

Секция 11

**Наукоемкие технологии
в ракетно-космической технике****КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПИЛОТИРУЕМОГО
КОСМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КАК СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

*Ю.О. Бахвалов, С.Е. Пугаченко, А.А. Лангуев, А.А. Горбань
Государственный космический научно-производственный
центр имени М.В. Хруничева*

*В.Н. Зимин, В.Е. Мешковский, И.Н. Сироткина
МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Исследования, организованные в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры» в 2009-2011гг., позволили провести компьютерное моделирование такой сложной технической системы как пилотируемый космический комплекс. Инструмент моделирования – вновь созданный учебно-исследовательский компьютерный стенд УИКС. Объектами моделирования явились околоземная и лунная космические инфраструктуры, включающие долговременные и транспортные пилотируемые орбитальные средства. Проверка стенда проводилась с использованием данных об орбитальной станции «Мир». Представлены предварительные результаты моделирования, демонстрирующие некоторые возможности учебно-исследовательского компьютерного стенда. На основании проведенных расчетов показано, что длительность пребывания и количество членов экипажа долговременного орбитального средства являются одними из основных параметров, определяющих общие затраты на программу. С другой стороны, в последние годы автоматические средства исследования планет продемонстрировали широкие возможности как по сложности выполняемых операций, так и по длительности работы. Поэтому вполне возможно, что на начальном этапе непосредственного освоения планет

человеком напланетная инфраструктура будет работать в режиме посещения экипажем. Для долговременных орбитальных средств, сравнимых по своим характеристикам с орбитальными станциями «Мир» и Международной космической станцией, приведены зависимости затрат на программу от периодичности посещения экипажем долговременного орбитального средства.

**ВНЕДРЕНИЕ НОВОЙ ТЕХНИКИ НА ПРЕДПРИЯТИИ
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В.Д. Костюков, А.И. Селиверстов,

В.Н. Сычев, А.В. Цырков, Д.А. Шканов

*Государственный космический научно-производственный
центр имени М.В. Хруничева*

Современная крупная корпорация, как правило, объединяет множество различных подразделений, которые предъявляют свои уникальные требования к производственному процессу. Два наиболее ярких примера – международные организации, в которых должны соблюдаться правила локальных рынков, и транснациональные корпорации из различных компаний, приобретавшихся в течение какого-то времени. Такие предприятия не смогут сохранять конкурентоспособность без эффективного управления своими функционально и географически разрозненными подразделениями и теми огромными массивами данных, которые они создают и используют. Для этого необходима мощная информационная технология, способная создать виртуальное информационное пространство данных о корпоративной продукции. Такая технология обеспечит динамическую связь всех данных об изделии, возникающих в течение его жизненного цикла на разных этапах процесса разработки, производства, сопровождения – вплоть до утилизации.

За последнее десятилетие программы управления информацией корпоративного уровня эволюционировали от централизованных систем на мейнфреймах к системам с архитектурой «клиент/сервер». Однако, несмотря на наличие большой коммерческой потребности, реализации подобных систем имели до недавнего времени лишь ограниченный успех. Являясь, по сути, слепком с больших систем эпохи «mainframe», реализации клиент/серверных технологий продолжают следовать традиции этой эпохи - разработке по методу "сверху - вниз". Полученные в результате системы с жестко определенными внутренними связями резко контрастируют со свободным потоком распространения информации и делают очевидными присущие централизованной архи-

текстуре недостатки. Их трудно развертывать, дорого поддерживать и сложно адаптировать к постоянным изменениям требований корпоративного бизнеса. Такие системы, как правило, зависят от знания частных инструментальных средств и ресурсов поставщика. Но главное препятствие для эффективной работы систем корпоративного уровня – это навязывание единого представления информационных ресурсов, то есть, унифицированной модели данных. Хотя такая модель может быть распределена по подсистемам подразделений корпорации, для всех подсистем она должна быть полностью одинакова. В результате создается однородная объединенная среда, никак не учитывающая различия решаемых задач и профессионального уровня пользователей в географически разбросанных подразделениях корпорации, а также постоянного изменения требований и условий ведения бизнеса. Именно с целью преодоления этих противоречий создается и совершенствуется ЕКИТСУП, одним из ведущих подразделений которой является отдел перспективной технологии, новой техники и патентно-изобретательской работы – ОНТ.

**РЕШЕНИЕ ОБЩИХ ВОПРОСОВ ТПП ДЛЯ ЭФХО
В ОТДЕЛЕ НОВОЙ ТЕХНИКИ РКЗ**

***В.Д. Костюков, В.Н. Сычев, В.Б. Тульчинский,
В.А. Зефирова, И.А. Гурина, А.В. Цырков***

***Государственный космический научно-производственный
центр имени М.В. Хруничева***

Программное обеспечение используемое в информационном комплексе может быть достаточно разнородным. Поэтому рекомендуется применение стандартных протоколов для связи между компонентами сети. За базовый принят протокол TCP/IP, который используется в Internet. Каждая из компонент комплекса может использовать любое программное обеспечение, но при этом должна быть обеспечена поддержка TCP/IP протокола. Например, если сегмент сети работает под управлением сети Novell, использующей протоколы IPX/SPX, то такой сегмент должен подключаться к ядру информационного комплекса посредством шлюза, который обеспечит трансляцию протоколов IPX/SPX в TCP/IP.

Отказ технических и/или программных средств приводит к простоям сети на время ремонта и, в конечном счете, к убыткам (среди них не последнюю роль играет потеря доверия клиентов). В самом худшем

случае при отказе программного обеспечения может потребоваться переустановка всей операционной системы на файловом сервере и восстановление данных с архивных копий, что может потребовать простоя сети в течение суток.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА
ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДСЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В.Д. Костюков, К.Н. Болдырева, А.И. Островерх,

А.В. Хохлов, А.В. Цыркков

*Государственный космический научно-производственный
центр имени М.В. Хруничева*

Технологическая подготовка производства (ТПП) - вид производственной деятельности предприятия (группы предприятий), обеспечивающий технологическую готовность производства к изготовлению изделий, отвечающих требованиям заказчика или рынка данного класса изделий (по ГОСТ Р 50995.3.1-96). Целью ТПП является оптимальное по срокам и ресурсам обеспечение технологической готовности производства к изготовлению изделий в соответствии с требованиями заказчика или рынка данного класса изделий (по ГОСТ Р 50995.3.1-96). Формой организации технологической подготовки производства компьютеризированной интегрированной производственной системы - КИПС является автоматизированная система технологической подготовки производства - АСТПП. Состав и структура АСТПП определяется в соответствии с ГОСТ 14.402-83 и ГОСТ 14.418-84. При реорганизации функций АСТПП КИПС максимально используют методы типизации и группирования. Типизация элементов системы производится на основе метода пошаговой типизации. Основные положения метода изложены в МР 234-86. На предприятии АСТПП взаимодействует со следующими автоматизированными системами: автоматизированной системой конструирования изделий и их элементов - АСК; системами управления всех уровней иерархии (АСУ). Взаимодействие автоматизированных систем с АСТПП обеспечивается общей базой данных и/или хранилищем данных. Основными типовыми функциями ТПП КИПС являются:

- определение, классификация и группирование объектов производства, изготовление которых экономически целесообразно в условиях КИПС;
- обеспечение технологичности конструкций изделий;

- проектирование технологических процессов и средств технологического оснащения (СТО);
- моделирование процессов производства;
- определение рациональной структуры КИПС;
- изготовление средств технологического оснащения;
- автоматизированное проектирование и настройка программных средств (ПС);
- оценка надежности технологических решений;
- формирование управляющей информации (УИ) для вычислительного комплекса (УВК) КИПС;
- организация и управление процессом ТПП.

**РЕШЕНИЕ ОБЩИХ ВОПРОСОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДСЕ НА
ПРЕДПРИЯТИИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В.Д. Костюков, Е.В. Жигаев, А.И. Селиверстов,

А.В. Хохлов, А.В. Цырков

*Государственный космический научно-производственный
центр имени М.В. Хруничева*

Технологическая подготовка производства - это совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску изделий заданного уровня качества при установленных сроках, объеме выпуска и затратах. Технологическое проектирование является основным звеном технической подготовки производства и составляет 30 - 60 % ее общей трудоемкости, меньшее значение соответствует условиям мелкосерийного производства, большее - массового. Как показывает практика, трудоемкость технологического проектирования обычно в 2-3 раза превышает трудоемкость конструирования машин. Проектирование технологических процессов в машиностроении включает в себя решение большого комплекса взаимосвязанных задач по: выбору заготовки; определению последовательности и содержания технологических операций; выбору имеющихся или заказу новых средств технологического оснащения (в том числе контроля и испытания); расчету и назначению режимов обработки; нормированию процесса, определению профессии и квалификации исполнителей и т. д. В соответствии с этим проектирование технологической документации является трудоемким процессом и включает в себя: создание тех-

нологических карт; контрольных карт; других документов по ряду работ, перечень которых регламентируется ГОСТ 14.301 - 83.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДСЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*В.Д. Костюков, Г.А. Николаев, А.В. Воронков,
А.В. Хохлов, А.В. Цырков*

*Государственный космический научно-производственный
центр имени М.В. Хруничева*

Задачами ТПП опытных образцов и единичных изделий являются: отработка в производственных условиях определяющих технологических и организационных решений по изготовлению изделия; обеспечение технологической готовности производства к изготовлению для приемочных испытаний опытных образцов, единичных и других изделий, подлежащих промышленному освоению. Организатором и ответственным исполнителем ТПП опытных образцов и единичных изделий является их изготовитель, соисполнителями - проектант и, при научно-технической и экономической целесообразности, - специализированные технологические организации. Для проведения ТПП опытных образцов и единичных изделий проектант передает изготовителю: рабочую конструкторскую документацию на опытный образец (без литеры или с литерой "О" по ГОСТ 2.103) или на единичное изделие разового изготовления (с литерой "И" по ГОСТ 2.103) по мере ее готовности или комплектно на изделие в целом. Для сокращения сроков ТПП изготовитель по согласованию с проектантом может начинать ТПП по конструкторской документации технического (эскизного) проекта; документацию (в том числе директивную), содержащую определяющие технологические и организационные решения по производству изделия. Изготовитель совместно с соисполнителями на основе полученной от проектанта документации с учетом принципиальных решений по организации ТПП, принятых при проектировании изделия, разрабатывает план (график) ТПП опытных образцов и единичных изделий в виде самостоятельного документа или в составе плана (графика) изготовления указанных изделий. ТПП опытных образцов и единичных изделий предусматривает выполнение следующих основных работ: проработку рабочей конструкторской документации на опытные образцы и единичные изделия с учетом технологичности заложенных в нее решений; завер-

шение научно-исследовательских и опытно-технологических работ в области технологии, материаловедения и организации производства; разработку с использованием информационных массивов описаний конструкторско-технологических решений: технологических процессов изготовления опытных образцов и единичных изделий в соответствии с государственными стандартами ЕСТД; специальных средств технологического оснащения в соответствии с государственными стандартами ЕСКД и технологических процессов их изготовления в соответствии с государственными стандартами ЕСТД. Приоритетным для условий опытного производства является использование высокоточного универсального или переналаживаемого оборудования, упрощенной и переналаживаемой оснастки; управляющих программ для автоматизированного технологического оборудования; организацию изготовления специальных средств технологического оснащения для опытных образцов и единичных изделий; формирование планов (программ) отработки принципиально новых, ранее не освоенных и наиболее ответственных технологических процессов и средств технологического оснащения в рамках планов (программ) обеспечения качества и надежности изделия с учетом требований серийного производства; отработку технологических процессов и средств технологического оснащения в соответствии с планами (программами) отработки; уточнение (корректировку) документации, содержащей определяющие технологические и организационные решения по производству изделия, а также рабочей документации на технологические процессы и средства технологического оснащения, - по результатам изготовления и испытаний опытных образцов и единичных изделий; обеспечение требований ресурсосбережения, экологии и охраны труда при изготовлении и испытаниях опытных образцов и единичных изделий. С целью обеспечения технологической готовности производства к изготовлению качественных изделий для приемочных испытаний изготовитель выполняет в рамках ТПП мероприятия по организации: своевременного обеспечения производства по договорам и кооперационным связям необходимыми материалами, деталями, сборочными единицами, комплектующими изделиями, средствами технологического оснащения, а также входного контроля их качества; метрологического обеспечения производства; технического контроля и бездефектного изготовления; аттестации технологических процессов, рабочих мест исполнителей и технологического оборудования до его первичного применения; подготовку производственного персонала в связи с освоением новых технологий и материалов. Критерий

завершенности ТПП опытных образцов и единичных изделий - фактическое выполнение работ, предусмотренных планом, подтвержденное оценкой технологической готовности производства к изготовлению изделий для приемочных испытаний, которую выполняет изготовитель с привлечением, при необходимости, независимых экспертов из специализированных технологических организаций, если они не участвуют в ТПП. Особое внимание при оценке технологической готовности уделяют проверке: способности технологических процессов и других элементов производства обеспечить изготовление изделий в соответствии с требованиями документации и в заданные сроки; управляемости технологических процессов и других элементов производства, т.е. возможности контроля и приведения, при необходимости, в требуемое состояние. Порядок оценки эксперт и изготовитель устанавливают по взаимному соглашению (Технологическое обеспечение создания продукции. Технологическая подготовка производства. ГОСТ Р 50995.3.1-96).

ОПТИМАЛЬНЫЙ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ПЛОСКИЙ РАЗВОРОТ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Н.В. Николаев,

МГИУ

Д.Г. Супрун

«Хруничев Телеком» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Москва

Рассматривается задача переориентации космического аппарата внешним управляющим моментом сил. Предполагается, что область, ограничивающая момент сил, является выпуклой, замкнутой и содержит ноль внутри себя, что соответствует произвольной комбинации фиксированных и поворотных (верньерных) двигателей. Решение ищется в классе плоского разворота аппарата относительно оси Эйлера. Проведена редукция задачи быстродействия к нелинейной задаче второго порядка, в которой фазовыми переменными являются угол поворота и угловая скорость аппарата, с ограничением модуля угловой скорости. Построен алгоритм определения зависимости управляющего момента сил от фазовых координат, доказана управляемость.

СТАБИЛИЗАЦИЯ СПУТНИКА-ГИРОСТАТА СИСТЕМОЙ

ДВИГАТЕЛЕЙ-МАХОВИКОВ**Н.В. Николаев,****МГИУ****Д.Г. Супрун****«Хруничев Телеком» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева,****г. Москва**

Рассматривается задача торможения несущего тела спутника-гиростата в предположении равенства нулю внешнего момента сил. Показано, что управления, позволяющие получить решения задачи, могут быть противоположны векторам угловой скорости несущего тела, или его кинетического момента.

Проведено сравнение двух алгоритмов стабилизации с помощью численного моделирования.

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ****С.В. Александров****Государственный космический научно-производственный****центр имени М.В. Хруничева***asv-k@mail.ru*

Главными недостатками существующих технологий ракетно-космической промышленности (РКП) являются ограничения на габариты деталей, которые не должны превышать габаритов рабочих зон соответствующих технологических установок, а так же на их форму, которая должна обеспечивать движение инструмента. Необходимой частью производства любого изделия является сборка деталей, заключающаяся в их позиционировании относительно друг друга с заданной точностью и последующем разъёмном или неразъёмном соединении, что требует уникальной и – как правило - крупногабаритной технологической оснастки. Поскольку большая часть изделий ракетно-космической техники (РКТ) имеет минимальную серийность (либо является уникальной), изготовление специальной оснастки значительно увеличивает стоимость производства. Альтернативой является использование ручного труда рабочих высокой квалификации, подготовка которых и их удержание на конкретном производстве являются сложными организационно-экономическими задачами общегосударственного уровня.

Хотя бы частичное решение указанных проблем может заключаться в широком внедрении в РКП т.н. **аддитивных** технологий (АТ). Принципиальным отличием АТ от традиционных способов изготовления де-

талей является то, что изделие создается не отделением материала от заготовки и не её деформацией, а послойным наращиванием материала, составляющего деталь, включая внутренние и даже подвижные части.

Главными проблемами при внедрении аддитивных технологий в РКП являются:

- обеспечение заданной механической прочности и коррозионной стойкости деталей. Современный (август 2011 г.) уровень развития этих технологий позволяет заявить, что принципиально неразрешимых проблем здесь нет;
- возможность изготовления аддитивными методами крупногабаритных тонкостенных конструкций (баков, герметичных отсеков, трубопроводов). Современный уровень в этой области характеризуется тем, что в конце 2010 г. по аддитивной технологии была изготовлена летающая модель махолёта (США), а в июле 2011 г. начались лётные испытания мини-БПЛА, планер которого так же изготовлен по аддитивной технологии (Великобритания).

Помимо изготовления деталей и узлов РКТ в заводских условиях, аддитивные технологии могут качественно по-новому решить ряд технических проблем дальних и длительных пилотируемых космических полётов, а именно:

- организовать на борту КА изготовление деталей КА – от элементов интерьера до узлов ПГС и ДУ - из запасенного на борту или утилизируемого материала;
- обеспечить космонавтов продуктами питания с высокими органолептическими и заданными биохимическими свойствами, изготавливаемыми из субстратов, вырабатываемых СОЖ замкнутого цикла;
- обеспечить участников дальних космических полётов необходимым биоматериалом при возникновении необходимости трансплантации органов и тканей;
- организовать на небесных телах и в космическом пространстве изготовление объектов РКТ из местного минерального сырья.

**КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО
КОМПЛЕКСА RELEX ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ**

**НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ РКТ НА ЭТАПЕ КОМПЛЕКСНЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ****В.В.Белова****ОАО РСК «Энергия» им. С.П.Королева, г. Королев***post@rsce.ru*

В основе научного анализа надежности современных сложных, высокоразмерных, полномасштабных изделий РКТ лежат математические модели и компьютерные технологии. Существующие пути построения необходимых математических моделей надежности основываются на неавтоматизированной (ручной) процедуре. Целью исследования является выбор методических основ технологии автоматизированного моделирования, постановка задач контроля и оценки надежности на этапе КЭИ. Проведен сравнительный анализ современного отечественного и зарубежного программного обеспечения анализа надежности, предложен концептуальный подход к разработке программ анализа надежности с применением ПО Relex (Relex software Corporation, США). Данная методика подлежит развитию в части разработки динамической модели надежности на этапе КЭИ.

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ****А.Ф. Литвин, К.А. Белов, А.А. Будник,****Д.Х. Девлеткильдеева, О.С. Фомин****ФГУП «НПП ВНИИЭМ»***vniiem@vniiem.ru*

Во многих областях измерений уровень достигаемой точности измерений возрастает от трёх до десяти раз в течение десятилетия. Это требует непрерывного развития системы эталонов, образцовых мер физических величин, образцовых средств измерений.

Рассмотрены проблемы метрологического обеспечения исследований, разработки, проектирования, изготовления, испытаний и контроля продукции предприятия космического назначения по основным видам измерений. Исходя от критерия «цена-качество» номенклатура рабочих эталонов по видам измерений представляется в следующем виде:

- Электротехнические – эталонные вольтметры Fluke 8508A, Agilent 3458A, 34420A; калибраторы Fluke 9100/9100E, 5500A/5520A, 5700A/5720A; Meatest M-142, 622; прецизионный шунт АК ИП-7501; магазин сопротивлений RCB-1.

- Радиотехнические – измеритель RLC WK-6430; калибраторы осциллографов Fluke 5820A, 9500B; осциллограф LeCroy WP 735Zi; измеритель ВАР Keithley 2651A; автоматизированный термометрический мост Fluke 1595A.
- Времени и частоты – стандарт частоты FS-725, компаратор ЧК7-1012, синтезатор Fluke 9640A, генератор АК ИП ГСВЧ-3000, частотомер АК ИП ЧЗ-85/3R.
- Теплофизические и температурные – калибраторы Fluke 9011, Fast Cal Low/High, Метран 510-ПКМ-А, Fluke 744.
- Влажности и температуры – генератор влажности Thunder-2500, измеритель влажности и температуры Center 314.
- Давления и вакуума – грузопоршневой манометр CPB-5000, переносной калибратор давления CPH-6200/6000.

Изучены возможности формирования современной эталонной базы по указанным видам измерений с целью расширения области аккредитации метрологической службы на право поверки средств измерений (СИ), резкого сокращения номенклатуры СИ, поверяемых сторонними метрологическими службами, расширения сферы решаемых измерительных задач повышенной точности.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ НАНООБЪЕКТОВ В МКТ ПО МЕТОДУ ПАС

В.И.Графутин, Е.П.Прокопьев
ФГУП ГНЦ РФ – ИТЭФ, г.Москва
epprokopiev@mai.ru

Известно, что позитроны эффективно зондируют свободные объемы нанобъектов с размерами в ангстремном и нанометровом диапазонах как в металлах и сплавах, так и в полупроводниках. Особую важность представляет возможность определения размеров нанобъектов в материалах космической техники (МКТ), облученных протонами. Для этого необходимо проведение комплексных исследований дефектной структуры в МКТ, содержащих полости нанометровых и ангстремных размеров (вакансии, вакансионные кластеры, поры) с использованием различных методов позитронной аннигиляционной спектроскопии (ПАС). Это позволяет установить связи между экспериментально измеряемыми параметрами аннигиляционных спектров и характеристиками нанодефектов (типом, размером, концентрацией) в МКТ. При этом поведение радиационных нанодефектов оказывается весьма важным.

Выполнение такого рода исследований будет способствовать накоплению фундаментальных знаний о радиационных повреждениях протонами в МКТ, развитию теоретических моделей, описывающих свойства и поведение этих дефектов. Показано, что одним из эффективных методов определения средних размеров цилиндрических и сферических нанообъектов \bar{R} (свободных объемов пор, полостей, пустот и т.д.), их средних значений концентрации \bar{N} и химического состава в месте аннигиляции позитрона в дефектных материалах (металлах и сплавах) является ПАС метод <http://www.portalus.ru/modules/science/data/files/prokopiev/Prokopiev-pos-Report.doc>. Это позволяет определять средние значения доли свободного пространства $\bar{V}_{rad} = (4/3)\pi\bar{R}^3\bar{N}$ образующегося в МКТ в процессе их эксплуатации. Обсуждается идея поиска корреляции между значениями $\bar{V}_{rad} = (4/3)\pi\bar{R}^3\bar{N}$ и механическими и другими свойствами МКТ. При этом важную роль приобретают экспериментальными методами определения прочности и хрупкости металлов и сплавов, облученных протонами.

МЕСТО И РОЛЬ ДИСПЕТЧЕРА В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ НА ПРИМЕРЕ МЕХАНОСБОРОЧНОГО ЦЕХА

Ж.А. Барабаш, А.В. Молчанский

ОАО «ВПК «НПО машиностроения», г. Реутов

vpk@npomash.ru

Диспетчер – одно из основных лиц в структуре цеха. К нему приходит информация обо всех бизнес-процессах цеха. Функции диспетчера примерно следующие:

- прием и регистрация нарядов на выполнение работы;
- оперативное регулирование хода производства и других видов основной деятельности механосборочного цеха в соответствии с производственными программами, календарными планами и нарядами;
- контролирование обеспеченности механосборочного цеха необходимыми материалами, комплектующими изделиями, а также транспортом и погрузочно-разгрузочными средствами;
- осуществление сдачи готовой продукции, выполнение работ по установленным графикам;

- обеспечение соблюдения установленных норм заделов на участках механосборочного цеха, размеров партий запусков и сроков их подач;
- ведение старшего кладовщикского журнала, составление отчетных рапортов и другой технической документации о ходе производства, отмечание в картах пооперационного учета этапы прохождения деталей по технологическому процессу.

Не используя современные средства вычислительной техники в высокотехнологичном производстве, работа диспетчера затруднительна и недостаточно эффективна. Логично, что при создании адаптивной системы управления бизнес-процессами первый модуль – модуль диспетчера. Пробное внедрение показало следующее:

- время на ввод информации сократилось в 7 раз (учитывая многократное количество повторов),
- время на поиск документов в 4 раза,
- мониторинг работ (отслеживание состояния деталей в реальном времени) занимает 20 мин. в день.
- время на поиск информации сокращается в 7,5 раз.

АРМ ТЕХНОЛОГА С ПОДДЕРЖКОЙ 3D НА БАЗЕ OPEN SOURCE

А.В. Молчанский

ОАО «ВПК «НПО машиностроения», г. Реутов

vpk@npomash.ru

В данной работе рассматривается создание автоматизированного рабочего места технолога механосборочного цеха. При реализации данной задачи учитывались следующие ограничения:

- Единичное и опытное производство.
- Построение системы на базе существующей ЛВС и программного обеспечения.
- Пользователи системы не имеют специального образования, связанного с использованием ПК.
- Не менять имеющийся документооборот, а автоматизировать его.
- Для решения задачи использовать программные продукты open source.

Задачей является разработка программного модуля автоматизирующего работу технолога, включенного в общую автоматизированную систему управления механосборочным цехом.

Для реализации проекта по созданию системы управления цехом было принято решение использовать программные продукты WEB-сервер Apache, СУБД MySQL, язык программирования PHP. Выбор этих программных продуктов обоснован требованиями, предъявленными к системе автоматизированной управления цехом:

- Создать базу данных, хранящую сведения обо всех изделиях, изготовленных цехом, с возможностью контроля времени выполнения на каждом этапе изготовления деталей.
- Система должна поддерживать WEB-интерфейс.

В результате работы было создано автоматизированное рабочее место технолога с применением программных продуктов с открытым кодом. При тестировании созданного модуля было установлено, что для автоматизации работы технолога важен вопрос представления 3-d графики.

В работе рассмотрены два варианта представления 3-d графики на рабочем месте технолога. Тестирование первого варианта, с использованием программы просмотрщика, показало неудобство для пользователей. В работе предложен другой вариант с использованием Java Applet, тестирование которого сейчас продолжается.

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛА НАНОИНДУСТРИИ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.И. Приклонский, С.Е. Бирюкова, Л.В. Скалкина
ФГУП Центральный научно-исследовательский институт
машиностроения
ruchey.emc@rambler.ru

В докладе предлагаются основные направления организации процесса создания инфраструктуры наноиндустрии в РКП с целью устранения препятствий и обеспечения благоприятных условий для эффективного использования нанотехнологий в процессе создания космических средств нового поколения. В основу процесса могут быть заложены инновационная модель, где ключевым звеном инновационного процесса определена НИОКР, разработка, на которую приходится до 75% вложений, и идея концентрации главных направлений НИОКР (с исключением неоправданного дублирования) на наиболее передовых и мощных научно-производственных объединениях с высоким научно-техническим потенциалом.

Предложен сценарий стратегического развития:

1. Проведение комплексного технологического аудита.
2. Разработка целевых показателей оценки развития нанотехнологий в РКП.
3. Определение приоритетов работ с учетом их перспективности, необходимости и востребованности.
4. Мониторинг приоритетных направлений. Формирование детализированного организационно-финансового плана мероприятий.
5. Создание современной системы экспертизы на всех стадиях предлагаемых действий.
6. Создание системы учета информации.
7. Создание системно-аналитической основы принятия решений.
8. Решение кадровой проблемы.
9. Обеспечение многоканального финансирования решения приоритетных задач.

Его реализация даст возможность повысить эффективность инновационной деятельности предприятий РКП, обеспечить поступательное развитие их научно-технического потенциала, создать динамичную современную инфраструктуру, способную достичь поставленных целей.

**ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОСТИЖЕНИЙ
НАНОИНДУСТРИИ ПРИ СОЗДАНИИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

В.И. Приклонский, С.Е. Бирюкова, Л.В. Скалкина
**ФГУП Центральный научно-исследовательский
институт машиностроения**
ruchey.emc@rambler.ru

Применение нанотехнологий является одним из перспективных путей создания космических средств с улучшенными на принципиально новом уровне характеристиками, позволяющими решать вопросы обеспечения безопасности, экономичности, роста количества пусков, роста спроса, экологичности и, в целом, в решении стратегических задач страны.

Доклад содержит результаты исследования тенденции развития космической отрасли на период до 2020 года на основе разработок в области наноиндустрии. Показано, что в настоящее время использование предлагаемых наноиндустрией современных и перспективных материалов и технологий при создании изделий ракетно-космической техники является приоритетной задачей, решение которой предвещает возможности для производства новых функциональных и конструкци-

онных материалов, компонентов наноэлектроники, оптики, энергетики, робототехники, наноэлектромеханики и т.д.

Обеспечение технологических прорывов и создание опережающего научно-технического и технологического заделов в ведущих организациях ракетно-космической промышленности связывается с:

- существенным улучшением характеристик конструкционных материалов в широком диапазоне терморadiационных и физико-механических свойств;
- повышением коэффициента отражения электромагнитного излучения в элементах радиотехнических и телекоммуникационных систем;
- повышением механических (прочностных, весовых и др.) свойств материалов и изделий в некоторых случаях в 10 и более раз;
- расширением функциональных характеристик изделий за счет наноструктурных покрытий.

Использование нового поколения наукоёмких технических решений, базирующихся на использовании наноматериалов и нанотехнологий в ключевых областях создания перспективной ракетно-космической техники, является одним из стратегических направлений инновационного развития российских космонавтики и ракетостроения.

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КРК ЖИДКИМ ВОДОРОДОМ НА КОСМОДРОМЕ «ВОСТОЧНЫЙ»

Е.Г. Герасимова

**ФГУП Центральный научно-исследовательский институт
машиностроения**
bloodsun@bk.ru

Основной целью данной работы является выбор наиболее рационального и экономически эффективного варианта обеспечения КРК жидким водородом на космодроме «Восточный».

На космодроме «Восточный» предусматривается запускать РН с криогенными компонентами топлива, в том числе и жидким водородом.

Выбор осуществляется на основе научно-технического анализа, основными критериями при осуществлении которого является стоимость вариантов обеспечения, чистота получаемого жидкого водорода и окупаемость вариантов обеспечения.

В ходе выполнения работы были выполнены следующие задачи:

Предложен прогноз запусков перспективных РН для которых определена потребность в жидком водороде.

Проведен технико-экономический анализ оборудования по производству водорода и определен эффективный вариант его получения.

Предложен рациональный вариант обеспечения водородом космодрома «Восточный».

Результаты исследований могут положены в основу разработки планов создания технологического оборудования и использования на космодроме «Восточный» в части комплекса по производству водорода.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ РАКЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В.И. Меньшиков

Государственный космический научно-производственный

центр имени М.В. Хруничева

Vmenshikov@list.ru

Завершающим этапом НСО прочности изделий РКТ являются зачетные статические прочностные испытания, в процессе проведения которых определяются фактические запасы прочности их несущих конструкций. Достоверность получения истинных значений данного параметра напрямую зависит от близости стендовых и эксплуатационных условий нагружения испытываемых конструкций.

Одним из путей решения данной задачи является применение специализированной системы контроля и измерения. На данном этапе для сближения стендовых и эксплуатационных условий нагружения испытываемых конструкций необходимо автоматизировать процесс нагружения и измерения.

Существующие системы схожего назначения не могут в полной мере решить возникающие при НСО вновь разрабатываемых изделий РКТ, таких как Анкара и КВТК, задачи в силу особых условий выхода на режим и др.

Решением проблемы является разработка системы автоматизированного контроля и измерения, которая сможет обеспечить:

- управление нагружением по заданным значениям сил, перемещений, давлений при согласованной работе всех каналов в процессе испытания, исключая возможность опережения или запаздывания работы одного или нескольких каналов нагружения;
- предотвращение повреждения объекта испытаний за счет контролируемого процесса снижения до нуля заданных усилий, создаваемых гидроцилиндрами;

- автоматизированный сбор, регистрацию, обработку, визуальное представление измерительной информации;
- ведение непрерывной записи сигналов с датчиков обратной связи и документирование всех своих действий и событий происходящих в процессе испытаний.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ, ВЫЗЫВАЮЩИХ СНИЖЕНИЕ РЕСУРСА
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ
РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ**

А.М. Пирогова, И.Н. Сафронов
ФГУП Центральный научно-исследовательский
институт машиностроения
ampirogova@rambler.ru

Распространение микроэлектроники в современной радиоэлектронной аппаратуре (РЭА) космических аппаратов приводит к возрастанию вероятности отказов систем управления и связи при воздействии электромагнитных полей радиолокационных станций (РЛС). С развитием технологий интеграции радиолокационной техники с генераторами высокоэнергетического микроволнового излучения вероятность сбоев в работе и отказов бортовых радиоэлектронных средств, электронных компонентов и узлов, в том числе обладающих высокой помехозащищенностью и не излучающих в пространство, увеличивается, а ресурс их функционирования снижается.

Одной из причин снижения ресурса функционирования полупроводниковых элементов РЭА в условиях воздействия электромагнитных полей РЛС является эффект ускоренного старения, механизм которого экспериментально исследован на маломощном транзисторном усилителе (МШУ) диапазона частот менее 2 ГГц.

Показано, что при увеличении мощности воздействующего внеполосного электромагнитного излучения (ЭМИ) (частотой 3 ГГц) с 0,1 до 5 мВт в МШУ уменьшается коэффициент усиления на 6 дБ, что связано с возникновением эффекта токовой неустойчивости при детектировании ЭМИ на выпрямляющих р-п переходах. Появление такого эффекта вызывает возрастание тока базы и уменьшение коэффициента передачи тока базы биполярных транзисторов. Увеличение времени воздействия импульсов ЭМИ наносекундной длительности мощностью 1 мВт до 230 секунд приводит к уменьшению коэффициента усиления на 2,5 дБ и

сохранению такого состояния в течение нескольких суток после воздействия, вызывая ускоренное старение транзисторов.

Полученные результаты позволяют сформулировать требования к средствам защиты РЭА от воздействия импульсного ЭМИ наносекундной длительности и к технологии регистрации такого воздействия.

**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ И БАТАРЕЙ
ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ПРОГРАММ**

Н.А. Проценко

ОАО «Сатурн»

Procenko_N@list.ru , ikc@zit.kuban.ru

Система электропитания космического аппарата является важнейшей системой КА. Качественным показателем характеристик аккумуляторных батарей входящих в состав СЭП, является их удельные массовые и объемные характеристики при высочайших показателях надежности.

Проанализировав собственный и мировой опыт в конструировании и производстве аккумуляторных батарей ОАО «Сатурн» приступило к изготовлению отечественных литий-ионных аккумуляторов. Уникальность технологии заключается в том, что она позволила создать аккумулятор призматической формы. Отказ от рулонной технологии изготовления блока электродов и переход на дискретный принцип получения электродов позволяет оптимизировать электрохимическую группу под каждую конкретную задачу, в зависимости от срока службы аккумулятора и типа орбиты. Кроме того такая технология позволяет варьировать размерами аккумулятора с целью более рационального использования предоставленного пространства на аппарате. Увеличения удельных массовых характеристик удалось добиться благодаря особенностям построения АБ, где призматический аккумулятор выступает в качестве элемента жесткости конструкции.

Надежность обеспечивается байпасными устройствами парирующими отказ любого аккумулятора в цепи. Это устройство спроектировано специально для литий-ионных АБ и представляет собой электромеханический переключатель, приводимый в действие силоприводом, основанным на эффекте памяти формы.

Результатом проделанной работы является экспериментальный батарейный модуль БЛИ-25 который в течении последних трех лет проходит летную квалификацию в составе космического аппарата

«ГЛОНАСС-М». В настоящее время заканчивается изготовление опытного образца мощной аккумуляторной батареи 23ЛИ-50 емкостью 50 А·ч со сроком службы 15 лет. Ближайшей задачей является разработка батареи для перспективного КА с удельными характеристиками порядка 134 Вт·ч/кг.

**РЕИНЖИНИРИНГ ПРОЦЕССА ОБРАЩЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ И
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Л.С. Точилов

ОАО «ВПК «НПО машиностроения», г. Реутов

vpk@npomash.ru

В настоящее время, как показано в работе, актуальной задачей для предприятий, перешедших на использование электронной конструкторской документации является повышение эффективности процесса её обращения. Процесс, созданный на первом этапе перехода к электронной конструкторской документации, не позволяет добиться кардинального увеличения производительности труда, поэтому, необходим реинжиниринг данного процесса.

Для крупных высокотехнологичных организаций, в целях минимизации рисков, реинжиниринг целесообразно проводить поэтапно.

Это утверждение в полной мере относится к предприятиям ракетно-космической отрасли, для которых процесс обращения конструкторской документации является ключевым в цепочке создания стоимости.

В данной работе рассматриваются вопросы поэтапного реинжиниринга процесса обращения электронной конструкторской документации с оценкой затрат, роста производительности труда и сопутствующих рисков.

В основу исследования были положены результаты использования электронной конструкторской и технологической документации в ОАО «ВПК «НПО машиностроения».

**РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСОВ ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ
ОТРАБОТКИ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ
КОМПЛЕКСОВ.**

А.В. Запривода

ОАО «ВПК «НПО машиностроения», г. Реутов

zaprivodaalexey@gmail.com

В работе дается описание технологий отработки бортовой аппаратуры ракетно-космических комплексов с использованием программно-аппаратных комплексов стендов полунатурного моделирования, а так же применение разработанной стендовой базы, в рамках которой было создано:

- Технология создания программно-аппаратного стендового обеспечения, позволяющего выполнять полный цикл отработки бортовой аппаратуры ракетно-космических комплексов. Реализовано программно-аппаратное стендовое обеспечение, при котором применен модульный принцип построения, позволяющий менять компоновку бортового оборудования, а так же позволяющий развивать возможности стендового обеспечения.
- Комплекс программных и аппаратных имитаторов систем управления и регистрирующих датчиков.
- Методология математического моделирования фоноцелевой обстановки в различных диапазонах спектра, позволяющая решить множество прикладных задач связанных с отработкой регистрирующих датчиков бортовой навигационной аппаратуры. Реализован программный модуль имитационного моделирования фоноцелевой обстановки в видимом тепловом и радиолокационном диапазонах спектра.
- Технология проведения экспериментальных исследований с использованием стендового обеспечения.
- Средства анализа результатов моделирования и подготовки отчетных материалов в составе стендового обеспечения.

Проведение ряда экспериментальных моделирований, показали адекватность созданных программных и аппаратных имитаторов реальной бортовой аппаратуре, и доказали эффективность применения разработанного стендового обеспечения.

**МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТА ТЕНЗОРНОЙ АЛГЕБРЫ ДЛЯ
НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПРИМЕРЕ
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

Л.С. Раткин

Агентство безопасности по инвестициям и бизнесу в России

rathkeen@bk.ru

Аппарат тензорной применим для широкого класса приложений, в частности, для моделирования метеорологических процессов, управления объектами высокой степени сложности, шифрования многослойных информационных потоков. Новым направлением применения аппарата тензорной алгебры являются нанотехнологические исследования для проектирования компонентов ракетно-космической техники.

Например, пусть необходимо разработать наноматериал для конструирования корпусов ракет и космических аппаратов. Среди требований к наноматериалу следует отметить сверхпрочность, ударопрочность, коррозионную и радиационную стойкость и сверхлегкость. Отметим, что если каждое из представленных требований по отдельности достижимо, то системное решение задачи с получением материала, обладающего всеми перечисленными свойствами – многоитерационный процесс, который может быть решен с применением аппарата тензорной алгебры. Особую практическую сложность представляет разрешение локального технического противоречия «сверхпрочность – сверхлегкость».

Поскольку получение точного решения занимает продолжительный промежуток времени, возможно достижение результата с заранее заданной точностью. В этом случае снижаются требования и к компьютерным ресурсам: вместо вычислительного кластера возможно применение ресурсов настольного или портативного компьютера, ноутбука или нетбука.

Выводы:

1. Аппарат тензорной алгебры применим для моделирования поведения наноматериалов в различных условиях. Возможен выбор критерия решения оптимизационной задачи, в т.ч., по времени и по заданной точности.
2. Одним из компонентов процедуры решения задачи с применением аппарата тензорной алгебры является квантование вычислений. Частный случай аппарата тензорной алгебры применим, в т.ч., при построении матриц полей векторов скоростей.

**КВАНТОВАЯ КРИПТОГРАФИЯ И КВАНТОВАЯ СТЕГАНОГРАФИЯ ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Л.С. Раткин

Агентство безопасности по инвестициям и бизнесу в России

rathkeen@bk.ru

Применение наноэлементной базы для проектирования квантовых компьютеров позволит не только создать высокоэффективные приложения для конструирования средств ракетно-космической техники, но и сформулировать основные требования для их развития. Важная роль в развитии теории квантовых вычислений принадлежит Физико-технологическому институту (ФТИ) Российской академии наук (РАН), разработавшему, в т.ч., квантовую модель полевого нанотранзистора в ультратонком слое кремния–на–изоляторе (2...5 нм) вместе с технологией плазменно-иммерсионной ионной имплантации для ультрамелких р-п-переходов в микросхемах с критическими размерами от 22 до 32 нм. Также в ФТИ РАН для 65-нм и 45-нм проектных норм и 193-нм источника света создан метод вычисления скрытых 3D-изображений с учетом топографии фотошаблонов. Проведено изучение асимптотического поведения высокотемпературной намагниченности ансамбля наночастиц в слабом магнитном поле с исследованием возникающих эффектов в экспериментальных кривых намагниченности никеля.

Поскольку успешное развитие индустрии производства квантовых компьютеров будет способствовать смене парадигмы информационной безопасности, основанной на инновационных технологиях защиты данных, автором проведена работа по патентованию в инновационной разработке с использованием стеганографических технологий. Применение квантовой криптографии и квантовой стеганографии в квантовых компьютерах, используемых в качестве сопроцессоров в ПЭВМ и суперкомпьютерных вычислениях, позволит существенно повысить уровень защиты данных, обеспечить информационную безопасность компьютерных систем и минимизировать риски, связанные с их промышленной эксплуатацией.

Выводы:

1. В рамках мероприятий по увековечиванию памяти выдающегося российского ученого, всемирно известного специалиста в области физики конденсированного состояния, физико-технологических проблем создания элементной базы микро- и нанoeлектроники, физических основ квантовой информатики, основателя и научного руководителя ФТИ РАН, заместителя академика-секретаря Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН академика Валиева К.А. (15.01.1931-28.07.2010), в частности, целесообразно инициирование обращения в Президиум РАН о присвоении ФТИ РАН имени академика К.А. Валиева («ФТИ РАН имени академика К.А. Валиева»).

2. Предлагается организация ежегодных Академических чтений имени академика К.А. Валиева (Валиевские чтения). Возможным местом проведения является ФТИ РАН имени академика К.А. Валиева. Целесообразна организация Валиевских чтений в первом квартале, начиная с 2012 года.

**МОДЕЛИ И МЕТОДИКА АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА И
НАДЕЖНОСТИ СЕМЕЙСТВ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ**

Л.С. Медушевский, И.И. Фастовец

НИИ космических систем имени А.А. Максимова –

филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева,

г. Юбилейный

Модели и методика анализа и оценки отечественных и зарубежных семейств ракет-носителей предназначены для определения значений их показателей качества и надежности.

Анализ и оценка характеристик семейств ракет-носителей проводится с использованием следующих алгоритмов и моделей:

- полиномиальные модели надежности для ряда семейств ракет-носителей (РН);
- модели на основе функций распределения характеристик семейств ракет-носителей (функция распределения числа пусков ракет-носителей за весь период их эксплуатации и т.п.);
- модели отказов РН на основе использования временных рядов;
- оценка качества и устойчивости управления надежностью отечественных и зарубежных семейств ракет-носителей;
- планирование испытаний семейств ракет-носителей;
- анализ и оценка характеристик двигательной установки на примере двигателей первой ступени;
- вопросы анализа и оценки характеристик ракет-носителей на примерах различных семейств.
- В качестве исходной информации используются:
 - состав и характеристики ракет-носителей основных семейств за весь период их эксплуатации;
 - характеристики базовых элементов ракет-носителей основных семейств за весь период их эксплуатации;
 - число пусков ракет-носителей за весь период из эксплуатации;
 - число пусков и отказов ракет-носителей основных вариантов семейств за весь период их эксплуатации.

Для оценки характеристик семейств ракет-носителей разработан комплекс следующих вероятностных моделей:

- функция распределения числа пусков ракет-носителей за весь период их эксплуатации;
- плотность распределения числа пусков ракет-носителей за весь период их эксплуатации;
- функция распределения числа отказов ракет-носителей за весь период их эксплуатации;
- функция распределения массы полезного груза при пусках ракет-носителей за весь период их эксплуатации;
- вероятность безотказной работы ракет-носителей за весь период их эксплуатации;
- серии безотказных пусков ракет-носителей за весь период их эксплуатации.
- Разработаны полиномиальные модели числа отказов семейств РН «Спутник», «Космос», «Циклон», «Протон» и «Титан».

Анализ надежности семейств ракет-носителей с использованием предложенных полиномиальных моделей позволяет установить следующие закономерности:

- устойчивое повышение надежности ракет-носителей семейств «Спутник», «Космос», «Ариан-4», «Ариан-5»;
- значительные колебания уровня надежности ракет-носителей семейств «Протон» и «Титан».

Разработанные аналитические полиномиальные модели надежности и числа отказов позволяют решать следующие задачи:

- исследовать и оценивать надежность ракет-носителей различных семейств в различные периоды их эксплуатации;
- прогнозировать надежность ракет-носителей различных семейств в различные будущие периоды их эксплуатации.

Предложенные аналитические полиномиальные модели целесообразно использовать при разработке стратегии повышения их качества и надежности.

Анализ семейств РН с использованием предложенных моделей позволит дать комплексную оценку их надежности за весь период эксплуатации.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАКЕТ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

И.В. Мельников

«МАТИ» - Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского

melnikov_iv@mail.com

В настоящее время российская аэрокосмическая промышленность все более активно выходит на международный рынок. В связи с этим возникает необходимость не только обеспечения показателей качества продаваемой продукции, но и создание уверенности у потребителя в том, что поставщик способен обеспечить стабильность этого качества в соответствии с контрактом. Гарантией стабильности качества продукции является наличие на производстве сертифицированной независимым международным органом системы качества продукции. Одной из составляющих системы качества является комплексная система технологического обеспечения надежности изделий аэрокосмической техники. В докладе рассмотрена система технологического обеспечения надежности ракет космического назначения (РКН).

Изделия аэрокосмической техники характеризуются непрерывным ростом не только летно-технических и экономических показателей, но и в значительной мере ростом их показателей надежности. Обеспечение высокой надежности РКН осуществляется на этапе их производства и невозможно без высокой надежности технологических систем.

До определенного этапа развития аэрокосмической техники основным методом получения изделий высокого качества было постоянное обнаружение и исправление возникших дефектов. При такой организации производства считалось, что получение некоторого процента дефектных деталей в серийном производстве является неотъемлемым свойством технологического процесса.

Однако качество изделия создается не в процессе контроля или испытаний, а в процессе производства. Поэтому основой должен быть анализ объективных и субъективных причин дефекта с тем, чтобы субъективные причины исключить, а отрицательное влияние объективных факторов научиться измерять количественно и ограничивать до нужных пределов. В этом заключается суть систем бездефектного изготовления продукции.

Одним из наиболее важных и эффективных средств обеспечения объективности мероприятий по повышению надежности являются испытания, которые проводятся на всех этапах жизненного цикла изделия со сбором информации для уточнения поведения материалов и конструкций в реальных условиях эксплуатации. Испытания образцов и из-

делий подразделяют на стендовые, проводимые на месте изготовления изделия, и летные испытания, проводимые на испытательном полигоне (космодроме).

Стендовые испытания опытных образцов, деталей, узлов, отсеков и т.д. дают первичную информацию о их работе при воздействии на них различных факторов. Однако при стендовых испытаниях нельзя учесть всего разнообразия факторов, имеющих место при эксплуатации опытных образцов на РКН различных классов. Для одного и того же агрегата характер нагрузок, уровни, последовательность и цикличность их действия могут изменяться в зависимости от типа РКН. Поэтому, как показывает опыт, характеристики надежности, полученные при стендовых испытаниях, значительно отличаются как по уровню, так и по характеру отказов. В связи с этим кроме стендовых испытаний проводится большой объем летных испытаний, в том числе и испытания материалов узлов в условиях экспонирования в открытом космическом пространстве.

Окончательную отработку сложных пространственных систем целесообразно проводить на макете РКН. Это позволяет изыскать еще более простые решения компоновки агрегатов, монтажа элементов коммуникаций, сократить число соединений и повысить эксплуатационные качества изделий. По мере отработки монтажей должны быть изготовлены эталоны всех элементов систем. Эти детали в дальнейшем используются при изготовлении всей заготовительной, монтажной и контрольной оснастки.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ РАКЕТ
КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

И.В. Мельников

«МАТИ» - Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского

melnikov_iv@mail.com

На начальном этапе развития ракетно-космической техники её основная экспериментальная отработка происходила при лётно-конструкторских испытаниях (ЛКИ), составляющие системы (компоненты) отрабатывались только автономно. При этом для отработки и доводки требовалось не менее 50 — 100 пусков. По мере усложнения ракет космического назначения (РКН), в особенности с переходом на многоступенчатые конструкции, резко повысилась стоимость самой РКН и проведения каждого её пуска, в связи с чем изменилась стратегия планирования экспериментальной отработки, которая сейчас ориентируется на 2 — 3 пуска при ЛКИ.

Рассмотрены основные задачи, которые необходимо решать для достижения поставленной цели испытаний РКН.

На ранних этапах экспериментальной отработки надёжность современной ракетно-космической техники и её отдельных систем очень невелика. Вследствие этого, чем сложнее изделие РКТ, тем большую роль будут играть его экспериментальная отработка, а также методы организации испытаний и анализа их результатов.

Экспериментальная отработка охватывает следующие направления работ:

1. Наземные испытания отдельных частей или изделия в целом в условиях, максимально имитирующих натурные условия эксплуатации, исследование параметров и условий работы систем и агрегатов РКН;
2. Экспериментальное определение лётно-технических характеристик РКН в ходе лётных испытаний;
3. Доводочные работы по изменению конструкции РКН и режимов её работы, выполняемые на основании анализа результатов указанных выше экспериментальных исследований.

В докладе рассмотрены и проанализированы общие задачи экспериментальной отработки для каждого из направлений.

На основании данного анализа сформулированы актуальные задачи планирования экспериментальной отработки РКН.

СИСТЕМА ЗАПРАВКИ КСЕНОНОМ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

А.А. Ковальский, С.В. Шеманаев

КБ «Арматура» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева,

г. Ковров

В настоящее время по экономичности применения для коррекции орбит космических аппаратов плазменные электроракетные двигатели не имеют себе равных, даже не смотря на высокую стоимость ксенона,

применяющегося в них в качестве рабочего тела. Поэтому их всё чаще применяют на современных космических аппаратах. Одно из ведущих предприятий России в космической области, ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, тоже не осталось в стороне от новейших космических технологий и оснащает свои аппараты плазменными двигателями уже более десяти лет. Комплексный подход предусматривал создание собственной системы заправки ксеноном (СЗК). Она была создана в КБ «Арматура» - филиале ГКНПЦ им. М.В. Хруничева в 2004 году и с тех пор успешно эксплуатируется благодаря тому, что в ней реализованы важнейшие качества для подобных систем: универсальность, мобильность, высокая точность дозирования, обеспечение чистоты заправляемого ксенона, безопасность эксплуатации. Но за прошедшее с 2004 года время во-первых у потенциальных заказчиков возросли требования к СЗК, во-вторых накоплен опыт эксплуатации и в третьих появились новые, более совершенные приборы и комплектующие изделия, позволяющие реализовать возросшие требования. Поэтому разработка СЗК второго поколения ведётся с учётом упомянутых выше факторов. При этом сохранены хорошо зарекомендовавшие себя принцип действия и общее устройство системы, конструкция изменена с учётом опыта эксплуатации и требований заказчиков, применены современные приборы и комплектующие изделия. Благодаря введению автоматизации сведено к минимуму влияние «человеческого фактора» и повышена надёжность. Все внесённые изменения существенно улучшают технические и эксплуатационные характеристики новой системы и позволяют ГКНПЦ им. М.В. Хруничева в ближайшем будущем остаться на лидирующих мировых позициях в области заправки ксеноном космических аппаратов.

**АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УСТРОЙСТВ
ОТВОДА БОРТО-РАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РН «АНГАРА»**

С.В. Конанков, В.Н. Воробей

КБ «Арматура» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Ковров

В данной статье рассмотрены основные вопросы моделирования и анализа динамических характеристик устройства отвода (УО) бортовых разъёмных соединений (БРС) РН с применением программы «Зенит

95», в которой используется метод конечных элементов при исследовании динамики больших перемещений.

Элементы конструкции УО: стрела, рамы МО, коромысло СС, тяги СС и т.д. моделируются стержневыми конечными элементами (КЭ) с описанием для них физических свойств материала, профиля и размеров сечений.

Пневмопривода МО и стрелы моделировались как часть пневмолиний с редукторами, трубопроводами, местными сопротивлениями, что позволило исследовать законы изменения давлений в пневмоприводах в процессе работы устройства.

Гидравлическая часть гидротормозов, гидроамортизаторов моделировалась КЭ типа гидравлический демпфер.

В модели были учтены усилия сопротивления коммуникаций, силы трения в подвижных элементах и шарнирах, весовые нагрузки от коммуникаций и пневмоарматуры.

Параметры движения КЭМ УО рассчитываются в поле тяжести с моделированием подъема и сноса РН в соответствии с заданными траекториями и циклограммой расстыковки БРС.

Результаты моделирования приводятся в виде текстовой выдачи массивов данных или в графических зависимостях, изменяющихся по времени.

Использование программы «Зенит 95» при комплексном проектировании, анализе динамики и прочности конструкций УО БРС, позволило значительно сократить время на создание устройства.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В УПЛОТНЕНИЯХ ПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

А.В. Кошков, А.И. Цветков

КБ «Арматура» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Ковров

Объектом исследований являются уплотнения подвижных соединений (УПС) пневмогидроагрегатов высокого давления работающих в условиях криогенных температур.

Анализ существующих конструкций УПС и работ по использованию материалов в качестве уплотнителей криогенной арматуры показали, что:

а) наиболее близко тактико-техническим требованиям, предъявляемым к криогенным УПС, отвечают сальниковые и комбинированные УПС;

б) материалами сальниковых уплотнений должны быть либо набивки из плетеного гибкого графитового или тефлонового (фторопластового) волокна, либо наборы сальниковых колец, изготовленные из композиционных материалов на основе терморасширенного графита или на основе фторопласта;

в) комбинированное УПС должно быть выполнено в виде манжетного или шевронного уплотнения, в котором уплотнительный (скользящий) элемент должен изготавливаться из композиции на основе фторопласта-4, силовой элемент из дисперснотвердеющего сплава, свойства которой не меняются в широком диапазоне температур длительное время (бериллиевая бронза БрБ2, сплав ЗБНХТЮ), обязательно наличие промежуточного элемента, обеспечивающего равномерную и непрерывную передачу распорного усилия от силового элемента к уплотнительному.

На основании данных положений предложены пять вариантов криогенных УПС для дальнейшей отработки, изготовления и исследовательских испытаний. Разработаны проект экспериментальной установки, а также программа и методика проведения исследовательских испытаний УПС

Тактико-технические требования разрабатываемых образцов УПС соответствуют мировому уровню, а некоторые предлагаемые технические решения могут быть использованы в процессе разработки новых конструкций уплотнений подвижных соединений работающих в условиях криогенных температур.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ ДИАМЕТРОМ 0,15 ММ

М.А. Соловьев, Е.А. Морозова

КБ «Арматура» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Ковров

Несмотря на солидный опыт развития электроэрозионной обработки (более 50 лет) есть проблема в получении точных микроотверстий. Так, например, получение отверстий диаметром $0,15^{+0,05}$ деталей 1А1С-5120-341; -01; -02 – фильтроэлемент имеет большое значение для работы электрогидравлической системы в целом. Фильтроэлемент является базовой деталью, которая отвечает за качество работы системы, является защитой гидравлических систем от металлических частиц, механического износа работающих совместно элементов, деградации масла. Применение фильтроэлементов позволяет значительно повысить бесперебойность работы гидравлических систем промышленного

оборудования, при этом, снизить потери энергии, стоимость работ по ремонту оборудования, а также существенно повысить сроки службы гидравлических жидкостей.

В январе 2009 года был приобретен универсальный электроэрозионный прошивочный станок с ЧПУ мод. Roboform-35P.

На станке Roboform-35P ведется обработка деталей ПГС, БРС по теме «Ангара», обработка деталей рулевых машин. Самым сложным и трудоемким на данный момент для нас является обработка 930 отверстий диаметром $0,15^{+0,05}$ деталей 1A1C-5120-341; -01; -02 – фильтроэлемент.

Сложность заключается в том, что у нас нет проволочного электроэрозионного оборудования, и мы не имеем возможности сами изготавливать электроды для данной детали, т.е. не можем осуществить выбор рациональных параметров электрода. Электроэрозионная обработка осуществляется с обратной полярностью, с поворотом деталей на $12^{\circ} \pm 10'$ (29 раз). В начале отработки возникли проблемы из-за большого и неравномерного угара электрода ($\approx 0,2$ мм), а также большого времени обработки примерно 25 мин/ряд (на режиме 000). Стали прорабатывать другие режимы.

Таким образом, при прожигании на режиме 203, износ электрода минимален и размеры пазов более приближены к допуску. Отрицательным является только время эрозии, которое составляет примерно 20 мин/ряд. Также отметили скоростной режим 232, время эрозии которого 2 мин, а размеры пазов за допуском.

Далее провели электроэрозионную обработку одного комплекта деталей на режиме 232. В ходе обработки деталей появлялись различные дефекты, которые можно было наблюдать на мониторе в виде гистограмм, работа протекала нестабильно. У прожженной детали 1A1C-5120-341-02 (внутренней) имеются несквозные отверстия, т.к. угар электрода неравномерный. Планируется отработка деталей на длительном режиме 203.

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОШТАМПОВКИ ПЕРЕХОДНИКОВ ИЗ ТОНКОСТЕННЫХ ТРУБ

А.В. Волгин, Е.А. Морозова, Д.А. Недоливецко
КБ «Арматура» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева,
г. Ковров

Одним из прогрессивных направлений в КБ «Арматура» является процесс изготовления соединительных деталей трубопроводов, таких как тройники, крестовины и угольники путем гидроштамповки трубных заготовок. В настоящее время, на имеющемся оборудовании изготавливается 64 типоразмера деталей из стали 12Х18Н10Т с наружным диаметром от 6 до 45 мм и толщиной стенки от 0,8 до 3 мм. Технические характеристики установок не позволяют штамповать трубные заготовки с наружным диаметром более 50 мм и толщиной стенки более 3 мм. Детали с большими диаметрами и толщинами стенок изготавливаются путем механической обработки из проката или поковок. Технологическими недостатками таких деталей являются: высокая трудоемкость изготовления и низкий КИМ. Конструктивными недостатками являются: недостаточная герметичность по металлу, из-за перерезания волокон металла в процессе механической обработки, и отсутствие плавного перехода на пересечении полостей. Это подтолкнуло к поиску новых технологических решений при изготовлении фитингов на имеющемся оборудовании. Был изготовлен опытный угольник из трубы 53×1,5 – 12Х18Н10Т. Еще одним примером эффективности гидроштамповки является 2^х слойный тройник. В 2008 г. на предприятии изготовили опытную партию двухслойного тройника «45×6» из стали 12Х18Н10Т. Тройник состоит из 2^х оболочек: внешняя изготовлена из трубы 45×2,5, внутренняя из трубы 38×3.

После проведенных испытаний двухслойный тройник был внедрен в производство под обозначением ЮМИГ.302635.002СБ.

Трудоемкость механической обработки тройника 11Г1116.1.00.000.17 составляет 2,4 н/ч.

Трудоемкость механической обработки двухслойного тройника ЮМИГ.302635.002СБ составляет 0,9 н/ч.

Получен патент на изобретение № 2404003 «Способ изготовления полых многослойных деталей с отводами».

**УЛУЧШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕГУЛЯТОРОВ
ДАВЛЕНИЯ ГАЗА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЭЛЕМЕНТОВ ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ**

Д.М. Неизвестнов, М.В. Данькин

КБ «Арматура» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Ковров

Цель данного предложения – улучшение динамических характеристик регуляторов давления газа.

Цель достигается за счёт использования в редукторе пар вязкого трения. В качестве элементов пары вязкого трения применяется набор разрезных фторопластовых втулок из фторопласта-4 с коническими боковыми поверхностями.

При этом в редукторах данные втулки поджимаются к боковым поверхностям и создают радиальное усилие. Изменение угла конуса и усилия поджимающей толкатель пружины, приводит к получению оптимальной силы прижатия подвижных частей редуктора к направляющей цилиндрической поверхности.

Ожидаемый эффект – повышение стабильной работы редуктора, исключение вхождения подвижных элементов в автоколебания.

**МЕТАЛЛИЗАЦИЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ,
ПОИСКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

М.П. Попков, А.В. Волгин

КБ «Арматура» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Ковров

П.Б. Гринберг

ОАО "Омский НИИД", г. Омск

Одной из распространенных причин потери работоспособности машин и механизмов в современном машиностроении является выход из строя герметизирующих деталей в узлах уплотнения.

Существующие методы модифицирования эластомеров можно условно разделить на методы поверхностного и объемного модифицирования. Традиционные методы модифицирования эластомеров, ввиду воздействия на отдельные ингредиенты РТИ, входящие в рецептуры резин, при получении определенных характеристик имеют и ряд отрицательных явлений морфологического и физико-механического характера.

Принцип предложенного подхода основан на технологии ионного нанесения металлов в вакуумных ионноплазменных установках. Ионноплазменные покрытия представляют собой одно, двух или трехфазные системы соединений, имеющие нанокompозитную структуру с характерным размером зерна 1-5 нм. В качестве компонентов нанопокровтий используются такие металлы, как титан, хром, цирконий, медь, молибден, алюминий и др., как в чистом виде, так и в соединениях, преимущественно с азотом, углеродом, кислородом и др.

Наноструктурированные покрытия – представляющие из себя практически нанодисперсные материалы с увеличенной площадью межзеренных границ имеют более сбалансированное соотношение между твердостью, оказывающей определяющее влияние на износостойкость, и прочностными характеристиками материала покрытий, в том числе в условиях знакопеременных упругих деформаций и циклических термомеханических напряжений.

В сочетании с высокой твердостью, высокой термостойкостью значительно снижает коэффициент трения в контактных парах, повышает эксплуатационные свойства механизмов, улучшает износостойкость. При этом толщина покрытий находится в пределах от 10 до 100 нм, что позволяет покрывать окончательно сформированные изделия.

**ОРГАНИЗАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА И ПЕРЕХОД К ЭЛЕКТРОННОМУ
ДОКУМЕНТООБОРОТУ НА ЭТАПЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАКАЗА
МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ**

Т.В. Рассолов, А.А. Фаткин, Т.В. Рулёва, Ю.А. Балясов

КБ «Арматура» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Ковров

Неоптимальная организация бизнес-процесса на этапах жизненного цикла заказа ведет к негативным последствиям в виде превышения затрат на изготовление, низкого качества продукции, роста длительности производственного цикла, и как следствие – срыва сроков поставки. Одной из главных причин увеличения длительности производственного цикла является затягивание таких процессов, как подбор и отпуск материалов со склада, а также оформление сопроводительной документации.

Подобные трудности особенно характерны для предприятий с мелкосерийным производством, к которым относится и КБ «Арматура». Для их преодоления было решено внедрить на производстве такую систему документооборота, которая позволила бы в режиме реального времени контролировать процесс подбора и отпуска материальных ресурсов, осуществлять согласования при отклонениях от конструкторской документации. Для этого были реализованы следующие мероприятия:

- учет поступления материалов на склад предприятия;
- учет анализа металлов в виде протоколов исследований;
- подбор материалов в разрезе позиций заказа или имеющейся на складе номенклатуры, а также пересчет количества материала при замене сортамента;

- бронирование материалов за отдельными позициями заказа;
- печать требований на забронированный материал с возможностью группировки одинаковых позиций в рамках заказа;
- реализация отдельных этапов электронного документооборота после определения ответственных участников. Предполагается, что назначение ответственных исполнителей для каждого этапа прохождения документа и распределение доступа к информации обеспечит ее достоверность и поддержание в актуальном состоянии всеми участниками процесса.

Такой подход позволяет автоматически заполнять сопроводительные документы информацией, за достоверность и актуальность которой несут ответственность участники процесса, а в результате повысить эффективность, сократив время прохождения документации и обеспечив достоверность управляющей информации.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ГАШЕНИЯ ЭНЕРГИИ В АГРЕГАТАХ ОТВОДА КОММУНИКАЦИЙ

И.Ю. Сорванова

КБ «Арматура» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Ковров

Одной из основных функций агрегатов отвода коммуникаций является отвод отстыкованных частей разъемных соединений с коммуникациями от ракеты-носителя. Скорости перемещения отводимых частей могут достигать 4-8 м/с. Поэтому для снижения ударной нагрузки на узлы агрегатов и обеспечения заданных скоростей перемещения подвижных частей на конечных участках хода, которые определяются требованиями к установленным там датчикам положения, в состав агрегатов необходимо вводить устройства торможения и гашения энергии отводимых частей.

В данной статье рассматривается процесс разработки устройств гашения энергии в составе агрегатов отвода. Агрегаты отвода, как объект исследования, разделяются на две подсистемы, включающие в себя элементы, осуществляющие два различных периода процесса отвода: разгон отводимых частей на начальном участке хода и интенсивное торможение и гашение кинетической энергии отводимых частей на конечном участке хода до полной их остановки. Это позволяет, используя одну и ту же модель для анализа функционирования агрегатов отвода в первом периоде, варьировать различными математическими моделями устройств гашения энергии, выбирая их схему и конструктивные па-

раметры, обеспечивающие требуемый закон движения отводимых частей агрегатов.

Предлагаемый подход к разработке агрегатов отвода с устройствами гашения энергии позволяет определить оптимальную схему и основные конструктивные параметры устройства гашения энергии.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Ю.Л. Арзуманов, Ю.М. Тимофеев, А.Е. Филин

КБ «Арматура» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Ковров

Одной из задач, стоящей перед разработчиками при проектировании пневмомеханических систем (ПМС) ракетно-космических комплексов, является определение параметров функционирования системы в переходном режиме. Решение данной задачи связано с использованием численных методов, которые требуют большого объема вычислений. В связи с этим, для данных целей рационально использовать ЭВМ.

В статье рассматривается использование на этапе проектирования пневмомеханических систем программы «Расчет динамических характеристик реальногазовых пневмомеханических систем – РС058». Программа РС058 предназначена к использованию при структурном и параметрическом анализе функционирования ПМС произвольной структуры с различными рабочими газами в переходном режиме работы при учете теплообмена с окружающей средой.

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ВЫДАЧИ СЖАТЫХ ГАЗОВ НА ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Д.М. Усков

КБ «Арматура» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Ковров

Современное оборудование и изделия ракетно-космических комплексов, как правило, представляют собой сложные и дорогостоящие технологические системы с множеством параметров. Процесс проведения испытаний сложных изделий весьма трудоемок, цена ошибки при их проведении очень высока.

Основными тенденциями мирового научно-технического развития в данной области являются повышение надежности и безопасности пневмооборудования, автоматизация, компьютерный контроль за всеми параметрами происходящих процессов, создание гибких систем с легко перенастраиваемым оборудованием.

Одной из последних разработок КБ «Арматура» в данной отрасли является «Комплект пневмооборудования КПО-01», предназначенный для обеспечения проведения пневмовакуумных испытаний КА «Союз», «Прогресс» и предохранения испытываемых изделий от возможности превышения задаваемых давлений больше допустимых, для каждой линии выдачи (кроме линии вакуумирования).

Одним из инновационных введений в данном комплекте является использование цифровых манометров. Благодаря этому в КПО-01 должна будет достигнута высокая точность выдаваемого потребителю давления, уменьшение влияния человеческого фактора на работоспособность системы и соответственно уменьшение возможности ошибок.

Подводя итоги можно сказать, «Комплект пневмооборудования КПО-01» соответствует современным тенденциям развития техники данного сегмента рынка.

МАКЕТИРОВАНИЕ И СТЕНДОВАЯ ОТЛАДКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДЪЕМНО- ТРАНСПОРТНЫМ МЕХАНИЗМОМ

О.И. Хорошев, Е.М. Халатов

КБ «Арматура» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Ковров

Подъемно-транспортный механизм – спуско-подъемное устройство водолазного колокола (СПУ ВК) – предназначено для перемещения колокола, обеспечения управляемого спуска и управляемого подъема грузового якоря и водолазного колокола.

За основу системы управления принята стандартная двухуровневая сетевая конфигурация.

Для разработки программного обеспечения (ПО) системы управления подъемно-транспортным механизмом выбрана инструментальная система TRACE MODE (ТРЕЙС МОУД).

При проведении отладки возможны два пути: отладка на реальном оборудовании и отладка на макете. В нашем случае было принято решение - проведение отладки на макете.

Макетирование и отладка ПО – важный этап в разработке любого проекта.

Для анализа и отладки работы программного обеспечения СУ был разработан испытательный стенд (макет).

При разработке специального программного обеспечения был выбран метод визуального отображения состояния системы, который обеспечивает удобство при работе со стендом и включает в свой состав:

1. Имитатор сигналов объекта управления(ИСОУ).

ИСОУ имитирует сигналы датчиков в ответ на запросы СУ в соответствии с выбранным алгоритмом, основанным на работе реального оборудования. При разработке имитатора был проведен анализ возмущающих воздействий, которые испытывает система в реальных условиях.

2. Специализированные интерфейсы СУ, которые облегчают отладку разработанного ПО и настройку работы оборудования, входящего в состав СПУ ВК.

В ходе проектирования выполнена разработка автоматизированной системы управления подъемно-транспортного механизма с использованием интегрированной среды разработки Trace Mode. Разработаны макет и специализированное программное обеспечение для отладки и исследования системы управления. Проведено исследование, показавшее работоспособность системы управления.

**УСТРАНЕНИЕ КОНДЕНСАТА В ОБОРУДОВАНИИ С
ГИДРОПНЕВМОАРМАТУРОЙ**

Р.А. Чёлышев

КБ «Арматура» - филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Ковров

Большой практический интерес при проектировании и изготовлении объектов машиностроения, в частности изделий ракетно-космической техники, представляет проблема устранения конденсата. Возникновение конденсата приводит к неизбежному появлению очагов коррозии, сырости и плесени, что влечет к выходу из строя систем и оборудования, простоям, экономическим потерям.

Для борьбы с негативным влиянием конденсата широко применяются теплоизоляционные материалы, такие как стекловолокно, материалы на основе полиизоцианата, вспененный полиэтилен, маты теплоизоляционные базальтовые и другие. Эти материалы имеют ряд недостатков: большой удельный вес, объем, рабочую толщину, малую механическую прочность, низкие защитные свойства и паропроницаемость, малый срок службы, трудоемки в монтаже, не являются экологически чистыми. Эти материалы затруднительно применить на арматуре и изделиях сложной формы. Эффективность применения таких материалов зависит не только от качества самого материала, но и от плотности прилегания к изолируемым поверхностям.

На основе проведенного анализа новых перспективных «прорывных» технологий и материалов был выбран материал «Теплос» (Россия), обладающий существенными теплозащитными и энергосберегающими свойствами по сравнению с традиционно применяемыми материалами и лишенный вышеперечисленных недостатков.

Наиболее значимые преимущества: высокая эффективность энергосбережения, сопротивляемость распространению пламени, устойчивость к большинству агрессивных сред, высокие показатели адгезии, высокая ремонтпригодность, исключение образования конденсата и развития грибков, плесени, микроорганизмов на защищаемых поверхностях, экологическая чистота.

Проведенные испытания материала показали высокие показатели адгезии к покрываемым поверхностям, отсутствие вздутий, расслоений и растрескиваний, исчезновение конденсата, отсутствие сырости и плесени, снижение потерь тепла более чем на 30 %.

На основе проведенных экспериментов рассматривается возможность применения покрытия на дроссельно-холодильных контрольно-измерительных стендах отдела испытаний, проведение дальнейших экспериментов по расширению применимости материала в изделиях КБ «Арматура».

**ПРОБЛЕМЫ РЕСУРСА И НАДЕЖНОСТИ РОТОРНЫХ СИСТЕМ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ОПОР ВРАЩЕНИЯ В
АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

С.Ф. Ромашин, А.И. Каширин, В.И. Новиков, М.А. Дербенев

КБ ХимМаш им.А.М.Исаева –

филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Королев

В современных отраслях транспортного и энергетического машиностроения и, особенно, в аэрокосмической технике- широкое применение находят различные типы опор качения, главным образом, шариковые и роликовые подшипники. Производство подшипников (их годовой выпуск, номенклатура и качество) является одним из важнейших показателей технического потенциала промышленно развитых стран.

Наблюдаемый в последние годы определенный спад производства затронул и подшипниковую отрасль, как по объемам выпуска, так и по номенклатуре.

Вместе с тем, в отрасли начали складываться подходы к регулированию качества и долговечности выпускаемой продукции, особенно там, где требуются высокие скорости и надежность. Отчасти это обу-

словлено появлением новой нормативно-законодательной базы, включая новые стандарты, возрастающей ролью конкуренции в новых экономических взаимоотношениях, усилением тенденций глобализации метрологического обеспечения.

Центральной проблемой отечественной подшипниковой промышленности остается повышение качества подшипников - главным образом точности, быстроходности, долговечности, а в ряде случаев (в авиационной, ракетостроительной отраслях) - снижение уровня вибрации и шума. Именно по этим показателям отечественные подшипники зачастую уступали аналогичным подшипникам производства зарубежных фирм. Сейчас это является одной из основных причин снижения конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках, что сдерживает повышение технического уровня и качества многих типов машин и приборов, делает необходимым импорт подшипников.

Вместе с тем, обозначенные проблемы способствуют поиску и разработке инженерных решений, позволяющих многофакторно управлять качеством продукции, используя индивидуальное метрологическое регулирование уровней метрологического обеспечения параметров изделий, с применением таких подходов как: хронометрия, динамическая акустика, оптоэлектроника.

Массовая компьютеризация инженерных служб за последние 15 лет дает возможность создания и использования реализуемых на ЭВМ математических моделей функционирования изучаемых объектов с последующей корректировкой этих моделей по результатам экспериментальных исследований и эксплуатации.

Комплексным критерием успешного функционирования узла подшипника является уровень вибрации. Данный показатель относится к прогнозным при определении долговечности работы машинных узлов, агрегатов. Слагаемыми вибрации подшипника являются индивидуальные уровни виброактивности рабочих поверхностей деталей - как колец, так и тел качения. Разработанные методы оценок данного параметра на базе современного приборного обеспечения позволяют на стадии изготовления деталей корректировать технологический процесс. Соответственно данный критерий позволяет в конечном счете регулировать ресурс работы подшипника, что прямо влияет на надежность узла в целом.

Особое направление, которое позволит в несколько раз повысить долговечность (а значит надежность) работы подшипника, занимает использование в конструкции нетрадиционных металлов. В первую оче-

редь, это использование материала нитрид кремния (Si_3N_4) для изготовления тел качения. Особые свойства материала, резкое изменение параметров физико-химического процесса, происходящего в зоне контакта, позволяют прогнозировать увеличение ресурса работы подшипника в несколько (до десяти!) раз. Указанные свойства гибридных подшипников дали основания NASA (США) использовать в ТНА двигателей СпейсШаттл керамические подшипники в качестве опор вращения.

Необходимо отметить, что решение о применении КБХМ им.А.М.Исаева гибридных подшипников в качестве опор вращения высокоскоростных узлов перспективных изделий дадут по расчету прирост ресурса работы в 3 и более раз.

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СПОСОБА РОТАЦИОННОЙ ВЫТЯЖКИ (РВ)
ОЖИВАЛЬНЫХ И КОНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ СО СМЕЩЕНИЕМ
РАСКАТНЫХ РОЛИКОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ДРУГ ДРУГА**

И.Т. Коптев, С.С. Юхневич, Л.Д. Гладкова,

Г.В. Тюрин, И.А. Лозоцева

Воронежский механический завод –

филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Воронеж

Ротационная вытяжка (РВ) – процесс пластического формоизменения с утонением вращающейся заготовки при помощи одного или нескольких деформирующих роликов, перемещающихся на заданном расстоянии от оправки, широко используется в современной промышленности для получения деталей сложной формы из листового проката с одновременным упрочнением на кристаллическом уровне исходного металла. Кроме того процесс РВ обеспечивает окончательное изготовление деталей, исключая процессы штамповки, сварки, зачистки, развальцовки.

Предлагаемый способ РВ заключается в ротационной вытяжке оживальных изделий, включающий РВ конических изделий заготовки на оправке давяльно-раскатными роликами, установленными со смещением относительно вертикальной плоскости, отличающийся тем, что в процессе РВ используют не менее чем два давяльно-раскатных ролика, которые создают непрерывный очаг деформации, определяемый заданным смещением роликов относительно вертикальной плоскости по выведенной зависимости, верной для раскатки как конусных так и оживальных изделий и является способом получения конических и оживальных деталей с одновременным упрочнением исходного материала. Технологические параметры РВ (смещения и зазоры) рассчитываются

по формулам и обеспечивают устойчивый технологический процесс в соответствии с теорией раскатки.

Способ существенно расширяет применимость способа РВ по отношению к классу возможно изготавливаемых деталей, позволяет отказаться от специально проектируемого для каждого вида деталей дорогостоящего инструмента и от ручных механических работ. Способ успешно используется на предприятии ВМЗ, может быть легко внедрен на предприятии, использующем процессы РВ.

Предприятием подана заявка на изобретение 2011 127580 «Способ ротационной вытяжки (РВ) оживальных и конических изделий» с приоритетом от 05.07.2011.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА

В.В. Ветохин

*Воронежский механический завод –
филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Воронеж*

Гальваномеханическое хромирование (ГМХ) совмещает гальваническое хромирование с финишной обработкой инструментом из сверхтвердого материала. Наиболее прогрессивным и экономичным является хромирование методом частичного погружения, при котором заготовка не полностью погружается в электролит. Накопленный теоретический материал о ГМО в настоящее время довольно велик, при этом вопрос автоматизации процесса обработки практически не развит. Экспериментально доказано, что наиболее выгодными с точки зрения износостойкости параметрами обладают покрытия с углом сетки микрорельефа, равным 45 градусам. При обработке поверхностей второго порядка для сохранения угла сетки требуется постоянная коррекция скоростей. Однако, в крайних областях цилиндра, и тем более при обработке поверхностей второго порядка для сохранения угла сетки требуется постоянная коррекция скоростей. Рассмотрены проблемы моделирования процесса формирования сетки микрорельефа. Приведены общие зависимости параметров системы управления скоростями приводов формообразующих движений.

Главным отличием данной модели от аналогов будет тесное взаимодействие с системой управления станком. Таким образом, можно предполагать создание единой системы управления технологическим процессом, которая будет включать в себя собственно программу

управления станком, математическую модель, средства автоматизации технологического процесса.

**КОМБИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ КРОМОК ПАЗОВ В
ПРЕЦИЗИОННЫХ ОТВЕРСТИЯХ ДЕТАЛЕЙ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ**

А.О. Родионов, Г.А. Сухочев

Воронежский механический завод –

филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Воронеж

rodionov_alexander@mail.ru, suhotchev@mail.ru

Прецизионные поверхности характерны для таких ответственных деталей ракетной техники, типовыми представителями которых являются плунжеры, гильзы, золотники, центробежные форсунки роторы вакуумных насосов, вихревые крыльчатки и т.п. Они имеют очень жесткие требования по точности и шероховатости, в том числе по характеру микропрофиля: величина скругления кромок в месте прерывания рабочей поверхности не должна притуплять угла без наличия заусенцев.

Подобные требования затрудняют обработку точной поверхности с пазами традиционными методами точения и шлифования. В большинстве случаев на стадии предварительного точения и фрезерования окон закладываются дефекты кромок, требующие кропотливого последующего устранения.

В любом случае по существующим технологическим процессам после предварительного шлифования требуется трудоемкая доводка прерывистой поверхности с использованием дорогостоящих средств технологического оснащения для обеспечения необходимого микрорельефа и требуемой формы.

Сравнительный анализ существующих методов и оборудования для поверхностной чистовой обработки прерывистой поверхности с наличием острых хрупких кромок по контуру паза или отверстия позволяет сделать вывод об эффективности применения комбинированных методов обработки.

Использование комбинированных методов обработки позволит удалить заусенцы и ликвидировать в поверхностном слое деталей остаточные растягивающие напряжения, возникающие после предыдущих операций.

**ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ
ТИПА «ОБОЛОЧКИ» ЖРД**

А.А. Коровин
Воронежский механический завод –
филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, г. Воронеж
ccorvinartem@mail.ru

Технология изготовления оболочки камеры сгорания или сопла современного ЖРД включает в себя множество операций механической обработки, выполняемых на различном оборудовании - точение поперечных канавок системы охлаждения, фрезерование продольных каналов охлаждения, вырубка недорезов фрезерования перекрещивающихся каналов охлаждения, создание выступов-турбули-затворов на поверхностях каналов для повышения эффективности охлаждения узла потока жидкости или газа, сверление тангенциальных отверстий в стенке камеры сгорания для создания завесной системы охлаждения и др.

Проводимые нами исследования показывают, что операции вырубки недорезов фрезерования перекрещивающихся пазов, изготовления турбулизаторов на стенках каналов охлаждения, прошивания отверстий завесной системы охлаждения целесообразно производить электрофизико-химическими методами, т.к. данные методы (электроэрозионный, электрохимический, электроэрозионно-химический) позволяют осуществлять обработку без значительного силового воздействия и с минимальными перемещениями инструмента, в отличие от обработки резанием или пластической деформацией. Кроме того, данные методы позволяют эффективно и высокопроизводительно обрабатывать практически любые металлы и сплавы. При этом имеется возможность варьировать в широких пределах показатели качества обработки посредством изменения технологических режимов.

Нами проведены экспериментальные работы по изготовлению турбулизаторов на поверхностях имитаторов каналов охлаждения ЖРД, которые дают основания полагать, что данный метод может эффективно использоваться в качестве замены операций накатки или электроэрозионной обработки турбулизаторов.
