко-философском контексте главной стратегической целью и парадигмой развития и выживания человечества. Станислав Лем в свое время в работе «Сумма технологии» сформулировал стратегию космических исследований, как предельную форму социальной рефлексии – планетарную рефлексию.

Более конкретно, на сегодняшний день можно выделить 5 групп задач, связанных с космическими исследованиями в XXI в.

К первой группе относятся исследования, которые ведутся со дня основания практической космонавтики: медицинские и биологические исследования. Успехи космической медицины бесспорны и очевидны. Но в XXI в. необходимо перейти на качественно новый уровень этих исследований, которые должны дать ответы на ряд вопросов. Как перенесет человек выход из магнитосферы Земли (сейчас космонавты не удаляются от Земли дальше, чем на 0,1 ее радиуса) и может ли он нормально функционировать в полностью искусственной автономной биосфере? Как будет проходить в космосе процесс зачатия, вынашивания и рождения ребенка, и смогут ли рожденные в космосе адаптироваться к земной гравитации? Огромное значение будет иметь определение границ устойчивости глобальной экосистемы Земли. И никому не надо объяснять какое значение имело бы или обнаружение в Космосе иных форм жизни, или, наоборот, подтверждение земной уникальности.

С первой группой связана вторая группа исследований: психофизиологические и когнитивные исследования. В последнее время все чаще и чаще появляется в СМИ

информация о том, что космический полет вызывает измененное состояние сознания. В рамках этих исследований перспективным является изучение механизмов высшей когнитивной деятельности, например «механизма озарения». В Космосе можно в ультимативной форме осуществить опыты с полной изоляцией мозга от внешних раздражителей, что позволит существенно расширить фронт психофизиологических исследований до уровня экстрасенсорики.

Космос является совершенно иным пространством мысли. Он позволяет расширить представления об Ойкумене до масштабов Метагалактики, по-новому взглянуть на проблему человеческого сознания и бессмертия души. В этом плане важную роль играет третья группа космических исследований – трансцендентные и метафизические исследования. В конце XV в. «Великие географические открытия» дали новый мощный импульс развитию цивилизации и вывели ее из глобального кризиса феодального общества. Но на рубеже XX-XIX вв. наша цивилизация переживает новый глобальный кризис, охвативший не только экономику, но и науку, образование и ненаучные формы познания (религия, искусство). Связан он с исчерпанием пространства привычных для нас смыслов. Только выход на новый семантический уровень, не имеющий земных эквивалентов, позволит вывести человечество из этого кризиса. Космос и является такой «Terra incognita», которая дает человеку новые эмоциональные ощущения, которые невозможно ни смоделировать, ни придумать в земных условиях.

В русле стратегической цели космических исследований (планетарная рефлексия) находятся геологические и тектонические исследования. Эти исследования позволят создать сравнительную тектонику, сформулировать всеобщий геологический закон, понять причину перемещения материков (современные представления о мантийных потоках и модель движения континентов не вполне соответствует наблюдаемым фактам). Они же послужат основой для прикладной геологии: прогнозы землетрясений, извержений вулканов, цунами, поиски залежей полезных ископаемых. Геологические исследования Марса, Венеры, Меркурия... должны дать ответ на вопрос о применимости законов земной глобальной тектоники плит к другим небесным телам. А это в свою очередь может привести к новой мировоззренческой революции, сравнимой со сменой основной научной парадигмы во времена Николая Коперника. При вероятном обнаружении уникальности земного тектонического движения вырисовывается философская концепция о Земле, как одушевленной материи. А это, подняв философский статус Земли, как глобальной экосистемы, придав ей сходство с живыми системами, наполнит понятие «геоцентризм» новым содержанием. Геологические исследования пояса астероидов, сравнительный анализ их состава позволят проследить генезис Солнечной системы и составить представления о распределении в космосе химических элементов.

Наконец, к 5-й группе космических исследований относятся исследования хаотических систем. И.Пригожин и И.Стенгерс в своих работах («Порядок из хаоса», «От существующего к возникающему») показали, что хаотические системы играют ключевую роль в теоретической физике, биологии, медицине, социальных науках. Атмосфера Земли является самой наблюдаемой и простой для изучения хаотической системой. Наибольший интерес представляет и атмосфера Венеры с «классической бешеной атмосферой». Космические исследования позволят сравнить атмосферы Земли и Венеры как хаотические системы.

Важным моментом в космических исследованиях должна стать дальнейшая их интернационализация. Финансовая база таких исследований не может быть осуществлена ни в рамках одного-двух государств, ни в рамках группы государств (скажем Евросоюза). Логика глобализации подразумевает превращение космических исследований в действительно всемирный проект.

ИСТОКИ И ПУТИ РУССКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ МЫСЛИ

Богданова Н.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Русская космическая мысль в своих духовных истоках восходит к народному космизму славянской устной традиции и повествований в духе Голубиной книги и других источников русской духовной литературы раннего периода.

В русском космизме XIX-XX столетий принято выделять три течения: естественнонаучное (В.И.Вернадский, К.Э.Циолковский, Н.А.Умов, Н.Г.Холодный, А.Л.Чижевский), религиозно-философское (Н.Ф.Федоров, В.С.Соловьев, С.Н.Булгаков, Л.П.Карсавин, А. С. Хомяков, И. В. Киреевский, П. А. Флоренский и др.) и литературно-художественное (В. А. Левшин, В. Ф. Одоевский, А. В. Сухово-Кобылин, Ф. И. Тютчев, В. И. Иванов, В.Я.Брюсов, А.Белый, Н.А. Заболоцкий, А. Н. Скрябин, Н. К. Рерих и др.).

В русском космизме утверждается понимание Земли и Космоса как единого целого, соразмерность Вселенной и человека, душа и космос - явления одного порядка. Между естественнонаучным, религиозно-философским и литературно-художественным направлениями русского космизма нет четкой грани, они взаимосвязаны и переплетены. В.И.Вернадский: «...художественное творчество выявляет нам космос, проходящий через сознание живого существа».

Космисты естественнонаучного направления ставили вопрос о необходимости создания новой картины мира. Циолковский попытался систематизировать основные «космические проблемы» о месте разума и творчества в мировом целом, их связи с представлениями о смысле жизни. Циолковский разрабатывал естественнонаучные, технические и философские проблемы. Он, также, получил известность как создатель космической этики («Воля Вселенной. Неизвестные разумные силы», «Существа выше человека»). Идеи В.И.Вернадского намного опередили время. Его идеал - планетарное мышление. Первый шаг в изменении современной картины мира - введение в эту картину живого вещества в рамках учения о биосфере и определение его как планетарно-космического. Н.А.Умов проводит идеи антиэнтропийной сущности жизни, направленности эволюционного процесса в сторону все большей стройности и упорядоченности. Украинский естествоиспытатель Н.Г.Холодный вводит в обиход космической мысли понятие антропокосмизма. Согласно принципу антропокосмизма человек более не рассматривается как центр мироздания, а предстает органической составной частью космоса. А. Л. Чижевский — мыслитель, поэт и художник является основателем фундаментального направления в естествознании — гелио- и космобиологии. Ученые-естественники ориентировались на исходный пункт познания, в котором утверждалось, что мир есть живой организм, в отличие от распространенного: «мир есть громадный механизм».

Такой же поход был характерен для творчества русских поэтов XIX – XX веков: Ф.Тютчев, В.Брюсов, К.Бальмонт, Н.Заболоцкий. В прозе – В.Левшин, В.Одоевский, В.Хлебников, А.Белый. А.Платонов; в живописи – М.Врубель, М.Нестеров, Н.Рерих, С.Рерих, группа Амаравелла. Идеи единства человечества и Вселенной нашли отражение и в музыке (симфонии П.Чайковского, А.Скрябин, С.Рахманинов, М.Чюрленис).

К собственно философским основам русского космизма можно отнести разработку самой концепции Всеединства в трудах В.С.Соловьева, С.Н.Булгакова, Л.П.Карсавина. В них отражена онтологическая сторона, разрабатывается учение о бытии. Гносеологическая сторона представлена теорией «Цельного знания» И.В.Киреевского и А.С.Хомякова, «Цельным мировоззрением» П.А.Флоренского. Особое место занимает «Философия общего дела» Н.Ф.Федорова.

Известно, что Циолковский разрабатывал теорию освоения космического пространства, вдохновленный идеей Н.Федорова о всеобщем воскрешении. В системе их взглядов было много общего: выход человечества в космос, регуляция природных стихий, освоение околосолнечного пространства, заселение иноземных миров. Циолковскому удалось перевести идеи полета в космическое пространство из области фантастики в реальность.

Идеи Циолковского, в свою очередь, вдохновили С.П.Королева, посвятившего свою жизнь практическому решению проблем космонавтики.

Начало космической Эры именно в России (Советском Союзе) было не случайностью, а закономерным этапом всей предшествующей русской космической мысли, предопределенной историей русского народа и российского государства. Именно русский космизм впервые в истории мировой мысли выдвинул идею единения людей на основе нового экологического мышления (задолго до современных экологических проблем).

Есть некое связующее начало в самих именах выдающихся русских космистов: Н.Гагарин (Н.Федоров был внебрачным сыном кн. П.И.Гагарина) – К.Циолковский – С.Королев – Ю.Гагарин.

Центральная идея русской космической мысли о всеединстве и сегодня остается актуальной как универсальная русская идея, способная объединить нацию для решения проблем модернизации общества на пути к лучшему будущему страны.

УДК 115

ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА «ОВЛАДЕНИЯ ВРЕМЕНЕМ» В.Н. МУРАВЬЕВА

Дёмин И.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Трактат «Овладение временем» В.Н. Муравьева занимает уникальное место в контексте русской и мировой философии. Развивая основные положения «Философии общего дела» Н.Ф. Фёдорова, В.Н. Муравьев разрабатывает оригинальную концепцию времени, по сути, не имеющую аналогов в европейской философии.

В данной работе мы рассмотрим онтологические основания проекта «овладения временем». Рассмотрение онтологических оснований предполагает экспликацию понимания бытия, фундирующего философские построения автора.

В понимании бытия сущего В.Н. Муравьев близок к философии жизни. Можно усмотреть также определённые сходства с онтологией Н. Гартмана и персонализмом (Н.О. Лосский). С онтологией Н. Гартмана В. Муравьева роднит выделение «слоёв» или уровней бытия и трактовка соотношения этих уровней.

Всякое сущее рассматривается как «действующая система» (здесь можно провести параллель с понятием «субстанциального деятеля» в персоналистической онтологии Н.О. Лосского). Бытие трактуется как жизнь системы. При этом Муравьев различает два фундаментальных состояния (модуса) жизни – «стихийное» (спонтанное) и «сознательное» («разумное», «осознанное»). Но между этими состояниями нет никакой чёткой и непреодолимой границы. В рамках той философии, которую выстраивает Муравьев, предполагается, что всё сущее (всякая система) обладает хотя бы минимумом «сознательности» (организованности).

Важное место в философской концепции В.Н. Муравьева занимает различие между процессом и актом, процессуальностью и активностью. Строго говоря, всякий процесс есть процесс природный, спонтанный. Акт же сверхприроден. Всякий акт – это «овладение временем», упорядочивание, обуздание стихийных природных сил. Но непроходимой

границы между актом и процессом, опять же, нет. По сути, всякий природный (стихийный, спонтанный) процесс – это хотя бы в минимальной степени акт, так как предполагает хотя бы минимальную степень «сознательности» элементов системы.

Что понимается под временем, в чём смысл интенции «овладения временем»? Как соотносится понятие времени с другими важнейшими понятиями философии В. Муравьева – «действующей системой», «актом», «процессом»?

В.Н. Муравьев исходит из утвердившегося в новоевропейской культуре понимания времени как *меры движения*: «Если не везде, где есть отношения вещей, ум предполагает время, - везде, где есть время, ум относит его к изменению вещей, и ничего другого во времени не мыслит и мыслить не может». «Время есть не что иное, как меняющиеся отношения вещей». Время – это время действующей и/или претерпевающей воздействие системы.

Муравьев различает два времени: время стихийное и время организованное, сознательно творимое человеком. Время стихийное – это время природных процессов, «слепое течение времени мирового целого». Вслед за Н.Ф. Фёдоровым, В.Н. Муравьев трактует природу как «смертоносную силу», «смертоносную стихию», которая должна быть преобразована и побеждена.

Время природное, время природных процессов – это время необратимое, это *время умирания*. Тогда как время очеловеченное – это время обратимое. Обратимость – фундаментальная характеристика человеческого (очеловеченного) времени. Под «обратимостью времени» поднимается «принципиальная возможность возвращения бывшего». В основании этой трактовки лежит идея Н. Фёдорова об «активном воскрешении». Природное время В.Н. Муравьев характеризует как время *принудительное и внешнее*. В противоположность этому время обратимое характеризуется как время внутреннее и подвластное человеку.

Преодоление времени (преодоление смерти) включает два аспекта: 1) овладение природными стихиями, преодоление сопротивления (косности) «несознательных» элементов системы; 2) преодоление розни элементов «сознательных», обеспечение согласованности действий.

Проект «овладения временем» В.Н. Муравьева есть, по сути, всё тот же фёдоровский проект «общего дела», проект преодоления смерти, проинтерпретированный в терминах времени.

УДК 82.09

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ОСОЗНАНИЕ КОСМОСА РУССКОЙ ЛИТЕРАТУРОЙ

Кузнецова Е.Р.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Между учёными и писателями обычно не возникает споров о том, какая картина космоса «более правильная» – художественная или научная. Традиционно считается, что язык науки непереводим на язык художественной речи, а язык искусства не находит адекватного отражения в научной терминологии. Тем не менее, эти две модели мира находятся в постоянном взаимодействии.

Космос Гомера, визуально представленный в отчеканенном виде на щите Ахилла, имеет мало общего с концепциями Эйнштейна, но «Илиада» не устаревает до сих пор. Ведь человек интересуется художника не только в настоящем времени, он входит в искусство со своим прошлым и будущим, вписываясь в пространство микрокосмоса своей эпохи.

Говоря о космической мифологии, важно увидеть её источник – звёздное небо над головой. Этот образ уходит глубинными корнями в фольклорное прошлое. Вспомним, что и в «Апокалипсисе», и в других «звёздных» книгах поэтично рассказывается, как в «последний день» срываются семь огненных печатей (по аналогии с семью видимыми планетами), и небо сворачивается, «как свиток». Об этом же говорится в индийских «Упанишадах», где время останавливается, а пространство сворачивается. В сознании древних пылающая огненными письменами «небесная книга», развёрнутая над головой, должна быть прочитана. На прочтение тайн Вселенной были направлены усилия не только жрецов, учёных, но и поэтов.

В России процесс познания и осознания иного мира – космического – получил заметный толчок, когда Пётр I привёз из Европы готторпский глобус и установил его для бесплатного обозрения. Внутренний купол глобуса стал первым русским планетарием. Обратим внимание на то, что М.В. Ломоносов не в научном трактате, а именно в стихах восторженно изливает свои ощущения от соприкосновения с бесконечностью Вселенной:

Открылась бездна, звёзд полна;
Звездам числа нет, бездне дна ...

(«Вечернее размышление о божием величестве...»)

Но к XX столетию выяснилось, что нет абсолютного пространства и абсолютного времени, оказалось, что мир не так прямолинеен, как утверждал Евклид, а две параллельные прямые могут пересекаться. Ведь ещё в 20-х годах XIX столетия об этом говорил Н. И. Лобачевский, хотя эта идея в то время и была встречена непониманием. Учёный пытался проверить свою геометрию в масштабах космического пространства, измеряя астрономические звёздные расстояния, пытался открыть специальный семинар в университете, но учёные мужи скептически относились ко всем начинаниям основателя новой геометрии. На могиле Н.И. Лобачевского в Казани можно прочесть эпитафию, где перечислены его титулы, но ни слова не сказано о том, что сделало имя этого человека бессмертным, – о геометрии Лобачевского. Как это ни парадоксально, но космологический смысл открытия Н.И. Лобачевского раньше учёных осознали писатели: Ф.М. Достоевскому принадлежит первое слово художника о неевклидовом космосе. Русский писатель осмыслил геометрическую теорию Лобачевского как художник, придал ей новое, человеческое измерение, увидел, что открытие великого математика связано с этическими ценностями человека. Вспомним страшный холодный космос, по которому со страхом бредёт в своём воображении Иван Карамазов (роман Ф.М. Достоевского «Братья Карамазовы»), или космос Свидригайлова, когда он объясняет Раскольникову, что так называемая вечность и будущая жизнь, может быть, всего лишь тёмная бездна (роман «Преступление и наказание»).

Ф.М. Достоевский проник в самую суть трагедии рационалистического сознания русской интеллигенции XIX века, отразил бунт рационализма против грядущего XX века, века теории относительности и неевклидовой геометрии. Иван Карамазов бунтует против Вселенной Эйнштейна, не подозревая, что живёт в ней. Новые научные открытия подразумевали под видимой оболочкой ещё нечто, что невозможно увидеть глазом, например, искривлённое пространство, четвёртое измерение, пересекающиеся параллельные прямые. И этот мир открывался лишь интеллектуальному, духовному взору человека. По Достоевскому, добро и зло точно так же невидимы, и так же реальны. Таким образом, научное и художественное познание пересеклись в точке постижения законов космического бытия.

Обретением невидимого мира обернулась для поэтов XX столетия идея освоения космического пространства. Космос вошёл в поэзию Велемира Хлебникова так же органично, как мифология древних в «Илиаду» и «Одиссею».

Ты прикрепишь к созвездью парус,
Чтобы сильнее и мятежнее
Земля неслась в надмирный ярус,
А птица звёзд осталась прежнею.

(«Ладомир»)

Космология В. Хлебникова пленяет воображение даже не потому, что в ней пророчески предсказано освоение космоса, поэт передал ощущение новой безмерной перспективы времени, позволяющей преодолевать любые пространства. Это было осмысление новой Вселенной Лобачевского, Эйнштейна и Циолковского, хотя до космических полётов было очень далеко. В поэзии же В. Хлебникова появляется уже космический образ мира.

Каждая эпоха, каждый художник по-своему интерпретируют сложившиеся мифы, символы и образы. И сегодня остаётся актуальной мысль академика В.И. Вернадского: «Художественное творчество есть космос, преломлённый в художественном сознании».

УДК 165; 172

ПРОГРЕССОР В СВЕТЕ ПРИНЦИПА ТОЛЕРАНТНОСТИ

Нестеров А.Ю.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

1. Принцип толерантности сформулирован Р.Карнапом следующим образом: «В логике нет морали. Каждый вправе выстроить свою логику, то есть форму языка, как он хочет. Ему следует лишь, если он хочет с нами дискутировать, чётко указать, как он хочет это делать, дать синтаксические определения вместо философских разъяснений». (Carnap, R. *Logische Syntax der Sprache*. Wien, 1934. S.44). Словарь Ю.Миттельштрасса определяет его как «принцип, согласно которому для выбора определённого формального языка нельзя привести какие-либо теоретически обоснованные критерии» (Mittelsträß J. (Hrsg.) *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*. Stuttgart, Weimar, 2004. Bd.4. S.318). В выражении М.Штёльцнера и Т. Юбея: «Нет ни «истинной» логики, ни «истинной» математики, есть лишь символические системы большей или меньшей мощности и силы выражения, которые могут быть конвенционально установлены с помощью аксиом» (Stöltzner M., Uebel T. *Einleitung der Herausgeber // Wiener Kreis*. Hamburg, 2006. S XXXV).

1.1. Принцип толерантности декларирует отказ от понимания блага в терминах теории познания, то есть отказ от платонического подхода, где благо – это условие возможности познания. «То, что придаёт познаваемым вещам истинность, а человека наделяет способностью познавать, это ты и считай идеей блага – причиной знания и познаваемости истины» (Платон *Государство // Платон Сочинения*. М.1994. Т.3. 509а. С.291), и «Всё губительное и разрушительное – это зло, а спасительное и полезное – благо (Там же. 608е. С.406).

2. Разъединение категорий истины и добродетели, обособление объёмов понятий познания и морали – магистральная тема историко-философских исследований, никоим образом не исчерпываемая приведёнными ссылками. Тезис, представляемый к обсуждению, заключается в том, что а) эта тема является магистральной для творчества Аркадия и Бориса Стругацких, включая произведения, опубликованные ими вне тандема, б) выражает себя в конфликте между технологической эволюцией и внеэволюционной системой этических императивов, в) получает диаметрально противоположные оценки в развитии отношения автор-герой от текста к тексту, г) эволюция оценки данного отношения от «Страны багровых туч» к «Бессильным мира сего» может в порядке аналогии быть представлена как переход от платонического понимания блага к принципу толерантности в смысле Р.Карнапа. Ключевым образом, выражающим эволюцию соотношения истины и добродетели, является образ прогрессора.

3. «Прогрессорская деятельность (прогрессорство) – деятельность одной цивилизации по изменению скорости или направления развития другой» (Миры братьев Стругацких.

Энциклопедия. М., СПб. Т.2. С.162). «Прогрессоры – специалисты по техническому и социальному возвышению культур, относящихся к докоммунистическим и раннекоммунистическим ветвям дерева исторических последовательностей. Прогрессорство является естественной и едва ли не единственно возможной формой контакта Земли с такими культурами...» (Там же. С.162).

3.1. На самом деле в творчестве АБС присутствуют как минимум три типа прогрессора:

А) Прогрессор как человек коммунистической Земли, работающий на отсталых планетах с человеческими цивилизациями, то есть с несовершенными с позиций его научных и этических знаний социальными системами, которые ему принципиально понятны. Например, Максим Каммерер, Рудольф Сикорский.

Б) Прогрессор как нечеловек, функция которого – тем или иным образом воздействовать на земную цивилизацию. Принципиальное отличие от типа А в непрозрачности оснований и способов их действия для землян, то есть в невозможности понять. Например, Лев Абалкин, Странники, с определённой натяжкой мокрецы. Параллель у А.Кларка – монолит.

В) Прогрессор как человек, который обнаруживает в себе не совсем типичные для человека, но тем не менее представимые в человеческом языке и мышлении способности, оказывающие воздействие на его судьбу и судьбу человечества. Например, Станислав Красногоров. Параллели: герои «Бессильных мира сего», индийские боги Р.Железны в «Князе Света».

3.2. Конфликт в ситуациях с прогрессором типа А носит иронический характер, то есть тематизируется соотношением знания и незнания героя, его информированности и неинформированности (например, в «Попытке к бегству»). Прогрессор является субъектом, переживающим несоответствие двух этических систем, осознаваемых им именно в качестве этических систем, построенных на оппозиции добра и зла, сущего и должного (например, в «Трудно быть богом» или «Обитаемом острове»). Конфликт разрешается либо крахом базовой этической нормы для героя (образ Руматы), либо выведением героя за пределы иронического отношения (образ Каммерера).

3.3. Конфликт в ситуациях с прогрессором типа Б носит сугубо этический характер: обозначить как «ироничное» отношение принципиального незнания, в котором оказывается всё человечество, невозможно. Проблематизируется принцип герменевтической доверительности, соответственно проблематизируется и отношение понимания (определяемое в данном случае не просто в качестве перехода от вербального знака к его значению, но в качестве процедуры реконструкции субъективной реальности другого индивида на основе используемых им знаков: об определениях понимания см. Нестеров А.Ю. Семиотическая схема коммуникации и познания. Самара, 2008. Глава 2). Традиционное для европейского мышления сведение понимания к этическому отношению в случае прогрессора типа Б получает диаметрально противоположную интерпретацию: не этическое отношение регулирует возможность или невозможность понимания, но понимание делает возможным или невозможным этическое отношение. Иными словами, традиционная ситуация «знание мной иного по отношению ко мне субъекта как другого, а не чужого позволяет мне услышать то, что он говорит» уступает место ситуации «моя способность понять иного по отношению ко мне субъекта превращает его в другого, а моя неспособность это сделать – в чужого». В этой ситуации конфликт собственно и разыгрывается как кризис определённой по Платону категории блага: нечеловеческий прогрессор по определению оперирует отсутствующими в человеческом опыте денотатами, соответственно семантика его высказывания и основания его поступка никогда не будут переведены на человеческие языки. Это бессилие и тщета перевода нечеловеческого в человеческое (предельно отчётливо показанные, например, в «Солярисе» или «Непобедимом» С.Лема, где нет речи о прогрессорстве или вообще об интерактивности – ср. концепцию «ущербного бога» в «Солярисе») вынуждают к снятию ситуации понимания как такового, к переводу её в ситуацию самопонимания героя, то есть по сути дела рефлексивного познания, познания

самого себя. Конфликт разрешается убийством прогрессора и стагнацией человеческой цивилизации.

3.4. Конфликт в ситуациях с прогрессором типа В – это конфликт человека с самим собой, он носит сугубо гносеологический характер. Знаменитые слова Переца из «Улитки на склоне» «вот чем я болен – тоской по пониманию» подразумевают констатацию неспособности человеческого ума воздействовать на объективное устройство не только социума, но и собственной личности. В определённом смысле это парафраз сократического знания о знании, являющегося неснимаемым основанием любых рациональных конструкций. Конфликт снимается либо растворением героя в социальных структурах, снимающих вопрос о самопознании (мир Управления, пародийная параллель – «Тридцатая любовь Марины» В.Сорокина), либо смертью героя («Поиск предназначения или 27 теорема этики»). Снятие конфликта данного типа является трагическим итогом творческого пути АБС.

Вывод. Прогрессор как носитель этических ценностей абсурден, эволюция героя у АБС носит характер типичной для модернизма и реализма XX века «истории упадка» (всякая история – это история о смерти, разрушении и деградации). Абсурдность обусловлена следованием платоническому идеалу отождествления знания и добродетели. Решение этических проблем, поставленных АБС, лежит в плоскости применения принципа толерантности, то есть в разработке синтаксических правил этики. АБС попытались поставить этот вопрос на уровне синтаксических правил в «Отягощённых злом», отчасти в «Граде обречённом», но принцип толерантности как таковой по отношению к творчеству АБС имеет смысл рассматривать как полное отрицание их подхода к этике, на фоне которого уже сами авторы (в смысле «идеального автора») подпадают под ироническое отношение.

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭТНОГЕНЕЗА И КОСМИЧЕСКОЙ АНТРОПОЭКОЛОГИИ

Озеров Р. В., Волобуева С. А.

Авиационно-транспортный колледж СГАУ имени академика С.П. Королёва.

Космическая антропоэкология, в целом, – это раздел экологии человека, исследующий фундаментальные и научно-технические проблемы, связанные с пребыванием человека в условиях космической среды. В настоящее время этот раздел экологии используется в основном, в целях наиболее эффективного осуществления жизнеобеспечения космонавтов (астронавтов). Однако роль этого раздела науки растёт постоянно и связан этот процесс с увеличивающейся ролью космических полетов и исследований в современном обществе. Основателем космической антропоэкологии считается великий русский ученый-биофизик А.Л. Чижевский (1897-1964 гг.). Основные идеи космической антропоэкологии были изложены в его книге «Земное эхо солнечных бурь» (1936 г.). Применение принципов космической антропоэкологии к этногенезу обосновал другой великий ученый Л.Н. Гумилев (1912 -1992 гг.) в работе «Этносфера и космос» (совместно с К.П. Ивановым, 1984 г.).

Перейдем к определению понятия «этногенез» - (этническая история) — процесс сложения этнической общности (этнуса) на базе различных этнических компонентов. Этногенез представляет собой начальный этап этнической истории. По его завершении может происходить включение в сложившийся этнос других ассимилируемых им групп, дробление и выделение новых этнических групп.

Связи этих двух понятий, на первый взгляд кажущейся парадоксальной, и посвящена наша работа.

Основная цель моей работы – изучить особенности взаимосвязи этногенеза и космической антропоэкологии, понять основные точки соприкосновения этих понятий.

Развитие космической антропоэкологии тесно связано с одной из характерных черт современного этапа развития науки во всем мире. Ею является заметно возрастающая тенденция к космоизации научного знания, т.е. стремление связать воедино и земные процессы с физическими процессами космического пространства. В связи с этим сравнительно недавно обозначившееся такое междисциплинарное направление в науке, как экология человека, приобретает в настоящее время характер космической антропоэкологии.

Основоположник гелиобиологии и фактически космической антропоэкологии, Александр Леонидович Чижевский, в книге «Земное эхо солнечных бурь», изданной впервые в 1936 г. в Париже, писал:

«Мы привыкли придерживаться грубого и узкого антифилософского взгляда на жизнь как на результат случайной игры только земных сил. Это, конечно, неверно. Жизнь же, как мы видим, в значительно большей степени есть явление космическое, чем земное. Она создана воздействием творческой динамики космоса на инертный материал Земли..»

К настоящему времени установлены многочисленные взаимосвязи между изменением параметров космофизических процессов и разнообразными явлениями на Земле.

Так, изменения космогеофизической обстановки сопряжены с массовыми психопатическими явлениями (истерии, галлюцинации и др.), войнами, революциями, творческой продуктивностью ученых-физиков, художников, пассионарными толчками (появлением новых этнических систем), наводнениями, землетрясениями, частотой различных преступлений, дорожно-транспортных происшествий, несчастных случаев, внезапных смертей, эпилептических припадков, общей смертностью, рождаемостью, массой младенцев, устойчивостью организма к действию ионизирующего излучения, гипоксии, частотой возникновения приступов стенокардии, нарушений сердечного ритма, инфарктов миокарда, инсультов, самоубийств, психических заболеваний, тяжелых травм, колебаниями артериального давления, частотой сердечных сокращений, свертываемостью крови, СОЭ, концентрацией лейкоцитов и эритроцитов в крови, электропроводностью воды и биологически активных точек, размножением и миграцией насекомых, рыб, других животных, пышностью цветения растений, величиной урожая кормовых злаков, количеством и качеством добываемого вина, ростом древесины (толщиной годичных колец) и многими другими явлениями.

Сдвиги параметров космофизических процессов влияют и на формирование конституциональных особенностей организмов (морфотипа, адаптационного потенциала, пространственно-временной организации биоритмов и др.) в период их зачатия, внутриутробного развития и рождения.

Накоплены данные о существенной роли гравитационного поля в развитии оплодотворенной яйцеклетки, формировании билатерально-симметричного строения зародыша.

Перейдем к взаимосвязи космической активности и этногенеза. Учеными выявлено, что, например, что смена типов человека (австралопитеки, питекантропы, неандертальцы и др.), периоды вымирания или возникновения различных видов флоры и фауны в процессе эволюционного развития живых организмов на Земле совпадают с периодами инверсии (временного исчезновения и смены полярности) магнитного поля Земли (минимальный период составляет приблизительно 20 тыс. лет, максимальный — 730 тыс. лет).

Обнаружены многолетние ритмы (60, 600, 8000 лет) изменения длины тела человека (акселерация и ретардация), соответствующие многолетним вариациям активности магнитного поля Земли.

Теперь, в соответствии с поставленной мною выше целью, подведу основные итоги моего изложения, сформулировав несколько общих выводов.

- космическая антропоэкология это раздел экологии человека, исследующий фундаментальные и научно-технические проблемы, связанные с пребыванием человека в условиях космической среды;

- «этногенез» - (этническая история) — процесс сложения этнической общности (этноса) на базе различных этнических компонентов;

- развитие космической антропоэкологии тесно связано с одной из характерных черт современного этапа развития науки во всем мире. Ею является заметно возрастающая тенденция к космизации научного знания, т.е. стремление связать воедино земные процессы с физическими процессами космического пространства;

- в настоящее время не вызывает никаких сомнений та позиция, согласно которой особое и даже ключевое значение в возникновении и эволюции живых существ на Земле имеют естественные космопланетарные поля, которые являются своего рода синергетической колыбелью человечества;

- взаимосвязь космической антропологии и этногенеза прямая и научно доказуемая;

- две эти области знания, в последнее время, представляют собой абсолютно новое поле для научных изысканий.

Таким образом, я увидел, что космическая антропология и этногенез, в ряде случаев могут рассматриваться как связанные научные дисциплины. И одним из первых это заметил русский ученый Л.Н. Гумилев.

Список литературы

1. Гумилёв Л. Н., Иванов К. П. Этносфера и Космос // Материалы Второго Всесоюзного совещания по космической антропоэкологии. М.: Знание, 1984. С.211-220.
2. Иванов В.В. Культурная антропология в системе наук // Антропология культуры. Сборник научных трудов. – 2002. – В. 1. – С. 11-31.
3. Казначеев В.П. Космическая антропология – новое поле для развития науки в XXI веке // Философия здоровья. – 2009. - № 2. – С. 23-32.
4. Семененя И.Н. Космическая экология человека. – Минск: Из-во Института Физиологии БАН, 2004. – 234 с.

УДК 629.78.

В.Я. ЛИТВИНОВ – ВЫДАЮЩИЙСЯ ОРГАНИЗАТОР АВИАЦИОННОГО И РАКЕТНО- КОСМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Тарасов Ю.Л.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Виктор Яковлевич Литвинов – один из выдающихся организаторов Победы в тылу Великой Отечественной войны. Без их труда Победа была бы невозможной, как и без ратного труда командующих фронтами и армиями. Тем более, что основным делом Виктора Яковлевича были легендарные штурмовики ИЛ-2, нужные для фронта «как хлеб, как воздух».

Виктор Яковлевич Литвинов и после войны был выдающимся организатором производства крайне нужных для страны реактивных истребителей, бомбардировщиков. А затем под его руководством в невиданно короткие сроки завод освоил производство ракет-носителей.

Ступени стремительной биографии – от техника до главного инженера.

Его биография складывалась стремительно. Окончив авиационный техникум в 1930 году, он был направлен на работу техником- конструктором в сборочный цех московского авиационного завода №1. В 1937 году молодой специалист после окончания вечернего отделения московского авиационного института получил диплом с отличием. В мае 1937 года Виктор Яковлевич – начальник технического отдела цеха, в 1938 году он – заместитель

главного инженера, спустя год – главный технолог завода. С марта 1941 года В.Я. Литвинов работал главным инженером завода.

За каждой ступенью биографии стоит громадный труд, труд творческий и новаторский.

Эвакуация.

Война внесла свои коррективы в стремительный ритм жизни всей страны. В начале войны по решению государственного Комитета обороны заводу было поручено изготовление самолётов Ил-2. на долю главного инженера выпала труднейшая задача по обеспечению фронта боевыми самолётами и перебазирование гигантского завода из Москвы в Куйбышев. Демонтаж оборудования, станков, эвакуация и сверхсжатые сроки монтажа завода в далеко не полностью готовых цехах, освоение выпуска штурмовиков вместо истребителей – со всем этим комплексом проблем главный инженер В.Я. Литвинов успешно справился. С 1944 В.Я. Литвинов возглавил завод. Завод выпустил 11863 Ил-2 и 1225 Ил-10.

Директору завода за образцовое выполнение заданий Правительства по производству боевых самолётов было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

«...эра аэропланов реактивных»

После войны параллельно с выпуском бомбардировщиков пришлось освоить производство первых реактивных истребителей МИГ-9, а затем МИГ-15 – выдающегося по своим параметрам истребителя, МИГ-17, фронтового бомбардировщика ИЛ-28 и, наконец – организовать серийное производство стратегического бомбардировщика – ракетноносца Ту-16 и всё это в предельно сжатые сроки, используя принцип параллельности, отработанный ранее под руководством В.Я. Литвинова, внедрив конвейер и поточный метод изготовления деталей.

Следует иметь в виду, что за словами «...завод освоил, ... завод выпустил» кроется гигантская работа всего коллектива, руководителей всех рангов, а, прежде всего, директора завода В.Я. Литвинова. Прежде чем поставить задачу коллективу завода, своим подчинённым, он должен пропустить всю суть проблем через свои ум и сердце. И, самое главное, нести личную ответственность за дела коллектива, за судьбы людей в этом многотысячном коллективе, за их жизнь и быт. Но это была его жизнь с чётко осознанной целью и определённым ориентиром.

Виктору Яковлевичу было свойственно руководить, используя нетрадиционные идеи, нешаблонные методы. Спустя годы он вспоминал: «Одной из таких идей было моё стремление постоянно держать завод на передовом уровне науки и техники. Завод наш был серийным, выпускали мы изделия и поточным методом, но всегда стремились к обновлению своей продукции. Как только налаживался устойчивый серийный выпуск той или иной машины, я ехал в Наркомат и просил новое задание...»

Ракетный щит Родины.

Ещё один крупный поворот в сторону абсолютно новой продукции. 2 Января 1958 года Правительством было принято Постановление об организации производства межконтинентальных баллистических ракет на базе завода №1.

В феврале 1958 года Главный конструктор С.П. Королёв направляет на завод №1 своего представителя Д.И. Козлова для организации конструкторского сопровождения производства ракеты Р-7. С.П. Королёв и В.Я. Литвинов приняли взаимные обязательства – заводчане реконструируют цех главной сборки, а опытный завод изготовит узлы и агрегаты для сборки первой машины. Монтаж нового оборудования, освоение принципиально новых технологий, материалов, методов испытаний и контроля – всё это соответствовало запросам, желанию и умению директора завода и его коллектива.

Выполнение громадного объёма работ, которые проводились на заводе для обеспечения выполнения нового ракетно-космического заказа потребовало бы в обычных условиях во много раз больше времени, если бы не одержимость и фантастическая работоспособность С.П. Королёва, В.Я. Литвинова, Д.И. Козлова и их умение организовать и воодушевить свои коллективы.

Всё лучшее и передовое в науке и технике работало на производство нового изделия. Но освоить и реализовать объём новых технических задач было непросто. Инженерно-технические кадры переучивались. А завод работал круглосуточно. И меньше, чем через год первая ракета сошла с заводских ступеней. Но для решения этой задачи В.Я. Литвинов предложил коллективу сборочного цеха работать по почасовому графику сборки.

Первая ракета Р-7, изготовленная в Куйбышеве, 17 февраля 1959 года совершила успешный полет. Началось освоение более совершенных ракет Р-7А и Р-9А. Куйбышев стал кузницей первого ракетного щита нашей Родины.

За успешное освоение и серийный выпуск новой техники Указом Президиума Верховного Совета СССР 29 июня 1960 года завод «Прогресс», так к этому времени стал именоваться бывший авиационный завод №1, получает третью награду – орден Трудового Красного Знамени. Второй Звездой Героя Социалистического Труда был награждён В.Я. Литвинов.

Глубокие чувства гордости и удовлетворения за результаты своего труда заводчане испытали, узнав из средств массовой информации о полете Юрия Гагарина. Две первые ступени ракеты-носителя Р-7 были изготовлены на Куйбышевском заводе «Прогресс». Так к этому времени стал именоваться завод №1.

На второй день после приземления первый в мире космонавт Юрий Гагарин встретился с заводчанами. На заводе побывали и другие космонавты. И все они говорили слова благодарности за надежность космической техники. И эти слова были весьма заслуженными.

Для завода начался отсчёт космической эры.

УДК 316.658

ОСВОЕНИЕ КОСМОСА В XXI ВЕКЕ В ПРЕДСТАВЛЕНИИ РОССИЯН

Графимова Г.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

С момента полета Юрия Гагарина Россия по праву считается страной «космической». Успехи СССР в освоении космоса неизменно сопровождались у советских людей появлением и укреплением чувства гордости за свою страну, ее науку и промышленность. И изменение внимания российского государства к космической отрасли в 1990-е годы не могло не сказаться на мнении россиян об успехах в этой области.

Как же сейчас относятся россияне к проблеме освоения космоса? Считают ли его жизненно необходимым или напротив, пустой тратой денег? На эти вопросы позволяет ответить анализ результатов социологических опросов, проведенных в 2000-е годы.

Опрос Фонда «Общественное мнение» в 2000г. показал, что космическим исследованиям россияне отводят по степени важности 7-е место среди научно-исследовательских направлений, заслуживающих приоритетного финансирования [1]. Самыми важными из областей освоения космоса 25% опрошенных сочли запуск исследовательских станций на дальние планеты Солнечной системы, 20% - полет человека на Марс, 19% - создание «космических городов» на околоземной орбите. Однако многие опрошенные не смогли определить свое мнение на этот счет, в том числе почти четверть респондентов с высшим образованием.

Вместе с тем ROMIR Monitoring в 2004 г. выяснил, что почти две трети опрошенных россиян согласны с тем, что российский космос нуждается в значительных денежных вливаниях. Чаще других возрастных категорий считают, что надо увеличить финансирование космических программ молодые люди в возрасте 18-24 лет [2].

В свою очередь, опросы Левада-Центра показали, что с 2001 по 2007 гг. количество респондентов, считающих, что программы освоения космоса в России надо расширять, увеличилось с 38% до 54%. К космическому туризму положительно относятся 67% опрошенных, причем наиболее позитивное отношение прослеживается у россиян моложе 25 лет [3].

Проводимые в последние годы опросы зафиксировали особое мнение об освоении космоса у российской молодежи. Так, опрос Левада-Центра 2007 г. показал, что 56% россиян считают, что Россия сохраняет лидирующее положение в космонавтике. Противоположной точки зрения придерживаются 26% респондентов, а 18% затруднились ответить. При этом учащиеся и студенты самой «космически развитой» страной считают не Россию, а США. Это свидетельствует о снижающемся у молодежи уровне знаний об освоении космоса вообще и о достижениях России в этой сфере, в частности.

Такой вывод позволяет сделать и социологический опрос студентов СГАУ «Что Вы знаете о космосе?», проведенный кафедрой политологии и истории осенью 2010 г. Результаты опроса показали, что студенты имеют крайне поверхностные знания об освоении космоса. Так, отвечая на вопрос «Когда был запущен первый искусственный спутник Земли?» большинство студентов смогли назвать только год запуска, точную дату смогли назвать лишь 10%. 70% опрошенных ответили, что С.П.Королев - «инженер-конструктор» или «конструктор ракет», но лишь 10% хорошо знают о советской космической программе и заслугах ее генерального конструктора. О лунной программе и противостоянии СССР и США знают лишь около 25% всех опрошенных. Причем ответы на этот вопрос части опрошенных содержат предубеждения и мифы, сформированные СМИ.

В целом анализ результатов социологических опросов позволяет сделать вывод о необходимости активизировать информационно-просветительскую работу в российском обществе. Представляется необходимым вносить коррективы в образовательные программы, показывать по телевидению научно-популярные передачи о космосе и о российских достижениях в аэрокосмической отрасли, повышать роль музейно-выставочной деятельности, размещать информацию в сети Интернет.

Список литературы

1. База данных ФОМ. Режим доступа - <http://bd.fom.ru/report/cat/az/%EВ/kosmos/of001805>.
2. Россияне об освоении космоса. Режим доступа - http://www.romir.ru/news/res_results/73.html
3. Россияне об освоении космоса и космическом туризме. Режим доступа - <http://www.levada.ru/press/2007041001.html>

УДК 114

ЗАКОН А. ПУАНКАРЕ И СВОЙСТВО НЕОБРАТИМОСТИ ПРОСТРАНСТВА

Филипповский В. А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В научной, учебной и справочной литературе часто можно встретить с обыденным представлением о том, что всегда можно вернуться в одно и то же место спустя какое-то время. В истории мысли неоднократно высказывалась критика такого представления. Яркими примерами могут служить изречение Фалеса Милетского: «В одну реку нельзя войти дважды – всё течёт, все изменяется», а также изречение Кратила: «Нельзя и одного раза войти в одну и ту же реку».

Обнаруженная здесь коллизия касается одного из основных свойств пространства – необратимости (несимметричности). Пространство обладает рядом свойств, среди которых существенными являются: однородность, изотропность и необратимость. Наряду с последними традиционно рассматриваются следующие свойства пространства: трёхмерность (n -мерность), объективность (субъективность, априорность), вечность (сотворённость), абсолютность (относительность), бесконечность (конечность), дискретность (континуальность).

Однородность пространства заключается в равноправии всех его точек, в отсутствии выделенных точек пространства. Изотропность пространства заключается в равноправии всех его направлений. Необратимость пространства заключается в невозможности возвращения в уже пройденную точку пространства.

Ряд современных исследователей (например, [4], [5]) справедливо замечают, что в современной научной литературе свойство необратимости пространства часто обходят молчанием. В этой связи упоминается важное замечание Анри Пуанкаре в работе «Наука и метод» (1908) в главе «Относительность пространства»: «Если кто говорит об абсолютном пространстве, то он употребляет слово, лишённое смысла. Эту истину высказывали уже давно все, кто размышлял по этому вопросу, но её слишком часто забывают и по сей день.

Я нахожусь в определённой точке Парижа, скажем на площади Пантеона, и говорю: «Я возвращусь сюда завтра». Если меня спросить: «Разумеете ли вы, что возвратитесь в ту же точку пространства», то я буду склонен ответить: «Да!»; и всё же я буду неправ, ибо в течение этого времени Земля будет двигаться, унося с собой и площадь Пантеона, которая пробежит, таким образом, свыше двух миллионов километров. Если же я пожелал бы учесть это обстоятельство и выразиться точнее, то это всё-таки ни к чему бы не привело; в самом деле, эти два миллиона километров Земля пробежала относительно Солнца; но Солнце перемещается относительно Млечного Пути, а Млечный Путь в свою очередь, несомненно, имеет движение, скорости которого мы не можем знать. Таким образом, *мы совершенно не знаем и не будем знать никогда, на какое, собственно, расстояние перемещается площадь Пантеона в течение суток.* Всё, что я хотел сказать, сводится, таким образом к следующему: «Завтра я снова увижу купол и фасад Пантеона», и если бы не было Пантеона, то моя фраза потеряла бы всякий смысл – пространство светлось бы на нет. Это одна из наиболее тривиальных форм идеи относительности пространства...»¹.

Ю. А. Лебедев [5] предлагает называть законом Пуанкаре выделенное выше курсивом замечание Пуанкаре и формулирует его более точно: мы не знаем и не будем знать такой фундаментальной характеристики движения, как пройденный путь. В связи с законом Пуанкаре самарский исследователь Л. Е. Землеруб в ряде своих работ отмечает, что необратимым является «пространство-время, как единый атрибут движущейся материи, отображаемый нашим сознанием. Следовательно, необратимо само движение, сами процессы развития»².

Часто при рассмотрении свойств пространства и времени отмечают их связь с законами сохранения. Это соотношение является содержанием теоремы Эмми Нётер (1918) (см.: [1], [3]), которая часто формулируется в следующей обобщённой формулировке: каждой непрерывной симметрии физической системы соответствует некоторый закон сохранения. Так закон сохранения энергии соответствует однородности времени. Закон сохранения импульса соответствует однородности пространства. Закон сохранения момента импульса (углового момента) соответствует изотропии пространства.

Список литературы

1. Kosmann-Schwarzbach Y. The Noether Theorems. – N.Y.; Dordrecht; Heidelberg; London: Springer-Verlag, 2011.

¹ Пуанкаре А. Наука и метод. // Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, 1983, С. 338.

² Землеруб Л. Е. Систематизация структур и форм бытия. (Статья не опубликована.)

2. Poincare H. The Foundations Of Science. – N.Y. New York and Garrison, The Science Press, 1921.
3. Roquette P. The Brauer-Hasse-Noether Theorem in Historical Perspective. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.
4. Землеруб Л. Е. Систематизация структур и форм бытия. (Статья не опубликована.)
5. Лебедев Ю. А. Закон Пуанкаре. [Электронный ресурс] URL: http://www.chronos.msu.ru/lab-kaf/Lebedev/lebedev_zakon.htm (дата обращения 27.03.2011).
6. Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, 1983.

УДК 629.7.022

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПИЛОТИРУЕМЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ РАЗРАБОТКИ ФИЛИАЛА №3 ОКБ-1 (ЦСКБ)

Шахмистов В.М.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Цель статьи - напомнить соотечественникам и, особенно, землякам, о том, что в куйбышевском филиале № 3 ОКБ-1 в семидесятых годах прошлого века велись интенсивные и результативные разработки специализированных пилотируемых космических аппаратов - военно-исследовательского "7К-ВИ" и разведывательного "Союз - Р".

В сообщении приведено то, что сохранилось в моей памяти как у непосредственного руководителя подразделений отдела №16, которые разрабатывали проектную документацию на эти пилотируемые КА. Кроме того, использованы материалы, размещенные в интернете (их там оказалось не очень много, к сожалению, часть из них - некорректные).

Проект корабля «7К-ВИ» («Союз-ВИ», «Звезда») появился во исполнение постановления ЦК КПСС и Совета Министров от 24 августа 1965 года, предписывающего ускорить работы по созданию военных орбитальных систем. За основу «Союза-ВИ», была принята конструкция и системы орбитального корабля «Союз-ОК», но начинка сильно отличалась.

Перед конструкторами филиала № 3 ОКБ-1 стояла задача создать универсальный военный корабль, который мог бы осуществлять визуальную разведку, фоторазведку, совершать маневры для сближения и уничтожения космических аппаратов потенциального противника. Задача стояла теоретически неразрешимая – «Союз-ОК» и сам-то с трудом выводился на орбиту (ракета «Союз» была на пределе своих возможностей), а спецначинки, в состав которой входили комплект фотоаппаратуры, СОЖ для двух космонавтов, топливо для КДУ, СЭП на 30 суток полета и 37-мм пушка Нудельмана с запасом снарядов, надо было разместить 800кг.

Результаты объявленного Д. И. Козловым конкурса предложений по снижению веса конструкции и систем «Союза-ОК» и ракеты «Союз» позволили эту задачу решить.

Основные мероприятия по снижению веса систем и конструкции «Союза-ОК» были предложены сотрудниками проектной группы, созданной для проработки ТЗ на «Союз-ВИ»:

1. Изменить конструктивно-компоновочную схему КА «Союз-ОК», расположив отсеки КА аналогично схеме американского «MOL» (информация о такой якобы проектируемой лаборатории была известна из БИНТИ), что позволяло снизить массу САС;

2. Применить геометрию шпангоутов, сферических и цилиндрических оболочек, освоенных заводом «Прогресс» в производстве КА серии «Зенит», при этом резко увеличивался объем бытового отсека, что обеспечивало необходимый комфорт экипажу для работы и отдыха (в отличие от яйцеобразного бытового отсека КА «Союз-ОК») и сокращалась длина приборно-агрегатного отсека.

3. Заменить планирующий спуск в плотных слоях атмосферы на баллистический, что позволяло существенно снизить вес теплозащитного покрытия. Это решение было впоследствии реализовано на АКА 11Ф624.

4. Исключить из состава средств спасения экипажа запасную парашютную систему (140 кг) и, взамен, снабдить космонавтов спасательными парашютами летчика (2x10 кг) с заменой крышки люка запасной парашютной системы на аварийный люк с дублированной системой отделения (несколько позже стала известна причина гибели космонавта В.М.Комарова в первом полете КА "Союза-ОК).

5. Изменить компоновку агрегатов КДУ КА «Союз-ОК» что позволяло сократило длину и, соответственно, вес агрегатного отсека.

6. Существенный вклад в решение "неразрешимой проблемы" с выводимой массой КА "7К-ВИ" внесли предложения сотрудников проектного отдела №3, с которых началось практически постоянное увеличение масс космических аппаратов, выводимых ракетой "Союз".

Наиболее запомнившиеся проблемы:

1. Люк в лобовой части спускаемого аппарата и конструкция переходного тоннеля между спускаемым аппаратом и бытовым отсеком с системой разделения.
2. Система электропитания на базе изотопных генераторов.

С. П. Королев проект одобрил и под руководством Д. И. Козлова был разработан и защищен эскизный проект КА «Союз-ВИ».

В сборочном цеху был собран полноразмерный макет КА 7К- ВИ. Председателем макетной комиссии был заведующий кафедрой конструкции самолетов им. Н. Е. Жуковского профессор А.С. Москалев, от космонавтов в макетной комиссии работал П. Р. Попович.

Постановлением Правительства от 21 июля 1967 года был утвержден срок первого полета военно-исследовательского корабля – конец 1968 года или начало 1969 года.

Габариты космического корабля «Союз-ВИ»: полная длина – 8 метров, максимальный диаметр – 2,8 метра, обитаемый объем = 11 м³, полная масса – 6700 кг.

Уже в сентябре 1966 года была сформирована группа космонавтов, которым предстояло освоить новый космический корабль. 11 кандидатов в эту группу из филиала № 3 ОКБ проходили медицинскую комиссию в институте медико-биологических проблем.

Однако на проект корабля «Союз-ВИ» ополчился Василий Мишин и ряд других ведущих конструкторов ОКБ-1 (ЦКБЭМ). Противники проекта утверждали, что нет смысла создавать столь сложную и дорогую модификацию уже существующего корабля «Союз-ОК», если последний вполне способен справиться со всеми задачами, которые могут поставить перед ними военные. Другим аргументом стало то, что нельзя распылять силы и средства, когда Советский Союз может утратить «первенство» в «лунной «гонке».

Был и еще один мотив. Б. Е. Черток в книге "Ракеты и люди" пишет об этом откровенно: «Мы (ЦКБЭМ. — В.Ш.) не хотели терять монополию на пилотируемые полеты в космос».

Интрига сделала свое дело: в декабре 1967 года проект военного космического корабля «Союз-ВИ» был закрыт. А все проектные материалы (аванпроект по КА «Союз-Р» и эскизный проект по КА «Союз-ВИ») из филиала №3 ОКБ-1 были переданы по постановлению Правительства в ОКБ-52 Главному конструктору В. Челомею.

СЕКЦИЯ 2

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

УДК 681.51.012: 531.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАВИТАЦИИ МАРСА И ЛУНЫ В УСЛОВИЯХ ОРБИТАЛЬНОГО ПОЛЕТА

Акулов В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В перспективных программах пилотируемой космонавтики предусматриваются межпланетные миссии с длительным, до нескольких недель пребыванием людей на поверхности Марса и Луны. Такие миссии будут сопровождаться нарушениями единства систем «Человек – окружающая среда». В связи с этим возникает проблема отбора и тренировок экипажей в условиях, максимально приближенных к реальным, включая многообразие параметров гравитационной среды. Радикальное решение проблемы предложил Член - корреспондент РАН, космонавт В. В. Лебедев. Оно заключается в моделировании основных факторов межпланетных миссий в процессе длительного орбитального полёта, например, на МКС. При этом невесомость возникает естественным путём, а физическое моделирование гравитационных полей планет может быть осуществлено за счёт искусственной силы тяжести (ИСТ), создаваемой бортовой центрифугой с коротким радиусом (ЦКР).

Необходимо отметить, что ЦКР космического назначения ещё не проектировались и не испытывались. Более того, в настоящее время отсутствует методология, позволяющая решать эти задачи на ранних этапах проектирования, как это предусмотрено концепциями инновационной деятельности. Речь идёт о построении компьютерной модели управляемой ИСТ, ориентированной на сеансы вращения человека в условиях Космоса, позволяющей определить режимы имитации пониженной гравитации. Задача осложняется тем, что на ЦКР невозможно воспроизвести структуру поля Марса и Луны (однородность ускорения свободного падения). Как известно, поле ИСТ (центробежное ускорение) неоднородно, что следует из формулы

$$+G_z = \omega^2 r / g.$$

Здесь $+G_z$ – перегрузка, создаваемая ЦКР, ω – угловая скорость вращения, r – текущий радиус, g – ускорение свободного падения у поверхности Земли.

Очевидно, что если $0 \leq r \leq R$, то $0 \leq +G_z \leq +G_z^{\max}$, где R – периферийный радиус (около 2 м), а $+G_z^{\max}$ – максимальная перегрузка. Таким образом, перепад перегрузок вдоль радиуса возрастает от 0 до 100%, а величина и место приложения перегрузки становятся неопределёнными. Возникает задача обеспечения и оценки адекватности ИСТ (ЦКР) как физической модели естественной силы тяжести (ЕСТ: Марс, Луна, Земля). Решение задачи найдено в моделировании состояний человека, а не структуры гравитационного поля планет.

Важнейшим показателем состояния является давление крови, которое в условиях Земли (норма) определяется двумя факторами – насосной функцией сердца и гравитацией, создающей гидростатическое давление. В условиях невесомости второй фактор отсутствует, что приводит к снижению периферического давления примерно в два раза и негативным медицинским последствиям. На поверхности Луны и Марса гидростатическое давление существенно ниже нормы и составляет ~ 20% и 40%, соответственно. Следовательно, необходимо выбрать (рассчитать) такие режимы ω , а они зависят как от моделируемой планеты, так и антропометрических данных человека, которые обеспечивают восстановление утраченного давления. Это положение после согласования со специалистами по космической медицине было принято за основу при построении математической модели сложной системы «Человек – ЦКР». Основная трудность заключалась в учете нелинейности характеристик системы кровообращения.

Разработанные модели реализованы в виде специализированной информационно-аналитической системы (ИАС). На рис. 1 показан типовой экран системы. В приводимом примере, а он относится к человеку среднего роста (поле «Параметры испытуемого»), гравитация Луны моделируется в орбитальном полёте при частоте вращения $n_{л} \approx 13,6$ об/мин (поле «Режим вращения»). В пересчете на относительную величину, принимая за единицу режим моделирования гравитации Земли, получим: $\bar{n}_{л} \approx 0,41$, что существенно отличается от $\beta \approx 0,19$, где β – перегрузка на поверхности Луны. Указанную закономерность следует учитывать при проектировании и эксплуатации ЦКР космического назначения.

Аналогично определяется режим моделирования гравитации Марса. Выбор моделируемых планет (Земля, Луна, Марс), а, следовательно, их моделей, отличается простотой и сводится к маркировке соответствующей кнопки (см. область «Выбор моделируемой планеты»).

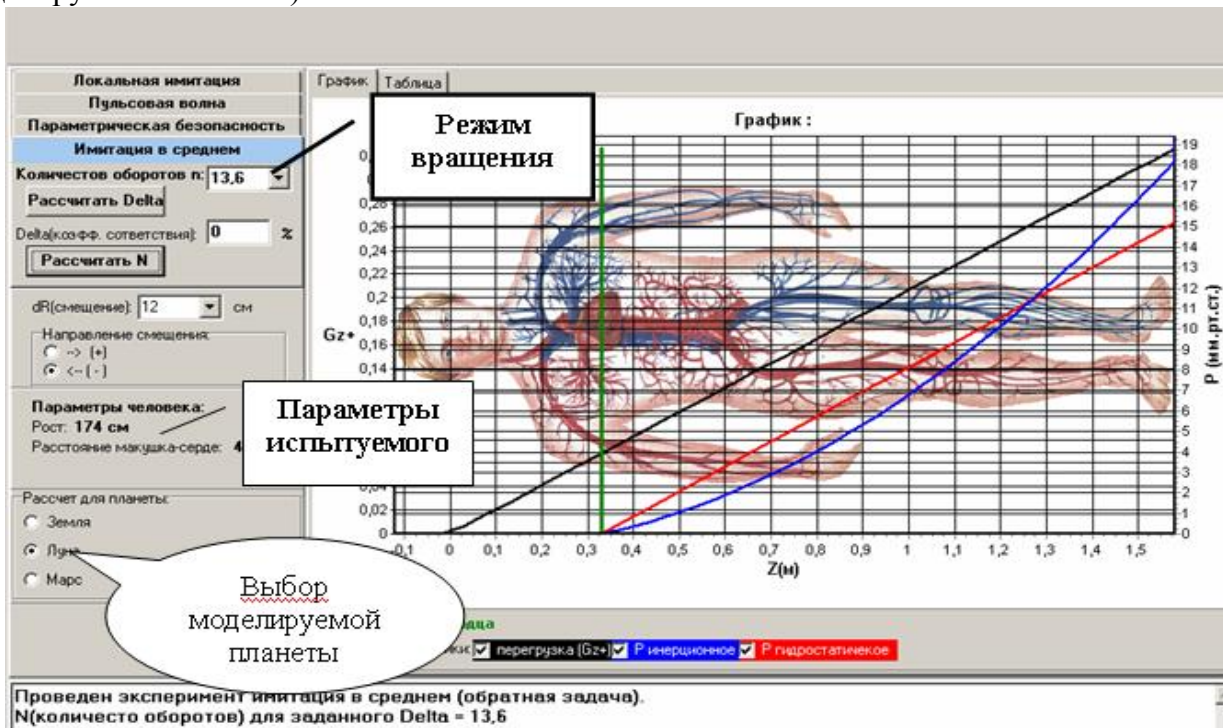


Рис. 1. Типовой экран ИАС в режиме моделирования гравитации Луны

С целью удобства и быстроты восприятия результатов моделирования, оформление экранов ИАС выполнено с применением приемов образной (когнитивной) графики. В их числе, анатомическая схема человека, которая служит смысловым фоном результатов решения задач и которая автоматически масштабируется в зависимости от исходных данных. Кроме того, состояние человека, которое оценивается по распределениям перегрузок, гидростатического и инерционного давлений, визуализируются в виде графиков, совмещённых с анатомической схемой. Графики автоматически масштабируются в зависимости от диапазона их изменения.

Заключение

Исследования являются приоритетными и их результаты могут быть применены при создании бортовой ЦКР и выполнении физического моделирования гравитации Марса и Луны в орбитальном полете, как, например, на МКС.

УДК 629.783

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОВЫСОТНЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО ОБМЕНА ДАННЫМИ С НАЗЕМНЫМ ЦЕНТРОМ УПРАВЛЕНИЯ

Белоконов И.В., Аваряскин Д.П.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время актуальной проблемой является обеспечение оперативного получения данных с космического аппарата (КА) и контроля их полёта. В этой связи перспективным является исследование вопросов использования низковысотных систем спутниковой связи (НССС) для передачи данных между спутником и Землёй.

В докладе рассматривается возможность использования низковысотных систем спутниковой связи Globalstar и Orbcomm для оперативного доступа к процессам, происходящим на борту КА. Выполнено совместное моделирование движения действующей группировки спутников Globalstar и Orbcomm и КА на интервале времени одни сутки. При моделировании движения спутников Globalstar были учтены три наземные станции на территории России (то есть не учитывался международный роуминг). При моделировании движения спутников Orbcomm были учтены наземные станции, находящиеся на территории Казахстана, Италии, Кореи и Марокко. Оценены условия одновременной видимости наземной станции приема, КА и спутников, рассматриваемой системы связи. Оценены число и продолжительность сеансов связи, условия получения информации, сформирована методика планирования сеансов связи с бортом КА (рисунок 1, рисунок 2).

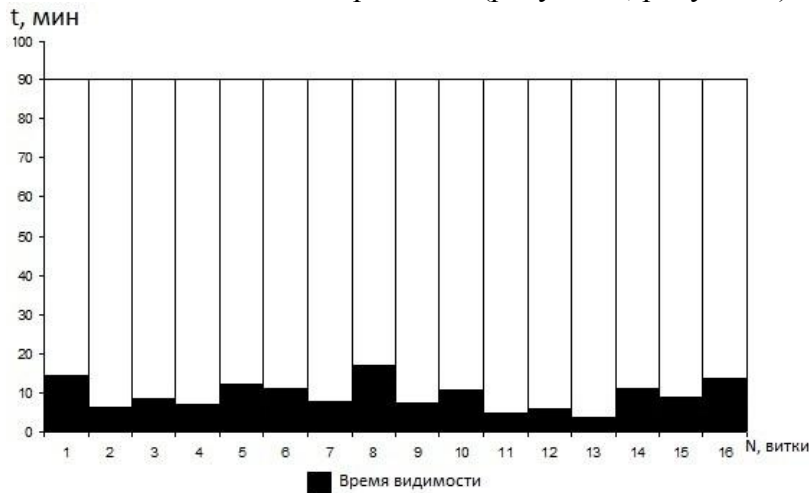


Рисунок 1 – Интервалы видимости КА с помощью НССС Globalstar

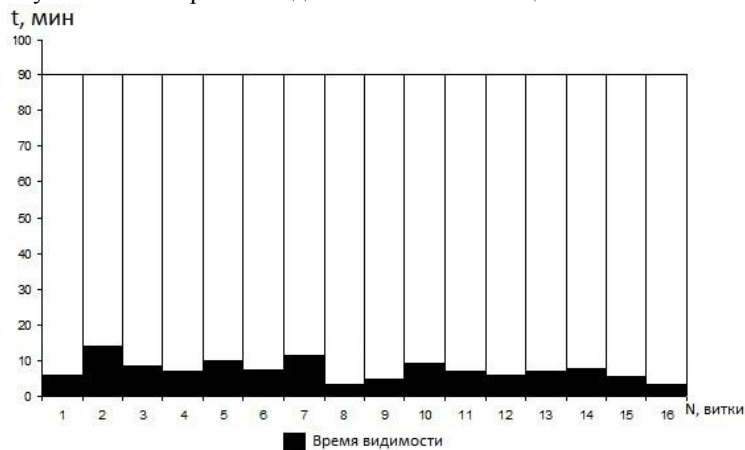


Рисунок 2. Интервалы видимости КА с помощью НССС Orbcomm

По итогам моделирования видно, что использование НССС Globalstar имеет преимущество в продолжительности видимости на витке по сравнению с Orbcomm. Это связано с тем, что спутники НССС Orbcomm имеют меньший угол наклона, чем спутники Globalstar, а, следовательно, более узкую полосу видимости.

САМАРСКИЕ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛИ ДЛЯ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ

Изюмова Ю.А., Семенов С.В.
ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара

ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» имеет к первому полету человека в космос самое непосредственное отношение. Как известно, блок третьей ступени «Е» «гагаринской» ракеты разрабатывался и изготавливался в ОКБ-1, тогда как первая и вторая ступени для ракеты-носителя 8К72 («Восток») изготавливались на Куйбышевском заводе №1 (директор В.Я. Литвинов) при конструкторском сопровождении Филиала №3 ОКБ-1 под руководством Д.И. Козлова.

Ракетами-носителями «Восток» были выведены на орбиту космические корабли с космонавтами: Ю.А. Гагариным, Г.С. Титовым, А.Г. Николаевым, П.Р. Поповичем, В.Ф. Быковским и В.В. Терешковой.

Следующим этапом стала ракета-носитель 11А57 («Восход»), разработанная во исполнение Постановлений СМ СССР №1150-451 от 27.11.61г. и № 1103-467 от 24.10.62г., с помощью которой были осуществлены запуски первых многоместных кораблей типа «Восход». Именно ракета-носитель 11А57 стала первой полностью самостоятельной разработкой Куйбышевского филиала №3 ОКБ-1. Проектная документация была разработана филиалом № 3 ОКБ-1 при участии специалистов ОКБ-1. Конструкторская, испытательная, эксплуатационная документация в полном объеме была разработана Филиалом № 3. Изготовлением ракет-носителей 11А57 занимался Куйбышевский завод «Прогресс».

Новая модификация «семерки» для запуска пилотируемых космических кораблей типа «Союз» получила индекс 11А511 и наименование «Союз». Она была разработана Куйбышевским Филиалом ЦКБЭМ в 1966 г. в соответствии с Постановлением правительства от 3.12.63 г. и является, наряду с последующими ее модификациями, самой известной РН семейства Р-7.

5 января 1973 г. вышло совместное Постановление ЦК КПСС и Совмина СССР о закреплении разработки, конструкторского сопровождения и испытаний унифицированной версии «Союза» (11А511У) за Куйбышевским филиалом ЦКБЭМ, а изготовления - за Куйбышевским заводом «Прогресс». Именно эта ракета-носитель осуществила запуск пилотируемого корабля «Союз-19» по программе «Союз-Аполлон».

Ракета-носитель «Союз-У» с модернизированными двигателями I и II ступеней получила наименование «Союз-ФГ» и в настоящее время обеспечивает запуски пилотируемых космических кораблей «Союз-ТМА» и «Союз-ТМА-М» по программе Международной космической станции.

Ракета «Союз-ФГ» эксплуатируется с 2001 г. На февраль 2011 года в рамках пилотируемой программы стартовала 21 раз и все пуски были успешными.

С 12 апреля 1961 года по февраль 2011 года ракетами-носителями «Восток», «Восход» и «Союз» было осуществлено 114 пилотируемых пусков. Самарские ракеты отправили в космос 162 космонавта и астронавта, в том числе 100 советских и российских космонавтов, 23 американских астронавта и 39 других участников полетов из 28 стран мира в составе международных экипажей.

Таковы основные вехи пилотируемой космонавтики, тесным образом связанной с Самарой (Куйбышевым), с ракетно-космическим Центром «ЦСКБ-Прогресс».

УДК 629.78:531.6

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЁТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОСМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Лукашев Л.Г., Каргин Н.Т., Петровичев М.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Увеличение продолжительности полётов в космическом пространстве летательных аппаратов как автоматических, так и пилотируемых и увеличение численности в космосе запускаемых объектов приводит к необходимости учитывать метеорно-техногенное окружение (МТО), частицы которого могут не только нанести повреждение объекту, но и полностью вывести его из строя. В связи с этим актуальной становится задача разработки математической модели воздействия МТО на космический аппарат (КА) или космическую систему (КС) и оценки опасности воздействия МТО на КА или КС.

Считаем, что КС включает в себя несколько КА, которые функционируют в космическом пространстве, а каждый КА состоит из корпуса и приборного оборудования. Корпус состоит из отсеков (герметичных и негерметичных). Повреждение корпуса метеорными частицами (МЧ) и техногенными частицами (ТЧ) может привести к таким результатам как:

- появление на поверхности наружного слоя оболочки кратера;
- появление пробоя при многослойной оболочке отсека наружных слоёв без повреждения, обеспечивающего герметичность отсека;
- появление полного пробоя одно - (или) многослойной оболочки. При этом отсек может потерять герметизацию;
- появление эрозии на наружной поверхности отсека;
- соударение осколков частицы, проникших в отсек при пробое оболочки, с приборами, находящимися в отсеке.

Повреждение или пробой оболочек негерметичных отсеков и устройств, как правило, не опасны для КС. Тем не менее, в некоторых случаях, такие повреждения могут привести к повреждению и выходу из строя приборов, находящихся в этих отсеках.

В последнее время опасность столкновения КА и орбитальных станций с техногенными частицами стала превышать опасность столкновения с метеорными частицами тех же размеров. Кроме того, замечено, что темпы эрозии поверхности КА и их элементов (например, оптико-электронных систем, панелей солнечных батарей, радиаторов системы терморегулирования и др.) из-за воздействия ТЧ на порядок превысил темп эрозии от МЧ.

В модели космического пространства, предложенной COSPAR и ГОСТ 26545.128-85(1) принято, что плотность метеорных частиц равна $2,5 \text{ г/см}^3$ и скорость столкновения с КС до 20 км/с.

В ГОСТ 26545.128-85 приведена модель метеорного окружения КА в околоземном космическом пространстве. В этой модели все потоки метеорных частиц разделены на две группы:

- спорадические метеорные частицы, для которых имеется интегральная зависимость потока частиц, проходящих через сферу с площадью поперечного сечения 1м^2 за единицу времени;
- метеорные частицы, отличающиеся от спорадических метеорных частиц.

За требования к математической модели (ММ) воздействия МТО при проектировании КС приняты следующие:

-ММ должна базироваться на ММ метеорного и ММ техногенного окружений. ММ метеорного окружения официально оформлена. ММ ТО ещё не создана и в данной работе предлагаются некоторые методические её разработки:

- допускается использовать в ММ зависимости и алгоритмы, полученные при физическом моделировании в лабораториях СГАУ и других научно-исследовательских организациях;

- положения, зависимости и алгоритмы должны быть пригодны для разработки специального программного обеспечения на ПЭВМ;

- ММ может использовать также частные модели:

- описание формы КА и разбиение поверхности КА на элементарные площадки;

- описание конструкции оболочек отсека КА;

- описание результатов воздействия высокоскоростных механических частиц на различные преграды;

- определение дюралевого эквивалента, используемого для вероятности пробоя (или непробоя) оболочки КА;

- определение распределения вероятности пробоя оболочек по поверхности КА и выявления наиболее (или наименее) уязвимых зон на КА.

- расчетные зависимости ММ должны быть пригодны для отыскания наилучших конструктивных решений и использовать методы оптимизации;

- ММ полностью или частично должна отвечать требованиям адекватности моделей и натуры. Адекватность оценивается относительной погрешностью или чувствительностью к изменениям параметров или критериев, входящих в ММ. Должна быть определена область адекватности ММ.

ММ взаимодействия МТО с КА имеет конечной целью оценку опасности полёта. При этом за критерий опасности полёта принята вероятность непробоя оболочек КА МЧ и ТЧ. Этот критерий соответствует показателю надёжности в оценке неповреждения КА.

Вероятность непробоя оболочек отсека КА хотя бы одной МЧ или ТЧ вычисляется в соответствии с законом Пуассона.

ММ МТО могут быть представлены в другом виде, а именно, числом частиц, способных пробить дюралевую оболочку, площадью 1 м^2 .

Следуя вышеизложенному, если теперь каждый отсек КА в КС разбить на элементарные участки, то общее число пробоев МЧ и ТЧ и их характер можно определить.

УДК 629.78

МИКРОСПУТНИК СГАУ «ПИОН»

Тарасов Ю.Л., Шулёпов А.И., Гадалин Н.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Большие космические аппараты (КА), созданные в соответствии с концепцией «все в одном», имеют чрезвычайно высокую стоимость и требуют так много времени для разработки, что к моменту запуска многие технологические решения успевают устареть.

В настоящее время за рубежом сложилась классификация КА по их весовым характеристикам: пико – (до 1 кг), нано – (1-10 кг), микро – (10-100 кг), мини – (100-500 кг), малые – (500-1000 кг), большие (более 1000 кг).

Для получения данных о плотности и уточнения существующих моделей верхней атмосферы, уточнения аэродинамических характеристик космического аппарата (КА) были разработаны, произведены, прошли испытания и запущены в эксплуатацию пассивные эталонные искусственные спутники Земли (ПЭИСЗ) «Пион» (пассивный искусственный объект наблюдения. ПЭИСЗ «Пион» спроектированы, изготовлены и подготовлены к

запускам Научно-техническим центром «Наука» при Самарском государственном аэрокосмическом университете по заданию ЦСКБ.

С 1989 г. по 1992 г. были выведены в космос «попутным методом» на спутниках «Ресурс-Ф1» Центрального специализированного конструкторского бюро шесть спутников «Пион». На спускаемом аппарате они устанавливаются на позициях, предназначенных для крепления контейнеров научной аппаратуры (КНА). Они выводились на околокруговые орбиты высотой порядка 270 км. Все «Пионы» были изготовлены в виде сфер из стеклопластика диаметром 330 мм и массой 50 кг и отличались лишь коэффициентом аэродинамического сопротивления. Время существования на орбите составляло от 30 до 40 суток.

Появление «Пионов» связано с необходимостью оперативного определения мест возможного падения несгоревших остатков космических объектов при неуправляемом входе в плотные слои атмосферы. Примерами могут служить аварийные ситуации с американской орбитальной станцией «Скайлэб» и ИСЗ «Космос-954», «Космос-1402», «Космос-1900», от которых, к сожалению, пока не застрахованы разработчики столь сложной техники. Сюда же относятся экологические проблемы засорения космического пространства различными устройствами, предназначенными для вывода объектов на орбиту (обтекатели, стяжные ленты, пироболты, пружины и т.д.).

При разработке комплекса «Пион» были сформулированы следующие основные требования:

- постоянство и минимальная погрешность информации о величине баллистического коэффициента (1-2% в диапазоне высот от 150 до 350 км);
- возможность измерения параметров орбиты существующими наземными средствами, привлекаемыми к решению задач контроля космического пространства;
- возможность запуска эталонного ИСЗ «попутным способом» при выводе на орбиту серийных КА;
- длительное время существования на орбите;
- саморазрушение и ликвидация при входе в плотные слои атмосферы;
- автономность и модульное исполнение комплекса, состоящего из нескольких эталонных ИСЗ со своими транспортировочными системами и системами отделения управляющей аппаратуры;
- отсутствие влияний и наложения на штатную работу базового КА.

Исходными данными для определения проектных параметров послужили ограничения, складываемые размещением комплекса «Пион» на существующих КА и выводом их в космическое пространство, а также необходимость обеспечения невысокой стоимости комплекса.

Для измерения параметров орбиты наземными средствами был установлен внутри микроспутника восьмиугольный отражатель. Наличие отражателя позволяет выдерживать довольно точно в заданных пределах массу спутника «Пион».

Использование сферической формы при создании модуля «Пион» позволяет с высокой точностью определять его баллистический коэффициент и оптимально решать задачи определения плотности верхней атмосферы, уточнения модели взаимодействия атмосферы с конструкционными материалами покрытия оболочки спутника.

Эталонное покрытие поверхности спутников выбрано в результате анализа серии экспериментов на моделях этих ИСЗ в вакуумных аэродинамических условиях малой плотности Института технической механики Украины и Центрального аэрогидродинамического института имени профессора Н.Е. Жуковского.

При подготовке КА «Ресурс-Ф1» на его спускаемом отсеке устанавливаются два пассивных эталонных спутника «Пион». После сброса обтекателей и выхода на орбиту происходит отделение их от основного спутника-носителя. При подаче по командной радиолнии сигнала на блок управления и коммутации открываются замки системы отделения, расчехливая стяжные ленты, которые под действием собственных упругих сил

откидываются и освобождают ИСЗ. Далее пружинный толкатель сообщает отделяемому пассивному спутнику заданную скорость относительно КА-носителя и его последующее движение происходит в автономном режиме, который контролируется наземными радиолокационными станциями.

Рассмотрим основные результаты эксперимента. Во-первых, подтверждена правильность принятых проектно-конструкторских решений при разработке комплекса «Пион». Показано, что движение пассивных эталонных ИСЗ можно контролировать существующими средствами радиолокационного контроля космического пространства. Во-вторых, на основе радиолокационных измерений получено несколько сотен наборов элементов орбит эталонных ИСЗ «Пион» вместе с характеристиками их торможения в атмосфере. Точность определения элементов орбит оказалась достаточно высокой и позволяет использовать накопленные данные, в том числе совместно с аналогичными данными по другим низкоорбитальным КА, для определения вариаций плотности ВА.

Помимо основного эксперимента, попутно были решены и некоторые прикладные задачи. Например, определялись аэродинамические характеристики эталонных ИСЗ и других низкоорбитальных КА с погрешностью до 1...2%. Проводилось уточнение баллистических коэффициентов ряда КА на «фоне» эталонных ИСЗ вместе с характеристиками их изменчивости. Подтверждена возможность оперативного баллистического обеспечения эксплуатирующихся КА в широком диапазоне высот, в том числе и в периоды резкого повышения солнечной активности и высоких уровней геомагнитной возмущённости. Это позволяет повысить точности прогнозирования движения КА в 1,5...2 раза.

На основе комплексного анализа результатов проведенных экспериментов конкретизированы перспективные направления дальнейших исследований, а именно: совершенствование и развитие конструкции эталонных ИСЗ; уточнение методов расчета аэродинамических характеристик КА и их фрагментов при неуправляемом движении в верхних слоях атмосферы; повышение точности баллистического обеспечения контроля космического пространства и управления полетом отечественных КА; разработка специализированных малых ИСЗ класса «Пион», в том числе для проведения аэродинамических экспериментов.

УДК 629.764.7

ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ОТКРЫТОМ КОСМОСЕ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Тарасов Ю.Л., Шулёпов А.И., Гадалин Н.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В Федеральном государственном унитарном предприятии (ФГУП) НТЦ «Наука» был спроектирован комплекс оригинального портативного оборудования. Это оборудование размещалось в специальных контейнерах научной аппаратуры (КНА), устанавливаемых на спускаемых аппаратах спутников, созданных в ЦСКБ под руководством Д.И. Козлова. Оборудование было предназначено для проведения механических испытаний материалов, для оценки деградации оптических свойств покрытий. Портативные устройства позволяли проводить триботехнические испытания пар трения, а также исследовать физические параметры верхних слоёв атмосферы.

1. Механические испытания материалов в открытом космосе.

Для проведения статических испытаний металлических материалов была создана установка «Прочность-1». Установка предназначена для испытания образцов металлических конструкционных материалов при одноосном растяжении.

Основу этого устройства составляют пять биметаллических колец, к торцам которого крепятся испытываемые образцы. Вокруг каждого кольца выполнена электрообмотка. В соответствии с программой работы испытательного комплекса в заданное время в обмотку подается ток; при нагреве биметаллического кольца (титаналюминий) его торцы расходятся и при этом реализуется разрыв образца.

Одновременно испытывается пять образцов; максимальное усилие, развиваемое при разрыве, составляет $2 \cdot 10^3$ Н. При растяжении образца тензорезисторы регистрируют его деформации и усилия, соответствующие этим деформациям.

Устройство «Прочность-2» предназначено для испытания одновременно двадцати образцов металлических и метало- композиционных материалов.

Разрывные модули этого устройства выполнены из сплава с памятью – нитинола. При растяжении образца реализуется усилие до 10^4 Н. Устройство снабжено регистратором времени пребывания исследуемых образцов в условиях солнечного освещения.

Испытательный комплекс «Вибрация» предназначен для исследования влияния условий космоса на усталостную прочность конструкционных материалов при гармоническом нагружении. В состав комплекса входит электродинамический вибростенд, который позволяет испытывать одновременно четыре образца при частотах до 2000 Гц.

2. Оценка деградации оптических свойств покрытий и триботехнического испытания в космосе.

Для исследования деградации оптических свойств поверхности материалов и покрытий в космосе создан портативный бортовой фотометр отражения БФО- 1.

Модифицированный фотометр позволяет проводить испытания до шестнадцати образцов в автоматическом режиме.

Для проведения исследований процессов деградации свойств антифрикционных покрытий в условиях космоса предназначены установки «Фрикцион-1». В установке реализуется возвратно-поступательное движение исследуемых образцов по схеме «плоскость-плоскость». Может быть испытано двенадцать пар образцов при силах нормального давления, прикладываемых к образцам, равным 200... 300 Н, в скорости и перемещения подвижного образца $6,8 \cdot 10^{-4}$ м/с.

Для измерения коэффициентов трения и степени износа, а также для проведения сравнительной оценки триботехнических характеристик различных образцов предназначена установка ММТ-1. Установка позволяет подобрать пары трения, обеспечивающие наилучший контакт, например, в штепсельных разъёмах, в элементах, обеспечивающих плотную посадку. Можно подобрать пары трения, гарантирующие отсутствие схватывания для взаимно подвижных элементов.

3. Регистрация α -частиц и некоторых изотопов на высоте орбитального полета.

В КНА может устанавливаться аппаратура, которая регистрирует различные экологические параметры. В частности, может быть установлено устройство «Рондо», созданное в НТЦ «Наука», для регистрации потоков низкоэнергетических корпускулярных частиц на высоте орбитального полёта.

Устройство «Рондо» представляет собой конструкцию, позволяющую менять экспонируемые датчики в зависимости от характера натурального эксперимента. В частности, в результате натурального эксперимента можно получить дискретный набор датчиков-пластин, соответствующих реальной ситуации в различных опытах.

Основой конструкции являются пассивные датчики из специальных материалов. В их приповерхностном слое остаются треки после воздействия корпускулярных частиц. Датчики располагаются по кольцевой схеме с возможностью их окружного перемещения автоматическим устройством, включающим в свой состав таймер (программатор эксперимента).

Создано также устройство, предназначенное для регистрации радиоактивных изотопов бериллия, которое представляет собой конструкцию для экспонирования датчика из специальных материалов. Датчик в процессе полета находится над поверхностью КА в плоскости, перпендикулярной направлению полёта, рабочей поверхностью к набегающему потоку.

Устройство включает в себя механизм выдвижения-втягивания датчика с приводами и контактные датчики, обеспечивающие коммутацию и выдающие информацию в положении экспонируемого датчика на телеметрическую систему КА.

Лётные эксперименты с устройствами в космосе были проведены дважды при запусках 19.08.92 г. и 24.08.93 г.

СЕКЦИЯ 3

СИСТЕМА НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ОБЪЕКТОВ

УДК 532.5

СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА РУЛЕВЫХ МАШИН

Макарьянц Г. М., Прокофьев А. Б., Шахматов Е. В., Макарьянц М.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Наземные испытания на функционирование рулевых машин ракет-носителей являются важным этапом обеспечения безаварийности полёта. Испытательный стенд является гидроприводом рулевых машин, обеспечивающим подачу рабочей жидкости АМГ-10 с расходом до 0.6 л/с и давлением до 20 МПа в управляющие гидроцилиндры. Блок подготовки рабочей жидкости включает в себя гидробак, плунжерный насос, клапана, фильтры, соединительную арматуру, пневмосистему наддува гидробака. При проведении испытаний наблюдалась повышенная вибрация элементов стенда, в том числе трубопроводной обвязки, в результате чего происходило образование продольных трещин на трубопроводах напорной магистрали и нарушение работоспособности испытательного стенда.

Проведённые экспериментальные исследования показали высокий уровень пульсаций давления рабочей среды в напорной гидромагистрали. Зарегистрированный в ходе экспериментов спектр пульсаций давления непосредственно на выходе из плунжерного насоса представлен на рисунке 1а. Наиболее интенсивная частотная составляющая пульсаций давления соответствует плунжерной гармонике насоса (503 Гц). Амплитуда колебаний давления на этой частоте в зависимости от среднего давления в линии нагнетания ($P_{cp}=14...20$ МПа) изменялась в диапазоне 2.9...4.0 МПа. Кроме того, в спектре пульсаций присутствуют высшие гармоники с частотами 1010, 1510 и 2020 Гц. Их вклад в общую энергетику колебаний давления весьма значителен и составляет порядка 52...60% для различных режимов работы стенда. На рисунке 1б представлена спектрограмма виброскорости, зарегистрированная пьезоакселерометром, установленным на корпусе обратного клапана линии нагнетания. Максимальная амплитуда в спектре виброскорости соответствует частоте плунжерной гармонике насоса. В спектре вибрации присутствуют частотные составляющие, соответствующие всем высшим плунжерным гармоникам. Необходимо отметить также наличие низкочастотного шума с максимумом в районе 50 Гц. Вибрация трубопроводной обвязки на этой частоте обусловлена кинематическим возбуждением со стороны электродвигателя и плунжерного насоса.

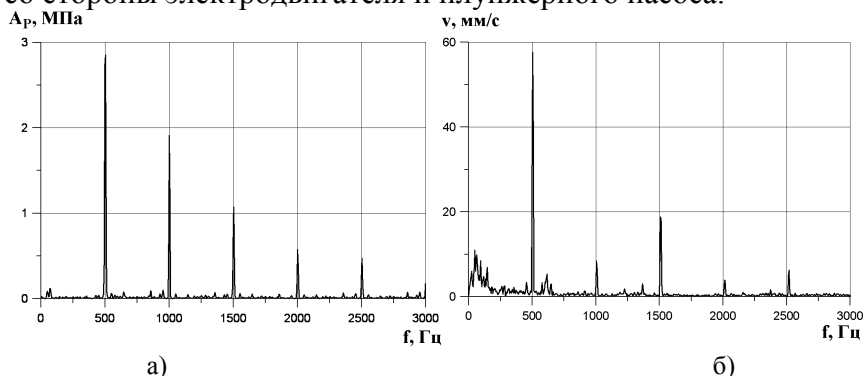


Рисунок 1. Спектрограммы основных динамических характеристик стенда в его исходном состоянии

а) Спектр пульсаций давления на выходе из насоса.

б) Спектр виброскорости на корпусе обратного клапана линии нагнетания.

Для повышения работоспособности стенда и снижения вибронпряжённости элементов трубопроводной обвязки предложены мероприятия по коррекции динамических характеристик гидромагистрали. На первом этапе были разработаны гасители колебаний

жидкости типа ответвлённого резонатора [1]. При этом для точной подстройки под режим работы стенда предусматривалась возможность регулирования объёма полости резонатора. В напорную гидромагистраль было установлено 2 таких резонатора: один – непосредственно на выходе из насоса; второй – на расстоянии 0.8 м от насоса.

На рисунке 2 представлена зависимость коэффициента вносимого затухания по первой гармонике, определяемого как отношение амплитуды пульсаций давления в каком-либо сечении системы до и после установки гасителя колебаний [1, 2], от объёма регулируемой полости второго резонатора. При этом объём полости первого резонатора был настроен на оптимальную величину. Применение резонаторов с оптимальным объёмом позволило снизить амплитуду колебаний давления рабочей жидкости на плунжерной гармонике в 6.5 раз. При этом ресурс работы трубопроводной обвязки увеличился приблизительно в 2 раза.

Резонаторы, обеспечив значительное снижение пульсаций давления на плунжерной гармонике, практически не повлияли на интенсивность высших гармоник.

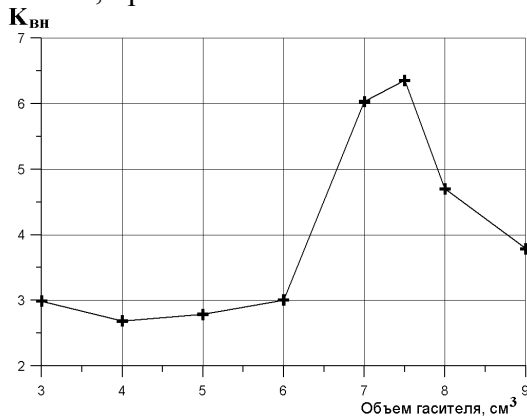


Рисунок 2. Зависимость коэффициента вносимого затухания по первой гармонике от объёма регулируемой полости ответвлённого резонатора

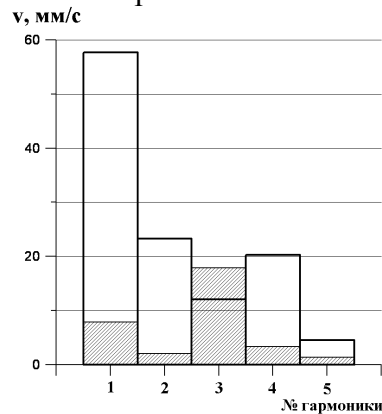


Рисунок 3. Виброскорость сечения трубопровода до и после установки развязывающей емкости: - до установки; - после установки.

На втором этапе исследований для более эффективного снижения амплитуд пульсаций давления всех колебательных компонент на выходе из насоса была установлена развязывающая гидравлическая ёмкость объёмом 13 л. Её применение снизило среднеквадратичное значение пульсаций более чем в 30 раз. При этом замеры вибрации на трубопроводе в месте его разрушения показали снижение среднеквадратичного значения виброскорости более чем в 6 раз (см. рис. 3) практически на всех гармониках плунжерной частоты. Некоторое увеличение виброскорости было зарегистрировано на третьей гармонике. Это объясняется тем, что установка ёмкости изменила массовые характеристики системы, и собственная частота рассматриваемого участка трубопроводной системы оказалась близка к частоте третьей плунжерной гармоники. Следует также отметить, что низкочастотный шум в спектре вибрации с максимумом в районе 50 Гц не уменьшился, так как он обусловлен кинематическим возбуждением со стороны электродвигателя и насоса, уровень которого не претерпел изменений.

Таким образом, введение в гидросистему развязывающей ёмкости позволило существенно уменьшить пульсации рабочей жидкости и как следствие – значительно снизить уровень вибронапряжённости трубопроводов, обеспечив работоспособность и требуемый ресурс испытательного стенда.

Список литературы

1. Шорин В.П. Устранение колебаний в авиационных трубопроводах [Текст]: монография / В.П. Шорин. – М.: Машиностроение, 1980. – 156 с.
2. Шахматов Е.В. Влияние динамических характеристик присоединенных гидравлических цепей на вибрационные характеристики трубопроводов [Текст] / Е.В. Шахматов, А.Б.

Региональная научно-практическая конференция, посвящённая 50-летию первого полета человека в космос

Прокофьев, Г.М. Макарьянц // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва, 2004, №1, с.96-101.

СЕКЦИЯ 4

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 621.7.011

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАФЛАНЦОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ

Глушечков В.А., Беляева И.А., Хардин М.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Развитие авиастроения, машиностроения и вывод технологий на принципиально новые ресурсосберегающие виды, повышение производительности труда и качества продукции основывается на применении новейших видов технологических процессов, к числу которых относятся высокоскоростные методы обработки металлов давлением. В последние годы интенсивно развиваются комбинированные технологии, в которых на обрабатываемый объект одновременно или последовательно воздействуют статические и динамические нагрузки. В качестве источника динамических нагрузок можно использовать импульсное магнитное поле высокой напряженности.

Рассмотрим разработку комбинированной технологии на примере одной из наиболее проблемных операций в машиностроении – операции фальцовки, которая применяется для сборки двух деталей, полученных листовой штамповкой. Операция широко применяется для сборки внешних и внутренних панелей таких деталей, как двери, капот, багажник автомобиля.

По традиционным способам осуществления операции фальцовки, можно выделить две основные схемы:

- способ фальцовки в инструментальном штампе с помощью пуансонов (Рис.1).

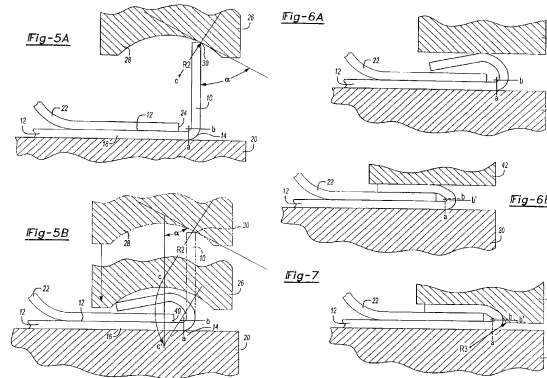


Рисунок 1. Технологическая схема способа фальцовки в штампе

- способ фальцовки роликами (Рис.2).

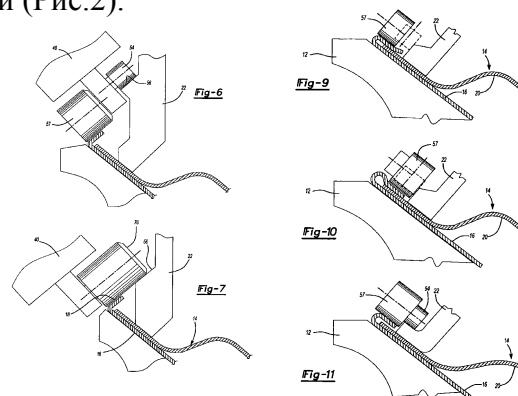


Рисунок 2. Технологическая схема способа фальцовки роликами

При использовании инструментального штампа, в качестве инструментов применяются пуансоны, форма которых зависит от требуемого перехода. Основным недостатком подобных технологий является сложность и отсутствие универсального оборудования и оснастки.

При использовании фальцовки роликами, которые подводятся к детали под разными углами, в качестве недостатков можно выделить: длительность процесса, т.к. ролик должен проехать периметр детали несколько раз, и сложность осуществления процесса из-за необходимости компьютерного управления по модели траекторией движения ролика.

Перечисленных недостатков лишено новое техническое решение в виде комбинированной технологии, включающей совмещение двух видов нагружения без остановки основного процесса (Рис.3).

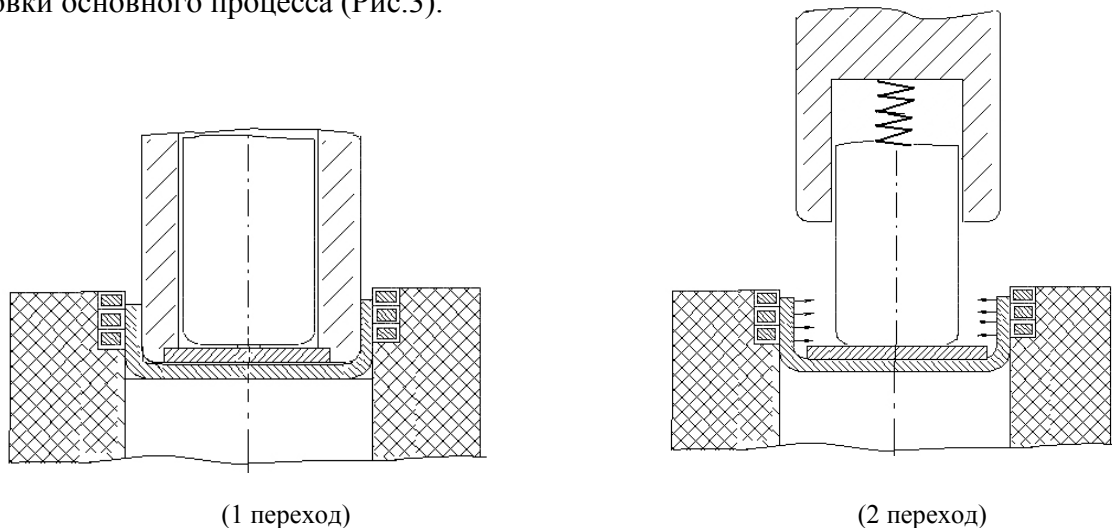


Рисунок 3. Технологическая схема комбинированной фальцовки

Для предварительной оценки возможности осуществления комбинированной технологии фальцовки, было принято решение смоделировать данный процесс с помощью программного комплекса MSC.NASTRAN/MARC и опробовать возможность моделирования в других математических пакетах для выбора оптимального варианта для расчета данного типа задачи. Это позволило не только расширить технологические возможности на основе научного обоснования методов проектирования и реализации новых технологических режимов, но и выявить закономерности протекания процессов магнитно-импульсной штамповки.

Виртуальные испытания показали все «скрытые» особенности комбинированной операции, в том числе особенности динамики загиба кромки, что будет учтено при натурном испытании. По результатам математического моделирования будет создана экспериментальная оснастка, позволяющая совместить статические и динамические нагрузки в одном штампе. Сравнение полученных результатов даст возможность применять данный способ формоизменения и расчётные модели для производства серийных деталей.

Перспективы внедрения данного способа фальцовки в производство достаточно высоки. Это объясняется тем, что при совмещении различных видов нагружения без остановки процесса увеличивается производительность за счет уменьшения количества переходов, повышается качество готовой продукции за счет того, что при магнитно-импульсном воздействии заготовка не взаимодействует с инструментом, снижается металлоемкость и трудоемкость при изготовлении технологической оснастки за счет уменьшения количества штампов.

УДК 621.983.3

АДЕКВАТНОСТЬ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫТЯЖКИ КАПСЮЛЯ С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПИИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Воронин С.В., Юшин В.Д., Бунова Г.З., Малинин М.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

При разработке устойчивых технологических процессов вытяжки полых цилиндрических деталей необходимо более адекватно учитывать анизотропию листового материала [1]. Большинство моделей обрабатываемых материалов, создаваемых в компьютерных системах инженерного моделирования, анализа и оптимизации, рассматриваются как изотропные тела, без учета анизотропии. В результате снижается точность определения значений напряженно-деформированного состояния обрабатываемой заготовки и инструмента, а также основных технологических параметров процессов [2].

Методики учета анизотропии материала позволяют строить соответствующие конечно-элементные модели (КЭМ). Однако результаты компьютерного моделирования, по ряду причин, могут расходиться с результатами реальных экспериментальных исследований. Поэтому целью данной работы является проверка адекватности компьютерного моделирования, на примере процесса вытяжки капсюля из алюминиевого сплава АД1М с учетом анизотропии материала. Для выявления влияния анизотропии прокатки листового материала и проверки адекватности предложенной модели учета анизотропии материала, было выполнено экспериментальное исследование. Исследовался процесс вытяжки капсюля из алюминиевого сплава АД1М диаметром 7,95 мм и высотой 4 мм. В условиях реального эксперимента на одноосное растяжение были определены механические свойства материала – пределы текучести, прочности, относительное удлинение, модуль упругости вдоль направления прокатки, которые использовались при задании параметров компьютерного моделирования. На основании полученных данных была построена КЭМ заготовки, аналогичная реальной.

Для сравнительного анализа результатов моделирования с результатами реальной получаемой геометрии изделия – капсюля были проведены производственные эксперименты по вытяжке в два перехода. Результаты производственного эксперимента представлены на рисунках 1в и 2в, а также численные значения геометрических измерений изделий представлены в таблице 1.

Промоделированный первый переход штамповки показал, что в модели изотропной заготовки листового материала АД1М фестонообразования не наблюдалось, а в анизотропной заготовке – высота фестонов измеренная от плоскости дна стакана до верхней кромки фестона на 10,9 % больше, чем в реальном изделии (рис.1).

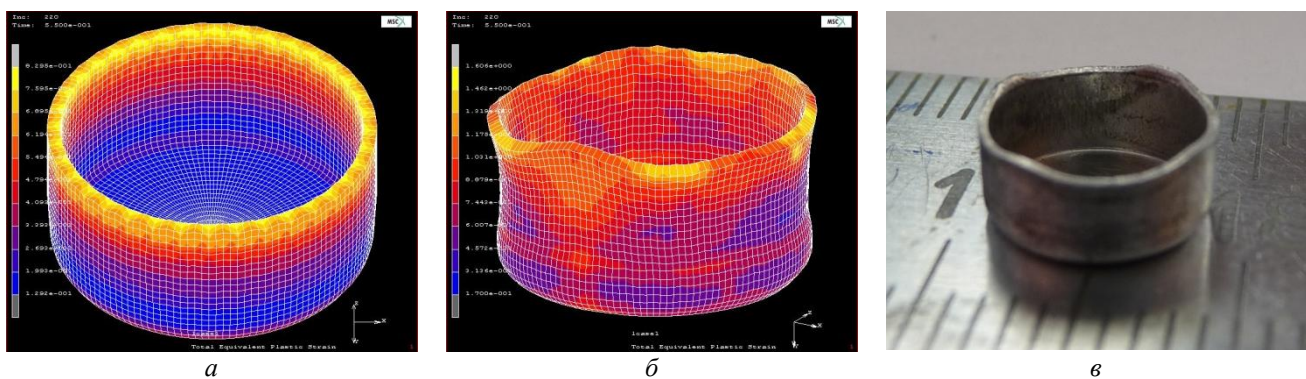


Рисунок 1. Капсюль из сплава АД1М после первого перехода процесса штамповки: а – изотропная КЭМ; б – анизотропная КЭМ; в – реальное изделие

Аналогичные исследования были проведены для второго перехода данного процесса, при этом отмечена сходимость геометрических параметров изделия с параметрами анизотропной модели (рис. 2).

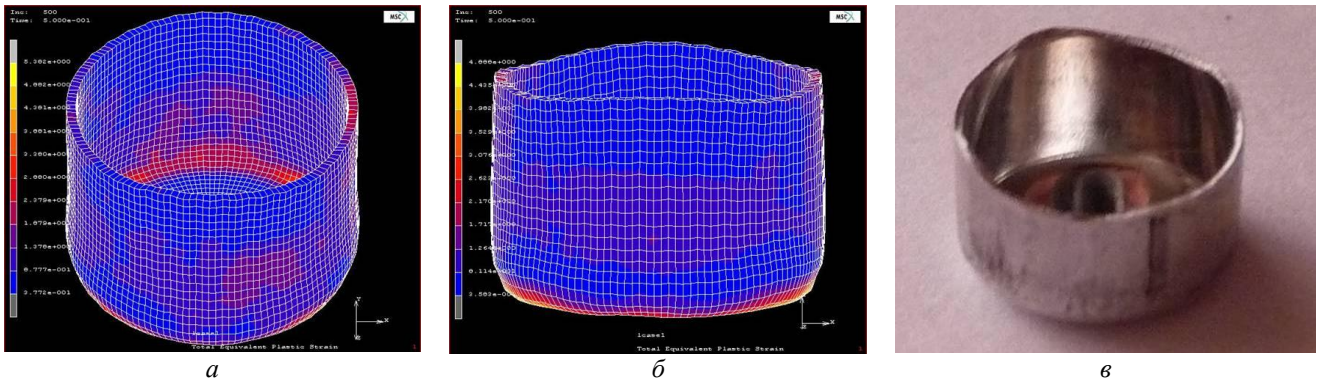


Рисунок 2. Капслюль из сплава АД1М после второго перехода процесса штамповки: а – изотропная КЭМ; б – анизотропная КЭМ; в – реальное изделие

Геометрические параметры капслюлей из сплава АД1М после двух переходов процесса штамповки представлены в таблице 1. Результаты, полученные при моделировании с учетом анизотропии, показали хорошую сходимость с реальным производственным экспериментом: отклонения диаметра дна в случае анизотропной модели не превышало 0,4 %; диаметра середины – 2,35 %; диаметра «юбки» – 0,36 %; кроме того, анизотропная модель в отличие от изотропной позволила учитывать процесс фестонообразования.

Таблица 1. Геометрические параметры капслюлей из сплава АД1М и их моделей в переходах штамповки

		Первый переход штамповки				Второй переход штамповки					
		Изотропная		Эксперимент		Изотропная		Эксперимент		Анизотропная	
Высота	Фестон	3,77		3,92	4,4	5,3		4,75	5,42	12,4%	
	Провал			3,61	4,1			4,36	5		
Диаметр	Дно	7,87	2,36%	8,06	8,03	0,37%	7,84	1,3%	7,94	7,91	0,4%
	Середина	8,05	0,37%	8,08	8,06	0,25%	7,78	1,9%	7,93	8	0,9%
	Юбка	8,03	0,86%	8,14	8,17	0,36%	7,89	0,5%	7,93	7,93	0%

Вышеизложенное свидетельствует о том, что учет анизотропии листового материала при изготовлении деталей небольшого размера методами холодной листовой штамповки является актуальным. Учет анизотропии позволяет более точно и реально установить характер течения металла и соответственно определить конечную геометрию получаемых деталей, а следовательно создать устойчивый технологический процесс, повысить эксплуатационные и физико-механические характеристики деталей.

Список литературы

1. Гречников Ф.В. Деформирование анизотропных материалов (Резервы интенсификации). – М.: Машиностроение, 1998. 448 с.
2. Pino Koc, Boris Stok. Computer-aided identification of the yield curve of a sheet metal after onset of necking. Computational Materials Science. 2004. № 31 – P. 155–168.

УДК 67.01

ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ДЕТАЛИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Егорова Е.Ю., Глушечков В.А., Бурмистров А.Е.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г.Самара

В настоящее время возрастают требования к надежности и долговечности машин. Одной из причин снижения этих показателей, разрушения объектов являются остаточные (внутренние) механические напряжения, возникающие в детали, сварном соединении или конструкции в целом.

Существующие методы регулирования уровня напряжений несовершенны (продолжительны, затратны, сложно реализуемы). Представляет интерес возможность использования импульсного магнитного поля для изменения уровня остаточных напряжений. Цель исследования: установить факт влияния параметров магнитно-импульсного воздействия на уровень остаточных напряжений в тонкостенных цилиндрических образцах.

Эксперименты проводились на кольцевых заготовках, вырезанных из труб (материал АМгЗМ), полученных прессованием и прокаткой. Магнитно-импульсная обработка велась на установке МИУ-10У.

Кольца в количестве 42 штук, подвергались магнитно-импульсному воздействию-калибровке. При этом варьировали такими параметрами как энергия, количество импульсов и время между импульсами. Установлено, что под воздействием этих факторов, уровень остаточных напряжений изменился в 2-4 раза. Причиной столь резкого изменения напряжений явился нагрев от действия вихревых токов и импульсное воздействие, напоминающее вибрационное.

Была произведена практическая оценка возможности использования результатов исследований для определения влияния магнитно-импульсной калибровки на качество готовой детали. Эксперименты проводились на трубе (материал АМгЗМ), полученной механической обработкой. Возникшие остаточные напряжения привели к овальности трубы (с допуском $\pm 0,3$ мм). По чертежу требовалось получить деталь с допуском в сотые доли миллиметра $\pm 0,05$ мм.

Основываясь на полученных ранее результатах, была разработана технологическая схема калибровки на раздачу, выбраны параметры воздействия, спроектирована и изготовлена технологическая оснастка.

В результате проведения эксперимента была получена деталь с требуемым допуском.

Преимуществами данной технологии являются уменьшение времени обработки, снижение энергетических затрат, уменьшение технологической оснастки.

Таким образом, в результате выполнения исследования можно сформулировать следующие выводы:

- установлен факт возможности значительного изменения уровня остаточных напряжений в детали под воздействием импульсного магнитного поля;
- оценены основные факторы воздействия магнитно-импульсной обработки на уровень остаточных напряжений;
- предложена и опробована экспериментально технология магнитно-импульсной калибровки с использованием результатов проведенных исследований.

УДК 621.7/9

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫТЯЖКИ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ УТОНЕНИЕМ КОЛЬЦЕВОЙ ЗАГОТОВКИ

Сулейманова И.Р., Звонов С.Ю., Попов И.П.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В обработке металлов давлением проблемой является получение штампованной детали, размеры которой либо близки, либо полностью соответствуют готовому изделию. Решение этой проблемы позволяет снизить себестоимость готового изделия за счет повышения коэффициента использования материала, снижения трудозатрат, а главное повысить эксплуатационные характеристики изделия, что чрезвычайно важно в производстве деталей двигателей летательных аппаратов.

В конструкции двигателей летательных аппаратов широко используются небольшие по размерам детали типа «форсунка» камер сгорания.

В настоящее время получение подобных деталей основано на технологии, включающей процессы вытяжки цилиндрического стакана, последующего его обжима и окончательной механической обработки [1]. Однако такая технология, не дает возможность получать детали типа «форсунка» с утолщениями на кромках большого и меньшего диаметров. Для совершенствования существующей технологии, обеспечивающей получение утолщения на кромках детали, предлагается использовать процесс вытяжки плоской круглой заготовки с принудительным утонением для изготовления цилиндрического стакана с минимальной толщиной в той её части высоты, которая при обжиге формирует коническую стенку и утолщенную цилиндрическую часть большого и меньшего диаметров форсунки

В ходе данной работы были проведены экспериментальные исследования процесса вытяжки с отбортовкой и принудительным утонением. Для исследования использовались образцы из нержавеющей стали 12Х18Н10Тс двумя видами смазок: лак ХВЛ с мыльным раствором и паста Синэрс-В.

Экспериментальная оснастка, была изготовлена с рекомендациями, изложенные в работах [2, 3] для процессов вытяжки с принудительным утонением.

Использовались кольцевые заготовки, толщиной 2,5 мм, с диаметром $D_3 = 50$ мм и предварительно просверленными отверстиями посередине с диаметрами $d_{от}=11$ мм, $d_{от}=13$ мм, и $d_{от}=14$ мм.

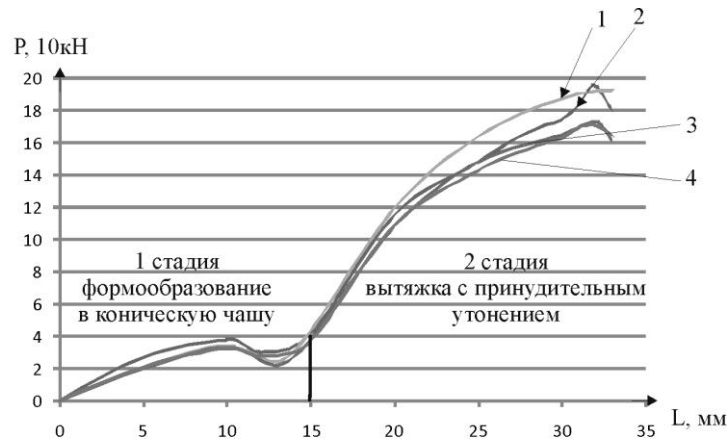
На рисунке 1 представлены усилия процессов вытяжки с принудительным утонением кольцевой заготовки, а в таблице 1 изменение диаметров отверстий заготовок по завершению процесса.

При вытяжке с отбортовкой и принудительным утонением кольцевой заготовки с диаметром отверстия $d_{от}=14$ мм. проходила полная отбортовка отверстия.

Таблица 1. Изменение диаметра отверстий заготовки

Исходный d отверстия	Лак ХВЛ и мыльный раствор	Синэрс-В
$d_{от}=11$ мм.	13,5 мм.	12,32 мм.
$d_{от}=13$ мм.	16 мм.	15 мм.

Изменение диаметра отверстий заготовки с использованием смазки ХВЛ и мыльного раствора больше, чем при использовании пасты Синэрс-В.



1, 2 – смазка лак и мыльный раствор диаметр отверстия $d_{от}=11$ мм. и $d_{от}=13$ мм.,
 3,4 –смазка паста Синэрс-В диаметр отверстия $d_{от}=11$ мм. и $d_{от}=13$ мм
 Рисунок 1. Зависимость усилия процесса вытяжки кольцевой заготовки от вида смазки и диаметра отверстия

Как видно из полученных данных, при использовании в качестве смазки пасты Синэрс-В значительно меньше усилие процесса вытяжки, отсюда можно сделать вывод, что коэффициент трения на контактных парах для этих смазок ниже, чем при использовании традиционного вида смазки лака ХВЛ с мыльным раствором.

УДК 620.91

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Клентак А.С., Угланов Д.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Основными потребителями всех видов энергии и энергоносителей являются предприятия, а неперемная часть любого предприятия – его энергохозяйство. Важной его частью является система энергоснабжения, основная задача которой - снабжение предприятия необходимыми ему видами энергии и энергоносителей. Устройства и установки, предназначенные для снабжения предприятия всеми необходимыми ему видами энергии и энергоносителей, образуют систему энергоснабжения предприятия.

Рассмотрим четыре способа автономного обеспечения энергией предприятия:

1) Нетрадиционные источники энергии.

Одним из вариантов обеспечения электроэнергией использовать нетрадиционные источники энергии, такие как ветроустановки и солнечные батареи.

Для обеспечения тепловой энергией предлагается установить солнечные водонагреватели. Для снижения расходов утеплим стены здания, что сэкономит 45% тепла, и установим пластиковые окна, экономия составит еще 50%. Количество электроэнергии, вырабатываемой за год для каждой установки:

$$V_{ЭЭ} = N_e \cdot n_{уст} \cdot K_M \cdot 365 \cdot 24,$$

где K_M - коэффициент использования мощности котла;

N_e – электрическая мощность установки, кВт;

$n_{уст}$ - среднее годовое количество работающих установок;

Прибыль:

$$П = V_{ЭЭ} \cdot T_{ЭЭ}^{Центр.};$$

Срок окупаемости инвестиций находим как частное от деления стоимости оборудования с учетом капитальных вложений на месте сооружения установки на полную прибыль в год:

$$O = (Ц \cdot n_{уст.} + Ц_{обор.}) / П = (Ц \cdot n_{уст.} + 0,3Ц \cdot n_{уст.}) / П,$$

2) Комбинированные системы автономного энергоснабжения

а) Газопоршневая когенерационная установка и нетрадиционные источники энергии.

Для покрытия потребности в тепловой энергии предлагается использовать когенерационную установку на базе газопоршневого двигателя.

Когенерационные установки можно успешно использовать на тех объектах, где требуется электроэнергия и тепло. Если оба вида энергии требуются одновременно и в соответствующем соотношении, то такая ситуация является идеальной для эксплуатации когенерационной установки. Для обеспечения электроэнергией предлагается использовать уже ранее рассмотренные ветрогенераторы и солнечные батареи. Количество тепловой энергии, вырабатываемой за год:

$$V_{ТЭ} = N_e \cdot n_{уст.} \cdot K_T \cdot 365 \cdot 24,$$

Стоимость кВтч тепловой энергии:

$$S_{ТЭ} = 3 / V_{ТЭ},$$

б) Газотурбинная установка для выработки электроэнергии и миникотельная.

Для покрытия потребности в тепловой энергии предлагается использовать миникотельную, но предварительно необходимо произвести мероприятия по утеплению здания и замене деревянных окон на пластиковые.

Автономное энергоснабжение предприятия осуществляется в данном случае на базе электростанции. Такую систему можно создать также на основе современной газотурбинной установки.

В состав электростанции входят турбогенератор, распределительные устройства, системы регулирования, пожаротушения и другие.

При использовании условия равенства стоимости жизненного цикла можно получить следующую формулу для расчета себестоимости электроэнергии (при использовании только электроэнергии):

$$S_{ЭЭ} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{Гi} \cdot Ц_{Г} \cdot T \cdot t_i \cdot f_c + K + k \cdot T + 3_p \cdot T}{\sum_{i=1}^n N_{ei} \cdot T \cdot t_i},$$

где $G_{Гi}$ – расход газа на i -ом режиме,

t_i – время работы в течении года на i -ом режиме,

$f_c = 1,05$ - коэффициент учета потерь электроэнергии,

K - капитальные затраты,

k – годовые затраты на обслуживание, ремонт и ТО,

3_p – затраты на резервирование от централизованной электросети, при выполнении условия исполнения ТО и ремонта за одну неделю в летний период примем $3_p = 1$ млн. рублей,

N_{ei} – электрическая мощность на i -ом режиме.

в) Когенерационная установка и дизельный генератор.

Когенерация – это совместный процесс производства электрической и тепловой энергии внутри одного устройства – когенерационной установки (мини ТЭЦ). В общем случае когенерационная установка (КУ) состоит из приводного двигателя, электрического генератора, системы утилизации тепла и системы управления. Эффективность полезного использования топлива в когенерационных установках на сегодняшний день самая высокая в

теплоэнергетике и достигает 90%, как следствие – низкая себестоимость выработанной электроэнергии .

Для обеспечения предприятия электроэнергией требуется также дополнительно использовать дизельную электростанцию.

Дизельные электростанции отвечают не только требованиям безопасности и надежности, но и экологическим требованиям. Установки комплектуются шумозащитными кожухами для снижения шума от работающего дизельгенератора. Количество электроэнергии, вырабатываемой за год:

$$V_{ЭЭ} = N_e \cdot n_{уст} \cdot K_M \cdot 365 \cdot 24,$$

Количество тепловой энергии, вырабатываемой за год:

$$V_{ТЭ} = N_T \cdot n_{уст} \cdot K_M \cdot K_T \cdot 365 \cdot 24,$$

Таблица 1. Срок окупаемости всех вариантов энергоснабжения

Вариант энергоснабжения	Окупаемость тепловой энергии, лет	Окупаемость электроэнергии, лет
1	6,8	18,7
2	1,7	20,0
3	6,3	2,3
4	1,7	2,4

Далее каждый из вариантов был рассмотрен с экономической и технической точки зрения, смотреть Таблицу 1. В результате чего выбран оптимальный вариант автономного энергоснабжения предприятия – комплексная система состоящая из когенерационной газопоршневой установка для обеспечения тепловой и электрической энергией и дизельный генератор для электроснабжения.

УДК 621.9

УСТРАНЕНИЕ ПРЕСС-УТЯЖИНЫ НА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ШТАМПОВКАХ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА ГТД ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Костышев В.А., Питюгов М.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

Одним из наиболее перспективных методов изготовления лопаток ГТД является высокоскоростное выдавливание. Этот метод позволяет получать тонкопрофильные изделия с коэффициентом вытяжки более 10 единиц из титановых сплавов, которые зачастую обладают недостаточной технологической пластичностью при обычных скоростях деформирования на кривошипном горячештамповочном оборудовании.

Существенная доля брака при производстве лопаток методом высокоскоростного выдавливания приходится на попадание в очаг деформации загрязнений с торцевой поверхности бойка и поверхности исходной заготовки вследствие турбулентного течения металла. Образующаяся при этом прессутяжина на подошве замка может превышать 5 мм. Одним из возможных методов устранения прессутяжины является повышение контактного трения на границе «боек-заготовка». Этого можно достичь выполнением насечки на поверхности бойка. Повышенное контактное трение будет задерживать контактный слой металла и препятствовать попаданию загрязнений в очаг деформации.

Анализ этого предположения был проведен в программном продукте «DEFORM-3D». Результаты анализа показывают, что интенсивность напряжений достигает максимальных

значений в контактной зоне «боек-заготовка» и существенно превышает интенсивность напряжений во всех других зонах. В моделировании было проведено слежение за точками, находящимися на контактной поверхности «боек-заготовка». В ходе деформирования попадания этих точек в очаг деформации зафиксировано не было.

Результаты моделирования в программном продукте «DEFORM-3D» подтверждают теоретические выводы.

УДК 621.9

СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ СПЛАВА ВТ9 ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ВЫДАВЛИВАНИИ

Костышев В.А., Питюгов М.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Лопатки компрессоров газотурбинных двигателей относятся к числу наиболее нагруженных деталей, находящихся под воздействием больших растягивающих и знакопеременных изгибающих напряжений, работающие в агрессивных средах при повышенных температурах [1]. Зачастую, именно лопатки определяют ресурс работы и надежность ГТД. Повышение эксплуатационных характеристик и ресурса работы лопаток является одной из приоритетных задач авиационной промышленности.

Одним из наиболее перспективных методов изготовления лопаток является высокоскоростное выдавливание [2]. Этот метод позволяет получать тонкопрофильные изделия с коэффициентом вытяжки более 10 единиц из титановых сплавов, которые зачастую обладают недостаточной технологической пластичностью при обычных скоростях деформирования на кривошипном горячештамповочном оборудовании.

Для двухфазных титановых сплавов наряду с высокой усталостной прочностью и жаропрочностью, характерна высокая чувствительность к концентраторам напряжения, зависящая от структурно-фазового состояния материала. Пластинчатые структуры обладают более высокой трещиностойкостью чем глобулярные. Получение тонкопластинчатых структур, сочетающих высокую выносливость и вязкость разрушения, представляет значительные технологические трудности. Особенно сильное влияние на формирование структуры оказывает неравномерность деформации, связанная с градиентом температурного поля по сечению заготовки под выдавливание и в области формирования пера (в очаге деформации) при штамповке, и коэффициент контактного трения. Вследствие того, что коэффициент вытяжки при высокоскоростном выдавливании лопаток может превышать 10 единиц, применение различных видов стеклосмазок, эмалевых покрытий, графитовой суспензии и др. видов смазки не оказывает существенного влияния на снижение коэффициента контактного трения в области формирования профиля пера лопатки, поскольку смазка остается с поверхностными слоями металла заготовки в области формирования замковой и трактовой поверхностей лопатки. Одним из наиболее эффективных способов снижения коэффициента контактного трения при высокоскоростном выдавливании является покрытие исходных заготовок мягкими металлами. Оптимальным технологическим решением является нанесение на титановую заготовку никеля гальваническим методом. При температуре 980°C никель с титаном будут образовывать легкоплавкую эвтектику. Так как воздействие индуктором будет кратковременным, легкоплавкая эвтектика будет образовываться в контакте с поверхностью прутка тонкой пленкой и осуществлять роль смазки. Это значительно уменьшит коэффициент контактного

трения и обеспечит ламинарное течение металла в контактной зоне: «штамповая оснастка-заготовка», что позволит приблизиться к эффекту жидкостно-граничного трения и создать равномерность напряженно-деформированного состояния по всему объему штамповки. Также это позволит увеличить ресурс работы штампов.

Создание равномерного температурного поля в момент деформирования будет достигаться за счет применения индукционного нагрева. В результате такого нагрева поверхность будет перегреваться по отношению к сердцевине. При переносе заготовки от индукционной печи к высокоскоростному молоту, заготовка охлаждается и будет происходить выравнивание температуры по сечению. Таким образом, в момент деформирования заготовка будет иметь практически одинаковую температуру по всему объему, а высокая скорость нагрева токами высокой частоты позволяет существенно снизить рост зерна. Это способствует созданию равномерной деформации и последующего структурно-фазового состояния и повышению свойств готового изделия.

В условиях кратковременности деформирования и последующем быстром охлаждении тонких полотен штампованной детали внутризеренная структура зависит не только от условий деформации, но и от фазовой перекристаллизации ориентированных в процессе деформации β -зерен. Вследствие увеличенной плотности дефектов кристаллического строения, препятствующих непрерывному и свободному росту α -пластин в одном направлении и способствующих зарождению новых α -пластин не только на границах, но и внутри зерен, формируется текстурованная мелкозернистая структура β -зерен с тонкопластинчатым разориентированным внутризеренным состоянием α -пластин. Такая структура обеспечивает получение наряду с высокими значениями прочности, пластичности выносливости, повышение КСТ в 4...5 раз по сравнению с традиционными глобулярными структурами.

Список литературы

1. Н.Д. Кузнецов. Обеспечение надежности двигателей для гражданской авиации / Н.Д. Кузнецов // Основные вопросы теории и практики надежности – М.: Советское радио, 1975.
2. Ю.П. Согришин, Л.Г. Гришин, В.М. Воробьев. Штамповка на высокоскоростных молотах – «Машиностроение», 1978.

УДК 621.7.044

ПОЛУЧЕНИЕ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ «МЕТАЛЛ-НЕМЕТАЛЛ» С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ

Лазарева А.А., Черников Д.Г.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

В современной технике всё большее применение находят детали, образованные соединением металлических и неметаллических материалов.

Так, например, в изделиях аэрокосмического назначения это стержни, рамы, фермы силового набора, элементы трубопроводных систем, образованные соединением труб между собой или с металлическими законцовками различной формы. Аналогичные сборки используются при производстве спортивных изделий: лыжных палок, удилиц; в ювелирной промышленности.

Основными требованиями к соединениям, образованным деталями из металла и неметалла, являются: 1) достаточная прочность (адгезионные свойства); 2) герметичность; 3) электропроводность. Такие требования в первую очередь определяются качеством границы

раздела «металл-неметалл». Существующие технологии создания таких соединений (клеевые, сварные, штамповочные) часто не обеспечивают необходимого качества, и не лишены таких недостатков, как высокая трудоемкость и энергозатраты, использование дорогостоящих оборудования и оснастки.

В данном докладе рассматривается возможность использования магнитно-импульсных технологий [1] при создании конструкций соединения деталей из неметаллических и металлических материалов. Магнитно-импульсная обработка может применяться для создания соединений металлических деталей в том числе и с хрупкими материалами, такими как керамика и стекло.

Были проведены экспериментальные исследования, в которых ставилась цель оценить возможности реализации сборок для различных пар соединяемых материалов, и достижения требуемых характеристик.

В основном исследовались соединения, получаемые обжимом металлической трубной заготовки на неметаллическую оправку. Применяемые неметаллические материалы для оправок: полипропилен, капролон, стеклотекстолит, керамика, углепластик.

Внешний вид образцов полученных соединений приведен на рис. 1.

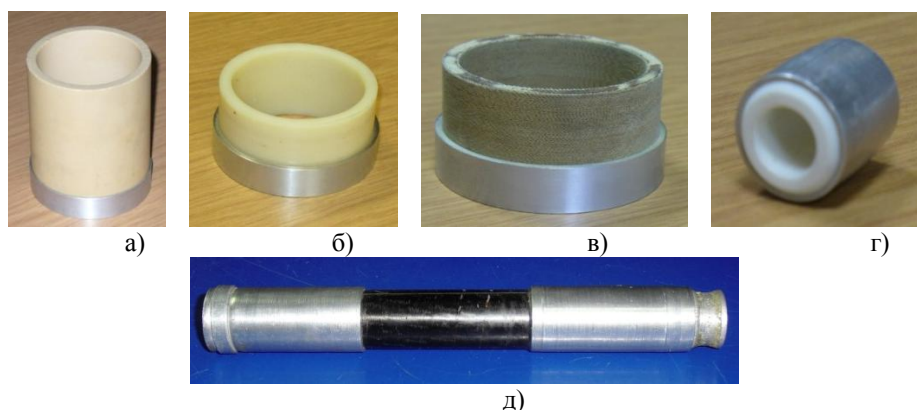


Рисунок 1. Образцы соединения «металл-неметалл»: а) алюминиевой втулки с керамической втулкой; б) с капролоном; в) со стеклотекстолитом; г) с полипропиленом; д) с углепластиком.

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что для достижения необходимой прочности соединений необходимы:

1. Малый исходный зазор между соединяемыми деталями. Для особо хрупких материалов (керамики) желательно свести его к минимуму.
2. Строгая дозировка энергии обжима;
3. Увеличение количества импульсов нагружения;
4. Использование высокочастотного оборудования, более «короткого» импульса нагружения.

Список литературы

1. Белый, И.В. Справочник по МИОМ [Текст]/И.В. Белый, С.М. Фертик, Л.Т. Хищенко. – Харьков: Вища школа, 1977. – 168 с.

УДК 621.7.044

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА ТОКОПРОВОДА ИНДУКТОРА ДЛЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Панфилова С.Н., Попов А.П.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время разработан и внедрён целый комплекс технологических процессов магнитно-импульсной обработки трубчатых, полых заготовок. Разработанные технологические процессы имеют ряд специфических особенностей и преимуществ, выгодно отличающих их от других технологий [1].

Величина импульсных токов, малое время деформирования приводят к необходимости учета тепловых эффектов в магнитно-импульсной обработке (нагрев токопровода инструмента, деформируемой заготовки, в том числе при соударении с оснасткой).

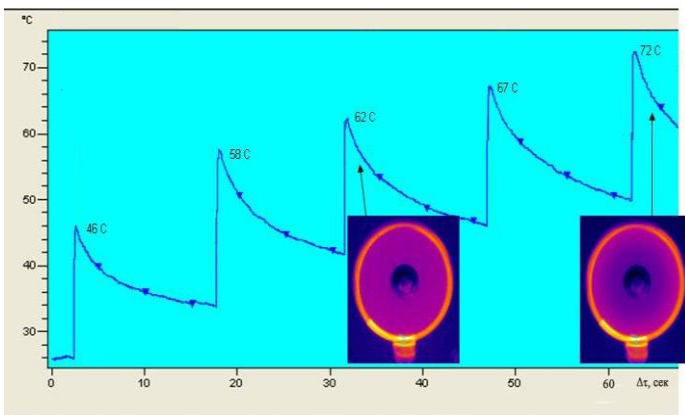


Рисунок 1. Изменение температуры нагрева токопровода индуктора во времени

нагрева витков токопровода индуктора. Необходимость исследования вызвана влиянием нагрева на стойкость изоляции.

Для экспериментальных исследований был спроектирован и изготовлен из медной шины одновитковый индуктор со специально выполненным окном. Эксперимент проводился на МИУ-10 на энергиях 2,8 кДж, 4 кДж, 4,7 кДж при многократном нагружении с интервалом времени 15 секунд. Температуру замеряли с помощью тепловизора Thermo Vision A20M. Для наблюдения и записи силы тока использовались пояс Роговского и осциллограф Wave Surfer 424.

В результате эксперимента установлено, что при незначительных энергиях температура нагрева витка уже достигает опасного уровня, а, следовательно, надо решать вопрос отвода тепла (рис. 1). Этот вопрос решается применением охлаждаемого индуктора. Одновитковый охлаждаемый индуктор был изготовлен из медной трубки. Расход воды фиксировался ротаметром. Охлаждение велось водой, расход воды 30 л/мин. В ходе эксперимента установлено, что температура нагрева токопровода при каждом импульсе не превышает 25°C (рис. 2). При этом температура не зависит ни от силы тока, ни от количества импульсов.

Нагрев токопровода определяет стойкость индуктора в целом и производительность процесса [2]. Известные способы экспериментальных замеров температур, основанные на использовании термопар, имеют существенный недостаток: высокую инерционность. Тепловизор позволяет измерять температуру в режиме реального времени (в миллисекундном диапазоне). В основе разработанных методик лежит именно этот прибор.

Данная работа посвящена разработке методики оценки с помощью тепловизора

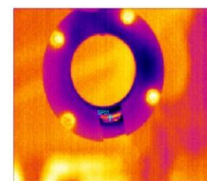
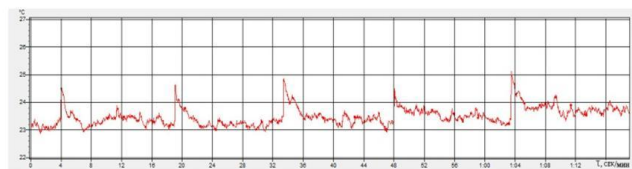


Рисунок 2. Изменение температуры нагрева токопровода индуктора во времени

По результатам проделанной работы можно рекомендовать применение охлаждаемых индукторов. Охлаждаемый индуктор не нагревается при малых интервалах времени между импульсами разряда и при достаточных энергиях.

Список литературы

1. Белый, И.В. Справочник по МИОМ [Текст]/И.В. Белый, С.М. Фертик, Л.Т. Хименко. – Харьков: Вища школа, 1977. – 168 с.
2. Талалаев, А.К. Магнитно – импульсная обработка материалов: Справ. изд. [текст]/ А.К. Талалаев, Ю.В.Подливаев. – М.: ЦНИНТИ,1975,143 с.

УДК 621.7

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ЖИДКОГО И КРИСТАЛЛИЗУЮЩЕГОСЯ МЕТАЛЛА

Черников Д.Г., Глущенко В.А., Иголкин А.Ю., Лазарева А.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

В последнее время в металлургической промышленности широкое применение находят различного рода физические способы воздействия на жидкий и кристаллизующийся металл [1]. Одним из таких способов является магнитно-импульсная обработка расплава, как в жидком, так и в твердо-жидком состоянии [2]. При этом возможно воздействие импульсным магнитным полем (ИМП) через стенки магнитопрозрачной формы; разнообразие и различное расположение индукторных систем как непосредственно в литейной форме, так и за ее пределами; четкое дозирование энергии и др.

Суть процесса МИО заключается в преобразовании электрической энергии, накопленной в батарее конденсаторов магнитно-импульсной установки (МИУ) в теплосиловое воздействие на обрабатываемый объект. Исходя из физики процесса, было предложено несколько технологических схем МИО расплава: радиальное воздействие ИМП на расплав через стенки тигля; осевое воздействие ИМП на поверхность расплава; объемное воздействие ИМП с помощью погружного индуктора [2].

Кроме того, были определены области промышленного применения МИО жидкого и кристаллизующегося металла (рис. 1).

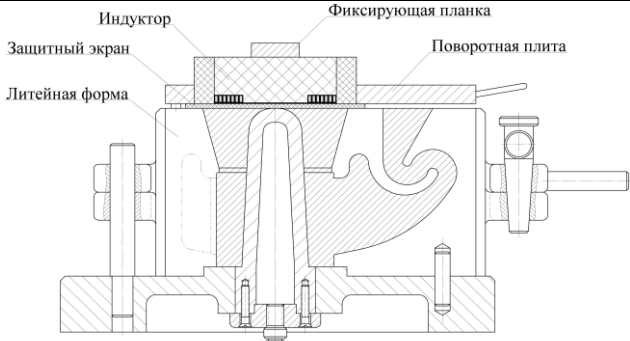

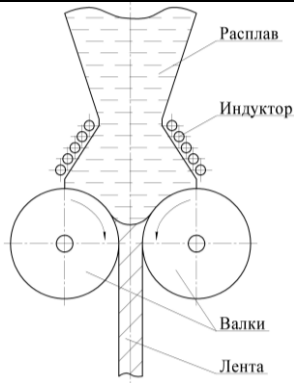
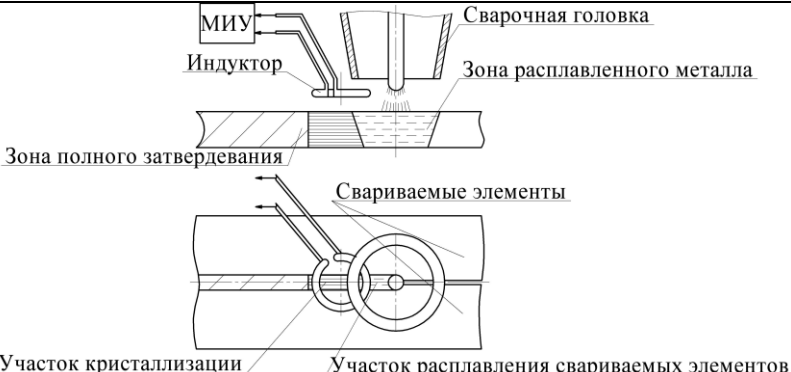
Для большинства процессов (рис. 1) были разработаны технологические схемы, представленные в табл. 1.

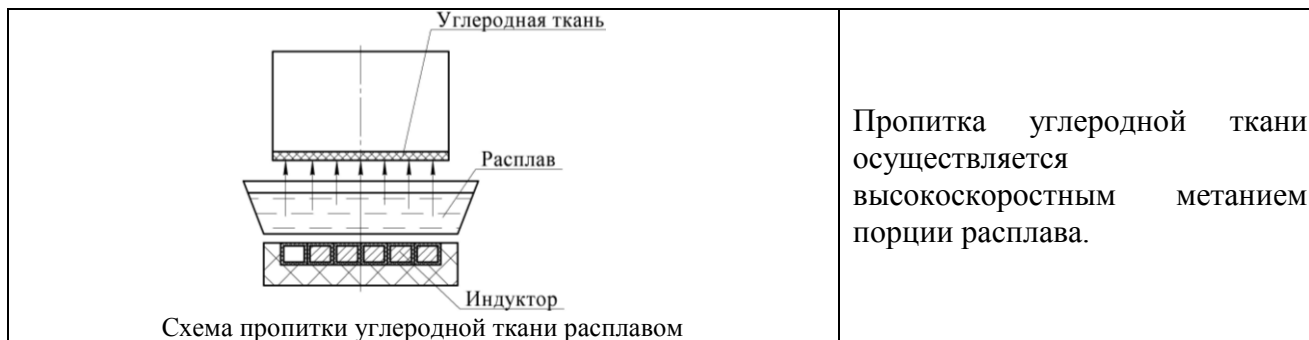


Рисунок 1. Области промышленного применения МИО

Таблица 1. Разработанные технологические схемы

Технологическая схема	Описание
	<p>Формирование структуры литого металла на этапе подготовки расплава за счет воздействия ИМП.</p>

<p>Схема формирования структуры литого металла на этапе подготовки расплава</p>	
 <p>Схема уплотнения отливки под действием ИМП</p>	<p>Формирование плотной отливки корпусной детали двигателя летательного аппарата достигается путем воздействия ИМП на жидкий и кристаллизующийся металл непосредственно в металлической литейной форме.</p>
 <p>Схема формирования электроконтактной пробки в графитовом аноде электролизера</p>	<p>Формирование электроконтактной пробки осуществляется радиальным воздействием ИМП на жидкий металл. Это способствует принудительному заполнению заранее подготовленного канала.</p>
 <p>Схема интенсификации прокатки жидкого металла</p>	<p>Интенсификация процесса прокатки жидкого металла достигается воздействием на него ИМП. Что позволяет помимо формирования его структуры и физико-механических свойств добиться снижения толщины ленты за счет принудительного проталкивания расплава в зазор между валками.</p>
 <p>Схема воздействия ИМП на сварной шов</p>	<p>Сварка плавлением осуществляется с одновременным воздействием ИМП на ванну кристаллизующегося расплава сварного шва.</p>



Список литературы

1. Леках С.Н., Бестужев Н.И. Внепечная обработка высококачественных чугунов в машиностроении. – Минск: Наука и техника, 1992. – 266 с.
2. Глущенко В.А. Влияние импульсного магнитного поля высокой напряженности на свойства жидких алюминиевых сплавов/В.А. Глущенко, Ф.В. Гречников, В.И. Никитин, Д.Г. Черников, А.Ю. Иголкин, К.В. Никитин, А.А. Поздняков//Литейщик России. 2010. № 7. С. 34-39.

УДК 669.2.017

ОСНАТКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СПОСОБА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА СОВМЕСТНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ АКУСТИКИ И ПОРШНЕВОГО ПРЕССОВАНИЯ

Попов И.П., Николенко К.А., Николенко К.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

Целью исследований является разработка способа получения мелкозернистой кристаллической структуры. Получение мелкозернистой структуры достигается путем решения задачи совместного воздействия акустики и поршневого прессования в момент кристаллизации расплава.

В качестве материала для литья использовался пищевой алюминий АД0 толщиной $1,76 \pm 0,005$ мм, применяемый в производстве алюминиевой посуды

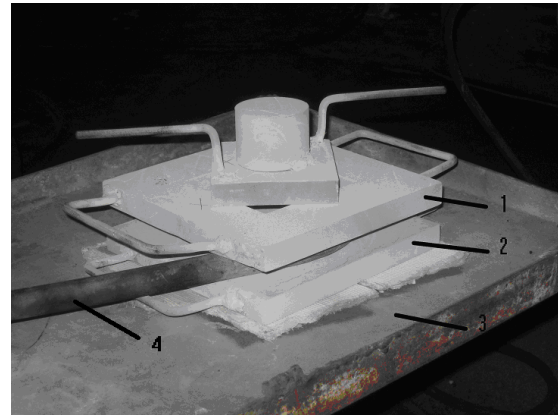
Для жидкостной формовки применялся гидравлический пресс усилием 100 кН. С величиной хода $500 \cdot 10^{-3}$ м (рисунок 1 а). Для оснастки использовались плитки из стали 45 и толщиной 20 мм. Из них изготовлен штамп, состоящий из трех основных деталей: 1 - подштамповая плита, 2 - матрица, 3 - пуансон (рисунок 1б). Пуансон имеет размеры, соответствующие размерам в плане рабочей полости матрицы, которая по высоте составляет $20 \cdot 10^3$ м. В качестве источника слабых электромагнитных импульсов использовался одноканальный формироваель.

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее эффективным является способ, основанный на совмещении акустического воздействия и давления при кристаллизации расплава;

Следует отметить, что кристаллизации расплава алюминия разработанным способом проводилась на промышленном предприятии одного из акционерных обществ. Это говорит о простоте реализации и готовности распространить их на многие металлы и сплавы при получении литых заготовок с более равномерной и мелкозернистой структурой и сокращения времени всего технологического цикла литья за счет уменьшения времени кристаллизации в 1,5-2 раза.



1 - гидравлический пресс;
2 - штамповая оснастка



1-подштамповая плита; 2- матрица;
3- пуансон; 4- горелка

Рисунок 1. Оборудование и оснастка для способа кристаллизации расплава совместным воздействием акустики и поршневого прессования

УДК 669.2.017

МИКРОСТРУКТУРА СПЛАВА АД 0, ПОЛУЧЕННАЯ СПОСОБОМ СОВМЕСТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АКУСТИКИ И ПОРШНЕВОГО ПРЕССОВАНИЯ

Попов И.П., Николенко К.А., Николенко К.А.

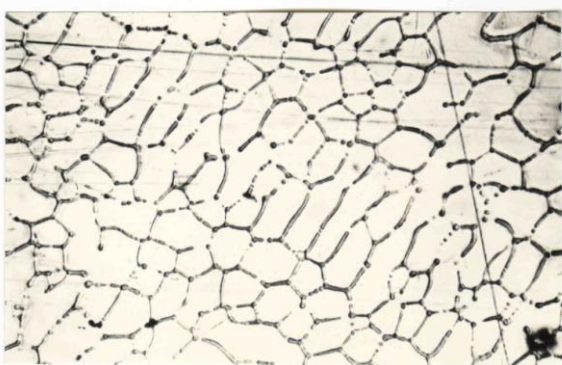
Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

Суть эксперимента кристаллизации алюминиевого расплава с использованием акустического воздействия состояла в том, чтобы после литья получить мелкое зерно.

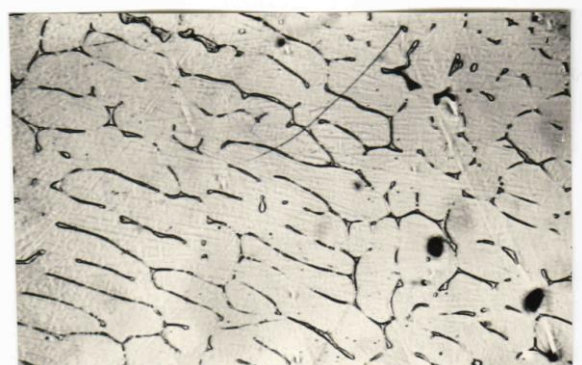
С этой целью расплав алюминия АД 0, полученный в печи в ковше, разогретый до температуры плавления алюминия 720-740 °С переносится в зону кристаллизации, в условиях наиболее быстрого охлаждения расплава при схеме поршневого прессования.

Акустическое воздействие проводилось при разной частоте 250 кГц, 500 кГц, и 1000 кГц. Это позволит выявить оптимальную частоту, при которой структура наиболее мелкая и равномерная.

На рисунке 1 а, представлена микроструктура образца, полученных после жидкой штамповки при акустическом воздействии с частотой 500 кГц. На рисунке 1 б представлена микроструктура образца, полученного после жидкой штамповки без акустического воздействия.



А - микроструктура сплава АД 0 при акустическом воздействии 500 кГц



Б - микроструктура сплава АД 0 без акустического воздействия

Рисунок 1. Микроструктура образцов сплава АД 0

Наиболее благоприятным режимом воздействия на процесс кристаллизации является акустическое воздействие в режиме 500 кГц. Этот параметр независим от того каким способом проводится кристаллизация из расплава. Как показали предварительные эксперименты, величина зерна составляет 10-5 м.

УДК 681.5.033.23

ПОСТРОЕНИЕ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ СБОРКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫБОРА ЗАМЫКАЮЩЕГО ЗВЕНА И СПОСОБА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Гречников Ф.В., Тлустенко С.Ф.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Качество авиационной техники в определяющей степени обеспечивается точностью сборки изделий, что, в свою очередь, зависит от геометрических параметров деталей, поступающих на сборку. Применительно к рассматриваемым объектам исследования к ним могут быть отнесены следующие группы факторов:

- 1) совокупность геометрических размеров объекта для каждого типа узла с учетом возможных тенденций их изменения;
- 2) совокупность геометрических параметров сборочного приспособления и его элементов в зависимости от габаритов шпангоутов, панелей, цельноштампованных узлов разъема и др., изготавливаемых процессами обработки металлов давлением;
- 4) конструктивно-технологические параметры швов, стыков, соединений, стабильностью протяженности материала и толщины пакета, количество рядов соединений — однорядный, двухрядный;
- 5) конструктивно-технологические параметры крепления, тип нормали, материал, диаметр крепежа;
- 6) условия подхода к местам крепления, механизация и автоматизация процессов сборки.

Актуальной является проблема обеспечения таких главных регулируемых и управляемых норм показателей качества изделия, как выдерживание геометрических форм и размеров, качество и вид применяемых материалов, характер соединений, точность изготовления и увязки размеров и форм для выполнения изделием определенного функционального назначения при заданных показателях работоспособности и долговечности конструкции. Не решена задача изучения таких параметров, оказывающих влияние на долговечность конструкции, к которым относятся уровень и знак остаточных напряжений в собранной конструкции. Характеристики прочности конструкции находятся в прямой зависимости от характеристик точности и величин зазоров и натягов в местах установки крепежа и выполнения соединений. В связи с этим считается, что точность выполнения заданных размеров является гарантией требуемого качества изделия по всем связанным с этим эксплуатационным показателям прочности, долговечности и надежности. Поэтому одной из главных задач технологии является обеспечение заданного качества сборки при выполнении проектных геометрических характеристиках элементов конструкции. Так как на показатели прочности и надежности конструкции в эксплуатации оказывают влияние остаточные напряжения, возникшие в результате деформации элементов конструкции в процессе сборки, то одной из основных задач развития методов формирования остаточных

напряжений в конструкции, играющих положительную роль, могут быть управляемые технологические процессы изготовления комплектующих, особенно процессы обработки металлов давлением, и непосредственно сборочные работы.

Управление усилиями в собираемой конструкции можно осуществлять преднамеренным заданием определенной величины и направления волнистости контуров панелей, цельноштампованных узлов, геометрии собираемых деталей и выбором их рациональной конструкции при пропорциональном соотношении жесткостей: $\sigma_{ост} = f(\sigma_{фик}, G)$, где G — относительная жесткость соединения; $\sigma_{фик}$ — внутренние напряжения в базовой детали при упругой фиксации в сборочном приспособлении.

Для решения этой задачи необходимо установить логические связи между теми величинами возможных погрешностей, с которыми могут быть изготовлены детали, поступающие на сборку, и условиями сборки. Связь этих параметров и их взаимное влияние очевидны, но выяснение закономерностей этих связей характеризуется большими сложностями.

Общую схему формирования параметров, определяющих заданное качество конструкции в последовательности выполнения основных этапов сборки изделия, можно представить исходя из существующей органической взаимосвязи между графом размеров и графом сопряжений элементов сборочной единицы. Граф размеров может быть истолкован как результат развертки графа сопряжений до уровня геометрических контуров, образующих элементы изделия, и наоборот, граф сопряжений может быть истолкован как свертка графа размеров.

В физическом смысле размеры сопряжений являются зазорами (или натягами) между сопрягаемыми поверхностями различных элементов. Очевидно, если величина зазора $|l_{ij}| \neq 0$, то $D_{ij}^\alpha = 1$, $d_{ij}^\alpha = |l_{ij}|$.

Эта связь графа сопряжений и графа размеров описывается так: формируется множество $A = A, F a_1, F a_2, \dots, F a_n$,

состоящее из множества A элементов изделия и множеств $F a_i$ геометрических контуров этого изделия, соединяемых размерами. Затем строится блочная булева матрица:

$$A \times A = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & F a_1 & & F a_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A \\ F a_1 \\ \dots \\ F a_n \end{matrix} \times \begin{matrix} A \\ F a_1 \\ \dots \\ F a_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} A \times A & [A \times F a_1] & \dots & [A \times F a_n] \\ [F a_1 \times A] & [F a_1 \times F a_1] & \dots & [F a_1 \times F a_n] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ [F a_n \times A] & [F a_n \times F a_1] & \dots & [F a_n \times F a_n] \end{bmatrix} \end{matrix} \begin{matrix} A \\ F a_1 \\ \dots \\ F a_n \end{matrix}$$

В графе размеров неизвестными являются несобственные размеры сопряжений и замыкающее звено размерной цепи. Допуск на величину замыкающего звена δ_Δ вычисляется по следующим формулам: при расчете по методу максимума-минимума -

$$\delta_\Delta = \sum_{i=1}^{m-1} |\xi_i| \delta_i, \text{ где } \delta_i - \text{ допуск на величину } i\text{-го звена ; при расчете по вероятностному}$$

методу -
$$\delta_\Delta = t_\Delta \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} \xi_i^2 \lambda_i^2 \delta_i^2}.$$
 При расчете сборочных размерных цепей в зависимости от

условий сборки могут решаться прямая и обратная задачи. При решении прямой задачи определяются номинальные размеры, допуски, коэффициенты середин полей допусков и предельные отклонения всех составляющих размерных цепей звеньев, исходя из установленных требований к замыкающему звену размерной цепи, что предпочтительно при сборке каркасных узлов.

При решении обратной задачи, исходя из значений номинальных размеров допусков, координат их середин, предельных отклонений составляющих звеньев определяются те же характеристики замыкающего звена либо, при необходимости, определяются погрешность замыкающего звена, поле рассеяния, координата его середины или границы отклонений замыкающего звена на основании аналогичных данных для составляющих звеньев. Такой подход позволяет также при проектировании гибких автоматизированных систем сборочного производства учитывать поддетальные и поддетально-групповые признаки и параметры сборочных единиц.

УДК 629.015

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДУЛЬНОГО ПРИНЦИПА ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Гречников Ф.В., Тлустенко С.Ф.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

Формализованное описание, моделирование и автоматизация технологических процессов сборки летательных аппаратов представляют собой сложную иерархическую структуру с протекающими в ней взаимосвязанными процессами. Следовательно, структура сборочного комплекса зависит от ряда технологических условий и требований к сборочному процессу, многие из которых сложно формализовать. В настоящее время в связи с неустойчивым состоянием серийного производства изделий авиационной техники актуальной является проблема сокращения сроков конструкторско-технологической подготовки запуска в производство новых и модернизации существующих изделий. Моделирование технологических систем сборки в таких условиях может происходить в рамках CALS-ориентированных процессов проектирования производства конкретного изделия. Учитывая, что в ряде случаев характер процессов нестационарный, для описания анализируемых сложных нелинейных систем применим аппарат нечетких множеств, задаваемых функцией принадлежности μ_{s_i} . Одним из применимых способов является описание нечетких множеств с помощью функций Гаусса:

$$\mu_{s_i}(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2\right], \quad (1)$$

где S_i - требование к соединению; x – значение требования (функции); c - значение множества, при котором функция принадлежности принимает максимальное значение; σ - коэффициент широты функции, отвечающий за крутизну кривой.

Для решения задачи оптимизации технологических переходов и операций сборки в проектируемой технологической структуре сборочного процесса необходимо построить нечеткую модель и алгоритм нечеткого вывода для выбора оптимальной структуры сборочного процесса. Исходя из целей данной работы, необходимо определить способы подачи и соединения деталей при используемом оборудовании и оснастке. Сформулируем для одного из вариантов проекта сборки порядок решения поставленной задачи:

- построение таблицы принадлежности технологических условий к способам подачи деталей, сборочной оснастке и оборудованию для сборочной единицы. Таблица позволяет выделить значимые параметры и сократить размерность поставленной задачи.

- построение формализованного описания сборочной системы на основе значимых параметров, когда можно сформировать обучающее множество правил, например, для сборочной оснастки следующего вида:

Π_i : если x_i есть S_{i_1} И ... И x_j есть S_{ij} И ... И x_m есть S_{im} , ТО y есть B_i .

- построение нечеткой нейронной сети ANFIS (Adaptive Network - based Fuzzy Inference System). Количество входных сигналов определяется согласно количеству значимых параметров. Архитектура нейронной сети при этом может быть представлена схемой формирования объемной матрицы параметров сборочных модулей и включает в себя пять слоев:

- первый – логические признаки принадлежности входных переменных;
- второй - антецеденты (посылки) нечетких правил;
- третий - нормализация степеней и адекватности выполнения правил;
- четвертый – установление правил вывода;
- пятый – агрегирование результата, полученного по различным правилам.

Под технологическим модулем понимаем комплекс элементарных сборочных действий, которые выполняются в заданной последовательности и имеют законченный объем, а конструкционный модуль - это его функциональная конструкционная реализация.

Технологические модули формируем на основании конструктивных сборочных соединений изделия. Они тесно связаны с конструктивными модулями переналаживаемой сборочной оснастки и оборудования. Технологические модули представляют собой элементарную технологическую единицу с определенным объемом переходов сборки, вытекающих из гибкости модуля и особенностей модульной автоматической сборки. Модули могут образовывать комплекты и комплексы, в зависимости от степени объединения выполняемых сборочных функций. В общем случае технологический модуль можно описать матрицей.

Поскольку расстояния между базовыми точками сборочного пространства определяются как функции времени изменения их координат, то при математическом моделировании сборочную систему рассматриваем в двух аспектах: как систему материальных объектов производства A , включающую в себя как оборудование, инструмент, оснастку, так и технологическую систему P с операторами преобразования , характеризующими процессы сборки. Технологический оператор τ_k характеризует переход сборочного процесса T_i при реализации соединения, когда объект производства приобретает новые заданные свойства. Состав операторов T_i составляет часть множества $T = \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_R$ операторов всей технологической системы. Материальные объекты технологической системы образуют множество $\Pi = \pi_1, \pi_2, \dots, \pi_Q$, а полный состав элементов технологической системы описывается множеством $P = T \cup \Pi$. Отношения смежности, порядка или иерархической подчиненности между элементами P описываются булевой матрицей $[PxP]$, которую можно представить как блочную матрицу $P \times P = \begin{bmatrix} T \times T & T \times \Pi \\ \Pi \times T & \Pi \times \Pi \end{bmatrix}$, блоки которой описывают бинарные отношения между элементами одного множества T или Π (например, взаимосвязь технологических операторов по возможной очередности их реализации или наличие сопряжений между элементами конструкции приспособления).

Для установления отношений и связей между свойствами изделия A и технологической системы P используется пространство контуров F , единое для всех элементов изделия и технологической системы:

$$F = F_1, F_2, \dots, F_N, \forall F A_k, F P F A_k, F P \subseteq F .$$

Пространство контуров F при решении некоторых задач удобно представлять как булево векторное пространство, в котором составы контуров изделия, технологических

операторов и элементов технологической системы являются булевыми векторами в пространстве F .

На основании установленных взаимосвязей гибкой модульной автоматической сборки получены типовые схемы структур гибких модульных сборочных систем, которые могут быть представлены комплексным оргграфом.

Выявленные закономерности развития структур дают возможность осуществлять целенаправленный переход от исходных требований, предъявляемых к позициям сборки, к оптимальной структуре гибких модульных сборочных систем, модульным технологиям с различными компоновками переналаживаемого модульного сборочного оборудования и оснастки.

УДК 629.73-03

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ВЫСОКОТЕКСТУРОВАННЫХ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Гречников Ф.В., Михеев В.А., Кузина А.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Необходимость разработки новых материалов и развитие комплексных подходов в технологии получения листовых полуфабрикатов с заданным составом текстур и физико-механических свойств возникла в связи с широким применением в авиации анизотропных материалов на основе алюминия, магния, кремния, титана и бериллия. Однако эффективность использования анизотропных материалов по ряду нерешенных проблем была и остается весьма низкой. Прежде всего, это касается алюминиевых сплавов, являющихся основой для производства авиационной и ракетно-космической техники. Благодаря своим уникальным свойствам, а именно легкости и высокой удельной прочности они незаменимы при изготовлении силового набора и обшивок планера самолета, обечаек, обтекателей, баков и силовых деталей корпусов ракет-носителей.

Проведенные ранее многочисленные исследования показали, что особенность строения листовых алюминиевых полуфабрикатов приводит к необходимости увеличения толщины исходной листовой заготовки для компенсации чрезмерного утонения в опасном сечении при формообразовании листовых деталей. В результате этого алюминиевые листовые материалы обладают низкими технологическими свойствами, что препятствуют широкому использованию подобных сплавов в авиационной промышленности.

Это связано с тем, что в составе текстур листового материала либо преобладают неблагоприятные кристаллографические ориентировки, способствующие преимущественному развитию деформации по толщине листа, либо такая текстура менее благоприятна для тех или иных штамповочных процессов. Это является причиной высокого брака и больших технологических отходов. Кроме того к технологическим проблемам можно добавить эксплуатационные проблемы. Из-за неблагоприятной текстуры и анизотропии свойств листового материала ухудшаются прочностные характеристики изделий, изготовленные принудительно из листовых заготовок завышенной толщины.

Поэтому разработка высокотекстурированных листовых материалов авиационного назначения, обеспечит условия получения алюминиевых изделий, обладающих универсальным комплексом технологических и эксплуатационных характеристик, а также фазово-переходной памятью структурных превращений. Программа исследований включает процессы многоциклового прокатки, литья и кристаллизацию из расплава алюминиевых

сплавов. Предварительное получение литых образцов с предельной растворимостью легирующих элементов в твердом растворе на основе алюминия с концентрацией выше их равновесной растворимости позволит повысить технологические возможности литого материала к пластическому деформированию, видоизменению структуры и текстуры листового материала.

В настоящее время разработка листовых материалов авиационного назначения с заданным составом текстур и физико-механических свойств является перспективным направлением в области создания новых авиационных материалов. Разрабатываемые теоретические положения являются инвариантными к видам конструкционных материалов и могут быть использованы для создания технологий получения высокотекстурированных листов из латуни, бронзы, титановых сплавов и сталей. Результаты исследований могут быть востребованы в первую очередь в авиационной промышленности.

УДК 621.983.001

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБТЯЖКИ ОБОЛОЧКИ ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ С МИНИМАЛЬНОЙ РАЗНОТОЛЩИННОСТЬЮ И ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ В УСЛОВИЯХ ОРТОГОНАЛЬНОЙ АНИЗОТРОПИИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Михеев В.А., Гречникова А.Ф., Кузина А.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Обводообразующие обшивки, а именно оболочки двойной кривизны, получают способом обтяжки, основанным на растяжении листового материала с его утонением по толщине. Ограничивающими факторами являются неравномерное растяжение из-за влияния сил трения и недопустимая локализация деформации заготовки вследствие разнотолщинности листового проката в поперечном направлении. Кроме этого наибольшее утонение листового материала наблюдается при обтяжке именно алюминиевых листовых полуфабрикатов, что обусловлено особенностями их внутреннего кристаллического строения или анизотропией свойств, способствующей преимущественному развитию деформации по толщине. Как известно, величина и характер анизотропии деформационных характеристик определяется как кристаллическими свойствами самого материала, так и наличием в поликристаллическом материале преимущественных кристаллографических ориентировок или составом текстур. Для современных материалов управление текстурообразованием становится все более важным, т.к. оно позволяет создавать эффективную анизотропию свойств, приближая характеристики высокотекстурированного материала к композиционным материалам, но сохраняя при этом их высокую технологичность.

Однако для создания эффективной анизотропии свойств листового материала необходимо выяснить, какие сочетания показателей анизотропии отвечают требованиям совершенствования формообразования обтяжкой оболочек двойной кривизны. Прежде всего, это касается более сложных пространственных форм оболочек двойной кривизны двояковыпуклой и выпукло-вогнутой форм. Кроме того для современного ЛА повысились требования к точности выполнения их аэродинамических обводов. Тенденции увеличения габаритов и снижения массы ЛА требуют применения крупногабаритных, но тонколистовых элементов обводообразующих обшивок малой жесткости, что существенно усложняет решение вопросов точности, связанных с геометрической увязкой элементов конструкции

планера ЛА. В совокупности выполнение всех этих требований зависит в первую очередь от решения проблемы получения оболочек с минимальной разнотолщинностью и заданными свойствами. В свою очередь, это связано с отсутствием метода проектирования технологического процесса обтяжки, учитывающего особенности геометрической формы оболочки двойной кривизны, механические свойства и толщину анизотропной листовой заготовки. Разрабатываемый технологический процесс обтяжки оболочки с минимальной разнотолщинностью и заданными свойствами рассматривается с позиции их симметрии. Прежде всего, это касается выполнения обтяжки листовой заготовки по обтяжному пуансону, поверхность которого путем параметрического преобразования приведена к геометрической форме, которая локально характеризуется в ее полюсе величиной и знаком гауссовой кривизны. Поэтому для конкретного процесса обтяжки нужно согласовать механическую схему деформации не только с осями анизотропии заготовки, но и с направлениями координат основного базиса поверхности оболочки определенной геометрической формы, определяющими положения линий главных кривизн.

УДК 629.73-03

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ НАНОФАЗНОГО И НАНОГЕТЕРОФАЗНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ

Михеев В.А., Зарембо В.И., Колесников А.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Предложена и обоснована с позиций термодинамики необратимых процессов и кинетики конденсированных сред физико-химическая модель влияния слабых регулярных электротокковых импульсов радиочастотного диапазона в короткозамкнутой петле магнитного диполя (антенны) на фазовые переходы и свойства конечных продуктов превращений в открытых неравновесных конденсированных системах с различными параметрами электромагнитной реактивности.

Дано объяснение воздействия электромагнитного поля малой мощности на различные процессы с участием макромолекул и флуктуирующих надмолекулярных образований переходной области – мезофазы, существующей в конденсированной среде при фазовых переходах и гетерогенных физико-химических процессах. Дано единое обоснование регулятивных эффектов синхронизирующим действием имманентной акустической волны, рождаемой в скин-слое антенны совокупным явлением, известным как электромагнитно-акустическое преобразование (ЭМАП).

Запросы современной технологии, особенно нанотехнологии, новые экспериментальные исследования требует рассмотрения кинетических или фазовых переходов как единого гомогенно-гетерофазного процесса, осложненного набором дополнительных физических факторов, в том числе действий слабых электромагнитных полей. Управление фазовыми переходами с целью получения продуктов и материалов с заданными свойствами и гомогенным распределением свойств по объёму всегда было и остается актуальной задачей любого технологического процесса.

Во многих случаях, когда энергия, передаваемая электромагнитным полем веществу, меньше внутренней энергии отдельных атомов и молекул, оказывается затруднительным оценить энергетическую выгоду процесса. Слабые силовые поля могут оказывать влияние на неравновесные гетерофазные процессы, скорее всего, в области разрывов непрерывности фазовых границ, то есть в промежуточной области, так называемой мезофазой, составленной флуктуирующими надмолекулярными структурами. Экспериментальные

исследования, приведенные в промежуточных отчетах по указанной теме, позволили установить резонансный характер воздействия электромагнитного поля малой мощности на физико-химические системы, в которых происходят гетерофазные превращения, причем эффекты наблюдаются в интервале радиочастот.

В результате неравновесного фазового перехода скачкообразно изменяются характеристики открытых физико-химических систем. Устанавливается своеобразное критическое состояние, в этом случае системы откликаются на слабые или сверхслабые внешние возмущения, в том числе и слабые акустические поля. Важность исследования межфазной неустойчивости в физико-химических системах имеет большое практическое значение для нахождения новых оптимальных режимов, их целесообразного использования, а также для моделирования стационарных и переходных процессов.

УДК 539.319:621.787

ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ УПРОЧНЁННЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПОСЛЕ ТЕРМОЭКСПОЗИЦИИ

Кирпичёв¹ В.А., Саушкин² М.Н., Филатов¹ А.П., Лунин¹ В.В.

¹Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

²Самарский государственный технический университет, г. Самара

Для оценки влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости деталей в условиях концентрации напряжений в работе [1] был предложен критерий среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ocm}$ в виде

$$\bar{\sigma}_{ocm} = \frac{2}{\pi} \int_0^1 \frac{\sigma_z(\xi)}{\sqrt{1-\xi^2}} d\xi, \quad (1)$$

где $\sigma_z(\xi)$ – осевые остаточные напряжения в наименьшем сечении детали с концентратором; $\xi = a/t_{кр}$ – расстояние от дна концентратора до текущего слоя, выраженное в долях $t_{кр}$, $t_{кр}$ – критическая глубина нераспространяющейся трещины усталости.

Зависимость для определения приращения предела выносливости при изгибе $\Delta\sigma_{-1}$ упрочнённой детали с использованием критерия $\bar{\sigma}_{ocm}$ имеет вид

$$\Delta\sigma_{-1} = \bar{\psi}_\sigma |\bar{\sigma}_{ocm}|, \quad (2)$$

где $\bar{\psi}_\sigma$ – коэффициент влияния остаточных напряжений на предел выносливости.

В настоящем исследовании критерий $\bar{\sigma}_{ocm}$ использован для исследования влияния остаточных напряжений на предел выносливости упрочнённых образцов с концентраторами напряжений из сплавов В95 и Д16Т, подвергнутых обработке на пневмодробеструйной установке.

Гладкие образцы диаметром 15 мм с отверстием диаметром 5 мм обрабатывались дробью диаметром 1,5-2 мм при давлении воздуха 0,25 МПа в течение 10 минут. Затем упрочнённые и неупрочнённые образцы подвергались термоэкспозиции при температуре $T = 125^\circ\text{C}$ в течение 100 часов. Далее на все гладкие образцы наносились надрезы полукруглого профиля двух радиусов $R=0,3$ мм и $R=0,5$ мм.

Остаточные напряжения в образцах определялись методом колец и полосок [2], в образцах с надрезом – по методике работы [3]. Эпюры осевых σ_z остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя a в гладких и надрезанных образцах представлены на рис.1.

Из приведённого на рис.1 распределения остаточных напряжений видно, что после термоэкспозиции в образцах из сплава В95 сжимающие остаточные напряжения значительно меньше, чем в образцах из сплава Д16Т.

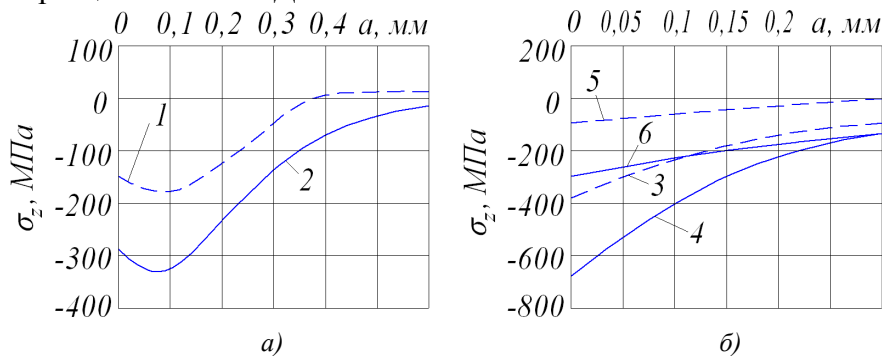


Рисунок 1. Осевые остаточные напряжения σ_z после упрочнения и термоэкспозиции в гладких образцах (а) и в образцах с надрезом (б) из сплавов В95 (1, 3, 5) и Д16Т (2, 4, 6):
3, 4 – $R = 0,3$ мм; 5, 6 – $R = 0,5$ мм

Испытания на усталость образцов с надрезом при чистом изгибе в случае симметричного цикла проводились при $T = 20^\circ\text{C}$ на машинах МУИ-6000, база испытаний - 10^7 циклов нагружения. Результаты испытаний на усталость и определения остаточных напряжений представлены в таблице.

Из приведённых в таблице данных можно видеть, что коэффициент влияния остаточных напряжений $\bar{\psi}_\sigma$ на предел выносливости по критерию $\bar{\sigma}_{ост}$ составляет в среднем 0,368 и близок к значению $\bar{\psi}_\sigma = 0,36$, установленному в [4] для упрочнённых образцов с такой же степенью концентрации напряжений.

Таблица

Материал	Радиус надреза, R , мм	Неупрочнённые образцы σ_{-1} , МПа	Упрочнённые образцы			
			σ_{-1} , МПа	$t_{кр}$, мм	$\bar{\sigma}_{ост}$, МПа	$\bar{\psi}_\sigma$
В95	0,3	105	155	0,310	-141	0,355
	0,5	107,5	115	0,320	-21,3	0,352
Д16Т	0,3	82,5	175	0,320	-250	0,370
	0,5	82,5	150	0,310	-171	0,395

Таким образом, проведённое исследование показывает, что критерий среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$ можно применять для оценки влияния поверхностного упрочнения и последующего температурного воздействия на предел выносливости образцов с концентраторами, изготовленными из алюминиевых сплавов В95 и Д16Т.

Список литературы

1. Павлов В.Ф. О связи остаточных напряжений и предела выносливости при изгибе в условиях концентрации напряжений // Известия вузов. Машиностроение. – 1986. – № 8. – С. 29-32.
2. Иванов С.И. К определению остаточных напряжений в цилиндре методом колец и полосок // Остаточные напряжения. – Куйбышев: КуАИ, 1971. – Вып.53. – С. 32-42.
3. Иванов С.И., Шатунов М.П., Павлов В.Ф. Влияние остаточных напряжений на выносливость образцов с надрезом // Вопросы прочности элементов авиационных конструкций. – Куйбышев: КуАИ, 1974. – Вып.1. – С. 88-95.

4. Павлов В.Ф., Кирпичёв В.А., Иванов В.Б. Остаточные напряжения и сопротивление усталости упрочнённых деталей с концентраторами напряжений. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2008. – 64 с.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект 2.1.1/13944).

УДК 621.787: 539.319

ВЛИЯНИЕ ПНЕВМОДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ОБРАЗЦОВ С НАДРЕЗАМИ ИЗ СПЛАВОВ В95 И Д16Т

Кирпичёв В.А., Чирков А.В., Иванова А.В., Сургутанов Н.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Для сокращения длительных и дорогостоящих испытаний на усталость при внедрении в производство новых упрочняющих технологий необходимо разрабатывать и апробировать научно обоснованные расчётные методы прогнозирования характеристик сопротивления усталости деталей. Известно, что основную роль в повышении сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей в условиях концентрации играют сжимающие остаточные напряжения [1]. В работе [2] для оценки приращения предела выносливости упрочнённых деталей с концентраторами по остаточным напряжениям был предложен критерий среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ocm}$ в виде

$$\bar{\sigma}_{ocm} = \frac{2}{\pi} \int_0^1 \frac{\sigma_z(\xi)}{\sqrt{1-\xi^2}} d\xi, \quad (1)$$

где $\sigma_z(\xi)$ – осевые остаточные напряжения в наименьшем сечении детали с концентратором; $\xi = a/t_{кр}$ – расстояние от дна концентратора до текущего слоя, выраженное в долях $t_{кр}$; $t_{кр}$ – критическая глубина нераспространяющейся трещины усталости, возникающей при работе детали на пределе выносливости.

Приращение предела выносливости при изгибе и растяжении-сжатии в случае симметричного цикла $\Delta\sigma_{-1}$ упрочнённой детали с помощью критерия $\bar{\sigma}_{ocm}$ можно определить по следующей формуле:

$$\Delta\sigma_{-1} = \bar{\psi}_\sigma \cdot |\bar{\sigma}_{ocm}|, \quad (2)$$

где $\bar{\psi}_\sigma$ – коэффициент влияния остаточных напряжений на предел выносливости.

Для проверки возможности применения критерия $\bar{\sigma}_{ocm}$ в случае поверхностного упрочнения деталей из алюминиевых сплавов были проведены эксперименты на образцах с надрезами из материалов В95 и Д16Т.

Гладкие образцы диаметром 15 мм с отверстием 5 мм подвергались пневмодробеструйной обработке (ПДО) дробью диаметром 1,5-2 мм при давлении воздуха 0,25 МПа в течение 10 минут. Затем на все упрочнённые и неупрочнённые гладкие образцы наносились круговые надрезы полукруглого профиля двух радиусов $R=0,3$ мм и $R=0,5$ мм. Остаточные напряжения в гладких образцах определялись экспериментально, а в образцах с надрезом – суммированием дополнительных напряжений, возникающих при нанесении надрезов на упрочнённую поверхность, с остаточными напряжениями гладких образцов.

Распределение осевых σ_z остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя a в гладких и надрезанных образцах представлено на рис. 1.

Испытания образцов с надрезом на усталость при чистом изгибе в случае симметричного цикла проводились на машинах МУИ-6000, база испытаний – 10^7 циклов нагружения. Результаты определения предела выносливости σ_{-1} , измерения $t_{кр}$, расчёта $\bar{\sigma}_{ост}$ и коэффициента $\bar{\psi}_\sigma$ представлены в таблице.

Из представленных в таблице данных видно, что для упрочнённых образцов с надрезом из алюминиевых сплавов В95 и Д16Т значение коэффициента $\bar{\psi}_\sigma$ при изгибе в случае симметричного цикла составляет в среднем 0,373, что практически совпадает со значением $\bar{\psi}_\sigma$ для образцов и деталей из сталей и сплавов на основе никеля с такой же концентрацией напряжений [3].

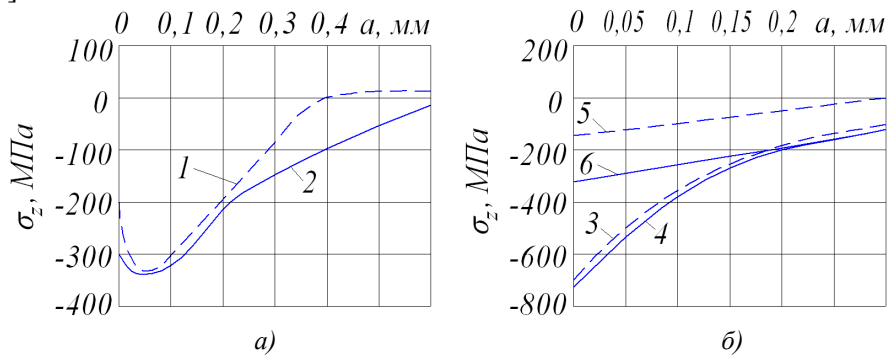


Рис. 1. Осевые остаточные напряжения σ_z в упрочнённых ПДО гладких образцах (а) и в образцах с надрезом (б) из сплавов В95 (1,3,5) и Д16Т (2,4,6): 3,4 – $R=0,3$ мм; 5,6 – $R=0,5$ мм

Таблица

Материал	Радиус надреза R , мм	Неупрочнённые образцы σ_{-1} , МПа	Упрочнённые образцы			
			σ_{-1} , МПа	$t_{кр}$, мм	$\bar{\sigma}_{ост}$, МПа	$\bar{\psi}_\sigma$
В95	0,3	105	200	0,310	-249	0,382
	0,5	107,5	132,5	0,320	-72,2	0,347
Д16Т	0,3	82,5	182,5	0,300	-261	0,383
	0,5	82,5	157,5	0,320	-197	0,381

Таким образом, проведённое исследование показало, что критерий $\bar{\sigma}_{ост}$ может быть использован для прогнозирования приращения предела выносливости упрочнённых деталей с концентраторами напряжений из алюминиевых сплавов В95 и Д16Т.

Список литературы

1. Иванов С.И., Павлов В.Ф. Влияние остаточных напряжений и наклёпа на усталостную прочность // Проблемы прочности. – 1976. – №5. – С. 25-27.
2. Павлов В.Ф. О связи остаточных напряжений и предела выносливости при изгибе в условиях концентрации напряжений // Известия вузов. Машиностроение. – 1986. – №8. – С. 29-32.
3. Павлов В.Ф., Кирпичёв В.А., Иванов В.Б. Остаточные напряжения и сопротивление усталости упрочнённых деталей с концентраторами напряжений. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2008. – 64 с.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы» (проект 2.1.1/13944).

УДК 621.317.2

МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Юсупов Р.Ю., Попов А.П.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Магнитно-импульсные установки (МИУ) широко применяются для различных технологических процессов обработки материалов: штамповки, калибровки, сварки и других, в авиационной и ракетно-космической промышленности, в силу мелкосерийного и опытного характера производства. МИУ относятся к классу экологически чистого и энергосберегающего оборудования: не имеют механических движущихся частей или гидравлического привода, не создают в процессе работы вибрацию и шум, не содержат токсичных материалов.

В НИЛ-41 СГАУ разработаны и внедрены на предприятиях авиакосмического профиля МИУ нового поколения, отличающиеся конструктивным исполнением и широким диапазоном характеристик по запасаемой энергии, частоте разряда, производительности.

Установки большой энергоёмкости с запасаемой энергией 20...60 кДж созданы для обработки крупногабаритных деталей: формовки и калибровки оболочек баков и обтекателей летательных аппаратов; для калибровки камер сгорания ЖРД.

Установки средней энергоёмкости 3...10 кДж, применяются для обработки материалов из сплавов алюминия, меди в технологии штамповки, сборки и сварки трубчатых и плоских деталей толщиной 1...3 мм. Мобильное исполнение таких МИУ позволяет производить работу на стапеле с изделием, перемещая энергоблок в пределах производственного участка.

Установки малой энергоёмкости 0,5...1 кДж выполнены в настольном исполнении и применяются для сборки, сварки, калибровки малогабаритных деталей из тонкостенных материалов толщиной 0,1...0,5 мм.

МИУ с высокой частотой разрядного тока - 50...150 кГц, применяются для технологии импульсной сварки и обработке тонкостенных заготовок.

Низкочастотные МИУ, с собственной частотой разрядного тока 20...40 кГц, применяются для обработки толстостенных заготовок в технологии формовки, сборки.

В качестве примера применения в космической отрасли технологии магнитно-импульсной обработки следует отметить комбинированный способ штамповки, калибровки и сварки облегченных корпусов разъемов электросоединителей бортовой кабельной сети (БКС). Вес облегченных корпусов в 20-40 раз меньше традиционных корпусов, полученных механической обработкой. Облегченные корпуса разъемов применяются в БКС РН «АНГАРА», РН «ПРОТОН-М», РБ «БРИЗ-М» и др. На рисунке 1 показаны конструкции облегченных корпусов разъемов БКС, полученных с помощью малогабаритной МИУ-300.



Рисунок 1. Облегченные корпуса разъемов БКС изготовленные импульсным магнитным полем.

В таблице 1 показаны основные параметры МИУ нового поколения НИЛ-41 СГАУ.

Тип МИУ	W_{\max} (kJ)	U_0 (kV)	F_0 (kHz)	I_{\max} (kA)	Производительность (импульсов/час.)	Габариты (мм)	Масса (kg)
МИУ-50	50	1...20	30	600	240	1800 x 800 x 1700	900
МИУ-30	31	1...18	40	400	320	1600 x 500 x 1700	800
МИУ-15	18	1...20	50	400	320	1200 x 800 x 1500	500
МИУ-10	10	1...12	60	300	360	800 x 800 x 1200	350
МИУ-3	3,5	1...10	65	200	360	500 x 800 x 1100	200
МИУ-1	1	1...7	75	50	600	650 x 360 x 500	60
МИУ-300	0,5	0,5...5	100	30	720	500 x 300 x 500	50

Преимущества использования МИУ нового поколения НИЛ-41 СГАУ:

- В МИУ применяются импульсные конденсаторы с высокой удельной энергией и малым содержанием масляного диэлектрика, снижающие риск пожарной опасности, а также, экологически чистые разрядники с высоким ресурсом работы, не требующие настройки и периодического обслуживания.

- Для заряда накопителя энергии МИУ используется энергосберегающая система с режимом «мягкого пуска».

- Габариты и масса МИУ снижены в 3...5 раз по сравнению с аналогами.

- Ресурс работы МИУ в зависимости от режимов разряда более 500 000 импульсов.

Перспективным направлением применения малогабаритных МИУ на борту летательного аппарата в условиях космического полета является: использование импульсных технологий для сборочных и ремонтно-восстановительных работ, которые могут проводиться по команде оператора на борту или дистанционно, по команде с земли.

СЕКЦИЯ 5

КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК

УДК 338.47

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДОСТАВКИ МОРЕПРОДУКТОВ ПО КРИТЕРИЮ «ЦЕНА-ВРЕМЯ»

Ананьев Г.С., Титов Б.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Рынок морепродуктов и морских деликатесов большой, но далек от насыщения. Развитие рынка морепродуктов очень наглядно демонстрирует рост квот на вылов моллюсков: в последние годы они ежегодно увеличиваются на 28-40%. Российский промысел морепродуктов, ориентированный прежде только на экспорт, сейчас разворачивается в сторону российского производителя. При этом поставщики из Европы и Азии так же уже заняли свою нишу на российском рынке.

Поставка данного продукта осуществляется различными видами транспорта в рефконтейнерах. Это и морская, и железнодорожная, и автомобильная, и авиационная перевозки. При транспортировке замороженной продукции используется режим глубокой заморозки, а при транспортировке пресерв - режим охлаждения.

В работе рассматриваются пути доставки морепродуктов, промыслом которых занимаются в акватории РФ. Практически все перевозчики используют мультимодальные перевозки, и этим никого не удивить. Но при этом они используют определённую схему оптимальную по определённым критериям в среднем. В нашем же рассмотрении груз может быть доставлен несколькими путями. В зависимости от пути доставки (выбора комбинации перевозочных операций) соотношение «цена-время» будет значительно меняться, и грузоотправитель вправе сам выбирать за какое время и за какие деньги будет доставлен его груз. Сейчас поставщики предлагают поставку морепродуктов в течении 48 часов (например «Фишерис») с момента подачи заявки, правда доставка в такие сроки ограничена определёнными критериями- главным из них является расстояние. Тенденции в доставке товаров основываются на том, что груз, прежде чем поступить в розничные сети проходит этап складирования в распределительных центрах – огромных складах высокого уровня. Каждая крупная розничная сеть пользуется услугами таких складов (например: замороженные морепродукты в торговой сети «Ашан» в Самаре, доставляются с распределительного центра, расположенного на территории республики Башкортостан).

Проведённые исследования позволяют определить два направления. Первое из них: срочная доставка свежих морепродуктов, которые не были переведены в режим глубокой заморозки. Здесь возможно рациональное применение авиаперевозок и сокращение времени доставки до суток. Это направление будет востребовано в HoReCa (Hotel, Restaurant, Cafe/Catering (отель — ресторан — кафе/кейтеринг)). И второе направление: перевозка больших партий морепродуктов в режиме глубокой заморозки. В этом направлении более рациональным будет применение железнодорожного и автомобильного видов транспорта, как основных. Но здесь возникает другая проблема: где размещать этот большой объём замороженных морепродуктов с соблюдением режимов хранения.

Проанализировав данную ситуацию, приходим к выводу, что Самарской области необходим крупный распределительный центр с высоким уровнем складских площадей. Появление такого центра повлечёт за собой не только развитие перевозок и увеличение числа рабочих мест, но и большую независимость нашей области от поставок из распределительных центров других регионов и сократит сроки доставки до минимума.

УДК 629.7.08

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ, ДИАГНОСТИКИ И ИСПЫТАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Гареев А. М., Гульбис А. А., Гареев Т. М.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Теоретические и экспериментальные исследования показывают, что в гидравлических комплексах (ГК) летательных аппаратов (ЛА) при взаимодействии элементов конструкции с рабочей жидкостью (РЖ) протекают сложные физико-химические процессы. Они влияют на уровень надежности как отдельных агрегатов, так и ГК в целом и, как следствие, на надежность функционирования бортовых комплексов ЛА, в частности, таких жизненно важных систем, как система управления.

Надежность ГК в существенной степени определяется постоянством параметров РЖ (вязкостью, кислотностью, диэлектрической проницаемостью и др.), в том числе и чистотой жидкости. Анализ отказов и нарушений работы ГК показывает, что более 20 % из них связано с недопустимым загрязнением РЖ. Согласно отечественному и зарубежному опыту, повышенная загрязненность РЖ приводит к снижению долговечности агрегатов в 1,5-3 раза и более.

Исследования показали, что проблема, связанная с обеспечением надежности и долговечности ГК, в настоящее время существенно связана с проблемой оперативного контроля чистоты жидкости в условиях эксплуатации летательных аппаратов, которая может быть решена посредством реализации упреждающих технологий обслуживания. Установлено, что средние показатели производственной экономии, достигнутые благодаря применению упреждающего подхода, составляют:

- сокращение расходов на обслуживание: 25-30 %;
- уменьшение времени простоя: 35-45 %;
- увеличение производительности: 20-25 %.

Однако разработка упреждающих технологий требует создания диагностических, коммуникационных и программных инструментов упреждающего анализа, который в сочетании с мониторингом основных параметров дает полное представление о состоянии оборудования изделий машиностроения и авиастроения при производстве и эксплуатации.

Результаты научно-исследовательской работы представляют собой новые подходы к решению задач по созданию интегрированных автоматизированных контрольно-измерительных комплексов и систем для производства, технического обслуживания и прогнозирования технического состояния бортовых комплексов оборудования аэрокосмической техники.

В связи с вышесказанным был разработан проект интегрированного автоматизированного контрольно-измерительного комплекса для проведения анализа РЖ по параметрам чистоты, вязкости и стабильности химических свойств, в состав которого вошли датчики встроенного контроля (ДВК) чистоты РЖ с блоком-анализатором, инфракрасный Фурье-спектрометр. В качестве ДВК был выбран датчик «ПОТОК» фотоэлектрического типа, разработанный в лаборатории ОНИЛ-16 «Радиоэлектронные методы и устройства диагностики систем летательных аппаратов» СГАУ. В качестве устройства ввода-вывода была выбрана платформа «реального времени» CompactRio, обеспечивающая гибкое законченное аппаратное решение для разработки различных систем сбора и управления сигналами по шине USB на базе программного комплекса LabVIEW. Разработанная модель диагностики ГК по параметрам РЖ была успешно исследована и отработана в лабораторных условиях с помощью средств современных технологий National Instruments и на базе космодрома «Байконур». В линиях нагнетания и слива РЖ гидравлической системы стартового комплекса были установлены ДВК, сигнал с которых поступал на измерительный

комплекс N1 Compact Rio (Рис. 1). В итоге на 200 % увеличилась точность оценки загрязнения РЖ, при этом трудоемкость выполнения работ сократилась более чем в 2 раза.

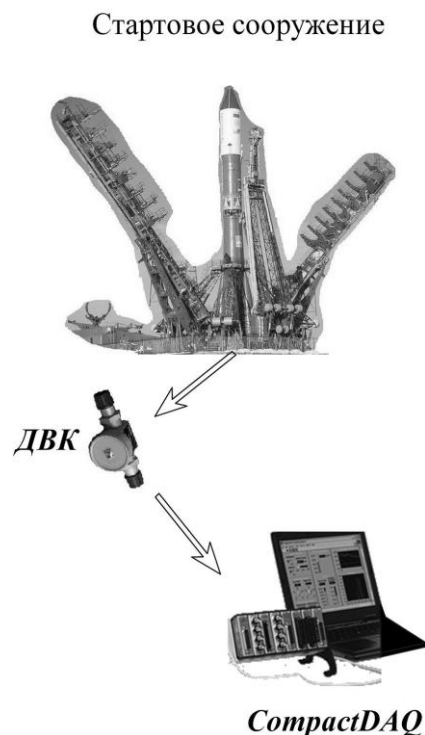


Рисунок 1. Схема взаимодействия измерительного комплекса и ГС стартового сооружения

Результаты исследований показали возможность реализации мониторинга процесса деградации работы агрегатов ГК с течением времени посредством интегрированной автоматизированной системы контроля, что способствовало продолжению развития упреждающих технологий выявления функциональных симптомов, возникающих на ранних стадиях отказа агрегатов или узлов бортовых систем.

Данные материалы представлены по результатам проведения поисковой научно-исследовательской работы в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

УДК 338.47

ЭКОНОМИКО – МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ НИЗКОБЮДЖЕТНОЙ АВИАКОМПАНИИ

Ерёмин А.Н., Титов Б.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Высокий спрос на услуги западных дискаунтеров заставил многих крупных предпринимателей и финансистов задуматься о создании подобных авиакомпаний и в России. Тем более что эта идея получила мощную государственную поддержку. Недавно министр транспорта Игорь Левитин заявил, сто внедрение в нашей стране «авиаритейла» полностью отвечает интересам государства, так как позволит снизить тарифы на авиаперелёты до уровня, сопоставимого с ценой железнодорожного билета в купейном

вагоне. В результате к настоящему времени в России стали работать сразу две «авиакомпании без излишеств», предложившие пассажирам авиаперевозку как «массовый продукт по доступной цене».

Несмотря на некоторые различия в бизнес – моделях Red Wings и Sky Express, обе авиакомпании, в сущности, нацелены на одно – повторение успеха знаменитой Southwest Airlines, у которой, собственно, и возникла идея низкокзатратных перевозок ещё в начале семидесятых годов прошлого века. Её философия состояла в минимизации издержек и достижении максимально эффективного использования парка самолётов и труда работников. Поэтому эксплуатировались самолёты одного типа – Boeing737, которые летали на не слишком большие расстояния, что позволяло делать несколько рейсов в день, проводя техническое обслуживание по ночам, а в трудовом коллективе был взращен дух «единой семьи, единой команды». Кроме того, флот новых самолётов не требует дорогостоящего технического обслуживания, двигатели Boeing737 расположены низко, поэтому можно не тратить средства на стремянки для их осмотра; отсутствие питания пассажиров позволяет сэкономить на логистической цепочке доставки питания на борт самолёта; отказ от сложной системы тарифов и бронирования рейсов с пересадкой даёт возможность сэкономить на системах информационного обеспечения и так далее. Нельзя сказать, что билеты у Southwest получились радикально дешевле, чем у других авиакомпаний, однако разница в 15-20% для американцев заметна, и компания быстро сформировала большой круг приверженцев среди пассажиров. Southwest с честью пронесла эту бизнес – модель через многие годы, доведя свой парк почти до пятисот воздушных судов и оставаясь прибыльной на протяжении всего времени своего существования. Цель настоящей работы заключается в определении возможности создания низкобюджетной авиакомпании в сложившихся социально – экономических условиях страны, определении минимально возможного уровня тарифа на авиаперевозку и сравнении полученного тарифа с тарифами действующих авиакомпаний и железнодорожного транспорта. В работе решены следующие задачи:

1. Исследование состояния отрасли гражданской авиации, анализ социально – экономического состояния регионов Российской Федерации и их транспортной инфраструктуры;

2. Разработка методики расчёта прямых эксплуатационных расходов себестоимости лётного часа, себестоимости рейса, расчёта лизинговых платежей и показателей эффективности деятельности авиакомпании;

3. Выполнение расчёта прямых эксплуатационных расходов, себестоимости лётного часа, себестоимости рейса при различных условиях выполнения рейса, расчёт лизинговых платежей при сроке лизинга 10 лет и процентных ставках 12%, 9%, 7% годовых и показателей эффективности деятельности авиакомпании;

4. Разработка маркетинговой стратегии авиакомпании и составление расписания движения воздушных судов.

На основе выполненных расчётов можно сделать вывод о том, что в сложившихся экономических условиях возможно создание авиакомпании, которая при работе по принципам низкобюджетной авиакомпании может развиваться и составить конкуренцию действующих на территории России перевозчикам.

УДК656.1

О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ МАРШРУТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ МАТРИЧНЫМ МЕТОДОМ

Ишкова Е.С., Ишков С.А., Титов Б.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В экономике транспортных систем одной из важных и актуальных проблем является проблема оптимальной маршрутизации транспортных средств на заданной дорожной сети. В принципе не важно, о каком виде транспорта может идти речь; в частности, можно рассматривать в том числе и сеть воздушных линий или сеть морских путей. Сложность решения такой задачи многократно возрастает, если приходится рассматривать более – менее реальный случай транспортных перевозок, когда в перевозочном процессе задействованы несколько транспортных средств и имеют место ограничения на массу перевозимого груза, его объем, совместимость по типам груза и т.п. В свое время Р. Беллман назвал такие задачи «проклятием размерностей», поскольку именно высокая размерность реальных транспортных задач маршрутизации приводит к непреодолимым математическим трудностям и большему времени счета на компьютерах. В рассматриваемой работе предлагается подход, основанный на матричной процедуре, который позволяет свести исходную задачу маршрутизации для нескольких транспортных средств (кстати, произвольного числа) к задаче маршрутизации для одного транспортного средства. Основная вычислительная трудность предлагаемого метода – обращение квадратных матриц, порядок которых определяется количеством пунктов посещения на дорожном графе.

УДК 629.7.083

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Киселев Д.Ю.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

На современном этапе развития гражданской авиации обязательным условием при разработке новых воздушных судов (ВС) является создание для них системы технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Кроме того, в связи с меняющимися экономическими условиями, требуется постоянное совершенствование системы ТОиР для ВС находящихся в эксплуатации в настоящее время. Поэтому разработка эффективной системы ТОиР для вновь создаваемых и модернизация системы для находящихся в эксплуатации ВС, с целью повышения ее эффективности, является актуальной задачей.

Система ТОиР является типичной организационной производственной системой с протекающим, специфичными для нее производственными процессами. Как создание, так и реорганизация таких систем предполагает проведение анализа системы с использованием моделей специально разработанных для этой цели.

Эти модели должны позволять решить следующие задачи:

- оптимизация, оценка и распределение затрат как внутри самой системы, так и при взаимодействии с другими элементами;

- оценка функциональной производительности, загрузки и сбалансированности составных частей системы;
- получение детального описания выполняемых процессов;
- возможность хранения, оперативного использования и корректировку информации об изделии.

В настоящее время в ряде работ разработаны модель ТОиР на основе ориентированных графов. Эти модели не описывают собственно систему ТОиР и процессы протекающие в ней, не позволяют вести анализ структурно-функционального взаимодействия между составными частями системы ТОиР (ВС, средствами ТОиР, исполнителями) и не дают детального описания конкретных производственных процессов. Она так же не дает представления о месте человека (исполнителя) в этой системе, и не определяет значимость документации, которая определяет принцип взаимодействия в этой системе. Перечисленные недостатки моделей ТОиР на основе ориентированных графов не позволяют решать перечисленные выше задачи.

Всесторонний анализ деятельности производственной системы требует системного подхода, который предполагает построение комплекса моделей (структурных, функциональных, информационных и др.). При этом важно использовать современные информационные технологии, позволяющие проводить моделирование систем в атомическом режиме.

На современном этапе для создания моделей, позволяющих решить указанные выше задачи, используют CALS-методологию.

При выборе метода моделирования предметной области обычно в качестве критерия выступает степень ее динамичности. Для более регламентированных задач больше подходят функциональные, а для более адаптивных систем — объектно-ориентированные модели. Оптимальным видится комплексное решение, для создания функциональных моделей, объединяющее графический и формальный подходы в единой методике.

Создание функциональных моделей для анализа процессов ТОиР с целью их дальнейшей корректировки является актуальной задачей. Для анализа правильности и адекватности построенной функциональной модели целесообразно использовать один из формальных методов построения систем. Дальнейшее использование функциональной модели вместе с использованием имитационного моделирования позволяет анализировать процессы ТОиР с учетом различных вариантов. Имитационная модель позволяет получать больше информации о процессе, что, в конечном счете и может привести к корректировке как функциональной модели, так и процесса ТОиР.

УДК 629.782.519.711

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОНТРОЛЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Коптев А.Н., Яковенко Н.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Одним из важнейших условий эффективной работы любого объекта является безотказное функционирование элементов, входящих в его состав.

Поддержание высокого уровня функционирования объектов промышленности невозможно без использования современных методов и средств комплексной технической диагностики.

Эффективное функционирование любой системы зависит от безотказности каждого элемента. Если поддерживать в процессе эксплуатации безотказность элементов на достаточно высоком уровне, то высокой безотказностью будет обладать и сама система.

Эксплуатация неизбежно сопряжена с постепенным износом оборудования и вследствие этого с необходимостью его периодического ремонта. Задачи оптимизации периодичности ремонтных работ, срока службы, оценки технического состояния оборудования целесообразно решать на единой методологической основе с задачами диагностики.

Задачей технической диагностики является определение работоспособности элемента и локализация неисправностей. Отсюда вытекают основные этапы построения и анализа моделей диагностирования.

1. Физический анализ объекта контроля, на основе которого выбирается совокупность диагностических признаков и диагностируемых параметров. Оценка информативности диагностируемых параметров и чувствительности реакции диагностических признаков.

2. Формирование массива основных диагностических признаков на основе одного из известных методов.

3. Выбор минимальной совокупности диагностических признаков с использованием оптимизационных критериев.

4. Построение области работоспособности в пространстве основных диагностических признаков.

Условия решения задачи построения диагностической модели задаются допустимой областью значений ресурсов Q , выделенных для использования в процессе проектирования.

Для оценки эффективности модели воспользуемся критерием эффективности или совершенства (КС), функцией ценности или качества объектов G , которая обобщённо характеризуют ценность данной модели по ряду особо выделяемых его свойств, а также параметров функционирования (X'' , Y'' , Z''). В общем случае:

$$G = X'' \times Y'' \times Z''.$$

Предпочтение должно быть отдано решению с набором признаков $\bar{y} \in Y$, $\bar{x} \in X$, $\bar{z} \in Z$, что:

$$\bar{G}(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}) > G(X, Y, Z)$$

для всех допустимых $\bar{y} \in Y$, $\bar{x} \in X$, $\bar{z} \in Z$.

Оценочная функция M определяет соотношение свойств модели с затратами (ресурсами) Q , необходимыми для реализации модели. В общем случае:

$$M(X \times Y \times Z) \rightarrow Q.$$

Оценочная функция M характеризует затраты, определяемые в виде различных ресурсов (временных, трудовых, материальных и т.п.), на создание модели с данным набором диагностических признаков. Предпочтение в этом случае должно быть отдано решению с таким набором признаков $\bar{y} \in Y$, $\bar{x} \in X$, $\bar{z} \in Z$, что:

$$\bar{M}(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}) > M(X, Y, Z)$$

для всех допустимых $\bar{y} \in Y$, $\bar{x} \in X$, $\bar{z} \in Z$.

Все многообразие глобальных целевых ориентаций модели любых объектов сводится к двум:

а) максимизировать эффективность G создаваемой модели объекта контроля (допустимые затраты на процесс создания Q задаются в виде ограничений);

б) минимизировать затраты Q (временные, трудовые, материальные), необходимые для реализации процесса реализации модели.

Множество представлений для решения задач моделирования может быть отнесено к трем основным типам: выбору из перечислений, определению в пространстве состояний, сведению задачи к подзадачам

В общем случае на разных стадиях решения каждой конкретной задачи могут использоваться различные типы представлений: на высшем уровне решение по типу сведения задачи к подзадачам; на уровне составных единиц - по типу определения в пространстве состояний; на уровне элементов - по типу выбора из перечислений и т.п. При вариантном проектировании возможен «конкурс» типов представлений, когда одна и та же задача построения модели данного уровня сущности решается параллельно, на основе различных типов представлений, а окончательный выбор варианта производится на уровне сопоставления результатов полученных решений.

УДК 62.001.4

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Коптев А.Н., Кириллов А.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Современные диагностические комплексы систем бортового авиационного оборудования прошли долгий путь развития, и представляют из себя многофункциональные программируемые системы, способные выполнить в составе одного комплекса широкий спектр диагностических тестов. Не смотря на это некоторые вопросы диагностики систем именно пилотажно-навигационного комплекса (ПНК) современных летательных аппаратов (ЛА), в силу специфики выполняемых задач, остаются не решенными.

Все системы, входящие в состав ПНК проходят полноценную проверку отдельно друг от друга, в специализированных лабораториях. К сожалению, не всегда, показавшие положительный результат при индивидуальных тестах системы, исправно работают в составе единого комплекса. Это может быть как пропущенный дефект самого оборудования, так и ошибка сборки. Анализ показал, что лётные испытания выявляют достаточно высокий процент неисправностей, связанных с функционированием ПНК в целом в реальных динамических условиях. Однако лётные испытания не дешевы, и каждый авиапроизводитель стремится уменьшить объём повторных вылетов для отработки обнаруженных дефектов. В связи с этим предлагается проводить динамическую оценку состояния ПНК в цехе окончательной сборки с максимально-возможным моделированием внешней среды, до передачи ЛА на лётно-испытательную станцию.

Решение этой задачи возможно на базе динамической модели, описывающей весь ПНК в сборе. В работе предлагается решение этой задачи в рамках теории образов, где динамическая модель ПНК представляется как пространственно - временной образ, отражающий все пилотажные и навигационные задачи, выполняемыми комплексом в полёте. Таким образом, задача аппаратных средств диагностики в общей постановке сводится к сравнению полученного образа ПНК с реально существующим оригиналом, то есть с распознаванием текущего образа. Данный образ для решения всего набора задач состоит из множества регулярных конфигураций, построенных с учётом набора правил и ограничений, каждая из которых является представлением одной типичной навигационно-пилотажной задачи, решаемой комплексом в полёте.

Разделяя комплекс ПНК на полный набор из таких конфигураций, моделируя каждую из них, получим динамическую модель всего комплекса. Моделирование предполагается осуществлять в среде графического программирования Lab.View, используя аппаратные средства компании National Instruments.

С общих позиций задачи диагностики можно свести к следующей постановке. Аппаратные средства контроля и диагностики, скомплексованные в единый проверочный комплекс, формируют множество воздействий: $X = x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, на вход реальных проверяемых систем и блоков ПНК и на вход, синтезированной в виде аппаратно-программного устройства на базе платформ РХИ, модели ПНК.

Отрабатывая входные возмущения системы и блоки ПНК, формируют множество выходных сигналов: $Y^r = y_1^r, y_2^r, y_3^r, \dots, y_m^r$. Так же платформа РХИ формирует на выходе множество сигналов: $Y^{im} = y_1^{im}, y_2^{im}, y_3^{im}, \dots, y_m^{im}$, являющееся идеальной реакцией, соответствующей полностью исправному ПНК.

Далее в анализирующем устройстве, определяется их разница $y_i^r - y_i^{im} > A_i$, где A_i - пороговое значение, определяющее отнесение к исправному или неисправному состоянию.

УДК 629.7.08

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АВИАПЕРЕВОЗЧИКА И ТОПЛИВОЗАПРАВОЧНОЙ КОМПАНИИ ПРИ ЗАПРАВКЕ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ТОПЛИВОМ

Кропивенцева С.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

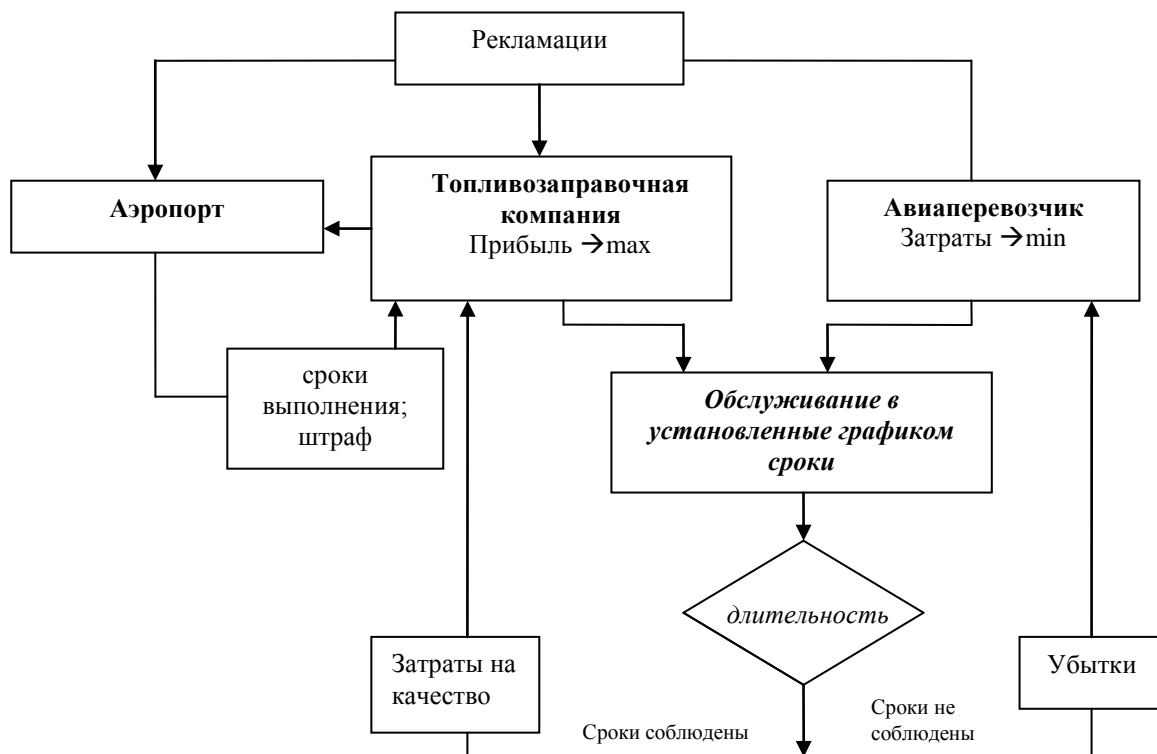


Рисунок 1. Взаимодействие участников процесса заправки самолёта топливом

Наземное обслуживание воздушных судов представляет собой сложный процесс, в котором задействовано большое число участников, выполняющих в строгой последовательности операции по подготовке воздушных судов (ВС). Инфраструктура аэропорта оказывает влияние и на такой важнейший для любой авиакомпании параметр, как точность отправления. С точки зрения авиаперевозчика качественное выполнение всех процедур по наземному обслуживанию, в том числе по заправке, обеспечивает своевременный отправление самолета из аэропорта. Качественное выполнение заправочной операции – это своевременное выполнение заправочной операции воздушного судна авиационным керосином требуемой марки нужной кондиции. Если же заправка ВС топливом выполнена с низким уровнем качества, сроки выполнения операции будут продлены; а лишняя минута, проведённая на земле, увеличивает совокупные издержки авиаперевозчика, кроме этого появляется угроза нарушения регулярности отправок и потери репутации «надёжного» перевозчика, что в будущем отразится на объемах перевозок.

Качество выполнения операции по заправке ВС топливом вербально описывается как «заправка завершена за N мин до вылета», «документация доставлена за N мин до вылета» («Меморандум о взаимопонимании по стандартам оказываемых услуг», АНМ 803, ИАТА).

Убытки авиаперевозчика, возникающие в случае заправки ВС топливом с низким уровнем качества обслуживания: потеря стыковок по маршруту следования, сдача авиабилетов пассажирами, штрафные санкции со стороны администрации аэропортов промежуточных посадок, потеря деловой репутации. Сами убытки носят вероятностный характер, их сложно оценить в финансовом отношении. Согласно теории потерь или ущерба от ненадлежащего качества (Тагути), составляющими потерь авиаперевозчика являются:

- неудовлетворенность пассажиров;
- дополнительные расходы авиаперевозчика по гарантийным обязательствам;
- ухудшение репутации авиакомпании, влекущее за собой утрату части ранее принадлежащего ей рынка.

Идея минимизации общественных потерь сама по себе достаточно абстрактна и ее сложно увязать с текущими затратами фирмы. Если же рассматривать ущерб, наносимый обществу, как долговременные издержки фирмы, то такая формулировка приобретает большой практический смысл.

Топливозаправочная компания предоставляет услуги с некоторым уровнем качества обслуживания. Повышая уровень качества обслуживания, затраты на его обеспечение неизбежно возрастают. А при обслуживании с неудовлетворительным уровнем качества топливозаправочная компания лишается части прибыли. Под затратами на качество обслуживания подразумеваются затраты на обеспечение качества выполнения заправки ВС топливом, а точнее – затраты, необходимые для осуществления мероприятий по устранению причин нарушения регулярности воздушного движения по вине топливозаправочной компании.

Определение оптимальных сроков окончания заправочной операции в графическом виде представлено на рисунке 2.

Пользуясь ранее полученными результатами, представим методику расчета штрафных выплат в случае нарушения сроков выполнения операции по заправке ВС топливом. Итак, если срок выполнения заправочной операции ВС, выполняющего прямой рейс, превышен на 1 мин 40 сек, размер штрафных выплат за каждую минуту определяется по формуле:

$$\xi \text{ €} = k \cdot t, \quad k = \frac{\Pi}{T},$$

где Π – запланированная прибыль авиаперевозчика, руб; T – длительность выполнения рейса, мин.

В случае продления заправочной

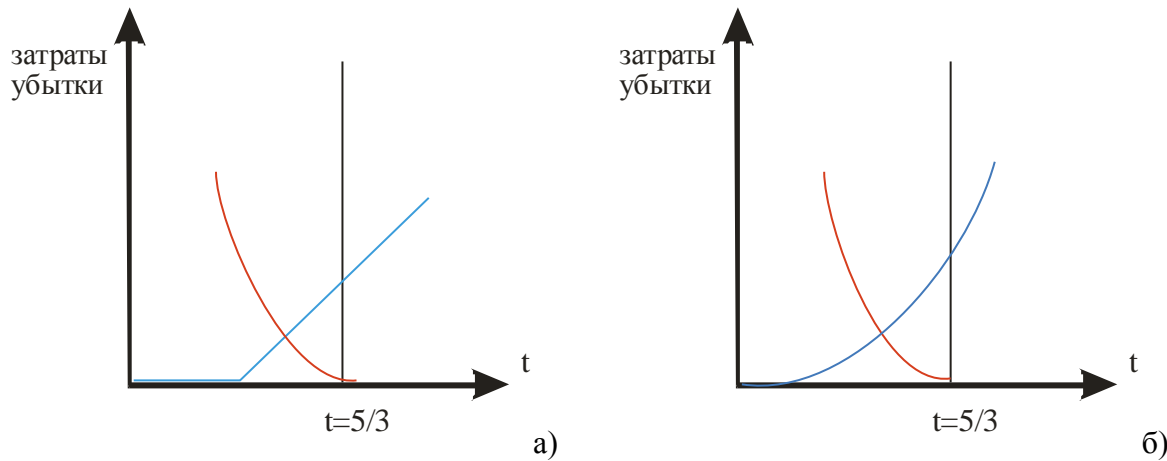


Рисунок 2. Определение оптимального уровня качества обслуживания в ходе заправки топливом ВС.
а) Обслуживание прямого рейса; б) Обслуживание транзитного рейса

операции в транзитном аэропорту свыше 1 мин 40 сек ВС, размер штрафных выплат определяется по формуле:

$$\xi = k \cdot t^2, \quad k = \frac{1}{2 \cdot \gamma}$$

где γ - коэффициент, выражающий степень потерь авиаперевозчика вследствие потребления услуг по заправке с низким уровнем качества.

УДК629.7.08

ОРГАНИЗАЦИЯ СНАБЖЕНИЯ ТОПЛИВОМ АВИАЦИОННЫХ ПЕРЕВОЗОК

Кропивенцева С.А., Калдин А.М.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

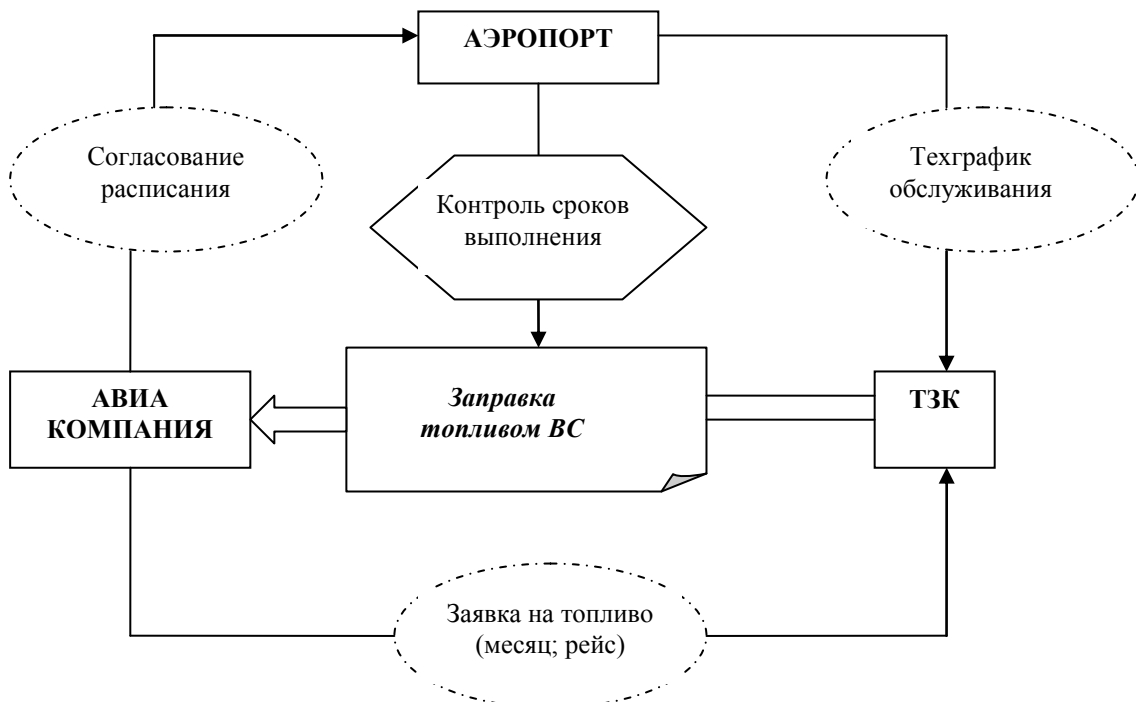


Рисунок 1. Схема взаимодействия участников процесса заправки самолёта топливом

В настоящее время перевозчики вынуждены существенно увеличивать расходы на авиационное топливо из-за стремительно растущих цен на него.

В условиях роста цен на топливо авиакомпании терпят крупные убытки, поскольку топливная составляющая занимает большую часть в смете расходов перевозчика (37,1% в 2007 г).

С чем связано повышение цен на топливо? Большинство ТЗК структурно принадлежат вертикально интегрированным нефтяным компаниям, которые в условиях отсутствия конкуренции в аэропорту монополично повышают цены на керосин. В результате у авиакомпаний есть два варианта - пользоваться услугами этой ТЗК или, там где это возможно, заправлять большее количество топлива в базовом аэропорту, что менее эффективно. Например, авиакомпания Якутия заправляет свои самолеты в базовом аэропорту, поскольку заправка по ценам ТЗК в Якутске принесла бы большие убытки.

На сегодняшний день видится несколько вариантов решения проблемы. Один из них – государственное регулирование. Борьба с проблемой со стороны государства ведется Федеральной антимонопольной службой (ФАС), Генпрокуратурой, Федеральной службой по тарифам, властями субъектов федерации и другими ведомствами. Госрегулирование не ограничивается наложением штрафов на недобросовестные предприятия, неправомерно повышающие цены на авиакеросин. Основная идея – увеличить количество прямых сделок между нефтяной компанией и авиакомпанией, минимизировав участие посредников в ценообразовании. Роль нефтяников на рынке авиакеросина за последние 2-3 года значительно увеличилась. Они активно шли в розничный сегмент, замыкая маркетинговую цепочку от скважины до крыла – для них это гарантированный спрос, который закрывается гарантированными объемами поставок в интересах авиаперевозчиков.

Для авиакомпаний прямые контракты также выгодны: на биржевой площадке компания заключает контракт на поставку определенного количества топлива непосредственно с производителем, а оператору платит лишь за хранение и заправку.

Ещё в 2008 году авиакеросин был слабо представлен на биржах. Но уже в 2009 году на биржевых площадках было реализовано около 3% от объемов внутреннего потребления авиакеросина. И ФАС всячески подталкивает производителя и непосредственного потребителя к взаимодействию, так как биржевая торговля сделает рынок более прозрачным и открытым.

Существует проект, согласно которому производители уже в ближайшее время должны будут реализовать через биржевые площадки от 10 до 15% производимого авиакеросина.

Ещё один выход из сложившейся ситуации – когда несколько компаний-операторов объединены в консорциум. В зарубежных аэропортах распространена ситуация, когда, допустим, восемь компаний-операторов объединены в три консорциума. То есть имеется три склада ГСМ, но все восемь компаний продают топливо независимо, с помощью своих заправщиков и по своим ценам. У каждого свои клиенты, своя доля рынка. Как правило, операторы, объединенные в консорциум, имеют равные доли участия в капитале склада ГСМ. Таким образом, производственные мощности делятся поровну, а доходы — в зависимости от того, кто как продает. Оказавшись вместе на одной «поляне», операторы начнут конкурировать друг с другом. Они будут предлагать авиакомпаниям всевозможные бонусы. Например, обеспечат им льготные условия товарного кредитования, пообещают продавать топливо по выгодной цене в других портах. Одним словом, они сделают все, чтобы заполучить авиакомпанию именно к себе.

Справиться с проблемой дорогого топлива поможет создание альтернативных ТЗК. Создание альтернативных ТЗК, как и в предыдущем варианте, рождает конкуренцию, но не между операторами, а между целыми комплексами, от которой в первую очередь выигрывает авиакомпания.

В России на рынке топливного обеспечения существует группа компаний «Аэрофьюэлз», занимающаяся строительством собственных альтернативных ТЗК, которые дублируют существующие мощности. Разумеется, существующие ТЗК не хотят расставаться

со своим монопольным положением, поэтому деятельность «Аэрофьюэлз» не редко наталкивается на препятствия.

Каждый из представленных вариантов, несомненно, имеет право на жизнь, да и выбирать что-то одно не требуется. В каждом аэропорту своя исторически сложившаяся обстановка, поэтому подход к решению проблем снабжения топливом в каждом отдельно взятом аэропорту должен быть сугубо индивидуальным. В одном случае авиаперевозчику будет выгоднее совершать биржевые сделки, применяя хеджирование, в другом – закупать топливо непосредственно в аэропорту. В одном аэропорту подойдет вариант с совместным использованием производственных мощностей, в другом, где нет большого склада комплекса или он значительно устарел – проблему может решить строительство альтернативного ТЗК.

Кроме того, европейский опыт показывает, что многие крупные авиакомпании, например Lufthansa, стараются максимально контролировать топливную составляющую собственного бизнеса. Они либо участвуют в доле капитала ТЗК, либо даже строят собственные склады ГСМ. Такие примеры есть и в России: у "Аэрофлота" есть доля в ТЗК "Шереметьево". А те перевозчики, которые еще не выделились из состава объединенных авиапредприятий, фактически имеют собственные склады ГСМ.

УДК 629.7.08

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ЗАКУПКИ АВИАЦИОННОГО НАЗЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Кропивенцева С.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Конкурентные преимущества аэропорта обеспечиваются не столько географическим местоположением, сколько уровнем развития его инфраструктуры, способностью создать стабильные условия для дальнейшего развития авиаперевозчиков и качественным обслуживанием воздушных перевозок. Для развития и конкурентоспособности, аэропорту необходимо располагать инфраструктурой, которая бы смогла гарантировать высокое качество обслуживания пассажиров. В России присутствуют около 30 поставщиков авиационного наземного, которые представляют более 200 видов оборудования.

Различают следующие основные способы торговли наземным авиационным оборудованием:

- закупки на выставках и ярмарках, в том числе и международных;
- консигнационная торговля (посредническая операция, поставщик выступает самостоятельным лицом, но действует в интересах производителя);
- прямой сбыт;
- компенсационные сделки;
- поставки в рамках соглашения о промышленном сотрудничестве, о разделе продукции;
- лизинг.

Рынок авиационного наземного оборудования можно охарактеризовать следующими особенностями:

- снижается срок морального износа машин и оборудования (с 10—15 лет до 5—8 лет в настоящее время);
- развивается торговля оборудованием, бывшим в употреблении;

- практикуется обратный выкуп устаревшей техники производителями;
- появляются такие новые формы торговли, как продажа оборудования в разобранном виде, комплектного оборудования, финансовая аренда, встречная торговля и др.;
- отношения между продавцом и покупателем с поставкой оборудования не заканчиваются, а начинаются, так как далее следует техническое обслуживание, поставка запчастей и т.д. Часто контракты на поставку оборудования дополняются контрактами на поставку деталей и запасных частей в течение всего срока его использования;
- определяющими факторами покупки любого машинотехнического оборудования являются не только цена покупки, но и величина эксплуатационных расходов, экологичность, возможность получить качественный сервис. Как правило, качество машин и оборудования традиционно связывается с его техническими характеристиками.

Известно, что удельный вес эксплуатационных издержек на протяжении срока службы составляет существенную часть общей стоимости оборудования, они могут в несколько раз превосходить первоначальную покупную цену изделия. Специалисты подсчитали, что при эксплуатации сложных технических систем от 40 до 60% общей стоимости тратится на эксплуатационные издержки и поддержание её в работоспособном состоянии. Этот факт послужил толчком к зарождению новой политики проектирования, основанных на концепциях «проектирование в пределах заданных затрат» и «проектирование в соответствии с затратами на протяжении всего срока эксплуатации».

Поэтому при выборе варианта закупки авиационного наземного оборудования следует оценивать будущие эксплуатационные издержки на протяжении всего срока эксплуатации изделия.

Годовые эксплуатационные издержки можно рассчитать по следующей формуле:

$$C_{год} = Z_{год} + \mathcal{E}_{год} + L_{год} + P_{год} + O_{год} + A_{год} + \Pi_{год} + M_{год},$$

где $Z_{год}$ - годовой фонд основной и дополнительной заработной платы (с начислениями) персонала, обслуживающего технологический процесс; $\mathcal{E}_{год}$ - годовые издержки на технологическую электроэнергию, необходимую для функционирования аппаратуры, входящей в данное оборудование; $L_{год}$ - годовые издержки на технологическое топливо для машин и агрегатов с двигателями внутреннего сгорания; $P_{год}$ - годовые издержки на производство текущего ремонта машин, установок, оборудования и аппаратуры, включая стоимость необходимых запасных частей и деталей; $O_{год}$ - годовые издержки на техническое обслуживание машин, установок и оборудования; $A_{год}$ - годовые издержки по амортизации машин, оборудования, аппаратуры, входящих в данное оборудование; $\Pi_{год}$ - годовые издержки по амортизации помещений, занимаемых оборудованием, установками и технологической аппаратурой; $M_{год}$ - общехозяйственные расходы по содержанию систем обслуживания.

Ежегодные затраты на эксплуатацию представляют собой последовательность платежей $C_{год}$ в течение всего срока эксплуатации, размер которых для простоты расчетов можно принять постоянным. Тогда, зная величину одного платежа, можно определить суммарную стоимость эксплуатации выбираемой техники:

$$Z_{экспл} = C_{год} \cdot \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i},$$

где i – процентная ставка наращения; n – срок эксплуатации оборудования.

С учетом сказанного по каждому из вариантов закупаемой техники целесообразно составить таблицу, проанализировав данные которой принимают решение по варианту закупки.

Таблица 1. Выбор варианта закупки авиационного наземного оборудования

№	Показатель	Вариант А	Вариант Б
1	Технические характеристики	\sum ТХ1	\sum ТХ2
2	Цена	Ц1	Ц2
3	Условие поставки	З тр1	З тр2
4	Эксплуатационные издержки	З экспл1	З экспл2

УДК 004

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ МАГИСТРАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВРИСТИКИ «ЗЕЛеной ВОЛНЫ»

Михеева Т.И., Михеев С.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

При проектировании сложноорганизованной системы управления транспортными потоками возникает ряд проблем, вызванных уникальным характером дорожного движения. Во-первых, исторически сложившаяся дорожная сеть и скорость ее модернизации не успевает за бурным развитием высокоскоростных транспортных потоков (ТП). Во-вторых, каждый автомобиль имеет индивидуальный характер движения и, как правило, управляется без заранее заданного маршрута и графика движения. Для обсуждения алгоритмов управления ТП необходимо, прежде всего, понять природу и характеристики ТП, а затем исследовать поведение системы после введения различных управляющих воздействий.

Необходимо создать модель, представляющую реалистичную картину ТП и доступную для систематического анализа, найти эффективные концепции управления дорожным движением, получить возможность предсказывать поведение и характеристики управляемого движения с помощью модели. Каждое транспортное средство на дороге является дискретным и случайным элементом, при его моделировании используются микроскопические модели, исследующие индивидуальное поведение каждого из них, например, при анализе процесса «следования за лидером» или обсуждении безопасности движения автомобилей на изолированных участках улично-дорожной сети (УДС). Для исследования крупномасштабных сетей дорог, состоящих из большого числа участков, используют макроскопические модели, представляющие усредненные характеристики большого числа транспортных средств.

Методы оптимизации координированного управления ТП («Зеленой волны»), т.е. нахождение алгоритма, минимизирующего показатель качества - целевую функцию, делятся на методы изолированного и взаимосвязанного управления на перекрестках. Изолированное управление перекрестками основывается на предположении о пуассоновском характере прибывающего ТП, влияние координации учитывается сдвигом фаз светофорной сигнализации на смежных перекрестках. При взаимосвязанном управлении каждый перегон и перекресток описываются уравнением преобразования ТП с учетом того, что исходящий поток одного перекрестка является входящим для смежных перекрестков. Оба метода могут быть реализованы как «жесткими» алгоритмами, не учитывающими кратковременные

флуктуации потоков, так и адаптивными алгоритмами, которые «следят» за прибытием и убытием ТП.

Алгоритмы адаптивного координированного управления основаны на предварительном расчете программы координации контрольных значений параметров ТП, выборе их из «библиотеки» при появлении близкой к контрольной транспортной ситуации и общей коррекции, компенсирующей отклонение реальной ситуации от контрольной. Эвристики «Зеленой волны» играют роль, когда при управлении через фиксированные программы координации определяются характерные периоды времени (утренний и вечерний «пики»), для которых программы рассчитываются заранее и включаются в определенный момент времени. Управление, при котором отсутствует «библиотека», программы координации рассчитываются в реальном масштабе времени за сравнительно небольшое время.

Метод зональной оптимизации управления (MZoneTrafficFlowControl), являясь промежуточным между системным (сетевым) и изолированным управлением, учитывает ситуацию на смежных перекрестках, откуда прибывают транспортные средства, с тем, чтобы обеспечить оптимальное качество управления. Все известные алгоритмы сетевой оптимизации основаны на последовательной оптимизации управления перекрестками на модели сети. При локальной оптимизации значительно возрастает гибкость управления при непредусмотренных изменениях условий движения и упрощается алгоритм управления: уравнение преобразования ТП решается по отдельности для каждой зоны.

При отсутствии координации параметров светофорного регулирования на смежных светофорных объектах транспортный поток может прерываться по различным сценариям. В каждом случае это приводит к своему типу распределения скорости движения и статистическим параметрам распределения.

При синхронном включении одноименных фаз на смежных перекрестках, т.е. при $\delta_i^{(j)} = 0$ (отсутствии координации) происходит разрыв транспортного потока на регулируемом перекрестке. Часть транспортных средств проходит перекресток без остановки, а часть задерживается. Одним из параметров светофорного регулирования в рассматриваемом методе расчета программ координации является величина уставок $\delta_i^{(j)}$. Выбор соответствующей величины уставки влияет на процесс преобразования групп транспортных средств в зоне действия светофорного объекта. Величина сдвига фаз должна быть меньше длительности цикла $\delta_i^{(j)} \leq T$, что требует выполнения ограничения $\delta_i^{(j)} - T \cdot p > 0$ (p – натуральное число).

УДК 004

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ

Михеева Т.И., Рудаков И.А., Чугунов И.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Ежегодное заметное увеличение количества автотранспорта, усложнение инфраструктуры современного города приводит к ухудшению показателей безопасности дорожного движения, уменьшению пропускной способности транспортной сети города, средней скорости транспортных средств, увеличению времени простоя в «пробках». Для улучшения ситуации на улично-дорожной сети (УДС) города существует два основных решения. Первое заключается в изменении структуры улично-дорожной сети города,

создании новых участков, расширении уже существующих дорог, строительстве многоуровневых транспортных развязок. Хотя данное решение приводит к глобальному улучшению ситуации, оно применяется крайне редко потому, что требует значительных материальных затрат и занимает длительное время, в течение которого изменяемый участок УДС будет перекрыт для движения.

Второй путь решения проблемы - оптимизация дорожного движения. Данное решение проблемы не приводит к глобальному улучшению ситуации на УДС города, но является более доступным и применяется значительно чаще. Оптимизация дорожного движения может производиться по различным критериям: безопасность движения транспортных средств (ТрС), увеличение пропускной способности улично-дорожной сети, уменьшение временной задержки транспортных средств на перекрестке и др.

Одним из «проблемных» участков УДС г. Самара является подход ул. Ново-Садовой к ул. Советской Армии. В вечерние «пиковые» часы очередь ТрС перед светофором растягивается до Госуниверситета. Из трех полос движения правая задерживается трамваями, пешеходами, переходящими ул. Советской Армии, левая – занята ТрС, поворачивающими в сторону МТЛ «Арена». Таким образом, прямолинейное движение через перекресток осуществляется только по одной полосе, вынуждая всех «транзитных» водителей перестраиваться в средний ряд. Для улучшения ситуации без существенных затрат предлагается организовать одностороннее движение вокруг ДК «Современник» на существующей УДС. В этом случае на подходе к перекрестку формируется пять полос вместо трех, и ситуация, как показывает математическая модель (см. рис.), значительно улучшается. Сокращение очереди ТрС на ул. Ново-Садовой позволит, в свою очередь, корректировать режим работы светофора и сократить транспортные задержки на ул. Советской Армии.

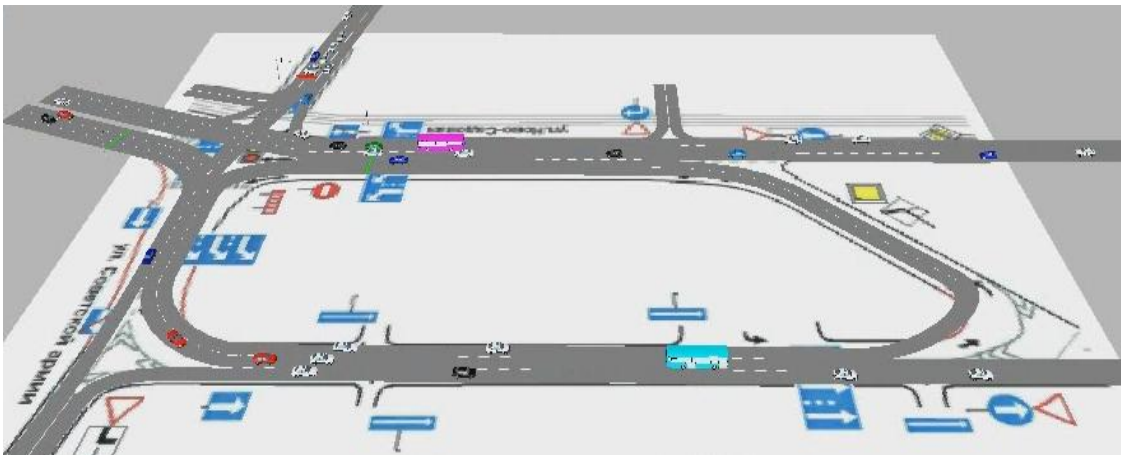


Рисунок. Математическая модель движения ТрС на цифровой модели УДС

Для поворота налево с ул. Ново-Садовой в сторону Телецентра нужно будет объехать ДК «Современник» и перестроиться в крайний правый ряд для последующего поворота направо. Именно этот момент вызвал у специалистов сомнение. Поэтому вместо показанного на модели слияния потоков, решено сделать обычное пересечение со знаком 2.4 «Уступите дорогу» (по образу и подобию любой кольцевой развязки). В таком случае перестроение в правый ряд не потребуется, т.к. его можно будет занимать сразу на пересечении. Некоторые неудобства вынуждены будут испытывать пешеходы, т.к. пешеходные переходы через ул. Ново-Садовую и Малую Ново-Садовую по четной стороне ул. Советской Армии ликвидируются. Пешеходам придется переходить на нечетную сторону ул. Советской Армии на вновь построенный тротуар к единственному остающемуся регулируемому переходу на ул. Ново-Садовой. В перспективе после строительства надземных пешеходных переходов возможно постоянное включение дополнительных секций светофора «направо» во всех

направлениях. А в случае небольшой реконструкции перекрестка путем «срезания» углов на поворотах можно увеличить скорость транспортного потока в направлении центра города.

Моделирование транспортных потоков на основе цифровых моделей местности (геоинформационных систем) позволит спроектировать оптимальную транспортную сеть, построить необходимую структуру светофорного цикла, корректно расставить технические средства организации дорожного движения, что в конечном итоге позволит улучшить характеристики организации дорожного движения: увеличить пропускную способность перекрестков города, снизить удельное время поездки, уменьшить транспортные задержки, снизить уровень тяжести последствий от ДТП.

УДК 004

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЫДЕЛЕНИЯ ТОЧЕК СГУЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Михеева Т.И., Сапрыкина О.В., Сапрыкин О.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Информационные технологии и новые методы поддержки принятия решений, учитывающие многофакторность задач управления транспортной инфраструктуры, позволяют повысить эффективность, точность и обосновать проектирование современных транспортных сетей. Целью проектирования транспортной сети является обеспечение оптимальной доступности всех основных узловых развязок и точек сгущения транспортных потоков города, с учётом критерия минимизации затрат на строительство дорог. Кроме того, необходимо рассмотреть следующие группы факторов:

- расположение главных развязок и основных точек тяготения городского населения;
- природные факторы – рельеф, месторасположение водных каналов, охраняемые и заповедные территории;
- СанПИН и ГОСТы построения Дорог
- существующую сеть дорог, включая её состояние;
- инфраструктуру селитебных территорий города, учитывая количественные характеристики ветхого и нового фондов.

В связи с тем, что исходные данные, необходимые для решения поставленной задачи, носят пространственный характер, в основе создания проектируемой системы используется геоинформационная система (ГИС). Каждая из перечисленных групп факторов составляет пространственную модель в ГИС, которая представляет собой совокупность информации об объектах из базы данных, наложенных на слои ГИС. Для отображения спроектированной оптимальной транспортной сети города имеется отдельный слой в ГИС.

В статье рассматривается метод математического программирования, основанный на решении задачи Штейнера на графах. Исходная задача Штейнера имеет следующую формулировку: на плоскости задано n точек, требуется соединить эти точки ломаными линиями так, чтобы каждая точка была соединена с каждой, и чтобы длина совокупности этих линий стремилась к минимуму. Для решения задачи на графах зададим следующие множества: множество вершин с весами, соответствующими количеству населения, посещающих этот узел города за единицу времени (например, за день), множество дуг с весами, соответствующими рентабельности строительства участка дороги, соответствующей этой дуге, и множества целевых вершин, являющихся подмножеством исходных вершин. За вершину из множества исходных вершин принимается вершина многогранника, который

соответствует кварталу города на карте в ГИС. Целевыми вершинами считаются узловые развязки, посещаемость населением которых более некоторого выбранного значения.

Для получения альтернативных участков – дуг проектируемой транспортной сети, необходимо каждую вершину из множества исходных вершин соединить со всеми её соседними вершинами. При этом соседней к исходной принимаются близлежащие вершины, принадлежащие окружности заданного радиуса, проведённого из исходной вершины. Пример представлен на рисунке. Для каждой полученной таким способом дуги требуется рассчитать вес, то есть рентабельность строительства.

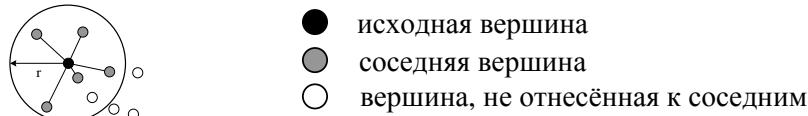


Рисунок 1. Определение соседних вершин к исходной вершине

Вес дуги вычисляется на основе данных из слоёв ГИС, содержащих информацию об объектах, пересекаемых данной дугой. При совпадении дуги с уже существующим построенным участком УДС затраты приравниваются к нулю или к затратам на ремонт участка. Поиск оптимальной сети осуществляется путём нахождения подграфа, содержащего пути в каждую из целевых вершин при условии максимума суммы весов всех задействованных при этом дуг, на основе решения задачи Штейнера на исходном графе. Задача решается методом динамического программирования с рекуррентным соотношением:

$$W(s, j) = \max(\max(W(s', j) + W(s \setminus s', j) | s' \in s), \max(c_u + W(s, j_{s(u)}) | j_{b(u)} = j)),$$

где s - подмножество множества целевых вершин;

j - вершина из множества целевых вершин;

u - управление – выбор дуги соединяющей вершину j с вершинами вне подмножества s ;

c_u – вес дуги, соответствующей управлению u ;

$j_{b(u)}$ – начальная вершина дуги, соответствующей управлению u ;

$j_{e(u)}$ – конечная вершина дуги, соответствующей управлению u .

Построенный подграф отображается на слое ГИС. Кроме того, в системе предусматриваются средства сравнения характеристик существующей и построенной улично-дорожных сетей.

УДК 004

АЛГОРИТМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСОБЫХ УЧАСТКАХ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Михеев С.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В связи с «взрывным ростом» автомобильного парка России, в значительной степени опережающим темпы дорожного строительства, серьезную научную проблему представляет оптимальное управление объектами транспортной инфраструктурой. Требуются принципиально новые подходы к созданию интеллектуальных транспортных систем, одновременно охватывающих массивы разнородных данных и обеспечивающих многоуровневое взаимодействие множества подчиненных сложных подсистем, предъявляются все более высокие требования к качеству проектирования улично-дорожных сетей (УДС) и организации дорожного движения.

Решение данной проблемы в свою очередь требует решения чрезвычайно широкого перечня задач: строительство городских скоростных дорог, развитие методов управления транспортными потоками и т.д. Как следствие, требуются развитие методов и алгоритмов оценки пропускной способности, без которых невозможно ни проектирование организации движения, ни верификация результатов моделирования транспортных потоков.

Алгоритмы исследования движения транспортных средств на участках улично-дорожной сети, составляющие ядро интеллектуальной транспортной системы, должны опираться на методики расчета транспортных задержек и очередей на регулируемых и нерегулируемых перекрестках, расчета пропускной способности компактных кольцевых пересечений и мини-колец, управления транспортными потоками в условиях урбанизированных территорий.

Опыт исследования аварийности на улично-дорожной сети показал высокий уровень дорожно-транспортных происшествий на кольцевых пересечениях. Термином «современные кольцевые пересечения» обозначаются кольцевые пересечения малого и среднего диаметра, имеющие приоритет движения по кольцевой проезжей части и ряд особенностей проектирования геометрических элементов, обеспечивающих безопасное движение пешеходов, а также проезд длинномерных транспортных средств.

Такие кольцевые пересечения получили широкое применение в США, Канаде, Израиле, Австралии, Новой Зеландии, Южной Африке и большинстве стран Западной Европы. В России мини-кольца, центральный островок которых выделяется дорожной разметкой, пока не получили применения (см. рис.). Центральный островок мини-кольца выделяется разметкой или выполняется приподнятым на 10-12 см и имеет внешний диаметр кольцевой проезжей части 13-25 м. Для кольцевого пересечения типа «компактное кольцо» центральный островок выделяется бортовым камнем, и внешний диаметр кольцевой проезжей части равен 25-30 м.

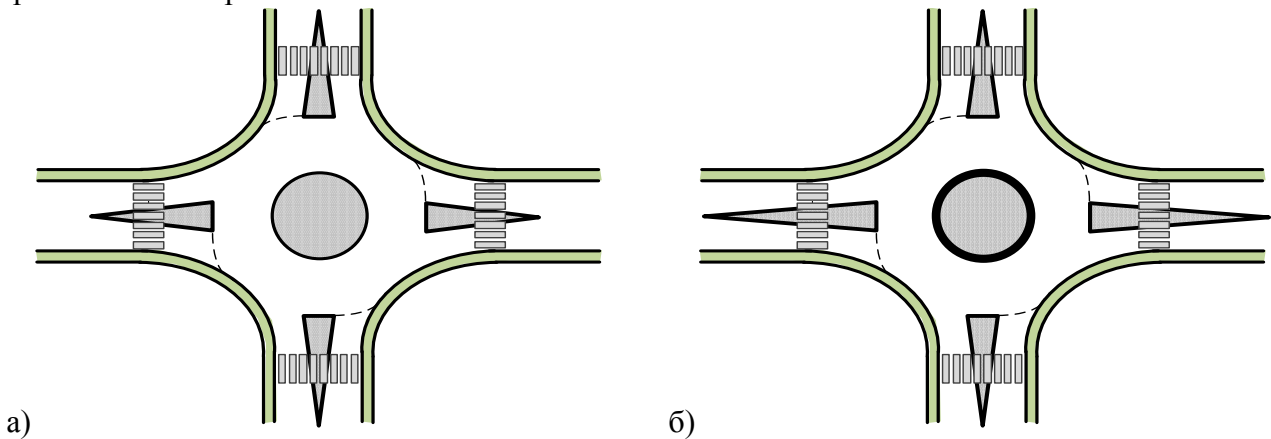


Рисунок Типы кольцевых пересечений
а) мини-кольцо б) городское компактное кольцо

В городских условиях интервалы между транспортными средствами на кольцевой проезжей части пересечения оцениваются распределением

$$f(t) = \begin{cases} 0, & \text{если } t < t_m, \\ \alpha \lambda e^{-\lambda(t-t_m)}, & \text{если } t \geq t_m, \end{cases}$$

где $f(t)$ – плотность распределения интервалов в потоке; α – доля свободной части транспортного потока, определяемый как $\alpha = 1 - \theta$, θ – доля автомобилей в пачках; λ –

параметр распределения, определяемый $\lambda = \frac{(\theta - \theta_r) I_r}{1 - t_m I_r} = \frac{\alpha I_r}{1 - t_m I_r}$; t_m – минимальный интервал между транспортными средствами в потоке главного направления, с, I_r – интенсивность

движения на главном направлении, т.е. кольцевой проезжей части, авт/с. Значение параметра α , входящего в состав выражения рекомендуется определять помощью формулы $\alpha = e^{-A/r}$, где A - параметр, определяемый экспериментально и имеющий значения от 6 до 9.

По результатам моделирования пропускная способность кольцевых пересечений достаточно высока. Применять кольцевые пересечения резонно при суммарной интенсивности движения транспортных потоков до 2000–2371 авт/ч. В указанном диапазоне интенсивностей нерегулируемые перекрестки имеют лучшие показатели суммарной пропускной способности и суммарной задержки, в случае если на одну из улиц в составе перекрестка приходится более 80% от общей интенсивности движения.

УДК 004

СИНТЕЗ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Михеева Т.И., Батищева О.М.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

Принципы декомпозиции, абстракции и иерархии являются основополагающими в процессе проектирования, вследствие чего широкое распространение во всех инженерных дисциплинах получили объектно-ориентированный анализ, проектирование и программирование. В этой связи, методология формализации и анализа проблем интеллектуальной системы управления транспортными потоками базируется на комплексной стратегии значительного повышения уровня абстракции используемых моделей, охватывающих реализуемые комбинации особенностей объектов предметной области.

Существенными особенностями интеллектуальной транспортной системы (ИТС), как информационной модели, являются:

✓ сложность и масштабность моделей, наполняющих ИТС, выражающиеся в большом количестве типов, в применении альтернативных механизмов множественного наследования и полиморфного переопределения свойств объектных типов, в использовании вложенных агрегатных и селективных конструкций и двунаправленных ассоциаций;

✓ необходимость поддержки запросов к данным в декларативном, предикативном и навигационном стилях, эффективной реализации базовых операций манипулирования ими;

✓ широкий контекст использования моделей в приложениях, оперирующих как с данными одной многопрофильной информационной схемы, так и с данными нескольких независимых схем.

Формализованное описание задачи проектирования, ее решения, рекомендации по применению этого решения в различных ситуациях, моделируемых проектируемой системой, резонно реализовать паттерном проектирования. В ходе синтеза многоуровневой системы наблюдения и управления необходимо выявить объекты предметной области, отнести их к классам, соблюдая разумную степень детализации, определить интерфейсы классов и иерархию наследования, установить регламент отношений между классами. Дизайн должен, с одной стороны, соответствовать решаемой задаче, с другой – быть общим, чтобы учесть все требования к системе, которые могут возникнуть в будущем. Необходимо избежать или, по крайней мере, свести к минимуму необходимость перепроектирования. Во многих объектно-ориентированных системах можно встретить шаблоны, состоящие из классов и взаимодействующих объектов, с помощью которых решаются конкретные задачи

проектирования, существующие во многих системах. Обобщение и классификация таких задач и наиболее удачных путей их решения привело к появлению паттернов – образцов, шаблонных моделей, формализованных описаний часто встречающейся задачи проектирования, эффективных, в определенном контексте, типовых решений проектной проблемы. Под паттерном проектирования (синтеза) будем понимать описание взаимодействия объектов и классов, адаптированных для решения общей задачи проектирования в конкретном контексте. Каждый паттерн описывает некую повторяющуюся проблему и ключ к ее разгадке, причем таким образом, что этим ключом можно пользоваться при решении самых разнообразных задач. Паттерн проектирования именуется, абстрагирует и идентифицирует ключевые аспекты структуры общего решения, которые и позволяют применить его для создания повторно используемого дизайна.

Хорошо спроектированная архитектура системы изобилует паттернами. Использование механизмов выявления типичных взаимодействий объектов проектируемой системы делает ее архитектуру компактной, простой и понятной. Сообразное использование паттернов проектирования дает разработчику ряд неоспоримых преимуществ:

- ✓ модель ИТС, построенная в терминах паттернов проектирования, фактически является структурированным выделением тех элементов и связей, которые значимы при решении поставленной задачи;

- ✓ модель, построенная с использованием паттернов проектирования, более проста и наглядна в изучении;

- ✓ использование паттернов повышает устойчивость системы к изменению требований и упрощает неизбежную последующую доработку;

- ✓ многократно повторенное использование правильно сформулированного паттерна проектирования позволяет не только значительно сокращать программный код, но и уменьшить ресурсные затраты на разработку всей системы в целом;

- ✓ применение паттернов облегчает интеграцию нескольких информационных систем сложноорганизованного программного комплекса, совокупность паттернов представляет собой единую библиотеку проектирования, которая, будучи унифицированным средством, незаменима при общении разработчиков;

- ✓ применение паттернов повышает устойчивость системы к эволюции и упрощает последующую доработку системы при интеграции различных информационных систем.

УДК 004

ТЕМПОРАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Михеева Т.И., Михайлов Д.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В основе процесса управления материальным потоком лежит обработка информации, циркулирующей в логистических информационных системах (ЛИС). Необходимым условием согласованной работы всех звеньев логистического центра является наличие информационных систем, которые подобно центральной нервной системе способны быстро и экономично подвести нужный сигнал к нужной точке в нужный момент. Одним из важнейших условий успешного функционирования производства в целом является наличие такой системы информации, которая позволила бы связать воедино всю деятельность (снабжение, производство, транспорт, складское хозяйство, распределение и т.д.) и

управлять ею, исходя из принципов единого целого. На современном уровне развития общественного производства стало очевидно, что информация – это самостоятельный производственный фактор, потенциальные возможности которого открывают широкие перспективы для укрепления конкурентоспособности фирм. Потoki информации являются теми связующими нитями, на которые нанизываются все элементы логистической системы.

ЛИС – целостный комплекс программно-технических средств и регламентов их функционирования для создания интегрированного информационного пространства и обеспечения эффективной деятельности кинетической цепи.

Главное назначение информационных систем в логистике – интеграция и координация процессов в логистической цепи. Интеграция опирается на четыре уровня информационного обеспечения:

- обслуживание сделок (выполнение логистических функций и операций);
- управленческий контроль;
- анализ решений;
- стратегическое планирование.

Однако для функционирования любой информационной системы требуется наличие баз данных, которые представляют собой совместно используемый набор логически связанных данных, предназначенный для удовлетворения информационных потребностей организации. Одним из параметров, имеющим большое значение при решении логистических задач, является интенсивность транспортных потоков. Информация об интенсивности требует хранения пространственно-временных характеристик в темпоральной базе данных, так как интенсивность зависит не только от географического месторасположения «точки сбора», но и от времени суток, дня недели, месяца, года, погодных условий.

Пространственный компонент подразумевает хранение таких характеристик как город, район, улица или группа улиц при подсчете интенсивности на перекрестке.

Временной компонент содержит в себе дату и время, при обработке которых может быть получена выборка с данными, соответствующими интересующим пользователя параметрам.

На рисунке приведен пример модели данных типа «Сущность - связь» - ER-модель данных, используемой в геоинформационной системе «ITSGIS» для хранения и обработки информации об интенсивности движения транспортных потоков.

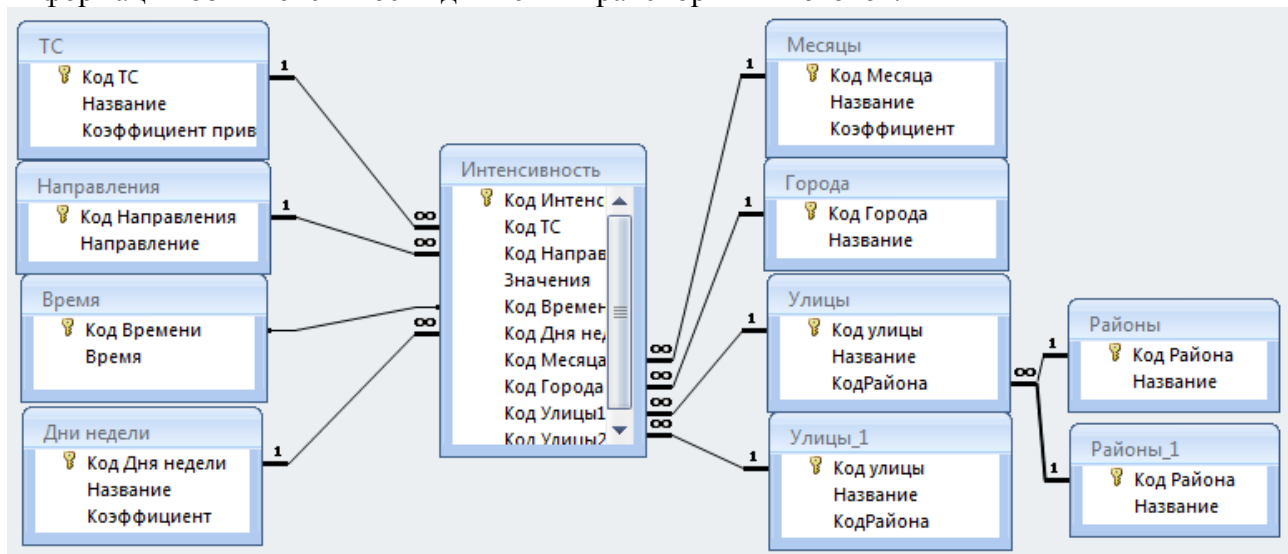


Рисунок. 1. ER-модель базы данных интенсивности

Развитие информационной системы требует вложений в компьютеры и коммуникационное оборудование, в программное обеспечение и профессиональную

подготовку персонала. В общем, для создания солидной информационной базы нужно вкладывать больше средств в информационную поддержку оперативной деятельности и меньше - в развитие более высоких уровней логистических информационных систем.

В последнее время развитие ЛИС направлено прежде всего на управленческий контроль, анализ решений и стратегическое планирование. Новейшие модели ЛИС развиваются в связке с процессами реинжиниринга и организационных перестроек. От простой автоматизации фирмы переходят к полной реорганизации логистических процедур, сокращая число функциональных циклов и объемы сопутствующей деятельности.

УДК. 65.052

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА – КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ АВИАПРЕДПРИЯТИЯ

Павлова И.О.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В условиях конкурентной экономики первостепенное значение приобретает решение проблемы роста производительности труда, поскольку основой конкурентных преимуществ любой организации является высокопроизводительный и высококачественный труд. Высокая производительность – основа устойчивого экономического роста. Однако на сегодняшний день производительность в России, несмотря на заметную положительную динамику последнего времени, по-прежнему низка: в среднем по проанализированным исследователями секторам промышленности она составляет лишь 26% от уровня производительности в США. Россия существенно отстает по уровню производительности и от промышленно развитых стран, она занимает одно из последних мест среди развитых стран Европы, Америки, некоторых стран СНГ и достигает пока уровня Южноамериканских развитых стран, таких как Бразилия и Аргентина, а такое положение дел существенно влияет на экономический рост и развитие экономики нашей страны. Поэтому проблема повышения производительности труда на российских предприятиях является для отечественной экономики одной из самых актуальных.

Производительность труда – основной показатель экономической эффективности производства, как отрасли, так и любого предприятия. Он является показателем экономического роста, т.е. показателем, обеспечивающим рост реального продукта и дохода, что означает повышение уровня жизни населения, показателем конкурентоспособности предприятия, отрасли и в целом всей страны.

Несомненно, что и на результативность и эффективность работы любого авиатранспортного предприятия оказывает влияние рост производительности труда.

Производительность труда на авиатранспортном предприятии определяется соотношением объема перевозок в стоимостном выражении к среднесписочной численности персонала, т.е. уменьшение себестоимости авиаперевозки за счет уменьшения затрат на персонал.

В настоящий момент затраты на персонал на авиатранспорте в Российской Федерации достигают 60-65% от всех основных аэропортовых расходов, что в два раза больше, чем на Западе. Это объясняется не только неудовлетворительным техническим оснащением, но и плохой организацией трудового процесса, слабой мотивацией персонала.

Поэтому, чтобы добиться роста производительности труда на авиапредприятии необходимо снизить затраты на персонал, а для этого нужны новые методы эффективного

управления, основанные на формировании высоко профессионального кадрового потенциала, что способствовало бы созданию рабочей силы, обладающей более высокими способностями и сильной мотивацией к выполнению задач, стоящих перед организацией. Естественно, что это должно вести к росту производительности труда, а значит к увеличению ценности людских ресурсов предприятия.

Основными направлениями в области повышения производительности труда за счет эффективного использования трудовых ресурсов можно считать:

1. совершенствование методов мотивирования, стимулирования и защищенности персонала;
2. применение новых грамотных подходов в области оптимизации трудовых ресурсов, чтобы снизить затраты на персонал с одной стороны, а с другой повысить производительность и лояльность сотрудников, которые остаются на предприятии.

Рассмотрим несколько стратегий оптимизации трудовых ресурсов.

Оптимизация подразумевает функциональный анализ организации с концентрированием большого количества функций у одного сотрудника, а также уменьшением издержек на персонал.

Сущность одной из стратегий состоит в оптимизации затрат на персонал без сокращения численности штата. Это достигается за счет изменения системы мотивации, в результате чего происходит снижение фонда оплаты труда без сокращения или с минимальным сокращением персонала. В этом случае предприятие работает на удержание ценных сотрудников, т.е. сохранение кадрового потенциала, который обеспечит быстрый рост при позитивном развитии экономики.

Другой распространенной стратегией является оптимизация численности персонала. В этом случае необходимо грамотно сократить численность персонала с минимальным риском для предприятия, добившись снижения фонда оплаты труда за счет дифференцированного сокращения при минимальном снижении возможностей предприятия.

Суть реализации стратегии «обновления» заключается в том, что производится замена своих кадров на более профессиональных и квалифицированных, которые появляются на рынке труда. В результате происходит сокращение затрат на персонал – за счет того, что функции, которые раньше выполняли два-три человека средней квалификации, теперь берет на себя один квалифицированный специалист. Работодатель получает существенный выигрыш в результате деятельности за счет повышения профессионализма персонала. Совершенствование методов организации труда, в частности, в аэропорту «Курумоч», позволило сократить время обслуживания самолета (подготовка воздушного судна к полету) с 64 минут на 42 минуты, что позволило использовать вместо 4 бригад обслуживания всего 3. Другим примером улучшения структуры деятельности может служить работа, проделанная авиакомпанией «Аэрофлот». За счет разработки новой структуры деятельности авиаперевозчика авиакомпания сократила в 2009 году до 30% персонала, в основном топ-менеджеров (почти вдвое), обслуживающий персонал по эксплуатации самолета ТУ -154М, на руководящих постах с 23 человек до 15. Конечно, это заметная экономия затрат на персонал, рациональное использование сотрудников, вследствие чего повышение эффективности производства.

Другой долгосрочной стратегией, которая воплощается в рамках оптимизации направлена на создание кадрового резерва: создание базы резюме на будущее, чтобы при изменении тенденций на положительные можно укомплектовать свой штат высококачественными специалистами, которые в стабильное время были недостижимы.

Безусловно, применение той или иной стратегии в кадровой политике зависит от специфики организации, от корпоративной культуры и т.д.

Вторым актуальным направлением увеличить эффективность использования трудовых ресурсов в современном менеджменте является применение совершенных методов мотивации и стимулирования труда. Действительно, чтобы организации достигнуть своих целей, бывает недостаточно создать современную технологию производства товаров и услуг,

набрать квалифицированные кадры и разработать эффективную структуру взаимодействия. Необходимо так организовать труд, чтобы каждый работник прилагал максимум усилий для выполнения поставленных задач, работал эффективно, с интересом, полностью отдаваясь рабочей деятельности. А для этого необходимо создать хорошие условия труда, эффективную систему оплаты, применять новые формы морального стимулирования, учитывать социально-психологические факторы, влияющие на процесс заинтересованности работника.

Конечно, существует много путей, позволяющих улучшить работу организации с позиции управления персоналом, но не существует ни одного универсального пути повышения эффективности работы организации. В любом случае необходимо применять совокупность различных аспектов и направлений.

УДК 656.7.072/.073

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АЭРОПОРТА

Потапов И.В., Романенко В.А., Морозова Е.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Эффективным направлением решения проблемы повышение качества аэропортовых услуг является оптимизация технологических параметров производственных комплексов аэропортов с использованием имитационного компьютерного моделирования, которое в ряде случаев является единственным методом изучения процессов, протекающих в аэропорту.

Имитационное моделирование заключается в разработке компьютерной модели и проведении на ее базе многократных вычислительных экспериментов с сохранением логической структуры процесса функционирования исследуемой системы и последовательности его протекания с учетом воздействия случайных факторов.

Основная производственная деятельность аэропорта заключается в осуществлении технологических процессов обслуживания рейсов воздушных судов (ВС), включающих заданный набор операций, состав, длительность и трудоемкость которых зависит от параметров рейса. Поэтому в качестве единичного прогона модели принимается процесс обслуживания одного рейса.

Имитационная модель технологического процесса наземного обслуживания рейса содержит алгоритм его осуществления, представляющий собой описание последовательности и взаимосвязей входящих в него операций, а также вероятностные модели этих операций, включающие статистические распределения параметров операций (продолжительность, численность привлекаемого персонала, количество используемых технических средств и т.п.).

Имитационное моделирование предполагает использование статистических данных, описывающих эти процессы, причем с увеличением их объема точность и адекватность модели возрастает. Применяемые в аэропортах автоматизированные информационные системы управления производственной деятельностью накапливают в своих базах данные о проведенных технологических операциях, что позволяет их использовать для получения вероятностных параметров моделей. В данной модели использованы данные информационной системы одного из аэропортов Приволжского федерального округа за последние три года, включающие информацию о более чем трестах тысячах произведенных технологических операций. Предварительный анализ выявил наличие некоторой доли некорректных данных, которые были из рассмотрения исключены.

Статистическая модель реализована в современной программной среде Any Logic 6.4.1 Professional, позволяющей наряду с имитацией технологического процесса осуществлять его визуализацию во времени. На рисунке 1 в качестве примера показана диаграмма фрагмента этой модели, описывающая процесс обслуживания прибывающего рейса ВС. Объект Network задаёт транспортную сеть модели и ее свойства, ресурсы (спецтранспорт и места стоянок) и их свойства (тип – движущийся или статический, количество, базовое местоположение и т.д.). Объекты Source моделируют поступление ВС в аэропорт по расписанию, создавая поток требований (рейсов ВС); объекты NetworkEnter помещают требование в сеть; объект NetworkSeize «захватывает» заданное количество ресурсов (технических средств или обслуживающего персонала) для требования; объекты NetworkMoveTo направляет движущиеся ресурсы либо к захваченному ресурсу, либо к определенно заданному узлу; объекты Delay моделируют задержку, связанную с обслуживанием ВС на перроне, задерживая требование на заданное время; объекты NetworkSendTo отсылают захваченные ресурсы к требованию; объекты NetworkRelease моделируют освобождение мест стоянок ВС и других ресурсов; объект SelectOutput направляет входящие требования в один из двух выходных портов; объект NetworkExit удаляет требование из сети; объект Sink уничтожает поступившие требования.

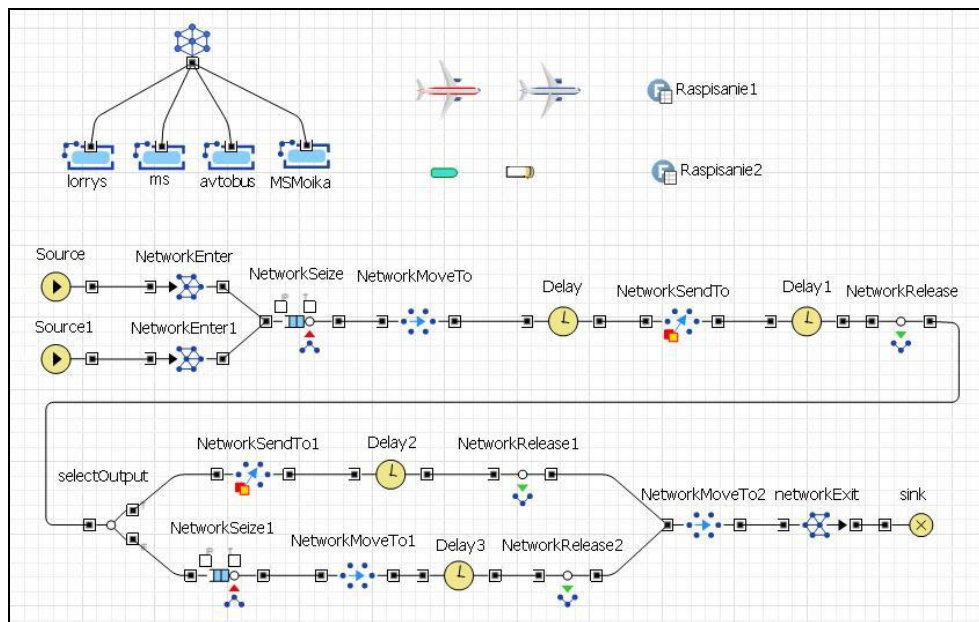


Рисунок 1. Диаграмма фрагмента имитационной модели аэропорта

Данная имитационная модель использовалась при решении задач, связанных с анализом и оптимизацией параметров системы обслуживания перевозок аэропортов. В качестве иллюстрации в таблице приведены некоторые результаты определения минимальной численности технических средств и персонала аэропорта, обеспечивающих выполнение ограничения по качеству обслуживания ВС и пассажиров: длительность ожидания обслуживания с надежностью 0.95 не должна превысить заданную величину $t_{ож}$. Моделирование проводилось для пиковых уровней интенсивности потока ВС, как наблюдавшихся в аэропорту в течение последних лет, так и прогнозных. Входящие потоки рейсов ВС и пассажиров в рассмотренном примере принимались стационарными пуассоновскими. Результаты решения задачи для двух заданных значений $t_{ож}$ сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Минимальная численность обслуживающих средств и персонала

Интенсивность потока, ВС/ч	3		4		5		6		7	
	(факт)		(прогноз)		(прогноз)		(прогноз)		(прогноз)	
$t_{ож}$, мин	10	2	10	2	10	2	10	2	10	2
Транспортеры багажа	8	8	8	9	9	10	10	11	11	11
Трапы	14	14	16	17	18	19	20	21	22	23
Авиатопливозаправщики	6	7	7	8	8	8	8	9	9	10
Багажные карусели	5	6	6	6	6	7	7	8	8	8
Стойки регистрации	12	13	15	15	16	17	18	19	20	21
Бригады технического обслуживания	8	9	10	10	11	11	11	12	13	13
Бригады уборщиков	6	7	7	8	8	8	8	9	9	10

Таким образом, имитационная модель технологических процессов обслуживания перевозок является эффективным инструментом комплексной оптимизации, анализа и прогнозирования параметров производственных комплексов аэропорта как сложной стохастической системы.

УДК 656.7:338; 656.7:658

ПРОБЛЕМА СОВМЕСТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ УЗЛОВОГО АЭРОПОРТА И ВЕЕРНОЙ СХЕМЫ ПЕРЕВОЗОК

Потапов И.В., Романенко В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Система авиаперевозок через узловой аэропорт (хаб) имеет ряд особенностей, одна из которых – «веерное» расписание движения воздушных судов (ВС), предполагающее синхронное прибытие, обслуживание и отправление многих рейсов в узловом аэропорту. Эта особенность требует проведения комплексной оптимизации параметров узловой схемы, состоящей в совместном решении трех задач:

- 1) управления перевозками (расстановки ВС по авиалиниям, привязки рейсов к волнам прибытия-отправления в хабе);
- 2) формирования оптимального расписания волны, минимизирующего время пребывания трансферных пассажиров в хабе;
- 3) оптимизации параметров системы обслуживания перевозок хаба, обеспечивающей необходимый уровень пропускной способности его комплексов при заданном качестве обслуживания и минимуме затрат.

Ниже рассмотрены только те из перечисленных выше задач, на решение которых может оказывать влияние узловой аэропорт, как обеспечивающая подсистема веерной схемы перевозок. Поскольку на практике решение первой задачи является прерогативой авиакомпании, а не аэропорта, то эта задача из указанной совокупности может быть исключена. В этом случае рассматриваемая проблема сводится к задаче многокритериальной оптимизации, формулируемой следующим образом. Необходимо определить параметры веерного расписания и численность аэропортовых средств обслуживания перевозок, обеспечивающие минимум длительности пребывания пассажира в аэропорту и стоимости аэропортового обслуживания при заданных ограничениях по качеству обслуживания.

Под параметрами качества обслуживания понимаются расчетная продолжительность

ожидания обслуживания требованием (ВС, пассажира, места багажа) t_p и надежность обеспечения указанной продолжительности P_p для каждой технологической операции.

Учет ограничений по качеству обслуживания и использование ряда допущений позволяет свести задачу к однокритериальной (критерий – стоимость аэропортового обслуживания), имеющей единственное квазиоптимальное решение.

Попытка непосредственного решения задачи даже в однокритериальной постановке требует неприемлемых затрат машинного времени. Выход состоит в декомпозиции однокритериальной задачи с выделением в ней следующих трех подзадач.

Подзадача 1. Оптимизация расписания по критерию минимума среднего времени пребывания в хабе трансферных пассажиров для фиксированных минимальных значений времени наземного обслуживания ВС и стыковочного времени. Результат решения подзадачи – совокупность значений времени прилетов и вылетов рейсов в хабе.

Подзадача 2. Определение минимального времени наземного обслуживания ВС и минимального стыковочного времени для пар рейсов, характеризующихся различными сочетаниями категорий перевозки, типов выполняющих рейсы ВС и т.п.

Подзадача 3. Определение приближенно-оптимального числа перронных и терминальных средств обслуживания перевозок для полученных в ходе решения двух первых подзадач параметров расписания и временных характеристик хабовых операций. Метод решения подзадачи 1 – математическое программирование; подзадач 2 и 3 – компьютерное моделирование на базе имитационной модели аэропорта.

Алгоритм решения общей задачи носит итеративный характер и предусматривает циклический переход от подзадачи 1 к подзадаче 3 с последующим возвратом к подзадаче 1.

В качестве модельного примера рассмотрена совместная оптимизация параметров узловой схемы перевозок, теоретическая возможность реализации которой существует на базе аэропорта Курумоч. С использованием статистических данных по трансферным пассажиропотокам аэропорта отобраны 10 прямых авиасвязей с городами РФ и ближнего зарубежья, обеспечивающих наибольшее число трансферных пассажиров.

В таблице 1 приведено полученное приближенно-оптимальное число средств обслуживания для различных его этапов. Параметры качества обслуживания одинаковы для всех операций: $t_p = 5$ мин, $P_p = 0.95$.

Таблица 1. Приближенно-оптимальное число средств обслуживания

Средства обслуживания	Число средств
Места стоянки ВС	10
Средства транспортировки багажа	7
Пассажирские трапы	10
Средства транспортировки пассажиров (автобусы)	6
Средства заправки ВС авиатопливом (сервисеры)	7
Средства выдачи багажа (карусели, транспортеры)	8
Стойки регистрации	14
Бригады технического обслуживания ВС	10
Бригады уборки ВС	7
Средства досмотра багажа (интроскопы)	3

Полученные с использованием данных таблицы 1 приближенно-оптимальные моменты времени вылета и прилета самолетов приведены в таблице 2. За начало отсчета здесь принят наиболее ранний момент времени прилета рейса.

Таблица 2. Оптимальные параметры расписания

№ аэропорта отправления	Группа ВС	Категория перевозки	Время прилета, мин	Время вылета, мин	Длительность стоянки, мин
1	2	МВЛ	0	108	108
2	1	МВЛ	19	121	102
3	2	ВВЛ	25	115	90
4	1	МВЛ	19	121	102
5	1	ВВЛ	0	119	119
6	1	ВВЛ	0	118	118
7	1	ВВЛ	25	114	89
8	1	ВВЛ	25	113	88
9	2	ВВЛ	25	110	85
10	1	ВВЛ	0	115	115

Решающее влияние на оптимизируемые параметры веерной схемы перевозок оказывает наличие отклонений прилетов ВС от расписания. Так, учет нерегулярности движения ВС в аэропорту Курумоч приводит к увеличению как среднего времени пребывания трансферных пассажиров в аэропорту (на 15%), так и перронного времени обслуживания ВС (на 14%).

В целом, результаты моделирования свидетельствуют о принципиальной технологической реализуемости полномасштабных трансферных перевозок с использованием в качестве хаба аэропорта с малой или средней пропускной способностью.

УДК 658.5.012.122 : 519.876.5

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСФЕРНЫМИ АВИАПЕРЕВОЗКАМИ НА БАЗЕ НАПРАВЛЕННОГО ХАБА

Потапов И.В., Романенко В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Рассмотрено решение комплекса задач оптимального управления пассажирскими авиаперевозками на базе хаба «направленного» типа путем сведения их к частично целочисленной задаче линейного программирования значительной размерности. Под хабом (узловым аэропортом) понимается аэропорт, выполняющий функции пересадочного узла, на базе которого одна или несколько авиакомпаний формируют маршрутную сеть типа «ось-спицы». Расписание движения воздушных судов (ВС) в пределах рассматриваемой маршрутной сети («веерное расписание») реализует волновой принцип, предполагающий наличие в течение непродолжительного интервала времени большого числа сначала прибывающих в хаб, а затем – отправляющихся из хаба рейсов.

Направленным считается хаб, расположенный между двумя группами периферийных аэропортов на примерно равном от них расстоянии. Маршрутная сеть «ось-спицы» на основе направленного хаба, строится таким образом, чтобы полеты ВС начинались в периферийном аэропорту «по одну сторону» от хаба, а заканчивались – «по другую сторону» от него.

Оптимизация управления трансферными авиаперевозками на базе направленного хаба требует совместного решения следующих оптимизационных подзадач:

1) расстановки ВС по авиалиниям с учетом величин прямых и трансферных пассажиропотоков;

2) определения числа рейсов, выполняемых ВС в течение недели;

3) распределения рейсов по интервалам времени, соответствующим волнам их прибытий-отправлений в хабе.

Задача оптимизации управления перевозками на базе хаба, охватывающая перечисленные подзадачи, формулируется следующим образом. С учетом уровня спроса на прямые и трансферные перевозки на заданной сети авиалиний «ось-спицы» распределить по рейсам имеющиеся в наличии ВС нескольких типов, сформировать их графики оборота на основе веерного расписания хаба, обеспечив максимальную суммарную прибыль от выполнения транспортных операций.

Для решения поставленной задачи используются методы математического программирования. В накладываемых на задачу ограничениях выделяются две группы, первая из которых связана с числом пассажиров различных категорий, обслуживаемых в хабе, а вторая – с требованиями, предъявляемыми к маршруту движения ВС в рамках веерного расписания и частотам перевозки.

В первую группу входят ограничения на:

- суммарное число пассажиров, следующих через хаб из нескольких аэропортов, отправленных из хаба одним рейсом на определенном ВС в течение определенной волны;
- суммарное число пассажиров, следующих через хаб в несколько аэропортов, прибывших в хаб одним рейсом на определенном ВС в течение определенной волны;
- суммарное число начальных, конечных и трансферных пассажиров хаба;
- равенство отправок и прибытий трансферных пассажиров в хабе на определенной трансферной авиасвязи в течение одной волны.

Вторая группа содержит ограничения на:

- минимальное недельное число рейсов на авиасвязи «хаб – определенный периферийный аэропорт»;
- минимальную недельную частоту перевозки на трансферной авиасвязи «периферийный аэропорт А – хаб – периферийный аэропорт В».

Помимо перечисленных ограничений, вторая группа включает условия:

- отсутствия в маршруте ВС разрывов и прямых участков, связывающих два периферийных аэропорта
- совпадения пункта начала и конца маршрута движения ВС.

В качестве модельного примера рассмотрена система трансферных перевозок, сформированная на основе направленного хаба, прообразом которого служит аэропорт Храброво (г.Калининград, РФ). На базе указанного аэропорта авиакомпанией «КДавиа» в 2007-2009 гг. выполнялись массовые пассажирские трансферные перевозки между аэропортами РФ и Западной Европы. В модельном примере использованы скорректированные данные о распределении пассажиропотоков аэропорта и стоимостные характеристики авиарейсов по основным авиасвязям. Рассмотрены возможности использования авиапарка в составе ВС, способных выполнять не менее двух парных рейсов в любой из периферийных аэропортов в течение суток.

Пример недельного графика оборота четырех ВС, сформированного в результате решения задачи оптимизации приведен в табл.1. Строка таблицы отражает маршрут движения одного ВС в течение недели. Столбец соответствует временному интервалу, в течение которого возможен полет в одном направлении по авиалинии «хаб - периферийный аэропорт». В таблице b – номер ВС, d – номер волны прилетов-вылетов в хабе. Аэропорты РФ обозначены порядковыми номерами 0-5 (номер «0» имеет хаб), зарубежные аэропорты – 6-10.

Таблица 1. Модельный оптимальный график оборота ВС

$d \backslash b$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14															
1	2	0	6	0	1	0	6	0	4	0	6	0	6	0	8	0	5	0	8	0	5	0	10	0	3	0	8	0	2
2	3	0	9	0	3	0	10	0	5	0	4	0	0	0	4	0	1	0	6	0	4	0	10	0	5	0	7	0	3
3	1	0	10	0	5	0	8	0	3	0	7	0	10	0	9	0	4	0	10	0	2	0	6	0	1	0	9	0	1
4	4	0	7	0	2	0	7	0	1	0	7	0	9	0	6	0	3	0	7	0	3	0	7	0	2	0	6	0	4

Решение серии оптимизационных задач для различных сочетаний исходных данных позволило оценить влияние на целевую функцию таких факторов как уровень потенциального спроса, величина авиатарифов, наличие ограничений на минимальные частоты перевозки, численность и состав авиапарка и др. Оптимизация численности и состава парка ВС по критерию максимума операционной прибыли обеспечила увеличение прибыли в модельном примере на 29%. При этом коэффициент занятости возрос до 93%, доля «перевезенных» пассажиров составила около 81% от потенциального спроса, а доля трансферного пассажиропотока снизилась до 19% от общего пассажиропотока. Результатом решения рассмотренной задачи явилась также серия оценок влияния планового уровня рентабельности, задаваемого перевозчиком при расчете тарифов, на целевую функцию (прибыль), а также на такие значимые параметры системы перевозок как недельное число рейсов, коэффициент занятости мест, доля трансферных пассажиров в общем пассажиропотоке хаба и др. Программным средством реализации описанной выше оптимизационной модели послужил пакет IBM ILOG OPL, использование которого даже на типовых ПЭВМ не приводило к чрезмерным затратам машинного времени. Описанная методика решения рассмотренной задачи, являющейся одной из составных частей общей проблемы совместной оптимизации параметров трансферной схемы перевозок и узлового аэропорта, позволяет сформировать сквозной алгоритм разрешения указанной проблемы.

УДК 55.49.81

МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИБОРНОЙ ПАНЕЛИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Сафин А.И., Макарьянц Г.М., Вякин В.Н., Иголкин А.А., Крючков А.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Сотовая конструкция (СК) – это многослойная конструкция, состоящая из двух обшивок — несущих слоев (А), соединённых сотовым наполнителем (В) и окантованных по периметру элементами каркаса. Название «сотовый» наполнитель получил за наиболее распространённую шестигранную структуру, сходную с пчелиными сотами (Рисунок 1). СК применяются, в основном в авиа - и ракетостроении и предназначены для восприятия и передачи распределённых нагрузок, действующих на элементы конструкции летательного аппарата. СК выполняет также и специальные функции: звукоизоляционные, демпфирующие, теплозащитные, радиопрозрачные, аэродинамические. СК используются для изготовления обтекателя ракеты-носителя (РН), приборных панелей космического аппарата (КА).

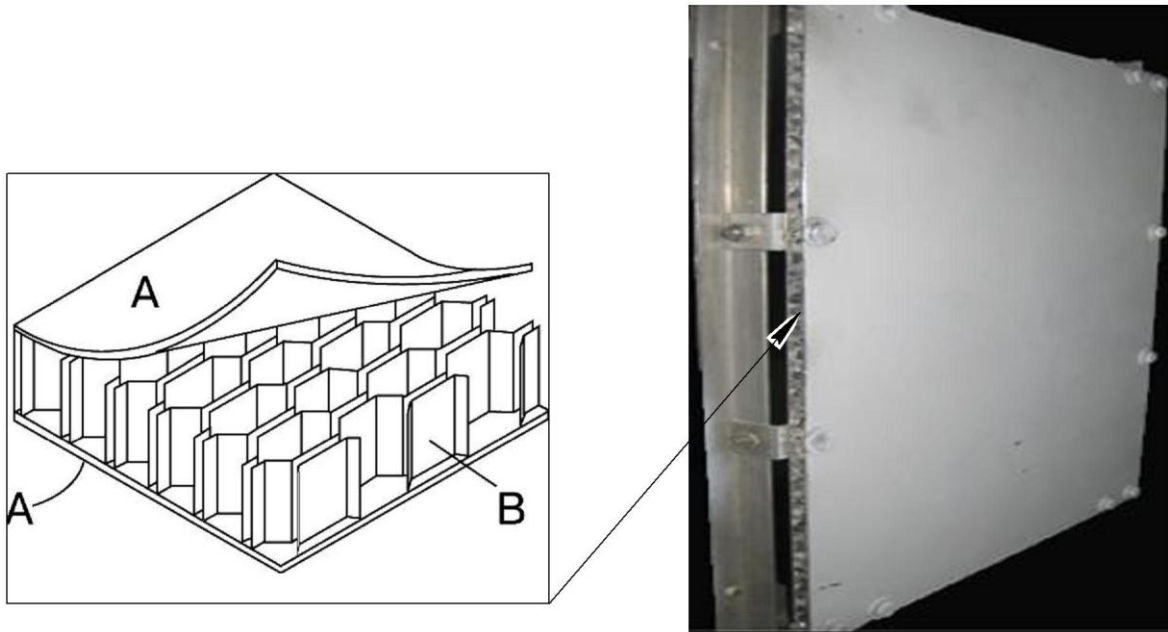


Рисунок 1. Фрагмент сотовой конструкции приборной панели КА

Принципы работы СК: при нагружении жёсткий на сдвиг и лёгкий сотовый наполнитель воспринимает поперечный сдвиг и предохраняет тонкие несущие слои от потери устойчивости при продольном сжатии, обеспечивая в то же время их совместную работу. Несущие слои воспринимают растяжение-сжатие, сдвиг в плоскости слоев и поперечный изгиб и предохраняют от внешнего воздействия сотовый наполнитель. Такое взаимодействие элементов СК обеспечивает большую жёсткость и высокую несущую способность СК, повышенную звукоизоляцию при малой массе.

На взлете РН испытывает повышенные виброакустические нагрузки, источником которых, в первую очередь, являются ракетные двигатели [1]. Колебания передаются на КА как по воздуху, так и по конструкции РН и оказывают негативное воздействие на приборы и аппаратуру. В качестве мероприятий по снижению вибрации используются различные вибродемпфирующие ленты. Знание форм колебаний позволяет инженеру вносить осознанные и экспериментально обоснованные изменения в конструкцию для снижения динамических и усталостных нагрузок [2]. Рационально и эффективно использовать вибродемпфирующие, шумоизоляционные и шумопоглощающие материалы значительно экономя массу изделия. Экспериментальный модальный анализ (рисунок 2) объектов сложной пространственной геометрии позволяет проводить трехкомпонентный лазерный сканирующий виброметр. Другое использование бесконтактной лазерной виброметрии – определение вибронапряжений в материале.

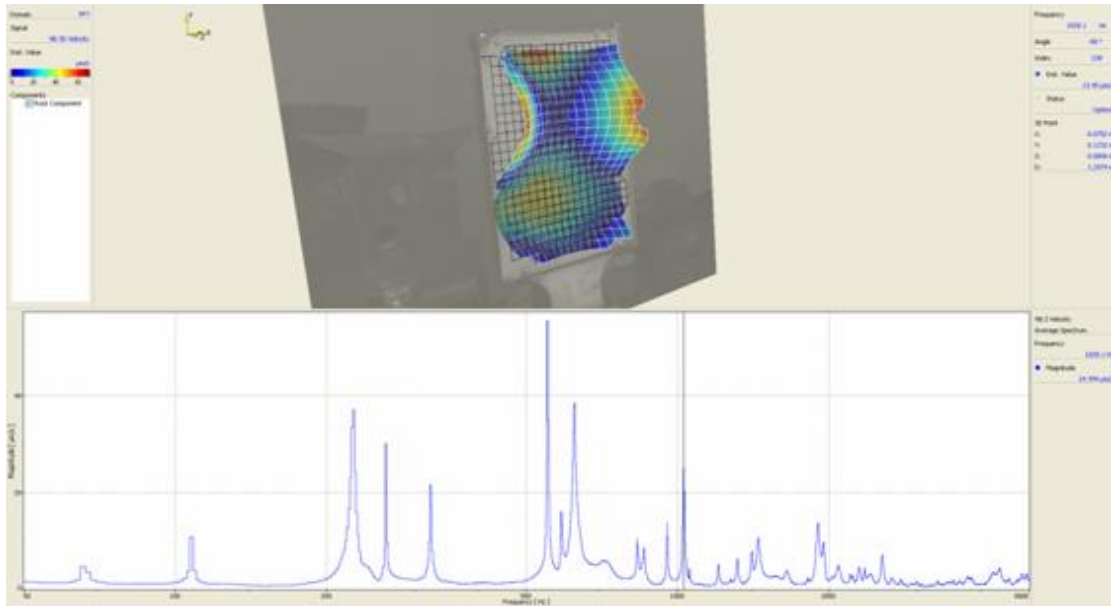


Рисунок 2. Форма собственных колебаний фрагмента приборной панели, частота 1028 Гц

В работе проведён анализ эффективности использования различных типов вибродемпфирующих материалов при снижении вибрации приборной панели КА (рис. 3).

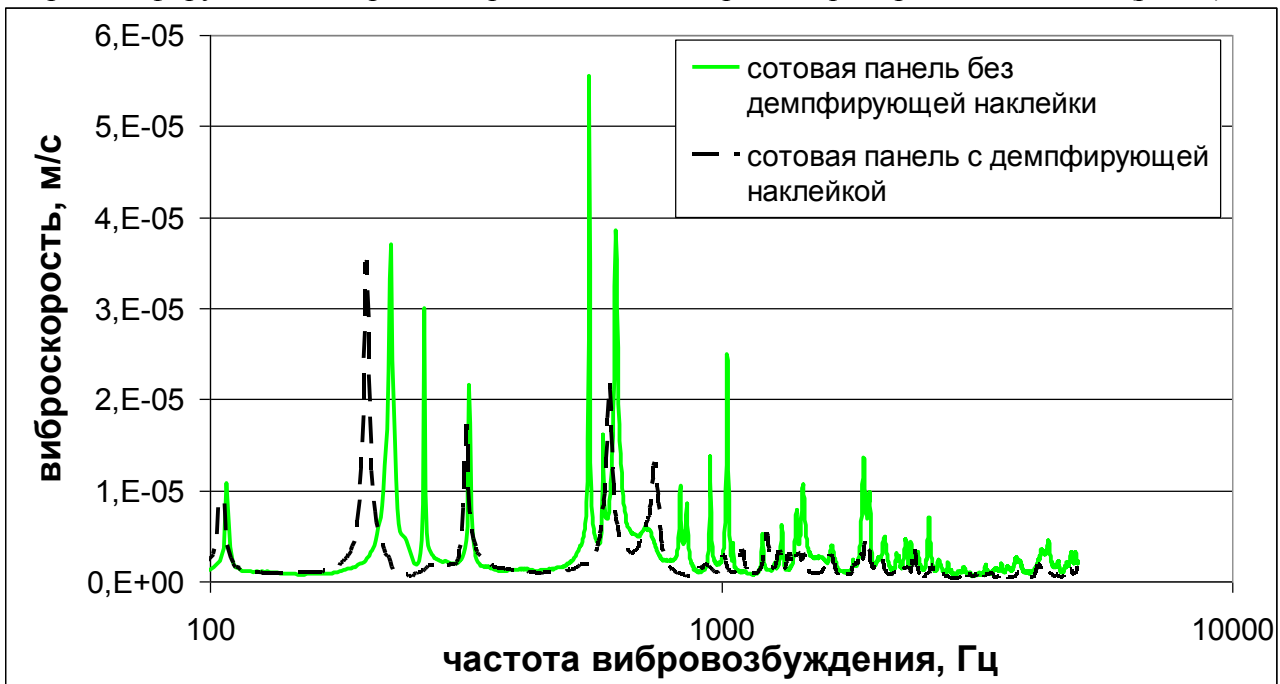


Рисунок 3. Спектрограмма усреднённой по поверхности пластины амплитуды виброскорости

Получена количественная оценка снижения виброскорости, мембранных форм колебаний панели КА при применении на сотовой конструкции демпфирующей наклейки.

Работа выполнена при поддержке министерства образования и науки РФ

Список литературы

1. Иголкин А.А. Снижение шума снегоуборочной установки [Текст] / А.А. Иголкин, А.Н. Крючков, Л.В. Родионов, С.В. Ефанов // Вестник СГАУ, – 2009. - №3(19). - Часть №3 – С. 178-184.
2. Моделирование виброакустических характеристик трубопровода с использованием метода конечных элементов Макарьянц Г.М., Прокофьев А.Б., Шахматов Е.В. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2002, Т.4, №2, с.327-333

УДК 656.1

МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТИРОВКА РАКЕТ СРЕДНЕГО КЛАССА С КОМПОНЕНТАМИ ТОПЛИВА В ГВИАНСКИЙ КОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

Титов Б.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

В 2009-2010 гг. на кафедре организации и управления перевозками на транспорте СГАУ проводилась инициативная научно – исследовательская работа по проблеме доставки ракет среднего класса с компонентами топлива в Гвианский космический центр водно-сухопутным и воздушно – сухопутным транспортом. Проведён анализ и выбор оптимального маршрута транспортирования ракетно–космической техники (РКТ) и компонентов топлива (КТ). Определены комплексы транспортных средств и технологического оборудования для разных видов транспортирования.

Для наземного участка пути при водно-сухопутной транспортировке РКТ выбран железнодорожный транспорт, так как на железных дорогах имеет место сравнительно небольшая себестоимость перевозок и высокая скорость доставки грузов. Морской участок пути предполагается преодолевать на грузовом судне типа «Ро-Ро» с безкрановой погрузкой-выгрузкой, что значительно снижает себестоимость транспортировки.

Наличие в российском парке сертифицированных гражданских самолетов Ан-124-100 «Руслан» предоставляет широкие возможности для перевозки по воздуху сверхтяжёлых и крупногабаритных грузов, которые ранее могли быть перевезены только морем.

При воздушно-сухопутной транспортировке доставку до аэропорта отправления в г. Самаре предполагается осуществлять автомобильным транспортом, так как перевозка грузов по железной дороге на относительно малые расстояния экономически менее выгодна, чем на большие, что объясняется высоким удельным весом расходов, не зависящих от дальности перевозок и удорожающих их себестоимость на коротких расстояниях (сюда относятся расходы на начальные операции, подачу вагонов к месту погрузки– выгрузки и уборку их, производство грузовых операций и др.).

В результате проектной проработки было определено, что воздушно–сухопутная транспортировка имеет ряд достоинств по отношению к водно–сухопутной транспортировке:

- отсутствие длительного воздействия морской соли на блоки РКТ в процессе транспортировки, которое приводит к увлажнению и порче груза под воздействием биохимических процессов;
- по продолжительности транспортировки и, следовательно, по продолжительности воздействия транспортных нагрузок на перевозимые блоки РКТ.

Вместе с тем она имеет следующие недостатки:

- воздействие повышенных перегрузок на контейнеры с блоками РКТ, а также перепадов давлений на внутренние и внешние поверхности герметичных отсеков блоков РКТ;
- ограниченные транспортные возможности варианта в связи с невозможностью доставки воздушным транспортом компонентов топлива, являющихся слишком опасным для перевозки на борту самолёта.

Высокие эксплуатационные затраты. Суммарные затраты на воздушно– сухопутную транспортировку РКТ в Гвианский космический центр на 350% выше суммарных затрат на водно-сухопутную транспортировку. Кроме этого, могут потребоваться финансовые затраты на внедрение дополнительных мер, обеспечивающих безопасную авиатранспортировку элементов РКТ.

Воздушный транспорт–объективно более дорогой вид транспорта. Однако при большом количестве пусковых кампаний скорость доставки является определяющим фактором. В проекте «Союз–СТ в Гвиане» предполагается осуществить 50 пусков за 15 лет,

что соответствует количеству доставок РКТ на космодром в размере 3–4 комплектов в год. При таких условиях доставка РКТ по воздушно–сухопутному варианту неприемлема. Результаты расчетов показывают на целесообразность и экономическую выгоду водно–сухопутной транспортировки ракет среднего класса, комплектующих и компонентов топлива в Гвианский космический центр.

УДК 621.6 (075)

РАСЧЕТ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АВИАЦИОННЫХ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПО БАЗОВЫМ КОНТАКТНЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ

Жильников Е.П., Мурашкин В.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара
ОАО «Завод авиационных подшипников», г. Самара

Стандартные методы расчета подшипников качения основаны на предложенной А. Пальмгреном кривой контактной выносливости.

Однако расчет долговечности подшипника по приведенным динамическим нагрузкам не позволяет учесть реальные условия эксплуатации подшипников в изделиях авиационной техники. К ним относятся реальные значения рабочих диаметральных зазоров, перекосы колец подшипника, деформации тонкостенных деталей подшипниковых узлов и специальные профили рабочих поверхностей подшипников. В этой связи расчет долговечности авиационных подшипников целесообразно выполнять по контактным напряжениям.

Для выполнения расчетов долговечности подшипников по контактным напряжениям необходимо знание характеристик кривой контактной выносливости подшипниковых материалов.

В качестве базового примем напряжение при $N_u = 10^7$. Тогда уравнение кривой выносливости можем представить в виде: $N_u \sigma_E^{m_h} = 10^7 \sigma_{\sigma}^{m_h}$.

Здесь N_u - число циклов изменения напряжений, m_h - экспериментальный показатель степени.

Расчеты для стандартных радиальных однорядных шариковых подшипников с использованием значений динамической грузоподъёмности дают значения базовых контактных напряжений $\sigma_{\sigma} = 2443 \dots 4036 \text{ МПа}$.

Необходимо отметить, что при определении величин динамической грузоподъёмности роликовых подшипников вводится понижающий коэффициент, учитывающий кромочные эффекты в распределении напряжений по длине ролика. Без учета указанного понижающего коэффициента значения базовых контактных напряжений для роликовых подшипников могут достигать 3005...3470 МПа.

Полученные значения позволяют выполнять расчет долговечности подшипников при любых условиях вращения, а также перекосе колец.

Фирма *SKF* нагрузку, соответствующую пределу выносливости включила в каталог своих подшипников. Эта нагрузка пропорциональна величине статической грузоподъёмности подшипника.

Расчеты с учетом данных по статической грузоподъёмности стандартных роликовых подшипников дают значения: $\sigma_{\text{lim}} = 729 \dots 1019 \text{ МПа}$.

Расчеты для стандартных шариковых подшипников дают значения:

$$\sigma_{\text{lim } \epsilon} = 891 \dots 1269 \text{ МПа}$$

Значения эквивалентных напряжений определяются по формулам:

$$\sigma_{E\epsilon} = m_{\epsilon} \sqrt{\frac{1}{z} \cdot \sum_{i=1}^z \left(\frac{m_{\epsilon}^{m_{\epsilon}}}{\phi_{\epsilon i}} \right)} - \text{ для вращающихся колец};$$

$$\sigma_{E\eta} = m_{\eta} \sqrt{\frac{1}{z} \cdot \sum_{i=1}^z \left(\frac{m_{\eta}^{m_{\eta}}}{\phi_{\eta i}} \right)} - \text{ для не вращающихся колец}.$$

Здесь показатели степеней для вращающихся и не вращающихся колец определяются на основе экспериментальных исследований.

При суммировании напряжений по приведенным формулам исключаются напряжения меньше напряжений, соответствующих пределу контактной выносливости: $\sigma_{\epsilon i} < \sigma_{\text{lim } \epsilon}$ и $\sigma_{\eta i} < \sigma_{\text{lim } \eta}$.

Здесь: $\sigma_{\epsilon i}, \sigma_{\eta i}$ - напряжения в контактах роликов с внутренним и наружным кольцами; $\phi_{\epsilon i}, \phi_{\eta i}$ - коэффициенты, зависящие от толщин смазочных слоев в контактах.

С использованием уравнения кривой выносливости число циклов изменения напряжений до разрушения каждого из колец и долговечность их по выкрашиванию $L_{h\epsilon}$ и $L_{h\eta}$

Долговечность подшипника с учетом вероятности разрушения любого из колец определим по формуле: $L_h = \left(\frac{1}{L_{h\epsilon}^{-1,11} + L_{h\eta}^{-1,11}} \right)^{0,9}$.

Если подшипник работает при ступенчато изменяющихся режимах, при изменении в которых ступенчато изменяются нагрузки и частота вращения, эквивалентная долговечность определяется по формуле:

$$L_h = \left(\sum_{j=1}^J \frac{t_j}{t_h} \left(\frac{t_j}{t_h} \right)^{\geq 1} \right)^{-1}$$

Здесь: J - число режимов работы; t_j/t_h - относительная продолжительность работы на j -том режиме; L_{hj} - расчетная долговечность на j -том режиме.

При этом долговечность L_{hj} на j -том режиме должна определяться с учетом условий смазывания на этом режиме и влияния центробежных сил.

Приводятся примеры расчета высокоскоростных роликовых подшипников при перекосах колец.

СЕКЦИЯ 6

ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

УДК 629.78.05

МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ С СИСТЕМОЙ ОРИЕНТАЦИИ НА ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТАХ ТОПЛИВА

Кольцов И.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время разработка малых космических аппаратов (МКА) является одним из приоритетных направлений развития ракетно-космической техники ввиду многих преимуществ, в том числе ценовой привлекательности. Отсюда вытекает возможность применения МКА в различных областях (метеорология, телекоммуникация и т. д.).

Одним из вариантов исполнения двигательной установки (ДУ) для МКА предлагается кислородно-водородная ДУ на основе электролиза воды и двигателей малой тяги на газовом топливе (ДМТГТ), обладающими некоторыми преимуществами, такими как малый импульс последствия (отсюда высокая точность ориентации МКА на навигационный ориентир), использование более высокоэнергетического топлива, экологичность и др.

В качестве исходных данных примем следующие значения:

- суммарный импульс тяги – $\sim 7,25 \cdot 10^5$ Нс;
- время активного функционирования МКА – ~ 5 лет;
- масса КА – $\sim 1,5$ т;
- число (тяги) ДМТГТ коррекции – 4 (100 Н);
- число (тяги) ДМТГТ ориентации – 12 (5 Н);
- удельный импульс тяги ДМТГТ коррекции – 2950 м/с;
- удельный импульс тяги ДМТГТ ориентации – 2500 м/с.

Рассматриваются пять основных рабочих манёвров МКА: манёвр довыведения с исходной опорной орбиты на заданную рабочую орбиту, манёвр поддержания параметров рабочей орбиты, манёвр изменения наклона рабочей орбиты, манёвр поддержания заданной ориентации за фиксированное время, манёвр затопления МКА в заданном районе Мирового океана. Манёвр довыведения представляет собой Гомановский переход с опорной (высота 320 км) на расчётную (800 км) орбиту, если принять допущение о том, что эти орбиты являются круговыми и компланарными. Расчёты показывают, что затраты на совершение этого манёвра составят $3,925 \cdot 10^5$ Нс, что составляет 54,2% от суммарного импульса тяги. Поддержание параметров рабочей орбиты, в принципе, является тем же Гомановским переходом, однако в силу малости возмущений (главным образом, это аэродинамическое сопротивление) такая коррекция оказывается необязательной, поскольку изменение рабочей высоты за время активного существования МКА составит около 50 м.

Проведённые расчёты показывают, что затраты на изменение наклона рабочей орбиты оказываются весьма значительными для представленного класса МКА (500...1500 кг) вплоть до превышения 100%-го рубежа, поэтому необходимо чётко устанавливать пределы изменения величины наклона для каждого проектируемого аппарата.

Одним из важнейших манёвров является затопление МКА, схема которого заключается в том, что аппарат переводится с рабочей орбиты на границу эффективной атмосферы $H=100$ км, и далее осуществляется его вход в плотные слои атмосферы и затем затопление в заданном районе мирового океана. Расчёты показывают, что затраты на данный манёвр составят около 0,7% от располагаемого импульса тяги. Рассмотрение МКА с ДУ на газовом топливе показывает, что этот аппарат весьма перспективен по своим характеристикам и способности к выполнению широкого спектра задач. Необходимы дальнейшая проработка схемы системы ориентации, учёт различных видов возмущений МКА при движении по рабочей орбите.

УДК 621.432

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ БЛОКОВ РАСЧЕТА В СРЕДЕ КДАМ ДЛЯ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ИЛИ ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА УСТРОЙСТВ И МЕХАНИЗМОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Косенок Б.Б.

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Для исследования кинематики и динамики рычажных механизмов на кафедре основ конструирования машин (ОКМ) Самарского государственного аэрокосмического университета в течении нескольких лет разрабатывается программный комплекс Кинематического и Динамического Анализа Механизма (КДАМ). В его основе лежит метод векторных модульных моделей, который за счет своей универсальности и достаточной всеобъемлемости используется при проектировании различных механизмов.

На базе КДАМ-а отлажен алгоритм формирования специализированных программных блоков, предназначенных для решения конкретных узких задач, как предваряющих расчеты в самом КДАМ-е, так и использующих возможности векторного моделирования в КДАМ-е, для получения исходных данных и проведения собственных расчетов. Использование таких блоков позволяет сочетать универсальность, простоту и гибкость формирования векторных моделей с необходимостью проведения специализированных расчетов, потребных для того или иного агрегата или механизма.

Так например, для подбора параметров механизма управления створками сопла реактивного двигателя важно проанализировать кинематику и динамику создаваемого механизма ещё на этапе эскизного проектирования и желательно, чтобы этот расчет был автоматизирован для получения возможности просчета различных вариантов динамики в короткий промежуток времени. Поэтому в программном пакете КДАМ был создан блок «Расчет закона движения сопла» позволяющих вводить закон изменения хода ведущего звена(поршня), его скорости и ускорения по гармоническому закону.

В содружестве с Институтом акустики машин СГАУ создан блок расчета объемных характеристик шестеренных насосов, позволяющих использовать векторные модели для описания геометрии зацепления. Простота модели и возможность быстро перенастраивать модель, под необходимые задачи, дает большие преимущества перед альтернативными подходами.

Блок расчета индикаторной диаграммы двигателей внутреннего сгорания позволяет рассчитывать до 4-х индикаторных диаграмм одновременно. Алгоритм расчета включает в себя блок привязки к векторной модели заложенной в КДАМе, двумя вариантами. 1-й вполне подходящий для классических схем кривошипно-ползунного механизма с классической индикаторной диаграммой. 2-ой вариант, позволяет рассчитывать индикаторную диаграмму на основании расчета объема рабочей камеры и поэтому пригоден для расчета, как различных существующих, так и перспективных двигателей внутреннего сгорания. Также создан блок расчета параметров поршневых компрессоров.

Важным специализированным блоком является, и блок параметрического синтеза позволяющий оптимизировать, как кинематические, так и динамические параметры моделируемых механизмов, с использованием в качестве критериев оптимизации кинематические и динамические параметры модели.

Программный комплекс КДАМ имеет свободно распространяемую версию, дополненную большинством из перечисленным блоками, что в совокупности с простотой реализации, позволяет успешно применять его для выполнения широкого спектра инженерных задач.

УДК 621.01

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНТЕЗА ВЕКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕХАНИЗМА УБОРКИ-ВЫПУСКА ПРЕДКРЫЛКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Косенок Б.Б.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Традиционные методы композиции механизмов основаны на следующей последовательности действий:

1. Выбор подходящих (или подобных) структурных схем (на основе опыта, интуиции и справочной литературы).
2. Перебор вариантов кинематических схем для структурных схем п.1, оценка их кинематического совершенства.
3. Динамический синтез вариантов кинематических схем п.2, оценка их динамического совершенства, в случае необходимости расширение многообразия структурных схем п. 1.

Используя векторные модели можно кардинально изменить метод композиции механизмов. Методика композиции – синтеза структурной или кинематической схемы механизмов обеспечивающих требуемую передаточную функцию, на основе векторных моделей, позволяет учитывать, как различные дополнительные ограничения, так и решать различные задачи, используя инвариантность метода векторных моделей.

Ключевые положения предлагаемой методики синтеза векторных модульных моделей механизмов:

1. Целевую функцию можно отобразить векторной моделью, такую модель назовем “идеальной векторной моделью выходного звена”.
2. Возможный закон движения входного звена можно отобразить векторной моделью, такую модель назовем “идеальной векторной моделью входного звена”.
3. Зависимость между “идеальными” векторными моделями входного и выходного звеньев можно отобразить векторной моделью, такую модель назовем “передаточной” векторной моделью между “идеальными” векторными моделями входного и выходного звеньев.
4. Соединенные вместе “идеальные” векторные модели входного и выходного звеньев, и “передаточная” векторная модель являются “общую” векторную модель.
5. Перебор возможных вариантов “общей” векторной модели можно проводить на основе утверждения, что синтезируемые контуры векторной модели являются элементарными векторными модулями, а так как число подобных модулей ограничено (для плоскости четыре, а для пространства двадцать), можно утверждать, что они позволяют описать все возможные функциональные зависимости.
6. Изменение структуры “общей” векторной модели путем модификации связей и типов модулей производится на основе приемов модификации.
7. Окончательная проработка параметров векторной модели, анализ и решение о последующих итерациях синтеза векторных моделей можно решать на основе параметрического синтеза, аналогичному типовому параметрическому синтезу механизма.

Создан целый набор приемов модификации структуры векторной модели, некоторые из которых приведены на практическом примере синтеза векторной модели механизма уборки-выпуска предкрылка крыла летательного аппарата, на который было получено авторское свидетельство, подтверждающее новизну и полезность данной схемы. Синтез векторных моделей позволяет в отличие от параметрического синтеза целенаправленно и кардинально менять структуру механизма, позволяя рассматривать множество вариантов решений одной задачи и выбирать наиболее оптимальную структуру для данных условий и конструктивного воплощения.

УДК 629.78

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКТНОГО ОБЛИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ МЕЖПЛАНЕТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Курочкин Д.В., Старинова О.Л.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Современные проекты автоматических космических аппаратов (КА) конкурируют друг с другом по ряду критериев. Предпочтение отдается многоцелевым автоматическим межпланетным КА, способным выполнять различные цели. Это усложняет проектно-баллистическую оптимизацию перелетов и КА, но позволяет повысить эффективность межпланетных миссий в целом. Проектно-баллистическая оптимизация направлена на снижение издержек и достижение максимальной эффективности КА.

Решение задачи проектно-баллистической оптимизации требует формального описания проектного облика и движения КА. Проектный облик КА определяется уравнением баланса масс, которое представляет стартовую массу космического аппарата как сумму масс отдельных функциональных частей. Масса этих частей определяется вектором проектных параметров КА и длительностью работы двигателей, необходимой для выполнения целевой задачи.

Баллистическая часть задачи оптимизации сводится к определению оптимальных законов управления и соответствующих им траекторий движения, доставляющих минимум суммарному моторному времени перелета. Проектная часть задачи оптимизации сводится к определению оптимального вектора проектных параметров, обеспечивающего минимум стартовой массы КА.

В соответствии с методикой проектно-баллистической оптимизации межпланетных миссий [1] был разработан программный комплекс, осуществляющий расчет оптимальных баллистических схем перелетов, проектных параметров КА и отображение полученного проектного облика КА.

Программный комплекс реализован в среде программирования Delphi 7 с использованием среды Solid Works 2001. На рисунке 1 приводится укрупненный алгоритм работы комплекса.



Рисунок 1. Укрупненный алгоритм работы программного комплекса

Программный комплекс позволяет:

- 1) последовательно проводить баллистическое моделирование и оптимизацию межпланетных миссий КА;
- 2) определять оптимальные проектные параметры и подбирать тип двигательных установок и систем энергоснабжения КА из встроенной базы данных;
- 3) рассчитывать массогабаритные параметры систем КА и отображать упрощенный проектный облик КА с помощью библиотеки графических примитивов.

Результаты проектно-баллистической оптимизации миссии Земля-Юпитер показаны на рисунках 2-3. На рисунке 2 представлены результаты баллистической оптимизации миссии Земля-Юпитер осуществляемой КА с двигателем малой тяги и солнечной энергетической установкой. Процедура баллистической оптимизации проводилась с учетом возможности совершения гравитационных маневров в сферах действия промежуточных планет. Было показано, что оптимальной баллистической схемой является перелет Земля-Венера-Юпитер.

Для данной баллистической схемы была проведена оптимизация проектных параметров КА и выбрана энергодвигательная установка из числа реально существующих двигателей (СПД-140). Найденные параметры систем КА позволяют приблизительно вычислить массы и геометрические размеры этих систем. Геометрические параметры систем КА рассчитываются исходя из их представления в виде объемных примитивов. Полученный упрощенный проектный облик КА показан на рисунке 3. Различные вспомогательные системы, системы крепления, датчики, элементы радиолокационного оборудования не моделировались.

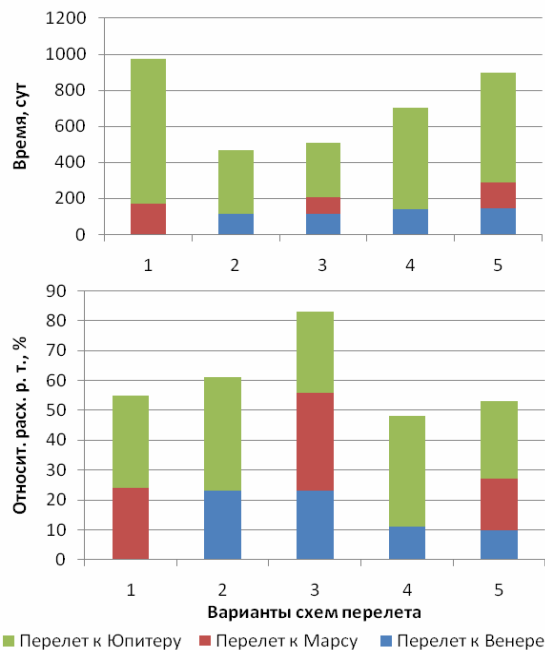


Рисунок 2. Результаты баллистической оптимизации миссии Земля-Юпитер с использованием гравитационных маневров

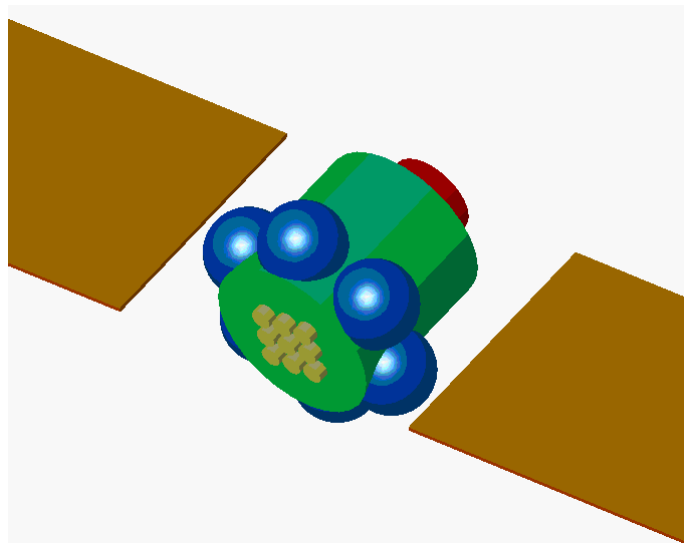


Рисунок 3. Результат упрощенного отображения проектного облика КА с солнечной энергодвигательной установкой малой тяги для перелета к Юпитеру

Разработанные методика и технология проектирования позволяют автоматизировать и ускорить процесс поиска оптимальных параметров межпланетных миссий, создать общее представление о соотношении габаритных размеров и взаиморасположении систем КА, отработать алгоритм автоматического расчета массогабаритных параметров и визуализации по результатам проектно-баллистической оптимизации.

Список источников

1. Старинова, О.Л. Расчет межпланетных перелетов космических аппаратов с малой тягой [Текст]. – Самара: Изд-во Самара. научного центра РАН, 2007. – 196 с.

УДК 629.7.015.4

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА ДАВЛЕНИЯ В ТОПЛИВНЫХ БАКАХ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ, ЗАКРЕПЛЕННОЙ НА ДНИЩЕ БАКА

Пересыпкин К.В., Пересыпкин В.П., Каргин Н.Т.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Жесткость крепления двигательной установки (ДУ) – важный параметр ракетного блока, влияющий на работу системы управления и на прочность конструкции при динамических воздействиях. В связи с этим на жесткость крепления ДУ накладывается проектное ограничение, которое часто формулируется на основе частоты нижнего тона собственных колебаний ДУ на жесткости крепления к корпусу ракеты-носителя. В ряде ракет-носителей ДУ крепится на днище нижнего топливного бака (рис.1). Для проектов ракет-носителей с таким креплением ДУ необходимо проводить расчеты собственных колебаний ДУ на жесткостях пилона ДУ и днища топливного бака. Моделирование собственных колебаний целесообразно выполнять численно, поскольку эта конструкция представляет собой сложную пространственную систему, не поддающуюся идеализации до уровня простых аналитических моделей. В этой работе моделирование выполняется методом конечных элементов с помощью комплекса программ MSC.MD Nastran.

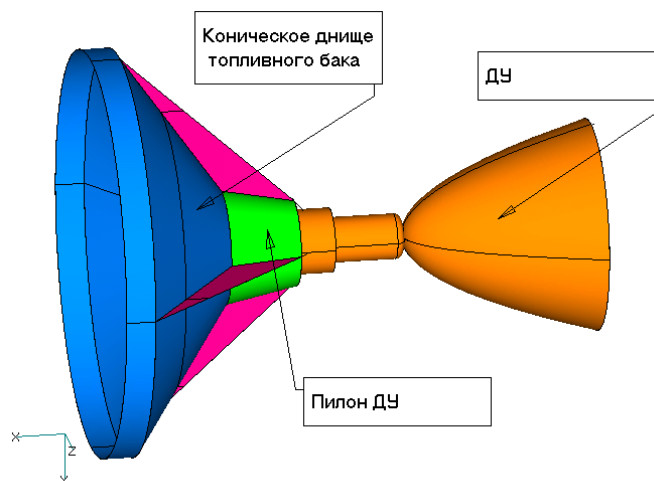


Рисунок 1. Пример крепления ДУ на днище топливного бака

В полете на днище бака действует давление со стороны топлива. Эта нагрузка может изменить геометрию днища топливного бака и следовательно его жесткость. Кроме того, напряжения в днище, обусловленные давлением, и без изменения геометрии могут изменить частоты собственных колебаний, как это происходит при натяжении струны. С этой точки зрения давление внутри бака должно быть учтено.

С другой стороны, учет давления приведет к усложнению расчетных работ, поскольку расчет собственных колебаний должен проводиться для преднагруженного состояния конструкции, полученного в ходе нелинейного статического анализа. Это потребует привлечения расчетчика с высокой квалификацией. Кроме того, давление в баке может меняться от одного расчетного случая к другому, что усложнит проектные работы. С этой точки зрения хотелось бы избежать учета давления при расчете собственных колебаний ДУ.

Для оценки того насколько необходим в этой задаче учет давления, в этой работе выполнено исследование влияния давления в топливном баке на примере конструкции крепления ДУ топологически похожей на конструкцию одной из ракет-носителей среднего

класса, разрабатываемых на предприятии ГНПРКЦ “ЦСКБ-Прогресс”. Диаметр ракетного блока в этом примере взят около 3 м, а величина внутрибакового давления 5 атм. Использовалась конечно-элементная программа MSC.Marc, позволяющая решать задачи с большой нелинейностью.

Формы колебаний с учетом и без учета внутреннего давления представлены на рисунках 2 и 3. При учете давления нижняя собственная частота увеличилась с 9,01 Гц до 9,43 Гц.

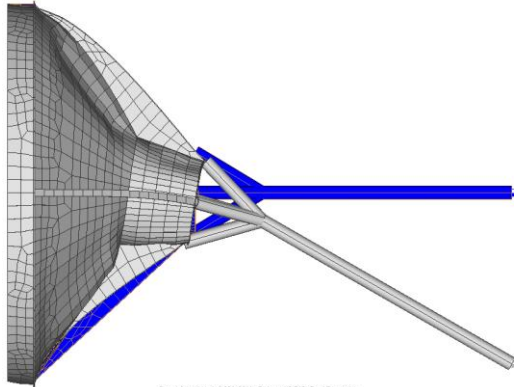


Рисунок 2. Первая форма собственных колебаний ДУ на жесткости днища бака без учета избыточного давления внутри бака. Собственная частота 9,01 Гц

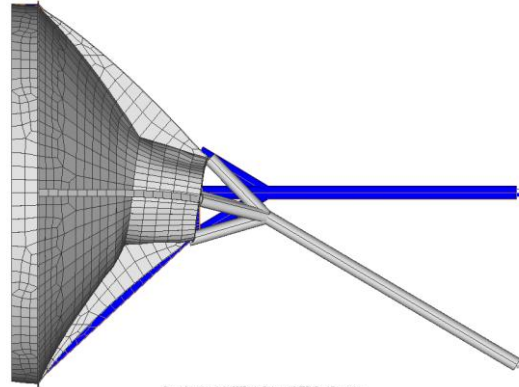


Рисунок 3. Первая форма собственных колебаний ДУ на жесткости днища бака с учетом избыточного давления внутри бака. Собственная частота 9,43 Гц

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Учет внутрибакового давления привел к изменению частоты нижнего тона собственных колебаний ДУ в пределах 5%.
2. Если принять допущение о том, что внутрибаковое давление не влияет на частоты собственных колебаний ДУ, то с точки зрения ограничения крепления на жесткость ДУ это допущение будет являться допущением в запас.

Таким образом, при расчете собственных колебаний ДУ для конструкции, подобной рассмотренной в этой работе, учет внутрибакового давления необязателен.

УДК 629.785

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИИ СВЕРХЗВУКОВОГО САМОЛЁТА КАК ПЕРВОЙ СТУПЕНИ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Потапов В.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Для запуска на околоземные орбиты малых спутников массой до 150 кг возможно использование двухступенчатой авиационно-космической системы, первой ступенью которой является сверхзвуковой самолёт-носитель (СН). В качестве сверхзвукового самолёта-носителя может использоваться существующий сверхзвуковой истребитель МиГ-31.

Поскольку при запуске ракеты-носителя желательно иметь максимальную скорость СН, то рассматривалась задача о максимуме скорости на пассивном участке движения при заданном положительном угле наклона траектории и нефиксированной высоте.

При исследовании движения рассматривалось два участка: активный (с работающей силовой установкой - СУ и силой тяги) и пассивный (с выключенной СУ и отсутствием силы тяги).

На активном участке СН из режима горизонтального полёта начинает криволинейный набор высоты. Управляющим параметром является нормальная скоростная перегрузка n_{ya} . Активный участок продолжается до тех пор, пока не будет достигнута предельная высота работы СУ, составляющая 21 км. После выключения СУ наступает пассивный участок, на котором движение определяется программой управления $C_{ya}(t)$ - зависимостью коэффициента аэродинамической подъёмной силы C_{ya} от времени t .

С использованием формализма принципа максимума была определена структура номинальной программы управления, которая предполагает сначала полёт с максимальным значением коэффициента подъёмной силы, а потом его резкое снижение до минимального значения. В качестве более простой номинальной программы берётся двухступенчатая программа управления коэффициентом подъёмной силы.

Начальное значение коэффициента C_{ya1} принимается равным значению, соответствующему окончанию активного участка движения. Конечное значение коэффициента C_{ya2} принимается равным нулю.

Конечные условия движения на активном участке, определяющие начальные условия пассивного участка (скорость V_n , угол наклона траектории θ_n и высота h_n), приведены в таблице 1.

Таблица 1. Конечные условия движения на активном участке и коэффициент подъёмной силы

n_{ya}	2	3	4	5
$\theta, \text{град}$	20,5	32,2	37,4	39,2
$V, \text{м/с}$	661	556	480	446
C_{ya}	0,6	1,0	1,0	1,0

Варьируя время переключения t_{II} от начального времени пассивного участка движения $t_n = 0$ до конечного времени t_k , соответствующего достижению заданного значения конечного угла наклона траектории θ_k , можно определить диапазон достижимых конечных скоростей V_k и соответствующих им высот h_k .

Результаты моделирования движения с номинальной программой управления приведены на рисунках 1 и 2. Показаны зависимости конечной высоты h_k и конечной скорости V_k от времени переключения t_{II} для различных значений перегрузки n_{ya} и для конечных значений угла наклона траектории $\theta_k = 20^\circ$ и $\theta_k = 30^\circ$, соответственно.

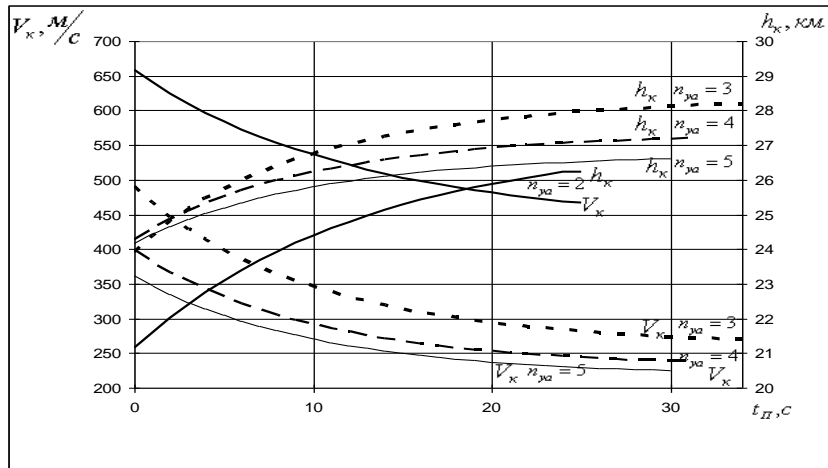


Рисунок 1. Зависимости h_k, V_k от t для $n_{ya} = 2, 3, 4, 5$ при $\theta_k = 20^\circ$

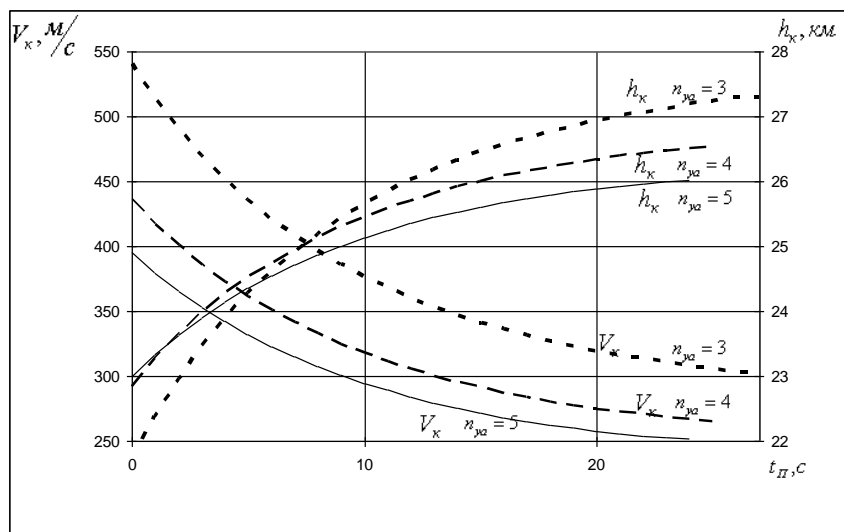


Рисунок 2. Зависимости h_k, V_k от t для $n_{ya} = 3, 4, 5$ при $\theta_k = 30^\circ$

Для конечного значения угла наклона траектории $\theta_k = 20^\circ$ (рис. 1) достижимые условия запуска второй (ракетной) ступени характеризуются диапазоном максимальной конечной скорости от 650 м/с при конечной высоте 21 км ($n_{ya} = 2$) до максимальной конечной высоты 28 км при конечной скорости 270 м/с ($n_{ya} = 3$). Для большего конечного значения угла наклона траектории $\theta_k = 30^\circ$ (рис. 2) максимальная конечная скорость равная 540 м/с при конечной высоте 22 км и максимальная конечная высота равная 27,5 км при конечной скорости 300 м/с соответствует $n_{ya} = 3$.

УДК 656.7:338; 656.7:658

ПРОБЛЕМА СОВМЕСТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ УЗЛОВОГО АЭРОПОРТА И ВЕЕРНОЙ СХЕМЫ ПЕРЕВОЗОК

Потапов И.В., Романенко В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Система авиaperевозок через узловой аэропорт (хаб) имеет ряд особенностей, одна из которых – «веерное» расписание движения воздушных судов (ВС), предполагающее синхронное прибытие, обслуживание и отправление многих рейсов в узловом аэропорту. Эта особенность требует проведения комплексной оптимизации параметров узловой схемы, состоящей в совместном решении трех задач:

- 1) управления перевозками (расстановки ВС по авиалиниям, привязки рейсов к волнам прибытия-отправления в хабе);
- 2) формирования оптимального расписания волны, минимизирующего время пребывания трансферных пассажиров в хабе;
- 3) оптимизации параметров системы обслуживания перевозок хаба, обеспечивающей необходимый уровень пропускной способности его комплексов при заданном качестве обслуживания и минимуме затрат.

Ниже рассмотрены только те из перечисленных выше задач, на решение которых может оказывать влияние узловой аэропорт, как обеспечивающая подсистема веерной схемы перевозок. Поскольку на практике решение первой задачи является прерогативой авиакомпании, а не аэропорта, то эта задача из указанной совокупности может быть исключена. В этом случае рассматриваемая проблема сводится к задаче многокритериальной оптимизации, формулируемой следующим образом. Необходимо определить параметры веерного расписания и численность аэропортовых средств обслуживания перевозок, обеспечивающие минимум длительности пребывания пассажира в аэропорту и стоимости аэропортового обслуживания при заданных ограничениях по качеству обслуживания.

Под параметрами качества обслуживания понимаются расчетная продолжительность ожидания обслуживания требованием (ВС, пассажира, места багажа) t_p и надежность обеспечения указанной продолжительности P_p для каждой технологической операции. Учет ограничений по качеству обслуживания и использование ряда допущений позволяет свести задачу к однокритериальной (критерий – стоимость аэропортового обслуживания), имеющей единственное квазиоптимальное решение. Попытка непосредственного решения задачи даже в однокритериальной постановке требует неприемлемых затрат машинного времени. Выход состоит в декомпозиции однокритериальной задачи с выделением в ней следующих трех подзадач.

Подзадача 1. Оптимизация расписания по критерию минимума среднего времени пребывания в хабе трансферных пассажиров для фиксированных минимальных значений времени наземного обслуживания ВС и стыковочного времени. Результат решения подзадачи – совокупность значений времени прилетов и вылетов рейсов в хабе.

Подзадача 2. Определение минимального времени наземного обслуживания ВС и минимального стыковочного времени для пар рейсов, характеризующихся различными сочетаниями категорий перевозки, типов выполняющих рейсы ВС и т.п.

Подзадача 3. Определение приближенно-оптимального числа перронных и терминальных средств обслуживания перевозок для полученных в ходе решения двух первых подзадач параметров расписания и временных характеристик хабовых операций. Метод решения подзадачи 1 – математическое программирование; подзадач 2 и 3 – компьютерное моделирование на базе имитационной модели аэропорта.

Алгоритм решения общей задачи носит итеративный характер и предусматривает циклический переход от подзадачи 1 к подзадаче 3 с последующим возвратом к подзадаче 1.

В качестве модельного примера рассмотрена совместная оптимизация параметров узловой схемы перевозок, теоретическая возможность реализации которой существует на базе аэропорта Курумоч. С использованием статистических данных по трансферным пассажиропотокам аэропорта отобраны 10 прямых авиасвязей с городами РФ и ближнего зарубежья, обеспечивающих наибольшее число трансферных пассажиров.

В таблице 1 приведено полученное приближенно-оптимальное число средств обслуживания для различных его этапов. Параметры качества обслуживания одинаковы для всех операций: $t_p = 5$ мин, $P_p = 0.95$.

Таблица 1. Приближенно-оптимальное число средств обслуживания

Средства обслуживания	Число средств
Места стоянки ВС	10
Средства транспортировки багажа	7
Пассажирские трапы	10
Средства транспортировки пассажиров (автобусы)	6
Средства заправки ВС авиатопливом (сервисеры)	7
Средства выдачи багажа (карусели, транспортеры)	8
Стойки регистрации	14
Бригады технического обслуживания ВС	10
Бригады уборки ВС	7
Средства досмотра багажа (интроскопы)	3

Полученные с использованием данных таблицы 1 приближенно-оптимальные моменты времени вылета и прилета самолетов приведены в таблице 2. За начало отсчета здесь принят наиболее ранний момент времени прилета рейса.

Таблица 2. Оптимальные параметры расписания

№ аэропорта отправления	Группа ВС	Категория перевозки	Время прилета, мин	Время вылета, мин	Длительность стоянки, мин
1	2	МВЛ	0	108	108
2	1	МВЛ	19	121	102
3	2	ВВЛ	25	115	90
4	1	МВЛ	19	121	102
5	1	ВВЛ	0	119	119
6	1	ВВЛ	0	118	118
7	1	ВВЛ	25	114	89
8	1	ВВЛ	25	113	88
9	2	ВВЛ	25	110	85
10	1	ВВЛ	0	115	115

Решающее влияние на оптимизируемые параметры верной схемы перевозок оказывает наличие отклонений прилетов ВС от расписания. Так, учет нерегулярности движения ВС в аэропорту Курумоч приводит к увеличению как среднего времени пребывания трансферных пассажиров в аэропорту (на 15%), так и перронного времени обслуживания ВС (на 14%). В целом, результаты моделирования свидетельствуют о принципиальной технологической реализуемости полномасштабных трансферных перевозок с использованием в качестве хаба аэропорта с малой или средней пропускной способностью.

УДК 656.7.072/.073

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АЭРОПОРТА

Потапов И.В., Романенко В.А., Морозова Е.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Эффективным направлением решения проблемы повышение качества аэропортовых услуг является оптимизация технологических параметров производственных комплексов аэропортов с использованием имитационного компьютерного моделирования, которое в ряде случаев является единственным методом изучения процессов, протекающих в аэропорту.

Имитационное моделирование заключается в разработке компьютерной модели и проведении на ее базе многократных вычислительных экспериментов с сохранением логической структуры процесса функционирования исследуемой системы и последовательности его протекания с учетом воздействия случайных факторов.

Основная производственная деятельность аэропорта заключается в осуществлении технологических процессов обслуживания рейсов воздушных судов (ВС), включающих заданный набор операций, состав, длительность и трудоемкость которых зависит от параметров рейса. Поэтому в качестве единичного прогона модели принимается процесс обслуживания одного рейса. Имитационная модель технологического процесса наземного обслуживания рейса содержит алгоритм его осуществления, представляющий собой описание последовательности и взаимосвязей входящих в него операций, а также вероятностные модели этих операций, включающие статистические распределения параметров операций (продолжительность, численность привлекаемого персонала, количество используемых технических средств и т.п.).

Имитационное моделирование предполагает использование статистических данных, описывающих эти процессы, причем с увеличением их объема точность и адекватность модели возрастает. Применяемые в аэропортах автоматизированные информационные системы управления производственной деятельностью накапливают в своих базах данные о проведенных технологических операциях, что позволяет их использовать для получения вероятностных параметров моделей. В данной модели использованы данные информационной системы одного из аэропортов Приволжского федерального округа за последние три года, включающие информацию о более чем трестах тысячах произведенных технологических операций. Предварительный анализ выявил наличие некоторой доли некорректных данных, которые были из рассмотрения исключены.

Статистическая модель реализована в современной программной среде AnyLogic 6.4.1 Professional, позволяющей наряду с имитацией технологического процесса осуществлять его визуализацию во времени. На рисунке 1 в качестве примера показана диаграмма фрагмента этой модели, описывающая процесс обслуживания прибывающего рейса ВС. Объект Network задаёт транспортную сеть модели и ее свойства, ресурсы (спецтранспорт и места стоянок) и их свойства (тип – движущийся или статический, количество, базовое местоположение и т.д). Объекты Source моделируют поступление ВС в аэропорт по расписанию, создавая поток требований (рейсов ВС); объекты NetworkEnter помещают требование в сеть; объект NetworkSeize «захватывает» заданное количество ресурсов (технических средств или обслуживающего персонала) для требования; объекты NetworkMoveTo направляет движущиеся ресурсы либо к захваченному ресурсу, либо к определенно заданному узлу; объекты Delay моделируют задержку, связанную с обслуживанием ВС на перроне, задерживая требование на заданное время; объекты NetworkSendTo отсылают захваченные ресурсы к требованию; объекты [NetworkRelease](#) моделируют освобождение мест стоянок ВС и других ресурсов; объект SelectOutput направляет входящие требования в один из двух выходных портов; объект NetworkExit удаляет требование из сети; объект Sink уничтожает поступившие требования.

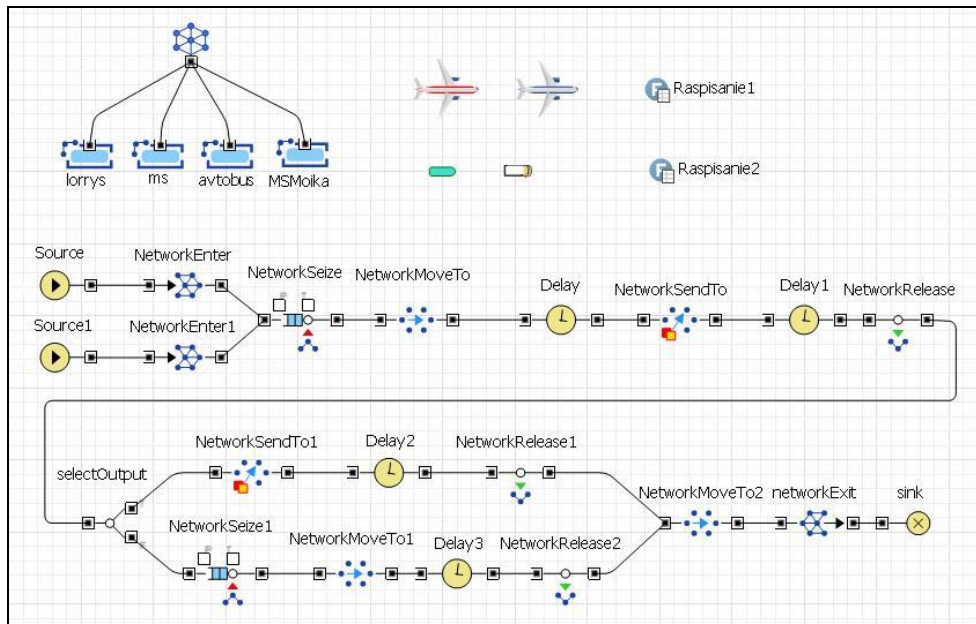


Рисунок 1. Диаграмма фрагмента имитационной модели аэропорта

Данная имитационная модель использовалась при решении задач, связанных с анализом и оптимизацией параметров системы обслуживания перевозок аэропортов. В качестве иллюстрации в таблице приведены некоторые результаты определения минимальной численности технических средств и персонала аэропорта, обеспечивающих выполнение ограничения по качеству обслуживания ВС и пассажиров: длительность ожидания обслуживания с надежностью 0.95 не должна превысить заданную величину $t_{ож}$. Моделирование проводилось для пиковых уровней интенсивности потока ВС, как наблюдавшихся в аэропорту в течение последних лет, так и прогнозных. Входящие потоки рейсов ВС и пассажиров в рассмотренном примере принимались стационарными пуассоновскими. Результаты решения задачи для двух заданных значений $t_{ож}$ сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Минимальная численность обслуживающих средств и персонала

Интенсивность потока, ВС/ч	3		4		5		6		7	
	(факт)		(прогноз)		(прогноз)		(прогноз)		(прогноз)	
$t_{ож}$, мин	11	2	10	2	10	2	10	2	10	2
Транспортеры багажа	8	8	8	9	9	10	10	11	11	11
Трапы	14	14	16	17	18	19	20	21	22	23
Авиатопливозаправщики	6	7	7	8	8	8	8	9	9	10
Багажные карусели	5	6	6	6	6	7	7	8	8	8
Стойки регистрации	12	13	15	15	16	17	18	19	20	21
Бригады технического обслуживания	8	9	10	10	11	11	11	12	13	13
Бригады уборщиков	6	7	7	8	8	8	8	9	9	10

Таким образом, имитационная модель технологических процессов обслуживания перевозок является эффективным инструментом комплексной оптимизации, анализа и прогнозирования параметров производственных комплексов аэропорта как сложной стохастической системы.

УДК 629.76/.78.001.63

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ВОЛНОВОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ПРИВОДА СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ

Прудников О.П., Костюков Ю.А., Назаров Д.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Волновые зубчатые передачи (ВЗП) в силу известных своих достоинств нашли широкое применение в космической технике. Их работоспособность и эксплуатационные характеристики во многом определяются точностью изготовления составных элементов и качеством сборки. Очень важно ещё до начала сборки оценить конструкционную корректность зацепления, от которой непосредственно зависит работоспособность передачи. Она определяется степенью соответствия формы кулачка, количества зубьев, толщины подшипника и геометрических параметров конструкции. Такая характеристика не может быть выражена численно и, поэтому, для её изучения разработано специальное программное средство NATR, позволяющее с помощью графических изображений на мониторе компьютера промоделировать работу ВЗП и сделать соответствующие выводы.

NATR обеспечивает выполнение следующих функций.

1. Стандартные операции базы данных с параметрами, описывающими геометрию ВЗП: ввод, хранение, выборку, корректировку и удаление.
2. Расстановку и прорисовку зубьев выбранной ВЗП.
3. Графическое отображение зацепления ВЗП с поворотом на заданный угол.
4. Вспомогательные функции и расчёты: определение числа зубьев, участвующих в зацеплении; поворот до упора в зубе с заданным номером из числа участвующих в зацеплении; прорисовка кривых зацепления в разрезе зубьев с заданной величиной радиуса и в разрезе радиусов по заданному номеру зуба из зацепления.

Указанные функции позволяют подобрать детали передачи с взаимно приемлемыми параметрами и оценить её работоспособность.

При построении модели использован методический подход, принятый при расчете волновых передач. Формулы и выражения представлены в более удобном для программирования виде. Выбор значений различных коэффициентов и некоторых параметров ВЗП производится из общетеоретических соображений. Основные геометрические параметры элементов определяются на основе инструментальных измерений и последующей обработки.

Модель является чисто геометрической и не учитывает различного рода силовые деформации, явления упругости, трение, температурные поля и прочее. Опыт показывает, что по сравнению с влиянием на работоспособность ВЗП разброса геометрических размеров составных элементов передачи влияние этих факторов не является определяющим.

В дальнейшем NATR предполагается дополнить функциями измерения геометрических и нагрузочных параметров в рабочих режимах в целях отбраковки, доработки и прогнозирования эксплуатационных характеристик ВЗП.

УДК 629.785

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОЙ ТЯГИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОРБИТАМИ И ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ В КОСМОСЕ

Салмин В.В., Старинова О.Л., Волоцуев В.В., Петрухина К.В.,
Ткаченко И.С., Гоголев М.Ю., Коровкин Г.А., Четвериков А.С., Матерова И.Л.
Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Проблема повышения эффективности космических транспортных операций и режимов управления орбитами космических аппаратов (КА) в настоящее время приобретает особую актуальность.

Одним из возможных путей решения этой проблемы является использование двигательных систем, основанных на новых физических принципах. К таким системам относятся электрореактивные двигатели (ЭРД) малой тяги, использующие принцип ускорения заряженных частиц рабочего тела в электростатических или электромагнитных полях. Высокая скорость истечения рабочего тела (15-30 км/с) обеспечивает значительно меньший расход рабочего тела по сравнению с двигателем на химическом топливе.

Однако перелёты с малой тягой (ускорение от тяги составляет 0.1-1мм/с²) в «сильных» гравитационных полях достаточно продолжительны и требуют от нескольких недель до десятков месяцев. При оптимизации баллистических схем подобных перелётов необходимо искать компромисс между массой полезной нагрузки и продолжительностью перелёта – основными критериями эффективности.

При решении прикладных задач необходимо рассматривать в совокупности проблемы оптимизации траекторий и законов управления движением, а также выбора оптимальных соотношений масс основных компонентов КА с электрореактивным двигателем (ЭРД) и солнечной или ядерной энергетической установкой. Главное направление теоретических исследований в области динамики космических перелётов с малой тягой (МТ) - развитие аналитических и численных методов поиска оптимальных траекторий с учётом дополнительных факторов и ограничений в математических моделях движения и управления КА.

В настоящее время проведен анализ эффективности применения двигательных установок на базе электрореактивных двигателей малой тяги при решении следующих прикладных задач:

- перелёт в системе Земля – Луна;
- межпланетные перелеты (к Меркурию, Венере, Марсу, Юпитеру, астероидам);
- использование ЭРД в составе многоцветного межорбитального транспортного аппарата;
- применение ЭРД в комбинированных схемах доставки полезных грузов на геостационарную орбиту;
- использование ЭРД в качестве маршевых двигателей на малых многофункциональных космических аппаратах;
- применение ЭРД для поддержания параметров орбиты низкоорбитальных космических аппаратов.

В ходе решения прикладных задач проведена оптимизация траекторий и законов управления движением КА, определены основные проектные характеристики КА с ЭРД, предложены варианты формирования проектного облика первого приближения аппаратов.

УДК 621.833

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЛНОВЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ В ПРИВОДАХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Суслин А.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В волновой передаче (ВЗП) преобразование движения осуществляется путем деформирования гибкого звена. При контакте гибкого колеса с жестким по гребням волн окружные скорости волновых перемещений сообщаются жесткому колесу (или гибкому), как ведомому звену передаточного механизма.

В волновой передаче достигается большое передаточное число ($U \geq 80$), что является одним из главных преимуществ применения их в летательных аппаратах. При небольших габаритах электродвигателя и его небольшом вращающем моменте, но при очень высокой частоте вращения достигается требуемая мощность. При этом на выходном звене достигается достаточно большой вращающий момент. Другим преимуществом ВЗП, определяющей ее нагрузочную способность, является одновременное зацепление многих зубьев (многопарность).

В качестве генератора движения лучше всего подходит кулачковый, сохраняющий заданную форму деформирования под нагрузкой и позволяющий обеспечивать заданную многопарность. Для уменьшения трения между кулачком и гибким колесом располагается гибкий подшипник.

В качестве профиля зуба используется эвольвентный, как наиболее технологичный и обеспечивающий хорошее зацепление. При числе зубьев ($z > 100$) форму эвольвентного зуба можно принять трапецеидальным. Это необходимо для составления картины зацепления. Самое опасное для этого случая – интерференция зубьев, которая не должна допускаться. Интерференция приводит к очень быстрому выходу из строя передачи. Для этого необходимо составить программу для ЭВМ и просмотреть картину зацепления в большом увеличении. При этом можно выбрать величину зазора между зубьями и коэффициенты смещения исходного производящего контура. По этой программе можно учесть точности изготовления зубьев на картину зацепления, можно учесть погрешности при изготовлении профиля кулачка и их влияние на работу ВЗП.

Но на работу ВЗП влияют и другие факторы, трудно учитывающиеся в программе. Это контактная податливость гибкого подшипника, кулачка генератора волн, упругая деформация зубьев жесткого колеса и т.д. Поэтому необходим специальный диагностический стенд, с помощью которого можно было бы определить зоны одновременно контактирующих зубьев для данного уровня вращающего момента. Зная эти зоны можно определить усилия в зацеплении. Силы в зацеплении зубьев можно определить тензометрированием, при этом чем больше сила, тем больше величина перемещений зубьев гибкой оболочки. Обычно берется 36 точек через 10 градусов.

Однако, зная распределение усилий в ВЗП и построив картину зацеплений, это не гарантирует качественной работы передачи. Это может быть связано с заклиниванием вследствие некачественной сборки (слишком большие натяги), с проскоками генератора волн (из-за высокой податливости звеньев передачи под нагрузкой), с угловым перекосом гибкого и жесткого колес и генератора волн, который может сопровождаться интерференцией.

Поэтому для оценки работоспособности, надежности ВЗП необходимы испытания на стенде под нагрузкой. Так же при испытаниях можно определить фактическое значение КПД, который зависит от передаточного числа и от нагрузки. Обычно в ВЗП имеет максимум при некотором значении нагрузки. Необходимо при испытаниях проверить прочность гибкого колеса, потому что в ВЗП это часто является слабым звеном. Износ зубьев при правильно выбранной геометрии зацепления, материале, термообработке и хорошей смазке практически не ограничивает срок службы передачи.

УДК 629.78

УНИФИЦИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НАУЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ «АИСТ»

Ткаченко С.И.¹, Абрашкин В.И.¹, Салмин В.В.¹, Куренков В.И.¹, Семкин Н.Д.¹,
Прохоров А.Г.¹, Сафронов С.Л.², Ткаченко И.С.²

¹Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

²Государственный научно-производственный
ракетно-космический центр «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара

Малый космический аппарат «АИСТ» предназначен для решения образовательных, научно-технических и экспериментальных задач, а также демонстрации научно-технического и промышленного потенциала учебных и производственных организаций Самарской области.

В рамках проекта будут проведены научно-технологические эксперименты:

- обеспечение летной квалификации перспективных приборов ориентации на Солнце;
- обеспечение летной квалификации перспективной многофункциональной негерметичной платформы для спутников массой 30-60 кг;
- измерение магнитного поля Земли и отработка системы измерения и компенсации микроускорений малого КА;
- исследование проблем микрогравитации;
- исследование поведения высокоскоростных механических частиц естественного и искусственного происхождения;
- отработка безударной системы отделения малого КА от КА-носителя;
- экспериментальная отработка в космосе перспективных типов солнечных батарей из арсенида галлия, созданных на основе нанотехнологий.

С целью отработки перспективных и современных технологий на спутнике «АИСТ» устанавливается ряд новых устройств и систем, отработка которых в космосе позволит в будущем устанавливать их на большие дорогостоящие космические аппараты, разработки ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс».

Модульность конструктивного построения малого КА позволяет использовать преимущества его серийного производства для обеспечения требуемого уровня надежности модулей и снижения стоимости их изготовления и аппарата в целом.

В качестве основных принципов формирования технического и проектно-конструкторского облика унифицированных платформ малого КА можно выделить следующие:

- минимизация массы и габаритов аппарата за счет использования новых технических решений при разработке бортовых систем, прогрессивных технологий их изготовления, применения новых конструкционных материалов;
- модульность построения малого КА, обеспечивающая технологическое членение аппарата и унифицированной космической платформы на конструктивно и функционально автономные отсеки, блоки, модули;
- негерметичное исполнение малого КА и его модулей, минимальное структурное резервирование основных устройств и ключевых элементов;
- конструктивная законченность блоков и модулей малого КА, что обеспечивает их автономность в производстве, при испытаниях на заводах-изготовителях и технических позициях в условиях полигонов, а также поставку блоков и модулей в их законченном виде при сборке всего аппарата;
- максимальная унификация используемых при построении универсальной космической платформы бортовых систем, модулей, узлов и ключевых элементов;

- полнота и минимальность номенклатуры модулей, позволяющая формировать различные конфигурации малого КА для решения возможно более широкого круга целевых задач;

- интеграция функций систем и модулей платформы и их резервирование, обеспечивающее высокую надежность и требуемый срок активного функционирования малого КА;

- использование распределенной вычислительной системы, экономичных режимов энергопотребления и рационального расходования ресурсов бортовых систем;

- интеграция модульной составляющей малого КА с его конструкцией;

- оптимизация уровня надежности малого КА с целью обеспечения необходимого времени его активного существования при минимальных эксплуатационных затратах;

- максимальная простота и надежность управления функционированием аппарата;

- минимизация стоимости разработки, изготовления и эксплуатации малого КА;

- высокая автономность выполнения программы полета аппарата (решения целевых задач), в том числе обеспечивающих операций (поддержания орбитальных параметров, смены режимов функционирования бортовой аппаратуры, передачи получаемой информации на Землю и др.);

- интеллектуализация процессов управления функционированием малого КА.

«АИСТ» является спутником на базе негерметичной платформы, что позволило отказаться от ряда сложных, энергоемких и дорогих технологий, а также повысить технологичность работ по сборке и испытаниям.

Проектный облик данного микроспутника определен с использованием прямого метода проектирования. Проведен системный анализ, включающий стоимостной анализ космического и наземного сегментов создаваемого космического комплекса, затрат на его ввод в эксплуатацию и поддержание в течение заданного времени при условии выполнения заданной целевой функции. В качестве целевой функции использована стоимость разработки, изготовления и запуска микроспутника. В качестве основных ограничений приняты: существующая материально-техническая база и зона размещения спутника под обтекателем РН «Союз-2» при попутном запуске на основном КА «Бион-М». Сложность решения данной многокритериальной задачи построения проекта унифицированного малого КА обуславливается, прежде всего, противоречивостью критериев эффективности. При анализе принципиальных схем микроспутника использован многокритериальный подход - метод расстановки приоритетов при выполнении спутником целевых задач.

Кроме того, был использован принцип декомпозиции общей проектной задачи на взаимосвязанные этапы и блоки, что позволило рассмотреть отдельные элементы общей проектной задачи и тем самым резко облегчить ее решение.

В результате системного анализа возможностей выполнения целевой задачи различным составом бортовых и наземных систем, средств выведения и способов запуска однозначно был выявлен конкретный состав и облик спутника. Однако принципы модульности, использованные при проектировании, позволяют говорить о данном малом КА как о базовой платформе для установки разнообразной полезной нагрузки.

В настоящее время в разработке находится ряд проектов на базе унифицированной платформы «АИСТ». К ним относятся:

- малый аппарат «АИСТ-2» для отработки системы многопозиционного радиолокационного дистанционного зондирования Земли;

- малый аппарат «АИСТ-3» для отработки системы орбитальной инспекции с помощью высокоманевренных малых космических аппаратов наблюдения.

УДК 629.78(075)

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ВЫБОРА МЕСТ РАСПОЛОЖЕНИЯ РАДИАТОРОВ ОХЛАЖДЕНИЯ НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НАБЛЮДЕНИЯ

Шилов Л.Б.¹, Куренков В.И.²

¹ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара.

²Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Одним из условий повышения эффективности работы панелей радиаторов охлаждения (РО) космических аппаратов (КА) наблюдения является установка РО в зонах поверхности корпуса КА, которые минимально подвержены прямому воздействию лучей Солнца. Для определения мест установки панелей РО предложен критерий, представляющий собой минимум относительного времени нахождения РО на Солнце, с учётом сложной пространственной геометрии панелей РО, и изменения углов Солнца в процессе орбитального полёта и программных разворотов КА при целевом функционировании.

Для оценки относительного времени нахождения РО на Солнце, разработаны необходимые математические модели алгоритм имитационного моделирования. Расчётная схема КА представлена на рис. 1. Цифрами 1 и 2 обозначены соответственно радиатор охлаждения конической формы и направление на Солнце; НП – направление полёта. Остальные обозначения поясняются далее.

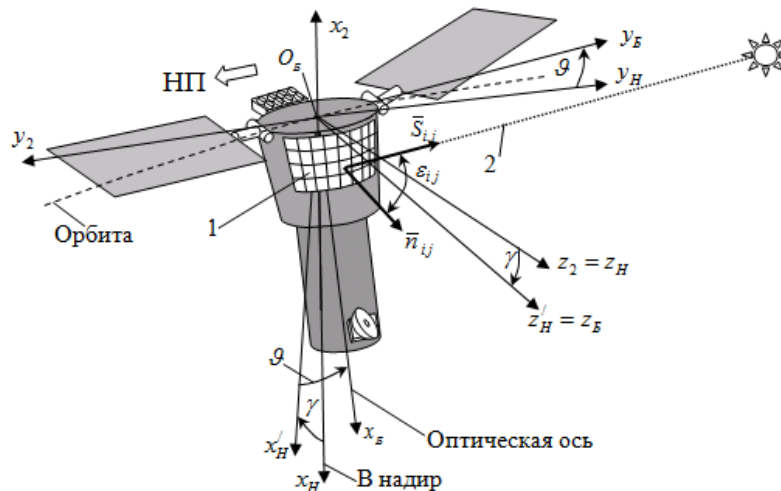


Рисунок 1. Расчётная схема для построения моделей

Суть моделирования заключается в следующем. Площадь анализируемой панели РО разбивается на элементарные площадки, каждая из которых в первом приближении может быть принята за плоскую. Из центра каждой площадки строятся единичные векторы нормали \bar{n}_{ij} в базовой системе координат (СК) КА O_B, x_B, y_B, z_B .

На каждом шаге имитационного моделирования орбитального полёта и программных разворотов КА в той же системе координат определяются косинусы углов ε_{ij} между единичным вектором направления на Солнце \bar{S}_{ij} и векторами \bar{n}_{ij} . Если $\cos \varepsilon_{ij}$ для какой-то площадки имеет положительное значение, то площадка освещена Солнцем. Далее подсчитывается средний косинус угла ε_{PO} для всего радиатора как сумма произведений площадей F_{ij} освещённых элементарных площадок, делённая на площадь панели РО F_{PO} .

На последующих циклах расчёты повторяются, и регистрируется накопленное значение произведений среднего косинуса угла ε_{PO} на шаг расчёта по времени Δt , которое делится на

текущее время имитации полёта КА t . Полученное относительное время \bar{T}_{PO} воздействия Солнца на РО со средним косинусом угла ε_{PO} в каждый момент времени имитации полёта КА используется в качестве критериального параметра для выбора мест установки РО. Чем меньше значение этого параметра, тем меньше РО подвержен воздействию прямых лучей Солнца. Формальная запись критерия следующая: $\bar{T}_{PO} \rightarrow \min$.

Для имитации разворотов КА при наблюдении наземных объектов используется генератор случайных чисел, который включается через заданное время и задаёт углы тангажа и крена в пределах установленного максимального угла отклонения оптической оси $O_{БХБ}$ от надира. Перенацеливание осуществляется при нахождении подспутниковой точки КА в световом пятне (в зоне поверхности Земли, которая освещена Солнцем с углом над горизонтом не менее заданного). С момента выхода подспутниковой точки из светового пятна до момента входа КА в тень Земли КА ориентируется в пространстве таким образом, чтобы плоскости панелей солнечной батареи были перпендикулярны направлению на Солнце (для подзарядки аккумуляторных батарей).

На основе данного алгоритма и представленных моделей разработан программный модуль, с помощью которого модернизировано созданное ранее программное обеспечение для оценки целевых показателей эффективности КА наблюдения [1]. Фрагменты пользовательского интерфейса представлены на рис. 2.

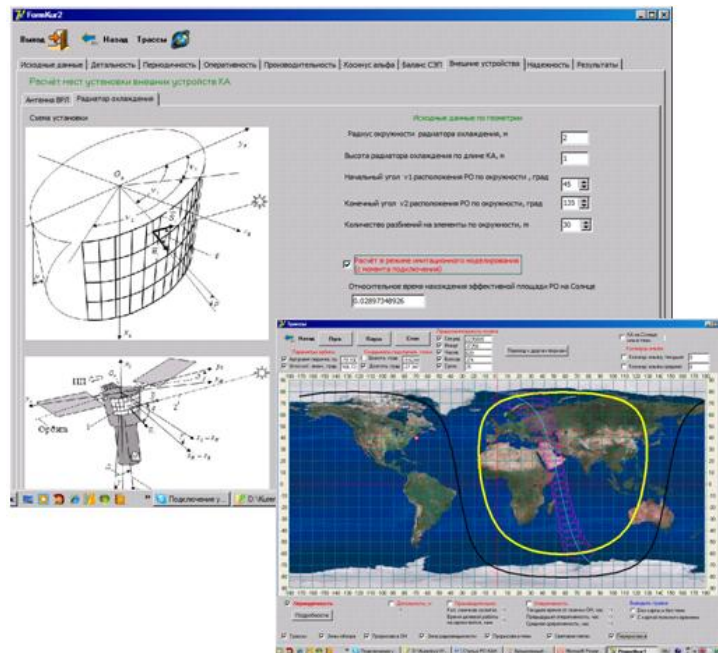


Рисунок 2. Фрагменты пользовательского интерфейса программного обеспечения

Проведена верификация моделей и программного обеспечения. С помощью данного программного обеспечения можно осуществлять оценку относительного времени нахождения панелей РО на Солнце и, по результатам этой оценки, выбирать места установки панелей РО на поверхности корпуса КА.

Список литературы

1. Основы устройства и моделирования целевого функционирования космических аппаратов наблюдения: учеб. пособие / В. И. Куренков, В. В. Салмин, Б. А. Абрамов. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 178 с.

УДК 629.78.001.2

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ МАССЫ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ЗАДАННЫХ ЗНАЧЕНИЯХ МАССЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Шулёпов А. И., Тарасов Ю. Л., Андреев С.В., Ткаченко И.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время известны случаи запуска маломассогабаритных космических аппаратов (МКА), как присоединённой массы, совместно со значительно большими по массе основными космическими аппаратами (КА), выводимыми ракетой-носителем (РН). Такие МКА размещаются в свободных объёмах внутри переходных отсеков последних ступеней РН или на поверхности КА.

Задача размещения присоединённой массы в виде малых субспутников различного назначения (отработка раскрытия малогабаритных гибких конструкций в космосе, проведение попутного эксперимента по оценке влияния фактора космического пространства на конструкционные материалы и другое) относится к задачам позиционного геометрического проектирования. Такие задачи отличаются большой трудоёмкостью. Это объясняется сложностью форм современных летательных аппаратов (ракет носителей, космических аппаратов и т.д.) большим количеством размещаемых приборов и агрегатов, как в отсеках верхних ступеней, так и на внешней поверхности, разнообразием требований к их размещению и подвижностью отдельных элементов блочного состава бортового оборудования. Кроме того при проектировании летательных аппаратов (ЛА), как правило, используется широкая номенклатура бортовых устройств, имеющих разнообразную геометрическую форму и проектные параметры, и составить единую математическую модель невозможно.

В данной работе рассматриваются вопросы, связанные с решением задачи повышения значения относительной массы полезной нагрузки при заданных значениях массы базового КА. Обосновывается выбор базового КА, располагающего необходимым резервом массы и объёма, уровня массово-центровочных характеристик с учётом масс присоединённых объектов, обеспечения уровня нагружения как субспутника, так и носителя при расчётных случаях.

При проектировании ракетной техники для оценки её массовых составляющих используются относительные массовые показатели. При известном ограничении на максимальную стартовую массу, используя относительные массовые показатели, можно оценить затраты на конструкцию, отдельные системы, агрегаты, а также на присоединённую массу и массу полезного груза. Показано, что если при определении основных массовых составляющих массы разделить на группы и выделить отдельно присоединённую массу (в нашем случае МКА), то при стремлении показателя энергомассовой эффективности системы к единице, мы стремимся к увеличению массы полезной нагрузки по отношению к стартовой массе. При фиксированном значении относительных масс основных систем (базовый КА известен, его массы обеспечивающих систем, полезной нагрузки известны), чем больше показатель энергомассовой эффективности, тем больше присоединённая масса.

Показано, что данная задача относится к решению задач нелинейного математического программирования, которая не может быть полностью формализована на всех этапах проектирования. Предложены частные приёмы решения задачи, использующие приемы регуляризации области решения, которые позволяют получать инженерное решение при отыскании допустимого вектора проектных параметров системы, у которой показатель энергомассовой эффективности стремится к максимуму.

СЕКЦИЯ 7

ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

УДК 621.4

ПРИНЦИП ЭФФЕКТИВНОГО ДЕМПФИРОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ РОТОРА МНОГОРЕЖИМНОГО ГТД

Барманов И.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Для снижения вибрации роторов широкое распространение получили короткие гидродинамические демпферы (ГДД) в опорах ГТД благодаря малым габаритам и простоте конструкции. Тангенциальная гидродинамическая сила, определяющая демпфирование колебаний, определяется выражением

$$F_{\tau} = \mu R \frac{L^3}{\delta_0^2} \left(\frac{2\varepsilon \dot{\varepsilon}}{(1-\varepsilon^2)^2} + \frac{\pi}{2} \frac{\Omega \varepsilon}{(1-\varepsilon^2)^{1.5}} \right),$$

где μ – динамическая вязкость масла, R – радиус вибратора, L – длина демпфера, δ_0 – демпферный зазор, ε – относительный эксцентриситет, $\dot{\varepsilon}$ – производная от ε , Ω – угловая скорость прецессии. При малых стационарных колебаниях коэффициент демпфирования можно определить по формуле

$$d = \frac{F_{\tau}}{e\Omega}$$

Демпфирование снижает амплитуду колебаний на резонансе, однако после прохождения резонанса демпфирование может существенно увеличить нагрузки, передаваемые на корпус. Коэффициент передачи усилия K является важной характеристикой, показывающей во сколько раз динамическое возмущение, возникшее в каком-либо узле, усиливается системой ротор-опоры при передаче его на корпус и рассчитывается по формуле

$$K = \frac{\sqrt{Ac^2 + A\omega d^2}}{m\omega^2},$$

где A – амплитуда колебаний; ω – круговая частота колебаний; c – жёсткость опор; d – демпфирование в опоре; m – масса; e – эксцентриситет.

На рис. 1 приведены зависимости амплитуды колебаний и коэффициента передачи усилий от коэффициента демпфирования для передней опоры двигателя НК-14СТ с коротким гидродинамическим демпфером.

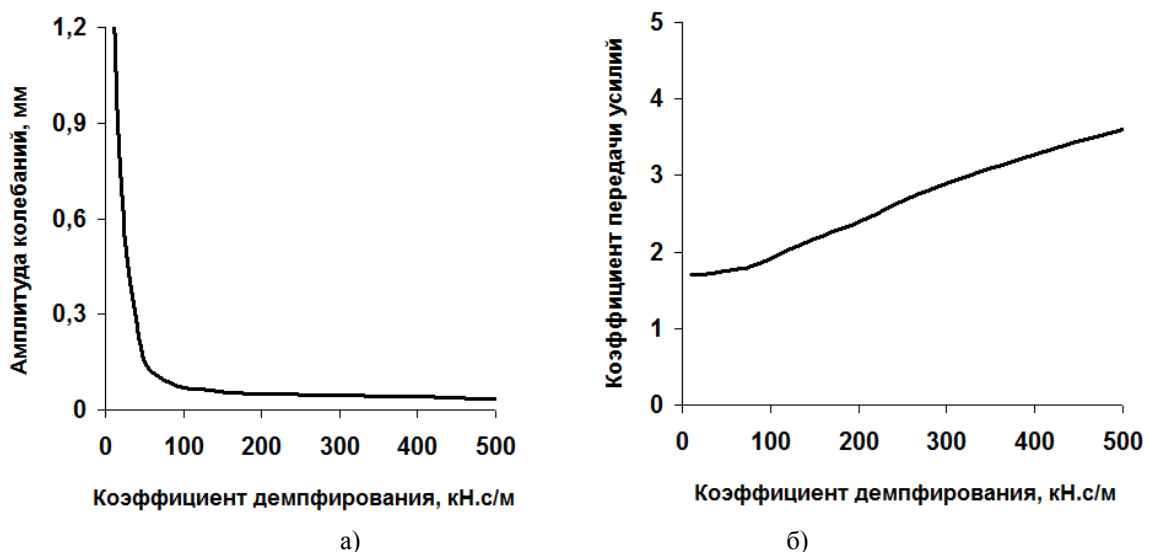


Рисунок 1. Зависимость амплитуды колебаний (а) и коэффициента передачи усилий на корпус (б)

от коэффициента демпфирования передней опоры двигателя НК-14СТ

Из данных зависимостей видно, что с увеличением демпфирования в опоре коэффициент передачи усилия возрастает, но при этом обеспечивается небольшая амплитуда колебаний. Поэтому ищут компромисс между эффективностью демпфирования и динамической напряжённостью корпуса. В ряде случаев идут на снижение демпфирующих свойств опоры для снижения нагрузок, что может быть не всегда целесообразно с точки зрения ресурса и надёжности двигателя.

При проектировании необходимо выполнить два условия:

1. Обеспечить амплитуду колебаний на резонансе, максимальная величина которой не превышает радиальные зазоры в лабиринтных уплотнениях;
2. Обеспечить минимальный коэффициент передачи усилий на рабочем режиме.

Выполнить данные условия для многорежимного ГТД затруднительно, поэтому предлагается отключить демпфирования после прохождения резонанса. Это можно реализовать с помощью следующей опоры ротора. Принципиальная схема приведена на рис. 2, а конструктивное исполнение приведено на рис. 3. Опора состоит из упругого элемента, подшипника и демпфера.

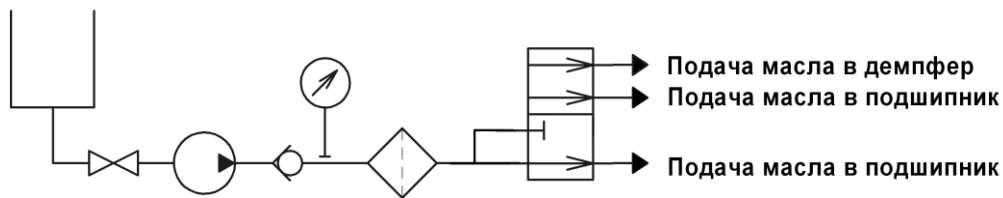


Рисунок 2. Принципиальная схема

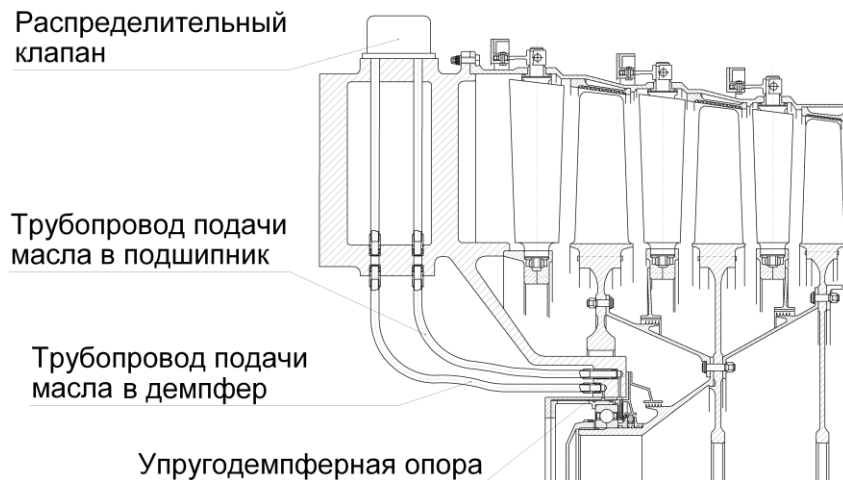


Рисунок 3. Опора ротора

В опору через распределительный клапан по двум несвязанным трубопроводам подаётся масло: для смазки подшипника и для питания демпферного зазора. При запуске двигателя масло подаётся в подшипник и демпфер, обеспечивая эффективное гашение колебаний при прохождении резонанса. Так как время запуска мало по сравнению с продолжительностью работы ГТД, то возможные высокие значения усилия, передаваемого на корпус, не приведут к существенному снижению ресурса. После прохождения резонанса распределительный клапан прекращает подачу масла в демпферный зазор, тем самым выключая демпфер из работы.

УДК 621.4

ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ДЕМПФЕРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Балякин В.Б., Барманов И.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Вопрос о влиянии шероховатости на динамические характеристики гидродинамического демпфера (ГДД) не являлся актуальным до тех пор, пока в качестве рабочей жидкости использовались минеральные и синтетические масла, у которых коэффициент динамической вязкости составляет $10^{-3} \dots 10^{-2}$ Па·с. Это позволяло получать оптимальные значения коэффициента демпфирования при величинах демпферного зазора $\delta_0 > 0,1$ мм.

При проектировании демпферов опор роторов турбонасосных агрегатов подачи жидкого кислорода или криогенного топлива, например для ТРДД НК-88 самолета ТУ-155, потребная величина демпферного зазора составляет $\delta_0 = 25 \dots 80$ мкм. При работе демпфера с относительным эксцентриситетом $\varepsilon = 0,5$ величина слоя смазки может уменьшиться до 12,5 мкм, что соизмеримо с суммарной максимальной величиной шероховатостей $R_{z1} + R_{z2}$ поверхностей, образующих демпферный зазор.

Влиянию шероховатости на работоспособность подшипников уделялось большое внимание в течение последних 30 лет. Наиболее общую модель трёхмерной шероховатости применили Патир и Чжен. Они предложили метод получения усредненного уравнения Рейнольдса с помощью средней величины расхода смазки через зазор с изотропной и направленной шероховатостью поверхностей. Согласно их методике математическое ожидание выражения толщины плёнки смазки в формуле расхода заменяется произведением $\psi_x \bar{h}^3$ и $\psi_z \bar{h}^3$, где ψ_x и ψ_z - коэффициенты расхода, которые определяются в зависимости от вида шероховатости и значений скоростей вдоль координатных осей x и z , \bar{h} - номинальная величина зазора, определяемая как расстояние между средними уровнями рабочих поверхностей. Коэффициенты расхода, например, для поверхностей с изотропной шероховатостью, хорошо аппроксимируются выражением $\psi_z = \psi_x = 1 - 0,9 \exp -0,56 \bar{h} / \sigma_i$, где $\sigma_i = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$ - среднеквадратичное отклонение совместной шероховатости поверхностей. Сложность данного метода заключается в определении коэффициентов расхода. Аналитически удобно определять номинальную толщину смазочного слоя как расстояние между средними уровнями каждой поверхности. Первыми использовали стохастический подход для решения уравнения Рейнольдса в радиальных подшипниках Кристенсен и Тондер, представив толщину смазочного слоя в виде $\bar{h} = h_{\varphi, z} + h_s \xi$, где $h_s \xi$ - стохастическая составляющая, измеренная от номинального положения поверхности, ξ - случайная переменная, характеризующая шероховатую поверхность. В случае предположения о Гауссовском (нормальном) распределении шероховатости поверхностей, что справедливо при обработке рабочих поверхностей шлифованием или тонким точением, номинальное значение зазора определяется в виде $\bar{h} = \delta_0 + 3\sigma_i$. Можно доказать, что среднее абсолютное отклонение $R_{ai} = \sigma_i \sqrt{2/\pi} \cong 0,798\sigma_i$, следовательно, $\sigma_i = 1,25R_{ai}$.

Влияние шероховатости поверхностей будем рассматривать в области малых величин демпферного зазора, поэтому ограничимся рассмотрением ламинарного режима течения смазки и сделаем допущение о незначительном влиянии сил инерции на гидродинамику.

При использовании таких допущений гидродинамическая задача для ГДД сводится к решению усредненного уравнения Рейнольдса в виде

$$\frac{\partial}{\partial \varphi} \left(\psi_x \bar{h}^3 \frac{\partial P}{\partial \varphi} \right) + R^2 \psi_z \bar{h}^3 \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = 12 \mu R^2 \epsilon \Omega \sin \varphi + \dot{\epsilon} \cos \varphi, \quad (1)$$

Где $\bar{h} = \delta_0 + 3\sigma_i + \epsilon \cos \varphi$ - величина номинального демпферного зазора на угловой координате φ .

Течение смазки в коротком демпфере преобладает в осевом направлении вдоль координаты z . В этом случае можно пренебречь первым слагаемым в левой части уравнения (1) и оно примет следующий вид

$$\psi_z \bar{h}^3 \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = 12 \mu \epsilon \Omega \sin \varphi + \dot{\epsilon} \cos \varphi. \quad (2)$$

При использовании в ГДД упругих изотропных элементов движение втулки-вибратора происходит по круговым орбитам, при этом $\dot{\epsilon} = 0$, а следовательно, уравнение (2) еще более упрощается. Зададим граничные условия в коротком непроточном демпфере в виде

$$P = P_{II} \text{ при } z = L/2, \quad \frac{dP}{dz} = 0 \text{ при } z = 0, \quad (3)$$

где P_{II} - давление подачи смазки в питающей канавке.

Дважды проинтегрировав уравнение (2) с учетом граничных условий (3), получим зависимость распределения давления в демпферном зазоре

$$P = P_{II} - \frac{6 \mu \epsilon \Omega \left[L/2^2 - z^2 \right] \sin \varphi}{\psi_z \bar{h}^3}. \quad (4)$$

В безразмерных параметрах уравнение (4) перепишется в виде

$$\bar{P} = \bar{P}_{II} - \frac{\lambda^2 \epsilon \left[0,25 - \bar{z}^2 \right] \sin \varphi}{2 \left[1 - 0,9 \exp -0,56/\bar{\sigma} \right] 1 + 3\bar{\sigma}^3 1 + \epsilon \cos \varphi^3},$$

где $\bar{\sigma} = \sigma_i / \delta_0$ - безразмерный параметр шероховатости.

Составляющие безразмерной гидродинамической силы в ГДД найдем для случая симметричного расположения питающей канавки интегрированием безразмерного давления:

$$\bar{F}_\tau = - \int_{\bar{z}_1 \varphi}^{\bar{z}_2 \varphi} d\bar{z} \int_{\varphi_1 z}^{\varphi_2 z} \bar{P} \bar{z}, \varphi \sin \varphi d\varphi; \quad \bar{F}_r = - \int_{\bar{z}_1 \varphi}^{\bar{z}_2 \varphi} d\bar{z} \int_{\varphi_1 z}^{\varphi_2 z} \bar{P} \bar{z}, \varphi \cos \varphi d\varphi,$$

где $\bar{z}_1 \varphi, \varphi_1 z, \bar{z}_2 \varphi, \varphi_2 z$ - координаты границы начала и конца плёнки смазки.

Рассмотрим случай половинного охвата втулки-вибратора смазкой в пределах от π до 2π . Выражения для безразмерных составляющих гидродинамической силы в этом случае будут иметь вид

$$\bar{F}_\tau = \frac{\pi \lambda^2 \epsilon}{24 \left[1 + 3\bar{\sigma}^3 \left[1 - 0,9 \exp -0,56/\bar{\sigma} \right] \right] 1 - \epsilon^2^{1,5}};$$

$$\bar{F}_r = \frac{\lambda^2 \epsilon^2}{6 \left[1 + 3\bar{\sigma}^3 \left[1 - 0,9 \exp -0,56/\bar{\sigma} \right] \right] 1 - \epsilon^2^2}.$$

Из анализа полученных выражений видно, что безразмерные составляющие гидродинамической силы уменьшаются с ростом параметра шероховатости, причем при значении параметра шероховатости $\bar{\sigma} = 0$ имеет место предельный переход к выражениям для идеально гладкого зазора.

УДК 29.37.33

ПРОБЛЕМЫ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ПАНЕЛЕЙ ОТСЕКОВ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ И ГОЛОВНЫХ ОБТЕКАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ СТАРТА И ПОЛЁТА

Иголкин А.А.¹, Попов П.А.², Крючков А.Н.¹

¹Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

²ФГУП ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс»

Акустическое давление является источником вибраций в элементах конструкции и в приборах. Его оценка внутри отсеков необходима при отработке аппаратуры на акустические и вибрационные воздействия.

Распространение звуковых волн при старте и в полёте ракеты-носителя (РН) является сложным процессом, характеризующимся разного рода источниками акустического шума. Звукоизоляция конструкции ракеты-носителя на старте существенно зависит от внутренней наполненности отсека или головного обтекателя, фронта внешнего акустического поля и, как следствие, от угла падения акустических волн на поверхность. Так различия звукоизоляционной способности при диффузном, перпендикулярном и угловом падении волн для одних и тех же панелей отличается на 3 - 8 дБ на разных частотах спектра.

Повышенные виброакустические нагрузки на РН обусловлены, в основном, следующими источниками:

- излучением невозмущенного участка струи;
- взаимодействием сверхзвуковой струи с преградой;
- струей, растекающейся по поверхности лотка на стартовый комплекс.

Их совокупность даёт наиболее полную картину внешнего акустического поля во время старта РН.

В условиях полёта акустическое поле внутри отсеков РН определяется акустическим излучением обечайки РН, возбуждаемой аэродинамическими пульсациями давления. Обечайка выполняет функцию преобразователя энергии аэродинамических пульсаций давления в звуковую энергию, при этом звукоизолирующая способность конструкции существенным образом определяется соотношениями между пространственными масштабами неоднородности, корреляции, конвективным волновым масштабом поля пульсаций давления, длинами изгибных и сдвиговых волн конструкции и скоростями их распространения.

Как показывает практика, эксперименты, проведенные ЦАГИ, давали завышенные данные о звукоизоляции конструкции РН по сравнению с фактической (см. рисунок 1). Испытания проводились в реверберационной камере при диффузном падении акустических волн. Возможно, расхождения связаны с тем, что при реальном старте РН звуковое поле вокруг межбакового отсека не является диффузным. Между тем, расчет по методике изложенной в монографии Боголепова И.И. [1] при угле падения 10^0 к поверхности ракеты-носителя лучше описывает частотную характеристику звукоизоляции панели.

Несмотря на более высокую поверхностную массу головного обтекателя (7,38 кг/м²), по сравнению с межбаковым отсеком (5,5 кг/м²), звукоизоляция его соизмерима и даже ниже. Возможно, это объясняется более интенсивными интерференционными процессами внутри головного обтекателя, так как расстояние между его створкой и поверхностью космического аппарата бывает минимальной (10 - 15 см), в тоже время диаметр межбакового отсека 2,66 м, хотя он плотно заполнен всевозможной аппаратурой.

На рисунке 2 показаны фактические уровни перепадов звукового давления на обечайке головного обтекателя и на разгонном блоке при старте и в зоне максимальных скоростных

напоров. Видно, что на разгонном блоке проявляется эффект демпфирования резонансных

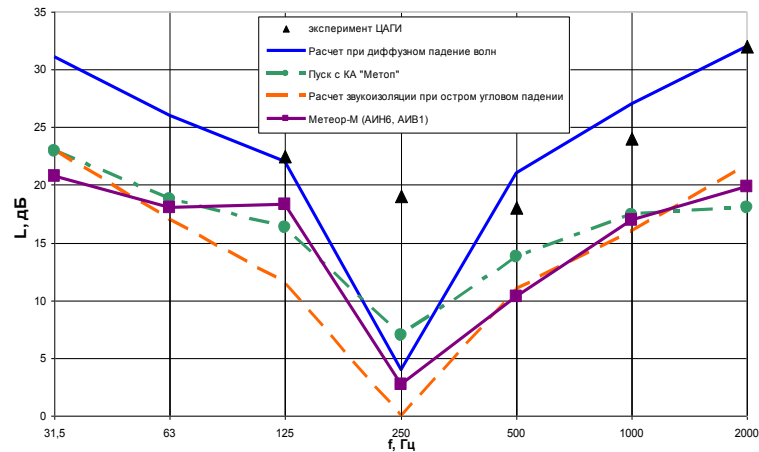


Рисунок 1. Звукоизоляция панелей межбакового отсека III ступени РН "Союз-2" мод колебания как в случае старта, так и в полёте ракеты-носителя.

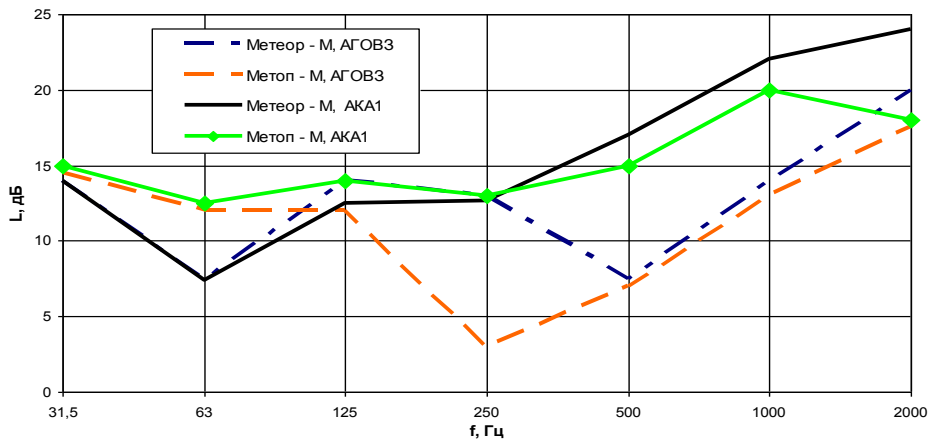


Рисунок 2. Перепады звукового давления на обечайке ГО и на разгонном блоке при старте РН

Как говорилось ранее, снижение акустического нагружения ракеты-носителя, как на старте, так и в полёте является важной задачей. Акустические волны, порождают вибрацию конструкции, приборов и агрегатов ракеты и космических аппаратов. Как показали многочисленные замеры, максимум акустического спектра, как на старте, так и в полёте приходится на частотный диапазон 250-500 Гц. В этом же диапазоне проявляются резонансные явления, как конструкции, так и приборов. Важной задачей является увеличение звукоизоляционной способности панелей головного обтекателя и отсеков ракеты-носителя на частотах 250-500 Гц [2]. Снижение акустического нагружения позволит устанавливать на ракету более широкий спектр приборов и космических аппаратов разрабатываемых в "ЦСКБ-Прогресс". Разработка и применение перспективных лёгких звукоизоляционных материалов и конструкций - важная составляющая при решении этих задач.

Список литературы

1. Боголепов И. И. Промышленная звукоизоляция. – Л.: Судостроение, 1986. – 368 с.
 Gasparov M.S., Igolkin A.A., Kruchkov A.N., Nazarov O.V., Prokofiev A.B., Shakhmatov E.V.
 Application of soundproof structures on the basis of Z-gofer panels to reduce transport noise.
 Proceedings of the 7-th International Symposium "Transport Noise and Vibration", St.Petersburg,
 2004, s2-4.

УДК 621.453

МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЖРДМТ НА САМОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ КОМПОНЕНТАХ ТОПЛИВА

Нигодюк В.Е., Сулинов А.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Жидкостные ракетные двигатели малой тяги (ЖРДМТ) на самовоспламеняющихся компонентах топлива типа несимметричный диметилгидразин (или монометилгидразин) и азотный тетраоксид широко используются в настоящее время в качестве исполнительных органов систем управления космическими аппаратами (КА) для стабилизации, ориентации и коррекции орбиты КА и имеют долгосрочные перспективы применения в будущем.

Анализ показывает, что современным перспективным направлением по созданию ЖРДМТ нового поколения является разработка двигателей малой тяги с минимальными значениями приведенной длины камеры сгорания при обеспечении предельных значений параметров на непрерывном режиме, что должно привести к существенному повышению удельного импульса тяги в импульсном режиме, снижению температуры камеры двигателя, улучшению динамических и экологических характеристик двигателей и повышению их надежности. Реализация данного направления возможна за счет совершенствования организации внутрикамерных рабочих процессов ЖРДМТ.

Ведущую роль в совершенствовании внутрикамерных рабочих процессов ЖРДМТ на самовоспламеняющемся топливе играет организация эффективного экзотермического жидкофазного взаимодействия компонентов [1] при запуске двигателя, его работе в импульсном и непрерывном режимах. Эффективная организация жидкофазного взаимодействия компонентов топлива будет решающим образом обеспечивать интенсификацию протекания последующих процессов преобразования топлива в высокотемпературные продукты сгорания и, как следствие, будет определять высокий уровень динамических и энергетических характеристик двигателя. Повышение надежности связано со снижением тепловых нагрузок к элементам конструкции ЖРДМТ за счет использования жидкофазных промежуточных продуктов взаимодействия компонентов в качестве пристеночного охладителя и одновременного уменьшения длины камеры сгорания двигателя.

С целью уточнения физической модели и определения основных кинетических характеристик процесса преобразования топлива в продукты сгорания при обеспечении жидкофазного взаимодействия самовоспламеняющихся компонентов топлива был проведен в СГАУ комплекс экспериментальных исследований на высотных огневых стендах с использованием опытных ЖРДМТ, специальных модельных установок и проточного реактора с клиновыми смесительными элементами [2].

В результате проведенных экспериментальных исследований [3] были определены верхняя граница периода индукции жидкофазной реакции компонентов топлива, период индукции газофазных реакций промежуточных продуктов, температуры промежуточных продуктов, коэффициент полноты сгорания и степень газификации топлива и их зависимости от полноты жидкофазного смешения компонентов топлива и времени пребывания жидкофазных и газофазных промежуточных продуктов (ЖФПП и ГФПП). Полученные результаты позволяют внести коррективы в существующие физические модели жидкофазного взаимодействия самовоспламеняющихся компонентов топлива и дают информацию, необходимую для моделирования и проведения более точных расчетов при организации эффективного внутрикамерного рабочего процесса ЖРДМТ.

На основании полученных количественных характеристик жидкофазного взаимодействия самовоспламеняющихся компонентов топлива (периодов индукции жидкофазных и газофазных реакций, температур ЖФПП и ГФПП и др.) был предложен ряд

перспективных схем смесеобразования ЖРДМТ для различных уровней тяг: клиновые, струйные, центробежные смесительные элементы. Экспериментальные ЖРДМТ с различными типами клиновых смесительных элементов обеспечивали высокую полноту сгорания топлива (коэффициент полноты расходного комплекса составлял 0,94 – 0,96) при максимальной температуре стенок камеры сгорания на непрерывном режиме работы не более 800 - 1000 °С и приведенной длине камеры сгорания $\leq 0,25$ м.

Перспективным направлением повышения эффективности внутрикамерных рабочих процессов ЖРДМТ можно считать путь использования в двигателях предкамерных устройств [4]. Предкамера дает возможность даже при ограниченном количестве смесительных элементов и малых размерах камеры сгорания, что характерно для ЖРДМТ, управлять рабочим процессом на начальном этапе его протекания: обеспечивать необходимую степень газификации топлива в предкамере, распределять газофазные и жидкофазные промежуточные продукты как по поперечному сечению, так и по длине камеры сгорания, организовывать взаимодействия ГФПП и ЖФПП с целью интенсификации процессов их взаимодействия и преобразования и защиты стенок камеры.

Необходимо отметить, что перспективные для систем управления малых КА ЖРДМТ тягой от 0,4 до 3 Н имеют ряд особенностей по организации внутрикамерных рабочих процессов: наличие одного смесительного элемента, использование в качестве форсунок капилляров с большими относительными длинами, более трудные условия организации тепловой защиты смесительной головки и стенок камеры сгорания. Все это требует учета особенностей внутрикамерных рабочих процессов двигателей такой размерности при организации эффективного жидкофазного взаимодействия компонентов, тепловой защиты смесительной головки и стенок камеры сгорания, снижения тепловых потерь энергии [5].

Список литературы

1. Дубинкин, Ю.М. Проблемы организации рабочего процесса жидкостных ракетных двигателей малой тяги [Текст]/Ю.М. Дубинкин, В.Е. Нигодюк//Известия ВУЗов. Авиационная техника. - 1993. -№ 2. -С. 71...74.
2. Нигодюк, В.Е Проточный реактор как инструмент экспериментального исследования процессов преобразования СЖРТ [Текст]/В.Е. Нигодюк, А.В. Сулинов// Вестник СГАУ. - 2009. -№ 3 (19). –С. 311-315.
3. Нигодюк, В.Е Исследование закономерностей жидкофазного взаимодействия компонентов СЖРТ [Текст]/В.Е. Нигодюк, А.В. Сулинов// Вестник СГАУ. -2009. -№ 3 (19). –С. 316-321.
4. Нигодюк, В.Е Перспективы применения предкамер в ЖРДМТ на самовоспламеняющихся компонентах топлива [Текст]/В.Е. Нигодюк, А.В. Сулинов// Проблемы и перспективы развития двигателестроения/Материалы докладов на международной научно-технической конференции. -Самара: СГАУ. -2009, - Часть 1. -С. 120-122.
5. Нигодюк, В.Е Особенности организации рабочего процесса ЖРДМТ тягой менее 1 Н [Текст]/В.Е. Нигодюк, А.В. Сулинов// Проблемы и перспективы развития двигателестроения/Материалы докладов на международной научно-технической конференции. -Самара: СГАУ. -2009, - Часть 1. -С. 119, 120.

УДК 629.78.05

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ КИСЛОРОДНО-ВОДОРОДНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ И ЖРДМТ НА КОМПОНЕНТАХ $H_2Г + O_2Г$ ДЛЯ МКА

Рыжков В.В., Лапшин Е.А., Силютин М.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Система управления пространственным положением космического аппарата с исполнительными органами, в качестве которых применяются ЖРДМТ, является важнейшей составной частью современного аппарата, в значительной степени определяющая его эффективную работу на орбите.

До настоящего времени для целей управления КА используются двигательные установки с ЖРДМТ на компонентах топлива типа гидразин, НДМГ + АТ и ДУ с электроракетными двигателями.

К побудительным мотивам создания ДУ с ЖРДМТ на продуктах электролиза воды (газообразных кислороде и водороде) следует отнести увеличение доли маломассогабаритных аппаратов (МКА) в орбитальных группировках развитых стран в среднесрочной перспективе и наличие технических предпосылок для разработки автономных устройств электролиза воды с достаточно высоким энерго-массовым совершенством.

Создание бортовой кислородно-водородной ДУ на основе электролиза воды и ЖРДМТ на компонентах $H_2Г + O_2Г$ предполагает решение проблем электролизерной группы (отработку электролизеров с твердополимерным электролитом и получение компремированных газов), а также разработку высокоэффективных ЖРДМТ на газообразных кислороде и водороде.

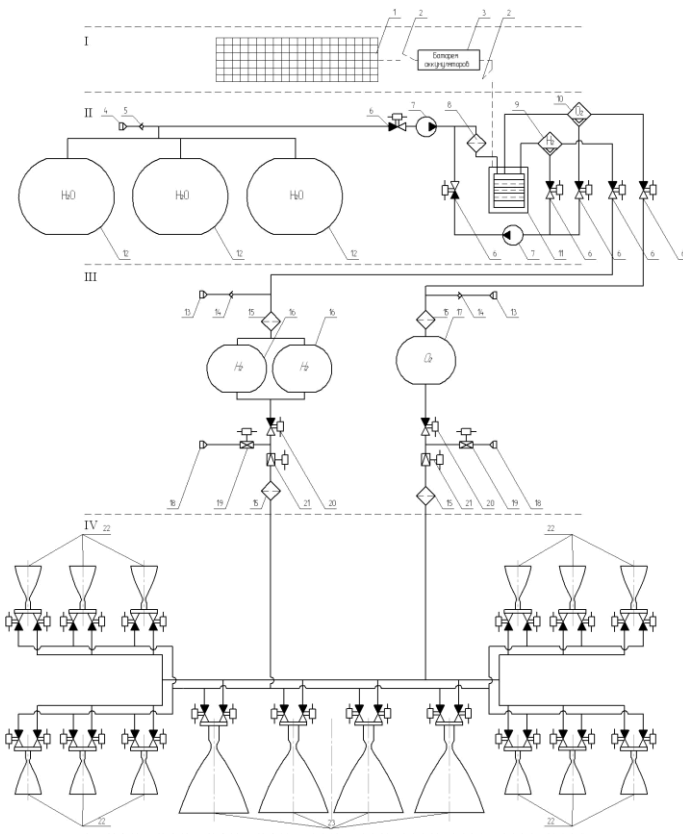
В работе рассматривается принципиальная пневмогидравлическая схема бортовой кислородно-водородной двигательной установки на базе электролиза воды для маломассогабаритного космического аппарата дистанционного зондирования Земли со следующими основными параметрами: суммарный импульс тяги $I_{\Sigma} \sim 7,25 \cdot 10^5$ Нс; энерговооруженность аппарата $W \sim 0,8$ кВт; масса аппарата – $M \sim 1500$ кг; число двигателей $N \sim 16$ (см. рисунок 1).

Отличие двигательных установок базовой (на компонентах топлива АТ + НДМГ) и кислородно-водородной заключается в следующем: за счет применения ЖРДМТ на более высокоэнергетичном топливе масса компонентов (воды) при реализации заданного суммарного импульса существенно меньше; отсутствует необходимость в системе наддува, поскольку используются компремированные газы; дополнительно в составе установки применяется электролизерная группа.

Принципиальным является то обстоятельство, что вопросы энергообеспечения, в первую очередь электролизера, решаются в рамках ресурсов СЭП КА, без увеличения мощности и массы солнечных и аккумуляторных батарей, учитывая циклограмму энергопотребления, суммарное время работы электролизера и возможность циклического заполнения баков $H_2Г$ и $O_2Г$ до требуемого давления.

Расчет массовых параметров кислородно-водородной ДУ на основе электролиза воды и ЖРДМТ на компонентах $H_2Г + O_2Г$ доведен до трех интегральных величин: суммарной массы топлива, массы конструкции ДУ, массы заправленной ДУ, которые в достаточной степени характеризуют совершенство разработки и могут быть использованы в качестве критериев оценки и выбора вариантов.

Отметим, что при одинаковых или близких результатах необходимо привлекать дополнительные критерии. Важными факторами являются также состояние разработок, опыт, экономическая составляющая и некоторые другие.



I – элементы СЭП КА; II – электролизерная группа; III – система хранения и подачи компонентов топлива; IV – корректирующие и управляющие ЖРДМТ

1 – панели солнечных батарей; 2 – транзисторные ключи; 3 – аккумуляторная батарея; 4 – заправочные приспособления для воды; 5 – обратный клапан; 6 – электрогидроклапаны; 7 – электронасосы; 8 – фильтр; 9, 10 – разделители (сепараторы); 11 – электролизер с твердополимерным электролитом; 12 – водяной бак; 13 – заправочные приспособления; 14 – обратные клапаны; 15 – фильтры; 16 – водородные емкости (баки); 17 – кислородная емкость (бак); 18 – дренажные приспособления; 19 – дренажные электропневмоклапаны; 20 – электрогидроклапаны; 21 – электропневмоклапаны; 22 – ЖРДМТ управления (12 шт. по 6 в блоке); 23 – ЖРДМТ корректирующие (4 шт. в блоке)

Рисунок 1. Принципиальная ПГС кислородно-водородной ДУ

Поэлементный расчет массы кислородно-водородной ДУ приводит к следующим результатам: суммарная масса топлива (воды) ~ 176 кг, масса конструкции ДУ ~ 154 кг, масса заправленной ДУ ~ 330 кг.

Это примерно на $\Delta m \sim 65$ кг легче, чем масса базовой ДУ на компонентах НДМГ + АТ, рассчитанная на реализацию заданного суммарного импульса.

В работе создана пространственная электронная модель кислородно-водородной двигательной установки, выполненная в среде программного комплекса «Unigraphics», которая позволяет визуально представить компоновку ДУ МКА и, что более важно, рассмотреть различные варианты её исполнения, а также на базе компоновочной информации и данных инженерной проработки осуществить выбор наиболее рационального проектного облика двигательной установки.

В результате проектно-расчетных работ по оценке энергомассовых параметров кислородно-водородной ДУ на базе электролиза воды и ЖРДМТ на компонентах $H_{2T} + O_{2T}$ для системы управления МКА показана возможность создания конкурентоспособной двигательной установки, имеющей перспективу широкого использования в космических аппаратах различного целевого назначения нового поколения.

УДК 621.9.08

ИМИТАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ ГЕНЕРАЦИИ РАЗРЕЖЕННЫХ ВЫБОРОК КОНТРОЛИРУЕМЫХ ТОЧЕК ПРИ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ

Чевелева А.О., Болотов М.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Работа координатно-измерительной машины (КИМ) основана на координатных измерениях, т.е. на поочередной измерении координат определенного числа точек поверхности детали и последующих расчетах линейных и угловых размеров, отклонений размера, формы и расположения в соответствующих системах координат. Однако количество точек контроля, а точнее машинное время измерения влияет на стоимость операции контроля и, соответственно, на себестоимость детали, пропускную способность машины и другие технико-экономические параметры. Поэтому задача определения методики измерения (МИ), в основе которой лежит определение оптимально минимального количества точек контроля, обеспечивающего достоверную оценку погрешности формы, является обоснованной и актуальной.

С целью оценки методических погрешностей в данной работе создавались алгоритмы имитирования выборки измеряемых точек по детально измеренной поверхности (на основе большого количества точек). Данные алгоритмы позволяют имитировать влияние МИ на погрешность контроля. В качестве детально измеренного образца использовалась пластина размером 34 x 80 мм², прошедшая электро-эррозионную обработку. После обработки пластина приобрела характерную выпуклую форму в срединной части в пределах 0,02мм.

Решение задачи оценки методических погрешностей производилось с помощью метода Монте-Карло, суть которого заключается в имитации процесса измерения. Для его реализации потребовалось создать алгоритмы имитации выборок точек измеряемой поверхности в соответствии с рассматриваемой МИ. Были рассмотрены три варианта алгоритмов генерации точек контроля.

Согласно первому варианту, первые четыре контролируемые точки располагаются близко к углам, пятая – в центральной области образца, все остальные – генерировались случайным образом, с учетом равновероятностного распределения по поверхности образца. Стоит отметить, что данное равновероятностное распределение соответствует реальному распределению точек, которое обеспечивается лишь визуально и в большинстве зависит от контролера. В результате эксперимента получены следующие данные (доля ошибки определения погрешности формы по отношению к его истинному значению и среднеквадратическое отклонение), приведенные на графиках (Рисунок 1).

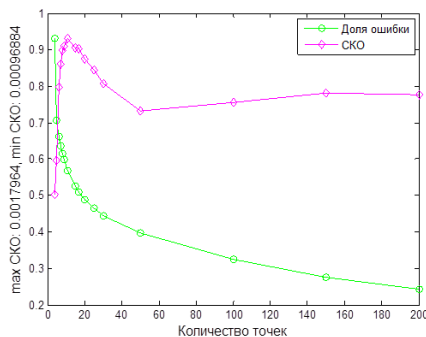


Рисунок 1. График доли ошибки и график СКО (методика 1)

В основе второго варианта лежат рекомендации практического пособия №41 Национальной физической лаборатории «Стратегии измерения на КИМ». В соответствии со вторым вариантом измеряемая плоскость разбивалась на сегменты, близкие по форме к

квадрату и в полученные сегменты вносилось по одной точке. Положение каждой точки определялось случайным образом на основе равномерного распределения. Результаты представлены на рисунке 2.

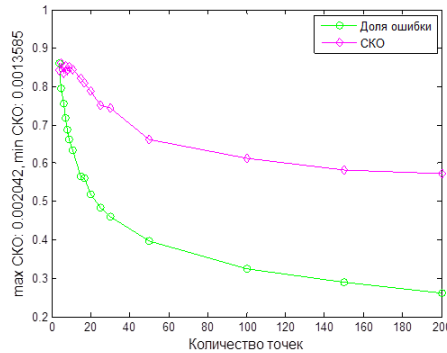


Рисунок 2. График доли ошибки и график СКО (методика 2)

Однако в большинстве случаев области на границе образца не были охвачены при генерации выборок, что противоречит существующей практике измерений. С целью устранения данного недостатка был разработан третий алгоритм.

Третий алгоритм является модификацией второго с поправкой на то, что точки крайних сегментов генерировались на основе распределения Пуассона с математическим ожиданием, приближающим координаты точек к границам образца. Это соответствует реальной практике контроля, поскольку оператор стремится больше охватить плоскость с целью выявления дефектов.

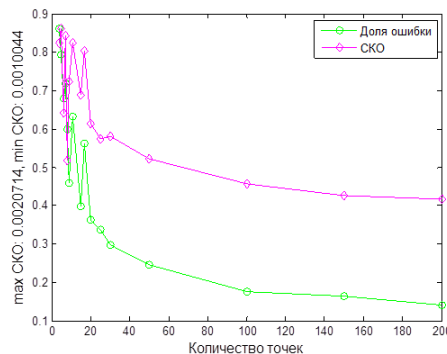


Рисунок 3. График доли ошибки и график СКО (методика 3)

Таким образом, третий вариант алгоритма (Рисунок 3) наиболее приближен к наилучшей реальной практике измерений операторами, что является основанием для его дальнейшего использования при исследовании влияния МИ на погрешность. Как видно из графиков, он дает лучшие оценки погрешностей по сравнению с 1 и 2 методами.

Реализация алгоритмов производилась в системе MATLAB.

СЕКЦИЯ 8

ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

УДК 535.2

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ОТРАЖЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ХРОМА

Агафонов А.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время известен ряд сравнительно дешевых методов изготовления металлизированных шаблонов для производства дифракционных оптических элементов (ДОЭ), основанных на формировании изображения непосредственно в слое рабочего материала, без использования фоторезиста, при помощи локальной обработки материала лазерным излучением (ЛИ) [1]. Эти методы можно разделить на термофизические (рекристаллизация или прямое испарение вещества) и термохимические (окисление) методы. С точки зрения возможности увеличения разрешающей способности более предпочтителен метод термохимического окисления. Он основан на локальном окислении тонких пленок хрома под действием лазерного излучения. Последующее жидкостное травление образца приводит к формированию микрорельефа, за счет существенного различия скоростей травления хрома и его окисных форм.

Использование перспективных, с точки зрения повышения разрешающей способности, тонких пленок (<50 нм), вызывает необходимость более подробного исследования влияния микроструктуры пленки хрома на процесс термохимического окисления, в том числе на оптические свойства материала пленки, определяющие поглощение ЛИ.

Исследование коэффициента отражения пленок хрома проводилось на спектрофотометре Shimadzu UV 3600. Были получены спектры отражения от образцов пленок, с параметрами, приведенными в таблице 1.

Таблица 1. Параметры образцов для исследования оптических свойств

Номер образца	Стадия	Размер кристаллита, нм	Толщина, нм
1	До лазерной обработки	Квазиаморфная пленка	≈80
2	До лазерной обработки	≈25 нм	≈80
3	После лазерной обработки	Квазиаморфная пленка	≈80
4	После лазерной обработки	≈25 нм	≈80

Результаты измерений приведены на рисунках 1,2.

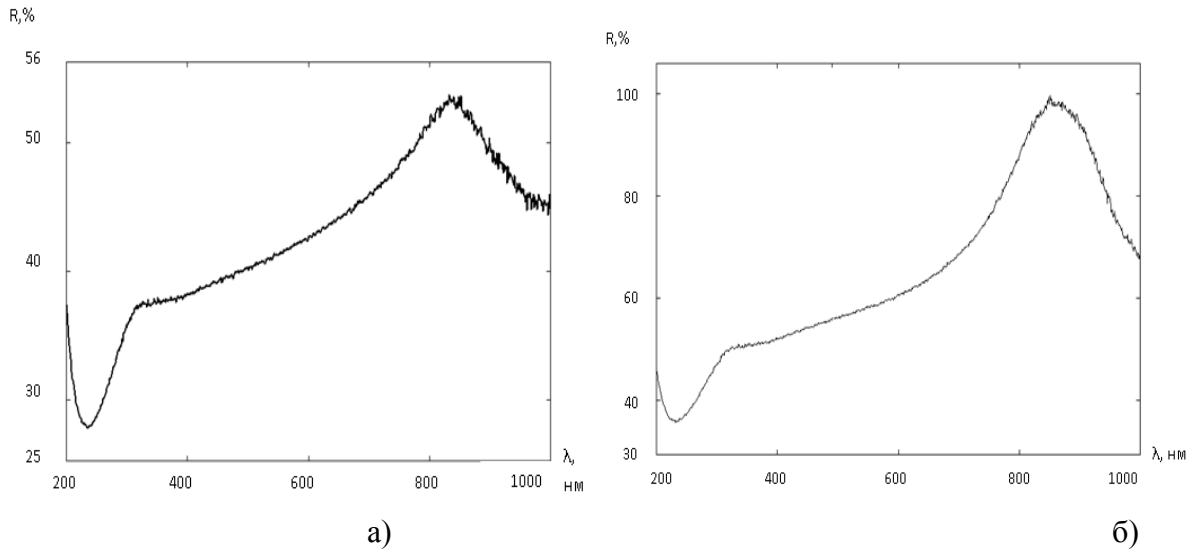


Рисунок 1. Спектры отражения до лазерной обработки а) квазиаморфная пленка, б) кристаллическая пленка.

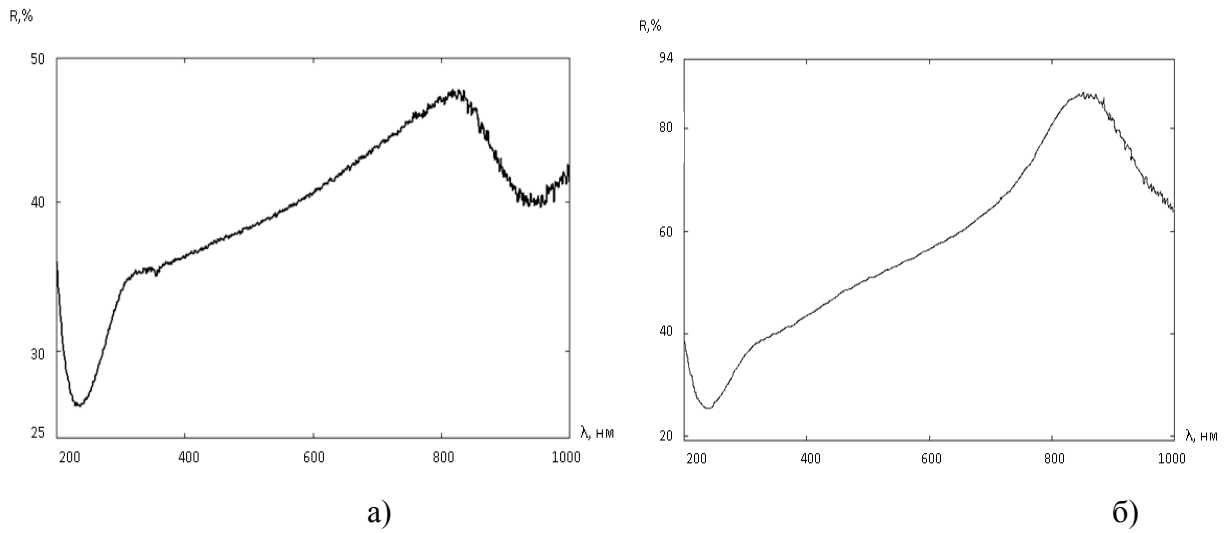


Рисунок 2. Спектры отражения после лазерной обработки а) квазиаморфная пленка, б) кристаллическая пленка

Полученные данные хорошо согласуются с имеющимися в литературе [2]. Падение коэффициента отражения после лазерной обработки объясняется частичным окислением пленки хрома. При больших значениях мощности записи ($>80\% R_{кр}$, где $R_{кр}$ – мощность ЛИ, при которой начинается активное плавление хрома) наблюдается резкое изменение коэффициента отражения квазиаморфных пленок (рисунок 3).

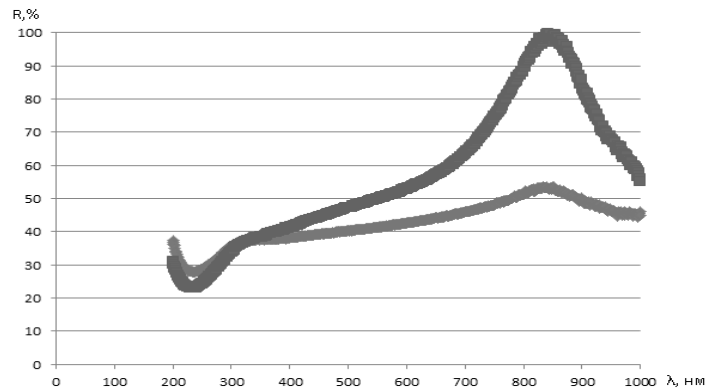


Рисунок 3. Коэффициент отражения квазиаморфной пленки после обработки лазерным излучением большой

мощности. Нижняя кривая – до лазерной обработки, верхняя кривая – после лазерной обработки.

Подобное изменение коэффициента отражения, по мнению автора, является следствием рекристаллизации квазиаморфной пленки хрома и ее перехода в кристаллическое состояние, что хорошо согласуется с результатами опытов по определению размеров кристаллитов [3]

Таким образом, в результате проделанной работы:

1. Определены экспериментальные зависимости коэффициента отражения пленок хрома различной микроструктуры, как до лазерной обработки, так и после нее.
2. Показано влияние характерного размера кристаллитов и соотношения оксид/металл на спектры отражения тонких пленок хрома.

Список литературы:

1. Veyko V.P., Shakhno E.A., Poleshchuk A.G., Korolkov V.P., Matyzhonok V. Local Laser Oxidation of Thin Metal Films: Ultra-resolution in Theory and in Practice// JLMN-Journal of Laser Micro/Nanoengineering Vol. 3, No. 3, 2008 pp. 201-205
2. Вейко В.П., Либенсон М.Н., Червяков Г.Г., Яковлев Е.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Силовая оптика – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 – 312 с.
3. Агафонов А.Н. Исследование параметров микроструктуры пленок хрома и их влияния на результаты локального термохимического окисления под действием лазерного излучения, Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики № 5 (69)/САНКТ-ПЕТЕРБУРГ: ИТМО, 2010, с. 17-21.

УДК 535.3; 574.21

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОПТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ХВОИ И КОНЦЕНТРАЦИИ СО

Алембеков С.В., Золотухина А.Д., Тимченко Е.В., Захаров В.П.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

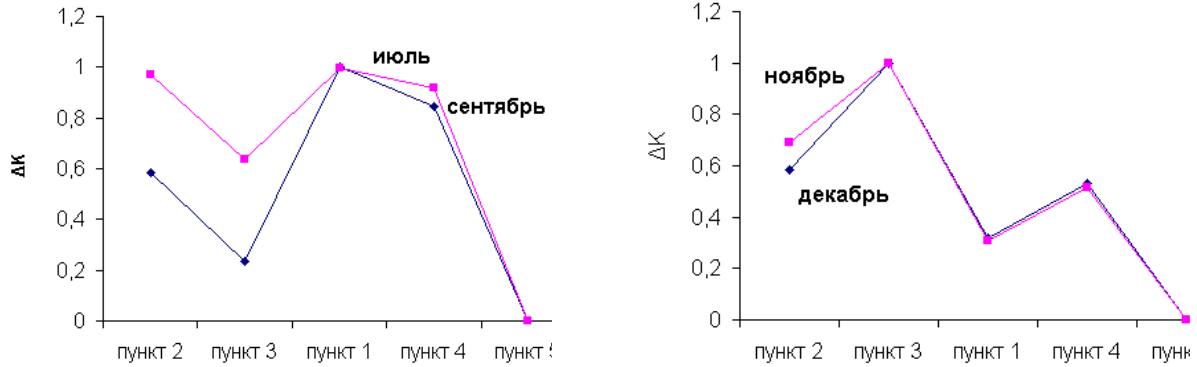
Бурный рост промышленности и автотранспорта ведет к значительному загрязнению природной среды, в первую очередь атмосферы. Глобальное воздействие на природную среду оказывает углекислый газ (СО₂), высокие концентрации которого преимущественно локализованы вблизи основных автомагистралей. Ввиду способности аккумулировать атмосферные загрязнения, древесные культуры являются эффективными маркерами экологического состояния городских биоценозов, которые в отличие от традиционного способа измерения концентраций загрязнителей выражают резистивные функции биологической среды на внешнее воздействие, включающее в себя множественные факторы и типы загрязнителей, а оптические характеристики древесных культур могут служить количественной мерой состояния окружающей среды. В качестве основного метода контроля использовался метод дифференциального обратного рассеяния. Целью работы являлось установление взаимосвязи и исследование динамики оптических характеристик хвои и концентрации СО₂.

Объектом исследования являлась ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) Karst.). Выбор представителей семейства сосновых в качестве объекта исследований обусловлен их широкой распространенностью и возможностью круглогодичного использования. Сбор образцов осуществлялся в 5 пунктах города Самары, расположенных вдоль основной

автомагистрали – улицы Московское шоссе. Пункт 5 располагался в зеленой зоне (п. Управленческий) и использовался в качестве контрольного.

Спектральная плотность интенсивности обратного рассеяния измерялась с использованием специализированного экспериментального стенда, включающего в себя источник диагностического излучения, волоконные оптические системы и спектрограф 303i, с последующей автоматизированной обработкой результатов экспериментов.

На рисунке 1 представлены зависимости изменения оптического коэффициента ΔK от различных пунктов контроля, находящихся в различных экологических условиях.



а)

б)

Рисунок 1. Зависимости оптического коэффициента ΔK для ели от различных пунктов контроля: 1 - пл. Революции, 2 – Автовокзал, 3 – З. Тарасова, 4 – Кирова/Московское, 5 – п. Управленческий

Согласно полученным данным (рисунок 1, а, б) видно, что изменение оптического коэффициента ΔK в зависимости от пунктов контроля в различные периоды вегетации ели имеют разные тенденции. Это связано в первую очередь с тем, что в «зимний» период (рис.1, б) происходит накопление хлорофилла, что в свою очередь приводит к изменению оптического коэффициента ΔK , а в более загрязненных районах города (пункты 1-2) накопление CO происходит значительно быстрее за счет того, что в данных районах высокие концентрации CO участвует в образовании хлорофилла.

Поэтому, при исследовании оптических характеристик ели и воздействия на него CO необходимо учитывать вегетационный период данного типа древесного растения.

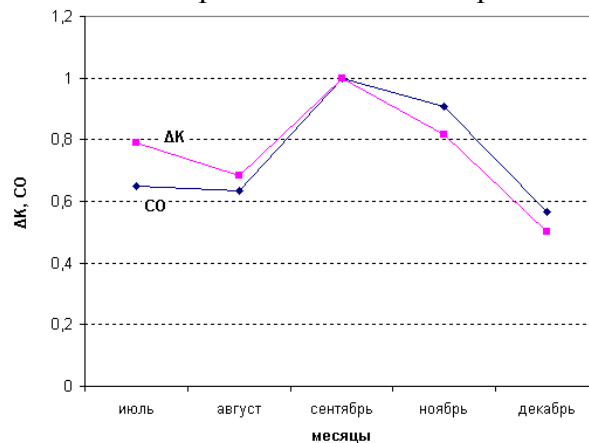


Рисунок 2. Зависимость дифференциального оптического коэффициента ΔK и CO от времени для ели

Из рисунка 2 видно, что оптический коэффициент ΔK согласуется с атмосферным загрязнителем CO . Таким образом, установлена функциональная связь оптического коэффициента ΔK и концентрации атмосферного загрязнителя CO . Следовательно, с помощью данного оптического коэффициента, можно судить об экологических изменениях, происходящих в различных пунктах города Самары.

УДК 535.3; 533.9.01

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПЛАЗМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ГАЗОВОГО РАЗРЯДА МЕТОДОМ ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ И ВЛИЯНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОДНОИМЕННО ЗАРЯЖЕННЫХ ЭЛЕКТРОДОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ РАЗРЯДОВ

Богданов Д.Д., Тимченко П.Е., Ивченко А.В., Захаров В.П.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Преимуществом использования газоразрядной плазмы для воздействия на поток является разнообразие форм и условий организации газового разряда, достаточная простота конструкции газоразрядных установок и быстрота воздействия на течение. Поверхностные разряды позволяют направленно воздействовать на пограничный слой вблизи обтекаемых поверхностей. Для определения наиболее эффективных режимов управления потоком необходимо проведение исследований, обеспечивающих определение оптимальных режимов развития разряда в потоке газа, анализ кинетических процессов в плазме разряда, изучение влияния разряда на локальную структуру течения (зоны отрыва, скачки уплотнения). Целью работы является исследование кинетики плазмы незавершённого поверхностного разряда и взаимодействия поверхностных разрядов при различном расстоянии между одноименно заряженными электродами.

Для решения поставленной задачи был создан экспериментальный стенд, включающий систему возбуждения поверхностного незавершённого разряда в воздухе атмосферного давления и систему регистрации эмиссионных спектров на основе спектрографа Shamrock sr-303i с интегрированной камерой DV-420A (рисунок 1а).

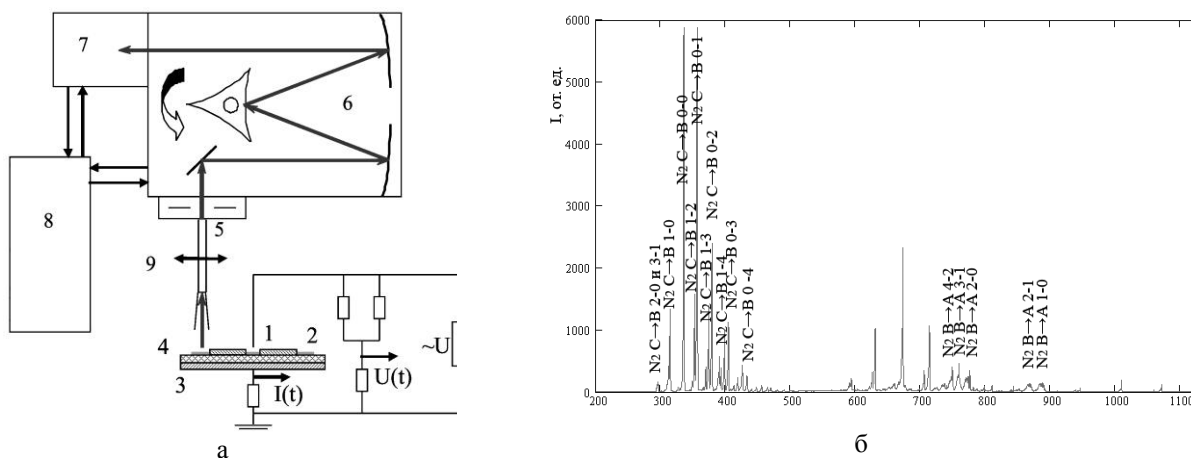


Рисунок 1. а - Схема установки: 1 – электроды, 2 – пластина из диэлектрика, 3 – заземлённый экран, 4 – плазма незавершённого высокочастотного разряда, 5 – приёмное волокно, 6 – спектрограф Shamrock sr-303i, 7 – цифровая камера ANDOR DV-420A-OE, 8 – компьютер, 9 – транспортёр; б - эмиссионный спектр плазмы незавершённого разряда в воздухе.

В ходе экспериментов были получены спектры излучения плазмы (рисунок 1б), в которых преобладают линии переходов молекулы и иона азота. Так же было выявлено, что характеристики плазмы меняются при изменении расстояния между электродами. При сближении электродов уменьшение максимумов интенсивности в межэлектродной области начинается с 5-7 мм и при 4 мм они сливаются, а при расстоянии 0,5 мм максимум в центральной зоне при заданном уровне напряжения уменьшается, а затем исчезает вовсе. Установлено, что при частоте следования импульсов 8 кГц плазма разряда характеризуется локальным равновесием колебательных состояний уровня $S^3\Pi_u$ с температурой

$T_{vc} = 2250_{-75}^{+75} K$ (рисунок 2), а состояния, соответствующие 1^+ и 1^- полосам азота, являются термодинамически неравновесными.

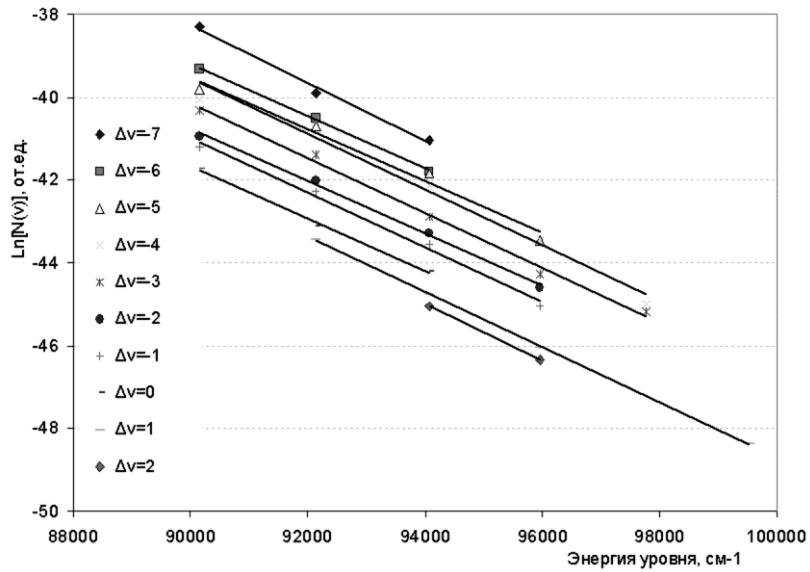


Рисунок 2. Приведенные населённости колебательно-возбуждённых уровней электронного состояния $N_2(C^3\Pi_u)$ в зависимости от энергии уровня.

Колебательная температура на внешней кромке практически не меняется, уровень С является равновесным, в центре же при расстоянии 1 мм наблюдается небольшое увеличение температуры и изменение относительной интенсивности ряда линий (рисунок 3).

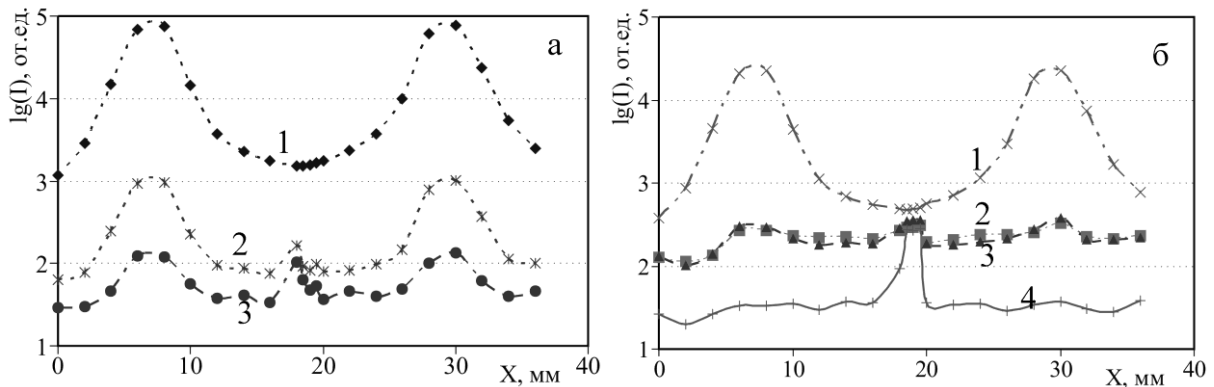


Рисунок 3. График зависимости $I(x)$ на длинах волн 337 (а-1), 811.5 (а-2), 1014 (а-3), 674 (б-1), 546 (б-2), 611 (б-3), 912 (б-4) нм для пластины с расстоянием 1 мм между электродами

УДК 537.52

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ РОТОРНЫХ СИСТЕМ С ГАЗОРАЗРЯДНЫМ ПРИВОДОМ

Журавлев О.А., Ивченко А.В., Стрельников А.Ю.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Распределенные газовые разряды являются традиционными источниками низкотемпературной плазмы как активной среды рабочих камер широкого класса электроионизационных и газоразрядных лазеров. Однако в последние годы возрос интерес к возбуждению газовых разрядов непосредственно в атмосфере на различных высотах от поверхности Земли [1]. Другим, близким по профилю ВУЗа, направлением является применение газового разряда в плазменной аэродинамике [2].

Представленная работа посвящена актуальной задаче совершенствования устройства энергетической механизации крыла на основе вращающегося цилиндра [3]. Для снижения весогабаритных характеристик цилиндра в составе закрылка, а также уменьшения его гироскопического эффекта впервые рассматриваются вопросы создания лабораторной модели газоразрядного привода на основе барьерной короны постоянного тока [4]. При этом газовый разряд привода используется также для формирования приповерхностного потока электрического ветра, как дополнительного механизма предотвращения отрыва пограничного слоя при ограниченной скорости вращения цилиндра. Параллельно решается задача применения газового разряда привода для создания бортового генератора озона, обеспечивающего восстановление (защиту) озонового слоя Земли.

В процессе исследований была проведена осциллографическая регистрация генерируемых разрядом импульсов тока, получены спектральные характеристики излучения плазмы однородного поверхностного разряда, как формы биполярной короны, анализируются сравнительные картины распространения ионной струи вблизи движущейся поверхности ротора. В работе приводятся экспериментальные характеристики созданной модели роторной системы с газоразрядным приводом, работающей в составе физиотерапевтического генератора озона. Кроме этого даны вольтамперная и скоростная характеристики газоразрядного привода лабораторной модели полноразмерного цилиндра, полученного для оптимизации параметров газового разряда и исследования процессов взаимодействия движущейся поверхности с газовым потоком. Разработана схема модели закрылка-озонатора с вращающимся цилиндром, имеющая сектор 65° для проведения аэродинамических испытаний. Разработанный газоразрядный привод может найти применение также в бытовых системах экологического назначения (вентиляторах, озонаторах, ионизаторах и т.д.).

Список литературы

1. Батанов Г.М., Косый И.А., Силаков В.П. Газовый разряд в атмосфере как средство улучшения ее экологических характеристик//Физика плазмы, 2002. Т. 28, №3. – С. 229 – 256.
2. Скользящий электродуговой разряд как способ управления траекторией полета летательного аппарата/ В.В. Аксенов, В.В. Голуб, С.А. Губин и др.// Письма в ЖТФ, 2004. Т. 30, №20. – С. 62 – 68.
3. Чжен П.П. Управление отрывом потока. – М.: Мир, 1979. – 352 с.
4. Барьерная корона постоянного тока: процессы формирования и примеры применения/ О.А. Журавлев, А.В. Ивченко, И.А. Бакулин, А.Ю. Стрельников; Под редакцией В.П. Шорина. – Самара: СГАУ, 2010. – 184 с.

УДК 535.3

ПРИМЕНЕНИЕ КОНФОКАЛЬНОЙ ЛАЗЕРНОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СЕТОЧНЫХ ЭКСПЛАНТАТОВ

Захаров¹ В.П., Белоконев² В.И., Братченко¹ И.А., Тимченко¹ П.Е., Пономарева² Ю.В., Хонгкуй Ю²

¹Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

²Самарский государственный медицинский университет

Использование различных по химическому составу заменителей тканей не только определяет срок службы устанавливаемых эксплантатов, но и способно варьировать приживаемость протезирующих материалов в различных тканях организма. Микроскопическое строение эксплантата обуславливает возможности сращивания со средой, в различных случаях активизируя или, наоборот, замедляя процессы образования новых клеток тканей в областях вживления протезирующих материалов, что изменяет физико-химическое состояние ткани, окружающей эксплантат. Одной из основных целей применения эксплантатов является целенаправленное формирование и восстановления мышечных тканей, предотвращение хаотического и неупорядоченного роста клеток и образование фиброзных тканей.

Исследование возможностей приживаемости различных моделей эксплантатов позволяет не только обеспечить контроль эксплантатов и процесса трансплантации, но и служит инструментом для выработки научно-обоснованной эффективной методики их применения. А для медицинских технологий, использующих временную установку эксплантатов с целью формирования нарастающих тканей, исследование приживаемости эксплантатов может применяться как инструментальное средство определения и индивидуализации срока использования данного эксплантата.

Целью данной работы является изучение особенностей применения метода конфокальной лазерной микроскопии в герниологии, определение закономерностей, проявляющихся при изменении свойств сеточных протезов различной формы, плетения и химического состава в ходе сращивания с тканями организма, выявление возможностей детектирования различных патологий раневого процесса, появляющихся в зоне эндопротеза.

Использование конфокальной флуоресцентной микроскопии обеспечило решение проблемы микроскопического контроля эксплантатов: высокое разрешение микронеоднородностей поверхности протезов в области взаимодействия эксплантата с тканью позволяет определенно судить о состоянии зоны инкапсуляции на различных стадиях сращивания, что в свою очередь позволяет делать выводы об успешности применения тех или иных видов эксплантатов в операциях трансплантологии. Конфокальная лазерная система была собрана на основе инвертированного оптического микроскопа Olympus IX71 со сканирующим модулем Yokogawa® CSU-X1, работающим по принципу диска Нипкова. В качестве лазерного источника использовался модуль ALC-400 с волоконным акустооптическим управлением излучением твердотельных DPSS лазеров с длинами волн возбуждения 488 и 532 нм. Регистрация изображений осуществлялась с помощью EMCCD камеры Andor iXONEM и программного обеспечения Andor iQ. Данная система обеспечивала регистрацию до 2000 оптических срезов в секунду при поперечном и продольном разрешении 800 нм.

В ходе проведения исследований для двенадцати образцов эксплантатов, применяемых в герниологической практике, установлено, что существенное влияние на вероятность развития рецидивов в герниопластике может оказывать состояние поверхности сеточных имплантатов и дефектов их плетения. Причем с увеличением размеров, количества и плотности микродефектов возможно качественное изменение микротравмы – образование

люфта вблизи поверхности имплантата. С целью исключения данных эффектов и развития патологий следует проводить предоперационный микроскопический контроль имплантатов.

Показано, что конфокальная лазерная микроскопия позволяет производить всесторонний контроль состояния сеточных эксплантатов вне организма, определяя наличие неоднородностей плетения эксплантата, а также позволяет производить диагностику тканей организма в зоне инкапсуляции.

Для оценки возможности визуализации эндопротеза в тканях организма оптическими методами были проведены модельные эксперименты на основе метода Монте-Карло. Данные моделирования показали, что послеоперационный контроль и мониторинг заживления раневого процесса и инкапсуляции эндопротеза возможен с помощью методов дифференциального обратного рассеяния с глубиной их визуализации вплоть до пяти миллиметров.

Разработанные методики позволяют производить всесторонний контроль операции трансплантологии и постоперационной диагностики состояния как тканей организма, так и устанавливаемого эксплантата. Контроль микроскопического строения сеточных протезов позволяет производить отсеивание образцов, не соответствующих требованиям, предъявляемым к эксплантатам при проведении операций трансплантологии.

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (2009-2013гг.).

УДК 535.3; 556

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СПАВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА БИОСРЕДУ

Захаров В.П., Тимченко Е.В., Тимченко П.Е., Золотухина А.Д., Алембеков С.В.
Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

В настоящее время в связи с увеличением ассортимента химическо-бытовой продукции, активной добычи полезных ископаемых увечилось содержание синтетически активных поверхностных веществ и тяжелых металлов, которые в свою очередь приводят к накоплению высокой концентрации и нарушению жизненных механизмов гидросферы.

Контроль гидросферы может вестись на основании спектрального анализа водных растений, прежде всего водорослей. Также исследование оптического состояния растений на микроскопическом уровне позволяет понять глубинные процессы, протекающие во всех слоях исследуемого растения, понять механизмы накопления антропогенных веществ в биообъектах. С этой точки зрения крайне важным является исследование микроструктурных изменений биообъектов под влиянием антропогенных факторов окружающей среды. Последние, в свою очередь, должны приводить к изменению концентрации хлорофилла в тканях растений, а следовательно к изменению оптических свойств биосреды, спектральных коэффициентов поглощения и рассеяния, а также эффективности флуоресценции.

В качестве объекта исследования был использован пресноводный макрофит Элодея бразильская (*Elodea Brazilian*, *Egeria densa*). В ходе эксперимента растения были разделены на 6 групп. Контрольная группа растений находилась в среде фильтрованной водопроводной воды, две опытные помещались в водные растворы соли нитратного кадмия с концентрациями 100 и 10 мг/моль соответственно, другие три – в водные растворы общедоступного СПАВ с концентрациями 0,2, 0,02 и 0,002%. Опыт проводился в

лабораторных условиях в резервуарах с водой, отгороженных от внешнего воздействия, и при постоянной интенсивности и регулярности светового потока.

В качестве основных методов контроля были использованы методы дифференциального обратного рассеяния и конфокальной лазерной микроскопии.

На рисунках 1, а и 2 представлены данные по влиянию различных концентраций СПАВ и тяжелых металлов на содержание хлорофилла и изменение оптического коэффициента.

Первая группа растений, выращиваемых в среде с очень высокой концентрацией СПАВ, к концу эксперимента практически утрачивала пигменты, что отчетливо отражалось на изменении оптического коэффициента. Аналогичный результат был получен с помощью метода конфокальной микроскопии на рисунке 2. Из рисунка 2, а видно, что при высокой концентрации СПАВ (0,2%) наблюдается практически полное исчезновение молекул хлорофилла по сравнению с наименьшей концентрацией СПАВ (0,002%) и контрольным образцом.

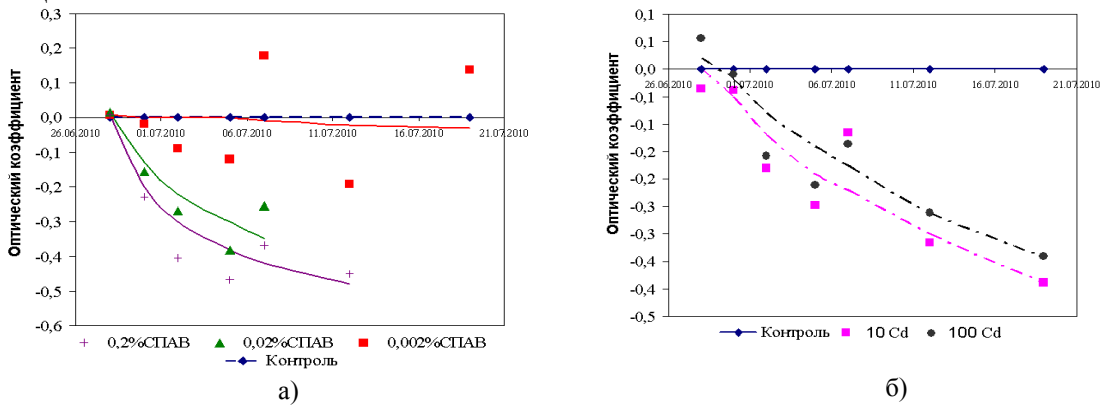


Рисунок 1. Зависимость оптического коэффициента от времени: а) для различных концентраций СПАВ; б) с различным содержанием кадмия

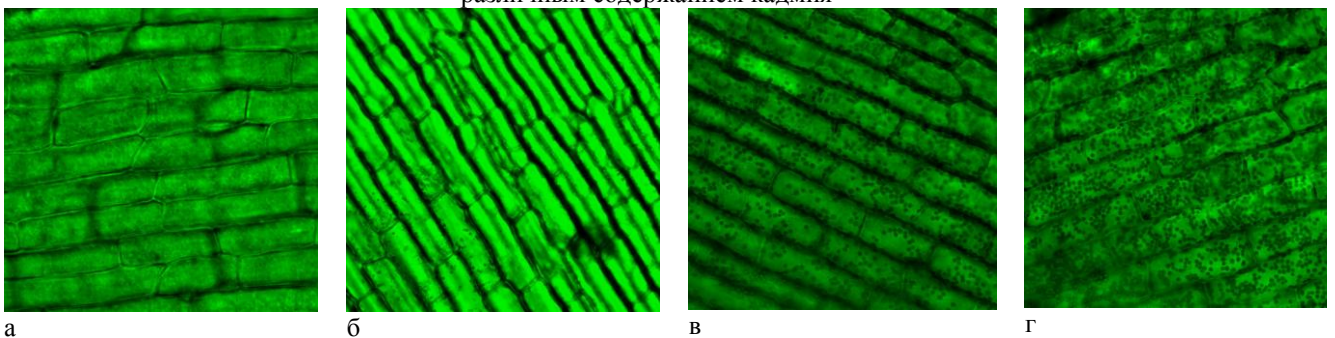


Рисунок 2. Изображения локализации молекул хлорофилла при добавлении СПАВ и контрольный образец, полученные методом конфокальной микроскопии: а – 0,2%; б – 0,02%, в – 0,002%, г – контроль

Результаты по влиянию ионов кадмия на изменение оптического коэффициента представлены на рисунке 1, б. Видно, что ионы кадмия практически не вносят вклад в изменение оптического коэффициента и соответственно и на содержание хлорофилла.

В результате проведенных исследований были установлены функциональные зависимости оптического коэффициента от концентрации СПАВ и тяжелого металла, на примере ионов кадмия.

УДК 620.1.08

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТЕОРИИ МАССОПЕРЕНОСА В ЖИДКИХ ФОТОПОЛИМЕРИЗУЮЩИХСЯ КОМПОЗИЦИЯХ С ПОМОЩЬЮ ИК-ФУРЬЕ МИКРОСКОПИИ

Володкин Б.О., Соловьев В.С., Волков А.В., Старожилов А.Е.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В работе показана возможность определения с помощью ИК-фурье спектроскопии пространственной конверсии полимера в слое жидкой фотополимеризующейся композиции. В результате пространственной модуляции степени конверсии полимера в слое жидкой фотополимеризующейся композиции, инициируется диффузионный процесс, приводящий к массопереносу и образованию рельефа на поверхности образца. Предлагается методика экспериментальной проверки теории массопереноса, основанная на измерении спектра поглощения пленки фотополимеризующейся композиции в различных участках поверхности с помощью ИК-фурье спектроскопии.

Жидкие фотополимеризующиеся композиции (ЖФПК) были использованы для создания различных элементов дифракционной оптики [1-7]. Основным достоинством формирования дифракционно-оптических элементов (ДОЭ) на основе ЖФПК является возможность создания микрорельефа с непрерывным профилем необходимого для эффективной работы дифракционных оптических элементов. Подробно о технологии создания элементов дифракционной оптики на основе ЖФПК написано в работах [4, 7]. В предыдущих работах [4-7] было показано, что диффузия мономеров в пленках может приводить к явлению направленного массопереноса вещества. Это явление позволяет теоретически описать экспериментально наблюдающееся формирование пространственно-неоднородного рельефа пленки в предварительно засвеченных образцах ЖФПК.

Рельефообразование при синтезе ДОЭ на основе ЖФПК происходит за счет массопереноса олигомера из области с низкой конверсией полимера (не засвеченная через фотошаблон) в область с высокой конверсией полимера (засвеченная через фотошаблон). Определение механизмов ответственных за массоперенос и их параметров является ключевым фактором совершенствования данной технологии. Предложенная нами теоретическая модель дает возможность оптимизировать выбор материалов и условий синтеза дифракционных оптических элементов. Определение степени конверсии полимера в слое жидкой фотополимеризующейся композиции (ЖФПК) и ее пространственного распределения по поверхности полимера является ключевым элементом в определении параметров происходящего диффузионного процесса, приводящего к рельефообразованию в слое ЖФПК. Фотография ДОЭ, полученного на основе ЖФПК представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Фотография ДОЭ, полученного на основе ЖФПК

Нами предложена методика определения распределения степени конверсии полимера в слое ЖФПК с помощью определения относительной интенсивности характерных линий поглощения двойных связей олигомера по которым идет радикальная полимеризация.

Список литературы

1. Соловьев В.С., Бойко Ю.В.. Получение элементов компьютерной оптики на жидких фотополимеризующихся композициях. // Компьютерная оптика.– М.: МЦНТИ, 1990. – Вып.8. - С.74 - 76.
2. Киреев В.Ю. Данилин Б.С. Кузнецов В.И. Плазмохимическое и ионно-химическое травление микроструктур М.: Радио и связь, 1983. 128 с.
3. Donald Sweeney and Gory. Sommorgeren Hormonic diffractive leenes. // Applied Optics, 1995. V.34, № 14, p. 2469-2476.
4. Карпеев С.В., Соловьев В.С. Методы получения рельефных изображений с непрерывным профилем // Компьютерная оптика, 1989. № 4. с. 60-61.
5. Соловьев В.С., Волков А.В., Сойфер В.А., Казанский Н.Л. Способ создания поляризующей ячейки // Решение о выдаче патента на изобретение от 22 марта 2005 года по заявке № 2004107801/28(008301) от 16.03.2004.
6. В.С. Соловьев, В.А. Сойфер, И.Н. Сисакян, Ю.Б. Бойко, В.М. Гранчак и И.И. Дилунг. А.С. 1624864 СССР, МКИ В 29 Д 11/00 Способ изготовления рельефно-фазовых фокусирующих элементов.
7. Yuri B.Boiko, Vladimir S.Solovjev, Sergio Calixto and Daniel-Joseph. Lougnot. Dry photopolymer films for computer -generated infrared radiation focusing elements. Applied optics. 10 February 1994. 33. №.5. 787-793.

УДК 620.1.08

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Гришанов В.Н., Ойнонен А.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Свет, используемый в качестве носителя информации в лазерных системах измерения геометрических параметров (ЛСИГП), имеет ряд преимуществ по сравнению с физическими носителями иной природы: а) бесконтактное восприятие информации исключает воздействие на измеряемый объект; б) высокое техническое совершенство средств прямого и обратного преобразований оптических и электрических сигналов обеспечивает высокую точность и производительность измерений; в) благодаря незначительной чувствительности к внешним магнитным и электрическим полям достигается высокая помехозащищенность оптических каналов передачи информации г) возможно двух и трехмерное структурирование изображений. Основными измерительными задачами, которые встают в процессе сборки космических аппаратов, являются контроль размеров и формы отдельных элементов, а также проверка взаимного расположения элементов изделия.

Классическим способом контроля взаимного расположения элементов конструкции космического аппарата является использование шаблонов. Способ прост, достаточно надёжен и отработан, однако имеет ряд принципиальных недостатков. На каждую группу контролируемых элементов требуется изготавливать свой шаблон, что в ряде случаев весьма затратно и трудоёмко. Эта технология не показывает величину отклонения от требований,

заложенных в конструкторской документации. Также появляются неудобства при изменении конструкции изделия. Проблематично использование контактных способов измерений и при проведении термовакуумных испытаний.

Современные ЛСИГП подобных недостатков лишены. Универсальность лазерных измерительных инструментов обеспечивает гибкость технологического процесса, и позволяет отказаться от использования шаблонов. В дополнение ко всему, они выдают количественные значения отклонений параметров от номинальных величин. Это позволит накапливать статистические данные, использование которых в работе предприятия может быть весьма полезным. Например, на основе этой информации можно выявить износ оборудования, на котором изготавливаются части элементов конструкции. Ещё одно преимущество измерений на изображениях обусловлено компактностью современных цифровых фото- и телекамер, т.е. источников измерительной информации. Оно состоит в том, что цифровые датчики изображений легко приблизить к измеряемому объекту, в отличие от, например, координатно-измерительных машин, действие которых предполагает размещение измеряемого объекта на их столе. Наконец, при наличии окон в термовакуумных камерах с помощью ЛСИГП легко решаются проблемы деформационных измерений в процессе термовакуумных испытаний.

В практике дистанционного контроля геометрических параметров наибольшее распространение получили лазерные трекары, лазерные радары, лазерные сканеры, электронные тахеометры. Причём внутри каждого класса рассматриваемых устройств существует деление на подклассы в зависимости от дистанции, на которой возможно проведение измерений, максимально допустимым погрешностям, скоростям получения измерительной информации и т.п. Здесь также возникают задачи оптимального выбора измерительной аппаратуры для решения метрологических проблем производства космических аппаратов. Выбранная система параметров должна гарантировать идентификацию и локализацию возникающих ошибок с помощью имеющихся средств автоматического контроля. Существенное снижение затрат на выполнение операций автоматического контроля может быть обеспечено за счет рационального выбора места этих операций в технологической цепочке, в структуре производственной ячейки или производственного участка, что, как правило, и является целью и результатом специальных исследований. Внедрение ЛСИГП возможно без коренной модернизации технологии производства космических аппаратов.

ЛИСГП могут функционировать на различных принципах, в реализации которых преобладают те или иные свойства лазерного излучения, обусловленные его когерентностью. Монохроматичность используется для защиты от фонового излучения, направленность, благодаря концентрации энергии, позволяет проводить измерения на протяжённых трассах, пространственная и временная когерентности лежат в основе разнообразных интерференционных схем измерения. Использование коротких и сверхкоротких лазерных импульсов подсветки сводят многие задачи динамических измерений к статическим, устраняя влияние вибраций и смещений объекта. Управление параметрами излучения как в пространственной (структурированные лазерные пучки), так и временной (длительность импульсов, частота электромагнитной волны) способствует дальнейшему расширению спектра дистанционных бесконтактных методов измерения геометрических параметров изделий.

Основные проблемы в практике комплексного применения ЛИСГП, основанных на обработке изображений состоят в оценке их метрологических характеристик с учетом используемых алгоритмов извлечения измерительной информации из изображений и структуры поля излучения, выявлении информационного потенциала пространственной структуры поля зондирующего лазерного пучка и априорной информации о топологических свойствах объекта измерения, в разработке методов экспериментального подтверждения метрологических характеристик и тестирования программного обеспечения.

В области измерений линейных размеров корпусных изделий аэрокосмического назначения с характерной длиной $\sim 1 \dots 10$ м и допустимыми погрешностями $0,01 \dots 1$ мм (фюзеляж, космические аппараты, разгонные блоки, обтекатели и т.п.) оптимальным сочетанием рабочих дистанций, погрешностей измерений и их производительности в настоящее время обладают лазерные компьютеризированные системы типа FARO Laser Tracker, MV200 и т.п. Они имеют рабочую зону измерений в линейной мере до 100 м, а в угловой: 270° по азимуту и не менее $\pm 50^\circ$ по углу места. Погрешности измерения расстояний на дистанциях ~ 1 м составляют 10 мкм и приблизительно пропорционально увеличиваются до 100 мкм на дистанциях ~ 10 м. Встроенная метеостанция позволяет частично нейтрализовать влияние параметров окружающей среды на результаты измерений.

В ЛИСГП типа FARO Laser Tracker, MV200 используются триангуляционные, фазово-импульсные или время-импульсные принципы измерения координат. Триангуляционные измерения предполагают прямолинейное распространение света, а фазово-импульсные и время-импульсные ещё и постоянство скорости распространения излучения. Однако в условиях производственных помещений значение вертикального градиента температуры воздушного тракта может достигать 10 К/м, что вызывает искривление траектории распространения излучения, а вместе с этим, и погрешности угловых и дальномерных измерений. Поэтому контроль геометрии объектов, рассредоточенных в пространстве и находящихся на удалении от устройства контроля и управления, а излучение оптической головки распространяется в приземном слое открытой атмосферы требует исследования температурных условий в помещениях, где производится контроль изделий, и устранения температурных градиентов.

Внедрение средств дистанционного лазерного контроля геометрических параметров предусматривает их периодическую государственную и ведомственную аттестации. Существование технических предпосылок для проведения аттестации в форме концевых и ступенчатых мер длины, калибровочных плит, трёхмерных эталонов и т.п. позволяет сделать оптимистичный прогноз на решение проблем калибровки путём разработки, апробации утверждения соответствующих методик. Таким образом, можно говорить о становлении нового класса измерительной техники, неотъемлемыми компонентами которой являются формователи цифровых изображений структурированных лазерных пучков, а измеряемые параметры получаются в результате их обработки.

УДК 535.4

ТРЕХМЕРНЫЕ МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФОТОННЫЕ КРИСТАЛЛЫ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА

Дьяченко П.Н., Карпеев С.В., Павельев В.С.

Институт систем обработки изображений РАН, Самара

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

e-mail:dyachenko@ssau.ru

Фотонными кристаллами принято называть структуры, у которых диэлектрическая проницаемость периодически меняется в пространстве с периодом, допускающим брэгговскую дифракцию света. Фотонные кристаллы могут быть использованы для создания устройств прикладной оптики, таких как оптические фильтры, демультимплексоры, волноводы, лазеры и т. д. К настоящему моменту предложено множество способов синтеза фотонных кристаллов. Однако получение макроскопически однородных, бездефектных кристаллов до сих пор представляется весьма сложной технической задачей. Одним из

наиболее перспективных методов синтеза в настоящее время представляется метод интерференционной литографии [1]. Данный метод состоит в получении трехмерной структуры из фотополимера за счет освещения трехмерной интерференционной картиной четырьмя (или более) когерентными пучками света. Полимерные матрицы фотонных кристаллов не могут иметь полные запрещенные зоны, в силу недостаточного значения показателя преломления полимера. Для того чтобы обойти данную проблему, в ряде работ предложено наносить нанослой металла на полимерную матрицу [2,3]. В работе [3] методом электроосаждения на полимерную матрицу был нанесен слой никеля толщиной 300 нм. Таким образом, актуальной является задача разработки способов синтеза трехмерных металлодиэлектрических фотонных кристаллов на основе комбинации методов интерференционной литографии и магнетронного напыления металлов.

В данной работе для формирования трехмерной решетки из фоторезиста методом интерференционной литографии использовалось трехкратное экспонирование пленки фоторезиста картиной интерференции двух волн, аналогично тому, как это было сделано в работе [4]. Методом магнетронного распыления (SPI-Module Sputter Coater (США)) на фотонные кристаллы был нанесен слой золота толщиной 50 нм. Толщина слоя определялась при помощи кварцевого датчика толщины (SPI Quartz Crystal Thickness Monitor Model 12161). Электронные фотографии полученных образцов представлены на рис. 1.

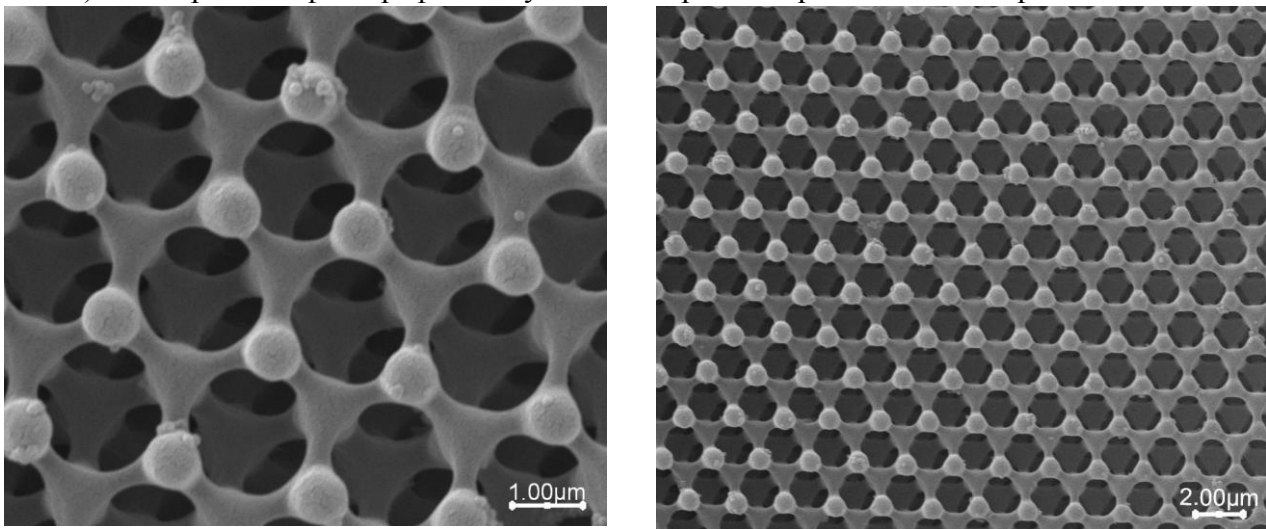


Рисунок 1. Электронные фотографии фотонного кристалла с нанесенным на него слоем золота 50 нм.

Для исследования оптических свойств фотонных кристаллов использовался инфракрасный микроскоп Hyperion 1000 (Bruker Optics (Германия)) с фурье-спектрометром Tensor 27 (Bruker Optics (Германия)), при помощи которого измерялись коэффициенты отражения структур. Коэффициенты отражения фотонных кристаллов получались путем нормирования полученных спектров структур к спектрам золотого зеркала. Полученные спектры отражения представлены на рис. 2 [5]. Кривой 1 обозначен спектр отражения фотонного кристалла, полученный при помощи объектива скользящего падения 15x. Кривой 2 обозначен спектр отражения фотонного кристалла, полученный при помощи ИК-объектива Schwarzschild 15x. Кривой 3 отмечен спектр отражения пленки золота на фотополимере SU-8. Кривой 4 отмечен спектр отражения фотонного кристалла без нанесенного слоя золота. В спектре отражения фотонного кристалла присутствует пик на длине волны 2,6-2,8 мкм, что соответствует периоду решетки фотонного кристалла. Данный пик в спектре отражения указывает на появление фотонной запрещенной зоны с центром на длине волны 2,6-2,8 мкм. Данное положение хорошо согласуется с результатами работы [3], в которой методом конечных разностей были рассчитаны коэффициенты отражения трехмерного фотонного кристалла, покрытого слоем металла. Относительно небольшая интенсивность пика может объясняться неоднородностью слоя золота или недостаточным числом периодов фотонного кристалла.

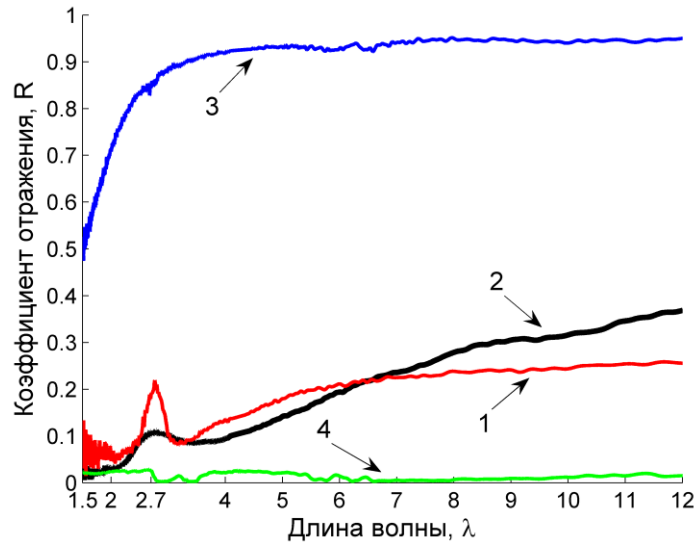


Рисунок 2. Спектры отражения фотонного кристалла.

Список литературы

1. Campbell M., Sharp D.N., Harrison M.T., Denning R.G., Turberfield A.J., Fabrication of photonic crystals for the visible spectrum by holographic lithography // Nature 2000 V. 404, p. 53-56.
2. Tal, A., Chen, Y.-S., Williams H. E., Rumpf R. C., and Kuebler S. M., Fabrication and characterization of three-dimensional copper metallodielectric photonic crystals // Opt. Express 2007, V. 15, p. 18283-18293.
3. Mizeikis V., Juodkazis S., Tarozaitė R., Juodkazyte J., Juodkazis K., and Misawa H., Fabrication and properties of metallo-dielectric photonic crystal structures for infrared spectral region // Opt. Express 2007, V. 15, p. 8454-8464.
4. Miklyaev Yu. V., Karpeev S. V., Dyachenko P. N., Pavelyev V. S. Fabrication of three-dimensional photonics crystals by interference lithography with low light absorption // Journal of Modern Optics 2009, V. 56, p. 1133–1136.
5. Дьяченко П. Н., Карпеев С. В., Павельев В. С., Формирование и исследование трехмерных металлодиэлектрических фотонных кристаллов инфракрасного диапазонов// Компьютерная оптика, 2010, Т. 34, №4, С. 501-505.

УДК 681.7.01

АСТИГМАТИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ СОБОЙ ФУНКЦИИ С НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ АРГУМЕНТА

Зотеева О.В.¹, Хонина С.Н.²

¹Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара
²Институт систем обработки изображений РАН, г. Самара

Введение

Астигматическое преобразование лазерных пучков часто выполняется с целью внесения в волновой фронт пучка вихревой фазовой дислокации для формирования вихревого пучка. Точки вихревой фазовой дислокации имеют сходство с известными в физике твердого тела двумерными дефектами кристаллической решетки – винтовыми дислокациями. В самой особой точке амплитуда световых колебаний обращается в нуль, а значение фазы не определено, поскольку скорость азимутального изменения фазы обращается в бесконечность. На языке математических терминов такое явление часто называется сингулярностью.

Вихревые лазерные пучки или пучки с вихревыми фазовыми особенностями (оптические воронки) успешно применяются для решения очень широкого спектра задач, включая оптическое манипулирование микро- и нанообъектами (захват и управление движением вплоть до отдельных атомов), высокоточную метрологию, уплотнение записи информации и даже астрологические исследования, что объясняет большое количество работ и разнообразие подходов для решения задачи генерации таких пучков.

В данной работе рассматривается формирование вихревых пучков с помощью средств астигматической оптики и цилиндрических непериодических дифракционных решеток, в том числе моделями которых являются распределения с нелинейной зависимостью аргумента. Как упоминалось в одной из предыдущих работ авторов [1], моделирование астигматических лазерных конвертеров выполняется с применением дробного Фурье-преобразования (ДФП).

1. Астигматическое преобразование распределений.

Е. Абрамочкиным и В. Волостниковым было предложено получать моды Лагерра-Гаусса (ЛГ), имеющие вихревую сингулярную фазу из мод Эрмита-Гаусса (ЭГ), фаза которых имеет бинарную структуру, с помощью цилиндрических линз [2]. Было найдено интегральное преобразование мод ЭГ в моды ЛГ и представлены результаты натуральных экспериментов. В данной работе рассмотрим преобразование одномерных и двумерных распределений с помощью цилиндрической линзы как частный случай астигматических модовых преобразований.

$$D_{x,y} = \iint_{R^2} \exp[-i x\xi + y\eta + 2i\xi\eta] G_{\xi,\eta} d\xi d\eta, \quad (1)$$

где $G_{\xi,\eta}$ – функция с нелинейной зависимостью аргументов, определённая следующим образом:

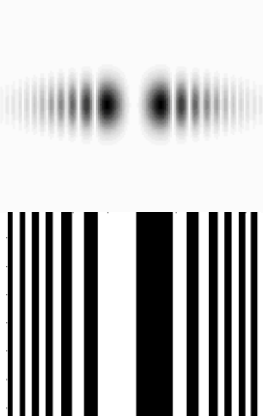
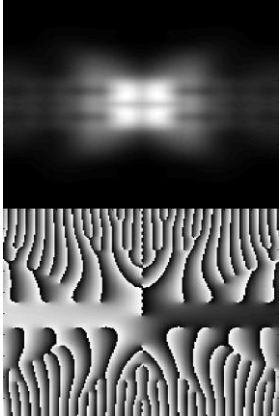
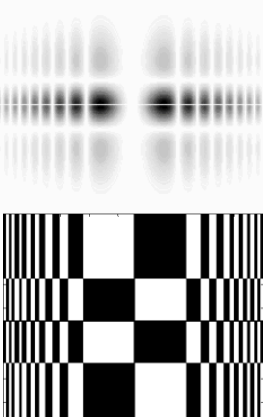
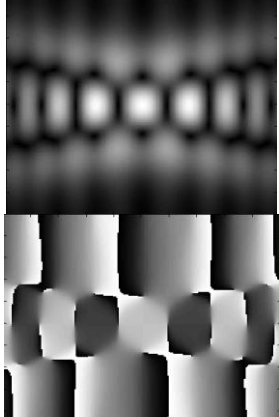
$$S_\alpha x = \sin a|x|^\alpha, \quad S_\beta y = \sin b|y|^\beta,$$

$$R_{\sigma_x} x = \exp\left(-\frac{x^2}{\sigma_x^2}\right), \quad R_{\sigma_y} y = \exp\left(-\frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)$$

$$G_{x,y} = S_\alpha x * R_{\sigma_x} x * S_\beta y * R_{\sigma_y} y$$

В таблице 1 приведём некоторые результаты, полученные астигматическим преобразованием, определённым по формуле (1).

Таблица 1. Результаты астигматического преобразования.

Входные параметры	Преобразование чисто фазового аналога	
	Входное распределение (амплитуда инвертирована)	Выходное распределение
$\alpha = 2, \beta = 0$ $a = 1, b = 1$ $\sigma_x = 4\pi,$ $\sigma_y = 0.5\pi$ $\xi, \eta \in -2\pi; 2\pi,$ $x, y \in -5\pi; 5\pi$		
$\alpha = 3, \beta = 3$ $a = 0.2, b = 0.2$ $\sigma_x = 0.6\pi, \sigma_y = 0.6\pi$ $\xi, \eta \in -2\pi; 2\pi,$ $x, y \in -5\pi; 5\pi$		

Заключение

В работе рассмотрено преобразование функций с нелинейной зависимостью аргументов, а также получение вихревых распределений с помощью аналитического моделирования и астигматического конвертирования. Показано, что в результате таких преобразований также можно получать распределения с фазовыми особенностями, что может быть использовано для расширения возможностей оптического микроманипулирования.

Список литературы

1. Зотеева О.В., Хонина С.Н.. Астигматическое преобразование распределений, согласованных с функцией Эйри // Труды Международной конференции с элементами научной школы для молодежи «Перспективные информационные технологии для авиации и космоса 2010». Самара. СГАУ. 2010. С. 890-894.
2. Абрамочкин Е.Г., Волостников В.Г. // Успехи физических наук. 2004. Вып. 12. С. 1273–1300.

УДК 535.4

ОПТИМИЗАЦИЯ БИНАРНЫХ ДОЭ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ “УДЛИНЕННОГО ТЕМНОВОГО ФОКУСА” И “СВЕТОВОЙ БУТЫЛКИ”

Качалов Д.Г., Павельев В.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара
e-mail:kachalov@ssau.ru

Оптической ловушкой типа «световая бутылка» (“light bottle”) называют такое распределение интенсивности лазерного излучения, в котором область нулевой интенсивности окружена световым барьером [1–4]. Одно из применений «световых бутылок» – захват холодных атомов или молекул [5], а также микрочастиц. Оптические ловушки основаны на силе, которая действует на атомы в поле со смещённой частотой излучения. В световом поле, настроенном выше резонанса, атомы выталкиваются из областей высокой интенсивности, в то время как при настройке ниже резонанса атомы притягиваются в эти области. Разрушительное действие нагрева на захваченные объекты является одной из основных проблем: даже помещение слабопоглощающих диэлектрических частиц в относительно прозрачную среду приводит к их повреждению при высоких оптических интенсивностях. Альтернативой является захват в области с минимальной интенсивностью. Одним из способов формирования областей с минимальной интенсивностью является использование лазерных пучков с винтовой фазовой сингулярностью. Такие пучки несут угловой момент, связанный с вихревой структурой волнового фронта. Отметим, что ловушки, основанные на пучках с винтовой фазовой сингулярностью, вообще говоря, являются двумерными ловушками, т.к. теневая область ограничивается только поперечным световым барьером. При использовании же «световых бутылок» обеспечивается 3D-захват поглощающих и менее плотных, чем окружающая среда частиц. Известны решения задачи формирования световых ловушек на основе использования суперпозиции гауссовых мод, однако эти решения характеризуются низкой дифракционной эффективностью. Известно решение на основе использования комбинации линзы и аксикона, однако такая оптическая система достаточно громоздка. В работе [6] предложена и исследована численная процедура оптимизации бинарных дифракционных оптических элементов (ДОЭ), предназначенных для формирования световых распределений типа «световая бутылка». Предложенная численная процедура основана на модификации генетического алгоритма оптимизации функции многих переменных. В [6] приведены результаты вычислительных экспериментов. В результате работы оптимизационного алгоритма была получена фаза бинарного ДОЭ, формирующего световое распределение типа «световая бутылка» [6]. Фазовая функция элемента, рассчитанного в [6], представлена на рисунке 1. Белый цвет соответствует значению фазовой функции π , черный цвет -0 . На рисунке 2a приведено двумерное распределение интенсивности, формируемое рассчитанным в [6] ДОЭ (результат моделирования, негативное изображение). На рисунке 2b приведено распределение интенсивности в области формирования “световой бутылки”, рассчитанное с помощью преобразования Френеля. Результаты вычислительных экспериментов показали целесообразность применения предложенной численной оптимизационной процедуры к расчету бинарных дифракционных оптических элементов, формирующих световое распределение типа “световая бутылка” [6]. К достоинствам рассмотренного в [6] подхода следует отнести то, что рассчитанные предложенной процедурой бинарные радиально-симметричные ДОЭ относительно просты в изготовлении. Кроме того, предложенная процедура предоставляет возможности управления соотношением интенсивности “светового барьера” оптической ловушки в различных направлениях. В данной работе исследовалась возможность применения численной процедуры, описанной в [6], для формирования “световой бутылки” с вытянутой вдоль оптической оси темновой областью (“удлинённый

темновой фокус»). Кроме того, исследовалась возможность управления соотношением интенсивности барьеров оптической ловушки в разных направлениях.

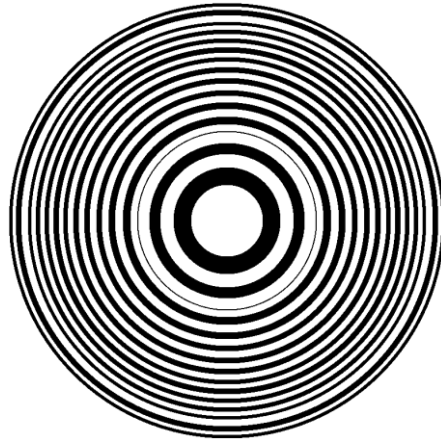
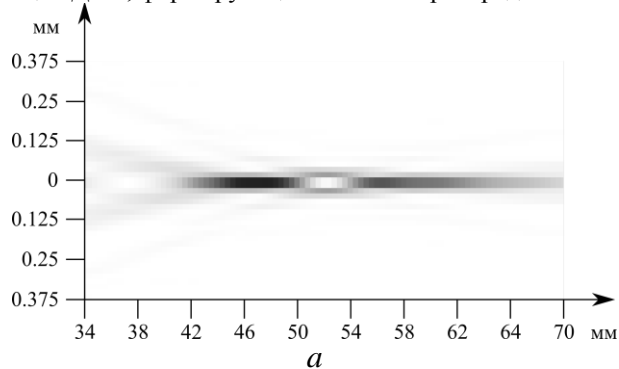


Рисунок 1. Фазовая функция ДОО, формирующего световое распределение типа «световая бутылка»



b

Рисунок 2. Двумерное распределение интенсивности, формируемое рассчитанным ДОО вдоль оптической оси (результат численного моделирования [6], негативное изображение)(а), распределение интенсивности в области формирования «световой бутылки» (результат численного моделирования [6], негативное изображение) (b)

Список литературы

1. Ozeri, R. Long spin relaxation times in a single-beam blue-detuned optical trap / R. Ozeri, L. Khaykovich, N. Davidson // *Phys. Rev. A.* – 1999. – Vol. 59(3). – P. R1750– R1753.
2. Arlt, J. Generation of beam with a dark focus surrounded by regions of higher intensity: the optical bottle beam // *Opt. Lett.* – 2000. – Vol. 25(4). – P. 191–193.
3. Yelin, D. Generating an adjustable three-dimensional dark focus / D. Yelin, B. E. Bouma, G. J. Tearney // *Opt. Lett.* – 2004. Vol. 29(7). P. 661–663.
4. Ashkin, A. Observation of a single-beam gradient force optical trap for dielectric particles / Ashkin A., Dziedzic J. M., Bjorkholm J. E., Chuk S. // *Opt. Lett.* – 1986. – Vol 11(5). – P. 288–290.
5. Сойфер, В.А. Оптическое манипулирование микрообъектами: достижения и новые возможности, порождённые дифракционной оптикой / В.А. Сойфер, В.В. Котляр, С.Н. Хонина // *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* – 2004. – Т. 35(6). – С. 1368-1432.
6. Качалов, Д.Г., Гамазков, К.А., Павельев, В.С., Хонина, С.Н. Оптимизация бинарного ДОО для формирования «световой бутылки»// *Компьютерная оптика*, том 35, №1.

УДК 519.67

ОСОБЕННОСТИ РАЗНОСТНОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА НА ГРАФИЧЕСКОМ ПРОЦЕССОРЕ

Мальшева С.А., Головашкин Д.Л.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Математическое моделирование, основанное на разностном решении уравнений Максвелла, находит широкое применение в вычислительной практике. Популярность FDTD-метода объясняется универсальностью модели, содержащей основные уравнения электродинамики и строго описывающей волновые процессы, и простотой ее реализации. Однако его существенным недостатком является высокая вычислительная сложность и требования к объему оперативной памяти системы.

Одним из способов снижения длительности вычислений является векторизация алгоритма. С развитием GPU (Graphics Processing Unit) и появлением технологии CUDA появилась возможность их реализации на графических процессорах, что позволяет существенно ускорить вычисления. FDTD-алгоритм, реализованный авторами на GPU (GPU NVIDIA GeForce GT 240) продемонстрировал ускорение относительно CPU (CPU Intel Core Duo E6500) в 25 раз для задачи размером 1500×1500 отсчетов и 42,9 раза – для 4000×4000 отсчетов.

В настоящее время существуют коммерческие пакеты, позволяющие моделировать распространение электромагнитного излучения через различные среды (диэлектрики, проводники и анизотропные среды): W2405 Agilent FDTD Simulation Element (компания Agilent), Concerto (Cobham Technical Services), SEMCAD X OPTICS (Speag) и Xfdtd (RemCom). Свободно распространяемым является пакет FastFDTD, представляющий собой демонстрационную версию коммерческого продукта компании EM Photonics и предназначенный для решения двумерных и трехмерных задач.

Однако, объем памяти доступных видеокарт невелик, что накладывает ограничения на размер сеточной области. Актуальность задачи снижения вычислительных затрат возрастает в приложении к оптике волноводов, где размеры вычислительной области измеряются сотнями и тысячами длин волн. Поэтому перспективной представляется применение идеи декомпозиции [1] сеточной области к FDTD-методу, предложенное в работе [2], позволяющее разделить область вычислений на несколько подобластей и изучать процесс дифракции отдельно в каждой из них. Применение этого подхода сокращает длительность вычислений и снимает ограничения на размер задачи, обусловленные объемом доступной памяти вычислительного устройства, что особенно важно при реализации на графических процессорах.

Для изучения данного подхода была рассмотрена сеточная область, наложенная на некоторую дифракционную решетку [2]. Дискретизацию по пространству выбиралась равной 100 узлов на длину волны; шаг по времени таким, чтобы за 200 отсчетов по времени фронт волны в вакууме прошел расстояние в одну длину волны.

Реализация FDTD-метода на GPU с применением идеи декомпозиции продемонстрировала ускорение в 14 – 15 раз относительно CPU для размера задачи 250×800 отсчетов. С ростом размера задачи это значение возрастает, достигая 70 для задачи из 2,5 миллионов узлов (250×10000 отсчетов) (Рисунок 1).

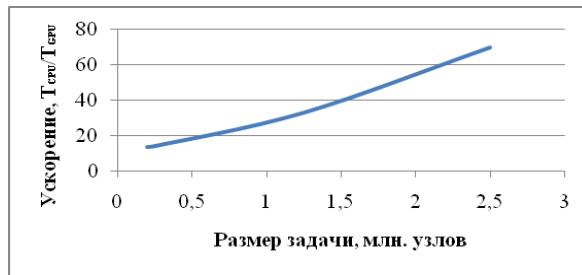


Рисунок 1. Ускорение расчетов на GPU относительно CPU

Для выявления зависимости времени вычислений от размера задачи был проведен ряд экспериментов, в ходе которых варьировалась длина области эксперимента, время вычислений выбиралось таким, чтобы излучение распространилось от источника до другого конца области. Результаты экспериментов представлены на рис. 2.

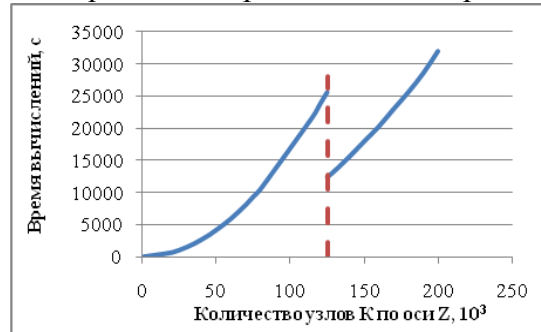


Рисунок 2. Время выполнения алгоритма в зависимости от числа узлов сеточной области

Задачи размером до $K = 120000$ отсчетов рассчитывались на GPU без применения декомпозиции сеточной области (J выбиралось равным 250 узлам). Далее график терпит разрыв в связи с ограниченностью объема памяти на видеокарте (512 Мб) и невозможностью поместить в нее задачу размером более $K = 125000$ отсчетов (31 миллион узлов сеточной области).

Декомпозиция сеточной области на две подобласти позволяет вновь использовать GPU в вычислениях, путем последовательного помещения в глобальную память и проведения расчета по каждой из подобластей. Разрыв функции объясняется сокращением числа арифметических операций при декомпозиции на две подобласти в отсутствие переотражений.

Ускорение вычислительного процесса с декомпозицией по отношению к вычислительному процессу без таковой при $K = 125000$ составляет 2,06, тогда как при $K = 800$ оно равнялось 1,08. Рост ускорения с ростом размера задачи объясняется значительными накладными расходами на вызов ядра при небольшом объеме обрабатываемых данных (для задачи 250×800), когда большая часть мультипроцессоров GPU простаивает.

Таким образом, применение декомпозиции сеточной области при разностном решении уравнений Максвелла на графическом процессоре позволяет снизить вычислительную сложность FDTD-метода за счет уменьшения числа арифметических операций. Декомпозиция преодолевает ограничения на объем памяти вычислительной системы, позволяя использовать GPU для решения задач, размер которых превосходит объем доступной памяти видеокарты, путем последовательного помещения в глобальную память и проведения расчета по каждой из подобластей.

Список литературы

1. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. М.: Едиториал УРСС, 2003. 784 с.
2. Головашкин Д.Л., Казанский Н.Л. Декомпозиция сеточной области при разностном решении уравнений Максвелла // Математическое моделирование. 2007. Том 19. № 2. С. 48–58.

СЕКЦИЯ 9

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА В КОСМОНАВТИКЕ

УДК 621.391.6

ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ ДЕФЛЕКТОР ГРАДИЕНТНОГО ТИПА ДЛЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СБОРА ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Бабаев О.Г., Паранин В.Д.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Электрооптические дефлекторы (ЭД) – элементы, обеспечивающие непрерывное или дискретное отклонение светового пучка. Традиционно ЭД выполняют функции оптических модуляторов и коммутаторов, применяются в устройствах лазерной локации, системах фото- и стереолитографии. К настоящему времени разработаны ЭД различных типов: поляризационные, дифракционные, интерференционные, градиентные и др. Основные усилия разработчиков направлены на снижение управляющих электрических напряжений и мощностей, увеличение предельных углов отклонения.

В настоящей работе предлагается конструкция и математическое описание электрооптического дефлектора градиентного типа. Особенностью рассматриваемого дефлектора является использование тонкой протяженной пластины электрооптического кристалла в сочетании с планарными или прижимными электродами, что позволяет существенно снизить управляющие напряжения, особенно, по сравнению с объемными конструкциями, работающими в проходящем свете. Данная конструкция приведена на рисунке 1

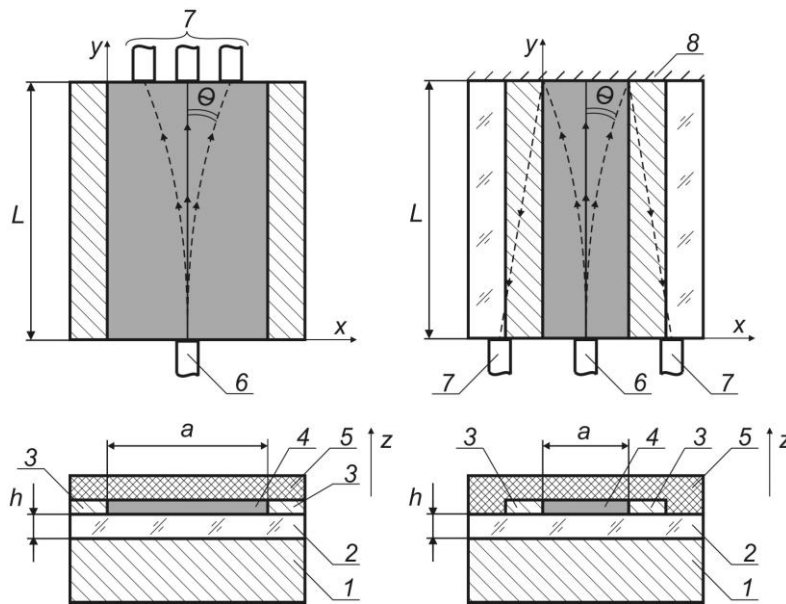


Рисунок 1. Конструкция электрооптического дефлектора: 1 - проводящая подложка; 2 - электрооптический кристалл; 3 - электроды; 4 - резистивное покрытие; 5 - защитное покрытие; 6 - источник излучения; 7 - приемник излучения; 8 - зеркальное покрытие

Устройство работает следующим образом. Параллельный световой пучок источника излучения 6 вводится в электрооптический кристалл 2, торцы которого полированы. На поверхность кристалла 2 нанесены управляющие электроды 3, между которыми сформировано однородное высокоомное покрытие 4. Электроды 3 и покрытие 4 изолированы от окружающей среды защитным покрытием 5. При подаче различных потенциалов U_1, U_2, U_3 на управляющие электроды 3 и проводящую подложку 1 в кристалле 2 формируется постоянный градиент напряженности электрического поля E_z вдоль оси

координат x . Величина данного градиента в межэлектродном промежутке «а» является постоянной, поскольку присутствующее резистивное покрытие 4 однородно. Наличие градиента электрического поля обуславливает возникновение постоянного градиента показателя преломления в электрооптическом кристалле, что приводит к искривлению траектории светового пучка в нем. Таким образом, осуществляется отклонение светового пучка и его направление в один из приемников излучения 7. Следует отметить, что конструкция дефлектора может работать в отраженном свете, что повышает координатное смещение светового пучка. Это достигается нанесением зеркального покрытия 8 на один из торцов электрооптического кристалла.

Проведенный анализ свойств электрооптических кристаллов показал, что эффективное отклонение с использованием поля $E_z(x)$ реализуется в орторомбическом классе кристаллов 2mm, тригональном 3, 3m, тетрагональном классе 4, 4mm, гексагональном 6, 6mm. При этом предпочтительнее использовать z-поляризацию световой волны, поскольку ее электрооптический коэффициент γ_{33} превосходит коэффициенты γ_{13} , γ_{23} для волн x- и y-поляризаций. Для проведения моделирования были выбраны следующие конструктивные параметры: электрооптический кристалл – титанат бария $BaTiO_3$ и ниобаты бария-стронция $Ba_{0,5}Sr_{0,5}Nb_2O_6$ и $Ba_{0,25}Sr_{0,75}Nb_2O_6$ толщиной «h» 50 мкм, величины управляющих потенциалов – до 100 В, зазор «а» между верхними электродами – 1 мм.

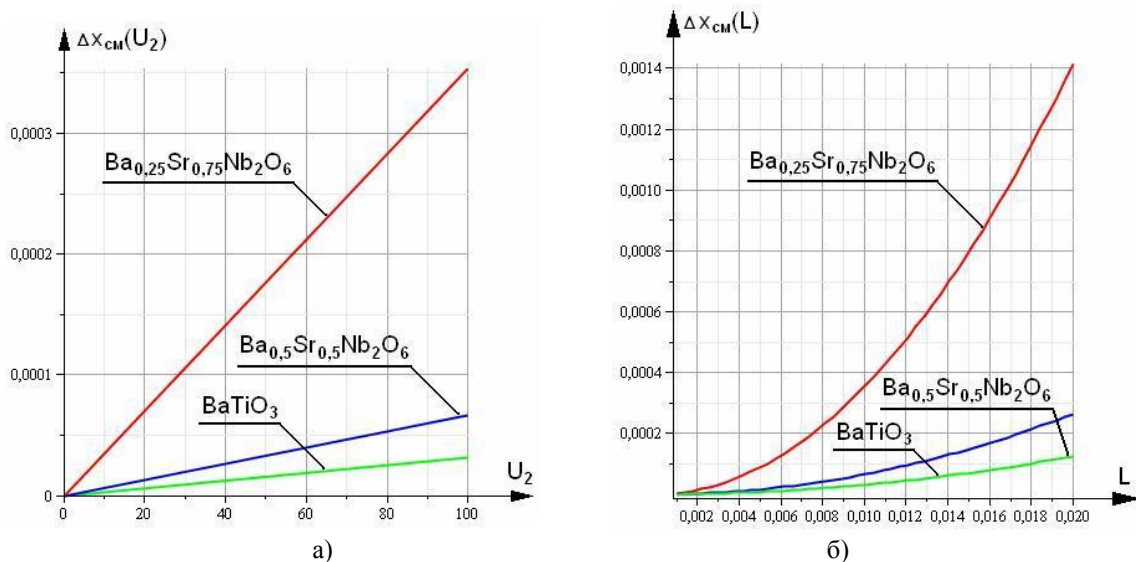


Рисунок 2. Зависимость координатного отклонения светового пучка от управляющего напряжения (а) и длины электрооптического кристалла (б)

Из результатов моделирования следует, что при управляющих напряжениях до 100 В и длине электрооптического кристалла до 2 см координатное смещение составляет десятые доли – единицы миллиметров. Данное смещение является вполне удовлетворительным, поскольку обеспечивает четкое разрешение нескольких позиций для параллельного светового пучка диаметром десятки микрометров. Для дальнейшего увеличения угла отклонения в предложенной конструкции необходимо уменьшать толщину электрооптического материала, увеличивать его длину. В этой связи привлекательны электрооптические полимеры, наносящиеся жидкостным распылением или центрифугированием в виде слоев толщиной в единицы микрометров, обладающие высокими электрооптическими коэффициентами 500-700 пм/В. Повышение угла отклонения становится возможным и при использовании многоходовых и отражающих конструкций дефлектора. Важным этапом развития конструкции дефлектора является разработка комплексных критериев качества, учитывающих оптическое поглощение и оптическую прочность кристаллов, их стоимость, управляющие мощности и напряжения, достижимые углы отклонения.

УДК 621.396.6

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ГИРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАТОРА

Ворох Д.А., Полухин Ю.Н., Шафран С.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Для формирования поля вращающейся поляризации и измерения поляризационных параметров принимаемого поля может использоваться микроволновая антенна на основе открытого дискового металоэлектрического резонатора (ОР), возбуждаемого через гиромагнитный резонатор (ГР). В настоящей работе приводятся результаты исследования такой антенны. Макет антенны трехсантиметрового диапазона радиоволн выполнен на основе прямоугольного волновода сечением $axb=23 \times 2 \text{ мм}^2$ с отверстием в широкой стенке, в котором расположен ГР, связывающий волновод с ОР. Использовался сферический образец ГР из монокристалла железо-итриевого граната марки 140КГ диаметром 1,83мм с полосой резонанса 40А/м и намагниченностью насыщения 140кА/м. Излучающий элемент – кольцевая щель по периметру ОР. Диэлектрический диск ОР диаметром 10мм и высотой 1,9мм выполнен из материала ФЛАН-5 с $\varepsilon = 5$.

Экспериментально проводилась градуировка магнитной системы, крутизна градуировочной характеристики которой составила 2,36МГц/мА. Измерялись собственные частоты ОР в закрытом волноводном тракте и проводилась идентификация типов колебаний ОР.

Исследовались диаграммы направленности излучателя по полярной и азимутальной составляющим поля, их ширина составила 80°. В качестве эталонной антенны использовался пирамидальный рупор. Экспериментально определен коэффициент усиления антенны, составивший 1,6. Проводилось исследование поляризационных характеристик в направлении нормали к антенне ($\theta = 0^\circ$) и под углом к нормали ($\theta \neq 0^\circ$). Коэффициент эллиптичности излучения в направлении нормали составил 0,8.

Исследовались частотные характеристики излучения при настройке ГР на собственную частоту ОР и расстройке ГР вниз и вверх от собственной частоты ОР. Частотная характеристика излучения имеет форму одnogорбой резонансной кривой с наименьшими искажениями при расстройке ГР вниз на 2-3 полосы резонанса ОР относительно его собственной частоты.

Список литературы

1. Ю.Н. Полухин, А.А. Солдатов. Тезисы докладов 16 Всесоюзного семинара по гиромагнитной электронике и электродинамике, Куйбышев 1990.

УДК 629.7.064

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОХОДНОГО ВИХРЕТОКОВОГО ДАТЧИКА В СРЕДЕ ANSOFT MAXWELL

Гудков С.А., Кудрявцев И.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Общепринятый подход к расчету вихретоковых преобразователей (ВТП) основан на использовании известных аналитических зависимостей [1]. Таким образом можно эффективно рассчитывать ВТП простейших геометрических конфигураций. Однако процесс анализа ВТП с нестандартной геометрией сопряжен со значительными трудностями при решении полевой задачи в трехмерной постановке. Существенно упрощает процесс разработки подобного ВТП применение метода конечных элементов (МКЭ) для расчета основных параметров ВТП.

В электронике метод КЭ дает наиболее существенное преимущество при моделировании различных электромагнитных элементов (мощных трансформаторов, дросселей и т.п.).

Для моделирования проходного вихретокового датчика применялся пакет Ansoft Maxwell 14, позволяющий решать полевые задачи методом конечных элементов в двумерной и трехмерной постановках [2]. В работе исследовано несколько конфигураций вихретоковых датчиков для анализа параметров дисперсных сред. Некоторые конечно-элементные модели ВТП представлены на рисунке 1.

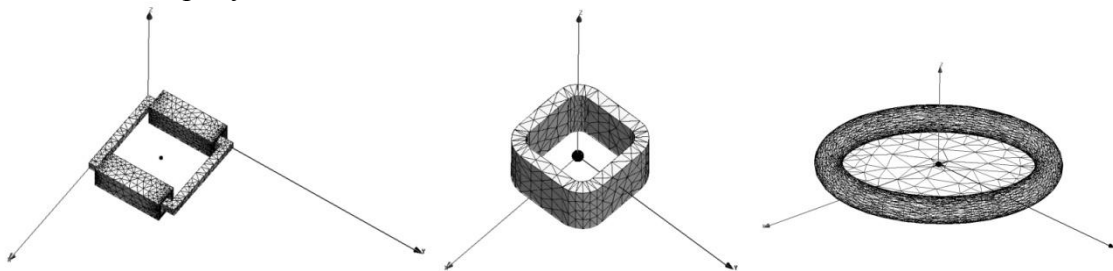


Рисунок 1. Конечно-элементные модели ВТП

На первом этапе исследовалось влияние геометрических параметров частицы и ВТП, а также их взаимного положения на величину относительного вносимого сопротивления (ОВС). Установлено, что при радиальном смещении частицы в плоскости ВТП от оси ВТП к периферии изменение величины модуля вносимого сопротивления может достигать 35% при рабочей частоте 1 МГц (см. рисунок 2). С ростом частоты влияние этого эффекта усиливается.

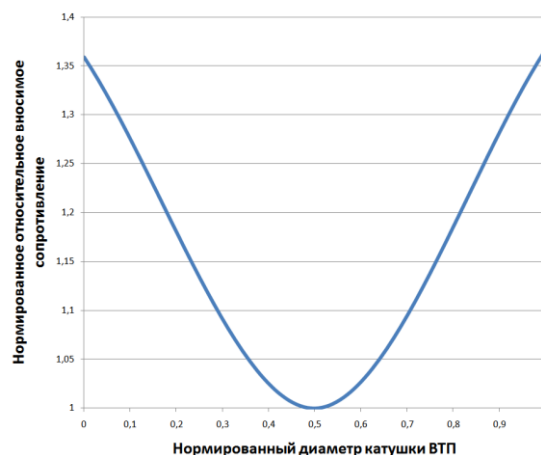


Рисунок 2. Зависимость модуля ОВС от положения частицы в плоскости ВТП

Аксиальное смещение частицы также оказывает значительное влияние на величину ОВС. Максимум ОВС достигается при нахождении частицы в плоскости ВТП. Аксиальное смещение частицы на расстояние, равное радиусу датчика приводит к уменьшению модуля вносимого сопротивления в 7-10 раз. Зависимость ОВС от расстояния до плоскости ВТП носит экспоненциальный характер.

Величину ОВС для осесимметричной модели можно вычислить по формуле [1]:

$$Z_{вн} = \frac{j2\pi \sin \theta_0}{\ln \frac{8R}{d} - 1.75} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(\overline{P}_n^1(\cos \theta_0))^2}{(2n+1) \cdot a^{2n+1}} \cdot \frac{J_{n+\frac{3}{2}}(kr)}{J_{n-\frac{1}{2}}(kr)} \cdot r^{2n+1} \quad (1)$$

где $J_{n+\frac{3}{2}}(kr)$ - функции Бесселя полуцелого порядка комплексного аргумента;

$\overline{P}_n^1 \cos \theta_0$ - нормированные присоединенные функции Лежандра первого порядка;

R – радиус ВТП; d – диаметр провода ВТП; r – радиус частицы.

На рисунке 3 приведены годографы вносимого сопротивления для немагнитной металлической примесной частицы, полученные по формуле (1), а также по конечно-элементной модели ВТП.

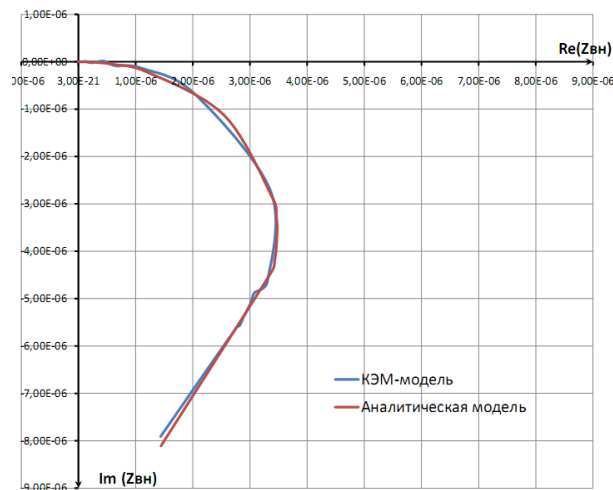


Рисунок 3. Годографы вносимого сопротивления

Следует отметить, что результаты вычислений, полученные для конечно-элементной модели, отличаются от результатов, полученных по формуле (1) не более чем на 5%.

На следующем этапе исследовалось влияние электрофизических параметров частиц на величину ОВС. Максимум ОВС существенно зависит от соотношения эффективного диаметра частицы и радиуса ВТП, а также от величины относительной магнитной проницаемости (μ) материала частицы. При малых размерах магнитных частиц величина ОВС слабо зависит от μ , но существенно превышает (в 10 и более раз) величину ОВС для немагнитных частиц. С увеличением размера частицы эта разница заметно уменьшается, и появляется значительное различие в величинах ОВС для различных μ .

Таким образом, применение метода конечных элементов для математического описания ВТП позволяет учитывать реальную геометрию датчика, исследовать влияние факторов, учет которых затруднен при аналитическом описании ВТП, демонстрируя при этом хорошую сходимость результатов с существующими аналитическими моделями ВТП.

Список литературы

1. Дорофеев, А.Л. Электромагнитная дефектоскопия / А.Л. Дорофеев, Ю.Г. Казамапов. – М.: Машиностроение, 1980.- 232 с.

2. Ansoft Maxwell 3D. Electromagnetic and electromechanical analysis. Rev 2.0 – Ansoft Corporation, 2006.- 675 с.

УДК 621.37

АНТЕННА БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ

Егоров К.М.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Радиосвязь получила широкое распространение от обеспечения мобильной связи для служб ЧС до беспроводных компьютерных клавиатур и мышек. В этих случаях связь происходит в воздушной среде. Радиосвязь под водой затруднена. Обеспечение такой связи возможно только на сверх длинных радиоволнах, т.к. в воде электромагнитные волны быстро затухают. Однако для создания сверх длинных радиоволн необходимы мощные передатчики и крупногабаритные антенны. Подобная аппаратура является дорогостоящей, кроме того в диапазоне СВД умещается малое число каналов связи.

В настоящее время разрабатывается новая концепция антенн, названная ЕН-Антенна. Она позволит сократить размер антенн, увеличить эффективность и полосу пропускания, уменьшить шум при приеме.

Для диагностики состояния газо и нефтепроводов, проложенных под водой, поисково-спасательных работ и исследовательских работ возникает необходимость обеспечения надежной радиосвязи в воде.

Применение ЕН-антенн позволит использовать радиосвязь под водой на расстояниях от 10 до 20 длин волн. Подобные антенны существенно повысят надежность связи с подводными аппаратами и аквалангистами, поскольку при гидролокации, используемой сейчас при связи под водой, звуковые волны отражаются от различных слоев океанической воды.

Для установки на малогабаритные подводные аппараты, производящие исследования параметров морской и океанической воды производится разработка малогабаритной антенны.

В процессе разработки: произведено изучение конструкции и характеристик ЕН-Антенн, разработана конструкция малогабаритной антенны с учетом специфики использования, намечен график проведения экспериментов по исследованию характеристик разработанной антенны.

Разработанная малогабаритная антенна с соответствующим набором характеристик позволит обеспечить надежную радиосвязь в водной среде на расстоянии до 1000 м. В дальнейшем необходимо разработать малогабаритные приемник и передатчик для установки на исследовательских подводных аппаратах и обеспечения обмена информацией.

УДК 539.216.3:261.382

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОИМИТАТОРА МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА

Елизаров С.В., Хасиятуллов М.Г.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В докладе рассматривается решение вопросов прогнозирования показателей надежности радиоэлектронных средств (РЭС) с помощью нейросетей. Разработана методика прогнозирования, реализованная в программном комплексе, приведены результаты обработки выборок РЭС.

Современные радиоэлектронные средства (РЭС) представляют собой сложный комплекс взаимосвязанных элементов. Выход «из строя» одного из них может привести к потере работоспособности всего устройства, что приведет к серьезным материальным затратам, поэтому целесообразно предупреждать отказы, нежели расплачиваться в будущем за неисправное устройство. Это материально обосновано. Есть много направлений предупреждения отказов. Одним из эффективных является классификация изделий по уровням качества и прогнозирование их отказов и надежности.

В настоящее время для решения задач классификации и прогнозирования представляет интерес использование нейроматематики. Наиболее часто используемой архитектурой нейросети является многослойный персептрон, который представляет собой обобщение однослойного персептрона. Основными достоинствами многослойного персептрона являются простота в использовании, гарантированное получение ответа после прохода данных по слоям, хорошо апробированные и широко применяемые алгоритмы обучения, способность моделирования функции любой степени сложности. Для решения задачи прогнозирования была выбрана сеть со структурой, представленной на рис.1.

Выбранная сеть состоит из ряда входных узлов, которые образуют входной слой, нескольких скрытых слоев вычислительных нейронов и одного выходного слоя. Входной сигнал распространяется по сети в прямом направлении от слоя к слою. Для реализации процесса «обучения с учителем» был использован алгоритм обратного распространения ошибки. В этом случае сигналы ошибки распространяются от выходов нейросети к ее входам, в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы. Для обучения нейросети с помощью этого алгоритма определялись веса в многослойном персептроне.

Многослойный персептрон имеет три отличительных признака:

1. Каждый нейрон имеет нелинейную функцию активации. Данная функция должна быть гладкой (то есть всюду дифференцируемой). Нами была использована сигмоидальная функция.
2. Сеть содержит один или несколько слоев скрытых нейронов. Эти нейроны позволяют сети обучаться решению сложных задач, последовательно извлекая наиболее важные признаки из входного вектора.
3. Сеть обладает высокой степенью связности, реализуемой посредством синаптических соединений.

Данный метод реализован в программном комплексе «Нейроимитатор 1.0». Этот комплекс позволяет при наличии данных обучения провести обучающий эксперимент, выбрать информативные параметры, задать граничные значения, провести классификацию по двум классам (годные и негодные) и, собственно, само прогнозирование качества. В данной работе получены вероятностные показатели для оценки качества критичных элементов. В качестве критичных элементов были использованы биполярные микросхемы. Разработаны прогнозная модель и рабочая методика прогнозирования.

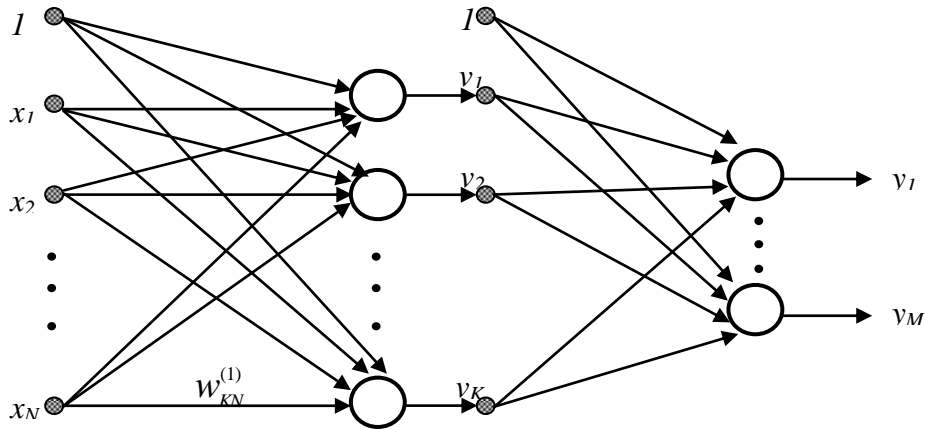


Рисунок1. Структура многослойного персептрона

Разработка модели включает в себя следующие этапы:

1. Обучающий эксперимент – испытание обучающей выборки в течение времени прогноза $t_{пр}$. На данном этапе измеряются значения всех информативных параметров и прогнозируемого параметра, затем проводится сравнение измеренного значения параметра с граничным значением и определяется фактическая принадлежность к классу K_s или фактическое значение прогнозируемого параметра.

2. Обучение – обработка результатов обучающего эксперимента в соответствии с выбранным оператором прогнозирования. Определяется принадлежность к классу K_s , найденная с помощью алгоритма прогнозирования.

3. Экзамен – проверка соответствия прогнозируемого состояния каждого экземпляра фактическому, известному по данным обучающего эксперимента. Эффективность распознавания оценивали по величинам вероятностей правильных решений, ошибочных решений, рисков потребителя и изготовителя, априорной вероятности принятия решения об отнесении экземпляра к годным по результатам прогноза.

4. Прогнозирование – определение принадлежности к классу K_s вновь предъявленного экземпляра по совокупности значений информативных параметров каждого экземпляра.

Установлено, что параметры точности, достоверности прогнозирования и риски потребителя удовлетворяют заданным требованиям.

УДК 539.216.3:261.382

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Елизаров С.В., Хлебодаров П.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Современная бортовая радиоэлектронная аппаратура (РЭА) представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных функциональных узлов, предназначенных для обеспечения основных функций формирования, усиления, преобразования, передачи и запоминания сигналов, несущих полезную информацию. В условиях информационного общества, когда практически все сферы человеческой деятельности непрерывно используют средства обработки информации, на РЭА возлагаются ответственные функции, что приводит к значительному усложнению аппаратуры. Высокая сложность обеспечивает требуемую функциональность, но влечет за собой внушительные требования по надежности к РЭА. Становится актуальной задача оценки качества и состояния аппаратуры в процессе ее создания и эксплуатации.

Для оценки качества РЭА целесообразно использовать индивидуальное прогнозирование её показателей. В данной работе был использован метод потенциальных функций.

Математический аппарат прогнозирования отличается достаточно трудоёмкими процедурами вычисления, что приводит к увеличению времени технологического и эксплуатационного цикла. В этом случае для обработки результатов прогнозирования целесообразно использовать ЭВМ.

Современное программное обеспечение для математических вычислений (например, Microsoft Excel, MathCad и другое) использовать достаточно трудно: необходимо помимо отличных навыков работы с данными программами в тонкостях знать теорию прогнозирования. Кроме того, эффективность такого прогноза низка. Была поставлена задача автоматизации и повышения эффективности прогнозирования. Для автоматизации процесса индивидуального прогнозирования методом потенциальных функций и повышения его эффективности разработан программный комплекс «Прогнозирование 1.0M».

Программы написаны на языке Object Pascal. Они позволят обрабатывать обучающие выборки информативных параметров, проводить экзамен и прогнозирование.

В процессе работы с программным продуктом осуществляется расчет математического ожидания по каждому информативному признаку, дисперсии и среднеквадратического отклонения, нормирование и центрирование данных информативных признаков, расчет обобщенного расстояния между значениями информативных признаков по всем экземплярам выборки, определение потенциала каждого экземпляра, классификация по пороговым значениям, расчет вероятностных характеристик (риск потребителя, риск производителя), графическая интерпретация результатов прогнозирования.

Программы имеют интуитивно понятный интерфейс работы, имеется возможность чтения данных выборки из файла и сохранение данных выборки в файл, ручной ввод и редактирование данных.

Данный программный продукт используется при проведении лабораторных работ по курсу «Управление качеством ЭС». Разработана методика отбраковки потенциально ненадежных изделий по результатам прогнозирования, которая проходит апробацию в ФГУП «ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс».

УДК 621.396.05

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО КЛЮЧЕВОГО УСТРОЙСТВА БОРТОВОЙ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

Дмитриев В.Д., Пищулина Н.П., Советкина М.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

В данной работе приводятся экспериментальные данные высокочастотного ключевого устройства с двумя частотными гистерезисными зонами. Основой устройства служит параллельный колебательный LC-контур. Избирательность параллельного колебательного LC-контура можно резко повысить, если его включить между базой и эмиттером биполярного транзистора, а высокочастотное напряжение подать на коллектор через конденсатор относительно эмиттера транзистора. Такая схема на высоких частотах (свыше 300 кГц) выполняет роль формирователя частотнозависимых динамических параметров: отрицательного активного сопротивления и нелинейной индуктивности и емкости, которые включаются параллельно колебательному LC-контур. Выходное высокочастотное напряжение $U_{\text{вых1}}$ снимается с колебательного контура, а детектированное напряжение $U_{\text{вых2}}$ – с эмиттера транзистора, если в цепь эмиттера включить RC-фильтр.

Предложенное устройство позволяет, используя однокаскадное преобразование, осуществить высококачественную фильтрацию входного сигнала (напряжения питания) U_{\sim} и его одновременное детектирование. Причем высокая частотная избирательность определяется тем, что для составляющих сигнала U_{\sim} , проходящих полосу пропускания параллельного колебательного контура, $\Delta f = f_B - f_H$, потери в колебательном контуре компенсируются тем, что в момент отпириания транзистора в параллельный колебательный контур вносится отрицательное активное сопротивление, увеличивающее добротность для составляющих, уровень которых выше величины порога отпириания транзистора.

На резонансной частоте параллельного колебательного контура амплитудные и фазовые соотношения наиболее благоприятны для возникновения больших колебаний, а на границах полосы пропускания наблюдается срыв колебаний в результате запириания транзистора.

Например, для германиевого транзистора порог включения составляет в среднем 10 мВ. Следовательно, при амплитуде напряжения на колебательном контуре менее указанного значения транзистор закрыт и выходное напряжение $U_{\text{вых1}}$, которое определяется величиной параметров схемы и паразитной емкостью коллекторного p-n перехода, минимально. Если амплитуда напряжения на колебательном контуре превышает значение напряжения порога открывания, транзистор открывается, выходное напряжение $U_{\text{вых1}}$ становится максимальным.

Так как в схеме в процессе открывания транзистора формируются нелинейные динамические параметры, вольтамперная характеристика колебательного LC-контура обладает двумя гистерезисными зонами: в областях верхних и нижних частот относительно резонансной частоты LC-контура. В эксперименте для колебательного контура использованы элементы с параметрами $L=41\text{мкГн}$, $C=3600\text{пФ}$.

В режиме «включено» $U_{\text{вых1}}$ представляет собой синусоидальное напряжение с резонансной частотой 415 кГц, а $U_{\text{вых2}}$ – видеоимпульс. Наличие двух гистерезисных зон на частотах f_H и f_B позволяет использовать это устройство в качестве элемента памяти: по амплитуде и частоте высокочастотного напряжения.

УДК 621.373.1

ОПТИМИЗАЦИЯ СВЯЗИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВИБРАТОРА С АКТИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ ИЗЛУЧАЮЩЕГО АВТОГЕНЕРАТОРА

Зайцев В.В., Карлов А.В.
 ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ–Прогресс»,
 Самарский государственный университет, г. Самара

В последние годы в зарубежной и отечественной литературе появились сообщения об экспериментальных исследованиях активных антенн, представляющих собой симметричные микрополосковые электрические вибраторы, к плечам которых подключены активные элементы – диоды Ганна [1], лавинно-пролетные диоды или полевые транзисторы [2]. Активные антенны сравнительно просты в изготовлении, и позволяют суммировать в пространстве мощности большого числа источников излучения, что является одним из способов решения проблемы снижения мощности твердотельных активных элементов в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах длин волн. Математическое моделирование колебательно-волновых процессов в активных антеннах позволяет определить пути повышения мощности, спектральной частоты и других характеристик генерации.

В сообщении представлена математическая модель и приведены результаты численного моделирования автоколебаний в автогенераторе с резонатором, выполненном на основе симметричного электрического вибратора, возбуждаемого током активного двухполюсника [1]. Схематически такая активная антенна изображена на рисунок 1.

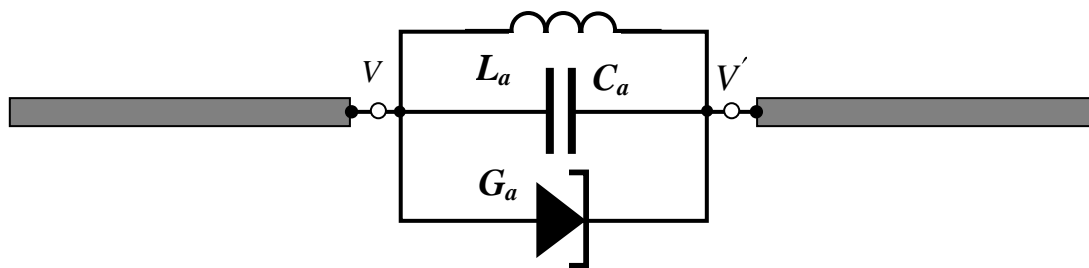


Рисунок 1. Активная антенна

Анализ частотной зависимости входного импеданса вибратора $Z(\omega)$, полученной путем численного решения интегрального уравнения Поклингтона, показал, что в широком диапазоне частот ее можно приблизить суммой резонансных слагаемых вида

$$Z(\omega) = \frac{\kappa_0 \omega_1 Z_1}{j\omega} + \sum_{n=1}^N \frac{j\omega \omega_n Z_n}{\omega_n^2 - \omega^2 + j\omega \omega_n / Q_n}.$$

Данной аппроксимации соответствует эквивалентная схема вибратора, изображенная на рис. 2 правее точек VV' . Параметры последовательно включенных модовых резонаторов ω_n , Z_n и Q_n для каждого конкретного вибратора определяются путем решения соответствующей аппроксимационной задачи.

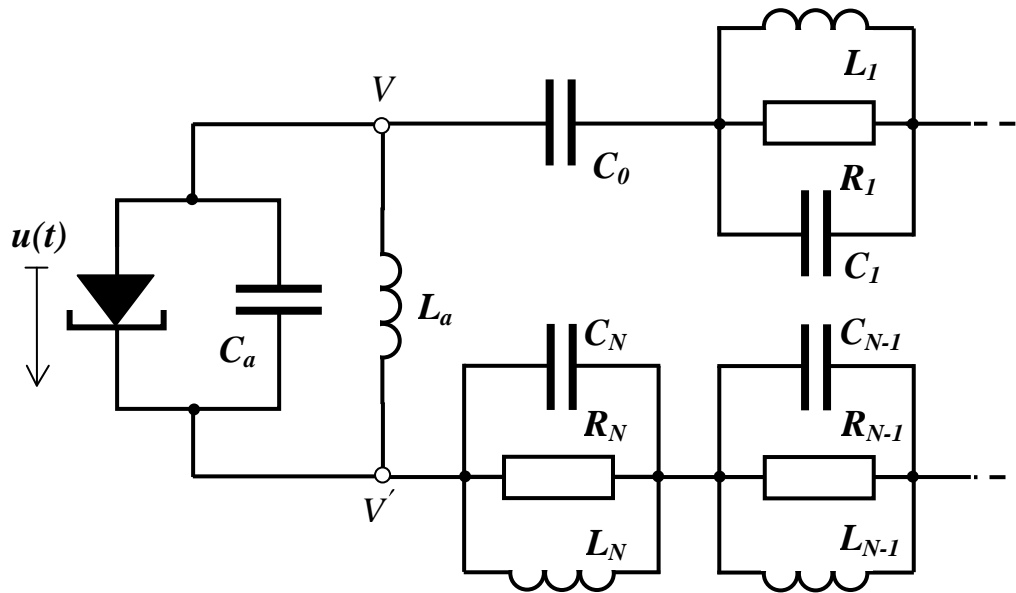


Рисунок 2. Эквивалентная электрическая схема активной антенны

По эквивалентной схеме (Рисунок 2) удастся составить следующую систему дифференциальных уравнений движения автогенератора

$$\frac{d^2 U_n}{dt^2} + \frac{\omega_n}{Q_n} \frac{dU_n}{dt} + \omega_n^2 U_n = \omega_n \rho_n \frac{dV}{dt}, \quad \frac{dU_0}{dt} = \kappa_0 \omega_1 V, \quad \frac{dU}{dt} = -\kappa_a \omega_1 V - \kappa_a \omega_1 Z_1 I_a(U), \quad U = \sum_{n=0}^N U_n,$$

где $U_n(t)$ – напряжения на модовых резонаторах, $I_a(U)$ – ток активного нелинейного двухполюсника, $\rho_n = Z_n / Z_1$, $\kappa_0 = C_1 / C_0$, $\kappa_a = C_1 / C_a$. Система уравнений движения решается численно. Результаты моделирования показывают, в частности, что без дополнительной индуктивности L_a возбуждение автоколебаний происходит на частоте, близкой к частоте ω_1 параллельного резонанса в контуре первой моды. Введение в систему индуктивности L_a позволяет реализовать генерацию на частоте, близкой к частоте первого последовательного резонанса вибратора. При этом повышается мощность излучения активной антенны. Для кубической нелинейности $I_a(U)$ применима трехмодовая модель вибратора.

Список литературы

1. Любченко В.Е., Котов В.Д., Юневич Е.О. Активная микрополосковая антенна с диодом Ганна // Изв. вузов – Радиофизика. Т. 46. № 8–9. С. 799–804.
2. Генерация сверхвысокочастотных колебаний в логопериодической антенне, интегрированной с полевым транзистором / Любченко В.Е [и др.] // Радиотехника и электроника. 2008. Т. 53. № 11. С. 117–119.
3. Зайцев В.В., Карлов А.В., Хлопков П.С. Интегральная модель излучающего автогенератора. // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2009. Т. 12. № 4. С. 56–61.

УДК 681.32

АВТОНОМНАЯ НАВИГАЦИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ПО МАГНИТНОМУ ПОЛЮ ЗЕМЛИ

Иванов В.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Необходимость контроля параметров орбиты космического аппарата ни у кого не вызывает сомнения. Особенно это важно для малых спутников. Из-за их относительно большой парусности при небольшой массе на их движение заметное влияние оказывает давление солнечного света, а на высотах ниже 500 километров неустойчивые колебания плотности верхней атмосферы. Наземный радиоконтроль орбиты требует сложной аппаратуры с большим и высококвалифицированным персоналом, что резко увеличивает эксплуатационные расходы.

Микропроцессорный геомагнитный вычислитель состоит из трехкоординатного преобразователя величины магнитного поля в напряжение, коммутатора, аналого-цифрового преобразователя и однокристального микроконтроллера.

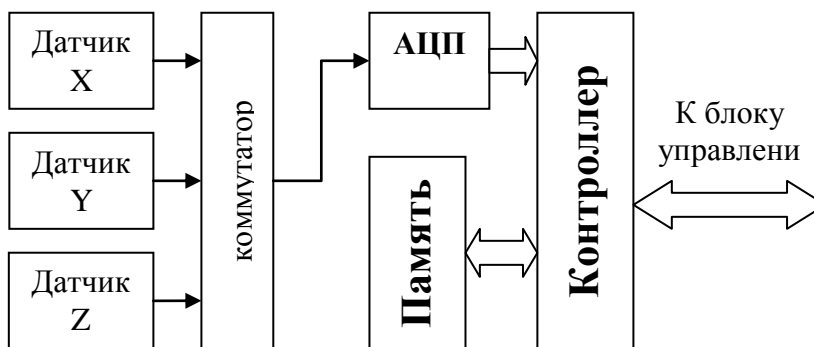


Рисунок 1. Микропроцессорный геомагнитный вычислитель

Использование микроконтроллера с встроенным в него коммутатором и АЦП упрощает устройство. Так как измерение составляющих вектора магнитного поля происходит не одновременно, возникает погрешность. На одно преобразование средний по параметрам АЦП тратится не более 100 микросекунд. Между первым и третьим измерением 200 микросекунд. За это время спутник пролетает 1,6 метра. Изменение величины магнитного поля Земли на таком расстоянии микроскопичны. Гораздо большую погрешность вносит вращение космического аппарата вокруг своей оси. Максимальное изменение одной из составляющих магнитного поля на 0,1% за 200 микросекунд может произойти при скорости вращения 5 радиан в секунду. До этих скоростей с помощью десятиразрядного АЦП невозможно заметить изменений, так как его дискретность преобразования равна 0,1 процента.

Микроконтроллер управляет трехкомпонентным датчиком поля, коммутатором и АЦП, по составляющим вектора поля вычисляет его модуль и записывает в память.

Измерения проводятся через пять секунд. За один виток делается около 1000 отсчётов. За сутки менее двадцати тысяч. Алгоритм вычисления параметров орбиты требует знания величины геомагнитного поля, по крайней мере, за последние звёздные сутки.

Параметры орбиты и время пролёта наземного пункта слежения за этим спутником передаются в его электронный блок управления.

Микропроцессорный геомагнитный вычислитель параметров круговой орбиты использует смещение и наклон оси симметрии магнитного поля Земли относительно земной оси.

В южном полушарии поле магнитного полюса сильнее, поэтому можно отличить восходящий узел орбиты от нисходящего узла. Во времени восходящий угол прямой орбиты расположен после большего максимума. Время прохождения узла t_u вычисляется с использованием времён прохождения большего и меньшего максимума (t_h и t_l): $t_u = (t_h + t_l) / 2$.

Для работы прибора необходимо чтобы спутник не менее суток находился в свободном полёте, то есть информация появляется через сутки после коррекции орбиты. От времени прохождения последнего узла берутся значения геомагнитного поля ровно за одни прошедшие звёздные сутки. По ним вычисляются постоянная составляющая поля, а также амплитуда и фазовый сдвиг его первой гармоники. Период первой гармоники равен звёздным суткам, то есть 23ч 56мин 4с.

Чем больше отношение амплитуды первой гармоники к постоянной составляющей, тем больше наклонение орбиты. Эта связь нелинейная и хорошо описывается простыми зависимостями в диапазоне углов от 20 до 70 градусов. В таком диапазоне наклонений орбит запускается большинство спутников.

Параметры орбиты используются для определения времени начала и окончания сеансов связи и углового положения спутника относительно антенны. То есть достаточно знать высоту орбиты и трассу спутника, которую прочерчивает его проекция на земной поверхности.

Высоту орбиты H до 1000 километров устройство вычисляет по приблизительной формуле:

$$H = 50 * (T - 84,4), \text{ где } T - \text{ период обращения в минутах.}$$

Время между каждым вторым минимумом геомагнитного поля есть период обращения T . Усреднение измеренных периодов за последние сутки повышает на порядок точность измерения.

Отклонение от круговой орбиты приводит к ошибке. Её можно исключить усложнением алгоритма обработки геомагнитной информации. Например, используя при расчётах данные о магнитном поле, измеренном только на одной широте. Усреднение по нескольким широтам повышает точность результата.

Самоопределение космическим аппаратом своей трассы позволяет ему самостоятельно включать и выключать передатчик телеметрической информации при пролёте над станцией слежения, отказавшись от услуг командной радиолинии.

Знание местоположения спутника позволяет использовать вектор магнитного поля Земли в системе ориентации космического аппарата.

Кроме малых любительских спутников вычислитель можно для упрощения отслеживания устанавливать на космических объектах, которые после использования по назначению становятся «космическим мусором». За сутки общее время нахождения в зоне видимости наземного измерительного пункта объекта с высотой орбиты до полутысячи километров около получаса.

Пять минут пролёта вполне хватает, чтобы ненаправленной антенной принять и выделить пакет из двух десятков байтов, даже если весь пролетающий «мусор» будет сбрасывать свои пакеты на одной радиочастоте.

Случайный интервал времени между пакетами сведёт коллизии к минимуму.

УДК 53.091

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОМЕТЕОРОИДОВ НА ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Калаев М.П., Семкин Н.Д.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время при оценке сроков функционирования космических аппаратов (КА) необходимо учитывать процессы, связанные с взаимодействием элементов конструкций КА и продуктов антропогенного загрязнения космоса [1]. Источниками загрязнения являются выхлопы ракет, неотработанное топливо, обломки КА. При лабораторном моделировании эффектов антропогенного загрязнения околоземного космического пространства (АЗ ОКП) необходимо испытать широкий набор микрочастиц и элементов КА.

При длительной эксплуатации КА его открытые элементы конструкции постепенно изменяют свои характеристики. Зная усредненный поток частиц, попадающих на поверхность КА, можно в лабораторных условиях моделировать потоки, соответствующие различным условиям его полёта.

По имеющимся сведениям, наиболее распространенными являются повреждения поверхности конструкционных материалов в виде кратеров [2].

Форма и размеры дефектов зависят от размеров, скорости частиц и физических свойств материалов частиц и мишени. Размеры частиц лежат в широких пределах и могут рассматриваться как случайные величины. Размеры образующихся дефектов также имеют некоторое распределение. Информация о виде этих распределений и наличии корреляции между ними может быть использована для прогнозирования повреждения элементов КА компонентами АЗ ОКП.

Для проведения ударных экспериментов в лабораторных условиях используются ускорители различных типов. В ходе данного эксперимента источником частиц служил линейный ускоритель для моделирования микрометеоритов [3], тракт которого состоит из инжектора, линейного электростатического ускорителя (ЛЭСУ), линейного электродинамического ускорителя (ЛЭДУ), трех измерительных линеек и вакуумной камеры. В качестве объекта исследования использована пластина из стекла марки К-8, на поверхность которого была нанесена плёнка из золота толщиной 50нм. Объект был подвергнут воздействию потока из 10000 частиц алюминия. После эксперимента стекло было исследовано при помощи спектрофотометра и электронного микроскопа. Типовой вид кратера, полученный с микроскопа, показан на рис. 1.

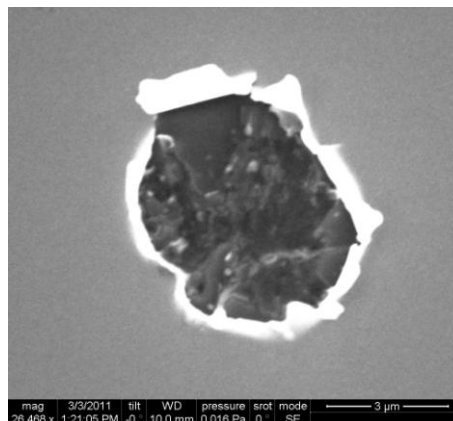


Рисунок 1. Фотография кратера

На рис.2 показано изменение спектрального коэффициента пропускания стекла. На графике видна сильная зависимость изменения коэффициента пропускания от длины световой волны, что может вызывать дополнительные искажения в оптических системах.

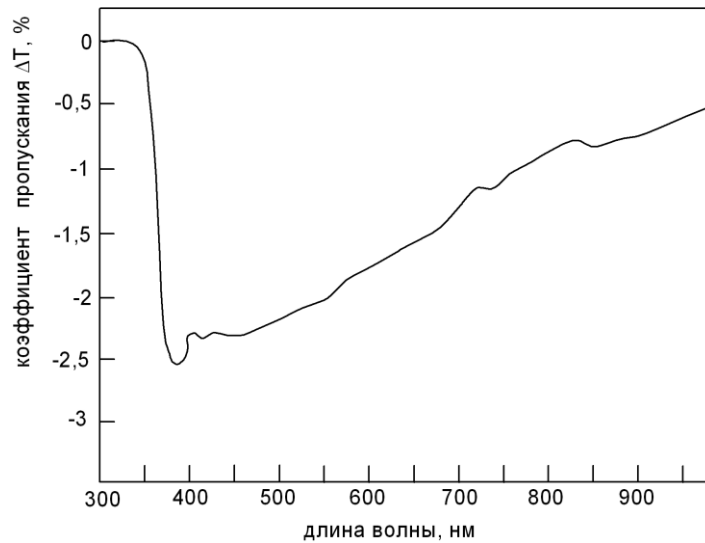


Рисунок 2. Изменение спектрального коэффициента пропускания стекла

Данные, полученные в ходе эксперимента по воздействию потока микрометеоритов на оптическое стекло, показали, что реальная площадь повреждения поверхности существенно превышает расчетную за счет появления микротрещин на поверхности образца. При воздействии потока микрометеоритов с аналогичным законом распределения частиц по массам и скоростям, относительная площадь повреждения поверхности может достигать 1,5% в год. Поскольку современные КА нередко имеют расчетный срок службы более 15 лет, накопленный ущерб от ударов микрометеоритов может привести к снижению качества решаемых информационных задач, вплоть до полного вывода КА из строя.

Список литературы

1. Семкин Н.Д. Методы регистрации пылевых и газовых частиц в лабораторных и космических условиях. Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева. 2002г. - 470с.
2. S. Hauptmann and G. Drolshagen. Meteoroid and debris flux assessment on oriented surfaces. Application to eureka and hst solar arrays. Second European conference on space debris. 1997
3. Семкин Н.Д. и др. Линейный ускоритель для моделирования микрометеоритов. Приборы и техника эксперимента 2007. -№1.

УДК 621.396.75

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФИЛЬТРАЦИИ ГРУНТА НА ЩЕЛЕВОЙ МОДЕЛИ

Зеленский А.В. Логинов В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Моделирование различных процессов является общим методом перехода от лабораторного эксперимента действительности. Оно является одним из основных средств в руках исследователя, делаая возможным распространение результатов одного эксперимента на больше число случаев, выходящих из рамок данного эксперимента.

Таким образом, метод моделирования является существенной частью всякого исследования, но он не может заменить собой ни теоретического, ни других видов экспериментального изучения явлений.

В настоящее время оптимальным путем гидравлических исследований является сочетание численного и физического моделирования .

Для исследования устойчивости грунтовых откосов больше всего подходят следующие методы моделирования:

- центробежное моделирование;
- моделирование в грунтовом лотке;
- моделирование на щелевой модели.

Метод исследования фильтрации в щелевом лотке основан на аналогии между ламинарным движением жидкости между двумя параллельными пластинками и плоской фильтрацией в грунте: эти движения описываются одинаковыми системами дифференциальных уравнений. Аналогия была впервые использована при изучении фильтрации Е.А. Замариным.

Если вместо модели сооружения, в котором происходит фильтрация, взять две пластинки, форма которых геометрически подобна области фильтрации, то мы получим щелевую модель области фильтрации, в которой узкая щель отвечает грунту в натуре. Поток жидкости в тонкой щели, образованной пластинками, при осуществлении соответствующих граничных условий является моделью фильтрационного потока. Граничные условия на щелевой модели осуществляются тем же путем, как и на модели, выполненной из грунта. На непроницаемых частях граничного контура щель преграждается непроницаемой для жидкости перегородкой. На частях граничного контура, где напор является постоянным, тонкая щель обрывается, переходя в широкую щель, играющую роль открытого водоема. Что касается кривых депрессии и поверхностей высачивания, то они образуются на щелевой модели сами собой, без всякого принуждения со стороны экспериментатора.

Существующая методика расчета устойчивости грунтовых откосов не учитывает вопрос нестационарного режима фильтрации при резких колебаниях уровня водохранилища. Нет представления о направлении фильтрационного потока и положении кривой депрессии при резком снижении уровня воды со стороны водохранилища. Наибольшие изменения фильтрационного режима в этом случае будут происходить в верховом откосе плотины..

Методика расчета крепления откоса предусматривает определение волнового давления и противодействия. При сработке водохранилища давление со стороны водохранилища постепенно снижается. Что произойдет с креплением при резком изменении расчетных нагрузок и изменении фильтрационного режима в верховом откосе плотины неизвестно.

Задача исследования заключается в построении кривой депрессии и нахождении направления движения фильтрационного потока при быстрой сработке уровня в водохранилище на модели, и применение полученных результатов к реальным объектам.

Опытным путем необходимо найти положения кривой депрессии при быстром снижении уровня водохранилища через определенные интервалы времени. Установить

зависимость ее положения от понижения уровня бьефа. Определить высоту высачивания фильтрационного потока на откос, проследить характер ее изменения. Найти скорости фильтрационного потока. Разработать методику учета дополнительных гидродинамических сил, возникающих при нестационарном режиме фильтрации.

УДК 62.791.2

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ

Матюнин С.А., Мадриченко В.Г.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Определение положения и перемещения исполнительных органов систем управления является важной функцией многих автоматических систем. При этом под перемещением объектов подразумевается их передвижение из одного положения в другое. Для измерения перемещений используются различные методы, на основе которых реализуют следующие датчики перемещений: резистивные, емкостные, индуктивные, оптические, ультразвуковые и др. Каждому типу датчиков присущи свои достоинства и недостатки, которые необходимо учитывать при решении конкретной задачи.

В настоящее время существует задача измерения перемещения объектов, находящихся в условиях низких температур, например клапанов, пневмогидравлической системы ракетного двигателя в системах подачи кислорода. Решение данной задачи осложняется рядом условий:

- широкий диапазон изменения температуры (от +50 С до минус 253 С⁰);
- высокий уровень вибраций;
- высокий уровень электромагнитного излучения;
- агрессивная среда.

После литературно-патентного поиска, сравнительного анализа и классификации методов и средств измерений перемещения исполнительных органов, выявлено, что наиболее перспективны волоконно-оптические датчики перемещений с волокном в качестве чувствительного элемента. Эти датчики сочетают высокую чувствительность, высокое быстродействие, помехозащищенность от электромагнитных и радиационных помех, устойчивость к агрессивным и горючим средам, а также взрыво- и пожаробезопасность.

Проведенные анализ и обзор существующих оптических преобразователей перемещения, указывают на невозможность применения готовых решений для реализации поставленной задачи. Авторами разработан способ измерения перемещения подвижных объектов, основанный эффект Фарадея. Датчики, реализованные на данном эффекте согласно разработанной классификации, можно отнести к волоконно-оптическим поляризационным датчикам. Построение такого преобразователя сводится к созданию в замкнутом объеме магнитного поля, которое изменяется при перемещении элемента, связанного с объектом контроля.

Эффект Фарадея или эффект кругового магнитного двулучепреломления - один из эффектов магнитооптики, заключающийся в повороте плоскости поляризации линейно поляризованной электромагнитной волны при ее прохождении через продольно

намагниченную среду. Вследствие этого волны, поляризованные по правому и левому кругу, распространяются в веществе с разными фазовыми скоростями, и при прохождении ими в веществе некоторого расстояния L между ними появляется разность фаз. Кроме того, плоскость поляризации результирующей поляризованной волны поворачивается на угол:

$$\theta = V_v \int H dL,$$

где V_v – постоянная Верде, для кварцевого стекла равная $7 \cdot 10^{-7}$ рад/м;

L - длина оптического волокна, на которое воздействует поле;

H - напряженность магнитного поля.

Изменение угла поворота плоскости поляризации зависит от степени изменения напряженности магнитного поля при движении элемента, связанного с объектом контроля.

Для регистрации перемещения объекта контроля разработана волоконная интерферометрическая схема с обратным отражением, преимуществом которой является то, что обе световые волны интерферометра распространяются практически в одном и том же пространстве, что существенно снижает чувствительность датчика к изменению температуры, вибрациям и другим механическим нагрузкам.

В ходе проведения исследований разработано несколько вариантов конструкций волоконно-оптических преобразователей перемещения, свойства которых были промоделированы с учетом реальных материалов. Расчетные позиционные характеристики одного из вариантов датчика изображены на рисунке 2.

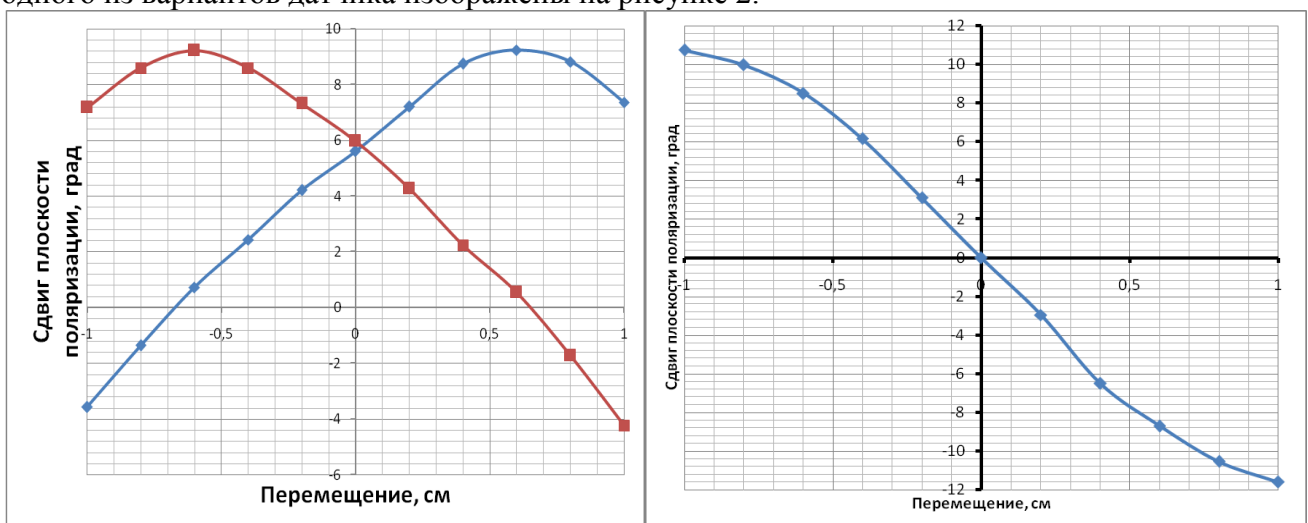


Рисунок 1. Зависимость выходного сигнала обмоток дифференциального датчика от перемещения, 2 - позиционная характеристика датчика

Проделанный анализ позволяет сделать вывод, что данный вид преобразователя является перспективным вариантом решения поставленной задачи. Однако, для практической реализации необходимы проведение дополнительных исследований влияния криогенных температур на характеристики элементов волоконно-оптического тракта, а так же необходима разработка уточненных математических моделей датчика.

УДК 621.317.799

ОЦЕНКА ОСВЕЩЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ОТДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ

Медведев М.В., Корнилин Д.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

После отделения полезной нагрузки (спутника) от третьей ступени ракеты-носителя траектории движения в силу определенных обстоятельств могут быть такими, что возможно столкновение. Оно может привести к сбою в работе систем спутника или существенно повлиять на его вывод на заданную орбиту. Зафиксировать сам факт столкновения и учесть возможные аномалии в движении тел после отделения позволит система визуального контроля процесса отделения.

Существующие системы визуального контроля состоят из множества видеокамер, и являются дорогостоящими и избыточными с точки зрения решаемой задачи: определения факта отделения и параметров движения. Для решения поставленной задачи предлагается устройство получения и передачи отдельных снимков в реальном времени через спутники Globalstar в сеть Internet, а также сохранения видеоинформации непосредственно на Flash-карту памяти. Информация с карты также может быть передана на Землю через модем или получена с помощью спускаемого аппарата. Предполагается использовать две видеокамеры, установленные по оси ракеты-носителя и спутника. Камера на третьей ступени имеет беспроводной интерфейс для передачи данных на полезную нагрузку.

Система обеспечивает видео/фотосъемку до определенного взаимного удаления объектов или по истечении времени записи. На полезной нагрузке устройством осуществляется предварительная обработка отснятого материала (сжатие, анализ движения и т.д.) и передача посредством модема на Землю. При этом передача может производиться как по команде с Земли, так и по окончании съемки и обработки информации.

Одной из основных проблем при разработке оптической части системы является неизвестная изначальная освещенность объектов. В работе производится оценка наихудшего возможного варианта – когда съемка производится в темное время суток при отсутствии солнечного и иных видов освещения (отражения света от Луны, от Земли). Предлагается использование сверхярких светодиодов, устанавливаемых непосредственно на объектах. Светодиоды размещаются по окружности на внешней стороне спутника и ракеты-носителя (как габаритные огни), таким образом становятся видны контуры объектов. Предлагается также использовать светодиоды разных цветов для определения ориентации объектов в пространстве и последующего анализа их движения (например, вращения). Преимуществом предложенного метода по сравнению с использованием внешней подсветки является значительно меньшая требуемая мощность источника излучения, так как регистрироваться будет прямой свет, а не отраженный.

В результате работы получены соотношения и построены соответствующие графики, которые позволяют сформулировать требования к светодиодам, в частности по мощности излучения и по ширине диаграммы направленности.

Зависимость освещенности поверхности объекта, создаваемой светодиодом с силой света I от расстояния L между спутником и ступенью определяется выражением:

$$E = I \cdot \frac{L}{(d^2 + L^2)\sqrt{d^2 + L^2}} \quad (1)$$

где d – расстояние от центра спутника/ступени до светодиодов, м;

L – расстояние между спутником и ступенью, м;

I – сила света источника, Кд.

На рисунке 1 представлен график полученной зависимости.

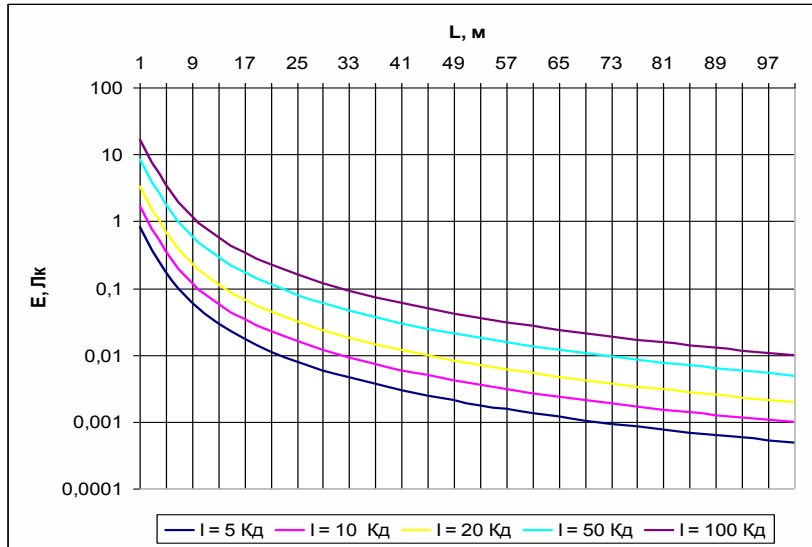


Рисунок 1. Зависимость освещенности поверхности E от расстояния между объектами L для светодиодов с различной силой света

Необходимый угол излучения светодиода будет зависеть от удаленности объектов друг от друга, и вычисляться по формуле:

$$\theta_{min} = \arctan\left(\frac{L}{L}\right) \quad (2)$$

где θ_{min} — минимально необходимый угол излучения светодиода, град.

На рисунке 2 представлен график зависимости требуемого угла излучения светодиода от расстояния между объектами.

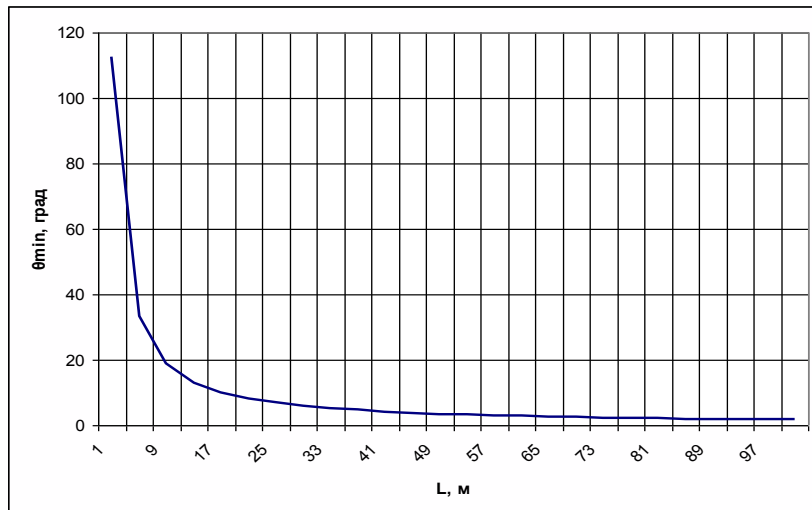


Рисунок 2. Зависимость требуемого угла излучения светодиода от расстояния между объектами

Анализируя график, представленный на рисунке 2, можно сделать вывод, что для наблюдения объектов в интервале рабочих расстояний от 3-4 м необходимы светодиоды с достаточно широким углом излучения ($>110^\circ$). Однако, чтобы добиться приемлемой освещенности на больших расстояниях, необходимы светодиоды с высокой плотностью излучаемой мощности. Поэтому целесообразно применять два типа светодиодов: с широкой диаграммой направленности для небольших расстояний и узкой диаграммой направленности для регистрации на удалении.

УДК 621.391.63

ДИФРАКЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ ДЕФЛЕКТОР ДЛЯ ВОЛОКОННОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Левченко В.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Оптические дефлекторы позволяют изменять направление распространения луча на определенный угол или осуществлять непрерывное или дискретное сканирование в одной или двух плоскостях. Функциональным назначением дефлекторов являются модуляция, коммутация оптических сигналов в волоконных линиях связи авиационных и космических аппаратов, наземных гражданских и промышленных объектов.

Современные дефлекторы оптического излучения имеют несколько существенных недостатков: во-первых, это небольшой угол отклонения светового пучка, составляющий единицы и десятки угловых секунд, во-вторых, большое управляющее напряжение (единицы киловольт). Таким образом, недостатком известных конструкций дефлекторов является малое число разрешимых позиций (единицы-десятки), ограничивающих их применение в информационных волоконно-оптических системах.

Целью данной работы являлась разработка электрооптического дефлектора с увеличенным углом отклонения светового луча (единицы градусов).

Для решения поставленной задачи была предложена конструкция электрооптического дифракционного дефлектора. Принцип работы данного дефлектора заключается в изменении дифракционных свойств оптического элемента при изменении показателя преломления кристалла-подложки в области решетки управляющих дискретных электродов. Данное изменение создается путем подачи на управляющие электроды индивидуальных или групповых потенциалов, формирующих требуемую фазовую функцию для проходящей световой волны. С целью отклонения световой волны данная фазовая функция может иметь линейный (наклонный) или пилообразный вид, причем изменением знака коэффициента наклона приводит к отклонению луча в соседний квадрант. С целью повышения энергетической эффективности и реализации непрерывного перемещения световой волны фазовая функция может иметь криволинейный вид, например, обеспечивающий фокусировку в заданную область картинной плоскости. В настоящей работе основное внимание уделено пилообразному виду фазовой функции.

Для моделирования отклонения луча была использована скалярная теория дифракции применительно к дальней зоне (дифракция Фраунгофера). Распределение электрического поля рассчитывалось на основе метода конечных разностей. В процессе компьютерного моделирования дефлектора выбирались различные периоды и скважность решеток управляющих электродов. В качестве электрооптического кристалла был выбран х-срез ниобата бария-стронция, обладающий высокой чувствительностью к поперечному управляющему электрическому полю. Моделирование проводилось для дифракции монохроматического (лазерного) излучения с длиной волны 633 нм на решетке электродов периодом 10 мкм и 5 мкм при ширине межэлектродного зазора 7,5 мкм, 5 мкм, 2,5 мкм.

Было вычислено изменение амплитуд основных дифракционных максимумов, отмечено появление новых дифракционных максимумов в картинной плоскости при приложении управляющих потенциалов. При уменьшении периода решетки электродов зафиксировано уширение дифракционных максимумов вследствие повышения диспергирующих свойств дифракционной решетки электродов. Отмечено возрастание эффективности перераспределения амплитуд дифракционных максимумов при уменьшении межэлектродного зазора при неизменном периоде. Это объясняется лучшим качеством аппроксимации пилообразной фазовой функции с помощью ступенчатых функций при уменьшении областей существования «ступеньки».

УДК 53.084.6

ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ДЛЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

Матюнин С.А., Тиньгаев В.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Преобразователи линейных перемещений (ПЛП) являются одним из важных измерительных элементов высокоточных систем управления и контроля, в том числе в авиационной и ракетно-космической технике. Разработкой и выпуском точных и компактных преобразователей перемещения занимаются достаточно многие фирмы, но только очень немногие из них могут выпускать преобразователи для жестких условий эксплуатации (Heidenhain, Германия; Sony и Mitutoyo, Япония; Harley Precision Instrument, США и некоторые др.). В связи с проводимыми работами по модернизации и созданию новых типов ракетных, авиационных и наземных комплексов наблюдается рост числа исследований по созданию первичных преобразователей с высокими стабильными метрологическими показателями, в том числе устойчивыми к особо жестким внешним дестабилизирующим факторам: виброударным воздействиям, перепадам температуры.

Наряду со стабильностью параметров к датчикам предъявляются требования высокой чувствительности, особенно при небольших измеряемых перемещениях.

Целью работы является повышение чувствительности датчиков перемещения, предназначенных для работы в диапазоне температур от минус 253 °С до плюс 50 °С при наличии электромагнитных помех и вибрации и др. климатических воздействий.

Для решения этой задачи разработан и исследован комбинированный датчик трансформаторно-вихревого типа. В конструкцию датчика дополнительно к ферромагнитному сердечнику введены насадки из высокопроводящего материала. Выбирая определенным образом соотношения ферромагнитных и «вихревых» участков сердечника можно резко повысить чувствительность датчика.

В качестве примера на рис. 1-2 приведены экспериментальные характеристики датчиков линейных перемещений трансформаторного и комбинированного (трансформаторно-вихревого) типов.

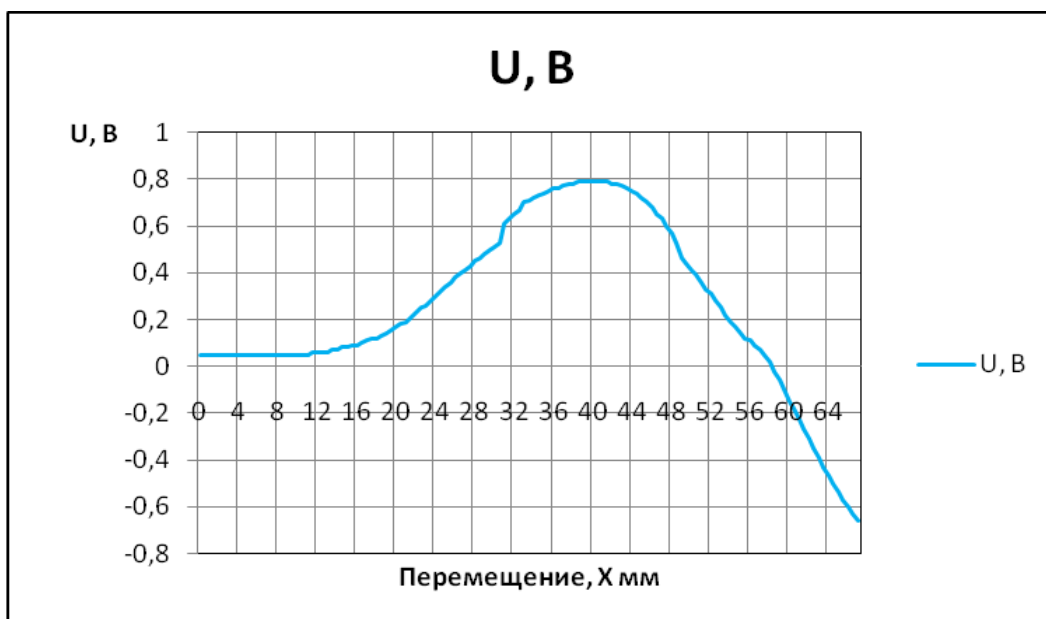


Рисунок 1. Экспериментальная позиционная характеристика датчика линейных перемещений с ферромагнитным сердечником

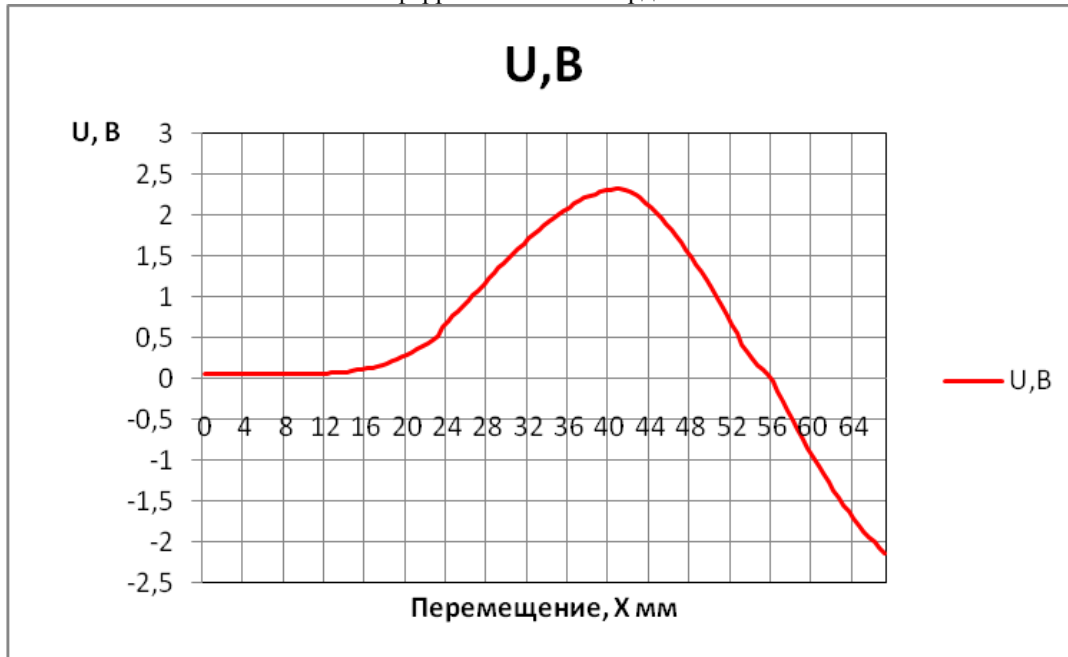


Рисунок 2. Экспериментальная позиционная характеристика датчика линейных перемещений с комбинированным (сталь-медь) сердечниками.

Из сравнения результатов экспериментальных исследований (рис.1-2) видно, что применение комбинированного сердечника позволило повысить чувствительность датчика в диапазоне измеряемых перемещений 40-68 мм в 2,9 раза по сравнению с чувствительностью датчика с ферромагнитным сердечником

УДК 621.391.6

ДИФРАКЦИОННЫЕ РЕШЕТКИ С УПРАВЛЯЕМОЙ АМПЛИТУДНОЙ И АМПЛИТУДНО-ФАЗОВОЙ ФУНКЦИЯМИ ПРОПУСКАНИЯ ДЛЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СБОРА ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Паранин В.Д.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

Мировой практике известны фазовые управляемые дифракционные оптические элементы (УДОЭ) на основе электрооптического эффекта. Принцип их действия основан на изменении показателя преломления оптической среды и фазовой функции элемента при воздействии управляющего электрического поля электродов. Электроды УДОЭ имеют размеры единицы-десятки микрометров и представляют собой дифракционную решетку, периодическую или аperiodическую. Соответственно, изменение фазовой функции оптического излучения, падающего на дифракционную решетку электродов, приводит к изменению его диаграммы направленности. Описанный принцип действия и конструкция фазовых УДОЭ позволяет осуществить модуляцию интенсивности света, отклонение оптического излучения, коррекцию фазового фронта.

Одним из направлений развития класса УДОЭ является создание гибридных элементов, действие которых основано на нескольких функциональных эффектах одновременно. Примером подобных элементов являются УДОЭ на основе многолучевой интерференции и

дифракционного рассеяния. Конструкции гибридных УДОЭ позволяют существенно снизить управляющие напряжения и мощности, организовать независимые каналы управления и компенсации.

В настоящей работе развивается новый класс амплитудно-фазовых УДОЭ, обладающих сниженными напряжениями по сравнению с известными управляемыми фазовыми элементами. Так, если световая волна на выходе элемента под действием электрического поля приобретает определенное распределение фазы по сечению, вызывающее дополнительно изменение диаграммы направленности (рассеяние, отклонение света), то можно говорить о гибридном амплитудно-фазовом УДОЭ. Преимуществом подобных элементов будет сниженное управляющее напряжение по сравнению с амплитудными и фазовыми УДОЭ, поскольку в конструкции используются два механизма изменения интенсивности света на выходе - механизм поляризационного изменения и механизм дифракционного рассеяния. Для отнесения УДОЭ к классу амплитудных или амплитудно-фазовых можно воспользоваться неравенством $|\Delta\varphi| \ll 2\pi$, где $\Delta\varphi$ – изменение фазы под действием электрического поля. Если данное неравенство выполняется, то УДОЭ является амплитудным, если не выполняется – амплитудно-фазовым.

Вариант конструкции амплитудно-фазового УДОЭ, работающего в проходящем свете, приведен на рис.1. Параллельный световой пучок 1 проходит через поляризатор 2 и разделяется в электрооптическом кристалле 3 на необыкновенную и обыкновенную волны. Данные волны распространяются в кристалле с различными скоростями, приобретая на выходе кристалла определенную разность фаз. Данная разность фаз определяет интерференцию обыкновенной и необыкновенной волн и интенсивность света на выходе анализатора 6. С помощью управляющих электродов 4, покрытых защитным слоем 5, возможно изменение фаз распространяющихся оптических волн, и, следовательно, интенсивности светового пучка на выходе анализатора 6. Поляризатор и анализатор задают интенсивность света на выходе при отсутствии управляющего электрического поля, а также состояние поляризации выходной световой волны. Так реализуются амплитудные и амплитудно-фазовые УДОЭ.

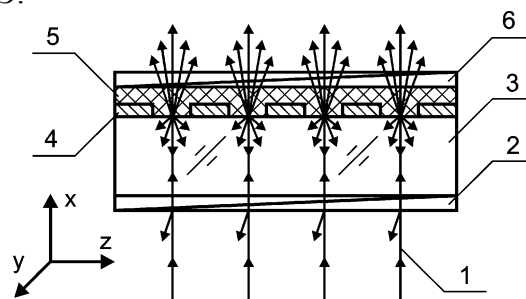


Рисунок1. Конструкция амплитудно-фазового УДОЭ: 1 – падающее излучение, 2 – поляризатор, 3 – электрооптический материал, 4 – управляющие электроды, 5 – защитный слой, 6 – анализатор

Для моделирования интенсивности в картинной плоскости УДОЭ был выбран случай дифракции Фраунгофера на одномерных структурах. Моделировались амплитудный, фазовый и амплитудно-фазовый УДОЭ. Ширина электродов составляла 5 мкм, период решетки электродов - 10 мкм, расстояние до картинной плоскости – 10 см, распределение потенциалов имело вид $0 - U - 0 - U$ и т.д. При расчетах дифракционной картины полагалось, что толщина защитного слоя и анализатора мала и распределение интенсивности света на выходе решетки электродов и анализатора одинаково. Распределение управляющего электрического поля рассчитывалось методом конечных разностей. На рис.2 приведено относительное изменение интенсивности нулевого дифракционного максимума по уровню 0,1 для различных типов УДОЭ.

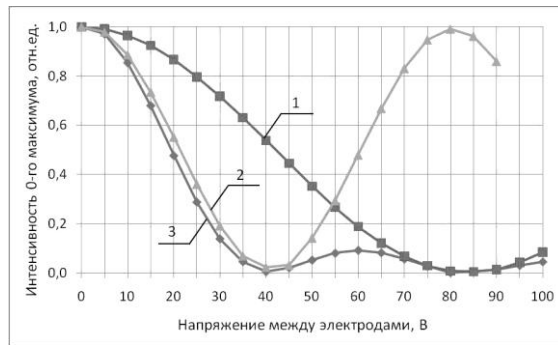


Рисунок 2. Изменение интенсивности нулевого максимума различных УДОЭ: 1 – амплитудный УДОЭ; 2 – фазовый УДОЭ; 3 – амплитудно-фазовый УДОЭ

Согласно полученным данным, наибольшим управляющим напряжением (≈ 85 В) обладают амплитудные УДОЭ, наименьшим – амплитудно-фазовые УДОЭ (≈ 40 В). По сравнению с амплитудными и фазовыми УДОЭ амплитудно-фазовые элементы обеспечивают большую глубину модуляции. Для амплитудно-фазовых УДОЭ (кривая 3 на рис.2) в области межэлектродных напряжений 0 – 40 В – действия дифракционного и поляризационного механизмов совпадают и направлены на снижение интенсивности 0-го максимума. В области 40 – 85 В действия дифракционного и поляризационного механизмов противоположны, однако механизм дифракционного изменения преобладает и обеспечивает увеличение интенсивности 0-го максимума. В области 85 – 100 В механизмы дифракционного и поляризационного изменения интенсивности совпадают и направлены на снижение интенсивности 0-го максимума.

Таким образом, предложенные в работе конструкция и принцип действия гибридных амплитудно-фазовых УДОЭ теоретически обладают большей чувствительностью к управляющим электрическим напряжениям по сравнению с известными фазовыми УДОЭ. Возможность управления амплитудной и фазовой функциями УДОЭ позволяет реализовать оптические модуляторы и коммутаторы, управляемые спектральные фильтры с непрерывным и дискретным смещением спектра, адаптивным изменением его ширины.

УДК 621.384.62

ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЧАСТИЦ ПО СЕЧЕНИЮ ТРАКТА УСКОРИТЕЛЯ

Пияков А.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

При проектировании ускорителей пылевых частиц возникает задача построения физико-математической модели движения частиц в тракте ускорителя. Все существующие модели либо учитывают лишь осевое движение частиц, либо детерминированное движение частиц с учетом осевой и радиальной составляющих. Однако, как показала практика, данные модели не могут в целом описать вероятность прохождения частиц через тракт ускорителя. Таким образом, возникает задача построения вероятностной модели движения частиц в тракте электродинамического ускорителя. Для проверки такой модели на адекватность необходимо экспериментальное измерение углового и радиального распределения частиц в тракте электродинамического ускорителя.

Одним из методов, которым можно решить поставленную задачу является метод разделения заряда. Для осуществления данного метода предполагается использовать мишень квадратной формы из резистивного материала (Рисунок 1).

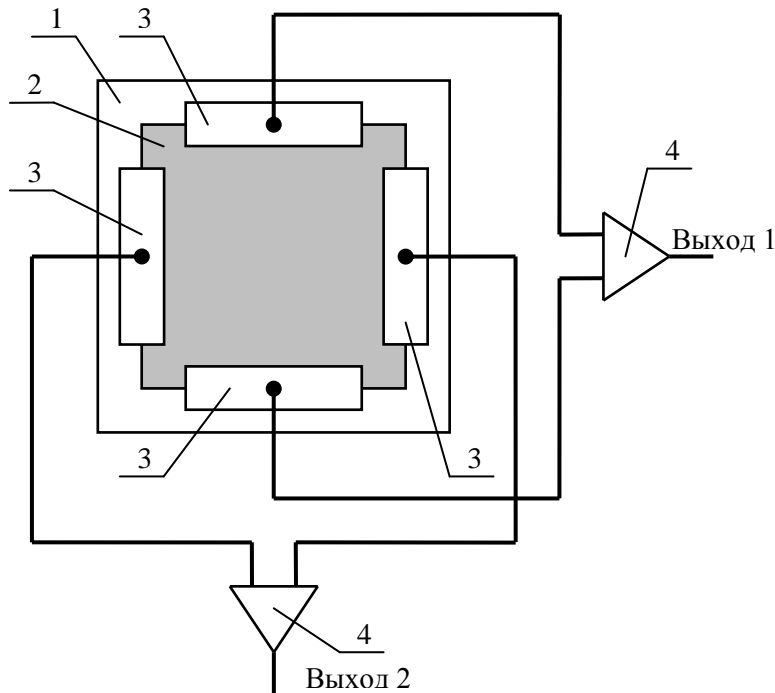


Рисунок 1. Мишень для устройства измерения плотности частиц по сечению тракта ускорителя.

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: 1 – ситалловая подложка, 2 – металлические контактные площадки, 3 – резистивный слой, 4 – зарядочувствительный усилитель.

Заряженная частица попадает в мишень, сообщая в точку попадания свой заряд, который делится резистивным слоем и усиливается зарядочувствительными усилителями. Как показало моделирование такой мишени, амплитуды сигналов на выходах 1 и 2 являются функциями от координат попадания частицы в резистивный слой. Таким образом, зная заряд частицы можно определить координату столкновения ее с мишенью, а тем самым получить картину плотности частиц по сечению ускорителя.

УДК 669.713.7

МАСС-СПЕКТРОМЕТР С ПРИМЕНЕНИЕМ ТОРОИДАЛЬНЫХ ДЕФЛЕКТОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОМЕТЕОРОИТОВ И ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА

Пияков И.В., Родин Д.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Возрастающая активность в космическом пространстве многих стран приводит к его интенсивному загрязнению фрагментами ракетно-космической техники и появлению нового класса – техногенных пылевых частиц. По оценкам американских учёных общая масса объектов искусственного происхождения (космического мусора) на околоземных орбитах превысила 3 тысячи тонн. По результатам многочисленных исследований на высотах от 300

до 1600 км наблюдается наиболее высокая их концентрация, по уровню уже значительно превосходящая плотность потока частиц естественного метеороидного фона. Поэтому исследование твёрдой составляющей межпланетной среды и её взаимодействия с атмосферой Земли, различными телами солнечной системы и солнечным излучением имеет важное значение при решении как целого ряда научных задач – астрономических, геофизических, так и прикладных задач: прогнозирование метеорной опасности для космических аппаратов и воздействие большого числа ударов очень мелких пылинок на незащищённые оптические, светочувствительные и другие поверхности аппаратуры и элементов конструкций. Регистрация ударов метеорных тел с помощью датчиков, установленных на космических аппаратах, позволяет изучать плотность потока очень мелких частиц с массами 10^{-6} - 10^{-15} грамм. В отличие от преобразователей ионизационного типа, масс-спектрометрический преобразователь в состоянии провести регистрацию элементного состава микро- или наночастицы, ударившейся о мишень. Недостатком большинства таких приборов является малая достоверность измерений, вызванная зависимостью результатов измерений от места удара микрометеорита с мишенью, что типично для пылеударных масс-спектрометров. Поставленная задача, разработать пылеударный масс-спектрометр с высокой достоверностью измерений, позволяющей расширить функциональные возможности, повысить чистоту эксперимента по определению состава пылевых частиц привела к масс-спектрометру изображенному на рисунке 1.

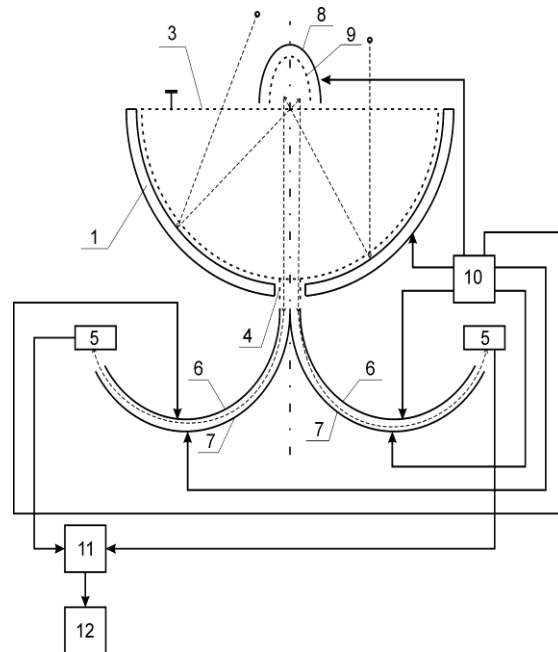


Рисунок 1. Пылеударный масс-спектрометр

Микрометеорит или пылевая частица соударяется с внутренней стороной полусферической мишени 1 и в результате ударной ионизации превращается в слабоионизированный газ. Под действием электрического поля между полусферической мишенью 1 и полусферической сеткой 2 ионы газа ускоряются в направлении к центру полусферической мишени. В пространстве, ограниченном полусферической сеткой 2 и заземленной сеткой 3 ионы движутся равномерно. Поскольку фокус параболического отражателя 8 совпадает с центрами полусферической мишени 1 и полусферической сетки 2, то расстояние от любой точки поверхности мишени до фокуса параболического отражателя 8 одинаково и все ионы пройдут через фокус параболического отражателя 8, образовав при отражении коллинеарный поток, направленный в отверстие полусферической мишени 1. Далее ионы попадают в один из четырех тороидальных дефлекторов, образованных внутренними отклоняющими электродами 6 и внешними отклоняющими электродами 7 и пройдя через них фиксируются приемниками ионов. Каждый тороидальный дефлектор

настроен на свой диапазон масс, что обеспечивает более широкий динамический диапазон исследуемых масс ионов. Спектры от отдельных приемников ионов 5 поступают в устройство обработки сигналов 11 и отображаются блоком индикации 12.

Поскольку ионы проходят сквозь полусферическую мишень 1 одним сфокусированным потоком, большая площадь полусферической мишени 1 является рабочей, что обеспечивает большой коэффициент сбора ионов, а, следовательно, увеличивает чувствительность пылеударного масс-спектрометра. Путь, пройденный ионами от любой точки соударения микрометеорита с полусферической мишенью 1 до одного из приемников ионов 5 постоянен, что устраняет зависимость результатов измерений от места соударения и обеспечивает увеличение достоверности результатов работы пылеударного масс-спектрометра.

Тороидальные дефлекторы дополнительно фокусируют ионные пакеты, увеличивая разрешающую способность (разрешающая способность достигает 500). К тому же каждый из тороидальных дефлекторов настроен на свой диапазон масс, внутри которого разрешающая способность максимальна. Таким образом удаётся избежать уменьшения разрешающей способности на больших массах. Такое деление диапазона положительно сказывается на увеличении общей разрешающей способности масс-спектрометра.

Настройка тороидальных дефлекторов осуществляется посредством изменения геометрических параметров R2 и R1 (рисунок 5) внешнего и внутреннего электродов и расстояния между ними, а также изменением напряжений на электродах. Угол φ , исходя из условий фокусировки вычисляется:

$$\varphi = \arctg \frac{R_{OTP} + L}{R_{OTP} L + 1}$$

где R_{OTP} – эффективный радиус иммерсионной линзы, L – расстояние от выхода тороидального дефлектора до соответствующего приёмника ионов.

Список литературы

1. Пылеударный масс-спектрометр. Патент Р.Ф. №2326465. Бюл. 16 от 10.06.2008г. Н.Д. Семкин, К.Е. Воронов, А.В.Пияков, И.В. Пияков, Р. А. Помельников.
2. Пылеударный масс-спектрометр. Патент Р.Ф № 2235386, Бюл.24 от 27.08.2004г. Н.Д. Семкин, К.Е. Воронов, Пияков И.В., Р. А. Помельников.

УДК 629.7.064

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Потудинский А.А., Кудрявцев И.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Интенсивное развитие современной космической техники диктует особые требования к качеству используемых различных технологических жидкостей, в том числе, горюче-смазочных материалов (ГСМ), от которых зависит безаварийная эксплуатация и долговечность работы. Одним из основных критериев пригодности жидкостей для использования при подготовке и в работе космической техники является концентрация воды.

Для автоматического контроля микроконцентраций гигроскопической, сорбированной и кристаллизационной воды в жидкостях предлагается использовать метод кулонометрического титрования реактивом Фишера, который реализован в аппарате «АКВА-901», разработанном в ОНИЛ-16 СГАУ.

В состав устройства входят:

- источник стабильного постоянного тока, обеспечивающий генерацию йода в ячейке;
- амперометрическая измерительная система, определяющая проводимость реактива;
- электролитическая ячейка, в которую вмонтированы генераторные электроды;
- индикаторная система, с помощью которой можно следить за ходом титрования и установить момент окончания титрования;
- магнитная мешалка.

Структурная схема устройства представлена на рисунке 1.

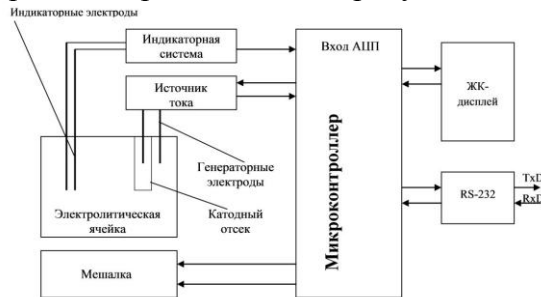
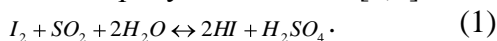
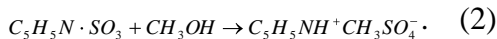
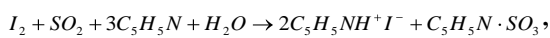


Рисунок 1. Структурная схема анализатора АКВА-901

Принцип работы устройства заключается в реализации электрохимического титрования по методу Карла Фишера. Определение содержания воды основано на окислении двуокиси серы йодом в присутствии воды [1,2]:



В пробе анализируемого вещества, смешанного с безводным растворителем, например метанолом, воду титруют реактивом, содержащим йод, двуокись серы, пиридин и метанол. Окислительно-восстановительная реакция протекает в два этапа:



Вода непосредственно не реагирует с йодом, а наряду с метанолом служит источником ионов кислорода.

Существует еще одна особенность. Реакция требует наличие свободного йода, а в рабочем растворе его нет, поскольку ионы йода связаны ионами метанола. Пропуская ток через этот раствор, свободный йод генерируется путем окисления ионов I^- на аноде:



который уже может реагировать с другими компонентами раствора.

Измерение количества электричества, израсходованного при электролизе, позволяет определить количество прореагировавшего вещества. Если при электролизе через раствор протекает Q кулонов, то по закону Фарадея количество прореагировавшего вещества m (г) равно:

$$m = \frac{QM}{nF}, \quad (4)$$

где M — формульная масса окисляющегося или восстанавливающегося компонента;

Q - количество электричества;

n - число электронов, принимающих участие в электропревращении одного атома, иона или молекулы вещества;

F - число Фарадея.

Кулонометрическое титрование отличается высокой точностью и большой чувствительностью. Метод характеризуется также быстротой, не требует высокой квалификации оператора. При использовании этого метода отпадает необходимость в стандартизации растворов и приготовлении калибровочных графиков по образцам с известным содержанием определяемого вещества.

В данном устройстве реализовано биамперометрическая индикаторная система с двумя электродами [3].

При кулонометрическом титровании через раствор пропускается стабилизированный ток строго определенной величины. Поэтому для определения количества электричества достаточно измерить лишь время титрования. При этом точность определения количества оттитрованной воды зависит от погрешности определения конечной точки титрования. Данная погрешность имеет систематическую составляющую, определяемую параметрами преобразователя тока в напряжение, и случайную, определяемую флуктуациями напряжения на индикаторных электродах, обусловленными неравномерностью обтекания электродов реактивом. Систематическая погрешность автоматически компенсируется, с помощью специальных алгоритмов коррекции.

Для снижения влияния флуктуаций напряжения индикаторных электродов на результаты измерения было предложено использовать интегрирующее звено, позволяющее проводить аппаратное или программное усреднение измерительного сигнала. Проведённые эксперименты показали, что применение такого звена позволяет сглаживать флуктуации напряжения на индикаторных электродах.

Однако увеличение постоянной времени интегрирующего звена приводит к снижению быстродействия измерительной системы. При этом происходит перетитрование, что ведёт к увеличению погрешности определения концентрации воды.

В результате экспериментов было определено оптимальное значение постоянной времени, которое обеспечило более точное определение конечной точки титрования и снижение относительной погрешности до 15% в диапазоне от 10 до 1000 мкг/мл.

Список литературы

1. Riedel-de Haen Eugen Scholz Reagents for Karl Fischer Titration. Hydranal – manual / Riedel-de Haen // Seelze, 1995. – 129с.
2. Ничуговский Г.Ф. Определение влажности химических веществ / Г.Ф. Ничуговский // Л.: Химия, 1977. 200с.
3. Ничуговский Г.Ф. Электрохимические методы измерения влажности / Г.Ф. Ничуговский // Спб.: Янус, 2005. – 170с.

УДК 767.378.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ДАТЧИКОВ МИКРОМЕТЕОРОИДОВ

Телегин А.М.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время космические аппараты (КА) проектируются с учетом длительного пребывания их в космическом пространстве. Элементы конструкций таких аппаратов в полете подвергаются влиянию факторов космического пространства, в частности, воздействию частиц космического мусора, что может привести к выходу из строя дорогостоящего оборудования (солнечные батареи, антенны, радиаторы и т. д.). За большинством частиц следят наземными методами, но мелкие частицы не поддаются наблюдению (из – за малости их размеров), причем таких частиц много, в том числе и микрометеороиды. Поэтому для КА необходимо получать информацию о состоянии окружающей микрометеороидной обстановки, а также о частицах космического мусора в реальном времени. Для этого нужна современная научная аппаратура.

При исследовании и разработке бортовых детекторов микрометеороидов необходимо создание аппаратуры, преобразующей ударные воздействия и связанные с ними параметры частицы в электрические сигналы [1,2].

1) Электростатическая и электромагнитная индукция.

Математической моделью, удобной для описания явления электростатической индукции является известная теорема Шокли-Рамо, согласно которой заряд, наведенный на n -ом электроде, равен произведению собственного заряда влияющего заряженного тела на потенциал фиктивного лапласовского поля системы в точке нахождения заряда, которое возникло бы, если бы на электрод был задан безразмерный единичный потенциал, остальные же электроды были заземлены, а сам заряд удален из системы на бесконечность, то есть

2) Рассеяние света на частице.

Явление рассеяния света на пылевой частице широко известно и может быть использовано для оценки некоторых параметров индивидуальной частицы в диапазоне масс $10^{-6} - 10^{-10}$ грамм.

В общем случае, интенсивность света, рассеянного сферической частицей, рассчитывается с помощью уравнения МИ.

3) Движение заряженной пылевой частицы в электростатическом магнитном поле.

Метод основан на явлении взаимодействия заряженной частицы с электростатическим полем.

4) Излучение электромагнитных волн.

При ударе высокоскоростной частицы о твердотельную мишень наряду с фотоэмиссией наблюдается излучение электромагнитных волн в рентгеновском диапазоне частот и в радиодиапазоне частот. Излучение электромагнитных волн так же несет информацию о параметрах пылевой частицы. Однако, отсутствие в настоящее время математической модели данного явления не позволяет говорить о каком-либо его практическом применении, по крайней мере для частиц небольших размеров (микрон и менее).

5) Вакуумный пробой промежутка “частица - преграда”.

Для заряженных пылевых частиц с зарядом $10^{-12} \div 5 \cdot 10^{-14}$ Кл при взаимодействии их в вакууме с металлической преградой на расстоянии друг от друга, равном одному или нескольким диаметрам частицы, наблюдается электрический пробой, в результате которого часть вещества частицы и преграды превращается в ионизированный газ. Если в области пробойного участка включить электрическое поле, то с преграды (мишени) можно снять заряд электронов или ионов. Величина заряда образованного в результате пробоя, определенным образом связана с потенциалом на частице, определяется структурными дефектами поверхности частицы и мишени и рядом других факторов. Метод регистрации, основанный на явлении пробоя промежутка “частица - преграда” может быть использован при измерении характеристик пылевых частиц.

6) Внесение вещества частицы в преграду

При взаимодействии высокоскоростной пылевой частицы с мишенью часть вещества пылевой частицы остается на дне кратера и внедряется в вещество мишени за счет процессов диффузии. Данное явление может быть положено в основу отсроченных методов измерения параметров пылевой частицы. Воздействуя на дно кратера рентгеновским (или лазерным) излучением, можно получать спектры рентгеновского излучения и, тем самым, определить химический состав пылевой частицы. Внедренные атомы пылевой частицы создают в заряженной зоне полупроводника локальные уровни. Анализ вольтамперных характеристик позволяет в некоторых случаях определить концентрацию и возможную природу примесных центров. Достоинством данного метода является проведение измерения ранее «запомненных» характеристик частиц в лабораторных условиях.

7) Пьезоэффект при ударном взаимодействии частиц с преградой.

8) Свечение люминофора при взаимодействии частиц с преградой.

9) Фотоэмиссия при высокоскоростном ударе.

10) Ионизация вещества частицы и преграды при высокоскоростном ударе. Собирая ионы, образовавшиеся при высокоскоростном ударе можно, оценить физико-химические свойства пылевых частиц.

11) Измерение электропроводности диэлектриков и полупроводников при высокоскоростном ударе.

Ударные волны, возникающие при взаимодействии высокоскоростной пылевой частицы с преградой при прохождении через диэлектрические структуры, могут вызвать значительное изменение электропроводности. В связи с тем, что параметры ударной волны связаны с параметрами пылевой частицы, данное явление может быть положено в основу измерительного метода.

12) Калориметрический метод.

Принцип работа основан на преобразовании кинетической энергии микрометеороида

$E_k = \frac{m \cdot V^2}{2}$ (где m , V – масса и скорость микрометеороида) в тепловую энергию согласно

выражению: $\Delta T_{meas} = k \cdot \frac{\eta \cdot E_k}{C_a}$, где ΔT_{meas} – изменение температуры на датчике, η –

коэффициент, учитывающий эффективность преобразования кинетической энергии в тепловую, k – коэффициент связи измеренной температуры и истинной (приблизительно равен 1), C_a – теплоемкость детектора.

Для получения наиболее полных сведений о параметрах микрометеороидов желательно использовать датчики, основанные на нескольких физических явлениях одновременно. Примером может служить датчик на основе ударносжатой МДМ – структуры и сбора ионов, образовавшихся после удара (ионизационный датчик).

Список литературы

1. Семкин Н.Д., Воронов К.Е., Новиков Л.С. Регистрация пылевых и газовых частиц в лабораторных и космических условиях [Текст]/Самара. 2005. С. 470.
2. Телегин А.М. Современные детекторы микрометеороидов [Текст] // Физика и технические приложения волновых процессов: материалы IX между. научн.-техн. конф.: под общ. ред. В.И. Тамбовцева. Челябинск: Изд-во Челябинск. Гос. Ун-та. 2010. С.169.

УДК 621.396.75

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ МАХОВИЧНОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ

Терехина О. В., Зеленский А. В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

В последнее время в нашей стране происходит тотальная экономия электроэнергии. Это связано с уменьшением запасов углеводородов в стране и по некоторым оценкам их осталось на 40...50 лет.

Кроме того оказалось, что единая центральная энергосистема не способна в полной мере обеспечить потребности в электроэнергии обширных разобщенных территорий. Единственным универсальным средством электроснабжения удаленных территорий

остаются дизельные электростанции. Из-за высоких расходов на топливо стоимость электрической энергии при использовании дизельных электростанций значительно выше, чем стоимость тарифа на электроэнергию в централизованных электроэнергетических системах. Это ставит северные и дальневосточные регионы в неравные условия, не способствует экономическому развитию их территорий, ухудшает экологическую и демографическую ситуацию. Выходом из данной ситуации является установка и использование возобновляемых локальных источников энергии.

Необходимо ориентировать отрасль на использование централизованных и локальных энергетических систем и в каждом конкретном случае рассматривать наиболее приемлемое их сочетание. Для одних потребителей (или регионов) необходимы крупные поставщики электроэнергии. А для других - небольших предприятий или неэнергоёмких производств - вполне достаточно электроэнергии от локальных систем энергопитания.

В складывающейся ситуации целесообразно оптимизировать задачи энергоснабжения, и в частности, введением локальных систем энергопитания. Локальные системы энергопитания содержат следующие источники электроэнергии: солнечные батареи, ветроустановки, дизельные генераторы, термоэлектрические источники энергии и т.д.

Решению таких проблем способствует применение накопителей энергии. На сегодняшний день существует несколько видов накопителей: конденсаторные, гравитационные, гидравлические, маховичные и др.

Маховики накапливают и выделяют механическую энергию, которую сравнительно просто и с высоким КПД можно преобразовывать в другие виды энергии, кроме того, маховик – единственный аккумулятор, накапливающий одновременно с энергией и кинетический момент, что создает ряд дополнительных возможностей при применении маховичных накопителей энергии в различных технических устройствах и на движущихся объектах [].

Анализируя историю развития инерционных аккумуляторов в различных областях техники, можно выделить две основные цели их применения.

Первой является использование в качестве автономного источника энергии при ограниченной продолжительности работы. При таком применении инерционных аккумуляторов энергии периодическое или единовременное накопление осуществляется от внешнего источника, который затем отключается.

Вторая основана на свойстве маховиков как аккумуляторов энергии - медленно накапливать механическую энергию от какого-либо маломощного, постоянно действующего источника, а затем кратковременно выдавать ее потребителю с большей мощностью, значение которой практически ограничено только возможностью передачи или трансмиссии. При этом маховичный накопитель энергии рассматривается как дополнительное устройство к основному двигателю или источнику энергии.

Маховичные накопители энергии являются наиболее выгодными из предложенных выше, по своим техническим характеристикам. Они предназначены для накопления механической энергии в маховике (системе маховиков), консервации энергии при вращении маховика и выдачи ее потребителю при необходимом режиме работы.

Такой накопитель предлагается использовать в качестве промежуточного элемента системы энергообеспечения, что позволяет осуществлять энергоснабжение потребителя за счет накопленной энергии от генерирующих установок. Такой подход позволяет максимально приблизить энергопроизводящие установки к потребителю и обеспечить ему потребление накопленной энергии в необходимых объемах и в требуемое время, а в некоторых случаях отказаться от дорогостоящей прокладки протяженных линий электропередач до потребителя.

Проведенные исследования показали, что энергопотребление имеет сложный характер, т.е. налицо неравномерность потребления энергии. Расчеты показали, что в подавляющем большинстве систем завышена мощность генератора энергии. Проведенные нами исследования показали, например. Энергопотребление частного дома, коттеджа имеет

среднее потребление составляет около 30 :% от максимально генерируемой мощности, что приводит к большим расходам углеводородного топлива и , естественно , к повышению стоимости энергии.

Использовать локальные системы энергопитания эффективно только при наличии хорошего накопителя энергии. Накопитель энергии повышает надежность системы электропитания.

Принцип работы маховичного накопителя заключается в питании потребителей последовательно через накопитель энергии или параллельно. Оба метода использования накопителя энергии имеют свои преимущества и недостатки.

При разработке систем управления работой маховичного накопителя энергии нами использован график энергопотребления частного загородного дома [].

Работа локальной системы энергопитания возможна при наличии системы управления работой накопителя энергии. Основные сведения должны содержать следующие данные: потребляемую нагрузкой энергию; мощность, снимаемая с маховика; мощность, проходящая через вариатор; КПД маховика и вариатора и КПД мотор-генератора.

Система управления использовала математическую модель составленную на основе баланса мощностей при зарядке и разрядке маховичных накопителей и длительности процессов зарядки и разрядки маховичного накопителя энергии

При построении математической модели маховичного накопителя энергии будем исходить из рассмотрения энергетических балансов. Этот метод в сочетании с использованием кинетических и нагрузочных характеристик отдельных элементов приводит к определению закона изменения угловой скорости маховика.

Особенности эксплуатации маховичного накопителя энергии в каждом из указанных случаев обуславливает и различный подход к методикам расчета их проектных параметров.

Список литературы

1. Зеленский А. В., Нюхалов А. А. Маховичные накопители энергии для локальных систем энергопитания. - Самара: Самарский научный центр РАН, 2010 – 120 с., ил.
2. Зеленский А. В., Терехина О. В. Применение маховичных накопителей в локальных системах энергопитания. – 7 с.

УДК 539.216.3:261.382

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОИМИТАТОРА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ

Шумских И.Ю., Пиганов М.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Для решения задачи прогнозирования надежности радиоэлементов была выбрана радиально-базисная нейронная сеть с двухслойной структурой (рис. 1), в которой скрытые нейроны реализуют функции, радиально изменяющиеся вокруг выбранного центра и принимающие ненулевые значения только в окрестности этого центра. Подобные функции, определяемые в виде $\varphi(x) = \varphi(\|x - c\|)$, называются радиальными базисными функциями. В таких сетях роль скрытого нейрона заключается в отображении радиального пространства вокруг одиночной заданной точки, либо вокруг группы таких точек, образующих кластер. Суперпозиция сигналов, поступающих от всех скрытых нейронов, которая выполняется выходным нейроном, позволяет получить отображение всего многомерного пространства.

В качестве радиальной функции применялась функция Гаусса. Её центр размещался в точке c_i . Она может быть определена в сокращенной форме следующим образом:

$$\varphi(x) = \varphi(\|x - c_i\|) = \exp\left(-\frac{\|x - c_i\|^2}{2\sigma_i^2}\right),$$

где x – уровень сигнала на входе синапса;
 c_i – координаты центров базисных функций;
 σ_i – параметр формы базисных функций.

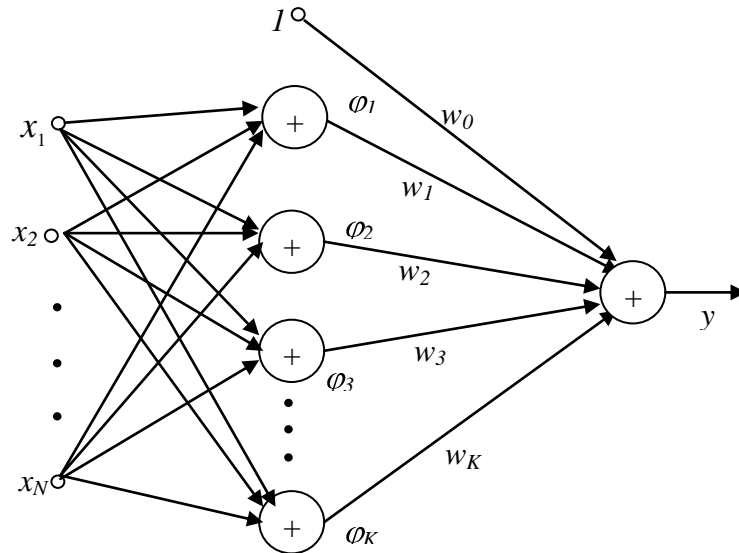


Рисунок 1. Структура радиально-базисной сети

Для расчета σ_i был применен алгоритм, при котором на значение σ_i влияет расстояние между i -м центром c_i и его R ближайшими соседями. В этом случае значение σ_i определялось по формуле:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{R} \sum_{k=1}^R \|c_i - c_k\|^2}.$$

Основной проблемой, возникшей при решении задачи, был подбор количества базисных функций, каждой из которых соответствует один скрытый нейрон. Как и при использовании сигмоидальных сетей, слишком малое количество нейронов позволяет уменьшить в достаточной степени погрешность обобщения множества обучающих данных, тогда как слишком большое их число увеличивает погрешность выводимого решения на множестве тестирующих данных. Подбор необходимого и достаточного количества нейронов зависит от многих факторов. Как правило, количество базисных функций K составляет определенную долю от объема обучающих данных p , причем фактическая величина этой доли зависит от размерности вектора x и от разброса ожидаемых значений d_t , соответствующих входным векторам x_t , для $t=1,2,\dots,p$.

Разделение данных на кластеры выполняли с использованием алгоритма *K-усреднений*. Согласно этому алгоритму центры радиальных базисных функций размещаются только в тех областях входного пространства, в которых имеются информативные данные. Если обучающие данные представляют непрерывную функцию, начальные значения центров в первую очередь размещают в точках, соответствующих всем максимальным и минимальным значениям функции.

Обработку выборки осуществляли с помощью нейроимитатора, моделирующего работу многослойного персептрона (рис.2).

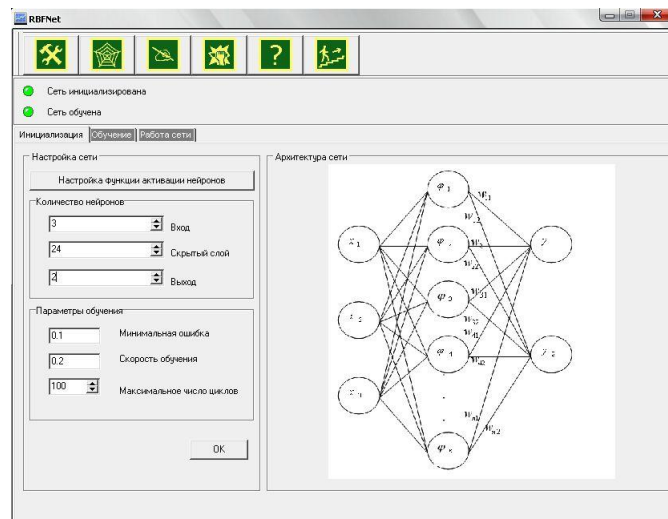


Рисунок 2. Нейроимитатор радиально-базисной сети

Данный метод реализован в разработанном нами программном комплексе «Нейроимитатор 1.0». В данной программе мы можем моделировать многослойный персептрон с различным количеством входных, скрытых, выходных нейронов.

В нашем случае было использовано три входных нейрона, так как каждый экземпляр характеризуется тремя параметрами, и два выходных нейрона, так как у нас всего два класса: годные и негодные радиоэлементы.

СЕКЦИЯ 10

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 519.85

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СЕРВИСА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Агафонов А.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Введение. В работе решается задача определения координат размещения объектов сервиса таким образом, чтобы обслужить максимальное количество населения с учетом транспортной доступности и конкурирующих объектов сервиса. Задача оптимизации размещения с использованием транспортной доступности и вычислительно, и алгоритмически гораздо сложнее традиционной для геомаркетинга задачи размещения одного объекта в пределах пешеходной доступности. Поэтому в работе исследуются квазиоптимальные жадные и генетические алгоритмы.

1. **Математическое описание задачи размещения.** Введем следующие обозначения:

$I = 1, \dots, m$ — множество объектов сервиса;

$J = 1, \dots, n$ — множество клиентов;

$K \subset I$ — множество открытых объектов сервиса - конкурентов;

$d_{ij} \geq 0, i \in I, j \in J$ — матрица доходности клиентов;

$g_{ij} \geq 0, i \in I, j \in J$ — матрица предпочтений клиентов;

$p, 0 < p < m$ — число открываемых объектов сервиса.

Переменные задачи:

$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если открывается } i\text{-й объект сервиса;} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$

$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й клиент обслуживается } i\text{-м объектом сервиса;} \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$

Определим множество $S_{ij} = \{k \in I \mid g_{kj} < g_{ij}\}$.

С использованием введённых обозначений задача размещения p объектов сервиса может быть записана в виде следующей задачи [1]:

найти

$$\max \sum_{i \in I \setminus K} \sum_{j \in J} d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1, \quad j \in J, \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} y_i = p, \quad (3)$$

$$y_k \leq 1 - x_{ij}, \quad k \in S_{ij}, \quad (4)$$

$$x_{ij} \leq y_i, \quad i \in I, j \in J, \quad (5)$$

$$x_{ij}, y_i \in 0, 1, \quad i \in I, j \in J. \quad (6)$$

2. **Описание алгоритмов.** Были исследованы следующие жадные алгоритмы: алгоритм последовательного присоединения, алгоритм последовательного удаления и алгоритм «Лидер группы». Первые два алгоритма последовательно добавляют новый объект сервиса к множеству открытых или удаляют из него таким образом, чтобы обеспечить максимум функции (1) на текущем шаге. Алгоритм «лидер группы» (ЛГ) — вероятностная

версия алгоритма последовательного присоединения, которая имеет в среднем меньшую погрешность и большую вероятность получения точного решения. Его отличие – на каждом шаге новый объект сервиса выбирается из некоторого подмножества объектов сервиса, а не из всего множества, как в алгоритме последовательного присоединения [2].

Также были исследованы генетические алгоритмы (ГА) с различными параметрами операторов селекции, скрещивании и мутации.

3. Сравнение алгоритмов. Сравнение алгоритмов было проведено на 4-х классах задач T_0, T_1, T_2, T_3 , отличающихся количеством возможных мест размещения и клиентов, а также способом формирования матриц клиентов и матриц транспортной доступности. Результат представлен в таблице:

	Погрешность алгоритмов, %		Время работы алгоритмов, с	
	ЛГ	ГА	ЛГ	ГА
T0	0,00	0,00	3,40	0,33
T1	2,72	2,64	2,78	0,34
T2	0,28	0,04	45,19	5,67
T3	8,33	8,27	58,92	5,74

4. Заключение. Проведен сравнительный анализ точности и скорости работы жадных и генетических алгоритмов для различных классов тестовых задач в зависимости от параметров алгоритмов. Лучшие результаты показал генетический алгоритм с равномерными операторами скрещивания и селекции. Для каждого класса задач он показал результаты по погрешности не хуже жадного алгоритма, значительно выигрывая по времени.

Список литературы

1. Алексеева Е.В., Кочетов Ю.А. Генетический локальный поиск для задачи о р-медиане с предпочтениями клиентов. Дискретный анализ и исследование операций. Сер. 2. 2007. Том 14. №1. С. 3-31.
2. Гончаров Е.Н., Кочетов Ю.А. Поведение вероятностных жадных алгоритмов для многостадийной задачи размещения. Дискретный анализ и исследование операций. Сер. 2. 1999. Том 6. №1. С. 12-32.

УДК 004.932.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СЕЛЬХОЗУГОДИЙ В ГИС АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Воробьева Н.С., Белова О.А., Денисова А.Ю.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

В докладе рассматривается применение космической съемки для решения одной из задач мониторинга сельхозугодий в геоинформационной системе агропромышленного комплекса Самарской области (далее – ГИС АПК), а именно – задачи распознавания видов посеянных сельскохозяйственных культур. Целью работы является разработка метода распознавания типов культур с использованием временных рядов вегетационных индексов, построенных по данным дистанционного зондирования.

ГИС агропромышленного комплекса

В 2010 году на территории Самарской области завершилось внедрение ГИС АПК во всех муниципальных районах. В настоящее время создана распределенная система,

позволяющая решать следующие задачи для нужд Министерства сельского хозяйства и продовольствия Самарской области: ведение дежурной карты полей, содержащей актуальную информацию о границах посевных площадей; осуществление контроля использования посевных площадей; планирование и контроль севооборота; выявление земель, неиспользуемых в течение длительного периода.

Рассматриваемая система ГИС АПК состоит из двух основных подсистем:

1. Подсистема учета и контроля земель сельхозназначения, предоставляющая средства ведения реестра сельскохозяйственных земель. Реестр ведется в виде векторной карты. Подсистема разработана с использованием инструментальной ГИС «ИнГЕО».

2. Подсистема мониторинга состояния сельхозугодий на основе космических снимков, предоставляющая пользователю возможность создания карт реальных границ полей, оценки их характеристик по ДДЗ, проверки наличия сельскохозяйственных культур на заданном наборе полей, выявления расхождения между декларированными сведениями и реальными данными.

В настоящий момент для улучшения результатов мониторинга сельхозугодий по космическим снимкам возникает задача разработки методов, позволяющих быстро и эффективно определять тип посеянной на поле сельскохозяйственной культуры. Предлагаемый в данной работе подход для решения указанной проблемы – использовать временные ряды, построенные по набору космических снимков.

Распознавание типов культур с использованием временных рядов вегетационных индексов

Существует группа параметров, вычисляемых по космическим снимкам и хорошо описывающих состояние растительного покрова – так называемые вегетационные индексы. Временные ряды строятся с использованием набора космических снимков за некоторый период времени. Важно отметить необходимость использования спутников с высокой периодичностью – для составления объективной динамики индекса. Поэтому в качестве источника данных дистанционного зондирования были выбраны спутники Terra и Aqua с пространственным разрешением 250м – указанные спутники дают снимки низкого разрешения, но их использование оправдывается высокой периодичностью (ежедневная съемка исследуемых территорий). Чаще всего при составлении временных рядов используют нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI. Временной ряд обычно строится для некоторой области на космическом снимке (поле или набор полей), поэтому значение NDVI усредняется для всей рассматриваемой территории.

Таким образом, задача распознавания типов культур формулируется следующим образом. Исходные данные: набор космических снимков Terra, Aqua за определенный период на заданную территорию; векторный слой, содержащий данные о границах посевных площадей. Цель: построить классификатор, позволяющий для каждого поля, внесенного в векторный слой границ посевных площадей, указать обнаруженный по ДДЗ тип культуры.

Временной ряд для некоторого поля строится следующим образом:

1. Задается набор космических снимков за заданный период времени;
2. Для каждого космического снимка с учетом облачности вычисляется среднее значение NDVI на поле; по полученным значениям строится временной ряд.

При классификации принимается решение об отнесении поля к одному из следующих классов типов культур: озимые культуры; яровые культуры; технические культуры; однолетние/многолетние травы; неиспользуемые земли; пары.

В качестве характеристик, описывающих поведение временных рядов, были выбраны следующие признаки:

1. Относительная дата начала цикла – дата, когда значение вегетационного индекса превысило порог (в данном результате экспериментальных исследований значение порога принято равным 0.3);

2. Длительность – количество дней между первым и последним превышением порога вегетационным индексом;

3. Максимум – максимальное значение вегетационного индекса;

4. Площадь – площадь фигуры, ограниченной графиком вегетационного ряда сверху и пороговой прямой снизу;
 5. Мощность – отношение Площади к Длительности;
 6. Относительная дата максимального значения индекса вегетации;
 7. Отклонение графика вегетационного индекса от симметрии относительно оси, проходящей через середину интервала наблюдений вегетационного индекса.
 8. Среднее значение вегетационного ряда;
 9. Дисперсия вегетационного ряда;
 10. Асимметрия плотности распределения вегетационного ряда.
 12. Максимальное значение первой производной вегетационного ряда на участке от начала цикла до точки максимума вегетационного ряда;
 13. Точка максимума первой производной вегетационного ряда на участке от начала цикла до точки максимума вегетационного ряда;
 14. Максимальное значение второй производной вегетационного ряда на участке от начала цикла до точки максимума вегетационного ряда.
- Основные результаты проведенной работы следующие:
- 1) Определен набор характеристик, описывающих поведение временных рядов вегетационных индексов для использования в задаче распознавания типов культур.
 - 2) Разработан автоматический метод обнаружения типов культур на основе временных рядов вегетационных индексов.
 - 3) Проводятся научно-исследовательские работы по оценке состояния сельхозкультур и прогнозирования урожайности на основе совместного использования снимков низкого, среднего разрешения и наземных наблюдений.

Список литературы

1. Vorobiova, N.S. State estimation of agricultural lands by using remote sensing / N.S. Vorobiova, A.V. Chernov // 9-th International Conference on Pattern Recognition and Image Analysis: Conference Proceedings in 2 volumes. Vol. 2 / N.I. Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod. – Nizhni Novgorod, the Russian Federation, 2008. – P. 295-298.
2. Tou, J. T. Pattern Recognition Principles / J. T. Tou, R. C. Gonzalez – Addison-Wesley, 1974.
3. Song, C. Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects? / C. Song, C. E. Woodcock, K. C. Seto, M. P. Lenney, Scott A. Macomber // Remote Sensing Environment, 2001. – Vol. 75. – P.230–244.
4. Fukunaga, K. Introduction to Statistical Pattern Recognition (Second Edition) / K. Fukunaga – Academic Press, 1990. – P. 592.

УДК 519.6(075)

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА НА СУПЕРКОМПЬЮТЕРЕ "СЕРГЕЙ КОРОЛЕВ"

Дегтярев А.А., Козлова Е.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

Для расчета процессов распространения электромагнитного излучения в оптических средах используются математические модели, основанные на дифференциальных уравнениях Максвелла, волновых уравнениях, уравнениях Гельмгольца. В общем случае рассчитываемое электромагнитное поле является четырехмерным, т.е. зависит от трех пространственных и одной временной координат. Но даже в трехмерном случае задача оказывается трудно решаемой на современных персональных компьютерах вследствие

недостатка оперативной памяти и огромной трудоемкости (сотни миллиардов и более вычислительных операций).

В настоящей работе рассмотрен вопрос численного решения нелинейного уравнения Гельмгольца, учитывающего так называемый эффект самовоздействия среды (нелинейность Керра), а также зависимость коэффициента показателя преломления от пространственных координат в сечении, перпендикулярном направлению распространения излучения. Для решения уравнения строится итерационная разностная схема расщепления, в основу которой положена схема Писмена-Рэкфорда.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} - E_{ij}^s}{0,5h_z} = \frac{l}{2k} \left[\Lambda_{h_x} E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} + \Lambda_{h_y} E_{ij}^s + k_{ij}^2 - \bar{k}^2 E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} \right] + \frac{l\pi}{\lambda_0 \bar{n}} \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_0} F E_{ij}^{s+\frac{1}{2}}, \quad i = \overline{1, I-1}; \quad j = \overline{1, J-1}; \\ \frac{E_{ij}^{s+1} - E_{ij}^{s+\frac{1}{2}}}{0,5h_z} = \frac{l}{2k} \left[\Lambda_{h_x} E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} + \Lambda_{h_y} E_{ij}^{s+1} + k_{ij}^2 - \bar{k}^2 E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} \right] + \frac{l\pi}{\lambda_0 \bar{n}} \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_0} F E_{ij}^{s+\frac{1}{2}}, \\ j = \overline{1, J-1}; \quad i = \overline{1, I-1}; \quad s = \overline{0, S-1}; \\ E_{ij}^s \Big|_{s=0} = \psi_{ij}, \quad i = \overline{0, I}, \quad j = \overline{0, J}; \\ E_{ij}^s \Big|_{i=0} = E_{ij}^s \Big|_{i=I} = 0, \quad s = \overline{1, S}, \quad j = \overline{1, J-1}; \\ E_{ij}^s \Big|_{j=0} = E_{ij}^s \Big|_{j=J} = 0, \quad s = \overline{1, S}, \quad i = \overline{1, I-1}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где $\Lambda_{h_x} E_{ij}^s = \frac{E_{i+1j}^s - 2E_{ij}^s + E_{i-1j}^s}{h_x^2}$, $\Lambda_{h_y} E_{ij}^s = \frac{E_{ij+1}^s - 2E_{ij}^s + E_{ij-1}^s}{h_y^2}$ – разностные операторы

Лапласа по переменным x и y соответственно, $F E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} = \left| E_{ij}^{s+\frac{1}{2}} \right|^2 E_{ij}^{s+\frac{1}{2}}$ – функция учитывающая эффект Керра.

Конечно-разностная схема Писмена-Рэкфорда (1) при любых шагах является устойчивой.

Для расчета решения была разработана последовательная программа. Однако, в связи с нелинейностью, быстро накапливается вычислительная погрешность. Для повышения точности расчета необходимо использование мелких сеток, а так же увеличение количества итераций уточнения, что зачастую делает проблематичным и даже невозможным решение задачи по указанным выше причинам. Для преодоления этой сложности были разработаны параллельные алгоритмы расчета. Первый алгоритм основан на решении СЛАУ методом встречных прогонок с циклическим разбиением, второй на решении СЛАУ методом правой прогонки с циклическим разбиением области.

Было произведено тестирование алгоритмов на персональном компьютере и суперкомпьютере «Сергей Королев». На рисунке 1 приведены графики ускорений параллельных алгоритмов по сравнению с последовательным для суперкомпьютера «Сергей Королев». На рисунке 2 приведены графики ускорений работы программы на суперкомпьютере «Сергей Королев» по сравнению с персональным компьютером, для конкретных алгоритмов.

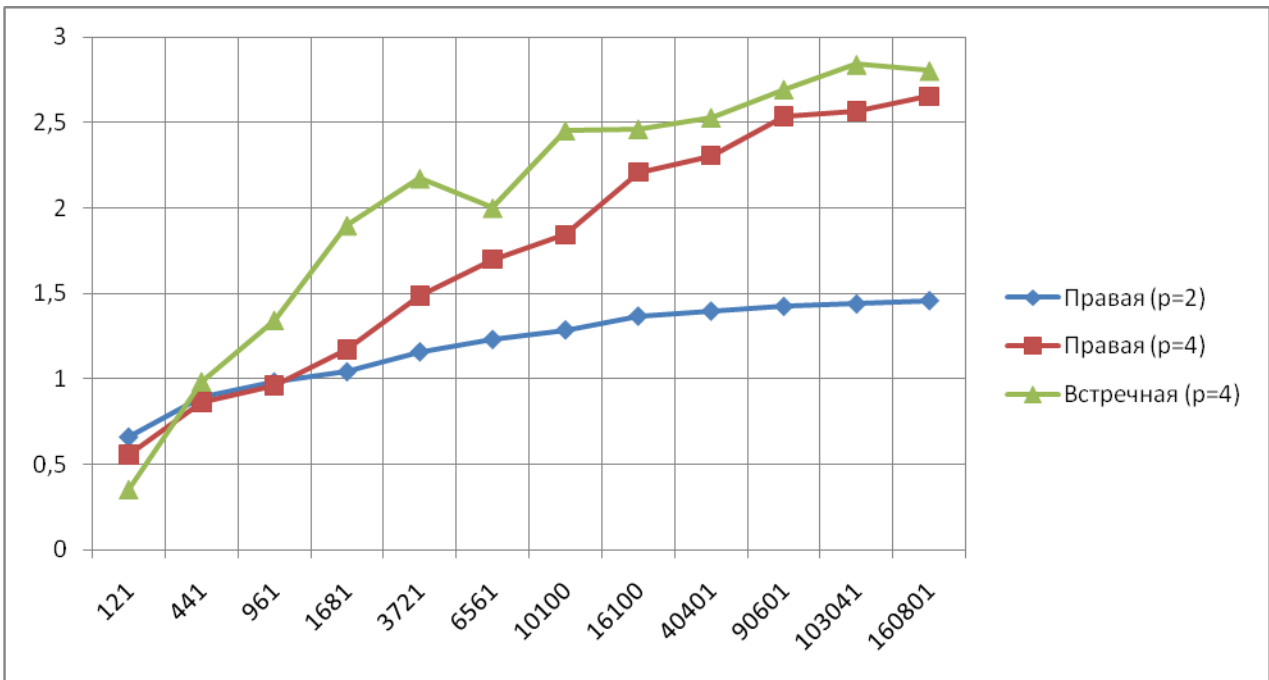


Рисунок 1. Ускорение на суперкомпьютере «Сергей Королев»

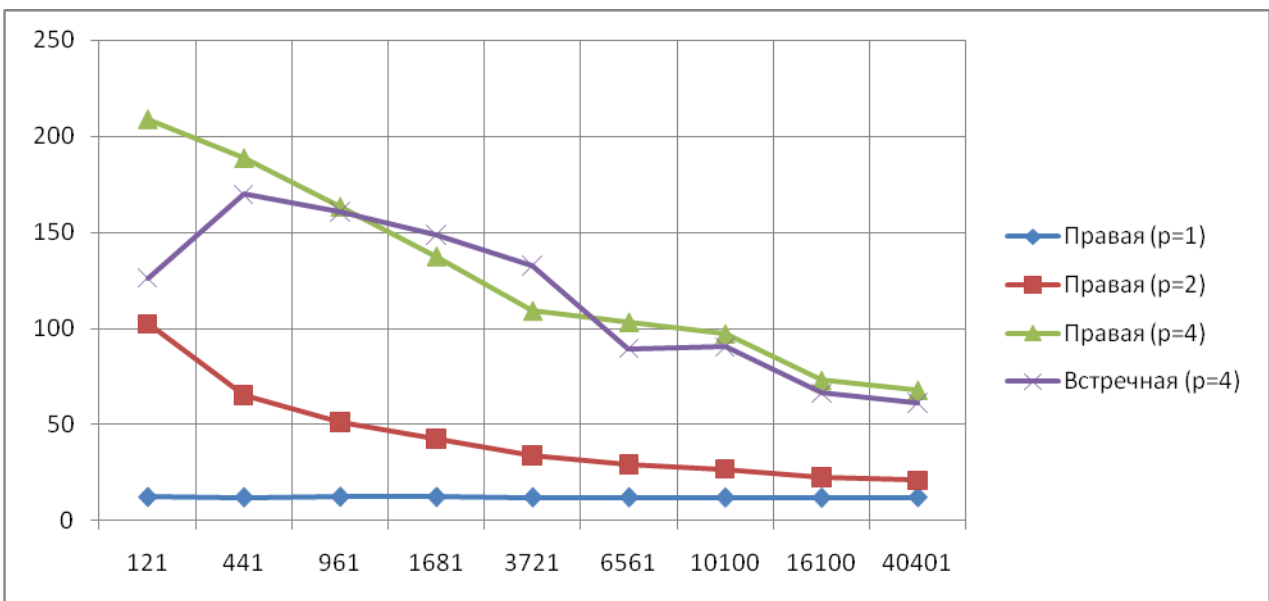


Рисунок 2. Ускорение на суперкомпьютере «Сергей Королев» по сравнению с персональным компьютером

Список литературы

1. М.Б. Виноградова, О.В. Руденко, А.П. Сухоруков Теория волн // М: Наука, 1979.
2. М. Адамас, С.Г. Кривошлыков, В.А. Черных, И.С. Сисакян Введение в теорию оптических волноводов // М: Мир, 1984. – 512 с.
3. А.А. Самарский Численные методы // М: Наука, 1958.
4. Голуб, Дж. Матричные вычисления / Дж. Голуб, Ч. Ван Лоун - М.:Мир, 1999.- 548 с.

УДК 004.2 (004.42)

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЧАСТИЦ НА КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ, ОСНОВАННОЕ НА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ CUDA

Зеленко Л.С., Крестьянсков С.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

По данным NASA, на околоземных орбитах находятся более 28 000 объектов космического мусора. Большинство этих объектов расположены на орбитах с высоким наклоном, плоскости которых пересекаются, поэтому средняя относительная скорость взаимного пролета составляет около 10 км/с. Вследствие огромного запаса кинетической энергии столкновение любого из этих объектов с действующим космическим аппаратом (КА) может привести к катастрофическому разрушению силовой конструкции аппарата и отказу КА в целом. Эффективных мер защиты от объектов космического мусора размером более 1 см в поперечнике практически нет. Ввиду этого исследования по организации защитных мероприятий для КА и оценке их эффективности приобретают особую *актуальность*. Для решения данных задач требуется более точные знания о количественных характеристиках нестационарных явлений при интенсивных нагрузках, которые инициированы процессами физического или химического взрыва и высокоскоростного удара. Данные процессы, в отличие от квазистатических, являются кратковременными быстропротекающими, сопровождающимися образованием ударных волн, волн сжатия и разрежения, их взаимодействием и отражением от различных дезориентированных поверхностей и движущихся тел и сред. Это приводит к большим деформациям, локальному перегреву вещества, изменению кристаллической структуры и свойств нагружаемых сред, множественным разрушениям и другим необратимым эффектам. Для численной оценки параметров процессов необходимо прибегать к *методам имитационного моделирования*, поскольку проведение натуральных экспериментов в большинстве случаев является экономически нецелесообразным. Кроме того, результаты прямых или косвенных измерений могут оказаться куда менее точными, чем результаты, получаемые при помощи верифицированной математической модели. Основой макромодели является гипотеза о непрерывном изменении характеристик среды в пространстве (x, t). Физико-математическая модель содержит общие для всех сред дифференциальные уравнения механики, выражающие фундаментальные законы сохранения массы, импульса и энергии, а также общие для всех сред кинематические соотношения [1]. Для упрощения расчетов в модели были сделаны следующие допущения:

1. среда представлена дискретно, каждая частица не имеет конкретных контактных границ и является точкой аппроксимации среды;
2. направление движения среды определяется путем численного интегрирования уравнений механики сплошных сред;
3. интегрирование осуществляется пошагово через определенные промежутки времени;
4. потеря связи между частицами интерпретируется как разрушение;
5. точное определение границы ударной волны невозможно из-за введения «псевдовязкости», за фронтом волны может наблюдаться не характерная для процесса осцилляция параметров;
6. не учитываются: плазменное состояние, при котором происходит ионизация; дальнедействующие электромагнитные и гравитационные силы; особенности кристаллической решетки (анизотропия, дислокации) и процессы излучения;

7. отсутствуют граничные условия, в результате в месте контакта взаимодействующие объекты «слипаются» и невозможно жестко закрепить границы или задать границы полубесконечных преград.

Наиболее удобным для моделирования задачи высокоскоростного соударения является бессеточный свободно-лагранжев метод – *метод гладких частиц* (smoothed particle hydrodynamics method - SPH), он обеспечивает достаточную точность расчетов, достигаемую при использовании имитационной модели. Кроме того, данный метод универсален и алгоритмически реализуем с применением параллельных вычислений, так как расчет параметров гладкой частицы осуществляется независимо от остальных частиц системы. В связи с этим было принято решение использовать для вычислений параллельную архитектуру графического процессора GPU и технологию CUDA, которая хорошо подходит для обработки больших объемов данных, обеспечивает доступ к набору инструкций графического ускорителя и позволяет управлять его памятью при организации параллельных вычислений. Графический процессор видеокарты состоит из множества нитей, каждая из которых независимо от остальных может обрабатывать данные. В зависимости от модели видеокарты, количество этих нитей различно, но даже на мобильных версиях на ноутбуках достигает числа $33 \cdot 10^6$. Очевидно явное преимущество использования графических процессоров перед обычными процессорами в параллельных высоконагруженных вычислениях. В данной работе имеются две задачи, подлежащие распараллеливанию. Первая связана с вычислением параметров частицы через параметры соседей. Общее количество нитей всех блоков в сетке легко покрывает среднее количество частиц, которые будут обрабатываться в программе, что позволяет параметры каждой частицы вычислять на отдельной нити. Решение второй – поиска соседей – также можно ускорить, используя архитектуру видеокарт Nvidia. По аналогии для каждой частицы на отдельной нити определяется её положение в пространственной сетке в следующем итерационном шаге, что позволяет быстро получать соседей частицы из смежных ячеек сетки. Также возможно покрыть количество частиц количеством блоков в сетке, а количество соседей данной частицы количеством нитей в блоке, что позволит через быструю Shared Memory получать данные с соседей и использовать их, что значительно улучшает производительность (рис. 1).

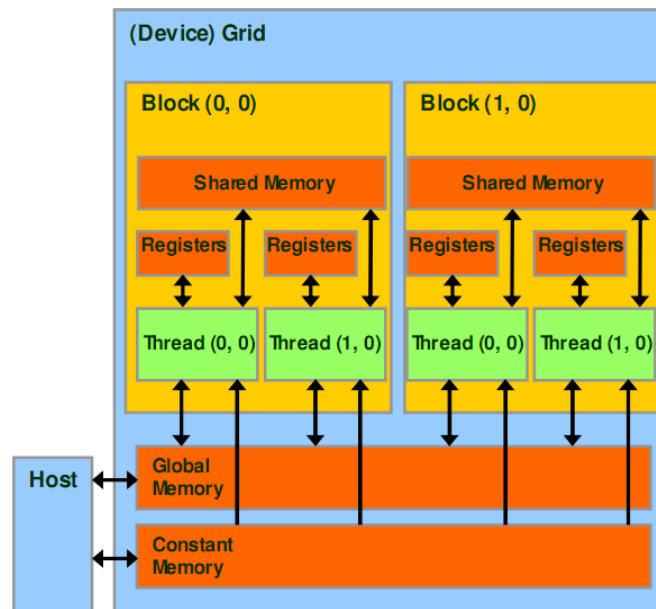


Рисунок 1 - Схема организации памяти в CUDA-видеокарте

Список литературы

1. Бабкин, А.В. Прикладная механика сплошных сред. Т. 3: Численные методы в задачах физики взрыва и удара [Текст]/ А.В. Бабкин, В.И. Колпаков, В.Н. Охитин, В.В. Селиванов. – М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2000.

УДК 621.382

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТРАВЛЕНИЯ КРЕМНИЯ ВО ВНЕЭЛЕКТРОДНОЙ ПЛАЗМЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ГАЗОВОГО РАЗРЯДА

Колпаков¹ В.А., Подлипов^{1,2} В.В.

¹ Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

² Институт систем обработки изображений РАН, г. Самара

Традиционные плазменные технологии, базирующиеся на ВЧ, СВЧ и магнетронном разряде обладают такими существенными недостатками как эффект загрузки, невозможность травления разных материалов в одной рабочей камере, необходимость жесткого контроля большого количества регулируемых и нерегулируемых рабочих параметров [1, 2]. Согласно [2], у внеэлектродной плазмы, формируемой высоковольтным газовым разрядом перечисленные недостатки отсутствуют, поэтому она нашла широкое применение в технологиях пайки полупроводниковых элементов, очистки поверхности материалов, увеличении адгезии тонких пленок. В работах [1, 2] показана возможность применения внеэлектродной плазмы в технологиях формирования оптического микрорельефа на диоксиде кремния, карбиде кремния и алмазоподобных пленках. Однако в данных работах отсутствуют подробные результаты исследования механизмов и процессов, протекающих при травлении кремния во внеэлектродной плазме. В данной работе проведены предварительные исследования процессов травления кремния во внеэлектродной плазме.

Для проведения исследований использовались специально подготовленные образцы монокристаллического кремния, поверхность которого ориентирована по кристаллографической плоскости (100). На поверхности пластин методами фотолитографии формировалась бинарная фоторезистивная маска (рис. 1, а) с периодом отверстий 3 мкм, глубиной 750 нм, диаметр 2,25 мкм. Сформированные структуры подвергались обработке во внеэлектродной плазме с энергией частиц 100-500 эВ и равномерностью их распределения по сечению потока плазмы не хуже 95%. В качестве рабочего плазмообразующего газа использовалась смесь хладона-14 (CF₄) и кислорода (O₂) в соотношении 80% и 20% соответственно. Для устранения излишнего нагрева образцов в процессе травления они размещались на водохлаждаемом подложкодержателе. Время травления всех образцов составляло 10 мин. После операции травления проводилась отмывка образцов с использованием ультразвука от остатков фоторезиста в чистом ацетоне при температуре 80°С, в изопропиловом спирте и в проточной бидистиллированной воде. Контроль параметров резистивной маски и микрорельефа после травления осуществлялся с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) Carl Zeiss Supra 25. Виды полученных микропрофилей представлены на рис. 1, b, c, d. Измерение параметров глубины и наклона осуществлялось с помощью силового зондового микроскопа Solver Pro. Анализ представленных результатов (рис. 1, c) показал, что в процессе травления при использовании режимов газоразрядного устройства со значениями ускоряющих напряжений $U \leq 700\text{В}$ наблюдается наименьшая глубина рельефа, измеренное значение которой составляет 200 нм. Низкая скорость травления кремния в данном случае обусловлена малой энергией фторсодержащих ионов, и низкой концентрацией ХАЧ высоковольтного газового разряда, что коррелирует с данными работы [1, 2]. При напряжении $U=1100\text{В}$ и токе $I=190\text{мА}$ (рис. 1, d) наблюдается увеличение глубины травления до 350 нм. Однако при этом происходит повышение степени шероховатости, которое вызвано, по-видимому, недостаточной скоростью удаления пассивирующего низлежащего слоя адсорбированных комплексов Si-F₂ [3]. Дальнейшее повышение энергии частиц плазмы путем увеличения напряжения на электродах устройства до 2000В интенсифицирует процессы удаления продуктов реакции, за счет физического распыления, повышения миграционной способности адсорбированных комплексов Si-F₂ и их последующего объединения до легколетучих соединений Si-F₄ [1, 2, 3].

Таким образом, в режиме $U=2000\text{В}$, $I=80\text{мА}$ становится преимущественным механизм реактивного ионного травления, позволяющий получать микропрофили приемлемого качества, даже при незначительном значении тока газоразрядного устройства (рис. 1, b).

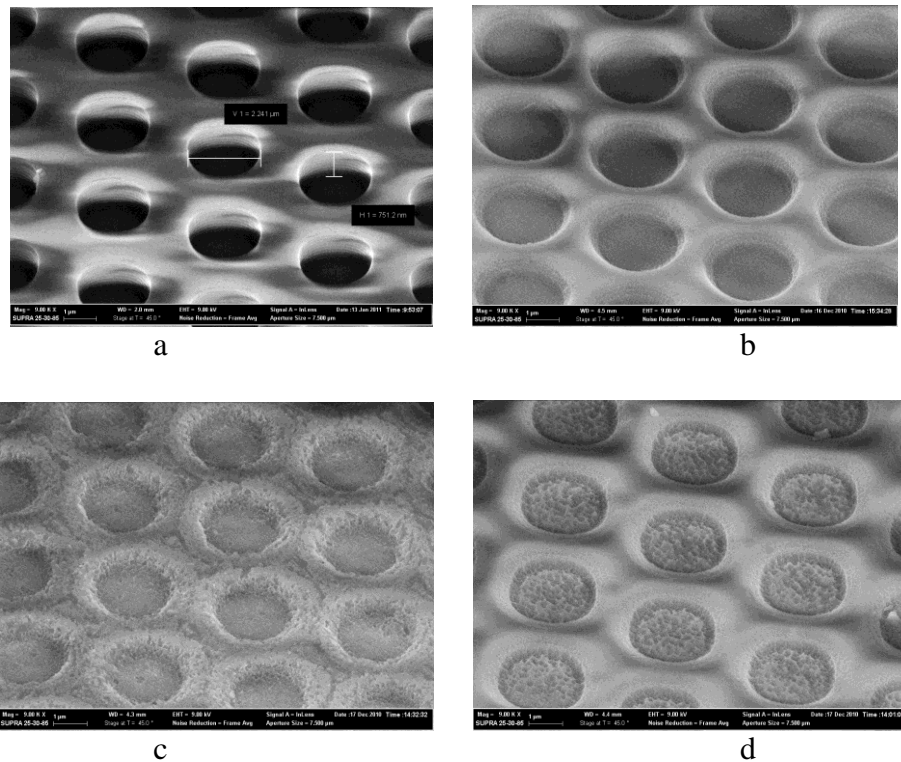


Рисунок 1. Изображения поверхности кремния на РЭМ:
а – кремний с фоторезистивной маской на поверхности;
b, c, d – после обработки в плазме ВГР при различных значениях тока разряда и напряжения
(b – $I = 80\ \text{мА}$, $U = 2000\ \text{В}$; c – $I = 190\ \text{мА}$, $U = 700\ \text{В}$; d – $I = 190\ \text{мА}$, $U = 1100\ \text{В}$).

Представленный на рис. 1, b микрорельеф имеет глубину $600\ \text{нм}$, шероховатость её поверхности не превышает $40\ \text{нм}$. Отклонение боковых стенок от вертикали составляет 20° и обусловлен переотражением и отклонением заряженных частиц плазмы от боковых стенок резистивной маски, накапливающей поверхностный заряд. Дальнейшее повышение тока и напряжения газоразрядного устройства не приводит к улучшению качества формируемого микрорельефа вследствие сильного разогрева поверхности и деградации резистивной маски. Следовательно, наиболее приемлемым для травления кремния во внеэлектродной плазме на данном этапе исследований можно считать режим $U=2000\text{В}$, $I=80\text{мА}$.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МД-1041.2011.2, а также гранта Карл Цейсс №7/11 КЦ.

Список литературы

1. Казанский Н.Л., Колпаков А.И., Колпаков В.А. Исследование особенностей процесса анизотропного травления диоксида кремния в плазме газового разряда высоковольтного типа // Микроэлектроника. – 2004. – Т. 33. – № 3. – С. 218-233.
2. Казанский Н.Л., Колпаков В.А. Формирование оптического микрорельефа во внеэлектродной плазме высоковольтного газового разряда. Монография. – М.: Радио и связь, 2009. – 220 с.
3. Амиров И.И., Морозов О.В., Изюмов М.О., Кальнов В.А., Орликовский А.А., Валиев К.А. // Плазменные процессы глубинного травления Si и SiO₂ для целей микротехнологии. // Квантовые компьютеры, микро- и нанoeлектроника: физика, технология, диагностика и моделирование. Ред. Орликовский. М.Наука, 2005 (ФТИАН; Т18). С.173-189.

УДК 004.932.2.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКИ-КОНСТРУИРУЕМОЙ РЕГРЕССИИ В ЗАДАЧАХ ЛОКАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Копенков В.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Обязательным этапом любых информационных технологий анализа визуальной информации являются операции восстановления и фильтрации изображений, повышения яркости или контраста, другие поэлементные преобразования, ранговые операции, поэлементная классификация, сегментация и классификация областей на изображении и др.

Традиционный путь решения задач такого типа заключается в полуэвристическом подборе или синтезе большого числа обрабатывающих процедур, что объективно обусловлено разнообразием и сложностью математических моделей формирования оптических сигналов, плохой формализацией решаемых задач, критериев качества обработки и т.д. По этой причине разработанные алгоритмы зачастую обладают недостаточно высоким качеством обработки наряду с высокой вычислительной сложностью. Этот факт позволяет рассматривать традиционный способ как недостаточно конструктивный и малоэффективный.

В то же время практически всегда можно неформально указать желаемый результат обработки, например, предъявив согласованную пару изображений, интерпретируемых как "входное" и "выходное". Поскольку сам механизм преобразования данных при этом остается неизвестным, мы имеем здесь типичную для кибернетики ситуацию анализа и синтеза "черного ящика" на основании примеров-прецедентов [1-3]. Это позволяет применить к задачам построения локальных процедур обработки изображений универсальную методологию, принятую в кибернетике и распознавании образов. Настоящая работа посвящена рассмотрению одного из возможных способов конструирования и реализации «универсальной» схемы локальной обработки изображений, основанной на иерархически-конструируемой регрессии и линейных локальных признаков, вычисляемых при помощи эффективных алгоритмов локальных дискретных вейвлет-преобразований.

Возможность использования иерархически-конструируемой регрессии упоминается в контексте многих работ по распознаванию и обработке зрительных образов [2-4]. В процессе построения функции регрессии область ее определения, представляющая собой K-мерный гиперкуб, последовательно разбивается по осям и порождает в памяти ЭВМ иерархическую древовидную структуру [4-7]. В каждой из областей, полученных в результате разбиения, выполняется аппроксимация функции решений в соответствии с выбранным критерием. Области с малой ошибкой аппроксимации принимаются за терминальные вершины дерева. Те области, в которых ошибка велика, подвергаются дальнейшему разбиению. Общая рекурсивная схема построения дерева решений следующая подробно описана в работах [3-7].

Еще одним из важнейших этапов, возникающий при построении любой системы обработки информации является этап формирования признаков. Связано это с тем, что итоговые качественные характеристики конструируемой системы являются жестко зависимыми от того описания в виде признаков, которое используется в ней для анализируемых объектов или явлений. Естественно, что при построении и выборе признаков принципиальным моментом является качество обработки в системе. В то же время для задач, связанных с обработкой цифровых сигналов и изображений, есть устоявшийся набор требований, которые неизменно предъявляются к используемым признакам. Одним из основных требований к признакам в задачах рассматриваемого класса является требование вычислительного характера. Оно заключается в том, чтобы существовал алгоритм расчета признаков, и этот алгоритм был вычислительно эффективен. Второе требование к признакам появляется из необходимости удовлетворения определенным временным ограничениям, накладываемым на процесс обработки в целом. Это требование типично для систем

обработки реального времени, например, для бортовых систем дистанционного зондирования, систем оперативного контроля и других. В работах [8-11] предложено семейство признаков на основе локального дискретного вейвлет преобразования. Предложены вычислительно-эффективные алгоритмы для расчета ДВП одномерного и 2-х мерного сигналов с базисом Хаара, а так же эффективные схемы для биортогональных сплайн-вейвлетов. Полученные наборы признаков позволяют эффективно реализовать нелинейную иерархическую древовидную аппроксимацию вместе с быстрым расчетом и построением признакового пространства, что, в свою очередь, приводит к построению вычислительно эффективной информационной технологии обработки и анализа многомерных сигналов и изображений.

При реализации «универсальной» схемы, основанной на иерархически-конструируемой регрессии и признаках, вычисляемых при помощи эффективных алгоритмов локального дискретного вейвлет-преобразования, остается ряд проблем:

- Выбор признаков (состав, количество, параметрическая настройка).
- Выбор окна локального преобразования (для расчета локального ДВП).
- Подбор модели регрессии.
- Объемы выборочных данных при «обучении».
- Проблемы недообучения и переобучения (адаптация в обучающей выборке).
- Вычислительная сложность «универсального» преобразования.

Для решения этих проблем в работе предлагается воспользоваться достоинствами иерархической структуры и особенностями расчета ДВП на основе модифицированного алгоритма [8-10], который позволяет рассчитывать признаки последовательно. Что позволяет использовать их в древовидной структуре тоже последовательно. Результатом является эффективный алгоритм выбора признаков. Кроме того, на основе требуемой вычислительной сложности вводятся ограничения на модель иерархической регрессии и число вычисляемых признаков. Вопрос объемов выборочных данных при «обучении» и проблем переобучения решается более эффективно вследствие того, что нет необходимости переобучать всю процедуру, так как можно рассчитать следующий уровень ДВП и получить дополнительный признак. Вычислительная сложность «универсального» преобразования рассчитывается на основе ограничений по сложности и качеству исполнения конечного преобразования. Указанные вопросы и результаты будут более подробно рассмотрены в докладе.

Список литературы

1. Методы компьютерной обработки изображений. Второе издание. Под ред. В.А. Соифера. Москва. Физматлит. 2003.
2. Р. Гонсалес, Р. Вудс Цифровая обработка изображений – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с. ISBN 5-94836-028-8
3. Методы компьютерной обработки изображений /Под ред. В.А.Соифера. – М.: Физматлит, 2001. – 784 с.
4. Сергеев В.В., Копенков В.Н., Чернов А.В. Сравнительный анализ методов аппроксимации функций в задачах обработки изображений. Компьютерная оптика. Выпуск 26. 2004 г. Стр. 118-122.
5. Сергеев В.В., Копенков В.Н., Чернов А.В. Сравнительный анализ методов нейронных сетей и иерархической аппроксимации в задачах фильтрации Изображений. Научный журнал «Автометрия». Том 42. №2 2006 г. Новосибирск. Стр. 100-106.
6. V.V. Sergeev, V.N. Kopenkov, A.V. Chernov. Comparison of the function approximation methods applied to image processing. Pattern Recognition and Image Analysis. Vol 17 No 2 2007 p. 217-221.
7. V.N. Kopenkov, V.V. Sergeev, E.I. Timbai. Hierarchical approximation method as a solution of multivariate indirect measurements problem. 3-th International Conference on «Automation, Control and Information Technology» (ACIT`2010), Novosibirsk, the Russian Federation, June 15-18, 2010, conference proceedings, pp 25-28

8. В.Н. Копенков, В.В. Мясников. Быстрые алгоритмы локального дискретного вейвлет-преобразования с базисом Хаара // Научно-техническая конференция с международным участием: «Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении ПИТ-2006» Том 2. 2006 г. Самара. стр. 113-118.
9. Копенков В.Н.. Эффективные алгоритмы локального дискретного вейвлет-преобразования с базисом Хаара. Компьютерная оптика. Выпуск 32. №1 2008 г. Стр. 78-85.
10. Kopenkov V., Efficient algorithms of local discrete wavelet transform with HAAR-like bases. Pattern Recognition and Image Analysis. Vol 18 No 4 2008 p. 654-661 pp.
11. V.N. Kopenkov, V.V. Myasnikov. Research the Performance of a Recursive Algorithm of the Local Discrete Wavelet Transform. 20-th International Conference on Pattern Recognition (ICPR-2010). Istanbul, Turkey, August 23-26, 2010. Abstract book, p 2317-2320.

УДК 004.932.2.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ СЕРИЙНЫХ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Космодемьянский Е.В., Кириченко А.С.
ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара

Данная работа посвящена вопросам, возникающим на этапе проектирования и создании серийных малых космических аппаратов, с применением информационных технологий.

Обостряющаяся борьба на рынке космической техники требует постоянного уменьшения сроков разработки изделий и повышения качества, а это невозможно без применения современных информационных технологий.

На сегодняшний день комплекс технологий объединенных под общим термином «информационная поддержка изделия» становится одним из важнейших инструментов в создании изделий космической техники, в частности серийных космических аппаратов (КА). Причем серийные КА обладают рядом отличительных особенностей, которые требуют специального подхода при информационной поддержке изделия на различных этапах жизненного цикла. Основными отличительными особенностями создания серийных КА является длительный срок разработки, сложность экспериментальной отработки и высокая стоимость первого или первых аппаратов серии и короткий срок разработки и снижающаяся стоимость последующих КА.

В работе описываются основные этапы разработки серийного КА с точки зрения объекта информационной поддержки изделия, рассматривается процесс создания трёхмерных моделей конструкции и компоновки, создания расчётных моделей и их взаимосвязь.

Акцентируется внимание на реализации особенностей серийных КА при моделировании, в частности на различиях первого и последующих КА серии, реализации этих различий в трёхмерных и конечно-элементных моделях КА.

В качестве примера рассмотрены особенности процесса моделирования КА ДЗЗ, конструктивная схема которого имеет отличия в различных аппаратах серии.

В работе сделан вывод об эффективности комплексного подхода в информационной поддержке изделия при создании серийных КА.

УДК 004.021.

РЕШЕНИЕ СЕТОЧНЫХ УРАВНЕНИЙ НА ГРАФИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ. МЕТОД ПИРАМИД.

Кочуров¹ А.В., Головашкин² Д.Л.

¹Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

²Институт систем обработки изображений РАН

Решение дифференциальных уравнений, сопровождающееся наложением сеточной области, широко применяется для компьютерного моделирования разнообразных явлений в физике, химии, экономике и других отраслях. В последние годы повышение производительности новых моделей центральных процессоров (CPU) достигается в основном путем увеличения числа ядер и добавления новых векторных расширений (SIMD) при малом росте частоты. Однако наиболее распространенная сегодня архитектура x86 обладает рядом особенностей, усложняющих масштабирование: длинный конвейер (вплоть до 31 уровня в некоторых ядрах Pentium 4), наличие кэша размером в несколько мегабайт (призванного компенсировать большой разрыв в производительности ОЗУ и CPU) и обширный набор инструкций требуют большого числа транзисторов. Это обуславливает сравнительно небольшое число ядер на одном кристалле и большую площадь каждого ядра даже при использовании самого современного техпроцесса. Архитектура графических процессоров (GPU) изначально разрабатывались для параллельных вычислений. GPU содержит до нескольких сотен ядер против 8-16 у CPU, обладает развитыми средствами синхронизации потоков, предоставляет пользователю возможность гибко управлять памятью. Благодаря этому во множестве приложений GPU достигает существенного большей производительности, нежели CPU.

В частности, алгоритмы решения сеточных уравнений характеризуются:

- высокой интенсивностью обращений к ОЗУ, преимущественно по непрерывным диапазонам адресов;

- использованием только базовых операций над числами с плавающей запятой;
- большим числом операций, которые могут быть выполнены параллельно;
- малым числом ветвлений и условных переходов.

Эти особенности дают GPU ряд преимуществ перед CPU:

- скорость передачи данных между GPU и видеопамятью выше, чем между CPU и ОЗУ;

- GPU оптимизированы для операций с числами с плавающей точкой;
- GPU могут параллельно выполнять большое число независимых операций.

Малое число условных переходов и обращения к непрерывным диапазонам адресов памяти обеспечивает максимальную производительность GPU. Однако, объем установленной оперативной памяти в современных GPU недостаточен для многих задач, в частности, связанных с исследованием и проектированием нанообъектов. В предлагаемой работе описана авторская модификация известного из теории автоматического распараллеливания метода пирамид, позволяющего сокращать количество коммуникаций между ветвями параллельного алгоритма за счет дублирования вычислений. В качестве иллюстрации применения метода исследована задача решения линейного однородного нестационарного одно- и двумерного уравнения теплопроводности с декомпозицией сеточной области по одной или нескольким осям на перекрывающиеся подобласти. Построена оценка быстродействия параллельного алгоритма, предложен метод нахождения оптимальных параметров декомпозиции. Представлен параллельный алгоритм решения сеточного аналога двумерного линейного однородного нестационарного уравнения теплопроводности для GPU GeForce GT 330M по технологии OpenCL на основе

предложенного метода для одномерной и двумерной декомпозиции сеточной области. Было произведено сравнение производительности на этом же устройстве с тривиальным алгоритмом, производящим пересылку на каждом слое. Наилучшее быстродействие было достигнуто при одномерной декомпозиции. В ходе вычислительных экспериментов было установлено восьмикратное преимущество в производительности перед тривиальным алгоритмом. Теоретические оценки быстродействия подтверждены с точностью 5-7%.

Приведенный метод актуален и для решения других дифференциальных уравнений, в частности, возможно его применение для метода FDTD для задач электродинамики.

УДК 004.932.2

ОБНАРУЖЕНИЕ НА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ОБЛАСТЕЙ, ПОДВЕРГАВШИХСЯ ИСКУССТВЕННОМУ ИЗМЕНЕНИЮ

Кузнецов А.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Искусственное изменение локальных областей на изображении фактически является его фальсификацией, производимой в политических, рекламных, зачастую попросту корыстных целях. Так, например, фальсификацию можно использовать для сокрытия информации на космическом снимке. На рис. 1 а, б приведен пример фальсификации изображения – исходный космический снимок земной поверхности и измененный со встроением изображением облака.

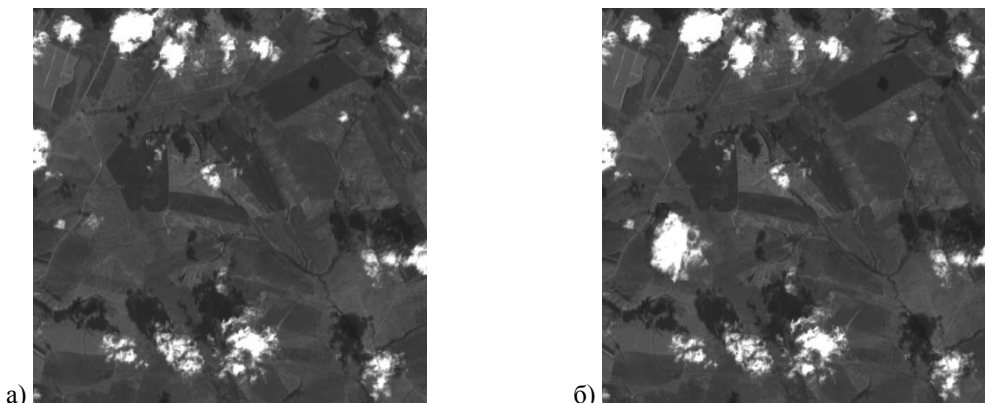


Рисунок 1. Пример фальсификации фотографии

С появлением цифровых технологий обработки изображений возможности для создания фальсифицированных изображений значительно расширились. Не представляет трудности изменить часть изображения с помощью современных редакторов цифровых изображений (например, Adobe Photoshop). Применение таких алгоритмов обработки как сглаживание границ, размытие области, увеличение и уменьшение контраста приводит к тому, что даже опытный взгляд не распознает подделку.

Распространение таких фальсифицированных изображений может нанести значительный ущерб политическим, экономическим, научным интересам общества. В связи с этим является актуальной задача разработки методов и алгоритмов выявления искусственных локальных изменений на изображениях. Именно цифровые алгоритмы

анализа позволяют определить наличие изменений на изображении, локализовать их, определить (при необходимости) параметры примененных при фальсификации алгоритмов.

При фальсификации изображения ключевым моментом является замена части (фрагмента произвольной формы) исходного изображения, т.е. локальное встраивание нового фрагмента. В качестве нового фрагмента могут использоваться как участки исходного изображения (например, фона или некоторой текстуры, как на рис. 1), так и фрагмент совершенно другого изображения. В соответствии с этими способами встраивания разрабатываются алгоритмы выявления изменений. В первом случае, алгоритмы направлены на выявление дублирующихся областей (дубликатов) на изображении (возможно с небольшими изменениями яркости, геометрии), а во втором, алгоритмы направлены на выявление отличающихся свойств исходного изображения и встроеного фрагмента. К таким свойствам относятся характеристики примененных к изображениям алгоритмов преобразований – ресэмплирование, JPEG-сжатие, цветовое преобразование.

Существующие методы выявления изменений, как правило, предназначены для анализа изображений небольшого размера и применяются исключительно для сравнения различных изображений между собой, но не для поиска локальных встраиваний. Ввиду этого при обработке используется больше системных ресурсов, что накладывает дополнительные ограничения на обработку. Такой подход не годится при анализе крупноразмерных изображений, размер которых многократно превышает размер измененной локальной области.

В данной работе разработаны и исследованы алгоритмы выявления локальных изменений, реализуемые в режиме скользящего окна, что позволяет применить алгоритмы для анализа на крупноразмерных изображениях. Также преимуществом разработанных алгоритмов является то, что для их работы не требуется вмешательства оператора.

В последние годы появился ряд работ по теме обнаружения искусственных изменений фотографий, в которых определены основные свойства изображений, на основе анализа которых можно выделить произведенные изменения на изображении. Однако известные методы пока не удовлетворяют в полной мере требованиям по оценке достоверности фотографий ни по надежности, ни по вычислительной сложности. В данной работе решалась задача развития этих методов, улучшения их характеристик с целью возможного применения для обнаружения локальных искусственных изменений на крупноразмерных изображениях. Применение рекурсивных методов обработки в скользящем окне позволило значительно ускорить обработку изображений, а применение новых признаков при анализе повысить надежность выделения изменений, а также устойчивость алгоритмов к искажениям изображений.

Кроме рассмотренных в статье локальных свойств изображений (дубликаты, ресэмплирование, JPEG-свойства) для анализа могут быть использованы и другие. Например, такие свойства, обусловленные системой формирования изображения, как характеристики шума, размытия. Кроме того, могут быть выделены "следы" других алгоритмов обработки, например, цветового преобразования компонент цветного изображения. В результате встраивания в изображение инородных фрагментов изменятся локальные характеристики, по которым можно судить о фальсификации изображения. Разработка и исследование алгоритмов анализа этих характеристик является предметом дальнейших исследований.

УДК 629.7

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВИЗУАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИЕЙ МИКРОСПУТНИКА «АИСТ1» С МАГНИТНЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОРГАНАМИ

Лебедев А.С., Любимов В.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

При разработке микроспутника «АИСТ1» (университетский спутник СГАУ), требуется смоделировать функционирование его системы пространственной ориентации, обеспечивающей уменьшение начальной угловой скорости, полученной при отделении микроспутника от базового космического аппарата. Система автоматического управления (САУ) микроспутника имеет в качестве исполнительных органов электромагнитные катушки, которые взаимодействуя с геомагнитным полем, обеспечивают заданную ориентацию микроспутника на орбите. Для проектирования САУ микроспутника необходимо изучить особенности его вращательного движения при различных начальных условиях и алгоритмах управления. Целью данной работы является проведение имитационного моделирования пространственного движения микроспутника «АИСТ1» для получения наилучших из рассмотренных законов управления электромагнитными катушками, которые будут использованы в разрабатываемой САУ.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Моделирование возмущающих воздействий, действующих на спутник в неуправляемом полете. В данной системе учитываются гравитационный, аэродинамический и магнитный моменты.
2. Моделирование управляющих воздействий. Необходимо смоделировать реакцию системы управления на изменение внешних воздействий и выбрать подходящий закон управления магнитным моментом катушек.
3. Визуализация результатов. Для анализа поведения системы управления важно представить результаты моделирования в наглядном виде. В разработанной системе моделирования используется представление информации в форме 3D анимации, графиков и таблиц.
4. Реализация САУ. Основываясь на результатах моделирования была разработан программный комплекс для моделирования управляемого движения микроспутника «АИСТ1».

При создании программного комплекса применялась модель магнитного поля Земли, позволяющая вычислить магнитную индукцию поля в географической системе координат в произвольной точке орбиты, с учетом источников поля, которые находятся внутри планеты. Данная модель традиционно описывается в следующем виде:

$$B_{xg}(r, \lambda, \tilde{\theta}) = \sum_{n=1}^l \sum_{m=0}^n \left(\frac{R}{r}\right)^{n+2} (I_n^m \cos m\lambda + i_l^m \sin m\lambda) \tilde{R}_n^m(\cos \tilde{\theta}),$$

$$B_{yg}(r, \lambda, \tilde{\theta}) = \sum_{n=1}^l \sum_{m=0}^n \left(\frac{R}{r}\right)^{n+2} (I_n^m \sin m\lambda - i_l^m \cos m\lambda) \frac{m \tilde{P}_n^m(\cos \tilde{\theta})}{\sin \tilde{\theta}},$$

$$B_{zg}(r, \lambda, \tilde{\theta}) = - \sum_{n=1}^l \sum_{m=0}^n \left(\frac{R}{r}\right)^{n+2} (I_n^m \cos m\lambda + i_l^m \sin m\lambda) (n+1) \tilde{P}_n^m(\cos \tilde{\theta}),$$

где λ и $\tilde{\theta}$ – географические долгота и дополнение к широте точки наблюдения, R – радиус Земли, r – расстояние от точки наблюдения до центра Земли, I_n^m и i_l^m – постоянные коэффициенты, характеризующие источники магнитного поля, находящиеся внутри Земли, рассчитываемые на каждый календарный год, $\tilde{P}_n^m(\cos\tilde{\theta})$ – квазинормированный полином

$$\text{Лежандра первого рода, } \tilde{R}_n^m(\cos\tilde{\theta}) = \Delta_n^m \frac{\partial(\tilde{P}_n^m(\cos\tilde{\theta}))}{\partial\tilde{\theta}}, \Delta_n^m = \sqrt{\frac{\varepsilon_m(n-m)!}{(n+m)!}}, \varepsilon = \begin{cases} 1, m=0 \\ 2, m \geq 1 \end{cases}$$

В результате сравнения поведения системы при различных алгоритмах управления и начальных условиях в качестве наилучшего был выбран следующий закон управления магнитным моментом катушек:

$$L = \begin{cases} \alpha \frac{\vec{k}, \vec{B}}{B^2}, |\vec{\omega}| \geq \varepsilon, \\ \frac{\alpha}{\sqrt{2}} \frac{\vec{k}, \vec{B}}{B^2}, |\vec{\omega}| < \varepsilon, \end{cases}$$

Здесь ε – пороговое значение модуля вектора полной угловой скорости микроспутника $\vec{\omega}$, при достижении которого необходимо снизить уровень управляющего момента для того, чтобы избежать перерегулирования системы.

На рис.1 представлен результат моделирования, демонстрирующий уменьшение угловой скорости микроспутника при наилучшем законе управления электромагнитными катушками.

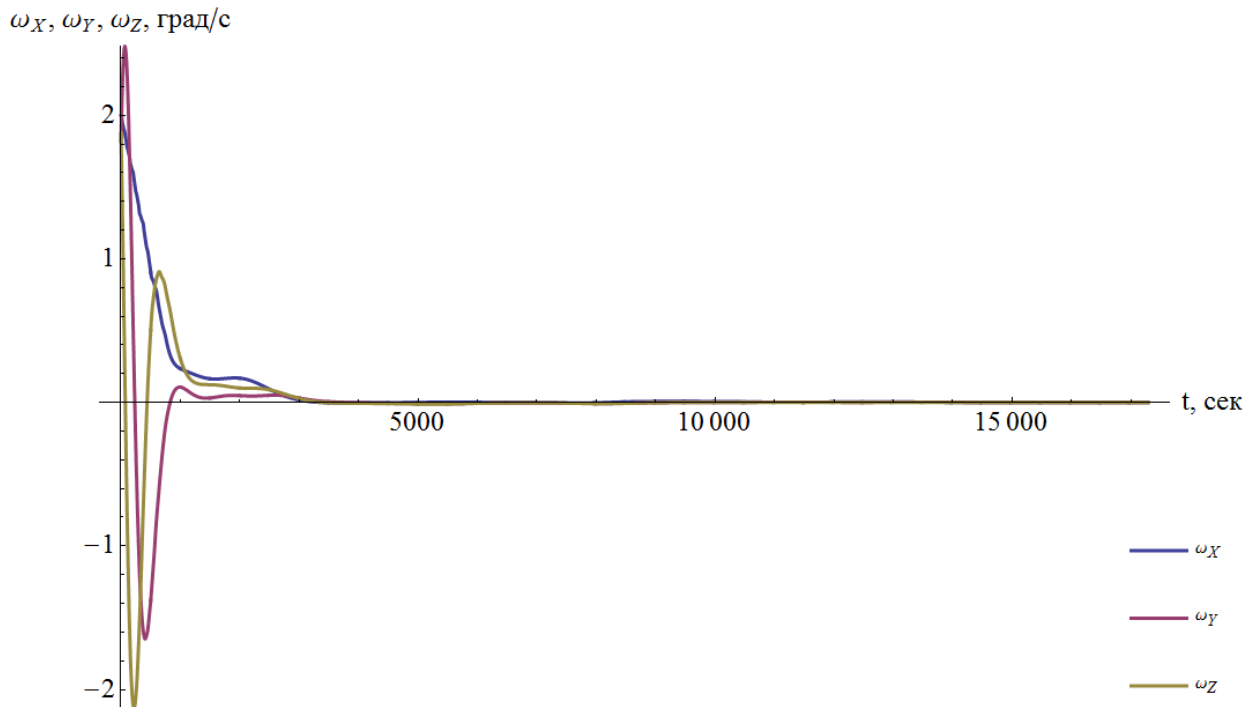


Рисунок 1. Динамика изменения составляющих угловой скорости микроспутника «АИСТ1»

В Институте космического приборостроения СГАУ производилось полунатурное моделирование функционирования системы управления ориентацией микроспутника «АИСТ1» на испытательном стенде. Результаты экспериментов на стенде качественно совпадают с результатами компьютерного моделирования, полученными при помощи разработанного программного комплекса.

УДК 004

НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДХОД К ДИСЛОКАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ОБЪЕКТОВ ПОТОКАМИ ТРАНСПОРТА НА ПЕРЕКРЕСТКАХ ПРОИЗВОЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Михеева Т.И., Михеев С.В., Япрынцева О.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Основное назначение любой модели - сделать возможным некоторые заключения о процессах реального мира, прогнозировать его поведение, характер траекторий движения, предельные возможности, эквивиальные состояния и т.д. Перед авторами стояла задача разработки нейросетевых моделей построения зависимостей интенсивности транспортных потоков, уровня аварийности участков улично-дорожной сети (УДС), дислокации технических средств организации дорожного движения (ТСОДД) от параметров транспортной инфраструктуры. В связи с чем, возникает необходимость выделения в онтологии транспортной инфраструктуры групп сущностей с тесными контекстно-зависимыми семантическими связями. Выделены следующие группы:

- для пространственно-временного анализа интенсивности выделена группа, включающая только одну сущность – интенсивность I ;
- для пространственного анализа интенсивности выделена группа, включающая интенсивность транспортного потока I , дорожные объекты \tilde{T} и УДС $\tilde{\Theta}$;
- для пространственного анализа аварийности построена группа сущностей, включающая инциденты \tilde{O} , ТСОДД, транспортный поток \tilde{S} и УДС $\tilde{\Theta}$.

Для решения пространственно-временных аналитических задач необходимо описать общую геоинформационную модель объектов транспортной инфраструктуры. Окружающую среду и созданную человеком инфраструктуру пространственно-координированного мира можно построить при помощи сущностей, их свойств и связей. Сущности могут быть как дискретные, так и непрерывные. Дискретными сущностями будем считать географические объекты, характеризующиеся координатами, геометрией и набором имманентных свойств. Непрерывными сущностями – свойства окружающей среды и пространственно-временные свойства множеств географических объектов (например, функции плотности пространственно-временного распределения объектов или расстояния до них). Эффективным инструментом для работы с географическими данными являются геоинформационные системы (ГИС). ГИС - это инструмент, основанный на компьютерном вводе, обработке и визуализации географических данных, содержащий как геометрические данные (координаты и топологическую информацию), так и атрибутивные данные. Атрибутивная информация предназначена для управления и анализа инфраструктуры. Особенность обработки географической информации заключается в необходимости анализировать как атрибутивные свойства объектов, так и пространственно-временные связи между ними. Анализ усложняется разнородностью данных. Для пространственного анализа топологии УДС введены геообъекты-участки следующих видов: перекресток (рис. а), пешеходный переход, железнодорожный переезд и несколько разновидностей перегонов: поворот (рис. б), расширение (сужение), тупик. Пешеходный переход и железнодорожный переезд маркируются соответствующими дорожными знаками, ширина участка определена ГОСТом.

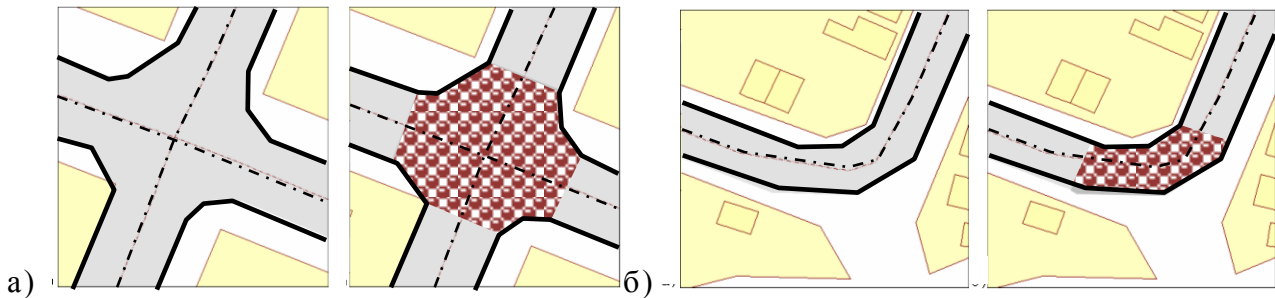


Рисунок 1. Геомодель «Участок» на карте:
а) карта с объектом «Участок-перекресток» б) карта с объектом «Участок-поворот»

Главной задачей нейротехнологии является разработка методов создания функциональных нейросетевых схем для решения конкретных прикладных задач. Методы различаются деталями предположений о работе нейрона и способами их связей между собой. Ввиду отсутствия опыта построения нейросетевых моделей транспортной инфраструктуры необходимо выполнить перебор некоторого количества возможных архитектур нейронных сетей. Выбор и настройка нейронной сети является итерационным процессом. Для решения задач анализа состояния объектов транспортной инфраструктуры выбраны три алгоритма построения моделей нейронных сетей:

- многослойная нейронная сеть, обученная по методу обратного распространения ошибки;
- многослойная нейронная сеть с эволюционирующей архитектурой;
- дважды многорядная нейронная сеть с активными нейронами.

Нейросетевой анализ используется в разрабатываемой автоматизированной системе для проверки корректности дислокации управляющих объектов (ТСОДД) на улично-дорожной сети при моделировании движения транспортных потоков в ГИС.

УДК 004

ГИС В СОСТАВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Михеева Т.И., Михеев С.В., Агафонцев И.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет), г. Самара

Ухудшение показателей безопасности дорожного движения, уменьшение пропускной способности транспортной сети города, средней скорости движения транспортных средств, увеличение времени простоя в «пробках» - вот лишь некоторые проблемы, возникающие при увеличении количества автотранспорта и, как следствие приводящие к усложнению инфраструктуры современного города. Для улучшения ситуации на улично-дорожной сети (УДС) города существует два основных решения. Первое решение заключается в изменении структуры УДС: создание новых участков, расширение уже существующих дорог, введение многоуровневых транспортных развязок. Хотя данное решение приводит к глобальному улучшению ситуации, оно применяется крайне редко т.к. требует значительных материальных затрат и занимает длительное время, в течение которого изменяемый участок УДС будет перекрыт для движения. Второй путь решения проблемы – оптимизация дорожного движения за счет внедрения современных информационных (геоинформационных) технологий, использования интеллектуальных транспортных систем (ИТС).

Географическая информационная система (ГИС) «ITSGIS», входящая в состав ИТС, – это современная компьютерная технология для картирования и анализа объектов и событий транспортной инфраструктуры урбанизированной территории, объединяющая традиционные операции работы с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и пространственного анализа.

ГИС «ITSGIS» хранит информацию в виде набора тематических слоев, которые объединены на основе географического положения. Этот подход доказал свою ценность при решении разнообразных реальных задач: дислокации объектов управления транспортными потоками (знаки, светофоры, разметка), мониторинг передвижения транспортных средств, детального отображения реальной обстановки (закрепленные за управляющими компаниями городские территории, ДТП, очаги аварийности), моделирование развития транспортной инфраструктуры с учетом факторов спроса, перевозки и т.д.

«ITSGIS» может работать с двумя существенно отличающимися типами данных – векторными и растровыми. В векторной модели информация о точках, линиях и полигонах кодируется и хранится в виде набора координат X,Y. Местоположение точечного объекта (дорожный знак, светофор) описывается парой координат (X,Y). Линейные объекты (дороги, трубопроводы) сохраняются набором координат X,Y. Полигональные объекты (дома, земельные участки, газоны, тротуары) хранятся в виде замкнутого набора координат. Растровая модель «ITSGIS» используется для отображения векторной модели карты в сети Интернет.

ГИС «ITSGIS», как и любая ГИС общего назначения, в числе прочего, выполняет пять процедур с данными: ввод, манипулирование, управление, запрос и анализ, визуализацию. Для использования в «ITSGIS» данные преобразуются в цифровой формат – оцифровываются, часть работ при этом автоматизирована. Географическая информация в «ITSGIS» может быть представлена в разных масштабах, при этом для совместной обработки (в ИТС – несколько подсистем работы с данными) и визуализации все данные представляются в едином масштабе. ГИС-технология «ITSGIS» предоставляет разные способы манипулирования пространственными данными и выделения данных, нужных для решения конкретной задачи. «ITSGIS» - распределенная система, в которой большой объем информации и неограниченное число пользователей, поэтому для хранения, структурирования и управления данными разработаны специальные компьютерные инструменты для работы с интегрированными базами данных. В «ITSGIS» можно получать ответы на простые запросы (Кто отвечает за уборку данного земельного участка? Какую площадь занимают эти объекты? На какой срок заключен контракт с управляющей компанией?) и более сложные, требующие дополнительного анализа, запросы (Где есть места для строительства новой дороги? Как повлияет на пропускную способность дороги увеличение интенсивности транспортных средств?, Повлияет ли установка дорожного знака или светофора на аварийность участка УДС?). Запросы можно задавать как простым щелчком мышью на определенном объекте, так и с помощью развитых средств с использованием нейросетевого анализа. С помощью ГИС «ITSGIS» можно задавать шаблоны для поиска, проигрывать сценарии по типу “что будет, если...”. «ITSGIS» имеет множество инструментов для анализа, такие как анализ близости и анализ наложения. Для проведения анализа близости объектов относительно друг друга в ГИС применяется процесс буферизации. Процесс наложения включает интеграцию данных, расположенных в разных тематических слоях. В простейшем случае это операция отображения, но при ряде аналитических операций данные из разных слоев объединяются физически. Для многих типов пространственных операций конечным результатом является представление данных в виде карты, графиков, отчетными документами, таблицами, фотографиями и мультимедийными средствами.

УДК 004

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ITSGIS. ДИСЛОКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ»

Михеева Т.И., Михеев С.В., Макарова М.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Система картографирования и интеллектуального анализа данных, к которым относится геоинформационная система «ITSGIS», использует картографическое представление для организации взаимодействия пользователя с географическими и семантическими данными. В системе все основано на картах, базе данных и интеллектуальной инструментари. ГИС «ITSGIS» тесно связана с рядом других типов информационных систем, ее основное отличие заключается в способности манипулировать и проводить анализ пространственных данных и строить прогноз. Подсистема САПР позволяет редактировать чертежи планы зданий и объектов инфраструктуры. Для объединения в единую структуру «ITSGIS» использует набор компонентов с фиксированными параметрами. Они основываются на правилах объединения компонентов и имеют в своем арсенале аналитические функции.

Одним из ключевых моментов при реализации «ITSGIS. Дислокация объектов» является способ отображения объектов транспортной инфраструктуры на электронной карте. При реализации для каждого типа объектов в ГИС создается собственный слой, который содержит только эти виды объектов или связанные с ними. На рисунке приведен пример реализации слоя «Дорожный знак».

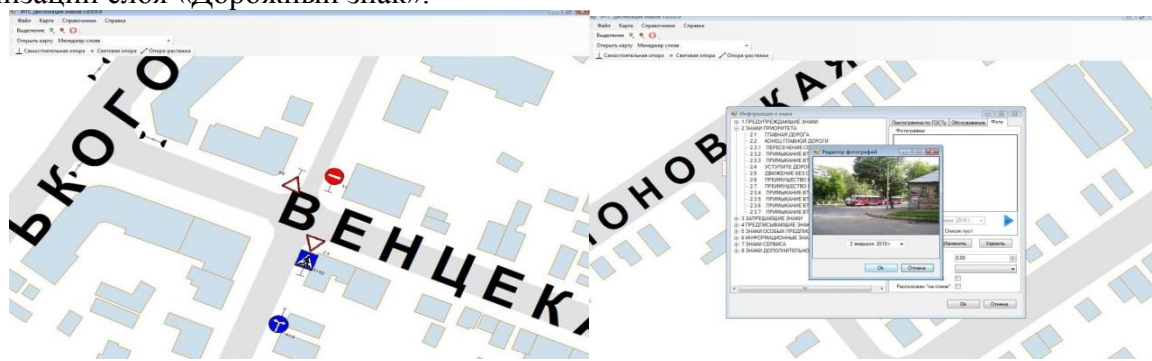


Рисунок 1. «ITSGIS. Дислокация объектов». Слой дорожных знаков. База данных

При отображении простых объектов, например столбов, групп дорожных знаков, опор выбраны простые геометрические фигуры: окружности, многоугольники, линии. Сложные объекты, такие как дорожный знак или светофор, невозможно обозначить таким способом, поскольку они имеют более сложную структуру. Для их визуализации реализованы специальные инструменты, для каждого вида объектов.

ГИС «ITSGIS. Дислокация дорожных объектов» функционирует в двух режимах: просмотра информации и в режиме полного доступа к системе, который задается в момент «создания нового пользователя» в системе и определяется в момент авторизации, после ввода имени и пароля. Данная информация сохраняется в сессии пользователя и впоследствии используется при работе данного пользователя. В режиме просмотра можно только получать информацию об уже установленных объектах, в режиме полного доступа пользователь может не только просматривать, но и изменять и вносить новую информацию.

В случае если пользователю необходимо установить новый дорожный объект на карте, в ГИС проводится анализ допустимости дислокации этого объекта на выбранный пользователем участок улично-дорожной сети. Если интеллектуальный анализ выдал положительный результат, то производится сохранение информации о новом объекте в базе данных и его отображение на электронной карте. Если система приняла решение о недопустимости дислокации объекта, то «ITSGIS» выдает отчет о причине принятия такого

решения, на основе экспертной информации и соответствующего пункта ГОСТа (рис. 2). На сервере приложения в модуле анализа допустимости дислокации объекта, происходит анализ полученных данных, и определяется, можно ли установить данный дорожный знака на участок УДС.

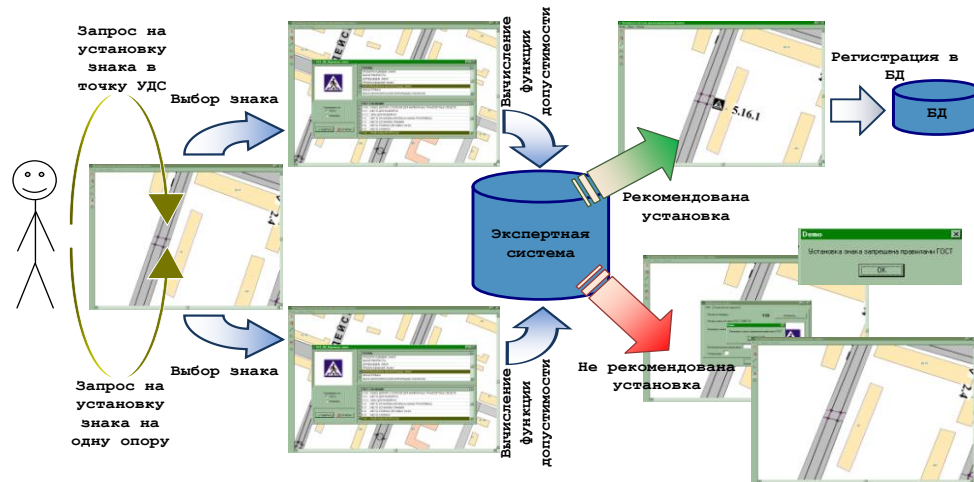


Рисунок 2. Функциональная схема алгоритма дислокации дорожного знака на карту

Анализ производится путем вычисления функции допустимости дислокации данного дорожного объекта. В начале анализа, определяется ближайшая группа дорожных знаков и пользователю предлагается присоединить новый дорожный знак к этой группе, что влияет на последующий анализ допустимости дислокации следующего объекта.

УДК 004

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ

Михеева Т.И., Михеев С.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Управление транспортной инфраструктурой крупных городов с применением технологий интеллектуальных транспортных систем (ИТС) все активнее используется в мировой практике организации дорожного движения. Укрепилась устойчивая тенденция дальнейшего совершенствования и внедрения таких систем, отдельные элементы которых реализованы в России. В задачах повышения эффективности управления транспортной инфраструктурой все возрастающее значение приобретает исследование и учет системных связей. Многоаспектность представления транспортной инфраструктуры, как объекта системного анализа, является определяющей характеристикой ее сложности. Решение проблемы функциональной, институциональной и информационной интеграции гетерогенных подсистем интеллектуальной транспортной системы сдерживается из-за дефицита методов и инструментов, позволяющих приобретать, накапливать и использовать разнородные знания для построения адекватных моделей и решения на их основе всех видов задач управления транспортной инфраструктурой.

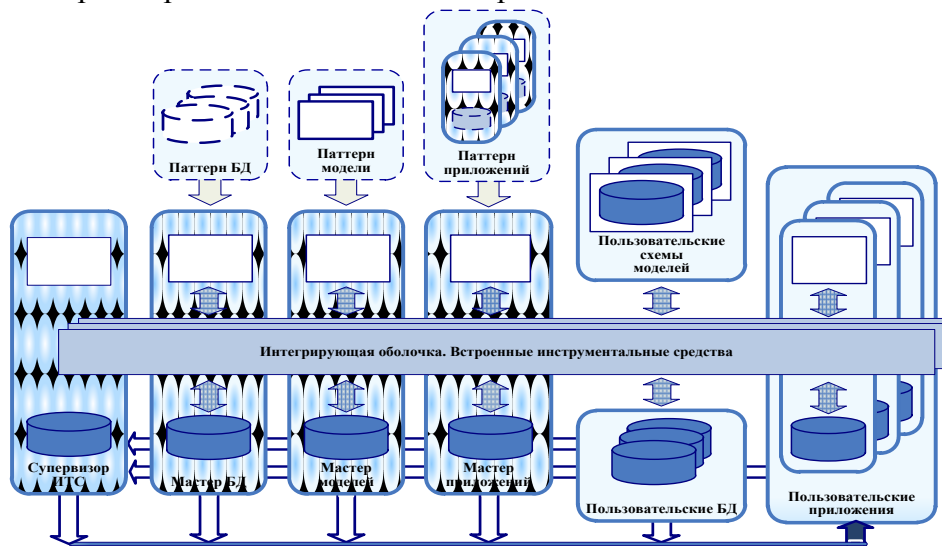
Интеллектуальная транспортная система – комплекс интегрированных средств управления транспортной инфраструктурой (улично-дорожной сетью, техническими средствами организации дорожного движения, транспортными потоками), предназначенный для решения задач организации дорожного движения на основе современных

информационных технологий, обеспечивающих обработку различных видов информации о функционировании транспортной инфраструктуры в реальном масштабе времени. Многоуровневая, сложноорганизованная ИТС представляет собой гибридную систему, состоящую из множества разнородных систем, сложным образом взаимодействующих друг с другом – управляющих, классифицирующих, прогнозирующих, экспертных, принимающих решения или поддерживающих эти процессы, объединенных для достижения единой цели.

Концепция развития ИТС заключается в изучении функций существующих систем управления транспортными потоками, оценке степени влияния различных подсистем на развитие всей транспортной инфраструктуры, создании архитектуры системы и согласовании стандартов для развития ИТС, как интегрированной системы.

ИТС принципиально является многоаспектной системой и не может быть описана одной моделью, необходимо построение гибридных, гетерогенных структур, моделей, обеспечивающих моделирование, управление, поддержку процессов принятия решений и эволюцию системы. Гибридность моделей накладывает ограничения на информационный обмен, осуществляемый на уровне подсистем. Необходим единый формат информационной среды, позволяющий обмениваться данными, знаниями, результатами работы, допускать настройку на конкретные условия, динамическую модификацию в процессе эксплуатации по мере накопления информации об исследуемом объекте.

Синергетический эффект при синтезе ИТС на основе паттернов (см. рис.) проявляется в форме организационно обусловленного перехода от имманентности к синергии за счет последовательно расширенной системной интеграции:



- постановка проблем организации дорожного движения в ИТС;
- разработка решений по функциональной, институциональной, информационной интеграции ИТС;
- использование транспортной, экономической, информационной логистики;
- разработка концепции функционирования ИТС;
- развитие подсистем в каждой функциональной группе;
- интеграция информационных потоков между подсистемами ИТС.

Методология формализации и анализа проблем интеллектуальной системы управления транспортными потоками базируется на комплексной стратегии значительного повышения уровня абстракции используемых моделей, за счет применения паттернов различной структуры, назначения и функциональности. Кроме того, необходим учет фундаментальной базы знаний предметной области решаемой задачи с целью получения максимально содержательного конкретного результата этого анализа.

УДК 004

АЛГОРИТМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

Михеева Т.И., Михеев С.В., Гаманова Н.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Одной из задач, решаемых интеллектуальными транспортными системами, является задача оптимизации перевозочного процесса. Создание транспортно-логистической системы требует комплексного рассмотрения всех аспектов этого процесса. Наличие большого количества ограничений, сложность системы и, как следствие, большая размерность решаемых задач создают значительные трудности при построении оптимальных маршрутов традиционными методами. Применение интеллектуальных технологий, разработка специализированных структур и алгоритмов, позволяющих наилучшим образом решать поставленные задачи, значительно облегчит этот процесс и обеспечит переход на новый, качественно более высокий уровень проектирования и управления транспортными потоками.

В основе представления транспортной сети лежит графовая модель. Введем понятие графа зависимости по управлению: $G(u)$ - это ориентированный помеченный граф, вершинами которого служат локальные вычислимые функции f_k , две вершины \tilde{v}_i и \tilde{v}_j соединены дугой \tilde{e}_{ij} , если существует зависимость между данными с источником в \tilde{v}_i и стоком в \tilde{v}_j . Каждая дуга снабжена пометками, определяющими вид зависимости. Граф зависимости по управлению $G(u)$ позволяет выстроить поток событий в зависимости от значения локальной вычислимой функции f_k и таким образом обеспечить распределение транспортных потоков по улично-дорожной сети (УДС). Вершины графа - суть состояния, а дугами отмечаются переходы системы из одного состояния в другое.

Для перевозочного процесса событием является изменение состояния объекта, влияющее на развитие транспортного процесса: например, перекрытие участков УДС, в связи с возникновением ДТП, проведением аварийно-восстановительных работ; установкой новых или демонтажем старых дорожных знаков и светофоров.

Функция f_k расширенного управления предназначена для преобразования многозначных предикатов, образованных на множестве значений, в условные операторы. Для реализации событийного управления на графе управлений $G(u)$ введем множество предикатов $P'' = P_1'', P_2'', \dots, P_n''$ и поставим их в соответствие дугам графа $G(u)$. Событие, реализующее переход $\tilde{v}_i \rightarrow \tilde{v}_j$ на графе $G(u)$, инициируется, если объект на текущем шаге находится в состоянии \tilde{v}_i , и предикат P_i'' , помечающий данный переход, истинен.

Для решения некоторых задач управления и оптимизации перевозочного процесса не требуется детального представления графа, поэтому актуальна разработка алгоритма стягивания графа - минимизации количества дуг графа, без потери его основных свойств.

Под линейным стягиванием графа G будем понимать такое преобразование графа $G \rightarrow G'$, при котором две смежные вершины \tilde{v}_i и \tilde{v}_j заменяются одной новой вершиной, соединенной дугами с теми и только теми вершинами, с которыми были соединены \tilde{v}_i и \tilde{v}_j (см. рис.). Линейное стягивание графа это способ уменьшения размерности графа за счет объединения нескольких последовательных дуг в одну.

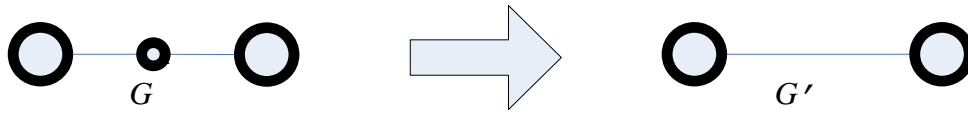


Рисунок. G' - стягивание графа G

Алгоритм линейного стягивания графа состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Выявляем вершины \tilde{v}_i исходного графа, для которого степень вершины $\delta(\tilde{v}_i) = 2$.

Шаг 2. Удаляем вершину \tilde{v}_i из исходного графа, путем объединения дуг $\tilde{e}_j(\tilde{v}_{i-1}, \tilde{v}_i)$ с весовой характеристикой $w(\tilde{e}_j)$ и $\tilde{e}_{j+1}(\tilde{v}_i, \tilde{v}_{i+1})$ в дугу $\tilde{e}'_j(\tilde{v}_{i-1}, \tilde{v}_{i+1})$ с весовой характеристикой $w(\tilde{e}_{j+1})$.

Шаг 3. Рассчитываем весовые характеристики полученной дуги \tilde{e}'_j и множество предикатов состояния дуги $P_{j'}$ для графа:

$P_{j'} = P_j \cap P_{j+1}$, где P_j – множество предикатов дуги \tilde{e}_j , P_{j+1} – множество предикатов дуги \tilde{e}_{j+1} ;

$$w(\tilde{e}_{j'}) = \begin{cases} w(\tilde{e}_j) + w(\tilde{e}_{j+1}), & \text{для аддитивной характеристики} \\ \frac{w(\tilde{e}_j) + w(\tilde{e}_{j+1})}{2}, & \text{для усредненной величины} \\ \frac{l_j \cdot w(\tilde{e}_j) + l_{j+1} \cdot w(\tilde{e}_{j+1})}{l_j + l_{j+1}}, & \text{для величин зависящих от расстояния, где } l - \text{длина дуги} \end{cases}$$

Шаг 4. Для преобразованного графа G' повторять шаги 1-3 до тех пор, пока граф содержит дуги степени 2.

УДК 004

УНИВЕРСАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ СЕНСОРНЫХ ИНФОКИОСКОВ

Михеева Т.И., Михеев С.В., Головнин О.К.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В основе геоинформационных систем (ГИС) лежит задача создания и обработки пространственной информации – электронной карты. В качестве пространственной подосновы может выступать как географически выверенная информация, так и топологическая схема.

В ГИС «ITSGIS» разработан специальный программный инструмент – комплекс программ «Инфоматрикс», предназначенный для работы ГИС в составе программно-аппаратного комплекса информационного киоска с сенсорным экраном.

В основу «ITSGIS» и «Инфоматрикс» положены следующие принципы:

- объектно-ориентированный подход, облегчающий повторное использование кода;
- использование паттернов проектирования;
- принцип открытости и масштабируемости, ориентация на стандарты открытых систем;
- ориентация на платформу Intel x86 и операционную систему MS Windows и технологии Microsoft;
- модульная организация системы с «открытыми», хорошо документированными интерфейсами между модулями и библиотеками API (Application Programming Interface) для доступа к ним;
- ориентация на поэтапную разработку и поэтапное внедрение «Инфоматрикс»;
- создание многоуровневой системы «Инфоматрикс»;
- использование готовых решений и компонентов сторонних разработчиков в качестве составных частей «ITSGIS»;
- четкое разграничение между модулями, реализующими интерфейс пользователя, модулями, реализующими хранение данных и бизнес логику и модулями, выполняющими анализ данных;
- возможность автономного использования компонентов системы, носящих самостоятельный функциональный характер.

Ядро системы, являющееся комплексом программных средств, служащих основой для построения подсистем, включает следующие компоненты:

- единое хранилище семантических и геоданных на основе СУБД MS SQL Server;
- цифровая карта с нанесенными объектами, составляющими модель отображаемого объекта (офисный центр, учебное заведение, гостиница и т.д.) (см. рис.1);
- ГИС-оболочка на базе ГИС «ITSGIS»;
- сервер приложений;
- редактор модели карты помещений (см. рис. 2);
- универсальный редактор справочных данных;
- модуль репликации данных;
- административный модуль.



Рисунок 1. План этажа помещения

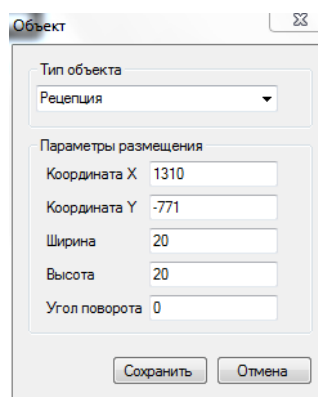


Рисунок 2. Внесение координат помещения

Модуль администратора позволяет редактировать поэтажные планы, информацию о помещениях и организациях, рекламную информацию (см. рис. 3). Модуль клиента позволяет просматривать поэтажный план, получать подробную информацию о выбранных помещениях или организациях, отображать рекламную информацию.

The screenshot shows a window titled 'Редактор рекламы' (Advertisement Editor). It has a menu bar with 'Файл', 'Реклама', and 'Шаблон'. Below the menu bar are three buttons: 'Добавить рекламу' (Add advertisement), 'Изменить рекламу' (Change advertisement), and 'Удалить рекламу' (Delete advertisement). The main area contains a table with the following data:

Заголовок	Дата начала показа рекламы	Дата окончания показа рекламы	Время показа
Реклама 1	06.12.2010 19:24	07.10.2011 19:24	07.12.2010 0:00
Реклама 2	07.12.2010 19:25	16.09.2011 19:25	07.12.2010 0:00
Реклама 3	07.12.2010 19:25	25.06.2011 19:25	07.12.2010 0:00
Реклама 4	07.12.2010 19:26	30.07.2011 19:26	07.12.2010 0:00
Реклама 5	07.12.2010 19:26	13.08.2011 19:26	07.12.2010 0:00
Реклама 6	07.12.2010 19:27	21.05.2011 19:27	07.12.2010 0:00
Реклама 7	07.12.2010 19:27	07.01.2015 19:27	07.12.2010 0:00
Реклама 8	07.12.2010 19:28	11.09.2011 19:28	07.12.2010 0:00
Реклама 9	07.12.2010 19:30	10.09.2011 19:30	07.12.2010 0:00
Реклама 10	07.12.2010 19:30	16.07.2011 19:30	07.12.2010 0:00

Рисунок 3. Редактирование рекламной информации

УДК 004

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Михеева Т.И., Михеев С.В., Малыкова К.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время геоинформационные системы (ГИС) применяются для решения разнообразных задач, в том числе и при организации процесса перевозкিপассажиров и грузов. Перевозки общественным транспортом представляют собой отрасль перевозочной деятельности, так как имеют ряд особенностей, в том числе периодичность движения и использование фиксированных мест посадки и высадки пассажиров (остановок

общественного транспорта). Одной из актуальных задач при моделировании ГИС является задача моделирования функционирования объектов транспортной инфраструктуры. В данной работе рассматривается вопрос визуализации на карте статических объектов - остановок общественного транспорта (ООТ).

В основе ГИС «ITSGIS» лежат базы данных о географических объектах, а также связях между ними. В качестве исходных данных выбираем маршрутные транспортные средства, предназначенные для перевозки по дорогам людей и движущиеся по установленному маршруту с обозначенными остановочными пунктами.

В базе данных ООТ отражается следующая информация:

- географическое расположение ООТ (город, район, название улицы, координаты);
- вид общественного транспорта, для которого предназначена ООТ;
- номера маршрутов;
- название ООТ;
- наличие навеса от дождя и/или скамейки;
- наличие остановочного кармана - уширения проезжей части, необходимого для того, чтобы остановившееся транспортное средство не создавало помех другим транспортным средствам;
- наличие информационной таблички с номерами маршрутов и расписании движения транспортных средств;
- наличие пункта продажи билетов;
- наличие урны.

Модель геообъекта «ООТ» формируется в результате следующих операций:

- создается модель данных об объекте в базе данных;
- формируются модели объектов транспортной инфраструктуры в соответствии с их содержанием и характером взаимодействия с объектами ООТ;
- создаются модели взаимосвязей между объектами, например, между транспортными средствами и ООТ.

На карте геообъект «ООТ» может отображаться как:

- *точка* – при этом способе информация об остановочном пункте сводится к месту его расположения на карте (X, Y) и привязкой к маршрутам общественного транспорта, использующим эту ООТ;
- *полигональный объект* – ООТ и все сопутствующие элементы ее инфраструктуры отображаются полигонами – т.е. полуплоскостью, ограниченную замкнутой ломаной линией (см. рис.). Полигональный объект ООТ дает пользователю возможность узнать детальное расположение и размеры остановочного пункта, размеры павильона, а также получить иную детальную информацию о нем.

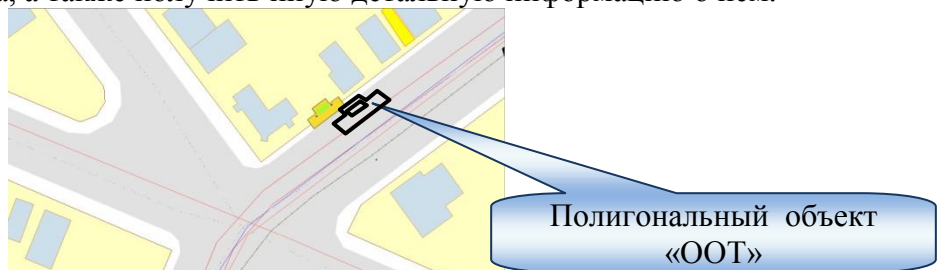


Рисунок Визуализация геообъекта «ООТ» в ГИС

Отображение на карте – очень важный элемент модели, от которого зависит, какой объем данных об объекте может быть получен пользователем системы «ITSGIS». Наиболее приемлемый путь геоинформационного обеспечения развития транспортного комплекса состоит не в создании множества специализированных информационных систем, а в создании специализированных информационных баз данных на единой геоинформационной платформе, приспособленной к решению многоаспектных прикладных задач.

Список литературы

1. Михеева Т.И. Построение математических моделей объектов улично-дорожной сети города с использованием геоинформационных технологий // Информационные технологии. 2006. №1. С.69–75.
2. Михеева Т.И., Гаманова Н.В. Технология отображения объектов транспортной инфраструктуры в ГИС / Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей. - Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – С. 131-140

УДК 004

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ГИБРИДНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ СИНТЕЗЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Михеева Т.И., Михеев С.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Термин «Интеллектуальные транспортные системы» (ИТС) характеризует комплекс интегрированных средств управления транспортной инфраструктурой, применяемых для решения задач организации дорожного движения, на основе современных информационных технологий, организации информационных потоков о функционировании транспортной инфраструктуры в реальном режиме времени. Многоуровневая, сложноорганизованная ИТС представляет собой гибридную систему, состоящую из множества разнородных систем, сложным образом взаимодействующих друг с другом – управляющих, классифицирующих, прогнозирующих, экспертных, принимающих решения или поддерживающих эти процессы, объединенных для достижения единой цели. ИТС представляет собой постоянно изменяющийся объект, изменения динамичны - ИТС эволюционирует как система.

Гибридность ИТС обусловлена тем, что решение сложных задач анализа, управления и др. не обеспечивается чисто моделированием или каким-либо иным подходом. ИТС принципиально является многоаспектной системой и не может быть описана одной моделью, необходимо построение гибридных, гетерогенных структур, моделей, обеспечивающих моделирование, управление, поддержку процессов принятия решений и эволюцию системы. Гибридность моделей накладывает ограничения на информационный обмен, осуществляемый на уровне подсистем. Необходим единый формат информационной среды, позволяющий обмениваться данными, знаниями, результатами работы, допускать настройку на конкретные условия, динамическую модификацию в процессе эксплуатации по мере накопления информации об исследуемом объекте.

Задача исследования ИТС с целью вскрытия фундаментальных закономерностей поведения наполняющих ее подсистем в зависимости от характера задач управления, свойств формирующих ее объектов, диктует необходимость развития формальных аналитических методов, базирующихся на строгой математической основе. Синергетический подход базируется на максимальном использовании естественных свойств объекта в процессе синтеза ИТС. Синергетика занимается изучением поведения системы при изменении управляющих параметров, в центре ее внимания находятся качественные изменения в динамическом или статическом поведении системы, в частности при бифуркациях. Синергетика в данном контексте выступает как часть системного анализа общих принципов функционирования и синтеза ИТС. В отличие от кибернетики, занимающейся разработкой алгоритмов и методов, позволяющих управлять системой для того, чтобы та

функционировала заранее заданным образом, в синергетике изменяются управляющие параметры более или менее непредсказуемым образом, и изучается самоорганизация системы, т. е. различные состояния, в которые она переходит под воздействием «рычагов управления». Фундаментальная роль процессов самоорганизации в природной синергетической системе сводится к выполнению базовых законов сохранения путем стабилизации соответствующих отношений между переменными состояниями, отображаемых в форме соответствующих аттракторов в пространстве состояний, т. е., по существу, к сохранению собственных структур объекта по принципу калибровочной инвариантности. Синергетическая парадигма в теории управления опирается на идею целенаправленной самоорганизации ИТС путем формирования и преднамеренного ввода в исходные модели системы и поддержания с помощью управляющих воздействий желаемых инвариантных многообразий в пространстве состояний системы, на которых естественные свойства объекта наилучшим образом согласуются с требованиями задачи управления. Инвариантные многообразия образуются соотношениями между основными объектами системы, выделяющими соответствующие агрегированные макропеременные, определяющие главные особенности поведения системы. Последовательное уменьшение степеней свободы и их подстройка к макропеременным происходит в синергетической системе в процессе ее целенаправленной самоорганизации. Синергетический подход к синтезу ИТС базируется на соответствующем эффекте сжатия фазового потока в пространстве состояний в процессе редукции избыточных степеней свободы. Это позволяет сформировать желаемые инвариантные многообразия (управляемые параметры порядка) в результате динамической декомпозиции фазового пространства системы. Синтез, реализующий процесс аналитического конструирования агрегированных менеджеров, включает в себя совокупность регулярных процедур перевода управляемого объекта системы в пространстве ее состояний с одного многообразия на следующее, имеющее на единицу меньшую размерность. Рекурсия такого перехода осуществляется с помощью соответствующего закона управления до достижения желаемого уровня многообразия.

Синергетические процессы не только реализуются на различных субстратах: нейронах, объектах и т. д., но и рассматривают при этом пространственно-распределенные среды (ГИС).

УДК 004.932.2

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФАЗОВОЙ ФУНКЦИИ ПО ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ПОЛЯ НАПРАВЛЕНИЙ

Мякинин О.О.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Интерферометрические измерения используются в самых различных информационно-технических приложениях, в частности, при виброиспытаниях деталей и узлов газотурбинных двигателей (рисунок 1). На основе полученного поля вибросмещений производятся расчеты поля напряжений в узлах газотурбинных двигателей на резонансных частотах и даются оценки надежности испытываемой детали.

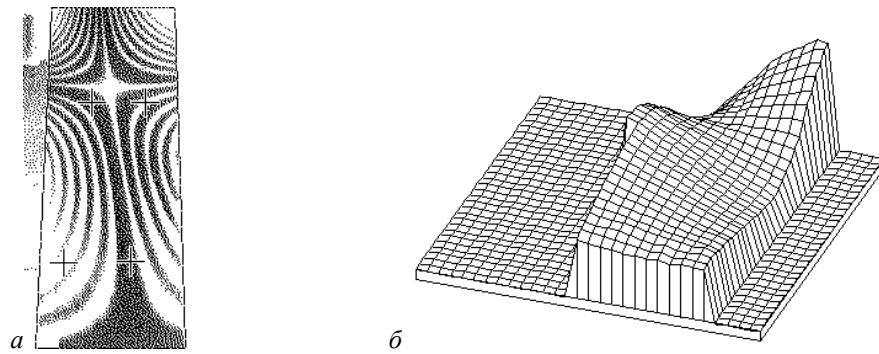


Рисунок 1. Измерение поля вибросмещений: (а) исходная интерферограмма, (б) восстановленное поле вибросмещений

Функция яркости наблюдаемого изображения $I(x, y)$ может быть представлена в виде $I(x, y) = A(x, y) \cos(\omega_x x + \omega_y y + \varphi(x, y)) + B(x, y) + V(x, y)$,

где (ω_x, ω_y) – пространственная частота несущей (для схемы интерферометрии без пространственной несущей $\omega_x = \omega_y = 0$), $\varphi(x, y)$ – фазовая функция, несущая информацию об объекте исследования, $A(x, y), B(x, y)$ – медленно меняющиеся функции, описывающие изменение контрастности и яркости по полю изображения, $V(x, y)$ – шум наблюдения. Целью является восстановление фазовой функции $\varphi(x, y)$ по наблюдаемому изображению $I(x, y)$.

Традиционным подходом к восстановлению фазовой функции является подход на основе преобразования Гильберта, который, однако, может быть использован только при монотонном изменении суммарной фазы $\omega_x x + \omega_y y + \varphi(x, y)$ по некоторому направлению, то есть при наличии пространственной несущей $\omega_x \neq 0, \omega_y \neq 0$.

При отсутствии пространственной несущей ($\omega_x = \omega_y = 0$) однозначное восстановление фазовой функции невозможно. На рисунке 2 проиллюстрирована эта неоднозначность в одномерном случае.

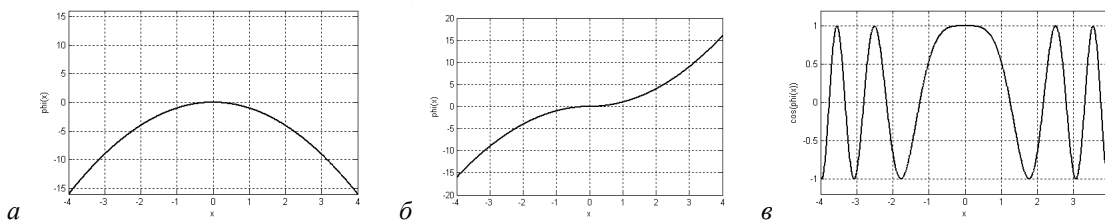


Рисунок 2. Неоднозначность восстановления фазовой функции:

(а) фазовая функция $\varphi_1(x)$, (б) фазовая функция $\varphi_2(x)$, (в) функция яркости $I(x) = \cos(\varphi_1(x)) = \cos(\varphi_2(x))$

В настоящей работе предлагается использовать два метода, решающих проблему неоднозначности восстановления за счёт введения дополнительного ограничения на восстановленную фазовую функцию. Это ограничение заключается в нахождении фазовой функции, обладающей максимальной «гладкостью».

Одним из методов является рекуррентный метод локально-параметрического каузального и полускаузального МНК предсказания и коррекции:

$$\hat{\varphi}(x, y) = w\hat{\varphi}_n(x, y) + 1 - w \hat{\varphi}_n(x, y),$$

где $\hat{\varphi}_n(x, y)$ – предсказанное по МНК значение фазовой функции, рассчитываемое на основе предыдущих оценок фазы, $\hat{\varphi}_n(x, y)$ – измеренное значение фазовой функции в текущей точке x, y , w – весовой коэффициент.

Другим методом является метод, основанный на использовании комплексного поля направлений:

$$\Psi_{x,y} = W_{x,y} \exp[i2\psi_{x,y}],$$

где весовая функция $W_{x,y}$ имеет смысл достоверности (надежности оценки) поля направлений в данной точке, а $\psi_{x,y}$ имеет физический смысл угла наклона касательной к функции яркости. Поле направлений $\Psi_{x,y}$ может быть получено путём свёртки функции яркости $I(x,y)$ с фазовой маской

$$f_{x,y} = \begin{cases} \exp[i \arg(x+iy)] = \frac{x+iy}{\sqrt{x^2+y^2}}, & 0 < x^2+y^2 \leq R^2, \\ 0, & x^2+y^2 > R^2 \text{ или } x=y=0. \end{cases}$$

где R – радиус окна обработки.

Для локальной области достаточно малого радиуса R функция яркости может быть представлена в виде гармонической функции: $I_{x,y} \sim \cos[\omega x \sin \psi + y \cos \psi + \varphi_0]$. Основная идея метода заключается в использовании весовой функции $W_{x,y}$ для оценивания модуля градиента функции яркости.

$$\left| \frac{1}{\omega} [J_1(\omega) H_0(\omega) - J_0(\omega) H_1(\omega)] \sin \varphi_0 \right| \sim W,$$

где функции $J_k(\omega)$ и $H_k(\omega)$ — это цилиндрические функции Бесселя и Струве порядка k , соответственно, ω – локальная частота.

Метод фазовой маски может применяться также на этапе предварительной обработки интерферограммы для устранения шумов. На рисунке 3 показан результат восстановления фазовой функции для сильно зашумлённой интерферограммы, зарегистрированной без пространственной несущей.

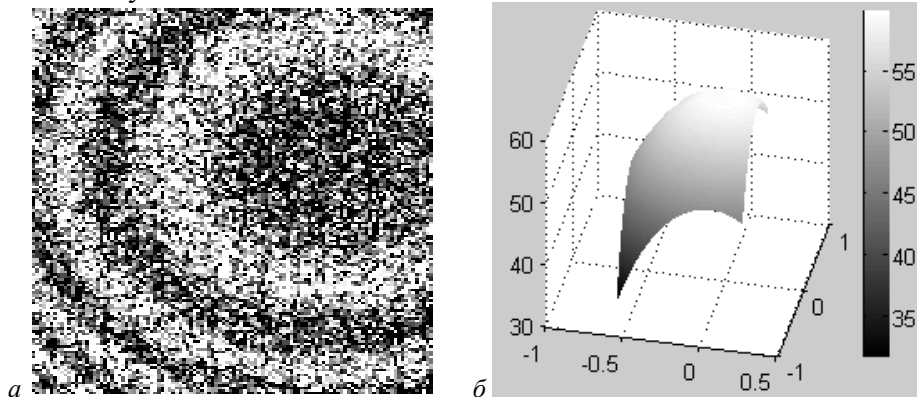


Рисунок 3. Пример восстановления фазовой функции:
(а) - исходное изображение; (б) - восстановленная фазовая функция

УДК 517.9

ПОНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ ЗАДАЧ ОЦЕНИВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ТВЕРДЫХ ТЕЛ С МАЛОЙ ДИССИПАЦИЕЙ

Осинцев М.С., Соболев В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара.

Движение систем твердых тел представляет собой сложную композицию быстрых и медленных движений, что может быть обусловлено наличием в системе малых или больших

параметров. В задачах динамики спутников это может быть связано с наличием демпфирующих устройств или упругих элементов малой массы. Для гироскопических приборов и систем наличие быстрых — нутационных и медленных — прецессионных колебаний хорошо известно и наблюдается почти всегда. При моделировании динамики систем твердых тел, характерной особенностью которых является наличие быстрых и медленных движений, обычно используются сингулярно возмущенные дифференциальные системы вида

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x, y, t, \varepsilon) \\ \varepsilon \dot{y} = g(x, y, t, \varepsilon) \end{cases} \quad (1)$$

где точкой обозначается дифференцирование по времени t , x и y — векторные переменные, ε — малый положительный параметр. В теории автоматического управления модели, описываемые сингулярно возмущенными дифференциальными уравнениями, возникают по целому ряду причин. Такая ситуация естественна для задач управления системами, динамика которых объективно складывается из разнотемповых движений: гироскопические, электромеханические и другие системы. Кроме того, появление сингулярных возмущений может быть связано со спецификой применяемых методов управления и для однотемповых систем. Примерами могут служить задачи с использованием метода штрафа при малом коэффициенте штрафа за управление («дешевое» управление) или задачи стохастической фильтрации с малым шумом в канале наблюдения.

Как известно, удобным аппаратом исследования многомерных систем дифференциальных уравнений является метод интегральных многообразий, использование которого позволяет решать важную для приложений задачу понижения размерности. Можно показать, что при естественных предположениях для системы (1) существует притягивающее интегральное многообразие медленных движений. Построение интегрального многообразия не только позволяет получить систему меньшей размерности, но и сохраняет качественные характеристики движения системы при замене полных уравнений уравнениями меньшей размерности на многообразии. Характерной особенностью динамики систем твердых тел с малой диссипацией, к которым относятся гироскопические системы и манипуляционные роботы, является наличие относительно медленно угасающих быстрых колебаний, обладающих высокой частотой. С математической точки зрения это означает, основная функциональная матрица сингулярно возмущенной дифференциальной системы, которая получается в результате линеаризации правой части быстрой подсистемы на медленной поверхности, имеет чисто мнимые корни характеристического уравнения. Если в системе присутствует слабая диссипация типа относительно малого вязкого трения, то корни характеристического уравнения сдвигаются в левую комплексную полуплоскость, что обеспечивает существование притягивающего интегрального многообразия медленных движений и сведение задач динамики таких систем к исследованию системы на интегральном многообразии. Размерность системы при этом понижается до размерности медленных переменных. Следует отметить, что в такой ситуации асимптотические методы типа метода пограничных функций неприменимы, а при использовании метода усреднения утрачивается эффект слабого затухания быстрых движений.

Более сложная ситуация возникает при решении задач оптимальной фильтрации и линейно-квадратичных задач оптимального управления. Так, при решении задачи фильтрации для гироскопических систем, возникает необходимость в изучении системы сингулярно возмущенных дифференциальных уравнений Риккати вида

$$\dot{P}_1 = P_2^T + P_2 - P_1 C^T R^{-1} C P_1; \quad (2)$$

$$\varepsilon \dot{P}_2 = \varepsilon P_3 - \varepsilon P_1 N^T - P_2 (G_0 + \varepsilon G_1)^T - \varepsilon P_1 C^T R^{-1} C P_2; \quad (3)$$

$$\varepsilon \dot{P}_3 = -\varepsilon (N P_2 + P_2^T N^T) - P_3 (G_0 + \varepsilon G_1)^T - (G_0 + \varepsilon G_1) P_3 - \varepsilon P_2^T C^T R^{-1} C P_2 + \varepsilon B Q B^T, \quad (4)$$

где $G_0 \in \mathbb{C}^{n \times n}$ — кососимметрическая матрица гироскопических сил, не имеющая нулевых собственных чисел; $G_1 \in \mathbb{C}^{n \times n}$ — симметрическая положительно определенная матрица сил трения; $N \in \mathbb{C}^{n \times n}$ — матрица неконсервативных сил; $C \in \mathbb{C}^n$ — вектор, характеризующий функцию наблюдения; $B \in \mathbb{C}^n$ — вектор коэффициентов при случайной функции; $Q \in \mathbb{C}^{n \times n}$ — неотрицательно определенная матрица, характеризующая корреляционную функцию случайного воздействия на систему, $R \in \mathbb{C}^{n \times n}$ — симметрическая положительно определенная матрица, характеризующая корреляционную функцию шума измерения. Искомая матрица $P \in \mathbb{C}^{n \times n}$, блоки которой играют роль неизвестных в дифференциальной системе (2)–(4), является корреляционной функцией оптимального фильтра для гироскопической системы.

На первый взгляд только уравнение (2) описывает поведение медленных переменных в этой системе. Однако в подсистеме (4) есть «скрытые» медленные переменные. В постановке задачи присутствует требование о том, чтобы матрица $G_0 \in \mathbb{C}^{n \times n}$ не имела нулевых собственных чисел для всех $t \in R$. Главная часть уравнения (4) может быть представлена как линейный оператор вида

$$LX = XA - BX, \quad (5)$$

Известно, что собственные числа линейного оператора L представляют собой всевозможные разности собственных чисел матриц A и B . Матрица G по условию задачи является кососимметрической, то есть в выражении (5) $A = B = G_0$. Следовательно, среди собственных чисел линейного оператора L обязательно есть нулевые. Это означает, что размерность интегрального многообразия медленных движений повышается. Тем не менее, в результате повторного применения процедуры понижения размерности, основанной на применении метода интегральных многообразий, удастся построить фильтр максимально возможного низкого порядка.

В качестве приложений, иллюстрирующих эффективность предлагаемого подхода, рассмотрены задачи динамики и оптимального оценивания для гироскопического маятника и манипулятора с гибким сочленением.

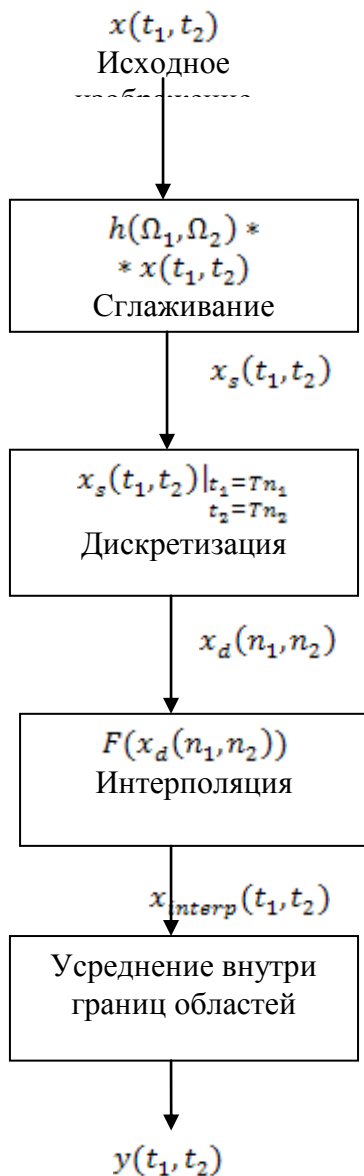
Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований 15 Отделения энергетики, механики, машиностроения и процессов управления РАН.

УДК – 004.932.4

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СВЕРХРАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ КУСОЧНО-ПОСТОЯННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Сергеев В.В., Воробьева Н.С., Денисова А.Ю.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара



Существует известное противоречие между потребностями регулярного мониторинга территории (в частности, сельскохозяйственных угодий) и возможностями современных систем дистанционного зондирования Земли. Частые наблюдения больших площадей могут быть осуществлены только космическими системами, имеющими широкое поле зрения и, как следствие, низкое пространственное разрешение. С повышением детальности снимков неизбежно сужается полоса захвата земной поверхности, для которой производится зондирование, соответственно, становится проблематичным быстрый повторный выход на ту же территорию.

Будем рассматривать снимки среднего (SPOT-4) и низкого (MODIS) пространственного разрешения. Совместный анализ снимков низкого (250-1000 м, можно получить ежедневно) и среднего (два-три раза за сезон 10-20 м) разрешения позволяет получать изображения сельскохозяйственных угодий (и производить расчет вегетационных индексов полей) с той же малой периодичностью, что и для данных низкого разрешения, но с точностью (детальностью), близкой к снимкам среднего разрешения.

Предлагаемые методы и алгоритмы основаны на допущении, что изображения сельскохозяйственных угодий (полей) представляют собой совокупность крупных кусочно-постоянных областей, разделенных резкими границами. Яркостные характеристики областей достаточно сильно меняются в течение сезона и, собственно, являются объектами мониторинга. В то же время границы полей являются более стабильными во времени и не требуют частых уточнений.

Суть предлагаемого подхода состоит в следующем. По снимкам среднего разрешения $x(t_1, t_2)$ (редким) заранее определяются границы полей. Их целесообразно

преобразовать в векторную форму и хранить в виде отдельного слоя картографических данных ГИС – маски полей. Далее процесс восстановления изображения с учетом информации о границах естественно было бы проводить с помощью интерполяции снимка низкого разрешения $x_d(n_1, n_2)$ до изображения $x_{interp}(t_1, t_2)$ с шагом дискретизации как и у изображения среднего разрешения и усреднения внутри границ известных кусочно-постоянных областей.

Однако из-за наличия сглаженных участков на изображении и погрешности интерполяции результат такого восстановления будет неточен. Поэтому для улучшения

оценки значений функции яркости на участках постоянства предлагается использовать итерационную процедуру Ван-Циттерта, в которой текущее приближение изображения вычисляется на каждом шагу при помощи формулы:

$$x^N = y + J - A x^{N-1} = y + x^{N-1} - Ax^{N-1},$$

где J - единичный оператор, а A - оператор искажений, преобразующий исходное изображение среднего разрешения к изображению низкого разрешения.

В традиционной процедуре Ван-Циттерта не учитывается этап с дискретизацией, интерполяцией и усреднением внутри границ, поэтому восстановление велось бы с той точки зрения, что оператор искажений A – это импульсная характеристика сглаживающей системы. В нашем случае под оператором искажений A будем понимать последовательность действий операторов сглаживания, дискретизации, интерполяции и усреднения. В качестве начального приближения используется изображение результат интерполяции и усреднения с учетом границ областей. Тогда итерационная схема восстановления обеспечит значительно более эффективный результат, чем традиционное задание оператора искажений. Усреднение по областям с известными границами, позволяет сделать результат наиболее точным. Так как выполнение усреднения нейтрализует граничные эффекты, возникающие при многократном применении прямого искажающего оператора, состоящего из сглаживания дискретизации и интерполяции. Критерием останова итерационного процесса является близость решений на соседних итерациях.

В ходе исследования работы метода на тестовых мозаичных полях было выяснено, что

- Метод позволяет восстановить относительно мелкие объекты на кусочно-постоянном изображении (размер объекта не менее 0.1 площади интервала дискретизации в условиях отсутствия шумов и точного знания искажающих факторов),

- Итерационная процедура сходится медленно при небольших шумах, поэтому необходимо усечение ее по порогу,

- Зависимость критерия останова итерационного процесса имеет экспоненциальный характер от номера итерации при условии отсутствия шумов, при наличии шумов график критерия останова имеет выраженный минимум, который при отношении шум/сигнал 0.01 практически совпадает с минимумом погрешности восстановления достигаемой процедурой.

- Качество восстановления изображения сильно зависит от корреляционных свойств изображения, чем корреляция отсчетов изображения выше, тем лучше результат восстановления. Например, при коэффициенте корреляции 0,9 и отсутствии шумов, восстанавливается 64% площади изображения с абсолютной погрешностью менее единицы.

УДК 004.056.53

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЙ МЕТОДОМ FDTD И С ПОМОЩЬЮ ФОРМУЛ РИЧАРДСА-ВОЛЬФА ОСТРОЙ ФОКУСИРОВКИ СВЕТА ЗОННОЙ ПЛАСТИНКОЙ

Стафеев С.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время преодоление дифракционного предела и уменьшение размеров фокального пятна актуально в литографии, оптических системах памяти и в медицинских приложениях. В работах посвященных моделированию острой фокусировки света в дальней зоне используются формулы Ричардса-Вольфа [1]. Так, например, в работе [2]

рассматривалась фокусировка радиально-поляризованных мод R-TEM₀₁ с помощью широкоапертурных линз, и было показано, что с их помощью можно преодолеть дифракционный предел. В работе [3] применена модификация формул Ричардса-Вольфа для радиально-поляризованного света, а в работе [4] была показана возможность преодоления дифракционного предела с помощью параболического зеркала и плоской дифракционной линзы. Однако ранее не проводилось исследования границ применимости формул Ричардса-Вольфа при малых фокусных расстояниях. В данной работе была промоделирована фокусировка радиально-поляризованной моды R-TEM₀₁ с длиной волны $\lambda=0,532$ мкм и радиусом моды 10λ (рисунок 1а) стеклянной зонной пластинкой с радиусом $R=20\lambda$ (рисунок 1б) с помощью двух различных методов: методом FDTD и по формулам Ричардса-Вольфа. Было показано, что наблюдается согласование значений диаметра фокального пятна при фокусном расстоянии зонной пластинки, изменяющемся от λ до 40λ (относительная погрешность значений диаметра фокусного пятна по полуспаду интенсивности не превышает 7%), однако при этом наблюдается рассогласование значений продольной ширины фокального пятна при фокусном расстоянии меньше 5λ . Оба метода показали возможность преодоления зонной пластинкой дифракционного предела при $f < 5\lambda$.

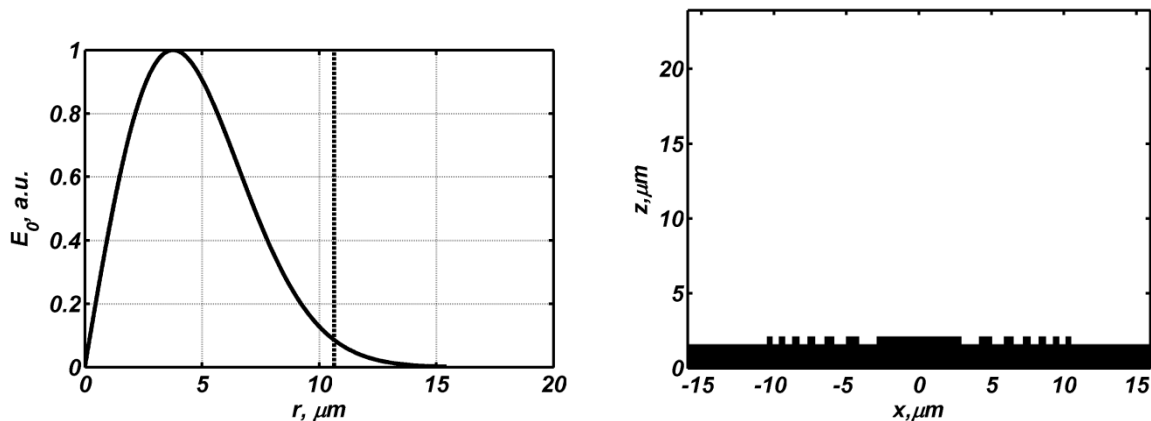


Рисунок 1. (а) радиальная составляющая амплитуды моды R-TEM₀₁. Пунктирной прямой отмечен радиус зонной пластинки, (б) зонная пластинка с фокусными расстояниями $f=30\lambda$ и ее расположение в вычисляемой области по методу FDTD

Ранее нами была предложена разновидность FDTD-метода, специально предназначенная для расчета дифракции радиально поляризованного лазерного пучка на оптических элементах с осевой симметрией [5]. При описании дифракции отличными от нуля в данном случае будут только три компоненты, описывающие электромагнитное поле: E_r , E_z и H_ϕ . Это радиальная и продольная составляющие электрического поля и азимутальная составляющая магнитного поля.

Используя методы FDTD и формулы Ричардса-Вольфа, было проведено две серии моделирований. Интенсивность вычислялась как сумма усредненных квадратов амплитуд электрической составляющей поля. На рисунке 2а показано изменение диаметра фокального пятна по полуспаду интенсивности для обоих моделирований. Как видно из рисунка 2а ширина пятен совпадает для обоих моделирований (при $\lambda \leq f \leq 40\lambda$ относительная погрешность значений диаметра фокусного пятна не превышает 7%). На рисунке 2б показано изменение продольной ширины фокального пятна по полуспаду интенсивности, из рисунка видно, что продольная ширина пятна хорошо согласуется для двух методов только при $f > 5\lambda$ (при $f = \lambda$ относительная погрешность достигает 40%, а при $f > 5\lambda$ не превышает 5%)

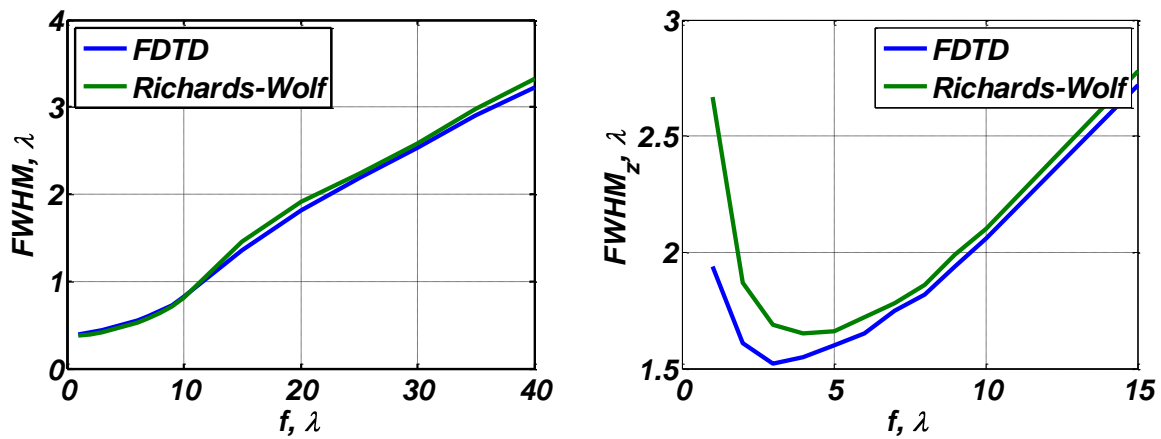


Рисунок 2. Зависимость (а) поперечной ширины фокального пятна (б) продольной ширины фокального пятна по полуспаду интенсивности от фокусного расстояния зонной пластинки при моделировании методом FDTD (синяя кривая) и по формулам Ричардса-Вольфа (зеленая кривая)

Таким образом, при фокусировке радиально-поляризованной моды R-TEM₀₁ с длиной волны $\lambda=0,532$ мкм и радиусом моды 10λ стеклянной зонной пластинкой с радиусом $R=20\lambda$ методы FDTD и формулы Ричардса-Вольфа показывают согласование значений диаметра фокального пятна при $\lambda \leq f \leq 40\lambda$, однако при этом наблюдается рассогласование значений продольной ширины фокального пятна при $f < 5\lambda$. Кроме того, оба метода показали возможность преодоления зонной пластинкой дифракционного предела при $f < 5\lambda$

Список литературы

1. Richards, B. Electromagnetic diffraction in optical systems. II. Structure of the image field in an aplanatic systems/ B. Richards, E. Wolf // Proc. Roy. Soc. A. – 1959. – V.253. – P.358-379.
2. Kozawa Y. Sharper focal spot formed by higher-order radially polarized laser beams/ Y. Kozawa, S. Sato // J. Opt. Soc. Am. A. – 2007. – V.24. – P.1793-1798
3. Youngworth, K.S. Focusing of high numerical aperture cylindrical vector beams / K.S.Youngworth, T.G.Brown // Opt.Expr. – 2000. – V.7. – P.77-87
4. Davidson, N. High-numerical-aperture focusing of radially polarized doughnut beams with a parabolic mirror and a flat diffractive lens / N. Davidson, N. Bokor // Opt. Lett. – 2004. – V.29, No.12. – P.1318-1320.
5. Kotlyar, V. V. Modeling the sharp focus of a radially polarized laser mode using a conical and a binary microaxicon / V. V. Kotlyar, S. S. Stafeev // J. Opt. Soc. Am. B. – 2010. – V.27. – P.1991-1997

УДК 004.056.53

ПСЕВДОГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ РАЗВЕРТКА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ КАК СРЕДСТВО ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ПРИ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОМ ДОСТУПЕ К ПЕРЕДАВАЕМЫМ ДАННЫМ

Урывская Д.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Введение

Существует целый ряд методов так называемой «псевдоголографической» развертки цифровых изображений [1-4], согласно которой отсчеты исходного изображения преупорядочиваются, формируя новое изображение - «псевдоголограмму», каждый участок которой, подобно физическому аналогу голограммы, содержит достаточно полную информацию обо всем изображении.

Целью данной работы было изучение возможности приложения псевдоголографической развертки цифрового изображения к задачам защиты информации.

Суть метода [1] заключается в том, что двумерный массив точек изображения разворачивается в одномерную последовательность по определенному правилу, так что каждой паре координат (m, n) – точке в двумерном массиве (изображении), ставится в соответствие некоторое число – k , которое и определяет номер данной точки в последовательности развертки. Связь координат (m, n) и k определяется соотношениями:

$$\begin{cases} n = \sum_{i=0}^{N-1} p^{N-1-i} A_X \left(\left[\frac{k}{p^{2i}} \right] \pmod{p^2} \right), & m = \sum_{i=0}^{N-1} p^{N-1-i} A_Y \left(\left[\frac{k}{p^{2i}} \right] \pmod{p^2} \right), \\ A_X(k) = n, & A_Y(k) = m, \end{cases} \quad (1)$$

где $[\cdot]$ означает целую часть числа.

При строчном сканировании и записи полученной последовательности формируется новое изображение, имеющее шумоподобный вид – «псевдоголограмма» [5].

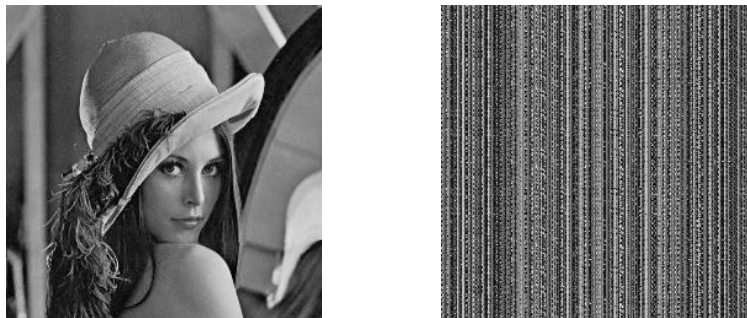


Рисунок 1. Изображение и его псевдоголограмма

Псевдоголографическая развертка характеризуется параметрами: p , N , и правилом нумерации. Если исходное изображение имеет размер $p^N \times p^N$, то правило нумерации задается некоторой матрицей A , которая определяется выбором нумерации элементарного изображения размера $(p \times p)$.

Восстановление зашифрованного изображения при несанкционированном доступе к передаваемым данным

Пусть требуется восстановить переупорядоченное, согласно методу [1], т.е. зашифрованное цифровое изображение – псевдоголограмму, при отсутствии информации о правиле нумерации – секретном ключе шифрования.

Будем считать, что известна псевдоголограмма и параметр p . Расшифровка сводится к нахождению секретного ключа, по которому была получена псевдоголограмма, путем последовательного перебора из всех $(p^2)!$ возможных вариантов и последующего анализа дешифрованных изображений. Поскольку исходное изображения неизвестно, решение о правильности выбора ключа принимается в процессе визуального анализа.

Если секретный ключ подобран правильно, результат восстановления совпадет с исходным изображением (рис. 2а). Иначе результирующее изображение будет искажено в той или иной степени (рис. 2б, в). Так как реальные изображения имеют высокую корреляцию соседних отсчетов, можно на предварительном этапе отбрасывать «плохие» ключи, выбирая для дальнейшей обработки дешифрованные изображения с высоким значением коэффициента корреляции.

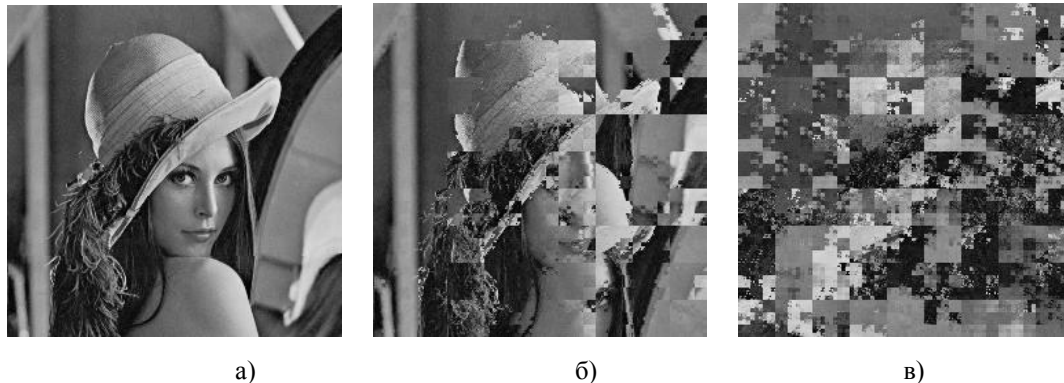


Рисунок 2. Дешифрованные изображения:

а) ключ подобран правильно; б), в) ключ подобран неправильно

Численные эксперименты показали [6], что доля информативных изображений (с высоким коэффициентом корреляции) составляет не более 0,5% от общего числа всех возможных, т.е. вероятность угадать ключ весьма мала, тогда как полный перебор для $p > 3$ будет уже нереалистично трудоемким.

Выводы

Исследования показали, что псевдоголографическая развертка, может успешно применяться к задачам защиты информации, выполняя по сути шифрование - перенумерацию исходного изображения, поскольку атака в данном случае с помощью корреляционного анализа является неэффективной.

Список литературы

1. Bruckstein, A.M., Holt R.J., Netravali A.N. Holographic representation of images // IEEE Transactions on Image Processing.- 1998. – N 7. – P. 1583-1587.
2. Колесов, В.В., Залогин Н.Н., Воронцов Г.М. Псевдоголографическое кодирование цифровой информации // Радиотехника и электроника.- 2002. – Т. 2, № 5.- С. 583-588.
3. Марковский, А.В. О квазиголографическом кодировании цифровых изображений // Автоматика и телемеханика.- 2001. - № 9. - С. 163-173.
4. Dovgard, R. Holographic image representation with reduced aliasing and noise effects / R. Dovgard // Image Processing, IEEE Transactions.- 2004. – Vol. 13, N 7. - P. 867-872.
5. Баринаова (Урывская), Д.А. Разработка и исследование алгоритмов обработки цифровых изображений, представленных в псевдоголографических кодах // Компьютерная оптика.- 2005. - № 27. - С. 149-154.
6. Урывская, Д.А. Исследование устойчивости метода псевдоголографического кодирования цифровых изображений к корреляционному анализу // Компьютерная оптика.- 2010. – Т. 34, № 4. - С. 557-562.

УДК 004.932

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИФFUЗИИ ОШИБКИ ДЛЯ ЦИФРОВОГО РАСТРИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ³

Федосеев В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время известно множество методов цифрового растривания (бинаризации полутоновых изображений), находящих применение в полиграфии, а также при обработке отсканированных изображений. Весьма широко используется так называемые методы *диффузии ошибки* (*Error Diffusion*) [1], имеющие общий подход, но различающиеся в деталях. В данной работе производится сравнительное исследование качества бинарных изображений, получаемых различными алгоритмами диффузии ошибки, с целью выбора алгоритма, наилучшим образом создающего иллюзию непрерывного тона.

Схема работы методов диффузии ошибки представлена на рисунке 1. Для каждого пикселя изображения производится пороговая обработка, ошибка от которой рассеивается на соседние пиксели в соответствии с так называемым *ядром преобразования*, представляющим из себя матрицу весов. Отличительными чертами алгоритмов данного класса являются:

- 1) ядро преобразования (*Флойда-Стейнберга* [2], *Джарвиса* [3], *Стуки* [4], *Фэна* [5] и пр.);
- 2) порядок обхода пикселей (построчный, *серпантинный*, *Гильберта-Пеано* [6] и пр.);
- 3) наличие или отсутствие адаптивных колебаний весов ядра.

Нестандартный порядок обхода изображения и адаптивные колебания весов в общем случае улучшают качество растривания, однако увеличивают время работы. Основной интерес представляет исследование влияния ядер преобразования на качество результата.

Стандартные метрики качества, используемые для полутоновых изображений, не учитывают особенностей восприятия человеком бинарных изображений. Поэтому в работе произведено исследование качества растриванных бинарных изображений при помощи метрики *WSNR* [7], учитывающей свойства системы человеческого зрения.

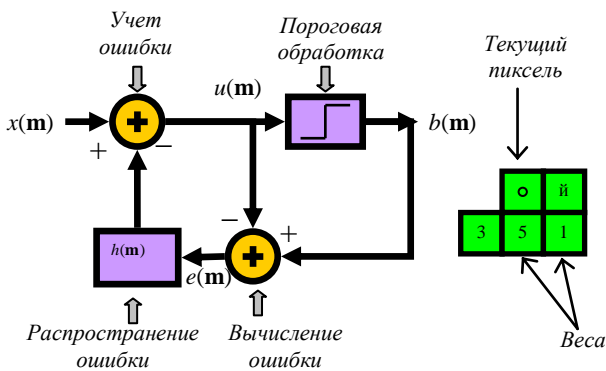


Рисунок 1. Схема методов диффузии ошибки



Рисунок 2. Тестовые изображения

В работе был произведен эксперимент по исследованию показателя *WSNR* растриванных методами диффузии ошибки изображений. Шесть образцов, изображённых на рисунке 2, растривались методом диффузии ошибки с различными ядрами преобразований, в числе которых 4 ядра описаны в литературе, а прочие смоделированы автором. Результаты эксперимента представлены на рисунке 3 в виде графика и позволяют сделать следующие выводы:

³ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 09-01-00511-а.

1. Качество растривования существенно ухудшается при ядрах размером более 2×4 , к которым относятся широко используемые ядра Джарвиса и Стуки.

2. Наиболее качественные изображения получены ядрами, изображенными на рисунке 4, в числе которых второе – ядро Фэна, а третье – ядро Флойда-Стейнберга.

3. Лучшее по итогам эксперимента ядро (первое на рисунке 4) прежде не встречалось автору в литературе. Помимо этого, оно имеет лишь три весовых коэффициента, что положительным образом влияет на скорость преобразования и делает целесообразным его практическое использование.

4. Ещё одно ядро, показавшее хорошие результаты, – ядро 8-2-2-4 (четвёртое на рисунке 4), все веса которого являются степенями двойки, что также делает его привлекательным для программной реализации.

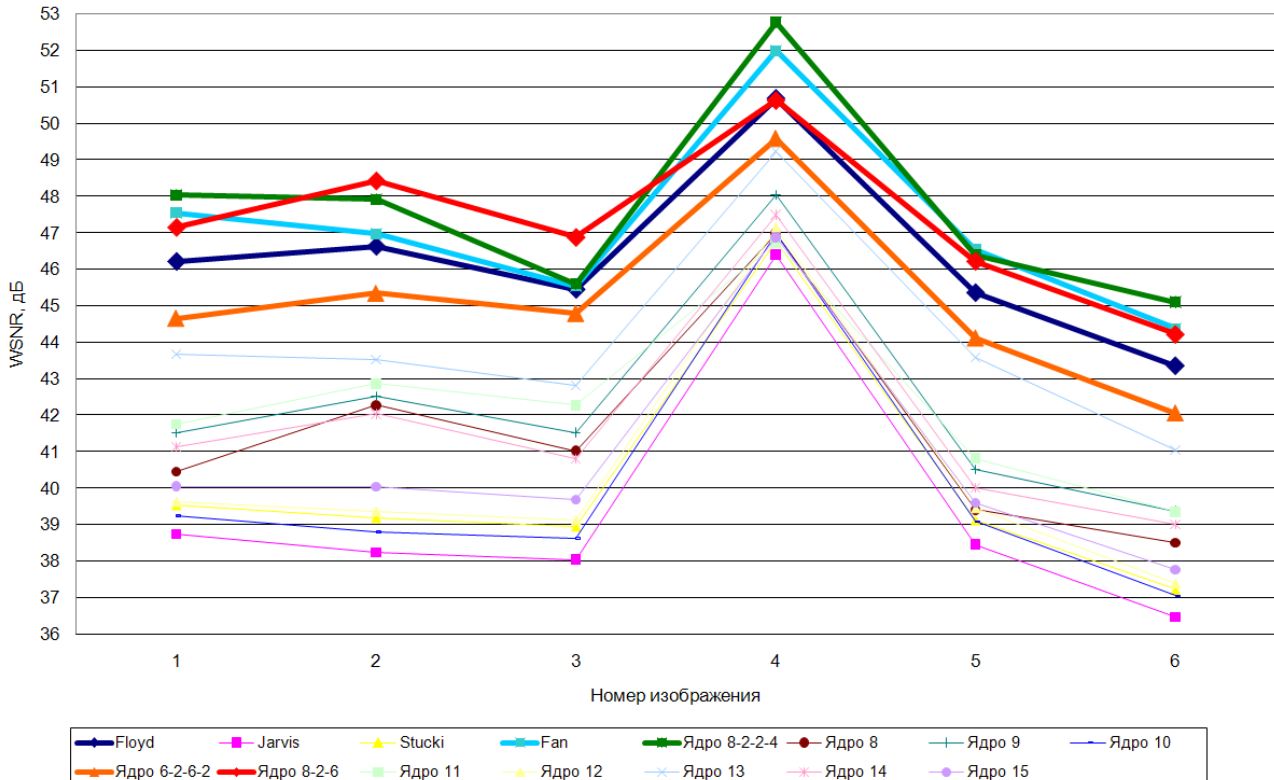


Рисунок 3. Результаты эксперимента

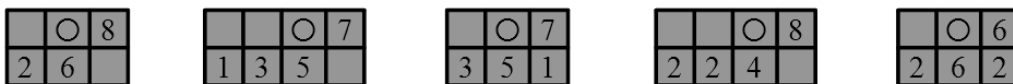


Рисунок 4. Наилучшие по критерию WSNR ядра

Список литературы

1. R. A. Ulichney, "Digital Halftoning", MIT Press, 1987.
2. R. W. Floyd and L. Steinberg, "An adaptive algorithm for spatial gray-scale," Proceedings Society Information Display, vol. 17, no. 2, pp. 75–78, 1976.
3. J. F. Jarvis, C. N. Judice, and W. H. Ninke, "A survey of techniques for the display of continuous-tone pictures on bilevel displays," Comp. Graf. Im. Pr., vol. 5, pp. 13–40, 1976.
4. P. Stucki, "MECCA – a multiple-error correcting computation algorithm for bilevel image hardcopy reproduction," Tech. Rep. RZ1060, Zurich, Switzerland, 1981.
5. Zh. Fan, "A simple modification of error-diffusion weights," Proceedings of SPIE'92.
6. L. Velho and J. M. Gomes, "Digital halftoning with space filling curves," Computer Graphics, vol. 25, no. 4, pp. 81–90, 1991.
7. T. D. Kite, B. L. Evans and A. C. Bovik, "Modeling and quality assessment of halftoning by error diffusion", in IEEE Trans. Image Processing, vol. 9, pp. 909-922, May 2000.

СЕКЦИЯ 11

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

УДК 334.012.23

ОПЕРАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ФИНАНСОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ ОАО «КУЗНЕЦОВ»

Алдабергенова А.Г., Миронова Ю.В., Осипов А.И.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Операционное управление финансовой деятельностью предприятия является актуальной проблемой в настоящее время для руководителей предприятий в аэрокосмической промышленности. С помощью метода операционного управления экономикой предприятие сможет получить эффективные рекомендации по изменению и направлению факторов управления при постоянстве убытков или их уменьшения в режиме реального времени. Целью метода является управление финансовой деятельностью предприятия в режиме реального времени (краткосрочное планирование).

Метод операционного управления финансовой деятельностью предприятия направлен на решение проблемы, связанной с операционным управлением экономикой предприятия на основе изучения взаимосвязей экономических факторов баланса предприятия.

Преимуществом метода в отличие от других являются сокращение времени принятия финансовых решений, повышение качества управления и его эффективности, а также уменьшение рисков для субъектов предпринимательской деятельности.

Данный метод операционного управления финансовой деятельностью предприятия базируется на системе управления качеством «Шесть сигм» («6σ») применительно к управлению экономикой предприятия. «Шесть сигм» - это гибкая система совершенствования делового лидерства и показателей эффективности. Это не теория, а образ действия, способствующий постоянному успеху. Благодаря заимствованию инструментов и идей из разных дисциплин, система «Шесть сигм» позволяет улучшать не только результаты, но и сам процесс совершенствования.

Коротко поэтапный процесс системы «6σ» формулируется как DMAIC: формулируйте – измеряйте – анализируйте – совершенствуйте – контролируйте.

Данный метод осуществляется с помощью формулировки факторного пространства и целевой функции, проведения измерений выбранных величин, анализа этих измерений, совершенствования целевой функции и ее контроля.

В качестве примера реализации в цикле работ приведена методика эконометрического анализа результатов деятельности предприятия ОАО «КУЗНЕЦОВ» с использованием годовых и квартальных отчетов.

На этапе формулирования выбрана целевая функция убытков Y предприятия и 16 обобщенных факторов его баланса предприятия.

На этапе измерения составлена база данных баланса предприятия, включающая как минимум пятилетний период (двадцать кварталов), так как именно данный период времени выбран наиболее оптимальным для исследования.

На этапе анализа составлена корреляционная таблица и на ее основе выбраны основные факторы, наиболее сильно влияющие на целевую функцию (x_4, x_{14}). По коэффициентам эластичности с помощью регрессионного анализа построена многомерная нелинейная целевая функция убытков, оптимизируемая методом градиентного спуска в MS EXCEL. В эту функцию автором включены все степени влияния рассматриваемых переменных факторного пространства. Функция убытков выглядит следующим образом:

$$Y = -73309.81469 - 3.95538 \cdot 10^{-23} \cdot x_4^5 + 6 \cdot 10^{-29} \cdot x_4^6 - 3.0316 \cdot 10^{-15} \cdot x_{14}^{3.5} + 2.5783 \cdot 10^{-6} \cdot x_4 \cdot x_{14} \quad (1)$$

На этапе совершенствования в операционном менеджменте проведен поиск линий уровня равных убытков. На рисунке 1 показаны линии уровня $Y = \text{const}$, полученные рассечением в MS Maple 9.5 трехмерной поверхности плоскостями, параллельными (x_4, x_{14}).

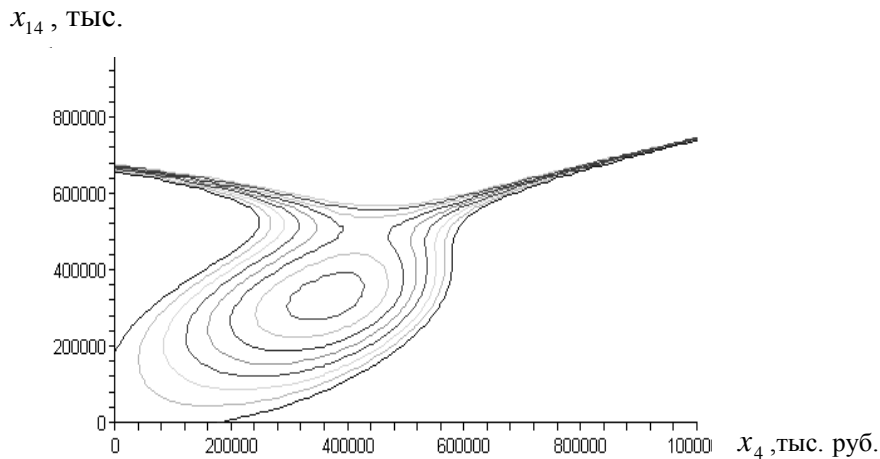


Рисунок 1. Линии уровня целевой функции убытков $Y = const$ в факторном пространстве $x_4 \otimes x_{14}$;
 x_4 - запасы; x_{14} - займы, кредиты.

На последнем этапе контроля выработаны рекомендации по направлению и величине изменения факторов при постоянстве убытков или их уменьшении. Как видно на рисунке 1, увеличение факторов управления запасов x_4 и займов x_{14} по-разному влияет на убытки предприятия. Резкое изменение соотношения факторов x_4 (запасы) и x_{14} (займы, кредиты) приводит к переходу с одной линии уровня на другую и, соответственно, к состоянию банкротства предприятия. Руководитель может выбрать оптимальное соотношение объемов обобщенных факторов управления x_4 и x_{14} при постоянстве убытков или их уменьшении в краткосрочном плане.

Предлагаемый метод операционного управления финансовой деятельностью предприятия дает возможность выбирать объемы займов и кредитов не интуитивно, а целенаправленно.

По истечении следующего квартала по данной методике проводится мониторинг полученных данных нового бухгалтерского баланса предприятия. Затем строится заново модель по способу операционного управления экономикой и оценивается, в каком направлении движется предприятие, определяются другие наиболее сильно влияющие факторы, и проводится минимизация целевой функции убытков.

Таким образом, метод операционного управления финансовой деятельностью предприятия ОАО «КУЗНЕЦОВ» позволяет эффективно оценить, в каком направлении движется предприятие; определить факторы, наиболее сильно влияющие на прибыль предприятия; провести минимизацию целевой функции убытков или прибылей; определить тактику реализации операционного управления экономикой предприятия. Внедрение метода операционного управления финансовой деятельностью будет способствовать стабильной прибыльной деятельности предприятия в авиационной промышленности.

УДК 621.396.97

ВИРТУАЛЬНАЯ СЕТЬ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

¹Гусев А.В., ²Дронов Д.Ю.

¹ОАО «Авиакор – Самарский авиационный завод»

²Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

В настоящее время не существует общего подхода к синтезу частных сетей производственных комплексов машиностроения. Для решения этой задачи предлагается использовать комбинаторную теорию образов.

С общих позиций любая сеть производственных комплексов машиностроения представляется набором образующих, т.е. некоторых стандартных устройств. В каждом конкретном случае они выбираются из их стандартного набора, которые представляют виртуальные частные сети.

Таким образом, непроеизводные компоненты – стандартные схемные модули, используемые для построения виртуальной частной сети предприятия, назовем образующими сети (ОС).

Для синтеза виртуальной частной сети проектировщик вырабатывает последовательность ОС, обеспечивающую однозначно определенный результат. Простейшим случаем является полное перечисление, при котором порядок определяется или произвольно, или на основе некоторого признака. Каждый первичный элемент может воспринимать входные сигналы, находится в определенном состоянии в зависимости от них.

Располагая ОС описанного вида, можно формально построить виртуальную частную сеть, понимая ее как совокупность ОС, связанных таким образом, что выходы одних соединены с входами других.

В основе такого построения лежит комбинаторная теория синтеза, которая предусматривает структурное объединение стандартных устройств - ОС - в конфигурации для реализации определенных функций.

Поскольку каждая конфигурация выполняет свою функцию, то множество регулярных конфигураций получаемых через систему правил или ограничений, будет отражать функцию синтезируемой, в нашем случае, виртуальной частной сети как большой системы.

При синтезе виртуальной сети следует различать энергетическую и информационную сторону вопроса. Первая - связана с наличием исполнительных устройств, способных выполнить какие-либо операции, вторая - с целесообразностью того или иного вида распределения операций между этими устройствами. Первая задача состоит в выборе такого набора устройств, при условии оптимального управления потоками, при котором система полностью справляется с обслуживанием. Это положение математически можно выразить в виде условия существования эргодического распределения соответствующего кусочно-линейного марковского процесса.

Для того чтобы полученная виртуальная сеть машиностроительного предприятия могла оперировать реальными образами систем следует рассматривать процесс преобразования «чистых» образов в реальные с помощью некоторого механизма деформации.

МОДЕЛЬ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Гусев А.В., Тихонова А.А., Чернышов В.П.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

В статье рассматриваются вопросы анализа развития производства по времени реализации его отдельных этапов. Предложена модель оценки эффективности инновационной деятельности при условии обеспечения её функционирования в пределах устойчивого состояния, определяемого в первую очередь финансовыми ресурсами для развития предприятия.

Ключевые слова: предприятие, стоимость проекта развития, динамика реорганизации, порог чувствительности, эффективность инвестиций, целевые функции.

Разработка проекта создания сложной системы (производственной, организационной, транспортной и т.д.) предшествует анализ состояния производства на начальном этапе. В ходе, которого, определяются ориентировочные характеристики системы: финансовые и временные затраты на ее проектирование и реализацию, сроки окупаемости, рамочная структура (архитектура), принципы функционирования (поведения) и др. Начальный этап анализа называют также технико-экономическим обоснованием, прединвестиционным исследованием. Поскольку на начальном этапе реальной системы еще не существует, то проработка ведется в основном на уровне различных моделей. Другими словами, базовыми методами обоснования являются аналитическое и имитационное моделирование.

Известные из литературы потоковые модели создавались, в основном, под определенные классы систем. Примером могут служить модели гибких автоматизированных производств (робото-технологических комплексов, участков, цехов в машиностроении), модели бизнес-систем, представляемых блочными структурами с реализацией в каждом блоке своего жизненного цикла преобразования элементов потоков и др. Каждая такая модель была ориентирована на собственные инструментальные средства, что создавало серьезные трудности.

Поэтому необходима универсальная сетевая модель, которая может быть применена для отображения путей и потоков в сети, представляющей проект развития промышленного предприятия (ПР ПП) как различные этапы его реализации. Модель и основанные на ней методы описания и анализа путей и потоков поддержаны универсальным инструментарием теории графов, сетевым представлением.

В рамках такого представления, как правило, различают пять последовательных стадий моделирования на начальном этапе обоснования.

1. Целеполагание - формулирование целей, определяющих назначение создаваемой (формируемой) системы, а также целей, которые должны быть достигнуты при выполнении проекта.

2. Когнитивное (познавательное) моделирование - идентификацию факторов, влияющих на развитие ситуации в системе, задание (на основе опроса экспертов) взаимосвязей между факторами, прогнозирование тенденций развития ситуации и т.д.

3. Операционное моделирование - построение сценариев достижения поставленных целей на основе множества операций, выполняемых в определенном порядке.

4. Потоковое моделирование - отображение потоков (финансовых, информационных, материальных, энергетических), подаваемых на вход системы, спространяемых внутри системы, снимаемых с ее выхода.

5. Оценки влияния структуры системы производства на показатель эффективности.

Предлагаемые модели анализа ПР ПП с использованием ТН представляет собой структуру, состоящую из двух взаимосвязанных частей, базирующихся на изображении некоторой сетью как проекта, так и показателей эффективности, связанных с отдельными

требованиями, внешними по отношению к проекту ТН как системе, и с сетью, описывающей сам проект.

Алгоритмы расчета технико-экономических показателей должны включать определение производительности, общего выпуска продукции, суммарного времени простоя и холостых ходов каждого агрегата, удельных расходов сырья и полуфабрикатов и технологической составляющей себестоимости. Одной из особенностей авиационного производства является наличие необходимого избытка ресурсов в период запуска изделий и дефицит их по некоторым участкам производства в дальнейшем. Алгоритмы анализа технико-экономических показателей должны выявить участок с понизившейся экономичностью и причину, вызвавшую это понижение. При проведении такого анализа требуется определение затрат на всех этапах технологического процесса и вычисление себестоимости каждого промежуточного этапа работ, т.е. необходим учет структуры рассматриваемого промышленного предприятия. Наиболее эффективным алгоритмом расчета технико-экономических показателей является алгоритм, базирующийся на списочном представлении значений параметров. Для кодирования структурной схемы ПР ПП будем применять такие кодирующие списки, элементом которых являются последовательности идентификаторов состояний кодируемых схем.

УДК 338.24.01

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЮДЖЕТА ПРЕДПРИЯТИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Дубрович Т.А.

ФГУП ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс», Самара

Продукция предприятия аэрокосмической отрасли ФГУП ГНП РКЦ «ЦСКБ Прогресс» - является технически сложной, наукоемкой, требующих больших материальных затрат на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР).

Стоимость научно-технических и опытно-конструкторских работ (НИОКР) рассчитывается по формуле:

$$Ц_{\text{ниокр}} = C + K + Y + П,$$

где C - себестоимость собственных работ; K – затраты по статье «Прочие прямые расходы» (командировки, таможня); Y – затраты на услуги смежных предприятий; $П$ – прибыль.

Прибыль рассчитывается по формуле:

$$П = (C + K) * p.$$

где C - себестоимость собственных работ предприятия; K - затраты по статье «Прочие прямые расходы» (командировки); p - уровень рентабельности (20%).

Уровень рентабельности на предприятии аэрокосмической отрасли фиксирован и также установлен по нормативам Заказчика.

Так как финансовые средства на выпуск продукции, работ и услуг предприятия напрямую поступают от Заказчиков, расходование этих средств необходимо четко контролировать, исходя из этого на предприятии составляется бюджет. Бюджет – это план на определенный период в количественных (обычно денежных) показателях, составленный с целью эффективного достижения стратегических ориентиров предприятия.

Бюджеты являются одним из основных механизмов управления предприятием. На этапе исполнения бюджета и его анализа выявляются отклонения фактических показателей от плановых, причины отклонений и принимаются соответствующие управленческие решения, а при необходимости планы корректируются. Таким образом, осуществляется двусторонняя связь между руководством и исполнителями. Планирование и

бюджетирование значительно снижают риск неопределенности в отношении будущего предприятия и позволяют принимать более взвешенные решения.

Анализ бюджета предприятия за несколько лет выявил следующую проблему. В первом и втором кварталах наблюдается дефицит денежных средств, т.к. большинство договоров и контрактов еще не заключено, а для выполнения обязательств по выпуску продукции необходимо обеспечить постоянный задел по материалам и готовым комплектующим изделиям, а также выплачивать заработную плату сотрудникам предприятия. Особенность производственного цикла предприятия - это длительность изготовления, более 18-24 месяцев. Финансирование изготовления данной продукции по условиям контрактов проводится в год сдачи изделия, что приводит к необходимости привлечения значительных кредитных ресурсов, т.к. собственных оборотных средств для поддержания необходимой ритмичности производства основного вида продукции предприятие не имеет. Но у предприятия возникает дополнительная статья расходов - выплаты процентов по кредиту, а они могут составлять 3-5% от суммы расходов годового бюджета.

Для обеспечения кредита предприятие должно представить банку документы, подтверждающие свою платежеспособность. Сумма привлекаемых заемных средств является лимитированной головным управлением, и чтобы добиться получения кредита, предприятия должны для начала представить обоснование для получения заемных средств головному управлению, а после получения разрешения уже заключить договор с банком - кредитором данного предприятия.

Для решения проблемы дефицита бюджета в первом и втором кварталах необходимо определить величины авансовых платежей заказчика. Авансовые платежи заказчиков являются параметрами бюджета предприятия, оптимизация которых позволит ликвидировать дефицит бюджета в первом и втором кварталах.

Согласно международной практике платежи в форме аванса составляют от 10 до 40% от суммы контракта, договора. Головное управление предприятия на сумму авансового платежа выдает в пользу заказчика (покупателя) гарантию возврата полученного аванса в случае невыполнения условий контракта и непоставки продукции (товара) предприятием исполнителем во время. Порядок расчета с помощью авансов определяется соглашением между сторонами. Обычно это периодические платежи в установленные сроки.

Для определения величины авансовых выплат в процентах от суммы госконтракта или договора построена математическая модель бюджета предприятия. Моделирование бюджетного процесса позволило определить оптимальные величины аванса, необходимые для устранения дефицита бюджета предприятия.

УДК 658.5

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЗАДАЧАМ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ АВИАСТРОЕНИЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Засканов В.Г.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Объекты машиностроения всегда привлекали к себе внимание специалистов в области управления. Особое место в системе машиностроения занимают авиастроение и ракетостроение. Объясняется это многими факторами: сложность объектов, используемого оборудования и технологий; большая важность изготавливаемой продукции для обороноспособности страны; колоссальное влияние авиации для смежных отраслей

народного хозяйства. Помимо указанных особенностей, носящих специфический внутриотраслевой характер, большое значение имеет то обстоятельство, что объекты авиа и ракетостроения, т.е. традиционно бюджетные организации, ранее всегда находящиеся под патронажем государства и соответствующих министерств, ныне вынуждены функционировать в нестабильных условиях. В условиях нестабильности, существуют ограничения на ресурсы управления и производства в виде ограничения финансовых потоков, информационных, кредитных, рыночных и пр. В этой связи нельзя, при управлении экономическим объектом, опираться только на его ресурсные характеристики, но следует учитывать и все возможности, которые предприятие может реализовать при наступлении соответствующего вида внешнего окружения и внутреннего состояния. Поэтому при приближении и наступлении нестабильного состояния, обеспеченного внешними и внутренними факторами нестабильности следует, в процессе управления, использовать принцип учета возможностей экономической системы при реализации его политики выживания и развития. Одним из перспективных методических приемов решения задач управления является подход, основанный на использовании такой категории, как экономический потенциал. В работе Т.Ф.Рябовой дается следующее определение:

Экономический потенциал хозяйствующего субъекта есть интегральная оценка потенциальных возможностей, заключенных в ресурсном потенциале, и реализации их для достижения экономического эффекта. Следовательно, экономический потенциал организации характерен не только наличием ресурсов, но и эффективностью их использования, поскольку некоторые организации, имеющие одинаковые потенциальные возможности, отличаются эффективностью их использования, а следствия - экономический потенциал выше у той организации, которая более эффективно использует свои возможности. С точки зрения практического применения указанного подхода является формирование количественных показателей, позволяющих осуществлять оценку состояний объекта и решать задачи управления. Экономический потенциал характеризуется различными частными показателями, определяющими уровень обеспеченности предприятием тем или иным видом ресурса по отношению к общей сумме его активов (показатели достаточности и обеспеченности), осуществляющими специфическую функцию по описанию поведения данного вида ресурса в изменяющихся условиях функционирования (показатели ликвидности запасов товарно-материальных ценностей, производительности труда, материалоемкости, маневренности функционирующего капитала и т.п.) или определяющими степень эффективности на каждый рубль затрат, вложенных в производство (показатели доходности и рентабельности). В заключении отметим, что в литературе по теории потенциала рассматриваются различные структурные коэффициенты, которые можно использовать для оценки различных аспектов экономического потенциала, такие как: техническое строение производство (фондовооруженность труда); органическое строение производства (эффективность использования ресурсов); и др.

УДК 658.5

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Иванов Д.Ю.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Отечественное машиностроение является важнейшей отраслью, определяющей и обеспечивающей в экономике страны, как переход к прогрессивным технологическим укладам, так и поддержание наиболее распространенного сегодня четвертого уклада. Но

выполнить эту миссию возможно только при условии приоритетного обновления и модернизации своего производственного фонда и целевой подготовке кадрового потенциала.

Решение задачи такого порядка потребует серьезного государственного вмешательства не только с точки зрения денежных ресурсов, но и с позиций выработки эффективной политики регулирования этих процессов. Особенно с учетом предстоящего вхождения России в ВТО.

В условиях глобализации многие развитые страны «сбрасывают» большинство машиностроительных отраслей в страны третьего мира, что связано с их вхождением в надстрановые блоки. Но подобная стратегия, связанная с определенной утратой национального суверенитета, для России не приемлема. Поэтому объектом государственной поддержки должен быть весь машиностроительный комплекс в совокупности всех его подотраслей. Причем, при определении приоритетов в государственной поддержке тех или иных отраслей машиностроения целесообразно исходить, прежде всего, из необходимости обеспечения инновационного развития, как машиностроения, так и всей экономики страны.

С учетом этого целесообразно выделить приоритетные уровни машиностроительных предприятий в зависимости от конкурентоспособности и наукоемкости выпускаемой продукции.

Как один из вариантов можно рассматривать следующую градацию:

- производства, наиболее приближенные к технологиям пятого технологического уклада (авиакосмическая промышленность, наукоемкое электромашиностроение, атомное машиностроение, промышленность телекоммуникаций и средств связи, в том числе электронно-информационный сектор, ракетостроение, оптическое приборостроение и другие производства, имеющие заделы для развития высоких технологий) - эти производства (преимущественно экспортоориентированные) наиболее нуждаются в разных формах государственной поддержки (государственная научно-техническая политика, государственные целевые программы, государственные инновационные центры, свободные экономические зоны, льготная налоговая и кредитная политика и др.);

- производства четвертого технологического уклада, имеющие потенциал, в том числе и экспортный, для развития и совершенствования на уровне своего уклада (традиционные отрасли машиностроения - энергетическое и электротехническое машиностроение, станкостроение, приборостроение, химическое и нефтяное машиностроение) - здесь государственная поддержка может ограничиваться регулированием финансово-экономическими и институциональными рычагами, в зависимости от выбранных научно-технических приоритетов;

- производства четвертого технологического уклада (импортозамещающие), уже сформировавшиеся, где возможны лишь отдельные совершенствования преимущественно улучшающего порядка (улучшение качества и внешнего вида, упаковки, способов продвижения на рынки и др.) в зависимости от рыночной конъюнктуры, не требующие больших капитальных вложений и политики государственного вмешательства (тракторное и сельскохозяйственное, строительно-дорожное машиностроение, машиностроение для легкой и пищевой промышленности, торговли и общественного питания);

- производства третьего, уходящего технологического уклада, производящие наиболее простую продукцию, имеющую спрос на рынке.

Стратегический маневр в области развития машиностроения России должен опираться на комплексную модернизацию производственного фонда и развитие отраслей машиностроения, относящихся к первым трем из выделенных уровней. Очевидно, что особо важными и приоритетными являются производства первых двух уровней, поскольку именно от скорости формирования и развития новых наукоемких и высокотехнологичных производств будет зависеть скорость расширения и распространения на другие сферы экономики новых технологических укладов благодаря созданию возможностей для выпуска нового ресурсо- и трудосберегающего высокопроизводительного оборудования.

Перспектива развития машиностроительного комплекса должна предусматривать решение следующих задач:

- преодоление технологического отставания российского машиностроения от ведущих стран мира на основе инновационного обновления отрасли и диверсификации производства;
- удовлетворение запросов российских потребителей в современной машинотехнической продукции, отвечающей перспективным мировым требованиям по экономической эффективности, экологическим характеристикам и ресурсосбережению;
- увеличение экспорта машинотехнической продукции;
- превращение машиностроения России в конкурентоспособную отрасль в условиях усиления глобальной конкуренции.

УДК 399.137.2

ФОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЫ ПО УРОВНЮ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

Кирилина С.А.

ФГУП ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара.

Рассмотрим проблему выбора конкурентных стратегий между двумя участниками рынка по производству РКТ в условиях конкуренции по надежности изделий, как наиболее важному параметру для заказчика.

Пусть участникам рынка РКТ, выпускающим неоднородные изделия, известны функции спроса $y_1(\omega, \omega_1, \omega_2, \omega_3)$ и $y_2(\omega, \omega_1, \omega_2, \omega_3)$ на выпускаемые изделия. Через равные промежутки бюджетного периода предприятия планируют изменение цен ω_1 и ω_2 продаж своего изделия и его надежности ω_1 и ω_2 , измеряемые вероятностью отказа РКТ. Экономический потенциал каждого предприятия есть произведение цены на объем продаж (доход) минус затраты, уровень которого характеризует величину прибыли:

$$\text{ВП}_i(\omega, \omega_1, \omega_2) = (\omega_i - c_i(\omega_i, y_i))y_i(\omega, \omega_1, \omega_2), i, j = 1, 2, i \neq j,$$

Естественными ограничениями являются требования неотрицательности объемов выпуска ($y_1 \geq 0, y_2 \geq 0$), а также цен ($\omega_1 \geq 0, \omega_2 \geq 0$).

Найти оптимальные значения цен ω_1^0 и ω_2^0 и надежности ω_1 и ω_2 из условия независимой максимизации прибыли каждого предприятия.

В модели неоднотипной дуополии управляемыми параметрами являются цены продаж каждой фирмы и уровень надежности изделия, выбираемые менеджерами на основе тех или иных стратегий.

Каждая фирма, управляя ценой и уровнем надежности на выпускаемое изделие, стремится максимизировать свою прибыль, исходя из необходимых условий существования максимума

$$\frac{\partial \text{ВП}_i(\omega, \omega_1, \omega_2)}{\partial \omega_i} = 0, \frac{\partial \text{ВП}_i(\omega, \omega_1, \omega_2)}{\partial \omega_i} = 0, i = 1, 2$$

Простейшей моделью поставленной задачи неоднотипной (дифференцированной) дуополии являются линейные модели функций спроса, которые определяются следующими уравнениями:

$$y_i(\omega, \omega_1, \omega_2) = y_0 + a_i^\omega \omega_i - b_i^\omega \omega_j - a_i^H \omega_1 + b_i^H \omega_2, i, j = 1, 2, i \neq j,$$

где y_0 – емкость рынка ракетно-космической техники, $a_i^H, b_i^H, a_i^\omega, b_i^\omega > 0, i = 1, 2$, – коэффициенты чувствительности функции спроса к изменению цен ω_1, ω_2 и уровня надежности ω_1, ω_2 .

Блок-схема формирования условий устойчивости конкурентной среды и рентабельности выпуска продукции в условиях дуополии представлена на рисунке 1.

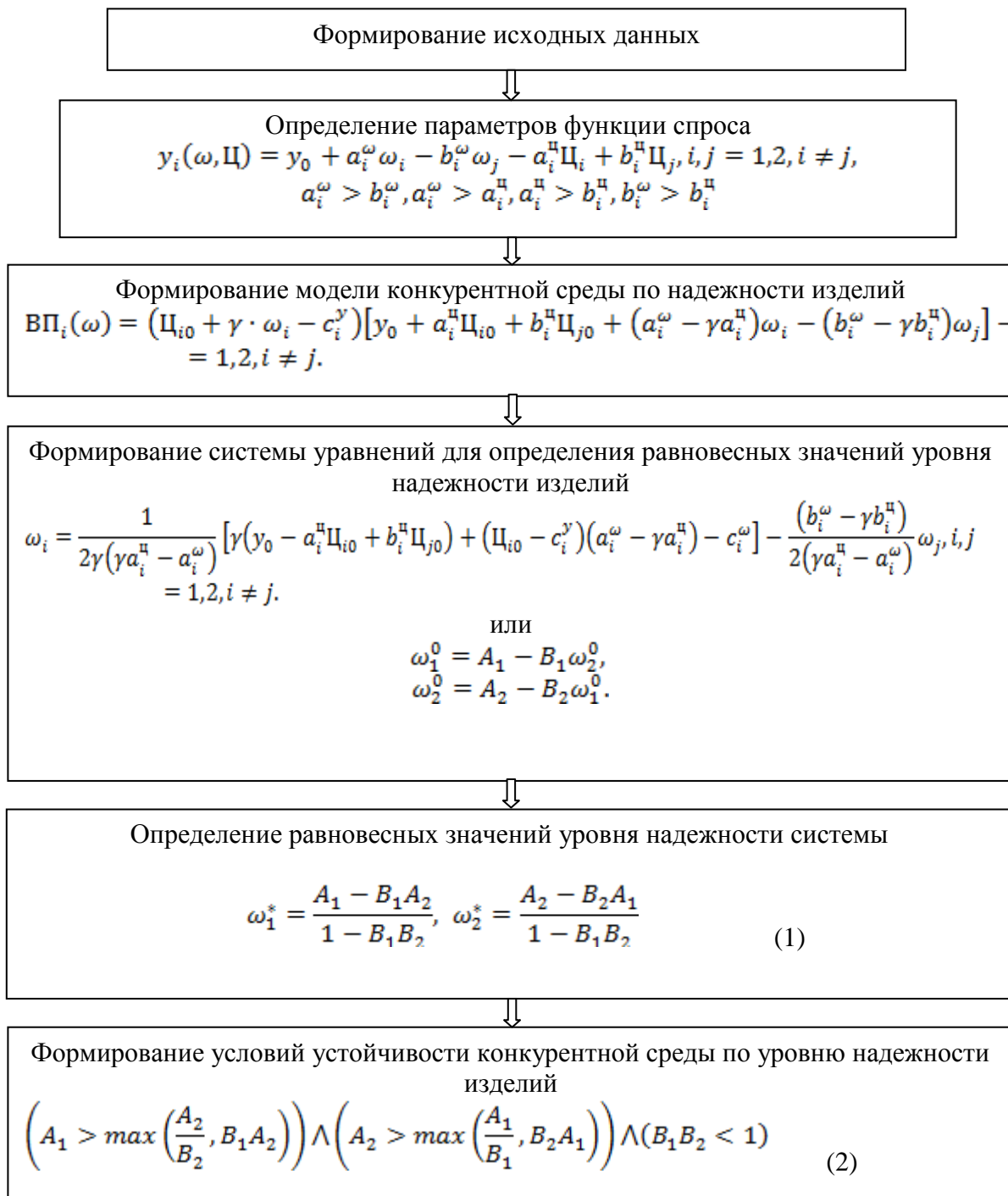


Рисунок 1. Схема формирования условий устойчивости конкурентной среды по уровню надежности изделий в условиях дуополии

При выполнении полученных неравенств (2) рынок сбыта не становится монопольным и единственным положением в точке равновесия, координаты которой удовлетворяют приведенной системе линейных уравнений (1). При этом равновесие динамически устойчиво в том смысле, что из любого начального состояния рынок с течением времени переходит в равновесное состояние. Иными словами, если выполняется (2), то, несмотря на существование конкурентных отношений, обеспечиваются условия, необходимые для нормального функционирования обоих участников на рынке ракетно-космической техники.

Снижение уровня надежности одного из изделий приведет к выполнению требований взаимосвязанных неравенств (2). Это означает, что выпуск этого изделия, как не конкурентоспособного, предприятием прекращается, и в этой связи встает задача или его модернизации, или разработки и выпуска нового изделия. Из сказанного следует, что конкуренция на рынке ракетно-космической техники между предприятиями по их изготовлению является положительным фактором, поскольку стимулирует развитие ракетно-космической техники.

В работе предложена статическая модель конкурентного взаимодействия на рынке сбыта изделий ракетно-космической техники с учетом их надежности. Рынок сбыта рассматривается как система, состоящая из предприятий, экономические интересы которых, количественно определяемые величиной прибыли, связаны между собой.

С практической точки зрения рыночная ситуация является предпочтительной, поскольку препятствует монополизации экономики и приводит в конечном итоге к разнообразию ракетно-космических услуг. Под устойчивостью рынка сбыта изделий ракетно-космической техники понимается его способность функционировать без вытеснения слабых конкурентов более сильными.

Определены условия, при выполнении которых рынок функционирует устойчиво и обеспечивает исключение конкурентного вытеснения одного субъекта рынка сбыта изделий ракетно-космической техники другим, а при несоблюдении условий рынок или монополизируется, или постепенно распадается.

Список литературы:

1. Кирилина С.А. Инструменты и механизмы управления экономическим потенциалом предприятия по производству сложных изделий: монография [Текст] / С.А. Кирилина – Самара: Изд-во СНЦ РАН, ISBN 978-5-93424-501-7, 2010. - 15 печ. л.

УДК 658.5

АНАЛИЗ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КОМПАНИИ, РАЗРАБАТЫВАЮЩЕЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Ковельский В.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Компания Honeywell, известная во всем мире своими выдающимися разработками в области аэрокосмического оборудования, технологий для эксплуатации зданий и промышленных сооружений, автомобильного оборудования, турбокомпрессоров и т.д. и ее подразделение коммерческой авиации (CAvD), прилагали большие усилия по коммерциализации новой технологии (навигационного оборудования для самолетов), разработанной в ходе выполнения оборонных заказов. Убежденные, что новая технология имеет коммерческие приложения, позволяющие Honeywell войти на новый рынок, менеджеры высшего уровня создали особое подразделение, которое работало над новым проектом. Однако после двух лет работы прогресс в новой сфере оказался незначительным. Разработка новых коммерческих продуктов значительно отставала от графика. Убытки могли существенно повлиять и на величину ROI Honeywell. После тщательного управленческого анализа был сделан ряд важных организационных открытий. Наблюдался эффект дублирования функций, который часто наблюдается в компаниях с матричной структурой управления. Привыкшие к приемам, вполне удовлетворительно работавшим при выполнении

оборонных заказов, специалисты по проектированию продукции были мало связаны с производством и, по словам менеджеров по производству, «предоставляли очень сырые заготовки». Чтобы продукцию можно было выпускать с установленными издержками, требовались многочисленные дорогостоящие инженерные изменения. Все эти дополнительные работы в производственном отделе стали причиной перерасхода средств. Ответственность возложили на специалистов по производству. Коммерческий бизнес требовал оперативной разработки продукции и одновременно всестороннего учета запросов потребителей и более низких издержек, чем в оборонных отраслях. Авиакомпании, вынужденные втянуться в конкурентную борьбу, вызванную дерегулированием, в свою очередь, оказывали давление на производителей самолетов, требуя снизить производственные издержки. Производители стали оказывать давление на субподрядчиков, к которым относилась и CAvD компании Honeywell. Спрос на оперативную разработку продукции и более низкие издержки одновременно мог быть удовлетворен только за счет тесной межфункциональной координации, в том числе между маркетингом, инженерными разработками и производством. Необходимость снизить цену потребовала от сотрудников, занятых в производстве, активно заняться снижением издержек, одновременно обеспечивая необходимый уровень качества. Усилиям, направленным на сотрудничество, мешали проблемные отношения между отделами и давнее недоверие между руководителями и членами профсоюзов. Иерархический и функциональный подход CAvD к менеджменту мало способствовал командной работе в новых условиях бизнеса. Хотя в CAvD имелось много талантливых технических специалистов, в целом этому подразделению не хватало способности реагировать правильно на возросшую конкуренцию. Поскольку функциональная организация способствует специализации, здесь сотрудники более готовы развивать высокие уровни знаний и умений по конкретным функциональным или техническим направлениям, но имеют более узкую перспективу в отношении общих задач бизнеса. Слишком узкая специализация может привести к низкой вовлеченности и недостатку компетенций и помешать сотрудникам хорошо разбираться в сущности происходящего. Этого не происходит при участии сотрудников в выполнении всей задачи. В таких организациях ставка делается на технические навыки и умения и в меньшей степени — на межличностные отношения. Это особенно видно на нижних уровнях организации. Результатом часто становится плохое обслуживание потребителей. Такие проблемы требуют повторного рассмотрения сущности работ. Если функциональная организация поощряет узкую специализацию, это затрудняет межфункциональное координирование, необходимое для выполнения большинства стратегических задач. Когда между отделами исследований и разработок, с одной стороны, и производства, с другой, или соответственно маркетинга и продаж возникают проблемы, разрешить их может только генеральный менеджер — единственный человек, имеющий формальную власть. Один из способов, позволяющих решать подобные проблемы, — децентрализация. Децентрализованные структуры организации позволяют легче координировать их деятельность, строящуюся вокруг ключевых задач. Корпорация, разделенная на несколько узких бизнес-единиц, скорее проявит необходимую реакцию на запросы отдельных рыночных сегментов, чем бизнес-единица, включенная в состав крупной функциональной организации. Однако здесь существует и ряд недостатков, в частности, дополнительные расходы и снизившаяся функциональная глубина. Хотя децентрализация облегчает координацию в рамках каждой новой бизнес-единицы, координация между самими этими единицами, наоборот, становится более трудной. Например, децентрализованные виды бизнеса, организованные вокруг продукта, могут иметь одних и тех же потребителей. Такие компании должны найти способ, позволяющий им взаимодействовать с подобными потребителями так, как это делается в крупной организации. Это касается, например, координации телефонных звонков, связанных с продажами, установления цены на наборы продуктов, предоставления межфункциональных услуг для ключевых клиентов. Приведенные примеры показывают, что функциональная организация больше подходит для разработки специализированных знаний

и умений, но вызывает проблемы сфокусированности и координации, когда занимается разработкой новых видов продукции и выходит на новые рынки. Децентрализованная организация решает указанные проблемы, но в этом случае появляются другие проблемы — более высокие расходы, трудности с координацией деятельности бизнес-единиц, особенно при совместном использовании каких-то ресурсов. Таким образом, ни одна из организационных структур не является в полной мере совершенной. Часто функциональные и децентрализованные организационные структуры дополняются такими временными механизмами, как межфункциональные команды. Они могут создаваться для более эффективной координации по одному или нескольким направлениям деятельности. В других случаях корпорации с децентрализованными бизнес-единицами создают функциональные команды, в состав которых входят специалисты из разных видов бизнеса. Это позволяет обмениваться лучшими приемами работы и передавать технический опыт. Кроме того, созданные вполне работоспособные формализованные организационные структуры или межфункциональные команды не обязательно смогут выйти на планируемый уровень командной работы или вовлеченности. Часто формальные схемы организационных структур и предписанные роли членов межфункциональных команд формулируются слишком в общем виде и не позволяют передавать сложные типы координированного поведения, необходимые для успешного ведения бизнеса, взаимодействовать друг с другом, чтобы действительно стать командой-победительницей. Также необходимо отметить достаточно типичную проблему предприятий подобного сектора экономики, когда подразделение НИОКР не находится в непосредственной связи с подразделением производства продукции. Однако при создании проектных межфункциональных групп действительно можно добиться лучшей координации. Эксперты утверждают, что от подобных изменений и «перестановок» внутри компании довольно трудно рассчитать экономический эффект. Поэтому такие изменения оцениваются степенью достижения поставленной цели. В примере с компанией Honeywell цель была достигнута в полной мере, что отражает положительный эффект от формирования структуры согласно новым принципам [1, с. 439].

Список литературы

1. Рэнделл Роберт Курс МВА по стратегическому менеджменту [Текст] / Роберт Рэнделл, пер. с англ., 4-е изд. - М.: Альпина Бизнес Букс, 2002.- 588с.

УДК 339.137.2

МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Куликович М.И.

ФГУП ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара.

Мировой космический рынок как объект управления отличается большим разнообразием, пребывает в неустановившемся переходном режиме и находится в стадии становления. В результате он характеризуется такими особенностями, которые затрудняют использование для его анализа и управления подходов, разработанных применительно к стабильному рынку. В условиях стабильного рынка основным объектом исследования выступает баланс между спросом и предложением ракетно-космической техники (РКТ) и определение факторов, закономерностей, характеризующих их рыночную цену. Закономерности изменения на рынке РКТ определяются, прежде всего, конкурентными отношениями между его участниками, каждый из которых характеризуется различным уровнем конкурентного преимущества.

В этой связи возникает проблема в построении поведенческих моделей для каждого участника рынка, определении конкурентных взаимодействий между ними и на этой основе формирование в зависимости от уровня конкурентного преимущества каждой фирмы условий, при реализации которых рыночная среда сохраняется и становится устойчивой. Эта проблема является актуальной для любого рынка РКТ и не нашла пока в полной мере своего решения.

Обоснованность принимаемых управленческих решений обеспечивается использованием более совершенных инструментов управления экономическим потенциалом предприятия, уровень которого определяет его конкурентное преимущество и устойчивость функционирования в рыночной среде. Оценка уровня экономического потенциала с учетом особенностей предприятия по производству РКТ, в связи с отсутствием единого определения данной категории, является одной из острых проблем [2].

Оценить уровень экономического потенциала наиболее логично через бюджет доходов и расходов предприятия. Как показывает отечественный и зарубежный опыт, выбор механизма бюджетного управления должен основываться на согласованной работе всех структурных подразделений. Такую возможность дает технология бюджетного управления как инструмента формирования конкурентных стратегий по выбору объемов производства изделий и их надежности [1].

Для предприятия определяющим является бюджет производства, нацеленного на экономию материальных, энергетических, трудовых, денежных ресурсов. В этой связи к основной группе механизмов бюджетирования производственной деятельности относятся противозатратные механизмы ценообразования. Механизм бюджетирования, при котором подразделения заинтересованы в экономии средств, как основного направления в повышении эффективности, является противозатратным. При этом процедура составления такого бюджета должна обеспечить согласованность интересов всех служб и производственных подразделений с интересами предприятия, основная задача которого состоит в эффективном функционировании.

Величина экономического потенциала предприятия формируется в зависимости от стратегий по выбору объемов инвестиций в различные направления его деятельности. Оценка потенциальных возможностей элементов экономического потенциала предприятия представлена в соответствующих блоках: блок оценки затрат по закупкам сырья, материалов и комплектующих; блок оценки ресурсного потенциала; блок оценки оборачиваемости активов и пассивов. Инвестиции, направляемые на увеличение потенциальных возможностей каждого из элементов, позволяет определить их комплексную оценку и скорректировать параметры экономического потенциала. Уровень экономического потенциала позволяет выбрать и обосновать конкурентные стратегии в условиях конкурентной среды, оценить конкурентные преимущества и устойчивость позиции предприятия на рынке производителей РКТ. Выбранные конкурентные стратегии на рисунке образуют обратную связь и влияют на принятие решений по выбору параметров бюджетов и объемов инвестиций.

Таким образом, представленный методический подход бюджетно-инвестиционного управления ресурсным потенциалом предприятия, позволяет принимать обоснованные решения по выбору объемов параметров бюджета, инвестиций и на этой основе формировать конкурентные стратегии на рынке производителей РКТ.

Список литературы

1. Кирилина С.А. Инструменты и механизмы управления экономическим потенциалом предприятия по производству сложных изделий: монография [Текст] / С.А. Кирилина – Самара: Изд-во СНЦ РАН, ISBN 978-5-93424-501-7, 2010. - 15 печ. л.
2. Кирилина С.А. Внутрифирменные механизмы бюджетного управления крупным промышленным комплексом по производству ресурсоемких изделий [Текст] / Д.Г. Гришанов, Г.М. Гришанов, С.А. Кирилина, Д.А. Щелоков – Самара: Изд-во СНЦ РАН, ISBN 978-5-93424-463-8, 2009. - 15,1 печ. л.
3. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М: МПСИ, 2005. - 584 с.

УДК 338.45

УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Мазурмович О.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В редакции Федерального Закона №123 от 22.07. 2008 года «О введении в действие Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» система противопожарной защиты – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий воздействия опасных факторов пожара на объект защиты (продукцию). [1]

Внедрение новых технологий и технических средств позволяет значительно повысить эффективность системы противопожарной безопасности нефтедобывающих предприятий. Одним из таких направлений можно отнести аэрокосмические технологии.

Геологические особенности залегания нефти в пластах Самарской области и методы разработки нефтяных залежей стали причиной «разбросанности» эксплуатационного фонда по территории Самарской области. Система сбора нефти и газа строилась с учетом этих обстоятельств, она имеет значительное количество выкидных, сборных и магистральных нефтепроводов, значительную их протяженность. Перекачка скважиной жидкости до установок предварительного сброса воды (УПСВ, НСП) осуществляется дожимными насосными станциями (ДНС). Расположенность опасных производственных объектов нефтедобычи на территории Самарской области значительно осложняет создание систем обеспечения пожарной безопасности традиционными методами или делает их экономически нецелесообразными.

При решении вопросов, связанных с обеспечением пожарной безопасности промышленных объектов нефтедобывающих предприятий первоочередная задача заключается в создании системы предотвращения пожаров и аварийных разливов нефти, организацией своевременного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов. Реализация этих задач может быть осуществлена путем регулярного аэрокосмического зондирования. Которое включает в себя комплекс дистанционных методов исследований, сочетающий многозольную и спектрзональную аэрофотосъемку с материалами космических фото, сканерной и других видов съемки, осуществляемых с искусственных спутников Земли, орбитальных станции и пилотируемых космических кораблей, а также с помощью диагностического обследования наиболее опасных технических объектов, своевременного осуществления предупредительных и ремонтно-восстановительных работ, в зоне деятельности нефтедобывающих предприятий.

Кроме того, создание эффективной системы обеспечения пожарной безопасности возможно с помощью использования отечественного спутникового навигационного проекта ГЛОНАСС. Оборудование пожарной техники спутниковыми навигаторами позволит диспетчеру в реальном времени отслеживать движение пожарных машин, определять оптимальный маршрут к очагу пожара и водоисточникам по промышленным дорогам. Внедрение спутникового навигационного проекта ГЛОНАСС позволит не только снизить эксплуатационные расходы на пожарную технику, но и повысить эффективность работы пожарной охраны, позволит снизить время прибытия пожарного расчета к месту пожара. Повсеместное внедрение спутниковой навигации повысит взаимодействие ведомственной пожарной охраны Компании с ГПС МЧС России. [2]

В настоящее время ОАО «НК «Роснефть» активно ведет работу по установке GPS на весь автотранспорт Компании, а также установки WEB-камер на все буровые установки, в бригады по ремонту скважин, строительные площадки, цеха, механические мастерские с

выводом информации в помещение диспетчера, в том числе во всех Дочерних Обществах. Срок реализации проекта руководством Компании намечен на 2012 год.

Внедрение новых технических средств обеспечения пожарной безопасности на базе аэрокосмических технологий позволит создать надежную систему предотвращения пожаров, защиты людей и имущества от пожара, а также организовать эффективное тушение пожаров на объектах нефтедобычи.

Список литературы

1. Федеральный Закон №123 от 22.07. 2008 года «О введении в действие Технического регламента о требованиях пожарной безопасности».
2. Информационно-аналитический центр департамента маркетинга группы компаний "ГЛОНАСС-Навигатор".

УДК 339.137.2

КОСМИЧЕСКОЕ СТРАХОВАНИЕ КАК ФАКТОР ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

Мжельская Т.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Страхование стало неотъемлемым элементом предпринимательской деятельности в отраслях с высокой степенью риска финансового ущерба – таких, как коммерческая эксплуатация судов, летательных аппаратов, наземных и комбинированных средств транспорта и другие, а также в отраслях, где ряд рисков обладает катастрофической природой – это, в первую очередь, космическая деятельность, промышленное и транспортное использование ядерной энергии, предприятия, связанные с экологическими проблемами и природными явлениями. Основной частью космических страховых программ, причем самой рискованной, несбалансированной и, в долгосрочном плане, как показывает статистика, убыточной для страхового рынка, является период запуска и выведения на орбиту космического объекта (чаще всего страхуются спутники связи). Полномасштабное страховое покрытие следует за осуществляемой программой хронологически, при этом выделяются следующие основные периоды:

- период производства средств выведения, полезной нагрузки и т.д.;
- период времени, в течение которого осуществляются перевозки и хранение космических грузов;
- предпусковой период, включающий испытания, монтаж, стыковку космического объекта с ракетой-носителем или установку в многоразовые космические транспортные системы (МКТС) и другие подготовительные предпусковые операции;
- период запуска, во время которого объект выводится на заданную орбиту или траекторию, проводятся контрольные испытания и прием объекта в эксплуатацию. При проведении микрогравитационных и других экспериментов и работы без вывода объекта на орбиту этот период заканчивается в момент приземления спускаемого аппарата или капсулы;
- период эксплуатации космического объекта на орбите;
- период после приземления космического объекта с орбиты или заданной траектории.

Во время производства космический объект, средства выведения, оборудование, материалы, транспортные средства и прочие элементы подвергаются рискам, покрываемым традиционными видами страхования. Во время предпусковых операций космические объекты и средства выведения подвергаются специфическим рискам, т.к. относительно

легковесные конструкции находятся под воздействием тепловых, механических и других опасных влияний. Особенно велик риск в период монтажа, стыковки выводимого объекта со средством выведения, а также при установке средства выведения на стартовой позиции и его заправке значительной массой взрывчатых и опасных для людей и окружающей среды компонентов. В страховых документах период запуска обычно определяется как время от начала зажигания двигателей средства выведения (команды "контакт-подъем") до выхода полезной нагрузки в заданную точку окончательной орбиты или посадки спускаемого аппарата или капсулы, когда выход на орбиту программой не предусмотрен, и может включать в себя периоды контрольной проверки и первоначального (гарантийного) этапа эксплуатации систем полезной нагрузки. В период вывода на переходную орбиту объект подвергается наиболее серьезным опасностям: риска механического разрушения, отклонения от заданной орбиты, что уже нельзя скорректировать без использования значительного количества рабочего тела двигателей маневрирования объекта и сокращения соответствующего времени его эксплуатации. Значительная стоимость компонентов космических программ и высокая вероятность финансовых потерь, особенно в период, начинающийся с момента зажигания двигателей ракеты-носителя (отрыва от стартового стола) с целью выведения объекта на орбиту или заданную траекторию, явились решающими факторами принятия решения о начале страхования космических рисков. Страхование космической деятельности включает практически все виды страхования и, по мнению страховщиков, должно осуществляться на всех этапах жизненного цикла ракетно-космической техники. Следует отметить, что договор страхования космических объектов на этапе создания в основном не отличается от договоров страхования любых других видов техники. В этом случае могут быть застрахованы риски, перевозимые грузы, ущерб, нанесенный имуществу предприятий космической отрасли при испытаниях ракетно-космической техники, пожарами, стихийными бедствиями и т.д. Наибольший интерес с точки зрения страхования имущественных интересов производителя космических объектов представляет этап запуска и эксплуатации ракетно-космической техники, характеризующийся наиболее значительными возможными рисками. Особенности этого этапа эксплуатации космического объекта являются:

- широкая номенклатура и высокая стоимость космических объектов и используемых для их эксплуатации материальных средств, многочисленность обслуживающего персонала;
- сложность, многоэтапность и разнообразие выполняемых работ при реализации процессов эксплуатации космических средств, в том числе работ с повышенной степенью опасности;
- высокая вероятность возникновения различных происшествий, вызванных недостаточно высокими параметрами надежности и качеством изготовления ракетно-космической техники, а также в результате ошибок обслуживающего персонала.

Эти особенности предопределяют большое разнообразие рисков, возникающих при эксплуатации ракетно-космической техники. В качестве объектов страхования на этапе запуска и эксплуатации ракетно-космической техники могут выступать имущественные интересы страхователя, связанные:

- с сохранностью образцов ракетно-космической техники, их основных систем и элементов;
- с сохранностью средств наземной базы эксплуатации;
- с жизнью и здоровьем космонавтов и персонала полигонов запуска космических объектов;
- с ответственностью за причинение вреда третьим лицам, а также природной среде;
- с надежностью и качеством работ, выполняемых специалистами полигонов, по подготовке и запуску ракетно-космической техники, и т.д.

При страховании ракеты космического назначения на размер страхового взноса влияют следующие факторы:

- сроки создания и длительность периода эксплуатации как ракеты космического назначения в целом, так и ее составных частей;
- надежность ракеты космического назначения в целом и ее составных частей;
- степень (объем) предшествующей наземной экспериментальной и летной обработки ракеты космического назначения, ее составных частей, систем и агрегатов, а также результатов приемо-сдаточных испытаний.

Наибольший риск связан с возможностью полной гибели дорогостоящей ракеты космического назначения. При этом на размер страховой премии оказывает влияние также конъюнктура космического рынка. Размер страхового тарифа колеблется в широких пределах от 9-12 до 20-25 процентов страховой суммы. На данный момент особо важным представляется активное участие государства в законодательном обеспечении и регулировании страховой деятельности с целью защиты государственных и частных инвесторов, развития страхового рынка и дальнейшего стимулирования коммерциализации космоса. Осуществляемый в настоящее время перевод российской космической промышленности на контрактную основу настоятельно требует стандартизации соответствующих норм и положений, повышения качества страховой защиты космических программ.

Список литературы

1. Международное космическое право. М.Н. Копылов, М., изд-во Университета дружбы народов, 1987.
2. Международное космическое право. Отв. ред. А.С. Пиратов, М., "Международные отношения", 1985.
3. Коммерческий космос и вопросы страхования. Б.Б. Павлов, Рыжков А.В., М., 1995.

УДК 65.01.012.23

О ФАКТОРАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УСИЛЕНИЯ ПОЗИЦИИ РАЗВИТИЯ В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СФЕРАХ ПРОИЗВОДСТВА

Османкин Н.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Одним из существенных вопросов этой важнейшей темы является вопрос о характере потребностей в экономическом развитии. В общеполитической форме проблема возникновения потребностей развития в Российском обществе, оценки их характера применительно к новым условиям обозначена Руководством страны. Ее решение требует по существу комплексной модернизации России. Она должна охватить все сферы общественной жизни. Изменения в этих сферах связаны между собой. Они определяют друг друга, создают основание для формирования экономики России постиндустриального типа. Ведущая роль развития высокотехнологичных, наукоемких отраслей и производств, в том числе аэрокосмической, отмечается в программных установках модернизации в составе стратегических приоритетов. За прошедший период с начала формирования нового курса на развитие (если отсчет, условно говоря, начинать со дня выхода программной статьи Дмитрия Медведева "Россия, вперед!") произошли события и обозначились конкретные действия в руководстве страной, свидетельствующие о последовательном характере установок на модернизацию. Правда, если этот анализ не сводить к каким-либо односторонним характеристикам и оценкам. Если, к примеру, определять происходящее в России с количественной стороны, то утешительных изменений здесь пока мало. Более того, пока не удается восстановить даже те паритеты, которые были достигнуты Россией в прежние

времена ее развития. В то же время нельзя не заметить качественной составляющей в действиях руководства государством, его реальных усилий, направленных на создание оснований для модернизации страны. Важным проявлением происходящих изменений являются формирующиеся новые признаки современного общественного сознания в России. В их общей совокупности прослеживается равнодействующая. С какой бы стороны, и, в какой бы форме эти признаки не проявлялись: в негативной ли, в позитивной ли, они являются отражением того, что в обществе возникло понимание необходимости модернизации. Здесь и возникает основная коллизия: переключение интересов конкретного человека в полном соответствии с объявленными руководством страны приоритетами модернизации. Ее решение может быть достигнуто лишь на основе изменений в сложившемся хозяйственном механизме экономического развития. Суть этих изменений в снятии отчужденных форм деятельности, в т.ч. в сфере высокотехнологичного, наукоемкого производства, фактическая приоритетность которого потеряна и ни в чем не поддерживается.

Среди массы сложных проблем, с которыми сопряжена дальнейшая работа по восстановлению аэрокосмических приоритетов в модернизации страны, особую остроту приобретают, на наш взгляд, вопросы об особенностях современных условий модернизации. Ее проведение предполагает возрастающую открытость национальной экономики России, углубление мирохозяйственных связей. Все это само собой расширяет пространство для взаимодействий по мере глобализации связей и отношений. Однако было бы наивно предполагать, что это однозначно должно содействовать совершенствованию институциональной среды и производительных сил в различных странах на основе отбора наиболее эффективных институтов и организационных форм. Напротив, усиливается противоречивость развития, в том числе антагонистического характера. При определенном сочетании факторов деструкционная составляющая противоречий может стать определяющей для образа жизни социальных сообществ, разрушая наиболее существенные его основания в угоду определенным политическим структурам или хозяйственно-экономическим коалициям, или международных союзов разного назначения и направленности, или одновременно по всем направлениям.

Как нам представляется, высокотехнологичные сферы и отрасли, в т.ч. и аэрокосмическая, в которых сосредоточен индустриальный и организационно-управленческий опыт нашей страны, которому во многом нет аналогов в мировой практике, как и вся наша экономика, подпали под влияние специфических институциональных трансформаций (либерализация, финансовая стабилизация на основе жесткой монетарной и фискальной политик), действительно, сориентированных на расширение взаимодействий в глобальной экономике, но предполагающих при этом внедрение набора унифицированных правил игры, ориентированных на интересы субъектов глобальной экономики. Ускоренное продвижение по этому пути в России, наряду с положительными результатами, создает определенные трудности, которые, как уже видно, не способствуют решению модернизационных задач. Меняется, прежде всего, ролевая функция государства. Разрастается влияние привилегированных отечественных структур, вскормивших себя на сырьевых источниках, что, по существу, предопределяет возникновение в стране «рентоориентированной» государственной системы. Ослабевает заинтересованность такого государства в формировании благоприятных институциональных условий для развития основной части экономики. На ее фоне возникают и распространяются идеи, относящиеся к другой крайности, связанные с инициированием любых форм прямого иностранного инвестирования, а через него и доступа к передовым западным технологиям. Теперь уже возрастает опасность другого рода, хозяйствующие субъекты, особенно в высокотехнологичных сферах производства теряют осторожность, оказываются в положении «младшего партнера», что начинает оказывать, нередко, на руку конкурирующей стороне угнетающее воздействие, в том числе и по тем направлениям, по которым Россия занимает приоритетные позиции.

Можно в связи с этим подчеркнуть, что в стране наступает момент и формируются возможности когда необходима коррекция в государственной системе в направлении усиления его роли в формировании адекватной требованиям модернизации системы стимулирования и поддержки развития высокотехнологичных, наукоемких сфер отечественного производства по аналогии в том числе с организационно-экономическими системами государственной поддержки реализованными на западе, в которых явления приватизационного порядка, когда речь идет о наукоемких сферах, учитываются, но с весьма большой осторожностью.

Необходима четкая интерпретация в преобразованиях экономики организационно-структурных образцов реализации субъектами хозяйствования целевых установок по данному типу развития. В докладе, обосновывается идея использования организационно-структурных образцов в системе управления развитием. Такого рода образцы, по нашему мнению, в открытых экономических системах представляются как определенные области неминусового схождения процессов развития, сосредоточия многообразных интересов и концентрации деятельности хозяйствующих субъектов данного уровня при сохранении значимых для отечественных приоритетов и усиления на этой основе транзакционных форм развития отношений. Понятие организационно-структурных образцов воспроизводятся в докладе в характеристиках отображения деятельности конкретного субъекта, для этого может использоваться ограниченное число параметров порядка, (см рисунки). На уровне оценок территориального субъекта формирующийся организационно-структурный образец проясняется через систему характеристик: места в совершенствовании схемы развития и размещения производительных сил России. Страновой организационно-структурный образец, для условий России может включать характеристики постиндустриального вектора развития. В составе системы организационно-структурных образцов, нами отмечается их отраслевой разрез, и объясняются принципы построения применительно к основному звену хозяйствования.

УДК 339.137.2

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД БЮДЖЕТНО-ИНВЕСТИЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ВЫПУСКУ РКТ

Татарина К.А.

ФГУП ГНП РКЦ «ЦСКБ Прогресс», г. Самара.

Производство такого сложного изделия как ракета-носитель осуществляется по отдельным заказам, так как даже однотипные изделия, изготавливаемые для различных заказчиков, имеют конструктивно-технологические различия. В работе рассмотрена задача принятия решения по формированию параметров бюджета доходов и расходов предприятием, осуществляющим производство ракет-носителей. При производстве сложного изделия предприятие выполняет различные виды механических, слесарно-сборочных, монтажных операций, связанных с изготовлением сборочных комплектов и готовой сборочной единицы. Предприятие в своей производственной деятельности использует три вида ресурсов: материалы, оборудование и труд, определяющих его ресурсный потенциал.

Задача предприятия состоит в определении при заданном заказе на производство изделий, заданной его договорной цене такого объема затрат на производство каждой сборочной единицы, чтобы обеспечить максимальное значение его экономического потенциала. Для решения этой задачи сформирована модель задачи принятия решений предприятием относительно объемов затрат на производство сборочных изделий, состоящих из совокупности целевой функции и ограничений. Сформирована модель целевой функции

предприятия, представляющая собой величину разности между доходом и расходом, характеризующая уровень экономического потенциала при выпуске изделий.

Найдем графическое решение задачи. С геометрической точки зрения задача принятия решений, состоит в определении точки на допустимом множестве, в которой достигается максимальный уровень экономического потенциала. Найдем графически оптимальное значение количества изделий, при котором экономический потенциал максимален. Для этого на графике построим прямую целевой функции и область допустимых значений количества выпускаемых изделий.

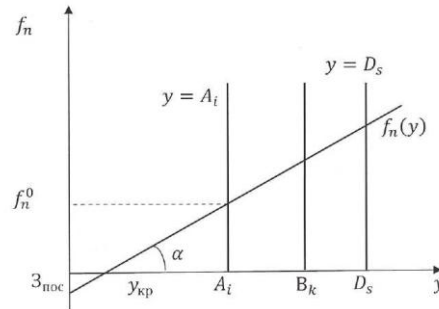


Рисунок 1. Графическое решение задачи определения оптимального значения количества изделий

Изменение договорной цены изделия или цен, норм расхода ресурсов приводит к изменению угла α и, следовательно, оптимального количества изделий. Точка $y_{кр}$ на оси y соответствует количеству изделий, при котором операционный доход предприятия равен нулю, а точка A_i – количеству изделий, которое можно выполнить из ресурса i – го вида. Ресурс i – го вида является дефицитным, так как он обеспечивает минимальное количество изделий. В качестве такого ресурса может оказаться любой из материальных, энергетических ресурсов, любое из видов оборудования или трудовых ресурсов. Любая точка на отрезке $(y_{кр}; A_i)$ оси y соответствует допустимому количеству изделий. Отрезок $(0; Z_{пос})$ на оси координат соответствует величине косвенных затрат в процессе производства. Изменение величины косвенных затрат приводит к параллельному перемещению прямой $f_n(y)$ или вверх - с их уменьшением, или вниз - с увеличением косвенных затрат. Оптимальный уровень экономического потенциала $f_n^0(y^0)$, как следует из рисунка, определяется пересечением наклонной прямой целевой функции $f_n(y)$ с вертикальной прямой $y = A_i$, соответствующей дефицитному ресурсу i – го вида. Выполнение оптимального количества изделий $y^0 = A_i$ возможно предприятием, так как оно обеспечено и материальными и финансовыми ресурсами.

Изменение параметров бюджета доходов и расходов определяется реализацией мероприятий и инвестиций в различные направления деятельности предприятий. В основе проектов инвестиционного бюджета лежат инновационные изделия, либо инновации – процессы. Их внедрение вызывает соответствующие изменения в бюджете доходов и расходов: увеличивает объемы производства и продаж и снижает затраты на материалы, оплату трудовых ресурсов и эксплуатацию оборудования и тем самым повышает ресурсный потенциал. В этой связи необходима увязка показателей инвестиционного бюджета, характеризующего его инновационный потенциал, с показателями бюджета доходов и расходов.

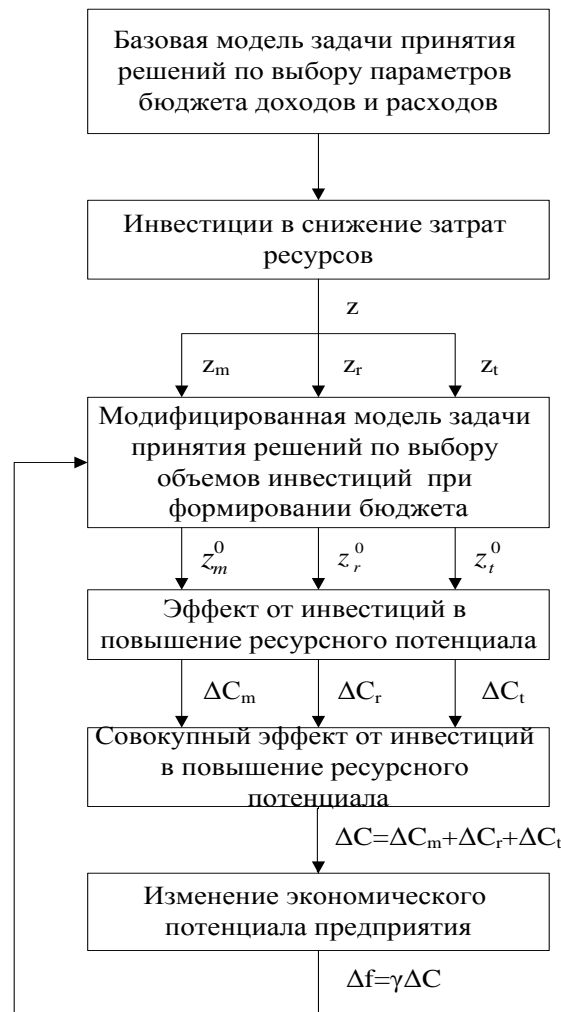


Рисунок 2. Блок-схема методологического подхода бюджетно-инвестиционного управления ресурсным потенциалом предприятия

Таким образом, реализация инвестиционных проектов, направленных на снижение норм затрат, позволяет снизить расходы при формировании бюджета доходов и расходов, увеличить на этой основе экономический потенциал предприятия от реализации изделий при заданном заказе. Отметим, что эффект, получаемый от снижения затрат на нормы расхода материальных ресурсов, затрат времени на эксплуатацию оборудования и затрат на трудовые ресурсы, составляет величину, равную разности между правой и левой частью равенств (4).

На рисунке 2 схематично представлен предлагаемый методологический подход бюджетно-инвестиционного управления ресурсным потенциалом предприятия, позволяющий принимать обоснованные решения по выбору объемов параметров бюджета, инвестиций и на этой основе формировать конкурентные стратегии на рынке производителей РКТ.

Список литературы

1. Кирилина С.А. Теоретические основы формирования экономических механизмов бюджетного управления инвестиционным развитием фирмы: монография [Текст] / С.А. Кирилина – Самара: Изд-во СНЦ РАН, ISBN 978-5-93424-502-4, 2009. - 14,5 печ. л.
2. Кирилина С.А. Инструменты и механизмы управления экономическим потенциалом предприятия по производству сложных изделий: монография [Текст] / С.А. Кирилина – Самара: Изд-во СНЦ РАН, ISBN 978-5-93424-501-7, 2010. - 15 печ. л.

УДК 338.24.01

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ОБРАЗОВАНИЕ» В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Татарникова М.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В рамках национального проекта «Образование» пересматривается вся система высшего образования. За образец взята система образования развитых капиталистических стран, обладающих значительными достижениями в области научно-технического процесса и высокими показателями экономического роста. В частности, наше государство является участником Болонского процесса, в связи с которым с 2011 года начинается массовый переход на двухуровневую систему высшего образования, включающую разделение на бакалавриат и магистратуру. Проекты развития университетов предусматривают включение в их состав научно-исследовательских центров, что позволит учащимся овладевать практическими навыками – в их распоряжении окажется суперсовременная лабораторная база. В случае успеха федеральные университеты станут в своих регионах центрами качественного обновления и развития науки и экономики за счет притока высококвалифицированных молодых специалистов.

Конечными целями реализации национального проекта «Образование» являются: высокое качество и современные условия предоставления образовательных услуг, повышение эффективности расходования бюджетных средств, рост доходов преподавателей, доступность качественного образования для всех граждан Российской Федерации. В рамках проектов развития новых университетов планируется разработка современных образовательных программ, оснащение новым учебным и научным оборудованием, переподготовка преподавателей и внедрение инновационных образовательных технологий. Инновационное образование предполагает обучение в процессе создания новых знаний – за счет интеграции фундаментальной науки, непосредственно учебного процесса и производства.

На период 2006-2012 гг. запланирован следующий комплекс мероприятий:

- создание 5 новых федеральных университетов: Северный (Арктический), Казанский (Приволжский), Уральский, Дальневосточный и Северо-Восточный для подготовки современных специалистов, бакалавров и магистров на базе реальной интеграции научного и образовательного процессов и использования всех методов современного высшего образования и для развития активного международного сотрудничества с университетами Европы, Азии и Америки, участия в международных образовательных и научных программах;

- создание двух бизнес-школ мирового уровня в Санкт-Петербурге и Московском регионе; разработчики данного направления нацпроекта ставят перед собой амбициозную цель - создать новый формат бизнес-школы XXI века и сосредоточить внимание на знаниях и опыте, необходимых для работы в условиях неопределённости на развивающихся рынках;

- реализация инновационных образовательных программ вузов, в рамках создания национальных исследовательских университетов, которые предусматривали введение в образовательную практику новых образовательных программ, применение новых образовательных технологий, внедрение прогрессивных форм организации образовательного процесса и активных методов обучения и интеграцию образования, науки и инновационной деятельности.

Определена программа финансирования национального проекта «Образование». По итогам 2008 года общая сумма затрат на национальный проект составила 1 238 млн. рублей, в том числе: из средств федерального бюджета – 196 млн. рублей (16%); из средств

областного бюджета – 1 042 млн. рублей (84%). Данные средства позволили провести капитальный ремонт 20 образовательных учреждений, на сумму 409,3 млн. рублей (33%). 807,6 млн. рублей были направлены на финансирование новой системы оплаты труда работников образовательных учреждений (65%). Остальная сумма затрачена на выпуск учебно-методической литературы 21,1 млн. рублей (2%).

Результатами проекта явилось повышение уровня обеспеченности научно-педагогических кадров. На май 2009 года средняя заработная плата преподавателей высшей школы в Самарской области составляла 10,02 тыс. рублей (май 2006 года – 5,7 тыс. рублей, январь 2008 года – 8,8 тыс. рублей). На август 2010 года соответствующий показатель достиг 13,23 тыс. рублей.

За счет средств областного бюджета ежегодно выплачиваются гранты студентам, аспирантам и молодым ученым; стипендии Губернатора Самарской области и стипендии им. П.Алабина студентам вузов. За время реализации проекта в Самарской области 251 человек стали лауреатами Президентских премий. Общий объем выделенных на премии средств составил - 9,63 млн. руб. (данные на 20.06.2008).

Наряду с этим важнейшим компонентом национального проекта «Образование» определено стимулирование потока выпускников высоко технологичных образовательных программ. Для этого разработана система государственного софинансирования при погашении студентами образовательных кредитов (рис. 1).

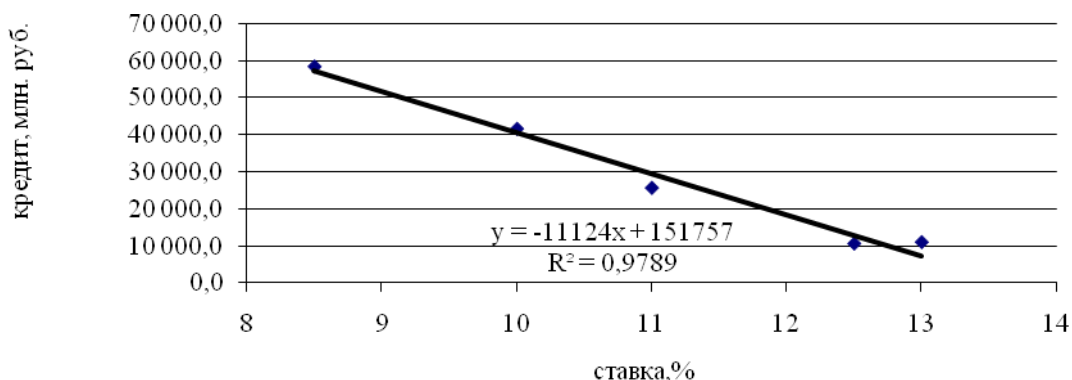


Рисунок 1. Зависимость выданных кредитов от процентной ставки на территории Самарской области за 2008-2010 гг. по данным ЦБ РФ

СГАУ играет важную роль в аэрокосмическом кластере, поскольку готовит кадры для всех входящих в него предприятий и организаций. С 2006 года СГАУ имеет статус инновационного ВУЗа. Благодаря этому приобретено уникальное лабораторное оборудование (366,24 млн. руб.), произведена модернизация аудиторного фонда (47,12 млн. руб.), было разработано и приобретено программное обеспечение (181,88 млн. руб.) и т.д. Успешный опыт реализации инновационных образовательных программ вузов стал основой для проведения конкурсного отбора национальных исследовательских университетов в 2009 году, по результатам которого СГАУ присвоен статус национального исследовательского университета. Исследовательский университет - высшее учебное заведение, одинаково эффективно осуществляющее образовательную и научную деятельность на основе принципов интеграции науки и образования, которое способно как генерировать знания, так и обеспечивать эффективный трансфер технологий в экономику; проводить широкий спектр фундаментальных и прикладных исследований; иметь высокоэффективную систему подготовки магистров и кадров высшей квалификации.

УДК 332.146:316.422

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПОВЫШЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА

Хайтбаев В.А., Немчинов О.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

Основу эффективности национальной экономики современной России составляет наряду с природными и трудовыми ресурсами научно-технический потенциал страны. В настоящее время планируется переход экономики страны в качественно новое состояние, связанное с развитием инновационной деятельности. Посредством инновационной политики государство позиционирует инновационную деятельность, определяет ее место и роль в общем экономическом механизме страны, регламентирует приоритетные направления в ее развитии, а также обозначает меры, принимаемые для поддержки инновационного процесса.

Для развития инновационного потенциала регионов в условиях смены природы технологического развития региональными органами власти должна быть разработана политика, направленная на формирование и внедрение определенных видов инновационной деятельности, основанная на понимании долгосрочных трендов технологического развития региона. Основанием для разработки такой политики могут служить результаты регионального форсайта – определенной методики «предвидения» и согласования будущего научной, инновационной, технологической сфер региона. Методика регионального форсайта позволяет определить текущее состояние этих сфер деятельности, возможную специализацию конкретного региона и согласовать с ключевыми игроками направления движения к ней – проекты развития.

Повысить уплотненность инновационных процессов возможно путем создания соответствующей инфраструктуры — одного из инструментов интенсификации инновационных процессов и основного элемента инновационной системы на уровне отдельно взятого региона. Именно инновационная инфраструктура выступает связующим звеном между результатами научных исследований и рынком, государством и предпринимательским сектором экономики, способствует осуществлению инновационной деятельности и более эффективному внедрению данного продукта на рынок.

В середине 1990-х гг. появились технопарки, в конце 1990-х — начале 2000 г. были созданы инновационно-технологические центры (ИТЦ). ИТЦ так же, как и технопарки, были ориентированы, прежде всего, на содействие инкубации малых наукоемких предприятий и создание в своих стенах наилучших условий для этого. Однако технопарки и ИТЦ не смогли усилить связи между наукой и бизнесом.

Таким образом, необходим диалог между разными участниками экономического взаимодействия, в котором происходит обучение в процессе создания товаров, услуг, знаний. Необходимы институты, обеспечивающие среду для диалога, распространения нововведений, которые имеются как в фирмах региона, так и в разработках научно-исследовательского сектора.

С этой точки зрения полагаем, что региональный технологический форсайт является тем институтом, который развивает среду диалога региональных сил между собой и помогает ознакомлению и передаче инновационных подходов, мыслей, технологий. Именно это, по нашему мнению, является причиной развития форсайта в Европе и других странах как метода (инструмента, технологии) выработки согласованного представления о будущем. Новизна форсайта в его сущности, которая имеет социогуманитарный характер и состоит в выработке общего согласованного видения относительно будущего. Кроме того, форсайт по своей сути направлен на выявление и передачу знаний и инноваций, т.е. в определенной мере заменяет рыночный ценовой механизм выявления и передачи инноваций.

Но это только часть проблемы создания условий долгосрочного инновационного процесса как основы современной конкурентоспособности. Важна наработка опыта взаимодействия разных общественных сил, развитие сетевого взаимодействия, развития норм, образцов, стандартов взаимного доверия. Форсайт будет являться формой промышленных сетей, обеспечивающей повышение частоты и силы взаимодействия предприятий, в результате чего возникнет дополнительный «общественный капитал», облегчающий доступ к ресурсам.

Форсайт, включая участников из межотраслевых образований, усиливает взаимосвязанность, взаимодополняемость отраслей благодаря более быстрому распространению специфических для региона технологий, профессиональных навыков, информации и маркетинга. А это означает ускорение инноваций, что является основой не только для повышения производительности труда, но и для обновления стратегических преимуществ, поддержания динамичной конкуренции.

В структуру инновационной деятельности в регионе, по нашему мнению, должны входить следующие системы:

1. Система информационного обеспечения, включающая электронный банк данных, с возможностью доступа всем заинтересованным субъектам инновационной деятельности. У потребителей будет возможность систематически получать информацию о рынке инновационных услуг, инновационных проектах.

2. Система производственно-технологической поддержки, целью которой является поддержка сферы научных исследований и разработок, организации опытного производства. Сюда входят технопарки, бизнес-инкубаторы и т.п.

3. Система подготовки и переподготовки кадров, направленная на создание многоуровневой системы кадрового обеспечения инновационной деятельности в регионе.

4. Система финансово-экономического обеспечения, основными принципами работы которой являются обеспечение быстрого выхода на самоокупаемость при государственной поддержке субъектов и их подразделений, обеспечение баланса государственных интересов и интересов бизнеса.

5. Система сертификации, предусматривающая контроль и оценку качества инновационной продукции на основании федерального законодательства о техническом регулировании, соответствие продукции нормативно установленным требованиям и техническим условиям.

Деятельность всех инновационных формирований должна ускорять реализацию инновационных проектов, способствовать распространению передовых технологий, повышению конкурентоспособности действующих компаний, обеспечению занятости населения, развитию отстающих секторов экономики в регионе. Важным моментом является то, что создаваемый инфраструктурный комплекс является основой, обслуживающей научно-техническую и инновационную деятельность всех субъектов инновационной деятельности, независимо от форм собственности. Эти структуры должны обеспечить прямые и косвенные эффекты ускорения развития всего региона.

Такой подход позволяет выявить новые возможности повышения производительности труда в промышленности без снижения интенсивности конкуренции; обеспечивает привилегированный или дешевый доступ к специализированным факторам производства (новому оборудованию и технологиям, квалифицированному персоналу, развитой инфраструктуре); накапливает специализированную информацию, доступ к которой лучше организован и требует меньших издержек, облегчает движение потоков информации внутри единой сети; обеспечивает взаимодополняемость видов деятельности внутри сети (по удовлетворению покупательского спроса, маркетингу, закупкам), повышая тем самым качество и эффективность работы.

УДК 65.011

МЕТОДЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ В СИСТЕМЕ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Цапенко М.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Основная цель системы бережливого производства (Lean Production) – сокращение затрат, которые не добавляют товару преимуществ – не создают ценности [1].

Процесс формирования цепочки создания ценности конечного продукта в аэрокосмической отрасли характеризуется специфическими рисками, определяемыми рыночной ситуацией:

- увеличивающейся сложностью программ при постоянном росте требований потребителей;
- необходимостью сокращения циклов разработки продуктов для эффективного конкурентирования на рынке;
- необходимостью непрерывного улучшения качества продукции;
- необходимостью бережливой разработки продукта.

Минимизация этих рисков возможна при помощи инструментов бережливого производства. На практике, как один из инструментов бережливого производства, широкое распространение получила методика «Шести сигм» [2].

В основе системы «Шесть сигм» положена методология «DMAIC» – «определение», «измерение», «анализ», «совершенствование» и «контроль» (в английском варианте – Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Главное преимущество, которое даёт применение «Шести сигм» в бережливом производстве, – это возможность принимать решения на основе количественно определённых параметров.

На этапах «измерения» и «анализа» методика «Шести сигм» предполагает ранжирование бизнес-процессов по заранее выбранной системе характеристических признаков. Как правило, решения подобных задач ранжирования сводится к постановкам и решениям моделей многокритериального оценивания и выбора.

Существуют различные способы постановки подобных моделей и получения их решений – системных оценок эффективности. Одни модели основаны на применении только формальных математических подходов – методов теории производственных функций, математического программирования; другие используют, наряду с модельными конструкциями, дополнительно экспертные оценки, например, метод анализа иерархий Томаса Саати.

Рассмотрим формализованный подход многокритериального оценивания – методологию Data Envelopment Analysis (DEA), разработанную в 1978 году в США [3]. Существенным достоинством этого подхода является минимальное присутствие субъективного фактора при формировании интегральных оценок эффективности исследуемого процесса. Этот подход позволяет обоснованно, с учётом значительного числа входных и выходных параметров бизнес-процесса, в качестве которых могут выступать экономические, технологические, технические и другие критерии, находить обобщённые оценки эффективности в комплексе единой организационной системы.

Метод DEA основан на непараметрических моделях оценки сравнительной эффективности, которые не требуют идентификации внутренних функциональных взаимосвязей объектов сравнения. Основой метода является построение границы эффективности функционирования сравниваемых процессов в многомерном пространстве входных и выходных характеристик. Эта граница строится на основе фактических статистических данных о функционировании процесса и может интерпретироваться как эталонный фронт эффективности, определяемый множеством оцениваемых процессов.

Результатом применения метода DEA являются количественные значения показателей сравнительной эффективности, нормированные на единичном интервале, для каждого оцениваемого процесса, полученные на основе многократного решения задач математического программирования. Базовые модели, свойства и области применения метода рассмотрены в работах [4], [5].

В ряде задач многокритериальной оценки являются неизвестными входные и выходные параметры анализируемых процессов. В этом случае целесообразно использовать подход, позволяющий ранжировать бизнес-процессы на основе экспертных оценок, так в начале 1970 года американским математиком Томасом Саати был предложен метод анализа иерархий (Analytical Hierarchy Process) [6].

Этот метод получил широкое распространение и активно применяется в различных отраслях для решения прикладных задач многокритериального оценивания на основе обработки субъективных экспертных суждений в форме парных сравнений. Метод применяется к различным по своей сущности и характеристикам системам и объектам. Так известны постановки и решения задач ранжирования и выбора возможных альтернатив, определения значимости совокупности факторов, стратегий развития, распределения ресурсов, и т.д.

В основе метода лежит процедура декомпозиции сложной проблемы – представление её в виде структурированного набора компонент или критериев, взаимосвязи между которыми формируются в иерархическом варианте представления. При этом вершиной иерархии является общая цель – желаемое состояние системы. Следующий уровень представляет собой детализацию общей цели в виде набора критериев, компонент или сил, оказывающих влияние на достижение обозначенного результата. На самом нижнем уровне иерархии представлены возможные альтернативы, степень приоритетности (значимости) которых требуется оценить.

В методе осуществляется процедура парного сравнения отдельных компонент иерархии между собой. Результаты экспертного оценивания представляются в виде набора положительных обратносимметричных матриц парных сравнений.

Конструктивное использование рассмотренных методов формального и экспертного оценивания позволит усилить способы многокритериальной оценки и выбора в системе «Шести сигм» на этапах «измерения» и «анализа» на предприятиях аэрокосмической отрасли.

Список литературы

1. Green R. Bare Bones Production. Сайт журнала «Quality Digest» [электронный ресурс] <http://www.qualitydigest.com/feb10/html/lean.html>.
2. Панде П., Холп Л. Что такое «Шесть сигм»? – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. – 142 стр.
3. Measuring the Efficiency of Decision Making Units [Text] / A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes // European Journal of Operational Research. – 1978. – Vol. 2. – p. 429–444.
4. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В. Методология DEA: оценка эффективности экономических объектов, анализ метода и свойств решений [Текст] / Межвузовский сборник научных трудов «Высшее образование, бизнес, предпринимательство 2001». Самара, СамГТУ, Поволжский институт бизнеса. – 2001. – с. 149–159.
5. Дилигенский Н.В., Цапенко М.В. Математическое моделирование и обобщённое оценивание эффективности производственно-экономических систем [Текст] / Труды VI Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». Самара, СИЦ РАН. – 2004. – с. 96–106.
6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993.–320 с.

УДК 339.137.2

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Щелоков Д.А.

ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара.

В качестве объекта исследования рассматривается предприятие по производству ракетно-космической техники – ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» – ведущее российское предприятие и один из мировых лидеров в области создания ракет-носителей среднего класса, автоматических космических аппаратов дистанционного зондирования Земли. Основной деятельностью предприятия является разработка, изготовление и эксплуатация ракетно-космических комплексов. Подтвержденный показатель эксплуатационной надежности РН «Союз-У» - 0,984, РН «Молния-М» - 0,985. До конца 2009 года осуществлено около 1750 пусков ракет-носителей семейства Р-7А.

На международном космическом рынке ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» предлагает услуги по запуску полезных грузов, услуги по размещению научной аппаратуры на автоматических космических аппаратах для проведения фундаментальных и прикладных исследований в условиях микрогравитации, услуги по передаче технологий и созданию новой ракетно-космической техники. Среди партнеров ФГУП «ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» – Европейское космическое агентство (ESA), Национальный центр космических исследований Франции (CNES), Немецкий аэрокосмический центр (DLR), предприятия и организации Франции, Германии, Италии, Китая и другие.

Эффективная инновационная политика фирмы требует квалифицированных сотрудников - одним из важнейших аспектов инновационного развития фирмы является развитие персонала. Поэтому актуальными являются разработка, исследование и внедрение теоретико-игровых и оптимизационных моделей управления развитием персонала организации. При этом под управлением развитием персонала будем понимать воздействие на сотрудников организации, осуществляемое с целью повышения эффективности их деятельности с точки зрения интересов данной организации

В [1] выделены следующие задачи управления развитием персонала:

- адаптация персонала - процесс приспособления коллектива/сотрудника к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды организации;
- мотивация персонала - создание условий и побуждение к саморазвитию (включая, во-первых, использование системы мотивации, стимулирующей раскрытие возможностей сотрудников, их профессиональный рост и саморазвитие);
- обучение персонала (включая собственно обучение, повышение квалификации, переподготовку и т.д.);
- продвижение персонала (управление карьерой, включая планирование карьеры, подготовку резерва и т.д.).

Формально модели управления развитием персонала организации исследуются в таких разделах теории управления социально-экономическими системами, как теория активных систем, теория иерархических игр (информационная теория иерархических систем), теория контрактов и т.д.

В настоящей работе особое внимание уделено рассмотрению оптимизационных моделей управления профессиональным развитием персонала фирмы в целях повышения эффективности ее деятельности.

Под управлением профессиональными знаниями в работе понимается воздействие, осуществляемое на сотрудника с целью повышения эффективности их деятельности с учетом интересов организации. Под согласованным управлением профессиональным развитием работающих понимается такое воздействие, которое обеспечивает эффективность деятельности всех сотрудников в частности и организации в целом. Следовательно,

повышение квалификации должно быть выгодно всем элементам системы. В работе рассматривается деятельность предприятия «ЦСКБ-Прогресс», в котором управляющий орган принимает решение по выделению материальных средств на развитие персонала.

В [2] задача управления карьерой сформулирована как задача согласования интересов сотрудника и организации относительно карьеры первого в данной организации. Показано, что взаимовыгодные решения могут приниматься на основании сравнения результатов решения задачи планирования индивидуальной карьеры (которая сведена к задаче поиска кратчайшего пути в сети) и задачи продвижения персонала (которая сведена к задаче построения и исследования свойств Марковской цепи).

Список литературы

1. Иващенко А.А, Новиков Д.А. Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы. — М.: КомКнига, 2006. - 332 с.
2. Иващенко А.А. Модели управления карьерой сотрудника в организации // Проблемы управления. 2006. № 5. С. 73 -79.

СОДЕРЖАНИЕ

ВКЛАД КуАИ – СГАУ В РАЗВИТИЕ КОСМОНАВТИКИ Тарасов Ю.Л.	3
ВКЛАД КАФЕДРЫ КИПДЛА И ОНИЛ-1 КуАИ В ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ Белоусов А.И.	7

СЕКЦИЯ 1 ИСТОРИКО-ФИЛОСОФСКИЕ И СОЦИОКУЛЬТУРНЫЕ АСПЕКТЫ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ФИЛОСОФСКИЙ КОНТЕКСТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ Арзаматов А.Г.	11
ИСТОКИ И ПУТИ РУССКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ МЫСЛИ Богданова Н.В.	13
ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА «ОВЛАДЕНИЯ ВРЕМЕНЕМ» В.Н. МУРАВЬЕВА Дёмин И.В.	14
ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ОСОЗНАНИЕ КОСМОСА РУССКОЙ ЛИТЕРАТУРОЙ Кузнецова Е.Р.	15
ПРОГРЕССОР В СВЕТЕ ПРИНЦИПА ТОЛЕРАНТНОСТИ Нестеров А.Ю.	17
ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭТНОГЕНЕЗА И КОСМИЧЕСКОЙ АНТРОПОЭКОЛОГИИ Озеров Р. В., Волобуева С. А.	19
В.Я. ЛИТВИНОВ – ВЫДАЮЩИЙСЯ ОРГАНИЗАТОР АВИАЦИОННОГО И РАКЕТНО- КОСМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА Тарасов Ю.Л.	21
ОСВОЕНИЕ КОСМОСА В XXI ВЕКЕ В ПРЕДСТАВЛЕНИИ РОССИЯН Трафимова Г.А.	23
ЗАКОН А. ПУАНКАРЕ И СВОЙСТВО НЕОБРАТИМОСТИ ПРОСТРАНСТВА Филипповский В. А.	24
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПИЛОТИРУЕМЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ РАЗРАБОТКИ ФИЛИАЛА №3 ОКБ-1 (ЦСКБ) Шахмистов В.М.	26

СЕКЦИЯ 2 ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАВИТАЦИИ МАРСА И ЛУНЫ В УСЛОВИЯХ ОРБИТАЛЬНОГО ПОЛЕТА Акулов В.А.	29
---	----

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОВЫСОТНЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО ОБМЕНА ДАННЫМИ С НАЗЕМНЫМ ЦЕНТРОМ УПРАВЛЕНИЯ Белоконов И.В., Аваряскин Д.П.	31
САМАРСКИЕ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛИ ДЛЯ ПИЛОТИРУЕМОЙ КОСМОНАВТИКИ Изюмова Ю.А., Семенов С.В.	32
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЁТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОСМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ Лукашев Л.Г., Каргин Н.Т., Петровичев М.А.	33
МИКРОСПУТНИК СГАУ «ПИОН» Тарасов Ю.Л., Шулепов А.И., Гадалин Н.И.	34
ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ОТКРЫТОМ КОСМОСЕ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ Тарасов Ю.Л., Шулепов А.И., Гадалин Н.И.	36

СЕКЦИЯ 3
СИСТЕМА НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ОБЪЕКТОВ

СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА РУЛЕВЫХ МАШИН Макарьянц Г. М., Прокофьев А. Б., Шахматов Е. В., Макарьянц М.В.	40
---	----

СЕКЦИЯ 4
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАФЛАНЦОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ Глушечков В.А., Беляева И.А., Хардин М.В.	44
АДЕКВАТНОСТЬ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫТЯЖКИ КАПСЮЛЯ С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПИИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА Воронин С.В., Юшин В.Д., Бунова Г.З., Малинин М.И.	46
ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ДЕТАЛИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ Егорова Е.Ю., Глушечков В.А., Бурмистров А.Е.	48
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫТЯЖКИ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ УТОНЕНИЕМ КОЛЬЦЕВОЙ ЗАГОТОВКИ Сулейманова И.Р., Звонов С.Ю., Попов И.П.	49
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ Клентак А.С., Угланов Д.А.	50
УСТРАНЕНИЕ ПРЕСС-УТЯЖИНЫ НА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ШТАМПОВКАХ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА ГТД ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ Костышев В.А., Питюгов М.С.	52

СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ СПЛАВА ВТ9 ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ВЫДАВЛИВАНИИ Костышев В.А., Питюгов М.С.	53
ПОЛУЧЕНИЕ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ «МЕТАЛЛ-НЕМЕТАЛЛ» С ПОМОЩЬЮ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ Лазарева А.А., Черников Д.Г.	54
ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА ТОКОПРОВОДА ИНДУКТОРА ДЛЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ Панфилова С.Н., Попов А.П.	56
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ЖИДКОГО И КРИСТАЛЛИЗУЮЩЕГОСЯ МЕТАЛЛА Черников Д.Г., Глущенков В.А., Иголкин А.Ю., Лазарева А.А.	57
ОСНАСТКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СПОСОБА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА СОВМЕСТНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ АКУСТИКИ И ПОРШНЕВОГО ПРЕССОВАНИЯ Попов И.П., Николенко К.А., Николенко К.А.	59
МИКРОСТРУКТУРА СПЛАВА АД 0, ПОЛУЧЕННАЯ СПОСОБОМ СОВМЕСТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АКУСТИКИ И ПОРШНЕВОГО ПРЕССОВАНИЯ Попов И.П., Николенко К.А., Николенко К.А.	60
ПОСТРОЕНИЕ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ СБОРКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫБОРА ЗАМЫКАЮЩЕГО ЗВЕНА И СПОСОБА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ Гречников Ф.В., Глустенко С.Ф.	61
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДУЛЬНОГО ПРИНЦИПА ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СБОРКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Гречников Ф.В., Глустенко С.Ф.	63
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ВЫСОКОТЕКСТУРОВАННЫХ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ Гречников Ф.В., Михеев В.А., Кузина А.А.	65
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБТЯЖКИ ОБОЛОЧКИ ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ С МИНИМАЛЬНОЙ РАЗНОТОЛЩИННОСТЬЮ И ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ В УСЛОВИЯХ ОРТОГОНАЛЬНОЙ АНИЗОТРОПИИ ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА Михеев В.А., Гречникова А.Ф., Кузина А.А.	66
РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ СОЗДАНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ НАНОФАЗНОГО И НАНОГЕТЕРОФАЗНОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ Михеев В.А., Зарембо В.И., Колесников А.А.	67
ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ УПРОЧНЁННЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПОСЛЕ ТЕРМОЭКСПОЗИЦИИ Кирпичёв В.А., Саушкин М.Н., Филатов А.П., Лунин В.В.	68
ВЛИЯНИЕ ПНЕВМОДРОБЕСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ ОБРАЗЦОВ С НАДРЕЗАМИ ИЗ СПЛАВОВ В95 И Д16Т Кирпичёв В.А., Чирков А.В., Иванова А.В., Сургутанов Н.А.	70

МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ МАШИНОСТРОЕНИЯ Юсупов Р.Ю., Попов А.П.....	72
--	----

СЕКЦИЯ 5

КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДОСТАВКИ МОРЕПРОДУКТОВ ПО КРИТЕРИЮ «ЦЕНА- ВРЕМЯ» Ананьев Г.С., Титов Б.А.....	75
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ, ДИАГНОСТИКИ И ИСПЫТАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ Гареев А. М, Гульбис А. А., Гареев Т. М.	76
ЭКОНОМИКО – МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ НИЗКОБЮДЖЕТНОЙ АВИАКОМПАНИИ Ерёмин А.Н., Титов Б.А.	77
О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ МАРШРУТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ МАТРИЧНЫМ МЕТОДОМ Ишкова Е.С., Ишков С.А., Титов Б.А.	79
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ Киселев Д.Ю.....	79
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОНТРОЛЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Коптев А.Н., Яковенко Н.А.....	80
ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Коптев А.Н., Кириллов А.В.	82
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АВИАПЕРЕВОЗЧИКА И ТОПЛИВОЗАПРАВОЧНОЙ КОМПАНИИ ПРИ ЗАПРАВКЕ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ТОПЛИВОМ Кропивенцева С.А.....	83
ОРГАНИЗАЦИЯ СНАБЖЕНИЯ ТОПЛИВОМ АВИАЦИОННЫХ ПЕРЕВОЗОК Кропивенцева С.А., Калдин А.М.....	85
ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ЗАКУПКИ АВИАЦИОННОГО НАЗЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ Кропивенцева С.А.....	87
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ МАГИСТРАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВРИСТИКИ «ЗЕЛеной ВОЛНЫ» Михеева Т.И., Михеев С.В.	89
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ Михеева Т.И., Рудаков И.А., Чугунов И.А.....	90

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЫДЕЛЕНИЯ ТОЧЕК СГУЩЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ Михеева Т.И., Сапрыкина О.В., Сапрыкин О.Н.	92
АЛГОРИТМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОСОБЫХ УЧАСТКАХ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ Михеев С.В.	93
СИНТЕЗ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ Михеева Т.И., Батищева О.М.	95
ТЕМПОРАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ Михеева Т.И., Михайлов Д.А.	96
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА – КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ АВИАПРЕДПРИЯТИЯ Павлова И.О.	98
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АЭРОПОРТА Потапов И.В., Романенко В.А., Морозова Е.А.	100
ПРОБЛЕМА СОВМЕСТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ УЗЛОВОГО АЭРОПОРТА И ВЕЕРНОЙ СХЕМЫ ПЕРЕВОЗОК Потапов И.В., Романенко В.А.	102
СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСФЕРНЫМИ АВИАПЕРЕВОЗКАМИ НА БАЗЕ НАПРАВЛЕННОГО ХАБА Потапов И.В., Романенко В.А.	104
МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИБОРНОЙ ПАНЕЛИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА Сафин А.И., Макарьянц Г.М., Вякин В.Н., Иголкин А.А., Крючков А.Н.	106
МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТИРОВКА РАКЕТ СРЕДНЕГО КЛАССА С КОМПОНЕНТАМИ ТОПЛИВА В ГВИАНСКИЙ КОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР Титов Б.А.	109
РАСЧЕТ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АВИАЦИОННЫХ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПО БАЗОВЫМ КОНТАКТНЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ Жильников Е.П., Мурашкин В.В.	110
СЕКЦИЯ 6 ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ	
МАЛЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ С СИСТЕМОЙ ОРИЕНТАЦИИ НА ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТАХ ТОПЛИВА Кольцов И.В.	113
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ БЛОКОВ РАСЧЕТА В СРЕДЕ КДАМ ДЛЯ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ИЛИ ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА УСТРОЙСТВ И МЕХАНИЗМОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Косенок Б.Б.	114

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНТЕЗА ВЕКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕХАНИЗМА УБОРКИ-ВЫПУСКА ПРЕДКРЫЛКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА Косенок Б.Б.	115
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКТНОГО ОБЛИКА АВТОМАТИЧЕСКИХ МЕЖПЛАНЕТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ Курочкин Д.В., Старинова О.Л.	116
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА ДАВЛЕНИЯ В ТОПЛИВНЫХ БАКАХ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ, ЗАКРЕПЛЕННОЙ НА ДНИЩЕ БАКА Пересыпкин К.В., Пересыпкин В.П., Каргин Н.Т.	118
ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИИ СВЕРХЗВУКОВОГО САМОЛЁТА КАК ПЕРВОЙ СТУПЕНИ АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ Потапов В.И.	119
ПРОБЛЕМА СОВМЕСТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ УЗЛОВОГО АЭРОПОРТА И ВЕРНОЙ СХЕМЫ ПЕРЕВОЗОК Потапов И.В., Романенко В.А.	122
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АЭРОПОРТА Потапов И.В., Романенко В.А., Морозова Е.А.	124
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ВОЛНОВОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ ПРИВОДА СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ Прудников О.П., Костюков Ю.А., Назаров Д.В.	126
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОЙ ТЯГИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОРБИТАМИ И ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ В КОСМОСЕ Салмин В.В., Старинова О.Л., Волоцуев В.В., Петрухина К.В.,	127
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЛНОВЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ В ПРИВОДАХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Суслин А.В.	128
УНИФИЦИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НАУЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ «АИСТ»..... Ткаченко С.И., Абрашкин В.И., Салмин В.В., Куренков В.И., Семкин Н.Д., Прохоров А.Г., Сафронов С.Л., Ткаченко И.С.	129
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ВЫБОРА МЕСТ РАСПОЛОЖЕНИЯ РАДИАТОРОВ ОХЛАЖДЕНИЯ НА ВНЕШНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОРПУСА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НАБЛЮДЕНИЯ Шилов Л.Б. ¹ , Куренков В.И. ²	131
ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ МАССЫ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ЗАДАННЫХ ЗНАЧЕНИЯХ МАССЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА Шулёпов А. И., Тарасов Ю. Л., Андреев С.В., Ткаченко И.С.	133

СЕКЦИЯ 7
ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

ПРИНЦИП ЭФФЕКТИВНОГО ДЕМПФИРОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ РОТОРА МНОГОРЕЖИМНОГО ГТД Барманов И.С.....	135
ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ДЕМПФЕРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Балякин В.Б., Барманов И.С.....	137
ПРОБЛЕМЫ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ПАНЕЛЕЙ ОТСЕКОВ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ И ГОЛОВНЫХ ОБТЕКАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ СТАРТА И ПОЛЁТА Иголкин А.А., Попов П.А., Крючков А.Н.	139
МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЖРДМТ НА САМОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ КОМПОНЕНТАХ ТОПЛИВА Нигодюк В.Е., Сулинов А.В.	141
К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ КИСЛОРОДНО-ВОДОРОДНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОЛИЗА ВОДЫ И ЖРДМТ НА КОМПОНЕНТАХ H_2 + O_2 ДЛЯ МКА Рыжков В.В., Лапшин Е.А., Силютин М.В.	143
ИМИТАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ ГЕНЕРАЦИИ РАЗРЕЖЕННЫХ ВЫБОРОК КОНТРОЛИРУЕМЫХ ТОЧЕК ПРИ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ Чевелева А.О., Болотов М.А.	145

СЕКЦИЯ 8
ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И ОПТОЭЛЕКТРОНИКА

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ОТРАЖЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ХРОМА Агафонов А.Н.....	148
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОПТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ ХВОИ И КОНЦЕНТРАЦИИ СО Алембеков С.В., Золотухина А.Д., Тимченко Е.В., Захаров В.П.	150
ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПЛАЗМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ГАЗОВОГО РАЗРЯДА МЕТОДОМ ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ И ВЛИЯНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОДНОИМЁННО ЗАРЯЖЕННЫХ ЭЛЕКТРОДОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ РАЗРЯДОВ Богданов Д.Д., Тимченко П.Е., Ивченко А.В., Захаров В.П.	152
РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ РОТОРНЫХ СИСТЕМ С ГАЗОРАЗРЯДНЫМ ПРИВОДОМ Журавлев О.А., Ивченко А.В., Стрельников А.Ю.....	154
ПРИМЕНЕНИЕ КОНФОКАЛЬНОЙ ЛАЗЕРНОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СЕТОЧНЫХ ЭКСПЛАНТАТОВ Захаров В.П., Белоконев В.И., Братченко И.А., Тимченко П.Е., Пономарева Ю.В., Хонгкуй Ю ²	155

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СПАВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА БИОСРЕДУ Захаров В.П., Тимченко Е.В., Тимченко П.Е., Золотухина А.Д., Алембеков С.В.....	156
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТЕОРИИ МАССОПЕРЕНОСА В ЖИДКИХ ФОТОПОЛИМЕРИЗУЮЩИХСЯ КОМПОЗИЦИЯХ С ПОМОЩЬЮ ИК-ФУРЬЕ МИКРОСКОПИИ Володкин Б.О., Соловьев В.С. , Волков А.В , Старожилов А.Е.....	158
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ. Гришанов В.Н., Ойнонен А.А.....	159
ТРЕХМЕРНЫЕ МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФОТОННЫЕ КРИСТАЛЛЫ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА Дьяченко П.Н., Карпеев С.В., Павельев В.С.	161
АСТИГМАТИЧЕСКОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ СОБОЙ ФУНКЦИИ С НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ АРГУМЕНТА Зотеева О.В., Хонина С.Н.	164
ОПТИМИЗАЦИЯ БИНАРНЫХ ДОЭ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ “УДЛИНЕННОГО ТЕМНОВОГО ФОКУСА” И “СВЕТОВОЙ БУТЫЛКИ” Качалов Д.Г., Павельев В.С.	166
ОСОБЕННОСТИ РАЗНОСТНОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА НА ГРАФИЧЕСКОМ ПРОЦЕССОРЕ Мальшева С.А., Головашкин Д.Л.....	168
СЕКЦИЯ 9 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА В КОСМОНАВТИКЕ	
ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ ДЕФЛЕКТОР ГРАДИЕНТНОГО ТИПА ДЛЯ ВОЛОКОННО- ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СБОРА ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ Бабаев О.Г., Паранин В.Д.....	171
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ГИРОМАГНИТНОГО РЕЗОНАТОРА Ворох Д.А., Полухин Ю.Н., Шафран С.В.....	173
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОХОДНОГО ВИХРЕТОКОВОГО ДАТЧИКА В СРЕДЕ ANSOFT MAXWELL Гудков С.А., Кудрявцев И.А.	174
АНТЕННА БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ Егоров К.М.	176
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОИМИТАТОРА МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА Елизаров С.В., Хасиятуллов М.Г.....	177
ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ Елизаров С.В., Хлебодаров П.А.	179

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО КЛЮЧЕВОГО УСТРОЙСТВА БОРТОВОЙ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ Дмитриев В.Д., Пищулина Н.П., Советкина М.А.	180
ОПТИМИЗАЦИЯ СВЯЗИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВИБРАТОРА С АКТИВНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ ИЗЛУЧАЮЩЕГО АВТОГЕНЕРАТОРА Зайцев В.В., Карлов А.В.	181
АВТОНОМНАЯ НАВИГАЦИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ПО МАГНИТНОМУ ПОЛЮ ЗЕМЛИ Иванов В.В.	183
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МИКРОМЕТЕОРОИДОВ НА ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА Калаев М.П., Семкин Н.Д.	185
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФИЛЬТРАЦИИ ГРУНТА НА ЩЕЛЕВОЙ МОДЕЛИ Зеленский А.В. Логинов В.А.	187
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ Матюнин С.А., Мадриченко В.Г.	188
ОЦЕНКА ОСВЕЩЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ОТДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ Медведев М.В., Корнилин Д.В.	190
ДИФРАКЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ ДЕФЛЕКТОР ДЛЯ ВОЛОКОННОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА Левченко В.И.	192
ПОВЫШЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ДЛЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ Матюнин С.А., Тиньгаев В.С.	193
ДИФРАКЦИОННЫЕ РЕШЕТКИ С УПРАВЛЯЕМОЙ АМПЛИТУДНОЙ И АМПЛИТУДНО-ФАЗОВОЙ ФУНКЦИЯМИ ПРОПУСКАНИЯ ДЛЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СБОРА ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ Паранин В.Д.	194
ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЧАСТИЦ ПО СЕЧЕНИЮ ТРАКТА УСКОРИТЕЛЯ Пияков А.В.	196
МАСС-СПЕКТРОМЕТР С ПРИМЕНЕНИЕМ ТОРОИДАЛЬНЫХ ДЕФЛЕКТОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОМЕТЕОРОИТОВ И ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА Пияков И.В., Родин Д.В.	197
УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ Потудинский А.А., Кудрявцев И.А.	199

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ДАТЧИКОВ МИКРОМЕТЕОРОИДОВ Телегин А.М.	201
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ МАХОВИЧНОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ Терехина О. В., Зеленский А. В.	203
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОИМИТАТОРА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ КОСМИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ Шумских И.Ю., Пиганов М.Н.	205
СЕКЦИЯ 10 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ	
ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СЕРВИСА НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Агафонов А.А.	209
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СЕЛЬХОЗУГОДИЙ В ГИС АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ Воробьева Н.С., Белова О.А., Денисова А.Ю.	210
ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ ГЕЛЬМГОЛЬЦА НА СУПЕРКОМПЬЮТЕРЕ "СЕРГЕЙ КОРОЛЕВ" Дегтярев А.А., Козлова Е.С.	212
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЧАСТИЦ НА КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ, ОСНОВАННОЕ НА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ CUDA Зеленко Л.С., Крестьянсков С.А.	215
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТРАВЛЕНИЯ КРЕМНИЯ ВО ВНЕЭЛЕКТРОДНОЙ ПЛАЗМЕ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ГАЗОВОГО РАЗРЯДА Колпаков В.А., Подлипнов В.В.	217
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКИ-КОНСТРУИРУЕМОЙ РЕГРЕССИИ В ЗАДАЧАХ ЛОКАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ Копенков В.Н.	219
ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ СЕРИЙНЫХ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ Космодемьянский Е.В., Кириченко А.С.	221
РЕШЕНИЕ СЕТОЧНЫХ УРАВНЕНИЙ НА ГРАФИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ. МЕТОД ПИРАМИД Кочуров ¹ А.В., Головашкин ² Д.Л.	222
ОБНАРУЖЕНИЕ НА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ОБЛАСТЕЙ, ПОДВЕРГАВШИХСЯ ИСКУССТВЕННОМУ ИЗМЕНЕНИЮ Кузнецов А.В.	223

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВИЗУАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИЕЙ МИКРОСПУТНИКА «АИСТ1» С МАГНИТНЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ОРГАНАМИ Лебедев А.С., Любимов В.В.	225
НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДХОД К ДИСЛОКАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ОБЪЕКТОВ ПОТОКАМИ ТРАНСПОРТА НА ПЕРЕКРЕСТКАХ ПРОИЗВОЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ Михеева Т.И., Михеев С.В., Япрынцева О.А.	227
ГИС В СОСТАВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ Михеева Т.И., Михеев С.В., Агафонцев И.А.	228
ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ITSGIS. ДИСЛОКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ» Михеева Т.И., Михеев С.В., Макарова М.С.	230
СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ Михеева Т.И., Михеев С.В.	231
АЛГОРИТМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ Михеева Т.И., Михеев С.В., Гаманова Н.В.	233
УНИВЕРСАЛЬНОЕ ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ СЕНСОРНЫХ ИНФОКИОСКОВ Михеева Т.И., Михеев С.В., Головнин О.К.	235
ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ Михеева Т.И., Михеев С.В., Малыкова К.А.	236
СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ГИБРИДНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ СИНТЕЗЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ Михеева Т.И., Михеев С.В.	238
АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФАЗОВОЙ ФУНКЦИИ ПО ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ПОЛЯ НАПРАВЛЕНИЙ Мякинин О.О.	239
ПОНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ ЗАДАЧ ОЦЕНИВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ТВЕРДЫХ ТЕЛ С МАЛОЙ ДИССИПАЦИЕЙ Осинцев М.С., Соболев В.А.	241
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СВЕРХРАЗРЕШЕНИЯ ДЛЯ КУСОЧНО-ПОСТОЯННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ Сергеев В.В., Воробьева Н.С., Денисова А.Ю.	244
СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЙ МЕТОДОМ FDTD И С ПОМОЩЬЮ ФОРМУЛ РИЧАРДСА-ВОЛЬФА ОСТРОЙ ФОКУСИРОВКИ СВЕТА ЗОННОЙ ПЛАСТИНКОЙ Стафеев С.С.	245
ПСЕВДОГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ РАЗВЕРТКА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ КАК СРЕДСТВО ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ПРИ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОМ ДОСТУПЕ К ПЕРЕДАВАЕМЫМ ДАННЫМ Урывская Д.А.	248

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИФФУЗИИ ОШИБКИ ДЛЯ ЦИФРОВОГО РАСТРИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ Федосеев В.А.	250
--	-----

СЕКЦИЯ 11
ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА
В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ОПЕРАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ФИНАНСОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ ОАО «КУЗНЕЦОВ» Алдабергенова А.Г., Миронова Ю.В., Осипов А.И.	253
ВИРТУАЛЬНАЯ СЕТЬ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ Гусев А.В., Дронов Д.Ю.	255
МОДЕЛЬ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ Гусев А.В., Тихонова А.А., Чернышов В.П.	256
МОДЕЛИРОВАНИЕ БЮДЖЕТА ПРЕДПРИЯТИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ Дубрович Т.А.	257
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ЗАДАЧАМ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ АВИАСТРОЕНИЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА Засканов В.Г.	258
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ Иванов Д.Ю.	259
ФОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЫ ПО УРОВНЮ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ Кирилина С.А.	261
АНАЛИЗ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КОМПАНИИ, РАЗРАБАТЫВАЮЩЕЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ Ковельский В.В.	263
МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ Кулинкович М.И.	265
УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЙ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ Мазурмович О.Н.	267
КОСМИЧЕСКОЕ СТРАХОВАНИЕ КАК ФАКТОР ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА Мжельская Т.А.	268
О ФАКТОРАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УСИЛЕНИЯ ПОЗИЦИИ РАЗВИТИЯ В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СФЕРАХ ПРОИЗВОДСТВА Османкин Н.Н.	270

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД БЮДЖЕТНО-ИНВЕСТИЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ВЫПУСКУ РКТ Татарина К.А.	272
ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «ОБРАЗОВАНИЕ» В КОНТЕКСТЕ РАЗВИТИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ Татарникова М.С.	275
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПОВЫШЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА Хайтбаев В.А., Немчинов О.А.	277
МЕТОДЫ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ В СИСТЕМЕ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ Цапенко М.В.	279
ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ Щелоков Д.А.	281

**РЕГИОНАЛЬНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ,
ПОСВЯЩЁННАЯ 50-ЛЕТИЮ
ПЕРВОГО ПОЛЁТА ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС**

14-15 апреля 2011 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Подписано в печать 07.04.2011г. Формат 60x84 1/8
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Печ. л. 37,5
Тираж 500 экз.

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С. П. Королёва
(национальный исследовательский университет)
443086 г. Самара, Московское шоссе, 34

Издательство Самарского государственного аэрокосмического университета
имени академика С. П. Королёва
(национальный исследовательский университет)
443086 г. Самара, Московское шоссе, 34