
Секция 22 им. академика В.Н. Челомея

**Ракетные комплексы и ракетно-космические системы.
Проектирование, экспериментальная отработка,
лётные испытания, эксплуатация**

**РЕШЕНИЯ В.Н. ЧЕЛОМЕЯ ПО ЧЕТЫРЕМ СТРАТЕГИЧЕСКИМ
ВЫЗОВАМ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ**

Г.А. Ефремов

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

vprk@nptomash.ru

Работа Главного конструктора ракетной техники Владимира Николаевича Челомея первые 10 лет с 1944г. по 1954г. носила характер накопления опыта и руководства конструкторским коллективом. Но дальнейший длительный период его работы носил совершенно другой характер по степени ответственности и масштабам решаемых задач.

Это были тяжелые по своему напряжению работы, требовавшие предельных творческих усилий как самого В.Н. Челомея, так и его соратников всего коллектива КБ и огромной кооперации смежников, но давшие эффективные и своевременные ответы на стратегические вызовы национальной безопасности страны.

Все эти работы поручались высшими органами управления страной - Постановлениями ЦК КПСС и Совета министров СССР, с указанием персональной ответственности В.Н. Челомея.

За 30 лет с 1954г. по 1984г. В.Н. Челомеем были даны ответы на стратегические вызовы национальной безопасности в четырех различных направлениях.

Первый стратегический вызов, брошенный США и НАТО - это мощный авианосный флот с базированием вблизи берегов СССР. Будет показано, что ответом на вызов стало создание группировки советских подводных лодок с новым видом оружия - высокоточными противокорабельными крылатыми ракетами.

Второй стратегический вызов состоял в развертывании США тысячи МБР "Минитмэн". Ответом на этот вызов послужило создание массовых шахтных пусковых установок с жидкостной МБР УР-100 в количестве около 1000 единиц.

Третий стратегический вызов: с 1968г. США приступили к оснащению МБР и БРПЛ с разделяющимися головными частями (РГЧ) с индивидуальным наведением (ИН) на цели. В ответ были созданы новые стратегические ракетные комплексы УР-100К(У) и УР-100Н с РГЧ ИН.

И наконец, очередной четвертый стратегический вызов США - гонка с 1972г. в области стратегических крылатых ракет на подводных лодках и тяжелых бомбардировщиках. Будет показано, что необходимым дополнением к создаваемым в СССР аналогам дозвуковых крылатых ракет станет создание комплексов со сверхзвуковой стратегической унифицированной крылатой ракетой "Метеорит".

Будут перечислены основные научные, технические и технологические решения, выработанные как лично В.Н. Челомеем, так и коллективом руководимого им конструкторского бюро.

ЧЕТЫРЕ СТИХИИ ВЛАДИМИРА ЧЕЛОМЕЯ (ПРЕЗЕНТАЦИЯ КНИГИ О В.Н.ЧЕЛОМЕЕ)

Н.Г. Бодрин

Судьба выдающегося создателя ракетной, космической и боевой техники Владимира Николаевича Челомея действительно связана с покорением всех четырех стихий и пятого элемента, если понимать под последним космос.

То, что этот человек состоится как крупный учёный стало ясно, когда он был ещё студентом старших курсов Киевского политехнического института, вскоре ставшего авиационным. Уже к моменту окончания института у него было около научных 10 статей, был цикл лекций, прочитанный на Запорожском моторостроительном заводе по просьбе руководства предприятия, позволивший решить сразу несколько сложных производственных проблем.

В 1940 году его имя было опубликовано на первой странице газеты «Правда» среди имен самых перспективных молодых учёных страны – так называемых «сталинских стипендиатов».

С первых дней войны В.Н. Челомей работает во Всесоюзном институте авиационных материалов на создание пульсирующего воздушно-реактивного двигателя, не имевшего в то время аналогов в СССР. Велико было удивление руководителей оборонной отрасли страны,

когда они увидели аналогичный двигатель на немецких самолётах-снарядах – Фау-1.

В 1944 году Владимир Николаевич был назначен главным конструктором ОКБ-51 и приступил к созданию отечественных самолётов-снарядов и ускорителей для боевых самолётов. Им было разработано и испытано несколько типов этих крылатых машин воздушного и наземного базирования - от 10Х до 16Х.

С 1950 года Владимир Николаевич преподаёт в МВТУ им. Н.Э. Баумана, где в 1953 году защитил докторскую диссертацию, а в 1960 основал «Кафедру проектирования крылатых ракет», которую возглавлял до конца жизни.

В 1954 году на базе Тушинского завода создана специальная конструкторская группа, 8 августа 1955 года реорганизованная в ОКБ-52. Это предприятие, под руководством В.Н. Челомея стало лидером создания крылатых и баллистических ракет, ракетно-космических систем.

Здесь была создана первая ракета с раскрывающимися в полёте крыльями, первая сверхзвуковая крылатая ракета, первая крылатая ракета стартующая из-под воды, что явилось новым словом в технике вооружений. Здесь был создан ряд военно-космических систем до сих пор остающихся на вооружении: противокосмической обороны, морской космической разведки и целеуказания. Здесь были созданы тяжёлые ракеты УР-500К «Протон», до сих пор выводящие в космос самые тяжёлые грузы, здесь спроектировали МБР УР-100Н УТТХ, составляющую основу боевой мощи России.

Кроме колоссальной нагрузки как руководитель предприятия, В.Н. Челомей был блестящим учёным, академиком АН СССР, опубликовавшим сотни научных трудов.

ЧЕЛОМЕЙ РАСКРЫВАЕТ КРЫЛЬЯ

Г.А. Ефремов, В.А. Поляченко, Д.К. Аксаментов
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

В середине 50-х годов 20-го столетия решались сложные задачи обеспечения пусков с подводных лодок (ПЛ) крылатых ракет (КР) для возможности нанесения ударов друг по другу стратегических соперников США, СССР.

В СССР разработка ракетного оружия осуществлялась в жестком внутреннем конкурсе с участием ведущих КБ авиационной и судостроительной промышленности. В конкурсе по крылатым ракетам для ПЛ

безоговорочную победу одержал малочисленный коллектив во главе с Главным конструктором (ГК) 40-летним В.Н. Челомеем.

Будет показано значение по сути эпохальных изобретений В.Н. Челомея по обеспечению размещения КР на ПЛ со сложным и раскрываемым при осуществлении старта крылом непосредственно из транспортно-пускового контейнера (ТПК). Эти технические новшества осуществлялись впервые в мире.

Реализация изобретений ГК В.Н. Челомея в сотрудничестве с ГК подводных лодок П.П. Пустынцевым позволила в короткие сроки проверить, отработать и внедрить на практике увеличенный в 2 - 3 раза боекомплект ПЛ по сравнению с отечественными и зарубежными конкурентами, обеспечить высокие боевые и эксплуатационные характеристики подводных лодок с КР стартующими непосредственно из ТПК.

Уже в середине 1959 года подводные лодки с КР В.Н. Челомея П-5 поступили на вооружение ВМФ страны.

Описанные выше технические решения, отработанные с КР П-5 позволили в период 1956 - 1963 годы создать мощное высокоточное противокорабельное оружие с КР П-35 (для НК) и П-6 (для ПЛ).

В зарубежной ракетной технике старт непосредственно из ТПК с раскрытием несущих поверхностей был впервые осуществлен в середине 70-х годов.

На КР, разработанных в 70 – 80-е годы, реализация старта из контейнера и капсул с раскрытием крыла в полете реализовывалась с учетом новых появившихся возможностей:

- управляемые стартово-разгонные ступени,
- мощные цифровые вычислительные комплексы на борту ракет.

Однако до сих пор в ВМФ страны находятся в эксплуатации КР «Малахит», П-35 и «Базальт», реализованные по первоначальным научно-техническим решениям В.Н. Челомея.

РАСКРЫВАЕМЫЕ КОНСОЛИ КРЫЛА РАКЕТ КОНСТРУКЦИИ НПО МАШИНОСТРОЕНИЯ»

Л.В. Белюстин, А.И. Шаповалов, В.А. Каверин, А.П. Сидоренко
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

В ознаменование 100-летия со дня рождения Генерального конструктора В.Н. Челомея особенно актуально звучит впервые в мире предложенная им идея складывания аэродинамических поверхностей

(консолей крыла, рулей и т.д.) ракеты с целью ее размещения в транспортно-пусковом стакане или контейнере.

Раскрытие консолей крыла происходит после выхода ракеты из транспортно-пускового стакана или контейнера, при этом в зависимости от назначения ракеты раскрытие осуществляется в воде или в воздухе.

Такая конструкция ракеты требует создания целого ряда механизмов:

- механизм удержания консолей крыла в сложенном положении;
- механизм раскрытия консолей крыла;
- механизм фиксации раскрытых консолей крыла;

В случае нескольких линий складывания консолей крыла, число механизмов возрастает.

За годы работы НПО машиностроения накоплен огромный опыт проектирования конструкций складываемых аэродинамических поверхностей и механизмов, обеспечивающих их функционирование.

В докладе будут рассмотрены складываемые консоли крыла с механизмами по целому ряду ракет конструкции НПО машиностроения.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ РАСКРЫТИЯ КОНСОЛЕЙ КРЫЛА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Л.В. Белюстин, В.А. Земсков, В.А. Каверин, С.А. Шестаков,

В.В Шевченко

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Один из ярких примеров реализации идеи Генерального конструктора В.Н.Челомея о складывании консолей крыла изделия с целью его размещения в ограниченном объеме (под головным обтекателем ракеты-носителя) приводится в этом докладе.

Изделие установлено на проставке разгонного блока, к консолям крыла изделия сзади шарнирно подвешены элевоны, обеспечивающие управление по тангажу и крену.

Раскрытие консолей крыла происходит после сброса створок головного обтекателя, при этом используется механизм раскрытия консолей крыла (МРКК), установленный не на изделии, а на проставке разгонного блока ракеты-носителя и кинематически связанный левым (правым) кривошипом с двумя отверстиями на заднем торце левого (правого) элевона. Поворот кривошипов приводит к раскрытию консолей крыла.

Конструкция МРКК позволяет компенсировать различного рода погрешности за счет регулировок механизма, кроме того обеспечивается отвод кривошипов после раскрытия консолей крыла.

АНТЕННАЯ СИСТЕМА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «КОНДОР-Э»

В.А. Земсков, И.С. Романова, М.Б. Ишечкин
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Проектирование, разработка и сборка многофункциональных механизмов КА относится к наиболее ответственным и трудоемким этапам процесса создания современных космических аппаратов.

Специалистами ОАО «ВПК «НПО машиностроения» решен ряд проблемных вопросов по разработке, сборке и отработке системы антенной (СА), одной из составных частей радиолокационного космического аппарата «Кондор-Э».

В докладе рассмотрены принципы работы механизмов СА, её состав, технические характеристики, подробно изложены технические сложности, которые были преодолены в процессе разработки КД, изготовления, сборке и при проведении наземных испытаний механизмов и самой СА. Также рассмотрены технологические стенды, с помощью которых были проведены наземные испытания механизмов и узлов СА.

По результатам наземной отработки СА и первых результатов работы СА в составе КА на околоземной орбите указаны возможные решения по улучшению технических характеристик СА.

СИСТЕМА ОРБИТАЛЬНОГО ГИРОКОМПАСИРОВАНИЯ - ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

И.Н. Абезяев, М.В. Большаков, В.Ф. Матвеев, А.И. Поцеловкин
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

В докладе рассматриваются вопросы ориентации космических аппаратов с использованием систем орбитального гироскопирования (ОГК). Рассматривается ретроспектива развития данных систем, начиная с момента их появления и заканчивая современными системами ОГК. Приводятся разработки как отечественных, так и иностранных авторов. В докладе показаны возможности современных систем ОГК, применение которых остаётся актуальным и в настоящее время.

ОРИЕНТАЦИЯ ПО ЗВЕЗДАМ КА «БАУМАНЕЦ-2»*И.Н. Абезяев, Н.А. Зайчиков***(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)**

В докладе рассматриваются вопросы ориентации и стабилизации малого космического аппарата (МКА) "Бауманец-2" с использованием звездных датчиков (ЗД) и алгоритма астрокоррекции.

Управление МКА рассматривается в следующий полетных режимах, предполагающих использование ЗД:

1. Орбитального хранения с использованием алгоритма астрокоррекции.
2. Построения путевого угла с использованием алгоритма астрокоррекции.
3. Восстановления ориентации программным поворотом.
4. Восстановления ориентации с использованием алгоритма астрокоррекции.

Каждый из вышеописанных режимов может работать как с использованием датчика угловых скоростей (ДУС), так и без такового. При этом для режима восстановления ориентации использование безгироскопной системы определяется параметрами ЗД (максимальной допустимой угловой скоростью работы).

Указанные режимы работы реализованы в системе ориентации и стабилизации КА «Бауманец-2».

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛА В РАЗЛИЧНОМ
БОЕВОМ ОСНАЩЕНИИ ПО НАЗЕМНЫМ ЦЕЛЯМ***С.М. Асатуров, В.О. Гребенников, В.Ю. Пономаренко***(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)**

Наземные цели характеризуются широкой номенклатурой объектов, располагающихся в различных условиях. Для решения задачи нанесения максимального ущерба по наземным целям используются различные типы боевого оснащения, отличающиеся массами и принципами поражения: типом наполнителя и поражающих элементов, наличием суббоеприпасов, циклограммой инициирования и т.д. Существует проблема неоднозначности выбора типа и параметров боевого оснащения при модернизации существующих и создании новых образцов ракетной техники, что является предпосылкой для разработки математических моделей и соответствующего программного обеспечения

предварительной оценки эффективности поражения наземных целей в полигонных условиях.

Разрабатываемое программное обеспечение предназначено для проведения аналитических оценок эффективности боевого применения дозвукового, сверхзвукового и гиперзвукового ЛА с различными вариантами боевого оснащения (фугасное, бетонобойное, кассетное) на основе математического аппарата теории вероятностей и исследования операций.

Поставленные боевые задачи определяют применение ЛА с тем или иным видом боевого оснащения, соответственно, тип оказываемого воздействия на цель и критерии оценки эффективности применения будут различаться. Применение данного программного обеспечения при модернизации существующих и создании новых образцов ЛА позволит проводить анализ эффективности поражения наземных целей ракетным оружием с различными типами боевого оснащения, что позволит:

1. Определять тип боевого оснащения, обеспечивающий наиболее высокую эффективность поражения выбранных целей.
2. Определять основные параметры и облик боевого оснащения.
3. Формировать исходные данные для:
 - формирования требований к схемам применения и основным летно-техническим характеристикам вариантов ЛА;
 - разработки общих видов и компоновок ЛА.
4. Разработать идеологию применения ЛА с различными видами боевого оснащения.
5. Найти оптимальные решения вопросов модульности и унификации боевого оснащения.

В настоящее время ведется разработка базы данных, пользовательского интерфейса и сопроводительной документации к программному обеспечению.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛА

С.М. Будыка, А.А. Дмитриева
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

При проведении проектных исследований, сопряженных с определением оптимальных характеристик создаваемых гиперзвуковых ле-

тательных аппаратов, осуществляется рассмотрение большого количества вариантов аэродинамических компоновок. Аэродинамические характеристики определяют в целом тактико-технические характеристики ГЛА и, в то же время, наиболее сложны для оперативного расчета. В связи с этим задача обеспечения проектного расчета аэродинамических характеристик является одной из критических при проведении поисковых исследований.

Учитывая прогресс в области компьютерного моделирования течения газа и выхода на рынок доступных программных пакетов, были исследованы возможности прикладного пакета FloEFD по расчету аэродинамических характеристик гиперзвуковых летательных аппаратов.

В FloEFD движение и теплообмен текучей среды моделируется с помощью уравнений Навье-Стокса, описывающих в нестационарной постановке законы сохранения массы, импульса и энергии этой среды. Кроме того, используются уравнения состояния компонентов текучей среды, а также эмпирические зависимости вязкости и теплопроводности этих компонентов среды от температуры. Этими уравнениями моделируются турбулентные, ламинарные и переходные течения.

При проведении проектных расчетов гиперзвуковых летательных аппаратов основное внимание было уделено определению оптимальных условий расчета, адекватному построению конечно-элементной модели и верификации результатов по имеющимся достоверным характеристикам, полученным в ходе продувок и летных испытаний.

В ходе исследования были сделаны выводы, что погрешность программных расчетов является вполне приемлемой для проектных оценок. Учитывая, что результатом расчета является подробное распределение давления по поверхности летательного аппарата, появляется возможность оперативно оценивать моментные характеристики и, соответственно, центrovочные, являющиеся одними из ключевых при компоновке ГЛА. Также предоставляется возможность оценивать эффективность органов управления для различных углов отклонения и углов атаки/скольжения, что позволяет проводить предварительные оценки управляемости, балансировки, шарнирных моментов на ранних стадиях проектирования.

Все это вместе, учитывая высокую оперативность и вариативность, создает возможность выходить на стадию аванпроекта с технически обоснованными и оптимальными решениями по облику ГЛА при относительно небольших затратах ресурсов.

АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ КОНСТРУКТИВНО-КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ КОСМИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ

А.С. Свиридов

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Под космической платформой (КП) понимают обособленную часть космического аппарата (КА), предназначенную для обеспечения функционирования полезной нагрузки. Серийная КП является условно постоянным базовым конструктивом однотипных или схожих по массогабаритным, динамическим, энергетическим и иным техническим характеристикам космических аппаратов.

Выделение КП из состава КА как самостоятельного изделия предполагает реализацию на практике таких принципов построения технических систем, как модульность, унификация, модернизируемость.

К настоящему времени в нашей стране и в мире разработано большое количество различных образцов КП от нано- до тяжелого класса. В связи с этим представляется необходимым периодическое обобщение накопленного опыта проектирования КП, анализ современных тенденций построения КП. Данная задача актуальна также в связи с тем, что именно в последние годы количество разработчиков КА значительно увеличивается, в работу вовлекаются частные компании, научно-исследовательские коллективы, способствуя многообразию идей и технических решений.

В работе рассматриваются конструктивно-компоновочные схемы КП, реализуемые при создании современных КА. Выделены характерные особенности использования тех или иных схем, отмечены преимущества и недостатки.

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ РАЗРАБОТКИ НПО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Г.А. Ефремова, Н.М. Мельничук, А.Н. Покидюк

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Вопросы обеспечения надежности изделий РКТ являются одними из наиболее важных, т.к. отказы изделий могут приводить к различным последствиям, в том числе и опасным для жизни человека, т.е. катастрофическим.

Для решения задач обеспечения надежности используется системный подход, на предприятии разработана система обеспечения

надежности. При этом применяются различные методы прогнозирования событий, как количественные, так и качественные. Система обеспечения надежности основана на максимальном использовании имеющейся информации для анализа технического состояния и оценки надежности на всех стадиях жизненного цикла изделия.

Методы оценки надежности с учетом доработок по результатам испытаний, а также оценки надежности на основе объединения информации достаточно разработаны и проведены в стандартах по обеспечению и контролю надежности изделий и комплексов.

Одним из методов качественной оценки надежности является анализ возможных отказов, их последствий и критичность (АВПКО).

На предприятии ОАО «ВПК «НПО машиностроения» разработана и внедрена методика проведения анализа возможных отказов и выявления критичных элементов.

В основе методики:

- значимость, определяемая с точки зрения тяжести последствий отказа;
- вероятность появления отказа;
- возможность обнаружения отказа до появления его последствий.

Одна из основных задач проведения АВПКО – выявление потенциальных отказов с максимальным числом риска и последовательное снижение уровня риска.

Методика была внедрена на предприятии как обязательная при разработке изделий в виде руководящих указаний РУК 16П18.

В докладе представлены примеры анализа возможных отказов систем разработки предприятия.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ

А.Н. Романов

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

В современных процессах проектирования существует задача планирования параметров существующих процессов. Основной проблемой при планировании проектирования является невозможность учета итерационных циклов, обусловленных характером процессов проектирования. В общем случае процесс проектирования предполагает наличие итерационных циклов различной протяженности. При этом параметры процесса зависят от длины итерационных циклов в процессе проектирования. Зависимость эта, как известно, экспоненциальная.

Многие предприятия работали в направлении оптимизации процессов проектирования. Результаты этой работы описаны, например: Джеффри Лайкер и Джеймс Морган, Система разработки продукции в Toyota. Люди, процессы, технология. Подобные работы не показывают четкого механизма планирования, ограничиваясь общим описанием организации процесса проектирования.

Для эффективного управления процессами проектирования необходимо выстроить четкий механизм планирования, основанный на снижении длительности итерационных циклов при проектировании. Так же, необходимо организовать механизм получения и актуализации параметров подпроцессов, входящих в процесс проектирования; определить зависимость этих параметров от характера работ и параметров функциональных подразделений, участвующих в осуществлении процесса проектирования. Кроме того, необходимо встроить в процесс проектирования, процесс планирования параметров проектирования, процесс получения и актуализации параметров подпроцессов цикл Шухарта-Деминга для постоянного улучшения этих процессов.

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИХ
И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПОДХОДОВ К РЕШЕНИЮ
СОВРЕМЕННЫХ ЗАДАЧ ГАЗОДИНАМИКИ
ПОДВОДНОГО СТАРТА**

*А.В. Плюснин, Ю.Р. Сабиров, Л.А. Бондаренко, П.М. Соколов
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)*

В докладе представлена идеология крупномасштабной газодинамической отработки подводного старта на наземном горизонтальном стенде. Теоретический базис этого подхода основан на сопоставлении натурного и модельного движений тела, выявлении подобно протекающих во времени физических процессов и нахождении параметров их согласования. Численный расчет позволяет оценить влияние факторов (главным образом, теплопотери), не поддающихся строгому моделированию. Представлены принципиальные схемы газодинамического стенда, позволяющие выполнить крупномасштабное моделирование в случаях, когда поперечные размеры натурной и модельной пусковых установок сопоставимы и когда их отличия велики. На оба способа моделирования получены патенты на изобретение. Первый способ был внедрен на экспериментальной базе НПО машиностроения и успешно реализован в двух циклах испытаний (суммарно 9 пусков).

В качестве другого примера рассмотрена задача оперативного расчета внутренней баллистики стартового устройства, конфигурация которого, по требованиям компоновки, оказалась отличной от обычно применяющихся. Представлен способ быстрого, но строгого решения задачи, использующий метод Монте-Карло.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО НАГРЕВА МОДЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В РАМКАХ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА И РЕЙНОЛЬДСА

Д.А. Забарко, В.П. Котенев, Ю.А. Полежаев
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

В.И. Сахаров
(НИИ механики МГУ им. М.В.Ломоносова)

Создание гиперзвуковых летательных аппаратов (ЛА) сопряжено с решением сложного комплекса проблем, связанных с расчетом их аэродинамики и теплообмена. Проведение экспериментальных аэротермодинамических исследований в настоящее время очень дорого, а во многих случаях затруднено или невозможно из-за сложности воспроизведения условий гиперзвукового полета в наземных условиях. Поэтому исследование задач внешней аэродинамики часто основывается на численном моделировании с проверкой соответствия расчётных и экспериментальных данных, где это представляется возможным.

При проектировании некоторых типов ЛА особые требования предъявляются к точности определения параметров аэродинамического нагрева их поверхности для обеспечения тепловой защиты, выбора оптимальных условий полёта, обеспечивающих точность наведения ЛА и т.п.

В работе представлены результаты численного моделирования задачи гиперзвукового обтекания пространственной компоновки фюзеляж – оперение ламинарными и турбулентными потоками газа с использованием уравнений Навье-Стокса и Рейнольдса.

Применительно к реальным компоновкам с «простой» и «сложной» кормовой частью были построены многоблочные структурированные расчётные сетки, проанализировано их влияние на параметры аэродинамического нагрева поверхности изделий. Получены распределения тепловых потоков по поверхности и определены зоны их аномальных пиковых значений. Проведён качественный и количественный анализ соответствия расчётных и экспериментальных данных теплооб-

мена на поверхности изделия, который показал хорошее согласование результатов.

В результате численного моделирования получена подробная картина течения около модели гиперзвукового ЛА (в целом недоступная при трубных испытаниях), найдены распределения силового и теплового нагружения всей внешней поверхности изделия, в том числе в отрывных зонах течения и в зонах экстремальных тепловых нагрузок.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ СО СПУТНЫМ
ПОТОКОМ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОЙ
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

Д.А. Забарко, В.П. Котенев, Ю.А. Полежаев
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

В.И. Зубов, В.М. Кривцов
(ВЦ им. А.А.Дородницына РАН)

Работа посвящена численному исследованию обтекания летательных аппаратов (ЛА) сверхзвуковым набегающим потоком газа при наличии спутных течений от работающих двигателей. В основе математической модели течения газа лежат предположения: газ считается вязким и сжимаемым, для его описания применяются нестационарные трёхмерные осреднённые по Рейнольдсу уравнения Навье – Стокса для двухкомпонентной равновесной турбулентной среды. Разработанная разностная схема обеспечивает приемлемое сохранение параметров торможения, учитывает особенности течения в пограничном слое, вязко-невязкое взаимодействие, “отрыв” потока, процессы вихреобразования, теплообмена и др. Использование указанной схемы позволяет учесть линейные и нелинейные эффекты и их влияние на характеристики течения газа около ЛА. Для расчёта коэффициентов вихревой вязкости и теплопроводности из ряда современных моделей была выбрана хорошо зарекомендовавшая себя в задачах обтекания тел двухпараметрическая $q-\omega$ модель Кокли.

Разработан расчётный код, основанный на выбранном численном алгоритме. Используются гексагональные многоблочные структурированные неравномерные сетки. Расчётные сетки имеют сгущение в областях течения, представляющих для исследований особый интерес вплоть до разрешения ламинарного подслоя.

Для решения рассматриваемой задачи обтекания ЛА используется многопроцессорный вычислительный комплекс. В работе обсуждаются вопросы применения высокопроизводительной вычислительной техники для подобного класса задач. Тестирование описываемого подхода проведено путём сравнения с экспериментальными данными, результатами других авторов, а также при решении практических задач.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Г.Г. Плавник, А.Н. Лошкарев, О.Л. Точилова
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

В докладе представлена новая методика исследования устойчивости движения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), обеспечивающая оперативное решение задач построения структур алгоритмов стабилизации и определения параметров этих структур.

Разработанная методика позволяет:

- вычислять коэффициенты линеаризованных уравнений для пространственной математической модели движения любого БПЛА с учётом упругих колебаний и колебаний жидкости в баках для широкого спектра линий движения;
- с использованием линеаризованной модели строить амплитудно-фазовые частотные характеристики (АФЧХ), амплитудные частотные характеристики (АЧХ), фазовые частотные характеристики (ФЧХ), рассчитывать корни характеристических уравнений;
- с использованием процедуры построения АФЧХ для любой структуры алгоритмов стабилизации строить области устойчивости в плоскостях параметров стабилизации;
- с использованием полученных областей устойчивости в интерактивном режиме определять коэффициенты стабилизации с последующей проверкой запасов устойчивости по амплитуде и фазе.

Для реализации этой методики разработан комплекс программ, позволяющий оперативно проводить анализ устойчивости движения БПЛА.

В состав комплекса входят:

- линейная математическая модель движения БПЛА с учётом упругих колебаний и колебаний жидкости в баках в среде MATLAB;

- модуль расчёта коэффициентов линеаризованных уравнений движения БПЛА;
- модуль в среде MATLAB для линейного анализа систем (включает в себя построение АФЧХ, АЧХ, ФЧХ, расчёт корней характеристического уравнения, определение запасов устойчивости);
- модуль построения областей устойчивости в среде MATLAB.

Входными параметрами для модуля расчёта коэффициентов являются параметры линии движения (ЛД), упругих колебаний и колебаний жидкости в баках.

Модуль расчёта коэффициентов интегрирован в цифровой комплекс, осуществляющий моделирование движения БПЛА в соответствии с полной математической моделью.

Представляемая методика позволяет существенно сократить время проведения полного цикла анализа устойчивости движения БПЛА, что особенно важно в условиях расширения диапазона возможных ЛД.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ВСТРЕЧНЫХ К ПОТОКУ СТУПЕНЕК НА УСИЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ НА ПОВЕРХНОСТИ СВЕРХЗВУКОВОГО ЛА

Д.А. Забарко, В.П. Котенев, Ю.А. Полежаев
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

На поверхности летательных аппаратов имеют место выступы и ступеньки, вызванные конструктивными особенностями аппаратов. Наибольшее внимание следует уделять ступенькам, ориентированным против потока, которые могут привести к значительным локальным увеличениям тепловых потоков, как на торце ступеньки, так и в зоне ее взаимодействия с набегающим пограничным слоем. Уровень этих тепловых потоков в общем случае зависит от отношения толщины пограничного слоя перед ступенькой к высоте ступеньки δ/h , а также от чисел M , Re и режима пограничного слоя. В связи со значительным изменением по траектории движения изделия этих определяющих факторов относительное увеличение тепловых потоков в зоне ступеньки в различные моменты времени также будет существенно изменяться. Систематических исследований влияния на теплопередачу ступенек, соизмеримых с толщиной пограничного слоя, для различных режимов пограничного слоя в широком диапазоне чисел M и Re не проводилось. Имеются отдельные экспериментальные исследования в турбулентном пограничном слое для небольших чисел M и ограниченных величинах

отношения δ/h . На основании имеющихся экспериментальных данных предпринята попытка разработки инженерной методики оценки уровня теплопередачи перед ступеньками на поверхности в широком диапазоне эксплуатационных параметров. Расчеты по этой методике отстированы на результате расчета конкретного варианта в рамках уравнений Навье-Стокса.

Настоящая методика внедрена в практику расчетов теплопередачи на выступающих элементах перспективных летательных аппаратов, разрабатываемых в ОАО «ВПК «НПО машиностроения».

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ
РАСЧЕТОВ ЛА В ЧАСТИ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ,
ТЕПЛООБМЕНА, ПРОГРЕВА КОНСТРУКЦИИ И УНОСА
МАССЫ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ**

В.В. Горский, Е.Г. Ватолина, А.В. Запривода
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Проектирование конструкции тепловой защиты ЛА относится к числу наиболее важных и трудоемких этапов процесса проектирования современных ЛА, неотъемлемой частью которого является проведение комплексных проектных расчетов и апробация теоретических моделей.

Специалистами ОАО «ВПК «НПО машиностроения» разработан автоматизированный универсальный программный комплекс проведения проектных расчетов летательных аппаратов в части газовой динамики, теплообмена, прогрева конструкции и уноса массы тепловой защиты, универсальность которого позволяет использовать его по двум направлениям:

- Проведение научно-технических исследований в области процессов газовой динамики, конвективного и кондуктивного теплообмена и термохимического разрушения тепловой защиты.
- Выполнение комплексных проектных расчетов конструкции тепловой защиты ЛА.

В докладе рассмотрены основные составляющие программно-информационного обеспечения разработанного комплекса:

Система сервисных средств, обеспечивающая автоматизацию таких трудоемких операций как синтез расчетной модели конструкции тепловой защиты, управление процессом моделирования и анализ результатов расчетов, применение которых значительно повышает эффек-

тивность труда инженера-исследователя в процессе проведения проектных расчетов.

Универсальная система комплексного расчета тепловой конструкции ЛА, в рамках которой выполняется газодинамический расчет, решение задач конвективной теплопередачи, температурный расчет конструкции и уноса массы ее тепловой защиты. Универсальность используемых расчетных методов позволяет получать качественные результаты при расчете конструкций произвольной формы.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СВЕРХЗВУКОВЫХ СТРУЙ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АБЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТЕПЛОЙ ЗАЩИТЫ БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛА

В.В. Горский, М.Г. Ковальский, И.И. Лопухов, В.Л. Мохов
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Струи жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) уже в течение длительного времени интенсивно используются для отработки абляционной тепловой защиты гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЛА). При этом необходимо отметить, что:

- объектом исследований служат крупногабаритные (только высокотемпературные) элементы конструкции ГЛА;
- уровень давления и трения на поверхности модели может изменяться в широких пределах и достигать величин, превышающих 10 МПа;
- реализуется турбулентный режим течения газа в пограничном слое;
- химический состав газовой струи отличается от химического состава воздуха;
- эти испытания носят сравнительный характер и используются в основном для контроля изготовления и состояния тепловой защиты.

В то же время возможности данного вида отработки тепловой защиты значительно шире. Во-первых, высокий современный уровень развития вычислительной газовой динамики позволяет адекватно описать картину обтекания испытываемой модели недорасширенной газовой струей продуктов сгорания ЖРД. Во-вторых, накоплен большой опыт в моделировании аэротермохимического разрушения основных видов абляционной тепловой защиты. В-третьих, в сочетании с гибко-

стью регулирования в широких пределах уровня силового и теплового нагружения конструкции позволяет использовать этот вид экспериментальной отработки тепловой защиты для определения ее физических свойств на базе сопоставления расчетно-теоретических и экспериментальных данных по суммарным абляционным характеристикам исследуемого процесса. В-четвертых, исключительно перспективным представляется использование этого вида испытаний для отработки системы тепловой защиты боковых поверхностей ГЛА. Первый опыт в этом направлении проведен в ОАО «ВПК «НПО машиностроения» при отработке одного из типов стеклопластика, абляционные характеристики которого были неизвестны.

ПОСТРОЕНИЕ КРУПНОБЛОЧНЫХ РАСЧЁТНЫХ СЕТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАРИАЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ЗАДАЧ ОБТЕКАНИЯ ТЕЛ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

В.А. Гаранжа, Л.Н. Кудрявцева

(Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, МФТИ)

Д.А. Забарко, В.П. Котенев

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Построение почти регулярных трёхмерных расчётных сеток для расчётов высокоскоростного обтекания тел сложной формы в рамках уравнений Навье-Стокса для вязкого газа является достаточно непростой задачей. Как известно, наиболее точные результаты при этом удастся получить с использованием криволинейных блочно-структурированных сеток. Задача автоматического построения блочной структуры указанных сеток до сих пор не решена. Современные коммерческие построители сеток требуют больших временных затрат для ручного построения блочной структуры. К тому же возникает необходимость использования сеточных алгоритмов, которые исправляют сетки, уже построенные коммерческими генераторами, либо осуществляют их тонкую настройку.

Для полуавтоматического построения блочных криволинейных сеток вокруг протяженных тел с рулями и крыльями реализован крупноблочный алгоритм, основанный на вариационном методе. Входными данными для алгоритма является твердотельная геометрическая модель, и параметры, задающие примерную нарезку сетки на блоки и число ячеек в них. В алгоритме реализованы различные типы расчётных сеток для блоков:

а) аналитические, которые строятся посредством алгебраических методов;

б) сетки, основанные на плоских сечениях, где в каждом сечении при распределении сеточных узлов используется вариационный метод;

в) общие трёхмерные сетки, которые строятся с использованием вариационного метода, разработанного в ВЦ РАН.

Вариационный метод гарантирует, что криволинейные сетки ортогональны у поверхности тела. При этом сетку около острых рёбер или поверхностных элементов с большой кривизной можно строить без их явного выделения. Для этого используется специальная адаптация сеток к зонам высокой кривизны и к острым рёбрам, которая позволяет разрешить зоны анизотропной кривизны без существенного скашивания ячеек. Учитывая, что характерное время построения сетки для тел достаточно сложной формы при этом оказывается в диапазоне от нескольких минут до нескольких часов, а большинство положительных свойств блочных сеток, таких, как ортогональность вблизи границ, гладкость и регулярность, сохраняются, можно утверждать, что предложенный алгоритм является конкурентоспособным в классе задач генерации расчётных сеток.

ТРОЙНОЙ ИНВЕРТИРОВАННЫЙ МАЯТНИК И ДРУГИЕ СИСТЕМЫ ИЗ СТАТЬИ В.Н. ЧЕЛОМЕЯ 1983 г. (РАСЧЕТ И ЭКСПЕРИМЕНТ)

В.А. Грибков

(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

zenith-ab@mail.ru

Рассмотрены три системы, представленные в известной публикации академика В.Н. Челомея в журнале «Доклады Академии наук СССР» за 1983 г.: тройной инвертированный маятник, маятник Челомея и трубка с всплывающим тяжелым шариком.

Инвертированный маятник – простейшая система из трех указанных. Материал по тройному маятнику в статье В.Н. Челомея служит своеобразной преамбулой к описанию двух других более сложных систем.

Первые теоретические работы по инвертированным маятникам, начиная со статьи А. Stephenson посвящались однозвенным математическим маятникам, затем появились исследования n-звенных обращенных маятников.

Экспериментальных работ по инвертированным n-маятникам не много. Причем все они имеют качественный, а не количественный характер: они лишь подтверждают возможность существования устойчивого обращенного положения n-маятника. Только в статье D.J. Acheson, T. Mullin (1993 г.) получены количественные экспериментальные результаты. Однако практическое использование их затруднено из-за неполного описания системы. Получение экспериментальных результатов по тройному инвертированному маятнику является актуальной задачей.

В представляемом докладе приводится подробное описание тройного маятника из статьи В.Н. Челомея. Определены массово-габаритные характеристики необходимые для решения задачи устойчивости трехзвенного инвертированного маятника. Для повышения достоверности определения инерционных характеристик параллельно использованы два пакета SolidWorks и MSC Adams.

Выполнены эксперименты по проверке полученных массово-габаритных характеристик путем сопоставления расчетных и экспериментальных собственных частот маятника. Отмечено хорошее совпадение собственных частот маятника, расчетных и экспериментальных результатов. Расчет собственных частот выполнен с использованием математической модели тройного физического маятника, полученной в работе, а также с использованием средств SolidWorks и MSC Adams. Для экспериментального определения собственных частот созданы оригинальные низкочастотные средства испытаний, а также использована установка, состоящая из стандартных средств испытаний, выпускаемых промышленными предприятиями.

Решена задача устойчивости обращенного тройного маятника с параметрами из статьи В.Н. Челомея (1983 г.) тремя способами: с использованием теории Флоке и с использованием методик S. Otterbein (1982 г.) и С.В. Челомея (1999 г.).

Создана экспериментальная установка для определения опытным путем границы области устойчивости инвертированного маятника произвольной размерности. Выполнены три серии экспериментов по определению границы области устойчивости тройного маятника, показавшие хорошее совпадение экспериментальных результатов с расчетными.

Созданные средства испытаний позволили опытным путем исследовать эффекты, наблюдаемые в маятнике Челомея и в трубке с шариком, погруженным в жидкость. По маятнику Челомея и трубке с всплы-

вающим тяжелым шариком приводятся результаты расчетов и экспериментов в форме видео- и анимационных роликов.

СИЛОВАЯ РАКЕТНАЯ УСТАНОВКА С ПРЯМОТОЧНЫМ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

*Д.А. Минасбеков, Г.М. Аулов, В.Н. Дзивалтовский,
А.В. Чебаков, Ю.М. Миронов, И.М. Шевченко*
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

В 2008-2012 годах в ОАО «ВПК «НПО машиностроения» была создана силовая установка (СУ) с прямоточным воздушно-реактивным двигателем (ПВРД) с расширенным диапазоном рабочих режимов, позволяющая обеспечить работоспособность крылатой ракеты, унифицированной по носителям (наземным, морским и авиационным), в широком интервале высот и скоростей полета.

Целью работы была разработка и экспериментальная отработка СУ с ПВРД для подтверждения её теплопрочностных, полнотных и тягово-экономических характеристик (ТЭХ) и определения границ устойчивой работы изделия.

Для решения поставленной задачи был определён облик СУ, интегрированной с различными системами КР, проведен необходимый объём теоретических расчётов, разработана конструкторская документация и изготовлены модели ВЗ, стенд с присоединенным воздухопроводом, опытные образцы ПВРД, полноразмерная модель силовой установки для стендовых испытаний, необходимое стендовое оборудование.

Были спроектированы регуляторы подачи топлива, предназначенные для дозирования расхода топлива, подаваемого в камеру сгорания двигателя, в соответствии с электрическими командами, поступающими от электронного регулятора двигателя (ЭРД). Электронное регулирование позволяет гибко изменять законы управления подачей топлива в зависимости от выбранных командных параметров на заданных участках траектории и оптимизировать работу двигателя под конкретную траекторию обеспечив максимальные параметры изделия.

Для проверки конструкторских решений выполнен значительный объём автономной отработки агрегатов топливной и гидравлической систем ПВРД.

Проведен комплекс испытаний воздухозаборного устройства (ВЗ) в аэродинамической трубе СВС-2 ЦАГИ им. профессора Н.Е. Жуковского, в результате которых определены его основные характеристики: макси-

мальный коэффициент восстановления полного давления v_{MAX} , максимальный коэффициент расхода f_{MAX} и коэффициент сопротивления по жидкой линии тока C_X ЖК и разработан закон поддержания числа M полета.

Проведен цикл натурных испытаний СУ в аэродинамической трубе ТПД ЦАГИ им. профессора Н.Е. Жуковского, в результате которых были получены газодинамические характеристики натурального ВЗ, определены места расположения приемников воздушного давления системы противопомпажных запасов для обеспечения устойчивой работы СУ, и выбрана логика этой системы.

Проведенный большой цикл огневых испытаний двигателя на стенде НИЦ ЦИАМ им. П.И. Баранова с присоединенным воздухопроводом и сложнейшие испытания СУ с ПВРД с внешним обдувом для отработки запуска изделия, подтверждения теплопрочностных, полнотных и тягово-экономических характеристик изделия позволил создать работоспособную СУ с ПВРД, готовую к адаптации под перспективные крылатые ракеты ОАО «ВПК «НПО машиностроения».

РАЗРАБОТКА ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ МЭМС-ТЕХНОЛОГИЙ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА PRECISE

М. Гауэр

**(German Aerospace Center, DLR; Institute of Aerodynamics
and Flow Technology)**

Д. Теличкин

(EADS Astrium Space Transportation)

**П. Широков, А. Лавренов, Г. Реш, В. Кабанов, М. Иванов
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)**

В международной практике создания космической техники все больший интерес вызывает разработка космических аппаратов (КА) наноразмерности, использующих в качестве исполнительных органов системы управления движением КА двигательные установки (ДУ), изготовленные на базе микроэлектромеханических систем (МЭМС) и нанотехнологий.

Работа посвящена вопросам проектирования ДУ с жидкостными двигателями на монотопливе с тягой от 10^{-3} до 10^{-2} Н, разрабатываемой в рамках международного научно-технического проекта PRECISE [1, 2], выполняемого при финансовой поддержке Европейской комиссии в

рамках 7ой рамочной программы Европейского Союза (FP7/2007-2013) (соглашение по гранту № 282948, интернет-сайт проекта: <http://www.mcps-precise.com>).

В докладе представлены цель и задачи проекта PRECISE, структура международного консорциума, созданного из ведущих европейских научных и промышленных организаций, заинтересованных в развитии микро- и нанотехнологий, краткий обзор задач, решаемых каждым участником проекта. Показаны некоторые результаты, которые освещались на международной конференции и конгрессе по космонавтике в 2012 году: 48th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit (США, штат Джорджия, г. Атланта), 63rd International Astronautical Congress (Италия, г. Неаполь).

Обозначены перспективы развития проекта по реализации группового формационного полета двух космических аппаратов наноразмерности, оснащенных создаваемыми двигательными установками, а также в области разработки математической модели физико-химических процессов в микроструктурах каталитического реактора однокомпонентного реактивного МЭМС-двигателя.

Литература

1. Gauer M., Telitschkin D., Gotzig U., Batonneau Y., Johansson H., Ivanov M., Palmer P., Wiegierink R., PRECISE development of a MEMS-based monopropellant micro Chemical Propulsion System, AIAA 2012-4072, 48th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit, Atlanta, Georgia, 30 July - 01 August 2012. DOI: 10.2514/6.2012-4072.
2. Markus Gauer, Dimitri Telitschkin, Ulrich Gotzig, Yann Batonneau, Hakan Johansson, Mikhail Ivanov, Phil Palmer, Remco Wiegierink, First re-sults of PRECISE Development of a MEMS-based monopropellant micro chemical propulsion system, Acta Astronautica, Elsevier, V. 93, January 2014, P. 77-83. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actaastro.2013.06.010>. This paper was presented during the 63rd International Astronautical Congress, Naples, Italy.

КАПИЛЛЯРНЫЕ УСТРОЙСТВА В СИСТЕМАХ ЗАБОРА ТОПЛИВА КРЫЛАТЫХ РАКЕТ РАЗРАБОТКИ ОАО «ВПК «НПО МАШИНОСТРОЕНИЯ»

Е.Г. Куранов, Г.Ф. Реш, Л.Д. Смирчевский, А.Е. Новиков, М.Ю. Иванов
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Применение капиллярных заборных устройств (КЗУ) в системах за-
бора топлива крылатых ракет (КР) представляет в настоящее время

практический интерес из-за основных их преимуществ перед широко применяемыми системами с инерционными элементами типа "гибкий трубопровод" — отсутствием подвижных (инерционных) элементов, функционированием при произвольно направленных и околонулевых перегрузках, повышением эффективности забора топлива (снижение невырабатываемых остатков) для баков большой кривизны при действии боковых перегрузок. Вместе с тем наличие жестких внешних воздействующих факторов: значительные по модулю перегрузки, характерные для современных маневрирующих КР, и одновременно с ними действующие высокие температуры и вибрации существенно усложняют задачу создания этих устройств.

В работе представлены результаты исследований, направленных на создание системы топливоподачи с КЗУ для одной из КР, разработанной ОАО "ВПК "НПО машиностроения", включающие:

- научно-технические исследования по определению облика КЗУ в составе системы забора топлива;
- разработку конструктивной схемы системы топливоподачи;
- основные положения методики расчета [1], экспериментальной отработки и моделирования воздействующих факторов;
- разработку специальных средств, используемых при экспериментальных исследованиях вариантов систем топливоподачи с моделированием линейных перегрузок, случайной широкополосной вибрации.

Техническое решение защищено патентом Российской Федерации [2], а его эффективность подтверждена натурными испытаниями.

Приведены результаты экспериментальных исследований альтернативных конструктивных решений КЗУ, которые могут стать основой для дальнейшего их совершенствования.

Литература

1. Новиков А.Е., Реш Г.Ф., Иванов М.Ю. Методика моделирования выработки топлива из баков летательных аппаратов в условиях воздействия знакопеременных перегрузок // Электронный научно-технический журнал "Наука и образование". 2013. № 2. С. 99-110. DOI: 10.7463/0213.0533503.
2. Е.Г. Куранов, В.И. Никитин, Г.Ф. Реш. Топливный бак летательного аппарата. Заявка № 2012113394 от 09.04.2012 г. с положительным решением о выдаче патента РФ от 15.05.2013 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ И ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯЦИИ ИЗОЛИРОВАННОГО ГЕРМОТСЕКА ЛА НА ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ БА

В.А. Саврушкин, А.А. Шестаков
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Под СОТР понимают совокупность специальных средств, призванных обеспечивать допустимую температуру всех частей конструкции, бортовых систем, приборного оборудования, необходимую для нормального функционирования изделия.

Целью данной работы является выбор типа, состава и конфигурации СОТР пассивного типа БА теплоизолированного гермоотсека ЛА с использованием пакета Flow Simulation.

Исходя из геометрии отсека, расположения приборов на приборной раме, а так же циклограммы их работы, был смоделирован процесс вынужденной конвекции. Данное исследование состояло из двух этапов:

- 1) общий обдув всех приборов;
- 2) локальный обдув наиболее теплонапряженного прибора.

На первом этапе было установлено, что для обеспечения требуемой температуры приборов (кроме наиболее теплонапряженного прибора) достаточно трех вентиляторов.

Целью второго этапа было создание оптимального обдува перегретого прибора.

В результате работы для обеспечения требуемой температуры приборов была выбрана следующая конфигурация системы:

- общий обдув тремя вентиляторами;
- локальный обдув наиболее теплонапряженного прибора одним вентилятором с оптимальным вариантом расположения отверстий перфорированного листа приборной рамы.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

В.С. Тарасов, А.А. Лизунов, В.Ф. Иванов, О.Б. Зайцев
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Малые космические аппараты (МКА) предназначены для выполнения широчайшего спектра задач в интересах науки, народного хозяйства и обороноспособности страны. Развитие МКА связано с постоян-

ным повышением требований к МКА, в частности, с повышением сроков активного существования (САС) МКА.

В настоящий момент срок активного существования МКА на низких орбитах, например, МКА типа «Ресурс-ДК1», составляет 3 года. Для уменьшения затрат, связанных с проектированием, отработкой и запуском новых МКА, требуется увеличить САС.

При создании МКА «Кондор-Э» удалось повысить САС до 5-7 лет, благодаря разработанным, с участием авторов, методам повышения энергоэффективности СЭП:

- выбора оптимальной структуры СЭП МКА [1,2];
- разработки алгоритма и способа контроля степени заряженности никель-металлогидридных аккумуляторных батарей (АБ) по физическим параметрам, гарантирующий повышенный срок службы АБ;
- разработки методики термовакуумных испытаний для Ni-Mh АБ [3].
- правильность принятых решений и разработок были подтверждены лабораторно-отрабочными испытаниями СЭП и входящими в неё элементами в процессе конструкторской отработки, а также при эксплуатации на ряде МКА производства ОАО «ВПК «НПО машиностроения» [4].

Литература

1. Конструктивно – компоновочная схема построения системы электропитания малого космического аппарата (МКА) с радиолокатором / Тарасов В. С. Лизунов А.А. Журавлев Р. И. // Тез. конференции «Аэрокосмические технологии в нефтегазовом комплексе». Москва, 20 – 22 октября 2009 г., – С. 124 – 125.
2. Повышение энергоэффективности космического аппарата при сохранении Массо-габаритных характеристик / Лизунов А.А., Журавлев Р. И., Тарасов В. С. // Труды XXXV Академических чтений по космонавтике. Москва. Комиссия РАН, 2011, с. 93 – 94.
3. Методика ускоренных термовакуумных испытаний аккумуляторных батарей для космического аппарата / Лизунов А.А., Тарасов В. С. // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана, серия «Машиностроение» 2011. №3. – С. 43 – 47.
4. Моделирование динамических режимов работы системы генерирования электроэнергии с комплексом аппаратуры регулирования и контроля / Тарасов В. С., Лизунов А. А. // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана, серия «Машиностроение» 2012. №1. – С. 60 – 70.,

СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ С КОМБИНИРОВАННЫМ СОСТАВОМ ФЭП

Р.И. Журавлев, А.А. Лизунов

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Использование нескольких типов фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) на одной солнечной батарее (СБ) позволяет решать задачи обеспечения оптимальной мощности СБ на этапе формирования облика СГЭ КА в рамках заданных габаритов панелей и увеличения мощности вырабатываемой электрической энергии на уже созданном КА. Поэтому необходимо создание специальных математических и физических методик расчета и испытаний СБ с различными типами ФЭП. Актуальность применения таких методик расчета определяется необходимостью подтверждения технических и эксплуатационных характеристик гибридной СБ во всем заявленном диапазоне режимов и условий эксплуатации, а также определения выходных параметров СБ. Методика расчета предполагает задание исходных данных с целью разработки модели энергетических процессов в системе СБ с комбинированным составом ФЭП. В результате моделирования будут получены точки максимальной отдачи мощности СБ, построенной на базе различных типов ФЭП. По результатам работы, посвященной увеличению вырабатываемой мощности электрической энергии на уже созданном КА, получены следующие результаты: создана методика наземной отработки крыла БС с гибридным составом ФЭП, на основе полученных результатов сформулированы рекомендации об использовании комбинированных СБ для существующих систем энергоснабжения КА, требующих повышения вырабатываемой мощности.

АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПУВРД В КАЧЕСТВЕ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ БПЛА

И.И. Шульц, А.В. Чебаков

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Расширение областей применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) приводит к необходимости разработки силовых установок различного типа, позволяющих успешно решать большой круг специфических задач. Большие темпы развития мирового рынка беспилотной авиации делает его одним из самых привлекательных в авиационном секторе. В последние десятилетия вновь возродился интерес к

пульсирующим двигателям в силу их ожидаемой простоты конструкции и дешевизны.

Сравнение тактико-технических характеристик (ТТХ) беспилотных летательных аппаратов, которые уже изготавливаются и планируются к производству, является важным звеном в выборе перспективной силовой установки. В качестве силовой установки БПЛА предлагается пульсирующий воздушно-реактивный двигатель (ПуВРД), для которого необходимо провести оценку технико-экономических показателей. Выполнен выбор оптимальной силовой установки для БПЛА по следующим параметрам: тип двигателя, тяга, максимальная скорость, масса (полная взлетная).

Для оценки технических показателей ПуВРД была написана математическая модель, в которой рассчитываются газодинамические параметры циклической работы двигателя. По этим параметрам были рассчитаны виброно-скоростные и дроссельные характеристики ПуВРД. Так же проведена оценка стоимости ПуВРД.

В результате было отмечено, что наименьшей стоимостью изготовления обладает пульсирующий двигатель, который может использоваться на высоких дозвуковых скоростях, что позволяет ему конкурировать со всеми типами двигателей по техническим и эксплуатационным характеристикам, в том числе и с турбореактивными (ТРД).

НАКОПЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ В КОМПОЗИЦИОННОМ МАТЕРИАЛЕ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ КОМБИНИРОВАННОМ НАГРУЖЕНИИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ВЕЛИЧИНЫ ЭФФЕКТИВНЫХ СВОЙСТВ

*К.К. Шрамко, С.В. Маковский, А.А. Дудченко
(МАИ)*

Рассматривается задача о влиянии сдвиговых циклических нагрузок при $R=0$ на характер разрушения многослойного волокнистого композита. При расчете учитывается, что характер разрушения слоев, работающих на сжатие, происходит быстрее, чем при растяжении. Этот эффект приводит к появлению коэффициентов асимметрии свойств в ортотропном материале и к появлению дополнительных деформации материала для всех трех их компонентов плоской задачи.

Рассматриваемая задача, связана с определением характера изменения механических свойств контурно-подкрепленной композитной

панели под действием чистого сдвига и комбинации сдвига и растяжения. Конструкция представляет собой стенку лонжерона и нагружена изгибающим моментом и перерезывающей силой. В результате чего в ней действуют сдвиговые и нормальные усилия. Учёт влияния циклической нагрузки на композиционный материал позволяет определить ресурс конструкции. Эта задача является важной, поскольку такие панели являются одними из основных элементов несущего каркаса многих конструкций различного назначения и могут использоваться в элементах каркаса летательных аппаратов, в автомобилях и судостроении.

Таким образом, видоизменив выражения для определения жесткостных коэффициентов, можно, используя методику расчёта панелей, учитывать появление асимметрии механических свойств в волокнистом композите под действием сдвиговых нагрузок. Это в свою очередь позволяет учесть изменение механических свойств, приводящее к существенным изменениям в деформациях и перемещениях, что в большей степени соответствует работе конструкции на практике и учёт которых важен при расчёте реальных конструкций. Расчёт возможен как при действии одного фактора нагружения, так и при комбинации нескольких факторов.

ПРОБЛЕМА ПРИНЯТИЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ В НЕЧЕТКОЙ ОБСТАНОВКЕ

Е.А. Дорохов

(ОАО «Концерн Моринсис-Агат»)

Выбор оптимального варианта действий войск в условиях информационной неполноты и неопределенности относительно состава, характеристик военно-технических средств, стратегий противника является актуальной задачей. Решением проблемы оперативного прогнозирования боевой обстановки и выработки оптимального действия может стать создание программно-аппаратного комплекса системы принятия решения (СПР), облегчающего командиру выбор оптимальной стратегии.

На данный момент проводятся обширные фундаментальные исследования в области прогнозирования и принятия решения в нечеткой среде и имеются значительные достижения в этой области. Среди наиболее перспективных современных моделей следует выделить подходы, основанные на «мягких» вычислениях: нечеткая логика, нейросети, генетические алгоритмы. Основным преимуществом технологии «мягких» вычислений перед традиционными «жесткими» является

возможность построения адекватной модели сложной системы в условиях неточной, неопределенной или неполной информации.

Разработаны и исследованы математические модели системы прогнозирования развития конфликтной ситуации и принятия решения в нечеткой обстановке при использовании современного высокоточного оружия. Сформированы структура модели, методы решения и вычислительные алгоритмы. Данные разработки будут реализованы в программном комплексе СПР.

Важной особенностью разрабатываемой СПР является возможность построения самообучаемой системы. Анализируемая конфликтная ситуация, после выполнения принятого командиром решения, добавляется оператором к базе данных вместе с принятым решением и эффективностью данного решения.

МЕТОДЫ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВУЮЩИМ ФАКТОРАМ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ИСПЫТАНИЯМИ НА СПЕЦИАЛЬНЫХ УДАРНЫХ СТЕНДАХ

А.В. Бобров, Г.А. Иванько, В.И. Никитенко
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

В процессе эксплуатации изделия ракетно-космической техники подвергаются разнообразным механическим воздействиям. К таким воздействиям относятся стационарные и нестационарные процессы характеризующиеся: однократными ударными нагрузками, многократными ударными нагрузками, знакопеременными ударными нагрузками, затухающими виброударными нагрузками, нестационарными вибрациями, квазистационарными вибрациями, линейными ускорениями.

Несмотря на различный характер перечисленных воздействий отработка прочности и устойчивости конструкций к данным воздействиям может быть реализована методами ударных испытаний: на однократный удар, на многократный удар, на знакопеременный удар, на виброудар, на длиннопериодический удар.

Рассматриваются вопросы установления эквивалентности между вибрационными и ударными нагрузками, линейными ускорениями и длиннопериодическим ударом.

В центре динамических испытаний ОАО «ВПК «НПО машиностроения» имеется испытательное оборудование и отработаны методики,

позволяющие реализовать все вышеперечисленные воздействующие факторы испытаниями на специальных ударных стендах.

Основу оборудования лаборатории ударных испытаний составляет Универсальный ударный стенд - УУС. Он предназначен для проведения широкого спектра ударных испытаний крупногабаритных изделий. В 1981-1983 годах была разработана принципиальная схема, спроектирован, изготовлен и введен в эксплуатацию УУС. На принцип действия и конструкцию УУС было получено авторское свидетельство №231691 с приоритетом изобретения от 2 июля 1984 года авторами Челомеем В.Н., Иванько Г.А. и Хромушкиным А.В.

В докладе представлены методические подходы к организации проведения и характеристики оборудования для ударных испытаний, а также их применение для наземной экспериментальной отработки изделий ракетно-космической техники.

АНАЛИЗ РАБОТЫ СЭП МИКРОСПУТНИКА «ЧИБИС» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЛКИ

А.А. Лизунов, В.С. Тарасов, Р.И. Журавлев
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Микроспутники предназначены для выполнения широчайшего спектра задач в интересах науки, народного хозяйства и обороноспособности страны. Развитие микроспутников связано с постоянным повышением требований к ним, в частности, с повышением устойчивости систем электропитания [1].

ОАО «ВПК «НПО машиностроения» спроектировало, разработало и совместно с СКБ КП ИКИ РАН провело успешные ЛКИ разработанной СЭП для микроспутника.

По результатам 1,5 годовой ЛКИ произведен анализ работоспособности СЭП микроспутника. Сравнение расчетных и эксплуатационных данных по энергобалансу в т. ч. по основным частям системы.

Литература

1. Ефремов Г.А. НПО Машиностроение: в будущее через перспективные проекты. - Аэрокосмический курьер, №3, 2000, с. 11-12.

АЛГОРИТМ ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ПВРД С ЦЕЛЬЮ ИСКЛЮЧЕНИЯ ПОМПАЖНЫХ РЕЖИМОВ

А.В. Чебаков, В.К. Карась, Ю.М. Миронов, А.Н. Кучеренко
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Каждое стендовое испытание ПВРД направлено на определение ряда характеристик и ввиду своих особенностей является дорогостоящим. Высокая стоимость в первую очередь обусловлена малым ресурсом самого ПВРД изнергозатратами на обеспечение требуемых расходов воздуха. Поэтому рабочие характеристики ПВРД не могут быть получены чисто эмпирическим путем. Особо остро данный вопрос встает при проектировании ПВРД с характеристиками, диапазон которых шире своих предшественников.

Целью работы является усовершенствование методики подготовки и проведения стендовых испытаний ПВРД. В настоящее время для проведения испытаний разработан алгоритм, который позволяет контролировать расход воздуха, поступающий в изделие только для штатных режимов работы, когда установлено сопло с регулируемым критическим сечением. Однако около половины испытаний проводится с использованием очковых сопел с постоянным критическим сечением. В такой ситуации при регулировании расхода топлива неизбежно попадание в помпажные зоны работы воздухозаборника. На данный момент попадание в такие зоны определяются только после проведения испытаний, что может приводить к повторению испытаний с изменением режимов.

База для подготовки и проведения испытания ПВРД основана на опыте, полученном при проектировании таких изделий как «Яхонт». Однако при расширении высотно-скоростного диапазона этой базы уже недостаточно.

Предлагается на основе испытаний с расширенными высотно-скоростными диапазонами усовершенствовать существующую методику подготовки и проведения испытаний. Провести анализ полученных характеристик, выявить причины возникновения помпажных режимов. Также необходимо доработать аппаратную часть стенда с целью определения помпажных режимов в процессе испытаний.

**РАЗВИТИЕ СТЕНДОВО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ БАЗЫ НПО
МАШИНОСТРОЕНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТА СИСТЕМОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
СОВРЕМЕННЫХ ЛА**

*М.В. Большаков, А.И. Бурганский, С.Н. Зимин, В.Н. Кострикин,
С.Г. Милюченко, А.П. Титов, В.С. Черяпкин
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)*

Процесс создания и отработки СУ комплексов для головного предприятия в современных условиях отличается рядом специфических черт и характеризуется следующими особенностями:

- распределенность процессов во времени и в пространстве (различные компоненты СУ разрабатывают коллективы разных организаций, расположенных в разных городах страны или даже в других государствах. Компоненты СУ в процессе разработки могут быть разнесены по времени их создания);
- существенное различие технологий разработки компонентов СУ коллективами разных организаций;
- возможность проверить соответствие характеристик разрабатываемой аппаратуры требованиям ТЗ, ее взаимодействие и сопряжение появляется только на поздних этапах разработки;
- непрерывная смена поколений элементной базы и программного обеспечения в процессе жизненного цикла комплексов ЛА;
- затраты на создание и отработку СУ и ее информационного обеспечения составляют более половины от затрат на создание ЛА в целом.

В процессе разработки СУ в головной организации должны быть созданы специализированные моделирующие стенды, являющиеся необходимым инструментом разработчика комплексной системы.

Моделирующие стенды позволяют:

- кардинально сократить время и средства на создание и отработку СУ;
- обеспечить головную роль в создании СУ ЛА и комплексов на их основе;
- создать инструмент объективной оценки функциональных возможностей ЛА во всем многообразии его применения.

Рассмотрена классификация и состав специализированных моделирующих стендов головного предприятия. Предложено объединить все средства моделирования приборных подразделений головного

предприятия в единый автоматизированный моделирующий комплекс проектирования и конструирования.

УНИФИЦИРОВАННЫЙ СТЕНД МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РКТ

*С.Г. Милюченко, К.Б. Каширцев, В.С. Дмитриев, А.Н. Нестеренко,
М.В. Большаков*

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

ОАО «ВПК «НПО машиностроения», как головная компания по разработке ракетно-космических комплексов, постоянно решает задачу подтверждения проектных, алгоритмических и программных решений, принятых при создании РКТ на всех этапах жизненного цикла разработки это достигается посредством проведения моделирования на различных стендах математических, имитационных, полунатурных и др.

Для оптимизации работ по созданию стендов математического моделирования была предложена архитектура на базе «Ядра» (разворачивающего шкалу псевдореального времени), управляющего программными модулями, имитирующими работу различных элементов изделия и комплекса в целом, и их информационными потоками.

Основными нововведениями данного стенда можно назвать:

- модульная архитектура позволяющая настраивать из отдельных модулей конфигурацию стенда для моделирования каждого конкретного прибора РКТ с возможностью варьирования глубины моделирования каждого из процессов и устройств.

- гибкий интерфейс подключения модулей позволяет использовать модули, разработанные в специализированных организациях.

- производство моделирований в псевдореальном времени позволяет снять требования к производительности вычислительных средств, используемых на стенде, и существенно расширить круг процессов, моделируемых на стенде.

Стенд был создан в рамках различных работ по тематикам предприятия и позволяет аккумулировать и наращивать научно-технический задел, созданный различными подразделениями.

Работы, проводимые на стенде позволили провести качественное моделирование по многим темам, на ранних этапах как подтвердить, так и скорректировать ряд технических решений.

СТЕНД ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АСУ ГРУППОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ БЛА

*Ю.В. Мельников, К.Б. Каширцев, Д.С. Сгонников,
А.Н. Нестеренко, В.С. Дмитриев*
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Важнейшей частью обеспечения качества разработки является стендовая отработка. Стендовая отработка производится на большом числе различных стендов, обеспечивающих различные аспекты отработки.

Сложность отработки ПО АСБУ обусловлена необходимостью моделирования специфичной аппаратной среды (как ПЭВМ на которую устанавливается ПО АСБУ, так и сопрягаемых устройств), большого числа объектов, на которых установлено ПО, и взаимодействующих объектов.

При проектировании стенда ПМН АСБУ было принято решение о использовании технологии виртуализации, что в первую очередь снизило количество потребной аппаратуры и сделало доступным отработку нескольких объектов на одной ПЭВМ. Это позволило производить моделирование с привлечением большого числа объектов на малом числе аппаратных средств, снизило затраты на материальную часть и обслуживание стенда, при этом фактически не ограничило количество моделируемых конфигураций аппаратуры.

Разработанная архитектура стенда позволила проводить работы удалённо от основного оборудования стенда – путём использования переносных ПЭВМ.

Использование стенда позволило провести в кратчайший срок разработку ПО АСБУ и его сдачу на вооружение в составе ПБРК «Бастион».

КОМПЛЕКС ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

К.Н. Подсвилов, А.А. Галицын
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Несмотря на отлаженную работу и взаимодействие средств, входящих в состав космической системы (КС), восприятие и отслеживание функционирования КС как целого является проблематичным, ввиду сложности её построения. Данная особенность является предпосылкой создания комплекса информационно-аналитического сопровождения

КС, аккумулирующего разрозненные данные и представляющего их в централизованном, подготовленном для восприятия заданных аспектов виде.

Создаваемый комплекс предназначен для оперативного информационного обеспечения руководства и специалистов по системам о техническом состоянии средств КС с использованием современных методов визуализации (3D, 2D, графики, таблицы и т.п.) и выполняет информационно-аналитическое сопровождение эксплуатируемой КС с акцентом на функционирование космического аппарата (КА).

Задача создания данного комплекса является актуальной, так как при разработке сложных крупных систем, таких как космическая, эффективность их последующего сопровождения без средств оперативного информационного обеспечения становится обратно пропорциональной сложности самих систем.

Средства, входящие в состав КС и космического аппарата, обладают высокой степенью автоматизации, однако вопросы, возникающие на стыке подсистем, часто решаются с малой эффективностью. Это приводит к снижению оперативности принятия решений во время эксплуатации системы.

Рассматриваемый комплекс призван обобщить данные функционирования средств, входящих в состав КС, и представить текущее состояние КС как единого целого.

Применение комплекса информационно-аналитического сопровождения позволит расширить возможности качественного и оперативного контроля работы космической системы.

В настоящее время ведется разработка специального программного обеспечения и систем визуализации.

АКТУАЛЬНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИИ ОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ СПЕЦНАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ДОСТОВЕРНОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

А.Г. Груздев

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

ОАО «ВПК «НПО машиностроения» является Главным разработчиком ракетных комплексов спецназначения. Срок эксплуатации данных комплексов превышает гарантийный более чем в 3 раза. Дальнейшая эксплуатация связана с необходимостью обеспечения на прежнем

уровне как надежности и эффективности выполнения базовых задач, так и условий безопасной эксплуатации. На данном этапе эксплуатации необходимо решать следующие задачи:

- анализ возможности дальнейшей эксплуатации комплексов;
- анализ технического состояния и надежности комплексов;
- математическое определение возможного срока эксплуатации;
- определение перечня критичных элементов и критериев их определения.

определения.

Перечисленные задачи в значительной степени могут быть решены на основе инженерно-статистической обработки информации о результатах эксплуатации ракетных комплексов.

Основными данными, используемыми при расчетах показателей надежности и технического состояния, являются сведения об отказах, наработке составных частей комплекса, проводимых регламентных работах, продолжительности нахождения в различных степенях готовности и др.

Очевидна необходимость получения достоверной и полной информации для оценки текущих показателей надежности и технического состояния и построения адекватной математической модели долговечности.

Решаемая задача может быть решена путем:

- анализа нормативных документов, программ и методик по вопросам прогнозирования остаточного ресурса, технического состояния, надежности и сроков эксплуатации систем и агрегатов комплексов;
- анализа организации эксплуатации и результатов проведенных работ по техническому обслуживанию эксплуатируемых объектов;
- анализа и корректировки существующих методик и алгоритмов продления срока эксплуатации ракетных комплексов;
- выдаче рекомендаций по корректировке существующей нормативно-технической документации по организации системы эксплуатации ракетных комплексов.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕТЕРОГЕННЫХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ ЛИОФОБНЫХ
ЖИДКОСТЕЙ И ПОРИСТЫХ ТЕЛ**

В.Д. Борман, В.Н. Тронин, А.А. Белогорлов

**(ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ»)**

В.В. Конюков, В.И. Крайнюков, Г.Ф. Реш, М.Ю. Иванов
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

В работе предлагается защищенный патентом способ [1] создания демпфирующих устройств и аккумуляторов механической энергии, основанный на эффектах, сопровождающих поглощение энергии при заполнении пор (от 20 до 360 нм) и выделение энергии при вытекании из пор пористого тела несмачивающей его (лиофобной) жидкости.

Разработана математическая модель процесса заполнения и вытекания лиофобной жидкости из пор. На основе данной модели предлагается методика расчета критических давлений входа и выхода жидкости из пор, а также основных характеристик демпфирующих устройств и аккумуляторов механической энергии.

Разработаны методики проведения экспериментальных исследований. Представлены описания макетов демпфирующих устройств и стендов для их исследования.

По результатам исследований получены экспериментальные данные по величине давлений заполнения и выхода лиофобной жидкости из пор, удельного объема пор для используемых типов пористых тел (силохромов СХ-1, СХ-2, СХ-3, С-80).

По экспериментальным данным оценены удельные энергоёмкости процессов заполнения и выхода жидкости из пористых тел.

Для исследуемых силохромов получены динамические характеристики заполнения пор. Даны практические рекомендации по проектированию демпфирующих устройств.

Литература

1. Белогорлов А.А., Грехов А.М., Грибанов Е.В., Конюков В.В., Лисичкин Г.В., Тронин В.Н., Троян В.И. Способ поглощения энергии ударного воздействия с использованием гетерогенной системы. Патент № 2309307 от 24.07.2006.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИИ ПОВЕРХНОСТИ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ БАКОВ С ЦЕЛЬЮ
ПРОДЛЕНИЯ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ МБР**

Г.А. Ефремов, Г.Я. Гулидов, Г.Ф. Реш

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

А.К. Буряк, А.В. Ульянов

(Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН)

Одной из важных проблем, решенных в последнее время, является про-дление сроков эксплуатации изделий ракетной техники. В этих условиях возникают новые научные задачи по подтверждению работоспособности МБР, выводимых из эксплуатации и хранящихся нескольких лет с остатками компонентов ракетного топлива (КРТ) после слива, и подтверждению возможности использования их в качестве ракет-носителей (РН).

Работа посвящена приложению металлографических, физико-химических методов анализа и механических методов к исследованию состояния конструкционных материалов (КМ) топливных баков МБР с ЖРД при длительной эксплуатации и хранении с остатками КРТ.

Рассмотрены методические подходы к оценке состояния КМ в це-лях подтверждения их работоспособности при длительном контакте с КРТ. Приведены результаты физико-химических исследований поверх-ностей образцов, вырезанных из баков, хранившихся с остатками КРТ после штатной эксплуатации.

Предложена защищенная патентом технология консервации ба-ков, обеспечивающая сохранение физико-химических характеристик КМ при длительном хранении МБР с остатками КРТ в целях их последу-ющего ис-пользования в качестве РН.

Литература

1. Патент на изобретение № 2141434 «Способ опорожнения топливных гепильных баков». Приоритет от 20.08.98 г.

**ТЕХНОЛОГИИ ОАО «ВПК «НПО МАШИНОСТРОЕНИЯ»
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НАВИГАЦИИ И НАВЕДЕНИЯ ЛА
ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ МЕСТНОСТИ**

В.И. Мартынов, И.А. Иванов, М.В. Большаков, В.В. Савельев
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Растущие требования к точности навигации летательных аппаратов (ЛА) привели в 60-70 гг. к необходимости разработки принципиально новых – по сравнению с обычными инерциальными – навигационных систем, работа которых основана на определении положения ЛА путем сравнения наблюдаемых в полете изображений с заранее подготовленными эталонными.

Первым опытом ОАО «ВПК «НПО машиностроения» в области разработки такого рода систем явилась система навигации по радиолокационным картам местности «Кадр», созданная в рамках работы над комплексом «Метеорит» (70-80 гг.). Значительные трудности в ходе этих работ были вызваны явлением непредсказуемой яркостной изменчивости, не позволявшим использовать традиционный корреляционно-яркостный алгоритм привязки. Проблема была решена путем разработки и применения принципиально новых семантических алгоритмов привязки, инвариантных к изменению яркости объектов. Результаты многочисленных самолетных и натурных испытаний системы «Кадр» полностью подтвердили правильность принятых решений и высокую точность ее измерений во всех режимах.

Основываясь на научно-техническом заделе, полученном в рамках работ над системой «Кадр», ОАО «ВПК «НПО машиностроения» в последующем продолжило работы в области систем навигации и наведения по изображениям местности. В результате проведенных исследований удалось показать, что семантический подход к распознаванию, использовавшийся в системе наведения «Кадр» для РЛ изображений, может быть распространен на изображения, формируемые в других диапазонах длин волн.

Проработки показали, что наиболее перспективным направлением являются многоканальные оптические системы наведения, сочетающие в себе преимущества высокоточности и скрытности с практической всеуточностью и всепогодностью, а также высокой помехозащищенностью. Поэтому дальнейшие исследования сосредоточились на задаче совместной обработки разноспектральных изображений в рамках семантического подхода. Ввиду различия в физической природе

формирования изображений разных сенсоров, данная задача оказалась весьма нетривиальной. Результатом стала разработка, так называемого, гибридного алгоритма распознавания – комбинированного решения сочетающего в себе использование семантического и корреляционно-яркостного алгоритма.

Описанные подходы, являющиеся базовыми в ОАО «ВПК «НПО машиностроения» при построении систем навигации и наведения по изображениям местности.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПКР ПУТЕМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ ДАЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*Ю.Ф.Подоплекин, И.В.Симановский, П.А.Новиков,
И.В.Кучеренко, Ю.С.Ицкович*
(ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»)

В отличие от радиолокационных систем противовоздушной обороны и корабельных систем освещения надводной обстановки, бортовые радиолокаторы ПКР не должны освещать большие пространства и в связи с этим могут значительно больше времени (на несколько порядков) тратить на обнаружение объектов в заданной относительно небольшой, но дальней области земной поверхности.

На этом положении основан предлагаемый алгоритм дальнего обнаружения объектов для бортовых РЛС сантиметрового и миллиметрового диапазонов волн на ПКР. Увеличение дальности обнаружения в 2-3 раза по сравнению с классическими алгоритмами позволяет обеспечить высокую эффективность ПКР, независимо от времени устаревания информации о расположении объектов назначения.

Для исследования и отработки алгоритмов дальнего обнаружения в бортовых РЛС в ОАО "Концерн "Гранит-Электрон" организован Инженерный испытательный центр (ИИЦ) "Озерки", расположенный на северном берегу Финского залива. ИИЦ оборудован радиолокационными вышками, область обзора с которых покрывает акваторию Финского залива и южное побережье в районе Копорской губы и Лужской губы с объектами, расположенными на дистанциях от 10 км до 120 км.

Разработанная в Концерне методика испытаний с измерением координат объектов и энергетических параметров зондирующих и обнаруженных эхо-сигналов, позволяет экстраполировать результаты испы-

таний для любых алгоритмов обнаружения в бортовых радиолокаторах с произвольной мощностью радиопередающих устройств.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПКР МОРСКОГО И НАЗЕМНОГО БАЗИРОВАНИЯ

Е.А.Горбачев, В.Д.Кедров, А.М.Тазьба
(ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»)

И.В.Кудрявцев
(ОАО «РИРВ»)

Рассматриваются особенности проектирования интегрированной (инерциально-спутниковой) навигационной системы (ИНС) для ПКР морского и наземного базирования, построенной на основе комплексирования СИН, АПСН и РВ. Такая ИНС должна обеспечить расширение круга решаемых задач за счет приведения ПКР с высокой точностью к точечным неподвижным нерадиоконтрастным объектам без использования РЛВ.

Анализируются проблемы, связанные с установкой АПСН на борту ПКР и ее задействованием, использованием получаемой информации для комплексирования с СИН и РВ. В число рассматриваемых проблем входят обеспечение:

- минимального времени задействования АПСН ("горячий" или "теплый" старт);
- высокой точности определения навигационных параметров ПКР путем компенсации отдельных составляющих погрешностей АПСН на различных участках траектории полета ПКР;
- более высокой помехозащищенности АПСН за счет использования информации о навигационных параметрах ПКР от СИН;
- поддержания достигнутого уровня точности выходной информации ИНС при преодолении зон подавления АПСН или зон с недостаточным для получения навигационного решения от АПСН количеством навигационных спутников.

Рассматриваются необходимые требования к проектируемым алгоритмам комплексирования ИНС и анализируются результаты математического моделирования и данные натурных испытаний ПКР, подтверждающие предложенные технические решения.

КОМПЕНСАЦИОННЫЙ МЕТОД НАЧАЛЬНОЙ ВЫСТАВКИ БИНС

О.Ю. Златкин, А.Н. Калногуз, В.М. Тиховский
(НПП «Хартрон-Аркос»)
arkos@sovam.kharkov.ua

Предложен метод начальной выставки БИНС, установленной на неподвижном или на подвижном основании. Метод основан на векторном согласовании измерений кажущегося ускорения и абсолютной угловой скорости, производимых автономно в опорной и выставленной навигационных системах.

Алгоритмическая реализация метода заключается в определении корректирующей матрицы, с помощью которой компенсируется отличие между заданными в опорной навигационной системе и измеренными в БИНС векторными величинами. При рассматриваемом подходе элементы корректирующей матрицы являются параметрами регулирования в замкнутом контуре уравнений ошибок. После завершения переходных процессов оценивания корректирующая матрица автоматически устанавливается равной искомой матрице невыставки двух координатных систем.

Эффективность метода подтверждена в ходе наземных испытаний, а также в телеметрическом варианте работы БИНС при пусках РКН «Днепр».

АСУ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БПЛА РАЗРАБОТКИ НПО МАШИНОСТРОЕНИЯ

С.Г. Милюченко, А.Н. Нестеренко, А.С. Сгонников,
В.С. Дмитриев, В.Н. Дудченко
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Одной из основных особенностей современных БПЛА является наличие на борту высокоинтеллектуальных систем способных автономно осуществлять высокоточную навигацию, в свою очередь требующую заблаговременного информационного обеспечения. Для формирования информационного обеспечения таких БПЛА требует взаимовязка различных источников информации для получения исходных данных, позволяющих работать БПЛА в заданных районах.

Основными вопросами стали высокие требования к точности выходной информации – что необходимо для обеспечения высокой точности ведения БПЛА по маршруту.

Для решения данной задачи была выбрана итерационная концепция построения данных для маршрута, позволяющая получить заданную точность наведения БПЛА:

- выбор типа выведения позволяет для каждого направления подхода обеспечить заданную точность приведения БПЛА.

- выбор точек для маршрутной навигации позволяет решить задачу обеспечения точности знания навигационной информации на борту БПЛА при движении в заданной трубке траекторий.

Для обеспечения высокого качества привязки маршрута к расчётной траектории использовались заделы, сформированные в рамках разработки комплекса «Метеорит», что позволило в алгоритмическое обеспечение комплекса ИО ввести модернизированные версии таких алгоритмов как: алгоритм селекции Савельева-Козко, что придало информационному обеспечению свойства всепогодности и всесезонности.

В качестве одной из ключевых особенностей ПАК ППЗ следует выделить то, что он использует информационные документы, имеющие длительное время устаревания. Как следствие, задания долго сохраняют актуальность.

Удалось провести оптимизацию состава информационного обеспечения, что позволило снизить требования к использованию сложных в производстве информационных документов за счёт увеличения использования широко распространённых документов.

МОДУЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАДАЧ АСУ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БЛА

М.А. Колосов, Ю.В. Мельников, А.С. Сгонников, А.Н. Нестеренко
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

НПО машиностроения имеет большой опыт в разработке АСУ планирования применения БЛА. Основные алгоритмы планирования применения БЛА для различных носителей подобны.

Для унификации решения задач планирования применения БЛА и сохранения наработанных ноу-хау был создан модуль функциональных задач, позволяющий проводить расчёт траектории и эффективности использования БЛА.

Разработанный модуль умеет функционировать под широким спектром операционных систем, что позволяет его использовать в различных АСУ планирования применения БЛА.

Выделение основных алгоритмов планирования применения позволило провести тиражирование отработанного решения в комплексах планирования применения БЛА различных уровней.

В настоящее время модуль функциональных задач внедрён в комплексы АСУ планирования на уровне бригады и штаба, разработанные для ВС РФ.

ЕДИНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА И ХРАНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Л.М. Жебрак

(ООО «Смартвиз»)

Г.С. Гохберг

(Ярославский технический университет)

С.Г. Милюченко, О.С. Илек, К.Б. Каширцев, А.Н. Нестеренко

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Разработка современных технических систем невозможна без проведения различных испытаний, главным результатом которых является уникальная информация, необходимая специалистам для анализа работы системы, подтверждения и корректировки технических решений.

В процессе такого анализа требуется использование даже в однотипных исследованиях, различных видов источников данных и разнообразных форматов информации, что затрудняет автоматизацию анализа, так как изменение форматов представления информации обычно требует разработки новой структуры хранения и обработки этих данных.

В работе рассматривается разработка системы хранения данных, инвариантная относительно конкретной формы их представления в том или ином испытании. Предлагаемое решение позволяет в едином обобщенном формате хранить и анализировать результаты не только прошедших, но и будущих испытаний, поскольку механизм хранения данных не зависит от конкретной формы их представления. При создании этой единой системы были решены следующие принципиальные задачи:

- Разработана онтология, обеспечивающая единообразное представление и хранение в единой базе данных информации испытаний, полученной с различных приборов и систем.
- Разработана программная платформа, предоставляющая возможность применения специфических для каждого испытания или группы испытаний алгоритмов анализа информации с помощью под-

ключаемых к системе внешних программных модулей. Применение этой системы позволяет создать единое хранилище экспериментальной информации различного вида и формата, полученной из разнородных источников и позволяет осуществлять её систематизацию и автоматизированный анализ, повышая тем самым эффективность работы высококвалифицированных специалистов.

О КОНЦЕПЦИИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ РЕЗЕРВНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

К.А. Воронцов, Г.С. Мыцык
(НИУ «МЭИ»)

Совершенствование (модернизация) электротехнических устройств и электротехнических комплексов на их основе предполагает совершенствование технических решений и методов проектирования. Решение этой задачи на практике реализуется обычно в двух направлениях. Первое направление – частичная модернизация не затрагивает принципиального структурно-алгоритмического облика систем и, в основном, проводится путём замены комплектующих компонентов и материалов на более современные. Данный путь наименее затратный и наиболее быстрый. Даже при таком подходе может достигаться существенный положительный эффект. При втором направлении – глубокой модернизации, разрабатывается новая более совершенная (по критерию энерго- и ресурсосбережения) структурно-алгоритмическая организация системы (как в объёме отдельных узлов, так и системы в целом).

В настоящем докладе излагаются некоторые результаты решения данной задачи в двух направлениях применительно к системе резервного электропитания специального назначения (РЭСН), выпускаемой ОАО «ГОКБ «Прожектор» и разработанной совместно с кафедрой ЭКАО НИУ «МЭИ». При этом основное внимание уделено второму направлению модернизации. В этом случае РЭСН выполняется в виде следующих последовательно включённых силовых звеньев: регулируемый по напряжению повышающий конвертор с двухканальным преобразующим трактом и трансформаторным выходом, выпрямитель, сглаживающий фильтр, трёхфазный инвертор с ШИМ выходного напряжения, двухканальным преобразующим трактом и выходным трёхфазным фильтром. Данное направление модернизации требует значительных трудозатрат и большего финансирования, однако обеспечивает возможность достижения ряда существенно более высоких показателей качества. Очевидно, что реализация такой структуры более сложная как

в техническом плане, так и в плане проектирования. Достижение в этом случае максимальных показателей качества системы возможно только при системном подходе к проектированию. Представляется, что в качестве средства решения этой задачи безальтернативным является использование имитационного компьютерного моделирования (ИКМ). Конверторное звено построено на основе нулевых инверторных ячеек, работающих на высокой частоте (30 кГц), известным недостатком которых является необходимость использования средств борьбы с коммутационными перенапряжениями (СБКП), обусловленными индуктивностями рассеяния обмоток трансформатора.

В качестве СБКП использовано разработанное на кафедре ЭКАО НИУ «МЭИ» эффективное устройство, обеспечивающее возврат энергии коммутационных издержек в источник питания. На данном этапе на основе ИКМ получены результаты исследования, необходимые при системном проектировании. Конечной целью исследований является создание методики системного проектирования РЭСН в целом. ИКМ предоставляет все необходимые возможности для решения этой задачи.

МАШИННО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ГЕНЕРИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ И МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Г.С. Мыцык, М.Ю. Румянцев
(НИУ «МЭИ»)

Мировая тенденция ускоренного развития малой энергетики, состоящая в создании множества автономных генерирующих систем относительно малых мощностей (от единиц и десятков до сотен киловольт-ампер), имеет под собой обоснованные соображения. В основе этой концепции развития электроэнергетики лежит, в частности, повышение живучести (надежности) электроснабжения, как на отдельно взятых ответственных объектах, так и по стране в целом, а также масштабное применение экологосберегающих технологий за счет прямого использования энергии возобновляемых природных ресурсов. Реализация данной концепции актуализирует решение проблемы глубокой проработки совокупности соответствующих технических решений, обеспечивающих ускоренное внедрение их в практику. В докладе рассматриваются вопросы, связанные с совершенствованием некоторых типов автономных систем электроснабжения (АСЭС), основанных на преобразовании механической энергии с переменной частотой вращения приводного вала в общем случае в электрическую энергию трех-

фазного переменного тока с последующей стабилизацией частоты и напряжения с помощью статических (электронных) преобразователей частоты (СПЧ). Эти системы известны как системы ПСПЧ – переменная скорость постоянная частота. Составной частью систем типа ПСПЧ являются вентильные генераторы, включающие в себя электрический генератор, в том числе индукторного типа (ИГ), и выпрямительное устройство. В докладе проводится классификация таких систем и отмечается состояние их развития на кафедре «Электротехнические комплексы автономных объектов» (ЭКАО) НИУ «МЭИ». Основными направлениями проводимых на кафедре ЭКАО разработок новой техники являются системы основного и резервного электропитания специального назначения (для авиационных и ракетно-космических систем) с требуемыми сочетаниями параметров первичной и вторичной электроэнергии:

- инверторы однофазные и трехфазные различного назначения, реализующие современные принципы их синтеза;
- трансформаторно-выпрямительные и автотрансформаторно-выпрямительные устройства с улучшенной электромагнитной и электроэнергетической совместимостью;
- системы типа ПСПЧ (переменная скорость – постоянная частота) на базе синхронизированного асинхронного генератора;
- вентильные генераторы с улучшенными массогабаритными показателями, в том числе, на основе ИГ и асинхронной электрической машины с управляемым с помощью активного выпрямителя самовозбуждением;
- высокоскоростные (с частотой вращения до 250 000 об /мин) генераторы с возбуждением от постоянных магнитов с лепестковыми опорами.

Практически во всех разработках используются предложенные на кафедре и запатентованные технические решения.

СОДА – НОВАЯ СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОБЗОР АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ

М.В. Баклановский, А.Р. Ханов
(СПбГУ)

m.baklanovsky@spbu.ru

Сегодня в области средств борьбы с вредоносными программами намечается серьезный кризис. Антивирусное ПО не позволяет эффективно бороться с вирусным заражением.

Сигнатурная защита, лежащая в основе работы современного антивируса, практически выработала свой потенциал по скорости реагирования на постоянно возникающие вредоносные программы (АРТ). Злоумышленник всегда способен создать вирус, который не содержится в базах сигнатур и обходит эвристические алгоритмы обнаружения. Распространяясь через ботнеты, такая программа быстро заражает тысячи машин. Не менее опасны локальные атаки - атаки на конкретные предприятия или географические области. Такие вредоносные программы могут в течение длительного времени не быть проанализированы и занесены в базу, а значит и обнаружены. В результате этого технологии борьбы с вирусным заражением всегда на шаг отстают от технологий атаки. Для злоумышленника целевые машины выглядят фактически незащищенными.

CODA это новейшая распределенная мультиагентная система безопасности, которая предлагает по-новому построить процесс борьбы с вредоносными программами. Антивирус на 100% защищает пользователя от известных угроз и практически не защищает от неизвестных. CODA не дает полной гарантии того, что машина защищена, все работающие на ней процессы и потоки потенциально могут быть вредоносными. До тех пор, пока угроза с их стороны не начала проявляться явно, система не вмешивается в их работу. Когда какой-либо из этих объектов начал вести себя не так, как раньше, он начинает представлять потенциальную угрозу и система применяет меры противодействия, "выдавливания" этого объекта. Ей не нужны базы сигнатур, ее работа основана на тщательном изучении работы самой операционной системы пользователя и построении моделей процессов и потоков. Поэтому она способна мгновенно реагировать на вновь возникающие угрозы.

Такой метод обнаружения вредоносных программ называется аномальным. Его изучением занимается компьютерная иммунология. Алгоритмы построения моделей легитимных процессов и поиска аномалий известны с 1996 г. Аномальный подход не получил широкого распространения в антивирусных продуктах, так как моделирование легитимных программ - сложный процесс. Аномальные системы обнаружения имеют высокий процент ложных срабатываний и большую вычислительную сложность. В CODA эта задача решается распределено. Реализация и распространение системы позволит вывести борьбу с киберпреступниками на новый уровень.

**MCD – ТЕХНОЛОГИЯ ОДНОВРЕМЕННОЙ БЕЗОПАСНОЙ
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ РАЗНЫХ УРОВНЕЙ СЕКРЕТНОСТИ**

М.В. Баклановский, А.О. Малыгин, Р.С. Одеров, С.А. Серко
(СПбГУ)

m.baklanovsky@spbu.ru

Если пользователь хранит или обрабатывает секретную информацию локально, то любая брешь в защите может привести к ее потере. Основными источниками угроз являются запускаемые на локальной машине приложения и сеть Интернет. Сейчас описанная проблема решается с использованием разных компьютеров: одного для взаимодействия непосредственно с важными данными, а другого – для запуска необходимых второстепенных приложений и выхода в Интернет. Такой способ неудобен, поэтому предлагается работать со всеми приложениями и данными в рамках одной машины, причем делать это безопасно. Для этого необходимо изолировать компьютер пользователя от доступа к сети Интернет, переместить важные данные в отдельное хранилище с повышенной степенью защиты, отказаться от исполнения приложений локально и рассредоточить их по серверам в соответствии с требуемым уровнем безопасности. Клиенту будут передаваться только состояния приложений.

Клиент, используя свой локальный компьютер, работает с необходимыми приложениями: он видит привычные окна запущенных программ, взаимодействует с ними через клавиатуру/мышь... Однако ключевое отличие от работы с обычной системой заключается в том, что пользователю предоставляется лишь иллюзия локальной работы. А именно, пользователь видит лишь «мгновенные снимки» приложения, которое на самом деле функционирует в удаленном облаке, состоящем из специальных серверов.

На локальном компьютере с высокой степенью защиты (как программной, так и аппаратной) функционирует только тонкий клиент, реализующий протокол общения с серверами приложений. Машина изолирована от сети Интернет и не имеет сторонних программ. По требованию пользователя приложения запускаются в облаках, которые могут располагаться внутри организации и тоже не иметь выхода в Интернет. Клиент получает видео-поток, отображающий состояние запущенной программы, и демонстрирует его пользователю. Пользователь, в свою очередь, видит приложение так, будто оно запущено локально. В качестве элементов взаимодействия с приложением на соответствующий сервер отправляются сигналы нажатий клавиш клавиатуры и мыши, а

также относительные координаты курсора. Там они обрабатываются, и обновленное состояние приложения передается пользователю.

Каждое приложение в облаке запускается в отдельной изолированной среде, которая создается с использованием технологии виртуализации.

МАК – МНОГОУРОВНЕВАЯ АРХИТЕКТУРА КОДА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБФУСКАЦИИ

Баклановский М.В.
(СПбГУ)

m.baklanovsky@spbu.ru

Программные продукты часто содержат фрагменты, особенности реализации которых их разработчики или владельцы хотели бы сохранить в тайне в течение большого промежутка времени. В этом случае исполняемые файлы продукта подвергаются преобразованию, которое не изменяет их функциональность, но усложняет их анализ. Подобные преобразования называются обфускацией.

Главными особенностями обфускации на основе МАК являются высокая сложность анализа преобразованных фрагментов и уникальность каждого исполняемого преобразования (каждый раз строится новая схема преобразования, и эти схемы практически не повторяются). Однако, при этом защищаемый продукт должен быть разработан в структурной или объектной парадигме (т.е. без использования модификаций кода, переходов по вычисляемым только в процессе выполнения адресам и т.п.), в продукте не должно жёстко контролироваться время исполнения отдельных его фрагментов и продукт должен быть разработан с некоторым запасом по производительности.

Исполняемые файлы продукта подвергаются бинарной трансляции в исполняемые файлы МАК, при этом тщательно изучается код, который должен быть подвергнут обфускации и строится многоуровневое его представление – М-код. Генератор виртуальных машин порождает специальную виртуальную машину для исполнения полученных файлов и модуль бинарной трансляции для исполнения виртуальной машины на заданной программно-аппаратной платформе. После этого выполняются преобразования М-кода требуемой сложности (алгоритм Колберга), а некоторые фрагменты М-кода берутся под особый контроль для предотвращения возможных попыток модификации и частичного переиспользования.

**ОДНОВРЕМЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОЙ
ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА И ТРЕХМЕРНОЙ
МОДЕЛИ ЕГО ОКРУЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ВИДЕОКАМЕРЫ**

Д.С. Кривоконь, А.Т. Вахитов, Л.С. Гуревич, О.Н. Граничин
(СПбГУ, ООО «Лаборатория цифрового зрения»)
dmitry00@gmail.com, lev.gurevich@divisionlabs.com,
a.vakhitov@spbu.ru, oleg_granichin@mail.ru

В настоящее время в робототехнике, автомобилестроении и военной промышленности активно используются цифровые камеры оптического и других диапазонов, позволяющие в режиме пассивного наблюдения решать задачи распознавания объектов и ситуаций, навигации в пространстве, построения его трехмерной модели в реальном времени. Кроме того, в фотограмметрии решаются задачи реконструкции ландшафтов, зданий и др. объектов по фотографиям.

В докладе будет продемонстрирован опыт реконструкции собственной траектории кварталов по наблюдениям с движущейся видеокамеры, закрепленной на автомобиле. Будет изложен новый разработанный авторами метод реконструкции положения неподвижных и движущихся объектов по наблюдениям с одной движущейся камеры, при условии, что ее движение является независимым от движения других наблюдаемых объектов. Кроме того, будет показана разработанная система автоматического распознавания специальным образом обозначенных объектов – маркеров на изображениях и видеозаписях, позволяющая с известной точностью осуществлять привязку собственного положения к некоторым заданным системой маркеров координатам.

Быстрое развитие технологий компьютерного зрения и мощности вычислительных устройств приводит к повсеместному проникновению решений на их основе во многих отраслях техники во всем мире. Необходимость разработки в РФ собственных решений в области компьютерного зрения военного назначения обусловлена принципиальной невозможностью импорта подобных технологий из других государств, с одной стороны, и необходимостью их применения для сохранения конкурентоспособности современной российской военной техники – с другой.

АДАПТИВНАЯ МУЛЬТИАГЕНТНАЯ ОПЕРАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ КОМПЛЕКСОВ БПЛА

К.С. Амелин, Н.О. Амелина, О.Н. Граничин

(Санкт-Петербургский государственный университет)

konstantinamelin@gmail.com

В современном мире беспилотные летательные аппараты (БПЛА) приобретают все большую популярность в качестве легких и недорогих инструментов для исследования, разведки, воздушных съемок. Применение группы БПЛА позволяет получить дополнительные преимущества над обособленным БПЛА.

Большинство современных систем управления группой БПЛА характеризуются отсутствием автономной постановки новых задач, позволяющей группе оперативно принимать эффективные решения по изменению сценария выполнения поставленной задачи. Любая модификация схем принятия решений в традиционных системах представляет собой весьма сложный и трудоемкий процесс и требует высокой квалификации исполнителей, что делает разработку и эксплуатацию рассматриваемых систем крайне дорогостоящими.

Сегодняшние тенденции в развитии вычислительной техники — миниатюризация и повышение производительности процессоров, от приоритетов бесконечного наращивания тактовой частоты и мощности одного процессора производители переходят к многоядерности, параллелизму, к объединению отдельных процессоров в комплексы. Но такие системы, как правило, обладают жесткой иерархией, что ограничивает область их эффективного применения, а отказ малого числа узлов на верхних уровнях иерархии может сказаться на работе всей системы. При создании крупных систем для преодоления подобных сложностей все чаще применяют идеологию мультиагентных систем (МАС). В таких системах нет жестко заданных связей между элементами и каждый элемент — агент — обладает определенной самостоятельностью и способен образовывать связи с другими агентами в процессе решения задач по мере необходимости.

В докладе описаны результаты по разработке теоретических основ создания операционных систем (ОС) реального времени, предназначенных для организации групповой работы комплексов БПЛА, построенных на принципах мультиагентных технологий. Также в докладе описана тестовая группа БПЛА, на которой проходят испытания частей разрабатываемой операционной системы.

**ПРИМЕНЕНИЕ РАНДОМИЗАЦИИ ПРИ ВЫБОРЕ ЗНАЧИМЫХ
ТОЧЕК КОНТУРА ШАБЛОНА В ЗАДАЧЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ
ОБЪЕКТОВ НА ЗАШУМЛЕННОМ ИЗОБРАЖЕНИИ**

С.С. Сысоев, Ю.Г. Велюхов

(Санкт-Петербургский государственный университет)

sysoev@petroms.ru

Задача автоматизированного поиска объектов известного вида на изображении имеет множество практических применений. Автоматизация поиска требуется всегда, когда по каким-либо причинам приходится исключить из процесса участие человека, например, из-за большого объема информации или высоких требований к скорости принятия решений. Возможны ситуации, когда участие человека в процессе не только неэффективно, но и невозможно, как в случае анализа местности беспилотным летательным аппаратом.

Решение задачи поиска обычно связано с процедурой сравнения исследуемого изображения (или его участков) с некоторым образцом. При этом различные алгоритмы по разному подходят к задаче подготовки объектов сравнения и оценке качества найденных соответствий.

В докладе рассмотрена рандомизированная модификация обобщенного преобразования Хафа, позволяющая существенно уменьшить время работы алгоритма без значительных изменений в его точности. Рандомизация применяется при выборе точек контура искомого объекта, участвующих в оценке соответствия ему контуров, обнаруженных в изображении.

Для демонстрации работы предложенного алгоритма создан тестовый стенд, включающий в себя компьютер с запущенным на нем алгоритмом, управляемый им квадрокоптер Ar.Drone 2.0, и игрушечный танк с дистанционным управлением. Стенд позволяет продемонстрировать процесс автоматического поиска мишени (танка) летательным аппаратом и отслеживание перемещений мишени в реальном времени.

ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ БЕСПАРАЛЛАКСНОЙ ОЭС КРУГОВОГО ОБЗОРА

С.В. Лебедев, А.М. Князев
(г. Москва, ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ»)

Получение информации об окружающей обстановке на дальностях до 5-ти километров зачастую реализуется с использованием оптического канала. Видимый и ИК-диапазоны излучения содержат значительный объем информации, который может быть использован для наблюдения, обнаружения и распознавания целей, их сопровождения и выдачи угловых координат.

Одним из наиболее перспективных путей развития современных панорамных оптико-электронных систем (ОЭС) наблюдения является увеличение их поля зрения без уменьшения разрешающей способности и кадровой частоты. Использование для этих целей широкоугольных объективов или механизмов последовательного сканирования окружающего пространства этим условиям не удовлетворяет.

Вариант исполнения панорамной ОЭС в виде ТВ-приемников, расположенных на окружности и ориентированных от ее центра, решает задачу увеличения поля зрения без потери разрешения и кадровой частоты. Формирование панорамной картины при таком пространственном положении фотоприемных устройств неизбежно осложняется эффектом параллакса. При увеличении глубины наблюдаемого пространства и расстояния между объектами переднего и заднего планов, искажения панорамного изображения проявляются заметнее.

При использовании нескольких ТВ-приемников, разнесенных в пространстве, минимизация эффекта параллакса возможна за счет применения в конструкции ОЭС специального оптико-механического блока. При этом пространственное разрешение и кадровая частота остаются высокими. Разработанный блок позволяет реализовать увеличение поля зрения ОЭС как по азимуту, так и по углу места. Отсутствие искажений изображения ОЭС, связанных с параллаксом, позволяет упростить алгоритм формирования панорамной картины и за счет этого высвободить дополнительные вычислительные мощности, а также повысить качество результатов работы алгоритмов обнаружения, распознавания и сопровождения целей.

ПУТИ ПОСТРОЕНИЯ ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНОГО ИК-МОДУЛЯ С ПОВЫШЕННЫМИ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ И УГЛАМИ ОБЗОРА

В.А. Казаков, О. А. Князева, В.Н. Бодров
(г. Москва, ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ»)

В настоящее время в системах обеспечения безопасности широко применяются тепловизионные системы. При одновременной работе с несколькими быстро перемещающимися объектами важную роль играет не только быстродействие оптико-электронных систем (ОЭС), но и её рабочее угловое поле зрения. Попытки увеличить угол зрения наталкиваются на противоречие, связанное с необходимостью уменьшения фокусного расстояния объективов ОЭС, что сопровождается снижением пространственного разрешения ОЭС. Поэтому задача повышения углового поля зрения является весьма важной актуальной задачей, которая требует своего разрешения. Оптимальное решение, позволяющее получать единое видеоизображение пространства – многоканальная панорамная оптико-электронная система (ПОЭС).

В основу разрабатываемой концепции положен принцип совмещения углов зрения отдельных ИК-камер в единое поле зрения, что позволит увеличить массив фоточувствительных приемников пропорционально количеству используемых ИК-камер. При разработке системы было отдано предпочтение следующим схемам: линейное расширение углового поля зрения за счет расположения оптических осей нескольких ИК-камер в одной плоскости; одновременное расширение углового поля зрения по углу места и по азимуту, пропорциональное количеству используемых камер.

Применение тепловизионных оптико-электронных систем с увеличенным углом обзора и высоким пространственным разрешением позволит с высокой точностью определять угловые координаты объектов.

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ НИЗКОУРОВНЕВЫХ ТВ-КАМЕР НА БАЗЕ ПЗС-МАТРИЦ С ВНУТРЕННИМ ЭЛЕКТРОННЫМ УМНОЖЕНИЕМ (EMCCD)

С.А. Казначеев, В.Н. Бодров
(г. Москва, ФГБОУ ВПО «НИУ «МЭИ»)

Результатом прогресса фоточувствительных ПЗС-приёмников, стало появление ПЗС матриц с внутренним электронным умножением.

Обозначение, принятое в настоящее время в зарубежной литературе для таких устройств, это аббревиатура - EMCCD (electron multiplying CCD) – ПЗС с электронным умножением.

Чувствительность новейших ТВ-камер на базе охлаждаемых фото-чувствительных EMCCD сенсоров позволяет работать при весьма низких уровнях освещённости порядка 10^{-5} - 10^{-4} люкса.

Главное отличие EMCCD матриц от традиционных ПЗС-устройств - это наличие внутреннего регистра умножения, играющего роль усилителя сигнала. Принцип работы регистра внутреннего умножения основан на явлении умножения зарядового пакета при лавинном пробое в полупроводниковой структуре матрицы. Данный режим работы требует тактирования регистра умножения высоким (для цифровой схемотехники) уровнем напряжения.

Для рассмотренной EMCCD матрицы типа CCD97 соответствующие величины составляют 45 В при длительности фронтов тактирующего сигнала порядка 25 нс. В настоящее время отсутствует функционально завершённая база интегральных электронных компонентов, позволяющих осуществить преобразование электрических сигналов логического уровня напряжения в сигналы с требуемыми характеристиками.

В качестве решения данной проблемы предложено использовать принципы схемотехники ключевых импульсных устройств. При разработке ТВ-устройства на базе EMCCD матрицы типа CCD97 использовано два варианта построения преобразователя уровней напряжения управляющего сигнала: схема типа полумост на комплементарных МДП транзисторах с P и N каналами, гальванически развязанная с источником сигнала управления, и схема типа полумост на N-канальных МДП транзисторах под управлением специализированной микросхемы драйвера.

Получены предварительные результаты работы макета ТВ-камеры, использующей EMCCD матрицу типа CCD97.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ И СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛА

Д.Г. Теммер

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Изготовление многослойных панелей обшивки ЛА считается одной из наиболее трудоёмких этапов производства. Сборка подобных конструкций связана с формовкой отдельных элементов, сваркой, осу-

ществлением болтовых или паяных соединений, а также многочисленной подгонкой отдельных частей. Для создания гиперзвуковых ЛА многослойные панели подчас необходимо изготавливать из дорогих, трудно деформируемых металлов и сплавов.

Специалистами ОАО «ВПК «НПО машиностроения» разработана уникальная технология изготовления многослойных панелей из титана на основе эффекта сверхпластичности для силовых и аэродинамических элементов гиперзвуковых ЛА. Данный технологический подход позволяет:

Сократить трудоёмкость и время на изготовление многослойных панелей за счёт совмещения процессов формовки и сварки.

Значительно увеличить показатель КИМ в виду устранения подрезания отдельных элементов и сокращения брака при формовке.

Использовать маломощное стандартное пресловое оборудование или газостатическую формовку.

Увеличить качество производимой продукции путём устранения значительной части промежуточных и подготовительных операций.

В докладе рассмотрены основные этапы подготовительных и сборочных работ, а так же теоретическое обоснование метода:

Подготовка структуры металла для наилучшего протекания процессов пластической деформации, придания ему заданных прочностных характеристик и обеспечение тепловых режимов для проявления эффекта сверхпластичности, который значительно облегчает формовку ядра панели и сварку с боковыми поверхностями.

Газостатическая формовка ядра панели и приварка боковых поверхностей за счет диффузии материала элементов конструкции, обеспечивающая бесшовное соединение заданной прочности с минимальным количеством дефектов, а так же полным отсутствием утяжек.

Понятие сверхпластического состояния материала его теоретическое обоснование способы реализации и перспективы применения.

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
КОНСТРУКЦИОННОГО И ТЕПЛОЗАЩИТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ**

А.В. Ширяев, М.А. Смирнов, И.Г. Романова
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Известно, что теплостойкость элементов конструкции ГЛА является одним из наиболее серьезных факторов, приводящих к ограничениям на параметры движения, такие как скорость, скоростной напор, угол атаки. Эти ограничения решающим образом влияют на располагаемую дальность полета изделия и глубину маневров при подлете к цели.

В связи с возрастающими требованиями к перспективным летательным аппаратам, весьма актуальной является проблема создания материалов с рабочей температурой свыше 1300°С, особенно применяемых в радиопрозрачных элементах конструкции (таких как оболочки радиопрозрачных обтекателей), обеспечивающих работоспособность аппаратуры систем навигации и наведения ГЛА на цель - головок самонаведения, радиовысотомеров, аппаратуры спутниковой навигации и т.д.

В связи с этим перед специалистами ОАО «ВПК «НПО машиностроения» встала задача в области разработки и исследования неметаллических композиционных материалов, применяемых для изготовления деталей гиперзвуковых летательных аппаратов.

Разрабатываемые материалы должны соответствовать следующим требованиям:

- сохранять работоспособность при температуре эксплуатации свыше 1300°С,
- иметь высокие физико-механические характеристики,
- обладать достаточно высокими диэлектрическими свойствами, и сохранять их во время полета для обеспечения работоспособности антенных устройств радиопрозрачного обтекателя.

Проведены работы по разработке технологии формирования высокотемпературной матрицы композиционных материалов на основе объемно-упрочненных цельнотканых каркасов.

Проведена отработка технологии изготовления деталей из стеклопластиков на основе алюмофосфатного связующего методом пресскammerного формования.

В данной работе представлены результаты комплексных исследований разрабатываемых радиопрозрачных композиционных материалов и результаты отработки технологии.

**ФПУ БЛИЖНЕГО ИК ДИАПАЗОНА НА БАЗЕ К-МОП
МАТРИЦЫ. СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТКИ И ПОЛЕВЫЕ
ИСПЫТАНИЯ МАКЕТОВ**

Н.В. Комаров, В.А. Кулиев, А.А. Комов, А.И. Заган,

С.В. Федоренко, Д.В. Беседин

(ЗАО «Мультиспектр»)

И.А. Иванов, В.А. Степнев

(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

В диапазоне (1-3) мкм, который принято называть ближним ИК, все объекты наблюдаются в отраженном свете, при этом естественная ночная освещенность в ближнем ИК диапазоне заметно выше, чем в видимом спектре. Это позволяет использовать приборы этого диапазона в качестве высокоэффективных приборов ночного видения.

Некоторые свойства излучения диапазона (1-3) мкм, определяют решающее преимущество видеосистем этого диапазона перед традиционными приборами ночного видения (ПНВ) на базе электронно-оптических преобразователей (ЭОП), работающих в диапазоне до 1 мкм: излучение диапазона (1-3) мкм гораздо лучше проникает через атмосферные помехи – дым, пыль и туман. Это делает видеокамеры ближнего ИК диапазона незаменимыми при работе в сложных метеоусловиях, в зоне пожаров, стихийных бедствий и техногенных катастроф. Такие приборы могут использоваться во всепогодных охранных системах наблюдения, в системах наблюдения аппаратов, работающих в зоне чрезвычайных ситуаций, в том числе дистанционно управляемых аппаратов; они могут повысить безопасность движения высокоскоростных транспортных средств - железнодорожных составов, судов, самолетов, и т.д.

Кроме того, в ближнем ИК диапазоне хорошо заметны и высокотемпературные объекты, например, очаги пожаров – уже по собственному, а не отраженному излучению.

Широкому применению видеосистем ближнего ИК диапазона более всего препятствует их высокая цена по сравнению с ПНВ на базе ЭОП и весогабаритные показатели.

ЗАО «Мультиспектр» проводит работу по созданию компактных, дешевых видеосистем ближнего ИК диапазона. Для оценки практических преимуществ и условий применения приборов, разработан и изготовлен упрощенный макет двухдиапазонной видеосистемы, включающей камеры видимого и ближнего ИК диапазонов. Камеры имеют совмещенное поле зрения, изображения выводятся на общий экран.

Уже первые натурные эксперименты показали высокую эффективность наблюдения в ближнем ИК диапазоне в условиях интенсивных атмосферных помех. Объекты, не наблюдаемые через дымовой шлейф (горящая сырая древесина, дымовые шашки) камерами видимого спектра, четко наблюдаются и легко распознаются при наблюдении в ближнем ИК диапазоне. В настоящее время готовятся испытания макета на воздушном носителе.

К сожалению, в настоящее время все серийно производимые матричные приемники ближнего ИК диапазона имеют зарубежное происхождение и высокую стоимость.

ЗАО «Мультиспектр» готовит разработку монолитной К-МОП матрицы ближнего ИК диапазона; монолитная конструкция отличается высокой прочностью и надежностью, невысокой стоимостью, и доступностью для массового производства на базе освоенных нашей промышленностью технологий.

ПОМЕХОУСТОЙЧИВАЯ МНОГОСПЕКТРАЛЬНАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ НОСИТЕЛЕЙ С ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

*Н.В. Комаров, В.А. Кулиев, А.А. Комов, А.И. Заган, С.В. Федоренко,
Д.В. Беседин, И.А. Иванов*
(ЗАО «Мультиспектр»)

В.И. Мартынов, М.В. Большаков, С.Г. Милюченко, В.А. Степнев
(ОАО «ВПК «НПО машиностроения»)

Цариченко С.Г.
(ВНИИПО)

В области среднего ИК диапазона (это область 3-5 мкм) естественное освещение незначительно. В этом диапазоне фотоприемники принимают собственное, тепловое излучение объектов, откуда и происходит термин «тепловидение». Тепловизоры позволяют наблюдать объекты в полной темноте – при отсутствии внешнего освещения, и легко различают их по степени их нагрева. Они используются в дефекто-

скопии, медицине, природоохранной деятельности, в зонах чрезвычайных ситуаций – для поиска людей по тепловому излучению, обнаружению центров пожара и т.д. Этот перечень можно продолжать долго.

Есть у тепловизионных систем и существенный недостаток: они видят излучающие объекты, отличающиеся по температуре от фона, и не видят деталей фона (обстановки) если они не отличаются по температуре. Решить эту проблему помогает многоспектральное наблюдение: тепловой объект наблюдают тепловизионной камерой, а фон – камерой видимого спектра или ближнего ИК диапазона. Разработанная нашим предприятием видеосистема – многоспектральная система наблюдения, позволяет наблюдать объекты одновременно в трех диапазонах спектра с передачей изображения по радиоканалу на дистанцию до 5 км. Все три изображения сведены на один монитор; возможно совмещение изображений в любом сочетании, что облегчает локацию тепловых объектов.

Испытания видеосистемы показали ее высокую эффективность для наблюдения в условиях интенсивных атмосферных помех для обнаружения тепловых объектов. Входящее в комплект устройство связи позволяет наблюдение и управление прибором при установке на дистанционно управляемые носители. Система имеет большой модернизационный потенциал, и может служить базой для разработки широкого спектра приборов различного назначения.

Основные параметры видеосистемы:

Рабочий спектральный диапазон камер: (0,4-1,0)мкм,(1,0-3,0)мкм;(3-5)мкм.

Дальность обнаружения ростовой фигуры человека при температурном контрасте 1,5К – не менее 1 км.

Видеосистема предназначена для использования на дистанционно управляемых робототехнических средствах МЧС и федерального агентства лесного хозяйства, работающих в зоне чрезвычайных ситуаций.

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПРАКТИЧЕСКОГО
ПРИМЕНЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ФПУ
И МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ВИДЕОСИСТЕМ**

Н.В. Комаров, В.А. Кулиев, А.И. Заган
(ЗАО «Мультиспектр»)

Одновременное наблюдение объектов в различных диапазонах спектра практикуется давно. Начало было положено еще многозональными фотокамерами, которые показали возможность получения обширной информации о наблюдаемых объектах. Такой же резкий рост информативности наблюдения показывает практика использования современных многоспектральных камер. Сложный характер спектра отражения и поглощения наблюдаемых объектов в видимом диапазоне формирует такую характеристику, как цвет. Возможность различать цвет резко повышает информативность наблюдения, позволяя идентифицировать объекты по цветовой гамме. ИК диапазон невидим для глаза, однако селективность поглощения и отражения излучения объектами здесь тоже очевидна.

Использование этого явления в ИК видеосистемах требует нового подхода к конструированию аппаратуры и решения ряда сопутствующих задач. Это и разработка объективов с широким спектральным диапазоном, светоделительных устройств, достаточно компактных приемников изображения, оптических фильтров, и ряда других задач.

Многоспектральные системы могут использоваться для очень широкого круга задач. Это и разведка земной поверхности, геологическая и биологическая, поисково-спасательные операции, экологический контроль, природоохранная деятельность, дефектоскопия и многое другое. Многообещающим представляется и применение многоспектральных систем в оборонной области – разведка и целеуказание, обнаружение целей и наведение на них.

Реализация столь сложных задач невозможна без использования современных программно-технических средств; конечный продукт всегда является результатом усилий специалистов разных направлений, создающих системы обработки информации, автоматику выбора оптимальных режимов, систем распознавания объектов, в том числе объектов с заданными характеристиками, систем, обеспечивающих бесперебойное управление приборами, и многое другое.

ЗАО «Мультиспектр» ориентируется на решение сложного комплекса задач, необходимых для решения генеральной задачи. Подго-

тавливая разработку новых широкополосных матричных фотоприемников, сотрудничает с ведущими отечественными предприятиями электронной и оптико-электронной промышленности, машиностроительных предприятий, разработчиками специализированного программного обеспечения, рядом научных и малых предприятий, способных решить поставленные задачи. Сделаны первые успешные шаги в этом направлении.

Решение генеральной задачи в целом не под силу одному предприятию, но при тесном взаимодействии предприятий различного профиля, тесном контакте науки и производства вполне реально силами отечественного производителя обеспечить потребителя новыми высокоэффективными современными приборами.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОТРУДНИЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ОАО "ВПК "НПО МАШИНОСТРОЕНИЯ" И ФГУП "НИИМАШ"

Е.Г. Ларин, С.А. Булдашев

("Научно-исследовательский институт машиностроения")

e-mail: mail@niimashspace.ru

Сотрудничество предприятий ОАО «ВПК «НПО машиностроения» и ФГУП «НИИМаш» началось в 1976 г., когда было принято решение о разработке ФГУП «НИИМаш» двигателей тягой 1,2 кгс, 20 кгс и 40 кгс для оснащения орбитальных станций типа «Алмаз». В результате были разработаны двигатели 17Д58 и 11Д458 с высокими уровнями технологичности и эксплуатационных характеристик, которые до настоящего времени востребованы космической отраслью.

Дальнейшая модернизация двигателей тягой 1,2 кгс и 40 кгс позволила обеспечить полеты орбитальных модулей «Квант-2», «Кристалл», «Спектр», «Природа» в составе орбитальной станции «Мир» и модуля «Заря» в составе МКС. Начиная с 1999 г. эти двигатели успешно эксплуатируются в составе разгонных блоков «Бриз-М», «Бриз-КМ».

Учитывая высокий технический уровень разработки указанных двигателей в 2005 г. проведена ОКР по модернизации двигателя 11Д458, создан новый серийный двигатель 11Д458М тягой 40 кгс с уникальными эксплуатационными характеристиками (при высоком уровне удельного импульса тяги на уровне 302 с двигатель обеспечивает стабильную тягу в широком диапазоне входных давлений компонентов топлива: от 12 до 25 кгс/см², а в настоящее время ведутся работы по

модернизации двигателя 17Д58Э тягой 1,2 кгс. Двигатель 11Д458М успешно эксплуатируется в разгонном блоке «Бриз-М».

По техническому заданию ОАО «ВПК «НПО машиностроения» разработан и поставлен в 2005 г. электропневмоклапан высокого давления 14Ц7100200.00 для малого космического аппарата «Стрела», имеющий малую массу (не более 500 г), давление рабочих тел - до 350 кгс/см², потребляемый ток не более 0,5 А и высокие динамические характеристики. На базе электропневмоклапана в настоящее время строятся системы наддува новых перспективных двигательных установок, горловин заправочных для штатных компонентов топлива и газов высокого давления.

Двигатель 17Д58Э входит в состав МКА «Кондор-Э». В настоящее время ФГУП «НИИМаш» участвует в создании космической системы на базе платформы МКА «Кондор-Э», в которой планируется применение двигателей 17Д58Э с пониженными (в 10 раз) утечками компонентов топлива через клапанную пару.

В 2002 г. ОАО «ВПК «НПО машиностроения» поддержало ФГУП «НИИМаш» по началу отработки двигателя тягой 300 гс, который в настоящее время становится востребованным другими разработчиками КА.
