

**Научно-технические технологии в ракетно-космической технике**  
(Материалы секции 11)

**КОНЦЕПЦИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ  
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*В.Д.Костюков, Е.Д.Лобов*  
(Государственный космический научно-производственный центр им. М.В.Хруничева)

Специалистами ГКНПЦ им. В.М.Хруничева совместно с учёными МАТИ и ИПУ РАН разработана КОНЦЕПЦИЯ совершенствования Автоматизированной Системы Технологической Подготовки Производства (АСТПП) и превращения её в одну из базовых подсистем Единой Корпоративной Информационно – Телекоммуникационной Системы. При проведении работ по глобальной информатизации предприятий, создании компьютеризированных интегрированных систем и производств необходимо соблюдать принцип комплексности и системности в том числе:

- провести предпроектное обследование предприятия;
- создать и утвердить концепцию информатизации предприятия;

- сформировать модели бизнес процессов «как есть» и «как должно быть»;
- утвердить план мероприятий постепенной реструктуризации предприятия и плавного перехода от одной модели к другой;
- утвердить бюджет подразделения информационной технологии;
- создать постоянно действующую аналитическую группу (подразделение) подчиненную непосредственно первому лицу предприятия.

При проведении данных работ целесообразно отдать приоритет созданию интегрированных систем автоматизированной технологической подготовки производства (ИСА ТПП) и, в первую очередь, таким их компонентам, которые обеспечивают выход на оборудование с ЧПУ и средства объективного контроля при изготовлении технологической оснастки. В качестве типовых компонентов при создании ИСА ТПП рекомендуется использовать CAD/CAM/CAE – систему ADEM фирмы Omega ADEM Technologies Ltd и программно-аппаратный комплекс фирмы Delcam на базе координатно-измерительной машины Romer и средств вычислительной техники компании Аквариус.

Реализация данных предложений позволит использовать опыт, накопленный академиками С.П.Королевым, В.П.Мишиным, В.Н.Челоме-ем, Г.Б.Лозино-Лозинским и другими выдающимися отечественными учеными.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ**

*А.О.Бутко, О.В.Козлова, А.В.Цырков*

Решение многих инженерных задач выполняемых с целью оптимизации характеристик объекта довольно трудоемко. Оно подразумевает проведение повторяющихся вычислений значений выходных параметров при одновременном варьировании входными параметрами. Результаты желательно представлять в графическом формате. Таким образом, задача автоматизации подобных расчетов и представление их результатов является достаточно актуальной.

Структурно-параметрические модели, в которых относительно легко адаптируются инженерные расчеты, позволяют проводить данные расчеты автоматически на этапах обработки структурно-параметрических базы (используя программно-методический комплекс структурно-параметрического моделирования – ПМК СПМ), но изменение входных параметров и запуск обработки модели производится пользователем вручную, а представление результатов функционального моделирования в виде графиков не было реализовано. В целях совершенствования методики моделирования разработан модуль анализа функциональных характеристик и имитации механических процессов (кинематики), который получил название *FilmMaker*.

Приложение работает с файлами структурно-параметрических баз. Модуль подключен к ПМК СПМ и может запускаться после формирования структурно-параметрической базы модели. Результатом работы программы является график и протокол решения задачи с результатами расчета и/или имитация заданного механического процесса в виде последовательности кадров отображающих состояние объекта (системы) в определенные моменты времени.

Проведено моделирование системы заправки окислителем (СЗО), в которой реализован расчет времени заполнения трех емкостей системы из посторонних средств (железнодорожной цистерны) и расчет количества цистерн необ-

ходимых для полной заправки системы. Входными параметрами являются геометрические характеристики емкостей СЗО. Полученный результат представлен графиком зависимости времени заполнения и числа цистерн от объема емкости. График может быть сохранен для дальнейшего использования в формате *Windows Metafile*. Все настройки необходимые для работы программы сохраняются в текстовом файле. Для контроля результатов расчета автоматически создается текстовый файл, содержащий входные и выходные параметры. Таким образом, с помощью модуля *FilmMaker* можно автоматизировать проведение широкого круга инженерных расчетов представленных в СПМ.

### **ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕПЛОЗАЩИТЫ «БУРАНА»**

*Н.Л.Григоренко, А.В.Проконец  
(ОНПП «Технология»)*

Информационные технологии сыграли важную роль при разработке и производстве теплозащитного материала для космического корабля многоразового использования «Буран», обеспечив сжатые сроки разработки технологии, высокое качество и стабильность свойств в процессе его производства.

В докладе освещены этапы создания программно-технических средств контроля и управления основными стадиями производства блоков теплозащитного материала ТЗМК, начиная от технико-экономического обоснования, выбора и постановки задач, проектирования архитектуры

технических и программных средств, особенности построения программных и технических средств, постепенного расширения числа задач и др.

Рассмотрены основные подсистемы двухуровневой автоматизированной системы управления производства (АСУ «Блок»), охватывающие практически все стадии жизненного цикла ТЗМК.

Нижний уровень АСУ «Блок» предназначен для решения задач сбора данных о сырье, в том числе автоматического сбора информации при определении прочности блоков, расчета режимов технологического оборудования (планирование «садок», температурный режим обжига и др.) и фактических режимах, управления режимами сушки и обжига (режимы информационно-советующий и прямого цифрового управления), оформления технологической документации и др.

Верхний уровень предназначен для сбора данных о всех стадиях производства, их обработки при расчете паспортных характеристик материала, выдаче технологической документации и сертификации продукции на соответствие ТУ, ТР и др., оперативном и архивном хранении информации, расчете статистических зависимостей при управлении качеством блоков, учете планово-экономических показателей и др.

Накопленный опыт используется в настоящее время. Рассмотрены этапы, особенности и опыт применения ИПИ (CALS)-технологий при создании современных неметаллических конструкций из стекла, керамики и полимерных композитов и технологических процессов их производства для авиации, ракетно-космической промышленности и других отраслей.

## **СЕРВИС ЦЕНТР НА БАЗЕ ITIL В УПРАВЛЕНИИ СБОРОЧНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ**

*Е.С.Крылов  
ЗАО «Бизнес Экспертс»*

**ITIL** – это стандарт, созданный на основе передового опыта организации бизнес-процессов ведущих мировых компаний, эффективно использующих в своей деятельности информационные технологии. Дословный перевод ITIL - Библиотека Инфраструктуры Информационных Технологий.

ITIL был создан в конце 1980-х ССТА (Central Communications and Telecom Agency) правительства UK (Объединенного Королевства) и продолжает развиваться на основе передового опыта. С этой целью создан форум [ITSM Forum](#).

По рекомендациям ITIL деятельность по обеспечению Сервисов (Услуг) представляется в виде процессов. Управление сборочным производством может рассматриваться как управление Сервисами. Сборочное производство выступает в роли Заказчика большого количества Сервисов, связанных с поставкой комплектующих, энергоресурсов и т.п. Важно обеспечить их своевременное и качественное исполнение, а также максимально быстрое восстановление при возникновении различных инцидентов.

Важную роль в поддержке Сервисов играет Сервис центр (аналог Service Desk в ITIL) сборочного производства. Рассмотрим принципы его организации.

Все участки предоставляют услуги своевременной поставки деталей на сборочный участок. Между складом и участками сборки заключены Соглашения об уровнях Сервисов (SLA). Срывы поставок – это инциденты.

Все инциденты приходят в единую точку контакта Сервис центр. Деятельность каждого участка определяется SLA. В SLA должна быть указана, в частности, информация о доступности соответствующего участка. Однако недостаточно создать формальные документы, нужно сделать так, чтобы они работали. Для этого, в первую очередь необходимо провести тренинг всех сотрудников по работе в новых условиях. Новые должностные инструкции описывают ролевое поведение всех сотрудников.

Во время эксплуатации могут появиться некоторые препятствия. Например, вместо обращения в Сервис центр, начальник участка продолжает звонить напрямую начальнику подразделения, не выполнившему обязательства. Для того, чтобы отучить от этого сотрудников, их зарплата должна зависеть от выполнения ролевых обязательств.

В процессе эксплуатации выясняется, что часть инцидентов вызвана отсутствием электропитания или его низким качеством. Поэтому принимается решение о создании SLA между Энергомеханическим отделом и всеми подразделениями, участвующими в обеспечении Сервиса (Своевременная поставка товара).

Сотрудник Сервис центра, получив сообщение об отсутствии электропитания на всех участках должен открыть инцидент 1 приоритета на ЭМО. Однако в некоторых случаях причина может лежать вне организации. Идеальный вариант – заключение SLA с внешним поставщиком, но в силу монополизма поставщиков электроэнергии, задача трудно разрешима.

Для чего собственно нужны эти преобразования? В первую очередь- это выполнение обязательств перед Заказчиками, поставка товаров в срок, указанный в контракте. Руководство предприятия имеет возможность оперативно отслеживать производство и точно оценивать затраты на производство. Руководители подразделений освобождаются

от выполнения диспетчерских функций и принятия «пожарных» мер и имеют больше времени на планирование и оптимизацию производственных процессов и планомерное повышение качества.

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОЦЕССОВ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ**

*И.В.Мартыченко, Г.Е.Семенов, А.В.Цырков  
МАТИ им. К.Э.Циолковского*

Разработка модели воздушной системы термостатирования (ВСОТР-Т), начинается с выделения исходных данных и методов расчета, которые необходимы для обеспечения требуемых значений температуры и влажности воздуха, подаваемого на РН. Такая модель должна выполнять функциональные расчеты, результаты которых могут послужить основой для построения всей информационной модели системы. На пример, функциональный расчет, встроенный в модель фильтра, позволяет определить структуру элемента, а также такие параметры как рабочий объем, диаметры входных и выходных патрубков и т.д. Аналогичным образом создаются и другие модели, отображающие функциональные, структурные и геометрические характеристики объекта.

Информационная модель создана для сопровождения объекта на производственных стадиях ЖЦ. Она поддерживает описание стадий проектирования, конструирования, подготовки производства и изготовления изделия. Для каждой из перечисленных стадий существуют структурная и графическая модели. При анализе объекта на какой – либо



стадии ЖЦ, одновременно может быть выведена информация описывающая ход работ, снабженная графическими, видео материалами, различными диаграммами.

Разработанная информационная модель содержит не только общую геометрию изделия и функциональный расчет, а так же технологию его изготовления с расчетом времени необходимого на производство. Преимущество созданной информационной модели состоит в том, что при изменении каких-либо исходных параметров, автоматически может быть изменена не только геометрия всего изделия, но и производственные характеристики. В дополнение к традиционному набору средств (функций) систем сопровождения проектных работ, построенная модель поддерживает производственную спецификацию системы.

Разработанная при помощи системы структурно – параметрического моделирования информационная модель ВСОТР-Т состоит из 1500 элементов, описывающих основные элементы системы и их взаимосвязи. Модель обеспечивает доступ к информации как по системе в целом, так и по ее отдельным элементам. Аналогичным образом, может быть создана модель не только для отдельных систем, но и для стартового и технического комплексов.

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
ПОДГОТОВКИ  
СБОРОЧНО-СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*О.С.Самсонов, М.О.Шенаев*

В рамках комплекса работ по созданию АСТПП ракетно-космическоо завода ГКНПЦ им. М.В.Хруничева специалисты НИЦ АСК, МАТИ-РГТУ и РКЗ разрабатывают и

внедряют автоматизированную систему подготовки сборочно-сварочного производства.

Система предназначена для автоматизированного проектирования технологических процессов сборки-сварки изделий авиационной и ракетно-космической техники, выполненных из алюминиевых, магниевых, титановых сплавов, сталей с использованием различных видов сварки. Система создается для функционирования в условиях перехода на цифровые информационные технологии и бесплазмовую подготовку производства и позволяет работать с электронными макетами больших сборок, включающими до нескольких тысяч элементов.

Информационная среда разработана на основе отраслевой нормативно-технической документации и может быть адаптирована под требования конкретного предприятия. Система реализована в технологии «клиент-сервер» на основе СУБД Oracle версий 8 и выше.

Состав решаемых задач:

- разработка укрупненных технологических процессов на основе формирования и оценки различных вариантов конструктивно-технологического членения, формирование и визуализация схем и графиков сборки-сварки; определение состава и характеристик средств технологического оснащения; предварительная оценка и планирование работ по технологической подготовке и производству сварных изделий.
- формирование технологических комплектов; проектирование и нормирование маршрутно-операционных рабочих технологических процессов и комплектовочных карт; нормирование материалов, требуемых для выполнения технологических процессов сборки-сварки; формирование документации сборочно-сварочных работ.

- корректирование технологической документации при внесении конструктивных изменений и контроль за проведением изменений.

Опытная эксплуатация системы показала возможность значительного сокращения сроков технологического проектирования, повышения качества технологической документации, информационной интеграции с другими автоматизированными системами.

**ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА «КОМПЛАСТ» ПО  
ИССЛЕДОВАНИЮ МАТЕРИАЛОВ НА  
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ**

*Т.Н.Смирнова, Н.Г.Александров (ГКНПЦ им.  
М.В.Хруничева);  
Л.С.Новиков, В.Н.Герник (НИИЯФ МГУ);  
П.Г.Батаевский, Н.А.Козлов (МАТИ им. К.Э.Циолковского)*

Использование долговременных пилотируемых космических систем в условиях околоземного космического пространства и дальнего космоса поставило на первый план задачу обеспечения максимальных сроков их активной работы в условиях воздействия факторов космического пространства (ФКП). Поэтому в состав Функционального грузового блока (ФГБ) Международной космической станции (МКС) был включен космический эксперимент «Компласт». Панели «Компласт», оснащенные образцами и датчиками, выставлены на наружной поверхности изделия и отправлены в космос вместе с изделием ФГБ 20 ноября 1998 г. Образцы материалов эксплуатируются в течение заданного срока, затем возвращаются на Землю, где в лабораторных условиях проводится исследование материалов.

При экспонировании материалов в следующий подход: измеряются параметры воздействующих факторов-, температура, поглощенная доза ионизирующего излучения, интегральный поток ультрафиолетового излучения, количество микрометеорных частиц. Контроль ФКП проводится непосредственно в месте экспозиции образцов на панелях «Компласт». Контроль температуры и ультрафиолетового излучения проводится непрерывно и по каналам телеметрии передается на Землю.

После возвращения на Землю проводится лабораторная обработка данных, при которой исследуется поведение материалов в космических условиях при действии одного или двух факторов, а также при комплексном воздействии ФКП. Некоторые свойства материалов, например, сопротивление росту трещин в материалах при длительных докритических нагрузках, определяющих долговечность материалов при заданных условиях эксплуатации, замеряются в процессе экспонирования на орбите. Выходной сигнал с аппаратуры расшифровывается на Земле.

Свойства полимерных материалов после воздействия ФКП в значительной степени зависят от молекулярного кислорода, в присутствии которого протекают радиационные и фотохимические реакции окисления. Поэтому транспортировку возвращаемых материалов предполагается проводить в инертной среде или в вакууме. Для этого по окончании экспонирования панель с образцами демонтируется и на внешней поверхности изделия, перед переносом внутрь МКС укладывается в герметический контейнер.

Выполнение эксперимента позволит подтвердить работоспособность выбранных материалов для наружных поверхностей элементов Российского сегмента, выдать долгосрочные прогнозы по свойствам материалов при длительной эксплуатации МКС на орбите.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАДУВНЫХ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ИЗ КОСМОСА**

*К.М.Пичхадзе (НПО им. С.А.Лавочкина)  
В.А.Воронцов, С.В.Иванов (НИЦ им. Г.Н.Бабакина)*

В настоящее время существует потребность доставке грузов из космоса, объем, и характер которой определяется техническими и экономическими особенностями эксплуатации космических аппаратов и других космических объектов. Эта потребность удовлетворяется с помощью специальных транспортных систем - спускаемых аппаратов снабженных системами, обеспечивающими безопасный спуск в атмосфере и мягкую посадку на поверхность. Существующие транспортные системы имеют ограниченные возможности и поэтому не всегда могут быть эффективно использованы.

Кроме того, существует проблема безопасности полетов, связанная с наличием на коммерческих орбитах большого количества некооперируемых объектов – «космического мусора». Эту проблему уже в ближайшем будущем необходимо будет решать наиболее дешевым и доступным способом.

Доставка грузов из космоса, состоит из трех основных этапов:

- подготовительного. На этапе обеспечиваются условия входа в атмосферу;
- спуска в атмосфере. На этом этапе система должна защитить доставляемый груз от сгорания в атмосфере и разрушения от воздействия динамических нагрузок;

- посадки на поверхность. Скорость снижается до значений, обеспечивающих предотвращение разрушения груза при ударе о поверхность.

Новая технология доставки грузов из космоса заключается в использовании надувных тормозных устройств для торможения в атмосфере и посадки на поверхность. При этом применение гибкой теплозащиты позволяет в процессе эксплуатации изменять его форму и размеры, обеспечивающие оптимальные соотношения параметров на всех этапах доставки. Отличительной особенностью системы доставки грузов из космоса на базе надувных тормозных устройств, являются небольшой вес, низкая удельная стоимость и высокая надежность.

Использование технологии НТУ предоставляет новые возможности для почти всех космических систем, где необходим возврат грузов из космоса, а использование в устройствах НТУ недорогих компонентов делает доставку объектов из космоса более доступной.

Технология НТУ предоставит странам-участницам Международной Космической Станции дополнительные возможности для доставки на Землю различных грузов.

С помощью технологии НТУ будущие программы по исследованию Марса, Луны и других планет смогут быть осуществлены более дешевым способом. А новые космические аппараты могут быть снабжены системами возвращения разумной стоимости.

С помощью новой перспективной технологии возвращения объектов из космоса возможно решение вопроса очистки ближнего космоса от космического мусора.

## **БАЛЛИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ МОДИФИКАЦИИ**

**ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПАРКА РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ  
ТЯЖЕЛОГО КЛАССА С ОЦЕНКОЙ  
ПРОЕКТНО-БАЛЛИСТИЧЕСКИХ, ПРОЕКТНО-  
НАДЕЖНОСТНЫХ И  
ПРОЕКТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**

*В.А.Меньшиков, В.В.Букрин, В.Д.Куреев, Л.С.Медушевский  
НИИ КС - филиал ГКНПЦ им. М.В.Хруничева*

Проводится баллистический анализ отечественного парка ракет-носителей тяжелого класса, и выбираются возможные направления их модификации.

Излагается подходы и методический аппарат анализа средств выведения, основанный на оценках проектно-баллистических, проектно-надежностных и проектно-экологических параметров.

Исследуются варианты модификации отечественного парка ракет-носителей тяжелого класса с позиций обеспечения возросших требований к надежности и обосновываются наиболее перспективные варианты.

Проводится анализ вариантов модификации отечественного парка ракет-носителей тяжелого класса с точки зрения обеспечения безопасности персонала космодрома в позиционном районе стартового комплекса и населения вдоль трассы полета.

По результатам анализа обосновываются и иллюстрируются наиболее предпочтительные направления модификаций РН тяжелого класса, методы локализации аварийных ситуаций, ликвидации аварийной РН и минимизации ущерба объектам СК, персоналу космодрома и населению.

Формулируются предложения федеральную космическую программу РФ на перспективу до 2015 года по вопросам модернизации и создания средств выведения тяжелого класса.

#### Литература

1. Киселев А.И., Медведев А.А., Меньшиков В.А. Космонавтика на рубеже тысячелетий. Итоги и перспективы. М.: Машиностроение, 2001 г.
2. Введение в теорию синтеза траекторий безопасного выведения космических аппаратов на орбиты. Куреев В.Д., МО, 2000 г.
3. Расчет активного участка траектории РН. Описание алгоритма и программа расчета. БО КП, войсковая часть 13991, 1991 г.
4. КРК «Ангара» модульной конструкции из унифицированных элементов. Технический проект. Доп.1. ПЗ Ч.3. Кн.2,3. Циклограмма функционирования РН «Ангара». КБ «Салют». 2000 г.

### **ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫЕ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

*Г.Е.Мишензников  
(ГНКПЦ им. М.В. Хруничева)*

Многофункциональные электропроводные и терморегулирующие покрытия необходимы для обеспечения требуемого теплового режима ракетно-космических изделий, а также защиты элементов конструкций РН и КА от накопления статического электричества.

Требования к покрытиям для головного обтекателя и конструкций КА имеют свои особенности:

- покрытие должно быть токопроводящим;
- обеспечивать терморегулирующие свойства (коэффициент поглощения солнечной радиации  $A_s \geq 0,4$ ; степень черноты  $E_n \geq 0,9$ );



- обеспечивать термооптические характеристики;

В ГКНПЦ им. М.В.Хруничева разработано и запатентовано новое многофункциональное электропроводное терморегулирующее белое покрытие (марка ЭППБ-1) с использованием газопламенного напыления Al. Это покрытие имеет требуемые характеристики и устраняет недостатки известных серийных лакокрасочных покрытий, использующихся в ракетно-космической технике.

Покрытие марки ЭППБ-1 со свойствами  $A_s=0,35-0,40$ ;  $E_n < 0,9$ ;  $\rho_v < 10^3$  Ом м обладает хорошей адгезией (к теплозащите, углепластику, стеклопластику, органопластику, а также к алюминиевому сплаву), стойко к тепловым нагрузкам и атмосферным воздействиям, может наноситься как ручным, так и механизированным способом с производительностью до  $10 \text{ м}^2/\text{час}$  (при толщине Al 80-100 мкм). Покрытие имеет меньший вес, а стоимость  $1 \text{ м}^2$  такого покрытия в 2-2,5 раза ниже известных лакокрасочных покрытий.

Покрытие ЭППБ-1 паспортизовано для использования в ракетно-космической технике.

Покрытие для КА со сроком активного существования  $> 2$  лет располагающихся на высокоэллиптических и геостационарных орбитах должны обладать следующими свойствами:

- стабильность термооптических коэффициентов в условиях эксплуатации КА при воздействии разрушающих факторов космического пространства и термоциклирование;
- низким уровнем газовыделения;
- электропроводностью;
- стойкостью к климатическим воздействиям;
- хорошей адгезией к алюминиевым сплавам и углепластикам.

В ГКНПЦ им. М.В.Хруничева совместно с кооперацией, разработано новое электропроводное покрытие ЭППБ-3 космического назначения, обладающее преимуществами

перед применяемым в настоящее время ТРсо-2. Покрытие ЭППБ-3 получено с использованием технологии газоплазменного напыления металла в сочетании с модифицированной технологией нанесения эмали (на основе ТРсо-2). По сравнению с ТРсо-2 оно обладает улучшенными термооптическими характеристиками, весовым совершенством, обладает свойством электропроводности, в процессе эксплуатации не осыпается.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективности покрытий типа ЭПП для внедрения в производство РН и КА.

**МОДУЛЬНАЯ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ  
СБОРКА ОРБИТАЛЬНОГО  
БАЗИРОВАНИЯ – НАПРАВЛЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ  
ГИДРИДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*В.А.Меньшиков, Г.И.Рогачёв  
НИИ КС – филиал ГКНПЦ им. М.В.Хруничева*

История развития транспортных космических систем (ТКС) демонстрирует прогрессирующий рост реализуемых грузопотоков и усложнение структуры и целевых задач операций по транспортно-техническому обеспечению объектов орбитальной космической группировки.

Это связано как с развитием возможностей и наращиванием задач самой орбитальной инфраструктуры и её объектов, так и с развитием ТКС.

В докладе (по сведениям [1, ..., 4]) на примерах строительства и эксплуатации долговременных орбитальных станций (орбитальных станций «Салют» и «Мир» и между-

народной космической станции «Альфа»), анализируется ретроспектива такого развития.

Комментируются выявленные тенденции в эволюции задач космической деятельности, функциональных возможностей орбитальных средств и ТКС, структуры транспортных операций, а именно:

- многоцелевое и многофункциональное использование орбитальных комплексов и их составных частей;
- соответствие требованиям по безопасности космической деятельности;
- унификация и комплексирование составных частей орбитальных комплексов;
- рост энерговооруженности орбитальных комплексов;
- расширение программ научных и технологических экспериментов и рост их энергоёмкости;
- направленность программ научных и технологических экспериментов на создание и отработку «ключевых технологий»;
- модульное построение орбитальных комплексов;
- интегрируемость орбитальных комплексов с ТКС разных типов;
- специализация модулей орбитальных комплексов;
- наличие в составе орбитальных комплексов специализированных «энергетического» и «технологических» модулей;
- расширение направлений и активизация использования в космической деятельности водорода;
- реализация и расширение функций «космических портов», включая и функции запусков полезных нагрузок (характерные для стартовых комплексов).

Излагаются и обосновываются основные положения предложения в Федеральную космическую программу по созданию модульной энерготехнологической сборки, учитывающие:

- указанные выше тенденции;
- апробированные и перспективные направления, технологии и технические решения с использованием водорода при осуществлении космической деятельности [1, ..., 8].

Отличительная особенность проекта – использование возможностей «гидридных технологий» (технологий «связанного хранения» водорода и его энерготехнологической переработки с помощью материалов-накопителей водорода) для повышения функциональной и эксплуатационной эффективности модульной энерготехнологической сборки.

По результатам рассмотрения альтернативных комплектаций сборки, к разработке рекомендуется вариант, комплектация которого, по крайней мере, обеспечивает:

- «связанное хранение» и энерготехнологическую переработку водорода с использованием материалов-накопителей водорода;
- традиционное хранение и выдачу сжатого водорода;
- традиционное хранение и выдачу сжиженного водорода;
- производство энергии с помощью электрохимических генераторов [5, 9];
- технологически обусловленные пневматические, гидравлические, тепловые, механические (электромеханические), электрические и информационные коммутации и передачи.

Также рассматриваются и анализируются схемы орбитального размещения и целевого применения модульной энерготехнологической сборки в предложенной комплектации.

Рассматривается возможность развития проекта для решения задач космической деятельности по исследованию планет и дальнего космоса.

Литература.

1. Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П.Королева – М.: МЕНОНСОВПОЛИГРАФ, 1996. – 672 с.
2. Киселев А.И., Медведев А.А., Меньшиков В.А. Космонавтика на рубеже тысячелетий. Итоги и перспективы. М.: Машиностроение/ Машиностроение – Полет, 2001. – 612 с.
3. Ракеты-носители. Космодромы./ С.П. Уманский; Под ред. Ю.Н.Коптева. – М.: Издательство «Рестарт+», 2001. – 216 с.
4. Новости космонавтики. 1995-2003.
5. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справ. изд./ Д.Ю.Гамбург, В.П.Семенов, Н.Ф.Дубовкин, Л.Н.Смирнова; Под. ред. Д.Ю.Гамбурга, Н.Ф.Дубовкина. – М.: Химия, 1989. – 672 с.
6. Иньков А.П., Редькин В.В., Комянко И.С., Нагорный П.В., Рогачев Г.И. Анализ эффективности криогенных систем с термосорбционным компрессором / Химическое и нефтяное машиностроение, – 1991. - № 5. - С. 12-14.
7. Рогачев Г.И. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.
8. Способ хранения и выдачи газообразного водорода и устройство для его осуществления: Патент 1806305 СССР, МКИ 5 F17C11/00 / Г.И. Рогачев/ СССР/, – 1992. – 4 с.
9. И.Афанасьев. Топливные элементы: из космоса – на Землю/ Новости космонавтики, - 1998. - № 11 (178). – С. 39.

**О ПАТЕНТНО-ПРАВОВОЙ ОХРАНЕ  
ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ  
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

*А.Л.Силецкий (ГКНПЦ им. М.В.Хруничева),*

*С.В.Осьмаков (Центр информационно-гуманитарных технологий Росс. Инж. академии)*

Действующая в настоящее время авторско-правовая охрана программ для ЭВМ, регулируемая в соответствии с законами РФ 1992г. “О правовой охране программ для ЭВМ и баз данных” и 1993г. “Об авторском праве и смежных правах” не обеспечивает надежной правовой защиты этого быстро развивающегося объекта интеллектуальной собственности. Это обусловлено тем, что авторское право запрещает лишь копирование, размножение и распространение произведения без согласия автора, не препятствуя практически несанкционированному использованию предмета описания. Математические модели реальных процессов, описываемых или управляемых с помощью программы для ЭВМ, правовой защиты не получают. Анализ практики патентных ведомств США, Франции, Великобритании, ФРГ, Японии, а также Европейского патентного ведомства обнаруживает единую тенденцию, характерную для большинства развитых по уровню компьютеризации стран. Эта тенденция заключается в расширении круга объектов, квалифицируемых в качестве патентоспособных. В него включаются самые различные технологии, реализуемые на базе ЭВМ, т. е. такие технологии, основной неотъемлемой частью которых являются оригинальные компьютерные программы. Главное, чтобы они поддавались промышленному применению.

Объектами патентного права, как известно, являются патентоспособные изобретения, полезные модели и промышленные образцы. Рассматриваются только изобретения. *Патентоспособность* — это свойство новшества быть признанным изобретением, полезной моделью или промышленным образцом в правовом смысле. В отличие от технического или дизайнерского решения, именуемого в обиходе

изобретением либо плодом технической эстетики, в юридическом смысле под изобретением понимается только решение, отвечающее всем легальным условиям патентоспособности и прошедшее установленную законом квалификацию.

Изобретение в соответствии с Патентным Законом должно отвечать ряду критериев.

Первый критерий патентоспособности изобретения — его *новизна*. Изобретение является новым, если оно неизвестно из уровня техники. Относительно зарегистрированных программ для ЭВМ проблема установления новизны (приоритета) в принципе является решаемой.

Помимо объективной новизны изобретение должно отличаться изобретательским уровнем. Изобретение имеет *изобретательский уровень*, если оно для специалиста явным образом не следует из уровня техники. Этот критерий является важнейшим. Его проверка связана с экспертизой заявки.

Изобретение является *промышленно применимым*, если оно может быть использовано в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях. Решение вопроса о промышленном применении программ для ЭВМ, как одном из видов их использования следует, по видимому, проводить на основе их функциональных характеристик. Эти характеристики определены государственным стандартом РФ разработанным на основе применения аутентичного текста международного стандарта ИСО/МЭК 9126-91 “Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению”. Для многих прикладных программ в РКТ положительное решение этого вопроса очевидно.

Важнейшими документами заявки на изобретение являются описание объекта и его формула, т. е. краткое словесное выражение сущности изобретения, полностью основанное на его описании. Обычно *формула строится по принципу*

формально-логического определения и состоит из ограничительной и отличительной частей, включающих известные (прототип) и новые (отличительные) признаки изобретения. Именно формула определяет объем правовой охраны, предоставляемой патентом на изобретение.

Помимо определения объема правовой охраны изобретения формула обеспечивает установление факта его использования и облегчает в спорных случаях определение автора или круга авторов объекта промышленной собственности. В частности, продукт (изделие) признается изготовленным с использованием запатентованного изобретения, а способ, охраняемый патентом на изобретение, примененным, если в нем использован каждый признак изобретения, включенный в независимый пункт формулы, или эквивалентный ему признак. Это вполне осуществимо в отношении прикладных программ в РКТ.

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕНА В МЕЖСТУПЕННЫХ ОТСЕКАХ РАКЕТ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЛЁТНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

*А.С.Кудинов, И.И.Ибраева (ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)*

В настоящее время при проектировании ракетносителей модульной конструкции в состав первых ступеней включаются подвесные боковые ускорители, количество которых определяется весом выводимой полезной нагрузки. Важной задачей, обеспечивающей безаварийные полёты таких ракет, является правильное проектирование межступенных переходных отсеков и установленных вбли-



зи них элементов конструкции, обеспечивающих крепление подвесных баков.

Особенности компоновки РН с подвесными боковыми ускорителями первой ступени, расположенными в непосредственной близости от межступенного отсека, приводят к появлению вихревой зоны на внешней и внутренней поверхности элементов конструкции отсека, что делает невозможным использование методики для осесимметричных выемок при расчёте теплообмена и существенно осложняет задачу расчёта тепловых потоков к внешнему и внутреннему поверхностям межступенного отсека в полёте.

Особенностью обтекания РН в полёте является наличие утолщающегося по траектории пограничного слоя, который на высотах порядка 40 км становится соизмеримым с размерами боковых ускорителей. Наличие толстого пограничного слоя оказывает сильное влияние на параметры теплообмена в межступенных отсеках, которое недостаточно изучено.

В докладе представлены методы определения параметров теплообмена в межступенных отсеках, учитывающие наличие утолщающегося пограничного слоя по траектории полёта на основе данных лётного эксперимента при первом и втором пуске РН GSLV, приведён сравнительный анализ результатов лётного эксперимента с наземными испытаниями и результатами расчёта по предложенной методике.

## **СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПОДГОТОВКИ К ПУСКУ СОВРЕМЕННЫХ РАКЕТ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*А.В.Агарков*

*Государственное конструкторское бюро «Южное» им.*

*М.К.Янгеля*

Приведены основные особенности принципиально нового способа повышения надежности подготовки ракет к пуску за счет введения оперативного контроля технического состояния их элементов с использованием телеметрической информации (ТМИ), получаемой и оперативно обрабатываемой в реальном масштабе времени на участке предстартовой подготовки ракет. Приведены результаты практического использования предложенного способа повышения надежности подготовки ракет космического назначения (РКН) к пуску при реализации ряда пусковых миссий по международным программам.

Рекомендуемый способ повышения надежности подготовки РКН к пуску дополняет существующие способы контроля технического состояния РКН на всех технологических участках подготовки РКН к пуску и является весьма важным и актуальным, поскольку обеспечивает повышение общей надежности (безаварийности) пусков.

Новизна предложенного способа состоит в оперативном использовании ТМИ для выявления и предупреждения возможных нештатных ситуаций (НШС) при предстартовой подготовке РКН.

Разработанный программно-технический комплекс «Выявление возможных НШС» позволяет оператору-специалисту по оценке процессов, происходящих на РКН, получать дополнительную оперативную информацию для принятия решения о продолжении подготовки пуска или его отмене.

В целом предложенный способ апробирован при проведении ряда пусковых миссий по программам «Морской старт», «Зенит» и «Циклон». При этом подтверждена высокая эффективность предложенного способа и обеспечено повышение надежности пусков РКН по вышеуказанным программам.

## **СЕРВИС ЦЕНТР КАК НОВОЕ ЯДРО СИСТЕМ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ**

*Л.С.Точилов  
ФГУП «НПО машиностроения»*

В условиях опытного и мелкосерийного производства, играющих основополагающую роль в процессе создания образцов новой авиационно-космической техники, задача оперативного управления производством приобретает решающее значение. С этим связаны и сроки вывода на рынок нового изделия – что это, значит, объяснять сегодня уже никому не надо, и затраты, связанные с изготовлением, наземными испытаниями и отправкой на полигон.

Ошибки при планировании, незапланированные потери времени, организационные проблемы оборачиваются штрафными санкциями за нарушение договорных обязательств, простоем зафрахтованных транспортных средств, другими моральными и материальными издержками.

Все это говорит о важности задачи организации эффективных систем оперативного управления производством (Manufacturing execution system – MES). Особенность опытного и мелкосерийного производства и сложность рассматриваемой задачи связана с большим количеством событий, влияющих как на сроки, так и на затраты. Существующие MES-технологии работают с набором событий, которые фиксируют те или иные временные метки в процессе изготовления изделия. Из этой информации можно увидеть, какие были задержки, рассчитать их последствия. Эта несколько запоздалая реакция, а также отсутствие средств, которые позволили бы управлять причинами, служащими источником (нередко регулярным), нарушений (временных,

качественных и др.) в сборочном процессе и подводит нас к выводу о необходимости пересмотра концептуального ядра MES-систем, ориентированного на опытное и мелкосерийное производство.

Ядро должно позволять управлять, в том числе и проактивно (то есть устранять инциденты, еще до того, как они возникнут), полным потоком событий (инцидентов), которые приводят или могут привести к нарушению хода производственного процесса.

Новое ядро – Сервис центр – реализованное на основе передового опыта, собранного в библиотеке ИТЛ (Information Technology Infrastructure Library), обеспечит начальника производства информацией, которая позволит ему заниматься именно управлением и совершенствованием производственных процессов, ясно понимать причинно-следственную связь, приводящую к потерям.

Функционирование данной системы обеспечивает решение вопросов качества в самом широком смысле, включая обеспечение сроков выполнения заказов, снижения затрат, вопросы совершенствования и развития производственных и управленческих процессов. Следует отметить, что ИТЛ реализует процессный подход, отвечающий задаче внедрения международных стандартов ИСО серии 9000 версии 2000 года.

Поскольку причины возникновения инцидентов могут выходить за рамки собственно производства, необходимы формализованные соглашения между подразделениями, в которых каждое из них берет на себя ответственность за качество предоставляемых Сервисов. Сервис центр отслеживает выполнение этих соглашений и предоставляет информацию для анализа.

Новая модель ядра MES-систем является мощным драйвером организационных преобразований. Это особенно важно в условиях производства с проектным подходом. В

данном случае, в отличие от серийного производства, руководство не в состоянии уделять достаточное количество времени различным проектам. Соответственно неизбежны потери, в том числе из-за запаздывания управленческих решений (особенно, когда в решениях присутствует финансовые вопросы). Если в серийном производстве все прекрасно понимают во что обходится простой конвейера, то проектная организация работ усложняет принятие сбалансированных решений в каждом конкретном случае.

Традиционные MES-системы рассчитают новый срок изготовления изделия. Новое ядро определит персонального виновника инцидента – менеджера соответствующего процесса, оценит урон, который он нанес, пусть и из лучших побуждений, и эскалирует, не разрешенный за оговоренное в соглашениях об уровне Сервиса время, инцидент вышеступе руководству с полной информацией для принятия решения.

Существующие учетные и расчетные функции операционного уровня существующих MES-систем могут быть подключены к представленному ядру, реализующему механизмы управления более высокого порядка, что в итоге позволит эффективно решать различные проблемы при реализации сложных технических проектов в опытном и мелко-серийном производстве.

Если касаться серийного производства, то в этом случае ядро будет в меньшей степени задействовано на обработку большого потока инцидентов, а в большей степени на детализацию их причин и последствий. Это - второй важнейший функциональный аспект Сервис центра.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ**

## **И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

*П.П.Мальцев «МП Фотон»  
В.Д.Костюков ГКНПЦ им. Хруничева*

В настоящее время в мировой практике широко внедряются в качестве необходимых элементов производственных информационных технологий различные электронные системы идентификации и кодирования материальных объектов. Использование таких систем позволяет вводить непосредственно компьютерные методы контроля и управления при организации технологических процессов, что значительно повышает их стабильность, надежность и исключает отрицательное воздействие “человеческого фактора”, который существенно снижает качество при производстве всевозможных изделий.

В предлагаемой производственной информационно-управляющей системе контроль, за исполнением должных действий персонала, возлагается на отечественную оптоэлектронную систему электронной идентификации и кодирования, с передачей в соответствующие компьютеры всей необходимой информации в режиме реального времени.. Использование такого метода не требует больших капитальных затрат на изменение прежних технологий, а только потребует привлечение минимального количества финансовых средств на приобретение самой системы идентификации и кодирования с необходимой адаптацией её для существующих технологических процессов. В случае использования данной оптоэлектронной системы идентификации и кодирования такой подход будет оптимален по затратам и по представляемым возможностям для совершенствования производственных процессов и повышения качества техно-

логических операций. Основными задачами при внедрении подобной информационной технологии станут создание электронных паспортов всех технологических объектов и необходимость отображения в электронной версии всех технологических операций и исходных материалов при изготовлении продукции. Это позволит производителям в режиме реального времени обеспечить:

а) сохранение в цифровом виде запланированной и реально отработанной технологической информации непосредственно при изготавливаемых изделиях;

б) по операционную и интегральную оценку полученных параметров по отношению к заданным;

в) доступность и оперативность получения технологической информации о стадии и степени технологической обработки изделий, находящихся в производственном цикле или в режиме хранения.

Такой подход позволяет произвести существенное сокращение времени при оценке качества изготавливаемых изделий и повышение достоверности сертификации выпускаемой продукции и произвести минимизацию временных и финансовых затрат на внедрение данной информационной технологии ибо потребителю не потребуется:

- оснащать рабочие места дорогостоящими компьютерами,
- создавать быстродействующие (дорогостоящие) локальные шины для обслуживания компьютеров на рабочих местах;

Отличительными особенностями отечественной оптоэлектронной системы идентификации являются обеспечение на каждом рабочем месте возможности бесконтактного способа, не только считывать информацию с кодоносителей системы идентификации, но и записывать в них новую информацию в реальном масштабе времени, что дает возможность оперативно управлять технологическими процессами,

а также позволяет в них вкладывать новые функции (не типичные для других систем идентификации), например, возлагать на них сбор контрольной информации о результатах всех предусмотренных операций по всему технологическому маршруту изготовления изделия в целом.

Кроме того, наличие возможности данной системы оперативного и дистанционного обмена дополнительной информацией между управляющими контроллерами системы и ее кодоносителями, позволяет повысить автономность более низких уровней управления производством и снять часть функций с управляющей ЭВМ и тем самым упростить и удешевить структуру управления технологическими процессами.

Таким образом, использование данной технологии позволяет при минимизации времени и стоимости используемых технических средств существенным образом увеличить качество выпускаемой продукции и обеспечить реализацию эффективной эксплуатации ERP-системы и сертификацию производственных процессов и выпускаемых изделий, а также максимально приблизится к внедрению полномасштабных компьютерных технологий.

## **ФТОРОПЛАСТОВЫЕ ПОКРЫТИЯ С ШИРОКИМ СПЕКТРОМ ПРИМЕНЕНИЯ**

*Е.В.Изволенский, А.В.Волгин, Л.В.Дербенев  
(КБ "Арматура" – филиал ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)*

Современная ракетно-космическая техника (РКТ) представляет собой сложные и дорогостоящие сооружения, предназначенные для решения задач оборонного или исследовательского характера.



Спецификой эксплуатации изделий этой техники является работа в условиях воздействия высоких давлений, вибраций и температурных колебаний без утечек рабочей среды. В связи с этим проблема повышения надежности уплотнений и уплотнительных устройств РКТ является актуальной.

Работа существующих уплотнительных устройств основана либо на тщательной подгонке уплотняемых поверхностей, либо на применении мягких металлических, резиновых или полимерных прокладок. Однако они обладают рядом существенных недостатков: высокие контактные нагрузки, нередко превышающие предельно допустимые, схватывание и задираание в уплотнениях с взаимным перемещением уплотняемых поверхностей, низкая коррозионная стойкость, склонность к старению и релаксации при работе в условиях колебаний температуры.

Для устранения этих недостатков в КБ "Арматура" проводятся работы по применению фторопластовых покрытий в уплотнениях разъемных соединений для давлений до 40 МПа (400 кгс/см<sup>2</sup>). Результаты этих работ позволили разработать прокладки и уплотнения, стойкие к воздействию агрессивных сред, старению и релаксации, позволяющие снизить контактные нагрузки, исключить схватывание и задираание уплотнительных поверхностей, снизить чувствительность к перепадам температуры [1, 2].

В КБ "Арматура" проводятся работы по применению фторопластовых покрытий в разъемных резьбовых соединениях, а также в качестве электроизоляционных покрытий.

#### Литература

1. *Изволенский Е.В., Самойлов А.Р.* Заявка на изобретение №2001114893 (Россия) Уплотнение разъемного соединения. Заявл. 30.05.2001.

2. *Изволенский Е.В., Воробей В.Н., Петров Р.А., Юрченко Ю.В., Поддерезгин А.В.* Заявка на изобретение №

2002118427 Соединение трубопроводов по внутреннему конусу. Заявл. 08.07.2002.

## ПРИМЕНЕНИЕ ФТОРОПЛАСТОВОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТЫКОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

*А.В.Поддерезгин, Ю.Л.Арзуманов, Е.В.Изволенский.  
(КБ "Арматура" – филиал ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)*

От надежности разъемных соединений стыковочных устройств во многом зависит выполнение важных операций, связанных с предстартовой подготовкой ракеты-носителя и осуществления ее пуска. На практике во многих случаях используются разъемные герметичные соединения с уплотнениями «металл-металл», что связано чаще всего с характеристиками уплотняемых сред. Изготовление таких соединений весьма трудоемкое и дорогостоящее, поскольку к ним предъявляются высокие требования к точности изготовления и качеству поверхности. Вместе с тем условия эксплуатации таких соединений (чаще всего на открытом воздухе) сводит их долговечность к минимуму.

Одним из простых и дешевых способов повышения надежности разъемных герметичных соединений является применение полимерных покрытий, наносимых на контактирующие поверхности уплотнительных устройств. В докладе представлены результаты экспериментального исследования влияния на герметичность уплотнительных устройств типа металл-металл фторопластового покрытия. Испытания проводились на соединениях с контактом по плоскости и по внутреннему конусу. В ходе исследования наносилось покрытие на одну из контактирующих поверх-

ностей (попеременно), также и на обе сразу. Испытанию подвергались также соединения с нанесенным покрытием на искусственно поврежденные поверхности (царапины, риски). Исследовался вариант соединения, где на одну из контактирующих поверхностей было нанесено покрытие, а другая (без покрытия) искусственно повреждалась. Проводилось испытание соединений, качество поверхности которых в нормальном «непокрытом» состоянии вообще не позволяло загерметизироваться соединению.

Результаты исследования показали, что с применением покрытия усилие герметизации соединений уменьшается минимум в два раза, а при наработке циклов нагружения (соединение – разъем) изменяется незначительно.

В результате исследования сделаны выводы о целесообразности применения покрытия из фторопласта, как увеличивающего надежность разъемных герметичных соединений стыковочных устройств ракетно-космических комплексов.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПРОЦЕССА ГИДРОШТАМПОВКИ ПОЛЫХ  
ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК И  
ПРАКТИЧЕСКАЯ  
РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*С.В.Конанков, В.Н.Воробей., Е.М.Халатов  
(КБ «Арматура» – филиал ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)*

Одним из перспективных процессов изготовления типовых деталей систем газоснабжения ракетно-космических комплексов, какими являются различного вида фитинги – тройники, крестовины, угольники, есть гидравлическая штамповка фитингов из трубных заготовок.

Интерес к гидравлической штамповке фитингов из трубных заготовок объясняется высоким показателем использования материала, низкой себестоимостью деталей и повышением производительности труда по сравнению с процессом изготовления фитингов из цельной заготовки механической обработкой. Также следует отметить высокую эксплуатационную надежность гидроштампованных деталей по сравнению с точеными фитингами.

Гидроштамповка полых деталей из трубных заготовок осуществляется в разъемной матрице путем осевой осадки заготовки и одновременной подачей в полость заготовки жидкости под давлением. Материал заготовки претерпевает пластическую деформацию, и заготовка принимает форму ручья матрицы. Протекающие при этом процессы носят сложный характер и зависят от многих факторов. В связи с этим назначение оптимальных режимов процесса гидроформирования представляет собой сложную инженерную задачу. Ее решение может быть эффективным при использовании средств математического моделирования. При этом проводится анализ различных схем нагружения заготовки, исследуется напряженно-деформированное состояние материала в ходе процесса, формируются законы изменения энергосиловых параметров процесса.

В докладе рассматриваются вопросы, связанные с построением математического описания процессов, имеющих место при гидроштамповке, формированию методики автоматизированного анализа протекающих процессов, выбору рациональных параметров законов нагружения. Рассматриваются вопросы модернизации существующего оборудования с целью внедрения более эффективных технологий гидроформирования. Использование на практике предлагаемой методики анализа ведет к повышению качества изготавливаемых деталей, сокращению сроков отработки технологи-

ческих процессов, снижению стоимости выпускаемой продукции.

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ В ПРОЦЕССАХ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ**

*Н.А.Карандашев, Е.Н.Сидоренков, А.Д.Глинберг  
ГКНПЦ им. М.В.Хруничева*

Выявлены факторы влияющие на выбор технологической схемы (ТС). Дано определение ТС - как совокупность особенностей и свойств оборудования при выполнении технологической операции.

Выделены три основные, ставшими классическими, ТС. Указаны факторы ограничивающие более широкое применение МИОМ, к которым, прежде всего, относятся:

- двухэтапность процесса МИОМ;
- существенное влияние зазора между рабочей поверхностью индуктора и обрабатываемой поверхностью заготовки;
- избирательность процесса МИОМ к материалам с различной электропроводимостью.

Первые два фактора приводят к возможности выполнения операции МИОМ только за один импульс, что сильно сужает возможности процесса МИОМ при выполнении формовочных операций. Третий фактор характеризуется тем, что методом МИОМ легче всего обрабатывать материалы с высокой электропроводимостью, такие как медь, алюминий и их сплавы.

Даны примеры ТС, где для операции отбортовки по традиционной схеме используются на один отбортовываемый сложный контур 2-3 индуктора разной конфигурации, каждый из которых выполняет определенную стадию отбортовки за один импульс, в то время как по другой ТС

один простой одновитковый индуктор с размерами, соответствующими отбортовываемой зоне, позволяет осуществить отбортовку за серию из 5-7 импульсов и при меньших затратах энергии.

Другой пример ТС, с использованием индуктора с плоским и цилиндрическим участком спирали позволяет вытянуть цилиндрический стакан с плоским дном, что по традиционной одноимпульсной технологии МИОМ принципиально невозможно.

Калибровка крупных оболочек имеющих один или несколько сварных швов методом МИОМ крайне затруднено и неэффективно. В этом случае хорошо зарекомендовала ТС, в которой для калибровки используется индуктор с изменяемой геометрией рабочей зоны.

Т.О. Умелое использование особенностей МИОМ позволяет не только расширить область применения МИОМ, но и значительно упростить технологию выполнения операций, а также снизить стоимость оснастки.

### **ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ В КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ**

*Ю.О.Бахвалов, В.А.Половцев, В.И.Михеев  
(ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)*

В данной работе представлены результаты исследований, проведенных КБ “Салют” ГКНПЦ им. М.В.Хруничева по разработке специального оборудования и отработке технологии “холодного” газодинамического метода нанесения покрытий применительно к решению нескольких конкретных задач:

- разработка технологии нанесения термостойкого теплоизлучающего покрытия на защитные экраны из нержавеющей стали с коэффициентом теплоизлучения  $\epsilon \geq 0,7$ ;

- разработка технологии герметизации (“залечивания”) микротечей на сварных швах топливных баков, изготавливаемых из алюминиевых сплавов;
- исследование возможности герметизации соединения деталей из разнородных материалов.

В настоящее время разработано множество различных способов нанесения покрытий, имеющих как свои преимущества, так и недостатки и, в силу этого, свои области применения. Так, такие известные способы нанесения покрытий, как газопламенный, плазменный, электродуговой, детонационный и др. используют высокотемпературные двухфазные потоки, что приводит к плавлению частиц напыляемых порошков и их взаимодействию с газовой средой с образованием различных соединений (окислов, нитридов и т.п.), вызывающих в ряде случаев нежелательное изменение исходных свойств порошков и самого покрытия. К другим существенным недостаткам следует отнести значительный разогрев деталей и их деформацию, вызванную высокими остаточными напряжениями, недостаточную прочность сцепления частиц между собой и с подложкой, высокую пористость покрытия, использование взрывоопасных газов, сложность в обслуживании оборудования, высокая стоимость оборудования и т.п. Использование “холодного” сверхскоростного напыления покрытий [1] позволяет устранить перечисленные недостатки.

Газодинамический метод нанесения покрытий является относительно новым способом и в настоящее время начинает внедряться в производственную практику, находя все новые и новые области применения. Метод заключается в нанесении на обрабатываемую поверхность порошков металлов или их смесей с керамическими материалами, ускоренных с помощью сверхзвукового газового потока, который создается подачей газа с высоким давлением на вход сверхзвукового сопла.

В результате проведенных исследований был установлен оптимальный состав порошков  $ZrO_2$  и  $SiC$  для получения коэффициента теплового излучения  $\varepsilon = 0,7...0,78$ , определена оптимальная толщина слоя и состав композиционного покрытия на основе алюминия, надежно герметизирующего микротечи. Покрытие имеет прочность на разрыв  $10 \text{ кг/мм}^2$ , адгезию на отрыв -  $8 \text{ кг/мм}^2$ , на сдвиг - не менее  $7 \text{ кг/мм}^2$ . При этом температура подложки в зоне напыления не поднималась выше  $100^\circ\text{C}$ , что гарантировало отсутствие изменения в структуре материала.

Разработанные и внедренные на предприятии технологии и оборудование для нанесения различных покрытий методом “холодного” газодинамического напыления позволили в 2...3 раза снизить трудоемкость и в 3...4 раза уменьшить цикл ремонта топливных баков, повысить качество и надежность теплоизлучающих покрытий на защитных экранах изделий космического назначения, наметить пути разработки новых технологий нанесения антикоррозионных покрытий на основе алюминия, цинка, медных и никелевых покрытий под пайку алюминиевых теплообменников и герметизации стыков из разнородных материалов.

Литература:

1. Алхимов А.П., Косарев В.Ф., Папырин А.Н. Метод “холодного” газодинамического напыления. Докл./АН СССР. 1990 Том 315 №5. с. 1062-1065.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ПЕРЕХОДА В  
ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ НА КОНИЧЕСКИХ И  
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИИ  
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА  
ДАНЫХ ЛЕТНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ  
ВЫВЕДЕНИИ  
РКН «РОКОТ» И РН ЖСЛВ**



*И.И.Ибраева*  
*ГКНПЦ им. М.В.Хруничева*

Доклад посвящен проблеме критериального исследования границ перехода турбулентного режима течения в пограничном слое на поверхностях РКН в ламинарный, имеющей важное значение для уточнения весовой сводки РКН.

В докладе представлены результаты анализа данных летного эксперимента по определению коэффициента теплообмена на конических и цилиндрических участках головного обтекателя при выведении РКН «Рокот» и на баках разгонного блока 12КРБ в составе РН ЖСЛВ с точки зрения выбора критерия перехода. Проведено сравнение с результатами методических расчетов коэффициентов теплообмена при турбулентном и ламинарном режиме течения в пограничном слое на цилиндрических поверхностях, с использованием числа Рейнольдса  $Re^*_\infty$ , построенного по определяющей температуре Эккерта и по местной эффективной длине по Авдуевскому. Получено удовлетворительное совпадение результатов летных измерений с расчетом максимального коэффициента теплообмена при использовании для конусов критериального соотношения  $Re^*_K$  для затупленного конуса от  $Re^*_\infty$  для набегающего потока. Экспериментально подтверждено, что переход от турбулентного режима течения к переходному начинается от первого конического участка головного обтекателя, быстро распространяется вниз по потоку и достигает цилиндрической поверхности приблизительно через 5 секунд.

Определено среднее значение местного числа Рейнольдса  $5.5 \cdot 10^5$  для начала перехода и  $0.55 \cdot 10^5$  для конца перехода. Подтверждено наличие безусловно турбулентного обтекания всей КГЧ до тех пор, пока число Рейнольдса по высоте песочной шероховатости составляет 20-25.

## **ПНЕВМОТЕРМИЧЕСКАЯ ФОРМОВКА ДЕТАЛЕЙ КОРОБЧАТОЙ ФОРМЫ В РЕЖИМЕ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ**

*М.В.Ковалевич*

Прогресс ведущих отраслей машиностроения непрерывно связан с возрастающим применением высокопрочных и, как правило, труднодеформируемых материалов. Последнее ставит ряд сложных проблем в области обработки их давлением и, в частности, листовой штамповки. Разработка и создание перспективных конструкций требует интенсификации формоизменяющих операций штамповки – расширения возможностей формоизменения за счет выхода на оптимальный режимы и условия деформации.

Кафедрой “Технология производства летательных аппаратов” РГТУ-МАТИ им. К.Э.Циолковского исследует перспективное направление интенсификации операций штамповки применением эффекта сверхпластичности. В условиях сверхпластичности относительное удлинение ряда сплавов достигает нескольких сотен процентов, что и вызывает возрастающий интерес к практическому применению эффекта сверхпластичности.

Одним из направлений является пневмотермическая формовка деталей коробчатой формы. Такие детали широко распространены в конструкции ЛА. Это различные корпуса, крышки, элементы жесткости.

Были проведены исследования по установлению воздействия различных технологических факторов на предельные возможности штамповки. Проведен ряд опытов по формовке элементов жесткости (рифтов) с различным отношением длины к ширине ( $a/b$ ) и использованием специ-

альной экспериментальной оснастки. Установлено, что при одинаковых схемах нагружения относительная высота отформованных рифтов приблизительно в два раза превышает высоту у отформованных ячеек ( $a=b$ ). Выявлен еще ряд закономерностей.

Планируется проведение серии опытов по установлению зависимости относительной высоты формируемых элементов и от других параметров (схемы нагружения, радиусов скругления матрицы).

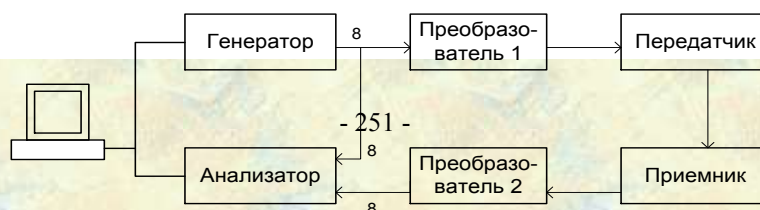
## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ ТЕСТИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА РАБОТЫ ПРИЕМНИКОВ И ПЕРЕДАТЧИКОВ РАДИОСИГНАЛОВ

*А.С.Перванюк, М.И.Перцовский*

*МАТИ – Российский государственный технологический  
университет им. К.Э.Циолковского*

Для анализа работы приемника и передатчика радиосигналов использовались логический анализатор и генератор логических сигналов, выполненные в виде внешних устройств для персонального компьютера, подключаемых к нему через параллельный - LPT порт. Для управления устройствами использовалось единое программное обеспечение, позволяющее определять генерируемые последовательности цифровых сигналов, управлять получением сигналов через логический анализатор, визуализировать их и производить послесансовую обработку данных.

Для тестирования радиоприборов использовалась следующая схема:



С помощью программного обеспечения формируется тестовая последовательность логических сигналов для генератора, который после запуска по каждому из 8-ми каналов через преобразователь подает логические последовательности на радиопередатчик. Полученные приемником сигналы, пройдя через преобразователь, по соответствующим каналам поступают на анализатор логических сигналов. Для сравнения переданной и полученной последовательности логических сигналов используются два метода:

1) Сравнение сохраненных данных в двух разных рабочих окнах. При этом сравнение происходит по всем каналам.

2) Поканальное сравнение данных в одном рабочем окне.

В обоих случаях применяется программный алгоритм сравнения, использующий информацию о задержке сигналов (т.е. смещении по времени) во время прохождения через тестируемые приборы.

**РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА УЧЕБНО-  
ТРЕНИРОВОЧНЫХ СРЕДСТВ КОМПЛЕКСА  
РАЗГОННОГО БЛОКА ПРИ ПОМОЩИ  
СОВРЕМЕННЫХ  
КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ**

*А.В. Чалый, А.В. Альбрехт*

*МАТИ-Российский государственный технологический Университет им. К.Э.Циолковского*

Наличие учебно-тренировочных средств (УТС) является обязательным условием при передаче комплекса разгонного блока (КРБ) в эксплуатацию, а особенно при постановки его на боевое дежурство. УТС должны обеспечивать возможность всестороннего изучения, совершенствования и поддержания профессиональных навыков и умений, а также контроль знаний личного состава эксплуатирующей организации по вопросам подготовки КРБ на техническом и стартовом комплексе.

Тренировка персонала и операторов сложных систем на реальных установках и в реальных условиях слишком дорога, а часто и очень опасна. Альтернативой этому является создание имитационно-тренажерных комплексов на основе компьютерных систем, которые в максимально возможной степени приближены к реальным установкам и позволяют тренирующимся приобрести правильные и устойчивые навыки.

Комплекс УТС состоит из учебных центров и мобильного места тестирования и сертификации.

В состав учебного центра входит:

- рабочее место руководителя работ;
- АРМы операторов для отработки вопросов, связанных с эксплуатацией КРБ;
- мобильного рабочего места координатора работ.

При эксплуатации УТС необходимо создать несколько штатных учебных центров и экспериментального учебного центра, размещенного у разработчика УТС.

Мобильный центр сертификации и тестирования предназначен для оперативной проверки знаний личного состава эксплуатирующей организации, аттестации учебных цен-

тров по эталонной версии УТС и организации взаимодействия между учебными центрами.

Применение комплекса УТС позволит повысить надёжность функционирования системы эксплуатации и КРБ в целом.

*РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ В РЕЖИМЕ  
РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ  
УСТАНОВОК*

*А.В.Яковлев, М.И.Перцовский  
МАТИ – Российский государственный технологический  
университет им. К.Э.Циолковского*

При наземной отработке и проведении испытаний летательных аппаратов необходимо учитывать тысячи физических параметров, в связи с этим, автоматизированные измерительные системы, могут состоять из множества приборов и измерительных каналов. Поэтому необходимо дать инженеру-исследователю инструментарий для решения проблем отображения параметров эксперимента в реальном времени, а так же предоставить ему удобный интерфейс для настройки и использования этого инструментария.

Для того чтобы работа с полученными данными была продуктивной, система визуализации должна обеспечить наглядность представления данных и определенную независимость от внутренней организации системы сбора данных реального времени. Была разработана модель системы визуализации реального времени и создана версия, предназначенная для работы на x86-совместимой платформе. Программное обеспечение визуализации реального времени

спроектировано на модульной основе. Разработано основное приложение, которое загружает различные элементы визуализации, необходимые для конкретного эксперимента. Система поддерживает различные типы элементов визуализации, и добавление новых элементов, таких как:

1. Элемент с одним на параметр (столбчатый, стрелочный и т.д.);
2. Элемент с массивом значений для каждого измерительного канала (осциллограф, самописец, спектрограф, и т.д.);
3. Элемент управления (кнопки запуска, управление выходами и т.д.);
4. Элемент представления (для надписей, логотипов, мнемосхем и т.д.)

Для элементов визуализации второго типа, инженер задает время развертки элемента, с помощью которого, можно посчитать количество данных полученных за это время. Зная максимальное количество точек изображения, выделяется буфер в памяти для канала, который будет равен двукратному количеству точек изображения. Если количество точек сбора будет меньше максимального количества точек изображения, то графики изображаются линиями. За каждый приход очередного блока данных заполняется какое-то количество точек максимального буфера отображения. Элементы отображают эти данные по-своему, в соответствии максимальным количеством точек для отображения.

## **ГЕНЕРАТОР МОЩНЫХ ТОКОВЫХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛИРОВАННОГО ВОЛОЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ**

*С.В.Коновалов, В.Е.Громов  
(Сибирский государственный индустриальный универси-  
тет)*

*А.М.Глезер  
(Институт металлофизики и функциональных материалов  
им. Г.В.Курдюмова, ЦНИИЧермета им И.П.Бардина)*

Электростимулированное волочение увеличивает пластичность труднодеформированных сталей и сплавов [1]. Наноструктурные материалы имеют деформационные особенности [2]. Поэтому для наших наноматериалов был создан и генератор импульсов со следующими параметрами: максимальная амплитуда тока 15 кА, длительность импульса - 25 мкс, диапазон частот от 0 до 500 Гц, форма импульса - полусинусои-дальная, напряжение питания - трехфазное - 380 В.

Принцип действия генератора основан на периодическом разряде предварительно заряженной батареи конденсаторов через нагрузку. Для их подключения к нагрузке используется включающее устройство - тиристор, преимуществом которого является повышенная мощность. При больших скоростях нарастания тока, что имеет место при включении тиристора на емкость, в окрестностях управляющего электрода тиристора может произойти нагрев локальной области и выход тиристора из строя, в связи с этим для ограничения бросков тока в схему введен дроссель насыщения. Источник питания выполнен по трехфазной выпрямительной схеме. Для открытия тиристора использован блок усиления, состоящий из предварительного усилителя и усилителя мощности, выход которого соединен с управляющим электродом тиристора. Питание схемы осуществляется через автоматические выключатели. При включении автомата выпрямляется напряжение в трехфазном выпрямительном мосте (схема Ларионова) и поступает на силовой конденса-



тор, ток заряда которого ограничивается сопротивлением. В схеме использован двухкаскадный усилитель прямого усиления: предварительный усилитель и оконченный. На вход усилителя управляющих импульсов подается сигнал с генератора прямоугольных импульсов. Общая точка генератора запускающих импульсов соединяется с общим проводом усилителя (эмиттер транзистора). В момент поступления импульса на управляющий электрод тиристора последний открывается, его сопротивление падает практически до нуля, и конденсатор разряжается на нагрузку. В связи с тем, что добротность контура высока, разряд носит колебательный характер. При этом тиристор исполняет роль демпфера, отсекая второй полупериод колебания. Таким образом, выходной импульс имеет колоколообразную форму.

Литература

1. Громов В.Е., Зуев Л.Б., Козлов Э.В. и др. Электростимулированная пластичность металлов и сплавов. - М.: Наука, 1996, 297с.
2. Колобов Ю.Р., Валиев Р.З., Гробовецкая Г.П. и др. Зернограничная диффузия и свойства наноструктурных материалов. - Новосибирск. Наука, 2001, 231с.

## **СИНЕРГЕТИКА НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ ПРИ ГИДРОШТАМПОВКЕ ФИТИНГОВ: ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

*А.Н.Чеховой, О.В.Бельков  
(ИЦ РИА "Передовые технологии")  
А.В.Волгин, В.Н.Черногубов  
(КБ "Арматура" - филиал ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)*

Снижение веса и трудоемкости изготовления, при одновременном повышении качества комплектующих изделий

авиакосмической техники (АКТ) – актуальная задача. Дальнейшее развитие гидравлической штамповки тонкостенных фитингов для пневмо- и гидросистем в направлении повышения удельной прочности, коррозионной и теплостойкости нержавеющей стали будет способствовать ее решению.

С целью улучшения качества и расширения номенклатуры изготавливаемых изделий были проведены исследования объемного наноструктурирования при гидроштамповке фитингов из стали 12Х18Н10Т с использованием синергетического подхода при оптимизации структуры.

Предложены параметры порядка, оценивающие степень упорядоченности в бифуркациях 1 и 2 критических состояний (КС), которые определяют макроскопический отклик гетероструктуры на термосиловое воздействие в начальных этапах ее эволюции: характеристики дисперсионного твердения- НВ - макроуровень, НV - микроуровень, АСМ - наноуровень; запас пластичности (способность к сдвиговым деформациям) по отношению к эталону - например, армо-Fe через соотношение диаметров отпечатков (ГОСТ 9012-50, ИСО 410-82); концентрация основного элемента матричной фазы во вторичных (спектр К-фаз тонкой морфологии) и поврежденность.

В основу диагностики объемного наноструктурирования положен дефект плотности ( $\Delta\rho_{\Sigma}/\rho_0$ ), как многоуровневая (макро-, микро-, субмикроуровни) система оценки фазового состава, тонкой структуры и степени поврежденности материала:

$(\Delta\rho_{\Sigma}/\rho_0) = (\Delta\rho/\rho_0)_{\text{ф}} + (\Delta\rho/\rho_0)_{\text{д}} + (\Delta\rho/\rho_0)_{\text{повр.}}$ , где:

- $\Delta\rho_{\Sigma}$ - изменение интегральной плотности стали;
- $\Delta\rho_{\text{ф}}$ ,  $\Delta\rho_{\text{д}}$ ,  $\Delta\rho_{\text{повр.}}$ - изменение плотности за счет фазовых изменений, накопления дефектов кристаллического строения и поврежденности, соответственно;
- $(\Delta\rho/\rho_0)_{\text{д}} = 0,05\%$  от  $(\Delta\rho_{\Sigma}/\rho_0)$  в том числе неравновесных вакансий  $10^{-11}\%$ ;

-  $\rho_{\text{ф}} = \Sigma \rho_i V_i / G$  (где  $\rho_i$ ,  $V_i$  - плотность и объем  $i$  фазы;  $G$  – общий объем);

- состояние равновесия  $\rho_0$  является неустойчивым.

Физические методики рентгеновской дифрактометрии, внутреннего трения и просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения в рамках данной метрологии решают не только задачи диагностики КС - динамику процессов структурных перестроек, приводящих к изменению жесткости, прочности и пластичности. Эти прецизионные методики CALS-доступа к состоянию гетеросистемы позволяют подобрать условия среды обитания (СО), комфортные для реализации необходимых нам направлений эволюционного развития материала на всех этапах ЖЦ.

Бифуркация 1КС соответствует возможностям эволюции структурной системы с вероятностью, по крайней мере,  $1/2 \rightarrow$  релаксации либо за счет микроразрушения, либо за счет эпитаксии армирующих субграницы когерентных выделений К-наночастиц - этих 2-х необратимых во времени процессов. Введение новых условий СО - термической стабилизации (СТО) - позволило реализовать с достоверной вероятностью 1 вторую возможность (табл. 1). Высокие значения коэффициентов диффузии карбидообразующих элементов и углерода в сформированной интенсивной пластической деформацией субструктуре позволили получить и заставить нановыделения К-фаз при температурах отжига ниже температуры рекристаллизации. Варьирование температурой и временем при СТО позволяет регулировать распределение К-фаз в размерном и объемном масштабах в нанокompозитах на границах фрагментированных фаз, что создает возможности достижения принципиально нового уровня свойств гидроштампованного материала [1].

Существование странного аттрактора - математического образа сложного движения в нелинейных диссипативных системах - с неперiodической траекторией, носящей экспоненциальную зависимость от времени, является одним из признаков хаотического поведения системы.

ненциальный характер указывает на случайность процессов, порождаемых детерминированными законами. Критерий хаотичности характеризуется горизонтом предсказуемости (прогнозировании):  $T \sim 1/\lambda$ ,

где:  $T$  - время на которое может быть дан достоверный прогноз, показатель Ляпунова  $\lambda = \lim_{t \rightarrow \infty} 1/t \ln X(t)/X(0)$ , означающий, что малое возмущение режима  $X(0)$  во времени увеличивается экспоненциально:  $X(t) = X(0) \exp(\lambda t)$ .

Современная теория детерминированного хаоса позволяет математически описать переход от динамики системы к хаосу и наоборот. Появляется возможность прогнозировать ресурс.

Литература

1. А.Н.Чеховой, О.В.Бельков. Ключевые приоритеты в инновационном промышленном производстве. Интеграл, №3 (11), М., 2003.

## **К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УПРУГИХ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И УСТРОЙСТВ НА ИХ ОСНОВЕ**

*И.Н.Жибарева*

Упругие чувствительные элементы (УЧЭ) нашли широкое применение в авиакосмической технике в качестве первичных преобразователей в пилотажно - навигационной аппаратуре, в двигательной автоматике, в средствах спасения, в аппаратуре жизнеобеспечения.

В последние годы проведен большой объем работ в направлении оптимизации проектирования УЧЭ, как оболочечных, так и винтовых цилиндрических пружин. В докладе показано, в чем заключается сложность решения такой за-

дачи, пути ее решения, а также представлены результаты решения отдельных конкретных задач.

Но проведенные работы являются лишь начальным этапом в решении общей задачи оптимизации проектирования устройств, использующих такие УЧЭ. Показано, что дальнейшее развитие системы оптимального проектирования целесообразно осуществлять на базе единого аналитического центра УЧЭ. Это позволит использовать единые, с необходимой точностью методы расчета параметров УЧЭ, единые методы их испытаний и контроля.

В функции центра должны входить:

- поиск решений по УЧЭ в аналитическом виде, удобном для исследования и анализа схемных решений устройств предприятием-разработчиком устройств.
- поиск решений для различных типов УЧЭ. Различных технологических процессов их изготовления и различных материалов по данным предприятий – изготовителей для формирования спроса – предложения.
- выдача рекомендаций по более оправданному составлению нормативных рядов УЧЭ (ГОСТы и др.)

### *МОДИФИЦИРОВАНИЕ УГЛЕПЛАСТИКОВ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ*

*Г.М.Гуняев, С.И.Ильченко, О.А.Комарова, И.С.Деев,  
В.М.Алексашин  
(ФГУП "Всероссийский институт авиационных материа-  
лов", ГНЦ РФ)*

Наноматериалы и нанотехнологии с использованием углеродных фуллероидных структур вызывают все больший интерес у специалистов и ученых. Если применение их в качестве армирующих элементов наноуровня сдерживается

высокой стоимостью, то использование фуллеренов, нанотрубок, астраленов в качестве активных модификаторов экономически оправданно и эффективно, так как позволяет достичь технически значимого эффекта при использовании микродоз углеродных наноматериалов (0,01-1%). В результате проведенных работ было замечено, что фуллероиды «лечат» несовершенную структуру полимера, устраняют рыхлости, способствуют уменьшению доли исключенного объема, улучшают морфологию матрицы, структуру границы раздела фаз.

Влияние углеродных наномодификаторов проявляется уже на технологических свойствах полуфабрикатов в процессе формирования полимерных композитов. К настоящему времени разработана технология аппретирования, основанная на обработке углеродных армирующих наполнителей насыщенными растворами фуллерена C<sub>60</sub> в ароматических углеводородах, а также способы приготовления суспензии из нерастворимых наночастиц - астраленов, нанотрубок с эпоксидными олигомерами, и олигомер-полимерными системами.

Результатами, полученными с помощью электронной микроскопии было показано, что применение углеродных наномодификаторов позволяет улучшить морфологию полимерных матриц и микроструктуру границы раздела фаз «армирующее волокно - полимерная матрица», где образуется высоко ориентированный слой полимера, толщиной до 10 мкм.

За счет повышения адгезии на границе раздела фаз и когезионной прочности материала матрицы на 60 % возросла прочность углепластиков при межслоевом сдвиге и сжатии в трансверсальном направлении. Существенно повысился показатель остаточной прочности композита, характеризующий трещиностойкость материала, а следовательно, вязкость его разрушения.

Наиболее перспективна модификация полимерных композиционных материалов с целью придания дополнительных специальных свойств - тепло-, электропроводящих, радиопоглощающих, экранирующих от электромагнитного излучения, антифрикционных. В частности, уже разработано высокоэффективное молниезащитное покрытие для защиты углепластиковых конструкций планера самолета, входящих на внешний контур в зоне смещающихся электрических разрядов большой мощности

### **НОВЫЙ ПРИНЦИП ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАР ТРЕНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ: НАНОТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ**

*И.В. Фришберг*

*НПП "Высокодисперсные металлические порошки" РАН*

Изложены фундаментальные научные и технические разработки и описана новая промышленная продукция Научно-производственного предприятия «Высокодисперсные металлические порошки» (ВМП), входящего в состав Российской академии наук. Предприятием накоплен достаточно большой практический опыт применения новой продукции, полученной в нанотехнологическом процессе из наноматериала ВМП, специально сконструированного для значительного повышения ресурса работы пар трения и трансмиссий непосредственно при эксплуатации машин и механизмов.

Сформулирован новый принцип реализации нанотехнологического процесса при эксплуатации пар трения. Он состоит в протекании самоорганизующегося аутогенного микромодифицирования поверхности основного материала

трения во время работы с помощью введения в зону трения «первичных нанопорошков». На дефектах поверхности под воздействием выделяемой при трении энергии они превращаются в новые активные центры зарождения и роста нанокристаллических структур в виде микропокрытий. Они по свойствам существенно отличаются от исходного материала поверхности. Свойствами микропокрытий можно управлять с помощью состава и свойств первичных нанопорошков так, что они могут сочетать одновременно пластичность с износостойкостью или обладать другими заранее контролируемые параметрами.

Принцип основан, во-первых, на общеизвестных данных о том, что при трении под воздействием больших нагрузок и температуры поверхностные слои металла фрагментируются (измельчаются), образуя слои с нанокристаллической структурой – размер фрагментов от 3 до 700 нанометров. Результат этого - в десятки раз увеличенная диффузионная подвижность атомов и появление более пластичной и практически беспористой структуры поверхности трущегося металла, не достигаемой никакой другой обработкой. Во-вторых, на экспериментах специалистов ВМП, которыми показано, что нанотехнология самопроизвольного образования микропокрытий инициируется и поддерживается специально вводимыми в контакт с поверхностью трения наносплавами и смесями, в частности медьсодержащими,  $Cu_nSn_m$

Они обладают химической неустойчивостью к воздействию энергии трения и вследствие этого выделяют необходимый для микропокрытия «вторичный» нанометалл с ювенильной поверхностью. Благодаря высокой энергетической активности последней происходит самопроизвольное встраивание новых химических наноэлементов в поверхностные структуры материала пары трения. Это главное



начало аутогенного микромодифицирования поверхности пар трения,  $Cu_n Sn_m - aCu + Cu_{n-a} Sn_m$ .

При этом микромодифицирование в присутствии медьсодержащих наносплавов сопровождается деформацией поверхностных микроструктур, в частности образованием ротационных («закрученных») участков на стальном материале. Обычно это характерно лишь при высокотемпературных фазовых превращениях в стали. Не наблюдают этого также и при трении в отсутствие наносплавов меди. Появление ротационных микроструктур и повышенная диффузионная активность при трении обуславливают относительно большую глубину проникновения элементов наносплавов в поверхностный слой – десятки микрометров, и самую возможность создания микропокрытий.

Длительность функционирования микропокрытий со вторичной наноструктурой обеспечивается непрерывным доступом к ней первичных наносплавов и смесей, поскольку отдельные участки покрытия при эксплуатации разрушаются из-за образования дефектов или особых хрупких соединений, в частности железомедных сплавов – Fe-Cu.

При применении нанопорошков металлов, способных к химическому взаимодействию с материалом поверхности трения, необходим подбор определенной их концентрации в соответствии с условиями эксплуатации. В противном случае не исключено химическое взаимодействие порошка, в частности, с железом и легирующими элементами. Это может сопровождаться существенным увеличением геометрии поверхности трения и зернограничной диффузией химического агента вглубь.

Промышленный продукт нанотехнологии газофазной металлургии, созданный ВМП для микромодификации поверхностей пар трения, имеет название РиМЕТ. Первый его состав выпущен еще в лаборатории в 1986-году. Применяется в двигателях внутреннего сгорания различного типа.

По результатам всесторонних испытаний – лабораторных, стендовых, автодорожных, - написаны объемные отчеты специализированных Институтов. Это суспензионный состав нанопорошков. Цех по его производству состоит из увязанных по оригинальным схемам традиционного миксерного и диспергирующего оборудования, дозаторов, участков розлива, полуавтоматов герметизации тары, линии маркировки. Цех нанопорошков в НПП ВМП - дин из главных на заводе. Это единственное в мировой практике промышленное производство, основанное на процессах газофазной металлургии, в частности испарении – конденсации.

### **ПЕРСПЕКТИВНАЯ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК**

*Т.М.Титова, А.П.Огурцов, И.А.Павлюченков  
(Днепродзержинский государственный технический университет);*

*В.В.Лунев, Г.А.Бялик, С.И.Адамчук  
(Запорожский национальный технический университет)*

Целесообразность применения двухслойных металлов и сплавов связана с возможностью экономии при их производстве материальных и энергетических ресурсов при одновременном обеспечении высокого комплекса физико-механических и эксплуатационных свойств металлоизделий, труднодостижимых при применении мономатериалов.

Так, высокая электропроводность чистой недеформированной меди в сочетании с низким уровнем прочностных свойств не позволяет использовать ее в конструктивных элементах, испытывающих значительные механические нагрузки. Рациональным методом применения такой меди

является создание армированных композитных материалов, в которых высокая электропроводность сочетается с удовлетворительной механической прочностью. В тоже время, ввиду поверхностного эффекта, значения активного и полного электросопротивления биметаллической проволоки незначительно отличаются от соответствующих значений для медной монопроволоки того же диаметра.

Разработан технологический процесс получения высококачественного металломатричного композиционного материала.

Создание ресурсосберегающей и экологически безопасной технологии производства непрерывнолитой биметаллической проволоки осуществлено на базе электрометаллургических способов выплавки и непрерывной отливки металла. Разработке ее предшествовало создание физических и математических моделей процессов, лежащих в основе способа получения биметаллических непрерывнолитых заготовок. В ходе выполнения работы созданы физическая и математическая модели процесса непрерывного литья двухслойных НЛЗ с осесимметричным расположением слоев.

Конструкция опытной установки обеспечивает плавку и рафинирование отходов меди в графитовом тигле в вакууме, центрирование армирующей вставки относительно медной матрицы, непрерывное и синхронное вытягивание вставки и матрицы через водоохлаждаемый кристаллизатор. В зависимости от диаметра биметаллической заготовки опробовано два варианта ее вытягивания, в том числе и через шлюзовое устройство, с намоткой на барабан, расположенный как внутри вакуумной камеры, так и снаружи. Непрерывность получаемой заготовки достигается дошихтовкой печи медью в процессе плавки. Длина непрерывнолитой заготовки лимитируется длиной армирующей вставки.

В ходе проведенных опытов получены биметаллические заготовки с наружным диаметром от 8 до 12 мм при диаметре стальной армирующей вставки – 2,5 – 3,0 мм.

Металлографические исследования опытных образцов, отобранных на разных уровнях от заготовки, свидетельствуют о высоком качестве поверхности и плотности структуры меди при отсутствии оксидных включений, что является показателем высокой чистоты меди, полученной из отходов. В зоне контакта слоев неметаллические включения не обнаружены, проникновение меди в стальную вставку составляло до 10-20 мм.

### **ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОСТИМУЛИРОВАННОЙ ПРОКАТКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОСТРУКТУР**

*К.М.Климов*

*(Институт металлургии и материаловедения им.  
А.А.Байкова РАН)*

Физико-технические основы электростимулированной прокатки при использовании электрических токов высокой плотности непосредственно в зоне деформации включают следующие особенности: 1) резкое снижение сил трения в зоне фактического контакта инструмента и заготовки; 2) крайне неравномерное распределение плотности тока в очаге деформации; 3) джоулево тепловыделение в очаге деформации и в объеме заготовки.

Указанные особенности и определяют широкие возможности в обработке различных материалов и придания им требуемых свойств [1,2].

В частности, выявлены возможности получения металлических и неметаллических (в качестве дополнительных компонентов) наноструктур с различной ориентацией (двумерной и одномерной), т.е. волокнистые или тонкослоистые структуры. В зависимости от свойств компонент и металлических оболочек полученные материалы могут обладать весьма необычными свойствами: электрофизическими, теплофизическим и иными параметрами. В ряде случаев могут быть получены металлические мембраны и микроканальные структуры для тонких химических и биологических объектов.

Особый интерес могут представлять материалы с чередующейся пористостью наноразмеров в различной ориентации [3] .

В указанных порах могут быть размещены в заданной последовательности и заданных размеров различные вещества и материалы, что придаст изделиям из таких материалов особые свойства.

При получении такого рода материалов методами электростимулированной прокатки могут быть использованы специальные обрабатывающие инструменты, в данном случае, валки из специальных материалов и форм, исходя из профиля и конфигурации ручьев и калибров.

Таким образом, вышеуказанные методы обработки и получения новых материалов могут иметь хорошие перспективы в использовании в различных отраслях науки и техники, в том числе и в ракетно-космической.

#### Литература

1. Климов К.М., Новиков И.И. Особенности пластической деформации металлов в электромагнитном поле. Доклады АН СССР. Т. 253, №3.
2. Климов К.М., Бурханов Ю.С., Новиков И.И. Снижение сил контактного трения при электростимулированной деформации металлов. Доклады АН СССР. Т.283, №1.

3. Klimov K.M. Electrostimulated rolling - a new method of producing materials and components. Journal of Advanced Materials. Vol. 3/ No 6/ 1996.

### **К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ РКТ**

*А.С.Ким, Р.В.Бизяев*

*МАТИ – Российский государственный технологический  
университет им. К.Э.Циолковского*

В настоящее время актуальным вопросом в ракетостроении является необходимость развития и внедрения технологии информационной поддержки изделия (ИПИ – технологии) по всему его жизненному циклу (ЖЦ). В первую очередь это связано с обеспечением конкурентоспособности изделий ракетно-космической техники (РКТ) на международном рынке.

Основные методологические принципы построения систем на основе ИПИ – технологии состоят в:

- 1) использовании на всех этапах ЖЦ полного электронного определения изделия, т.е. интегрированного информационного поля на основе единой системы управления данными об изделии (PDM/PLM - системы);
- 2) базировании стадий ЖЦ (научных исследований, проектирования, испытаний, производства изделия) на интегрированной информационной среде, включающей электронное макетирование, управление проектом (PM), потоками работ (WF), управление производственными, кадровыми, финансовыми ресурсами (ERP), управление качеством и логистическая поддержка эксплуатации изделия;

3) сквозной компьютерной привязке всех этапов, начиная от НИОКР, с электронным макетированием, безбумажным документооборотом на сетевых структурах, с непрерывным отслеживанием качества и соблюдением стандартов по всему ЖЦ, что позволяет более эффективно внедрять новые научно-проектировочные решения;

4) создании электронных технических руководств по эксплуатации изделия на этапах проектирования, испытаний и производства;

5) электронном документировании, что позволяет получить полную каталогизацию узлов и комплектующих для сертификации, эксплуатации и ремонта;

6) использовании современного технического оснащения, включающего графические рабочие станции, накопители больших массивов данных и, что наиболее важно сегодня, построение информационных сетей.

Внедрение ИПИ – технологии в ракетостроении, в первую очередь, при создании новых изделий позволит в 1,5 – 2 раза ускорить процесс их проектирования и сократить сроки выпуска изделия заказчику на 25-40 %. Поэтому необходимо значительно усилить разработки и внедрение ИПИ – технологии в ракетостроении.