

Научно-технические технологии в ракетно-космической технике

ОПТИМИЗАЦИЯ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ СОЗДАНИИ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

А.С.Егоров, И.С.Радугин (ГКНПЦ им.М.В.Хруничева)

При создании ракетно-космической техники должно быть учтено множество факторов и большое количество проектно-конструкторских параметров. Параметры изделий выбираются, в основном, итеративно и на основе имеющегося опыта. Причем, при выработке решений параметров задаются с определенным коэффициентом запаса (прочности, надежности и т.д.) и не учитывается то, что не всегда определяющие факторы действуют одновременно, а если и действуют, то не всегда имеют предельные значения.

В данной работе представляется подход к осуществлению оценки действия внешних случайных факторов на изделие при различных показателях вероятностей их проявления, основанный на разработанной автором методе.

Приводится пример оценки наиболее вероятных сочетаний отдельных факторов и производится оптимизация учета их совместного воздействия на разрабатываемое изделие.

Распространяя данный подход и на основные проектные параметры можно получить значительный выигрыш в конечной массе вновь разрабатываемых изделий, что в свою очередь обеспечит увеличение полезной нагрузки, выводимой ими на требуемую орбиту и, следовательно, уменьшит удельную стоимость пуска. Реализация подхода позволит создавать изделия с оптимальной массой, что необходимо не только для изделий ракетно-космической отрасли, но и в авиации, а также и в других отраслях народного хозяйства, поскольку обеспечит сокращение затрат на их производство, что в свою очередь, приведет к снижению их себестоимости.

Реализация подхода не связана с необходимостью несения каких-либо дополнительных расходов - это реализация внутреннего резерва. Рост выходных качественных показателей изделия при снижении его себестоимости - основа повышения уровня конкурентоспособности изделия и, тем самым, обеспечения устойчивости его положения в своем секторе рынка.

ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ МАНЕВРОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПО ДАННЫМ РЕТРАНСЛЯЦИОННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

В.С. Чаплинский, Ю.Ю. Махненко (ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)

Реализация функций измерений текущих навигационных параметров космических аппаратов (КА) – абонентов космических систем ретрансляции информации (типа TDRSS – США и «Луч» – Россия) позволяет обеспечить их траекторный контроль оперативно и практически глобально, без ограничений по зоне радиовидимости, присущих наземному комплексу управления (НКУ).

В докладе приводятся результаты исследований возможности оперативного определения орбит КА с высотой полета 250...500 км и наклоном в диапазоне 51,6...82 град. По ретрансляционным измерениям непосредственно после выполнения маневра коррекции их элементов. Полагалось, что маневр проводится в зоне видимости КА через геостационарные спутники – ретрансляторы (СР). Продолжительность зоны видимости низкоорбитальных КА через СР на витке полета составляет не менее 50 минут. Рассматривались предельные по оперативности траекторного контроля варианты использования одного сеанса ретрансляционных измерений радиальной скорости длительностью 15 минут в средней (траверсной) части зоны видимости через один СР либо через два СР, разнесенных по долготе на 120 град. При проведении исследований систематическая и средняя квадратическая погрешности ретрансляционных измерений принимались равными 0,03 см/с.

Погрешность навигационных определений существенно зависит от точности знания параметров движения этих СР на мерном интервале. Наиболее высокие точности оперативного определения параметров движения КА после маневра, сопоставимые с получаемыми наземным комплексом по измерениям с трех наземных пунктов на 2-3 витках полета, разнесенных на суточном мерном интервале.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СТАРТА РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ С РЕЗЕРВИРУЕМОЙ МНОГОДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ

Сравнительный анализ двух вариантов схемно-конструктивного построения РН (блочной схемы РН "Ангара-5" и моноблочной с резервированием) имеет целью оценку преимуществ варианта РН по параметрам надежность (вероятность выполнения задачи выведения) и безопасность стартового комплекса как при штатной эксплуатации, так и при летных испытаниях. Рассматриваемые варианты РН отличаются конструктивным оформлением первой ступени.

По составленным зависимостям для каждого рассматриваемого варианта определены оценки вероятности выполнения основной задачи ракеты космического назначения (РКН) и вероятности сохранения старта при возникновении отказов двигателей 1-ой ступени.

Анализ полученных оценок позволил сделать следующие выводы:

- вариант РН с моноблочной первой ступенью при серийной эксплуатации с заданными характеристиками надежности, является предпочтительнее многоблочного варианта РН "Ангара-5" как в части вероятности выполнения задачи выведения полезной нагрузки, так и в части обеспечения безопасности стартового комплекса;
- вариант летной отработки РН "Ангара-5" при условии предшествующей модульной отработки его ступеней по возможности предупреждения тяжести последствий отказов носителя является предпочтительней варианта РН с моноблочной первой ступенью;
- решение о применении в РН "Ангара-5" многоблочной схемы при выбранном двигателе для универсального ракетного модуля – РД-191 – представляется достаточно обоснованным;
- использование РН семейства "Ангара" обеспечивает снижение стоимости части программы запусков КА военного, социально-экономического и научного назначения.

САМООРГАНИЗАЦИЯ АЛМАЗОПОДОБНЫХ СТРУКТУР В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ

А.Н.Чеховой, О.В.Бельков, Т.И.Проконова
(ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)

Достигнут качественно новый уровень эксплуатационных свойств изделий триботехнического и инструментального назначения из нержавеющей типа 95X18 и 40X13, быстрорежущей типа Р6М5 стали и твердого сплава ВК за счет синтеза при плазменной обработке в поверхностном и приповерхностном слоях стабильных алмазоподобных соединений SiC, SiO₂, упорядоченных в пространственно-временной гетеросреде. В основу разработки положены представления о металлическом материале как "интеллектуальной" структурной системе, способной к самоорганизации упрочняющих нанофаз в экстремальных условиях термосилового воздействия. Наибольшим "интеллектом" (способностью к самоорганизации) обладают высоколегированная сталь и твердые сплавы ВК и ВН.

Данное технологическое решение реализовано с помощью дугового плазмотрона УПНС-304М с жидкостным питателем отечественного производства при атмосферном давлении без использования вакуумной камеры. Оптимизированные рабочие параметры плазмотрона и подобранные составы реагентов в плазме позволили получить спектр композиционных слоев, меняя их субструктуру, причем характерное время перегруппировки атомов меняется от микросекунд до секунд. При воздействии струи низкотемпературной (Т<3000°С) плазмы на "подложку" избыточная энергия потока ионов рассеивается растущей твердой структурой на массу за пико- и микросекунды, включая удар холодом. Процесс формирования твердого нановещества в поверхностном слое из ускоренных ионных пучков (ионный синтез) эквивалентен быстрому закаливанию на квазиаморфную структуру и находится в соответствии с диаграммой состояния алмаз-графит "давление-температура". Ионный синтез алмазоподобных структур на основе SiC и зернограничная эпитаксия на межфазных и межзеренных границах δ-Fe, WC, β-Co позволили сформировать композиционную структуру повышенной плотности с минимальным количеством примесей на глубину до 10 мкм. При этом структурно-геометрическое соответствие фаз "подложки" и нарастающих фаз определяется условиями их сопряжения.

В результате при плазменном воздействии реализуется процесс самоорганизации новых стабильных химических соединений, например, для сплава ВК по схеме 1:

Схема 1

Самоорганизация новых соединений при плазменной обработке "подложки"



Изоморфная граница

Слой SiC эпитаксируется на границе разрыва ковалентных связей в решетке графита, трансформируя ее из плоской гексагональной в алмазоподобную путем sp^3 - гибридизации решетки графита (sp^2) кремнием (sp^3). Для образования слоя SiC на поверхности β - Co исходной решеткой является решетка кремния, изоморфная решетке матричной фазы, ковалентные связи в которой усиливаются углеродом. В сформированной решетке SiC 1 атом Si тетраэдрически окружен 4 атомами C и наоборот.

В процессе плазменного воздействия на поверхности изделия из сплава ВК при образовании композиционного покрытия слой SiC армируется за счет включения атомов Co в октаэдрические пустоты решетки алмазоподобной SiC. В качестве элемента, устраняющего разницу параметров сопрягающихся фаз, используется водород.

При последующих воздействиях плазмы до 5 раз происходит дальнейшая эпитаксия слоев SiC по схеме 1 в условиях протекания плазмохимической реакции $SiO_2 + 2C = SiC + CO_2$, а при финишном охлаждении из газовой фазы на поверхности покрытия SiC формируется пленка SiO_2 . Благодаря развитой поверхности фаз "подложки" и повышенного содержания Si в соединении SiC связано 40% Si, в SiO_2 - 60%. При числе циклов обработки более 5 микро-твердость композита достигает 18-25 ГПа при твердости основы 89-91 HRA и далее не растет, что косвенно указывает на завершение процессов формирования наноструктур и их стабилизации.

Таким образом, при плазменной обработке поверхности деталей происходит самоорганизация кремнийуглеродистой композиционной структуры ближнего порядка повышенной прочности и демпфирующей способности, а SiO_2 , являясь диэлектриком, образует пленочный барьер, препятствующий схватыванию контактных поверхностей, выполняя функции коррозионно- и жаростойкого покрытия.

КОСМИЧЕСКИЙ СОЛНЕЧНЫЙ ПАТРУЛЬ – НОВЫЙ ЭТАП РАБОТЫ ПО ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

*С.В.Авакян (ГОИ им. С.И.Вавилова),
Ю.А.Хаханов (ОАО «ВНИИТрансмаш»)*

Работа по созданию Космического солнечного патруля (КСП) вступают в **новый важный этап реализации**. В ГОИ им. С.И.Вавилова в 1996-2001 гг. с учетом многолетнего опыта в разработке аппаратуры, создан новейший аппаратный комплекс для КСП на основе уникальных приемников ионизирующего излучения – открытых вторично-электронных умножителей, слепых в ближнем УФ, видимом и ИК диапазоне спектра Солнца, и новой методологии измерений. **До сих пор отсутствует мониторинг** потока в наиболее геоэффективной части спектра (0,8 – 119 нм) от всего диска Солнца, полностью контролирующей основную часть ионосферы Земли и ионосфер других планет Солнечной системы, включая образование и состояние главных ионосферных максимумов. Это связано исключительно с техническими и методологическими трудностями проведения измерений и калибровок в данной области спектра на космических аппаратах, ввиду необходимости использовать только безоконную оптику.

Отличительная особенность методики патрульных измерений ГОИ заключается в одновременном использовании двух спектрометров и радиометра и особого алгоритма выделения сигналов от излучения и заряженных частиц радиационных поясов. Умножитель хорошо регистрирует весь спектр ионизирующего излучения, что позволяет использовать тонкие пленки углерода, бора, лексана, для которых характерна высокая паразитная прозрачность в видимой области. Умножитель имеет динамический диапазон до 7 порядков, что обеспечивает измерения как для спокойного Солнца, так и в течение очень больших солнечных вспышек. В рамках осуществления данного проекта станет возможным прогноз всей совокупности вспышечно - обусловленных солнечных явлений: образование потоков солнечных энергичных протонов (появление протонных событий – солнечных космических лучей), электронов высоких энергий, высокоскоростных потоков солнечного ветра, ударных волн, инжекции корональной массы и, главное, возникновения геомагнитных бурь, а также позволит равноправно включить в банк гелиогеофизической информации и многолетние наземные оптические и радиофизические наблюдения Солнца.

Экономически целесообразным решением проблемы долговременного (не менее двух одиннадцатилетних солнечных циклов подряд) постоянного контроля солнечной коротковолновой активности, включая периоды вспышек, может быть использование серии последовательных запусков малых солнечно-ориентированных спутников на солнечно-синхронной орбите.

Новый этап реализации КСП – это выполняемая в настоящее время адаптация научной аппаратуры к космическому аппарату через солнечно-ориентированную платформу. Более подробно в докладе представлен анализ основных научно-технических проблем и пути их решения.

Учитывая важность проблем, для решения которых предназначена наукоемкая аппаратура типа КСП, **авторы предлагают** и обосновывают необходимость организации в рамках академических чтений, начиная с 2004 г. новой секции «Солнечно-земные связи, аппаратура, методика, результаты». Это позволило бы информировать широкую научную общественность о новых работах по этой очень актуальной теме космических исследований на стыке многих наук.

ВЫБОР ОСНОВНЫХ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГИДРОФОРМОВКИ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОВЫХ СИСТЕМ

*С.В.Конанков, В.Н.Воробей, Е.М.Халатов
(ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)*

В настоящее время в условия рыночной экономики во всех отраслях народного хозяйства стало актуальным внедрение современных ресурсосберегающих технологии. Одним из направлений при решении данной проблемы является широкое внедрение современных технологий для большой номенклатуры типовых деталей агрегатов и систем.

Типовыми деталями систем газоснабжения ракетно-космических комплексов являются различного вида фитинги -тройники, крестовины, угольники, В последние годы широко внедряется наиболее перспективная технология изготовления фитингов - гидропластическое формообразование из трубных заготовок. Данный процесс характеризуется достаточно низкими показателями по трудоемкости, металлоемкости и себестоимости.

Для достижения достаточно высокого качества деталей, получаемых гидропластическим деформированием, необходимо обеспечить наиболее рациональную схему нагружения заготовки и реализовать оптимальные параметры деформирования. На практике для каждого типа деталей из определенного материала это достигается пошаговой отработкой технологического процесса, что приводит к увеличению затрат и времени на изготовление.

С целью повышения эффективности производства гидроштампованных деталей предлагается использовать средства математического моделирования, с помощью которых можно реализовать различные схемы нагружения заготовки, исследовать напряженно-деформированное состояние материала в ходе процесса и законы изменения энергосиловых параметров процесса, а также визуально и численно проследить изменение геометрических параметров заготовки: толщины стенки, высоты отводов.

Результаты моделирования технологического процесса позволяют осуществить настройку производственного оборудования для определенной детали из различных материалов, что снижает затраты и время на изготовление новых изделий.

ГИДРОФОРМОВАНИЕ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОВЫХ СИСТЕМ

А.В.Волгин (ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)

Технология деформирования труб путем подачи жидкости высокого давления в полость заготовки находит в последнее время широкое применение в промышленности различных стран. Первые публикации о промышленном применении этого процесса, а именно Т-образных соединений появились в Европе в 60-х годах. В 70 - 80 годы в России наиболее активно в области технологии гидроформования (ТГФ) работала кафедра технического университета С. Петербурга под руководством профессора К.Н.Богоявленского. Происходил постоянный рост производства различных деталей по ТГФ. Процесс ТГФ широко применяется при производстве элементов трубопроводов - тройников, крестовин и др. Процессы ТГФ нашли широкое применение также и в других различных областях промышленности так, например, в автомобильной промышленности (полые распределители, детали боковой конструкции крыши автомобиля и т.д.).

Космическая отрасль в России освоила ТГФ и организовала изготовление специального пресса для формообразования фитингов из трубных заготовок УФТК - 40. Параллельно велись работы по созданию соответствующего оборудования и в других отраслях промышленности СССР. Через 20 лет после внедрения технологии в КБ "Арматура" (фитинги трубопроводов систем ГС стартовых ракетных комплексов) в 1998 году по контракту с РКА ГП "Техномаш" и КБ "Арматура" создали новую установку УФТК - 50 для гидроформования трубных заготовок диаметром до 50 мм, работающие при давлении 40 МПа.

Ежегодно расширяется номенклатура деталей, выполняемых по ТГФ. Отработан техпроцесс штамповки коленообразных деталей, исключены складки на пересечении осей отводов фитингов. Технологические наработки вызвали интерес немецких фирм, от которых поступили коммерческие предложения. Ведутся разработки по созданию установки с более высокими параметрами для формования труб диаметром 100 мм. Имеется положительный опыт по применению ТГФ для корпусных деталей пневмо и гидроарматуры, разработан техпроцесс формования деталей посуды из трубной заготовки.

ПРОБЛЕМЫ ПРАВОВОЙ ОХРАНЫ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

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

(Центр информационно-гуманитарных технологий Российской Инженерной Академии)

Невозможно представить современные ракетно-космические технологии (РКТ) без программных компонентов, совершенствование которых в значительной степени обеспечивает прогресс всей отрасли. Разработчик нового технического устройства надежно защищает свои права, опираясь на патентно-правовую охрану, а разработчик программ для ЭВМ в настоящее время имеет возможность полагаться на охрану своей интеллектуальной собственности только в рамках авторского права. В РФ правовая охрана программ для ЭВМ регулируется Законом 1992г. "О правовой охране программ для ЭВМ и баз данных". Его система правовой охраны основана на причислении программ к объектам авторского права, и охраняются они как литературные произведения в соответствии со ст. 7 Закона 1993г. "Об авторском праве и смежных правах". В законодательстве зарубежных стран и в международном праве программы для ЭВМ также охраняются в соответствии с нормами авторского права. Программа рассматривается как объект авторского права, и принято, что она имеет все признаки произведений "в области литературы, науки и искусства", т.е. соответствуя критериям охраноспособности авторского права, является результатом творческой деятельности и существует в объективной форме, независимо от материального носителя. Показано, что программы для ЭВМ имеют особенности, принципиально отличающих их от литературных произведений. К ним относятся: - наличие одновременно двух форм выражения (исходный текст и объектный модуль); - разнообразие языков программирования в совокупности с привязкой к типу ЭВМ и операционной системе; - декомпилирование, т.е. преобразование объектного кода в исходный текст в целях изучения структуры и кодирования программы. Но авторское право запрещает лишь копирование, размножение и распространение произведения без согласия автора, не препятствуя практически несанкционированному использованию предмета описания! Законченная программа для ЭВМ (программный продукт), представляет собой результат творческого труда, выполненного на трех этапах разработки программы: "модель – алгоритм – программа". Авторским правом защищается только результат последнего этапа.

Такая ситуация начала приводить разработчиков программ к патентно-правовой защите, обеспечивающей охрану содержания программ. Сейчас патентоспособными считаются технологии, реализуемые на базе ЭВМ, неотъемлемой частью которых являются оригинальные компьютерные программы. Показано, что среди прикладных программ, относящихся к РКТ, есть целый ряд программ, исходные данные в которых являются физическими величинами, представленными в компьютерных кодах. Осуществляется некоторая последовательность операций, и полученный результат также представляет собой физическую величину. Таковыми являются программы обработки траекторной и телеметрической информации. При соответствии изобретательскому уровню и новизне может быть получен патент на способ. Приведены примеры патентования программ, непосредственно не связанных с технологическими процессами.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАТЕРИАЛА

А.Н.Чеховой, О.В.Бельков (ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)

Электронная информационная стратегия, направленная на эффективное создание, обмен, управление и использование данных компьютерной обработки для поддержки жизненного цикла (ЖЦ) продукта в процессе своего развития претерпела определенные семантические изменения - от Computer-Aided Logistics Support (CALS) - "автоматизированная поддержка логистических систем" до Commerce At Light Speed (CALS) - "бизнес в высоком темпе". Использование данной концепции дает возможность реализовать программное управление оборудовани-ем на всех этапах производства, включая сборку и контроль геометрических размеров. Например, на этапе подготовки производства авиационной техники возможность создания цифровых моделей позволяет отказаться от физических эталонов формы и размеров (плазов, эталонов поверхности, некоторых шаблонов) и реконструировать процессы увязки элементов конструкции и технологической оснастки. Современные принципы CALS базируются на локальных решениях, разработанных и реализованных на предыдущих этапах развития информационных систем (САПР-К ⇒ САПР-Т ⇒ АСУТП ⇒ АСУ различных уровней (CAD/CAM/CAE/PDM) ⇒ отдельные компьютеризированные производства). В этом контексте CALS можно рассматривать как стандартизированный комплекс цифровых технологий работы с данными, характеризующими этапы ЖЦ продукта (с данными о самом продукте, процессах и среде обитания (CO)), направленный на их эффективное совместное использование. К числу понятий концепции, сформулированных в последние годы можно отнести: а) ре-инжиниринг бизнес-процессов; б) полное электронное определение изделия (интегрированная модель); в) единое информационное пространство (информационная среда); г) создание виртуальных предприятий.

Нами предлагается новая концепция Continuous Acquisition and Life Cycle Support Materials (CALS-M) - "непрерывный сбор данных (информационное сопровождение) и поддержка ЖЦ материала", в основе которой лежит направляемая самоорганизация упрочняющих субструктур на этапах производства и эксплуатации изделий различного назначения. В предлагаемой концепции современное понятие "технологический мониторинг" заменяется понятием "многоуровневый технологический мониторинг критических состояний материала", учитывающим иерархическую смену диссипативных упрочняющих

структур на нано-, микро-, макроуровнях, которые определяют фактическую способность материала к сопротивляемости внешним нагрузкам СО. Такой мониторинг устраняет необходимость закладывания в ТЗ завышенного коэффициента запаса прочности (КЗП) и неэффективные затраты материальных ресурсов, что повышает конкурентоспособность продукции. Выбор материала осуществляется на основании требований технического задания в исходном состоянии с учетом динамической самоорганизации в сложной технической системе (СТС): "материал \leftrightarrow конструкция \leftrightarrow СО".

Методологическое обеспечение мониторинга определяется интегрированной информационной системой: "гетероструктура \leftrightarrow напряженно-деформированное состояние (НДС) в конструкции \leftrightarrow СО", объединяющей ряд информационных электронных и физических моделей материала, а также подсистемы накопления, систематизации, анализа и объединения полученной информации. Система многоуровневого технологического мониторинга включает три основных направления: 1) наблюдение за факторами внешнего воздействия СО и откликом материала на это воздействие; 2) оценка фактического состояния объекта исследования на различных этапах ЖЦ; 3) виртуальное прогнозирование структурных перестроек гетеросистемы в меняющихся условиях СО и оценка направления ее эволюции.

Первое направление заключается в выявлении основных параметров, характеризующих СО и определении видов "реакции" материала на внешнее воздействие. Второе - в применении комплекса физико-механических методов исследования для выявления состояния материала в конкретный момент времени, как на этапе изготовления, так и эксплуатации. Третье - в разработке виртуальной модели материала, учитывающей направленную самоорганизацию диссипативных упрочняющих структур. Полученные результаты позволяют выработать рекомендации по формированию комфортных условий СО.

Одним из примеров применения новой концепции CALS-M может служить интегрированный информационный анализ плотности - интегральной характеристики материала - как параметра многоуровневого мониторинга гетероструктуры на различных этапах ЖЦ, оценивающего степень его поврежденности и ресурс. Комплексный подход, учитывающий физико-механические и структурные аспекты материала, позволил выявить динамику изменения данного параметра в условиях силового внешнего воздействия. В результате удалось выявить интервалы КС, где происходит самоорганизация упрочняющих субструктур, приводящая к значительному повышению эксплуатационных свойств нержавеющей дамаска.

Таким образом, многоуровневый технологический мониторинг - комплексная информационная система наблюдений, оценок и виртуального моделирования фазового взаимодействия различных структурных уровней, источник информации для выработки технологических рекомендаций для поддержания оптимальных КЗП объекта исследования через контроль за термосиловыми условиями СО, комфортными для реализации необходимых узловых точек самоорганизации при эволюционных превращениях в открытых гетеросистемах.

Наблюдение, оценка и виртуальное прогнозирование условий формирования спектра диссипативных структур в материале и выявление направлений диссипации энергии через набор критических состояний (КС) позволяет оптимизировать КЗП и сэкономить используемые материальные ресурсы.

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СИСТЕМ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБРАЗЦОВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

В.В.Медведев, А.В.Трубин

(Государственное конструкторское бюро «Южное» им. М.К.Янгеля)

В настоящее время существенным фактором, влияющим на конкурентоспособность предприятия, является сокращение времени разработки изделий при обеспечении их высокого качества. В этой связи возрастает роль автоматизированных технологий, обеспечивающих весь жизненный цикл – начиная от подготовки проектной, конструкторской, технологической и эксплуатационной документации, заканчивая окончанием эксплуатации изделия. Автоматизация цикла разработки базируется на использовании взаимосвязанных систем различного назначения: систем управления проектом, систем автоматизированного проектирования, систем инженерного анализа и других. В этой цепи одним из важных моментов является взаимосвязка систем автоматизированного проектирования и систем инженерного анализа, легкость и понятность специалисту-предметнику проведения анализа в некоторой проблемной области.

Широкое использование информационных технологий в проектировании и связанное с этим сокращение сроков и повышение качества отработки стало возможным благодаря тому, что развитие современных вычислительных средств и методов численного моделирования позволяет создать вычислительные моделирующие стенды. Эти стенды позволяют дать достоверные оценки, требуемых для разработки характеристик, или определить оптимальный по стоимости объем и номенклатуру экспериментальных исследований. При этом для достижения максимального сокращения сроков разработки необходимы:

- четкая и оперативная связь между системами автоматизированного проектирования и системами инженерного анализа
- «легкость» проведения расчетных исследований в системе инженерного анализа.
Исходя из этих задач, основными этапами проведения расчетных исследований являются:
- подготовка исходных данных;
- создание расчетной модели (построение геометрической модели, дискретизация расчетной области, задание граничных и начальных условий, свойств материалов, настройка решателя и т.п.);
- проведение расчета;
- анализ полученных результатов.

Все современные системы инженерного анализа (моделирующие системы), как правило, имеют в своем составе необходимые средства. При этом отдельные средства могут быть вынесены за пределы собственно расчетной системы (например, геометрический построитель или расширенные постпроцессорные средства). Одной из наиболее сложных проблем при расчете пространственных течений в окрестности реальных конструктивных элементов является создание электронной геометрической модели изделия. Поэтому особенно неэффективным становится создание разных геометрических моделей, используемых проектантами, расчетчиками, конструкторами, технологами. Наиболее рациональным является создание единой электронной модели, которая могла бы использоваться для различных нужд. Однако при этом возникает проблема передачи электронной модели из систем проектирования в расчетные системы, которая решается разными способами. Одни системы содержат специальные конвертирующие модули, другие непосредственно ориентируются на использование CAD-геометрии.

С нашей точки зрения более перспективным является использование средств, непосредственно воспринимающих геометрию CAD-систем.

Примером эффективного использования систем автоматизированного проектирования и систем инженерного анализа могут служить работы, выполненные при модернизации ракеты космического назначения (РКН) «Зенит-3SL». В этом случае для проведения работ по повышению энергетических возможностей РКН необходимо было провести оценку влияния изменений конструкции на тепловой режим приборного отсека РКН. Одной из наиболее проблемных частей рассматриваемой задачи является определение параметров потоков термостатирующего воздуха внутри сложного с геометрической точки зрения отсека. Для построения геометрической модели использовалась система автоматизированного проектирования CAD55. Затем геометрия импортировалась для проведения расчетов в системы инженерного анализа ANSYS и FlowVision. Результаты моделирования потока использовались в методике оценки теплового состояния приборного отсека РКН. Анализ результатов испытаний подтвердил достоверность определения параметров потока.

При использовании ранее применявшихся технологий расчета подобных течений трудоемкость была выше в несколько раз. При этом современные методы обеспечивают существенно более высокую точность и полнота анализа.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ НА ЗАВОДЕ-ИЗГОТОВИТЕЛЕ

Г.М.Сухов, В.А.Прудников (ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)

При подготовке испытаний с ракетно-космической техникой на заводе-изготовителе необходимо правильно определять их роль, место и значение в общей последовательности работ. Определив значение испытаний, задают сроки его подготовки и стоимость. Важно понимать преимущества и недостатки заводских испытаний в общей работе по созданию нового изделия. Здесь возможно использовать предыдущий задел, тщательно спланировать и подготовить испытание, смоделировать некоторые ситуации и оценить надежность всего изделия и его части. Вместе с тем, например, рутинные проверки некритических параметров, или испытания имеющие исследовательские цели, задерживают процесс производства и, уже только этим, приводят к увеличению стоимости изделия в целом.

Отработка изделий в заводских испытаниях позволяет улучшать производство параллельно с разработкой и проектированием новой техники. Широкое использование таких новых принципов формирования сложных технических систем, как параллельность, комплексность, инверсия, сквозные технологии, технологичность раскрывает возможности эффективного совершенствования производства. Результатом такого подхода является и сокращение времени проводимых работ, и повышение качества производимой машины, что обеспечивает конкурентоспособность изделия на современном рынке космических услуг.

Технологическое сопровождение процесса проектирования изделий машиностроения означает параллельную (с минимально возможным временным лагом запаздывания) работу по проектированию технологического процесса изготовления и испытаний разрабатываемого изделия и соответствующего ему (процессу) наземного оборудования. Естественно, что процесс проектирования, изготовления и испытаний

разрабатываемого изделия машиностроения предполагает многоэтапность проведения названного процесса с учетом всех особенностей рассматриваемых этапов жизненного цикла изделия.

На ряде примеров показываются общие тенденции развития в разработке подобных систем, возможности определения критериальных параметров, типизации и унификации создаваемых изделий, комплексирования испытаний.

НАНОИНДУСТРИЯ ДЛЯ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

А.Н.Чеховой (Российская инженерная академия)

В краткосрочной перспективе следует ожидать бурный рост наноиндустрии на базе научных результатов в области разработки наноматериалов с уникальными физико-механическими свойствами. Наноструктурирование имеет решающее значение при разработке технологии производства отличающихся малым весом аппаратов из термически устойчивых материалов с высокой удельной прочностью для авиа- и космического машиностроения, в авионике и наноэлектронике нового поколения. Уже сейчас можно сформулировать ориентиры, на базе которых в ближайшие 5 лет в России могут быть созданы высокотехнологические производства в области наноматериалов и нанотехнологий.

В первую очередь, это нанохимия самоорганизации поверхности в условиях ионно-плазменной обработки: жаро-, износо-, теплозащитные покрытия со специальными физико-химическими свойствами, широко проработанные теоретически и экспериментально для наноэлектроники, инжекционных лазеров на квантовых точках, изделий триботехнического и инструментального назначения. Появился новый инструментарий, например, сканирующий туннельный микроскоп (СТМ), позволяющий из отдельных атомов строить на поверхности твердого тела различные наномасштабные кластеры с уникальными физико-химическими свойствами: нульмерных фуллеренов и одномерных нанотрубок, - аллотропических форм углерода, упорядоченных двумерных структур (УНТ), состоящих из монослоев углеродных нанотрубок, адсорбированных на поверхности совершенного кристалла. Сложилось представление об иерархии самоорганизованных ансамблей углеродных атомов, а динамика фундаментальных гетерогенных процессов исследуется на единичных элементарных событиях.

Наномир - это мир рождающихся и умирающих когерентностей, неравновесный мир коллективных явлений самоорганизации. Верхняя граница нанохимии - объекты с числом частиц, превосходящих единицу. Нижняя граница, скорее всего, определяется соотношением понятий "наночастица" и "нанореактор" и потерей индивидуальных свойств наночастиц при формировании из них реального изделия. Например, кластер железа почти полностью теряет свои специфические свойства и приближается к классическому металлическому железу при числе атомов $n=15$. При $n>15$ он остается кластером в масштабном представлении, но теряет качество нанореактора, когда свойства являются функцией размера. В ультрадисперсных порошках диоксида циркония (ZrO_2), в карбиде кремния (SiC) и алмазе обнаружены частицы размером 5-20нм, названные кентаврами. Они состоят из фрагментов субструктур различных сингоний, сосуществующих в пределах одной и той же наночастицы; при этом разные фрагменты "кентавра" характеризуются псевдоморфизмом по отношению друг к другу.

Наночастицы, размеры которых лежат в интервале 1-100нм в размерном масштабе, находятся на границе квантового и классического микромира и их свойства определяют это метастабильное состояние вещества.

Наноструктура - продукт неравновесных процессов взаимодействия коллективных систем, составляющих твердую фазу. На принципах направленной самоорганизации наноструктур карбидных фаз в традиционной используемых нержавеющей, конструкционных, инструментальных сталях и сплавах системы ВК при экстремальных воздействиях (циклическая закалка, пластическая деформация, плазменная обработка) решена задача наноструктурного упрочнения всего объема материала. В условиях фрагментации границы фаз армируются метастабильными выделениями нанометрового масштаба, образуя нанокompозит повышенной удельной прочности.

Долговечность изделий различного назначения для авиации и космоса повышается на 200-500%.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е.Д.Лобов, В.Д.Костюков (ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)

В ракетно-космическом производстве накоплен достаточный опыт в создании различных автоматизированных систем технологического назначения АС ТН. Разработаны, внедрены и поддерживаются в работоспособном состоянии АС ТН в цехах заготовительного, механического, гальванического и др. производств. Особый интерес представляет типовое решение, реализованное в виде компьютеризированной интегрированной производственной системы кузнечно-прессового цеха. Для

распространения на другие цеха проверенного в течение 7 лет опыта работы кузнечно-прессового цеха принято решение о совершенствовании автоматизированной системы технологической подготовки компьютеризированного сертифицированного производства ракетно-космической техники – АСП КСП РКТ на базе широкого внедрения CALS-технологий.

Работы по совершенствованию АСП КСП РКТ проводятся с привлечением ведущих ученых института проблем управления ИПУ РАН, МАИ, МГТУ им. Н.Э.Баумана, МАТИ, НИЦ АСК и других организаций с использованием самых передовых достижений науки и техники, основанных на системном и комплексном подходе к решаемым проблемам технологической подготовки производства, с учетом информационной поддержки на всех стадиях жизненного цикла изделий за счет широкого применения полнофункциональных (тяжелых), средних и легких CAD/CAM/CAE систем в сквозном цикле «проектирование-изготовление».

При этом решаются следующие проблемы.

1. Автоматизация инженерного труда:

- сокращение в 7 раз сроков предварительного планирования (с погрешностью 5-7%) новых изделий;
- создание банка данных по изделиям-аналогам;
- сокращение в 4 раза трудоемкости и сроков отработки изделий на технологичность на этапе предварительного планирования, создание локальной вычислительной сети технологических отделов и подразделений технологической подготовки цехов;
- сокращение в 8 раз трудоемкости и сроков проектирования укрупненных (директивных) технологических процессов.

2. Автоматизация проектирования-изготовления средств технологического оснащения по CALS-технологиям:

- сокращение в 3 раза трудоемкости и сроков проектирования СТО;
- сокращение в 7 раз сроков и трудоемкости проектирования рабочих технологических процессов и управляющих программ изготовления СТО в сквозном режиме (программное обеспечение ASTOR, ADEM);
- сокращение в 3 раза сроков, трудоемкости и себестоимости изготовления СТО (оборудование с числовым программным управлением ЧПУ типа Starraq).

3. Автоматизация проектирования рабочих технологических процессов – РТП и формирования технологических паспортов:

- формирование РТП и технологических паспортов в электронном виде;
- сокращение в 4 раза трудоемкости и сроков подготовки РТП, паспортов, нормировочных карт, ведомостей оснастки, комплектovacных карт и др. технологической документации по типу работы интегрированной системы кузнечно-прессового цеха.

4. Автоматизация технологической подготовки производства (АС ТПП):

- сокращение в 3 раза сроков освоения новых изделий;
- снижение на 7% себестоимости изготовления новых изделий (математические модели, типовые технологические решения, компоненты компьютеризированного сертифицированного производства).

5. Автоматизация управления технологическими процессами (АСУ ТП):

- повышение в 3 раза загрузки гальвано-линий;
- повышение в 1,5 раза загрузки участков станков с ЧПУ, управляемых от ЭВМ и организация специализированных участков.

В результате достигнуты сокращение сроков ТПП в 1,8 раза, снижение трудоемкости этапов ТПП на 35%, повышение производительности ИТР на 20%. Суммарный годовой экономический эффект – 700 тыс. долл. США. Срок окупаемости затрат – 3 года.

СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА СЛОЖНО-ФАСОННЫХ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ШТАМПОВ НА БАЗЕ СИСТЕМЫ ADEM ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

Л.В.-Я.Витоль, В.Д.Костюков (ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)

Целью работы является повышение эффективности технологической подготовки инструментального производства (ТПП) за счет автоматизации инженерного труда для сокращения цикла и стоимости ТПП основного производства.

Для достижения поставленной цели используются методы системного и комплексного подхода, реализующие на базе набора ассоциативно связанных математических моделей детали-сборочных единиц, технологических процессов, средств технологического оснащения и технологической системы принцип «сквозного» проектирования – изготовления с широким применением CALS – технологий.

Использование результатов работы обеспечит:

- снижение на 30% стоимости и повышение качества разработки рабочих технологических процессов (ТП);

- снижение в 1,2 раза цикла и затрат на ТПП инструментального производства;
- повышение на 15% коэффициента использования дорогостоящих материалов в инструментальном производстве за счет детального проектирования технологического процесса и снижения брака;
- уменьшение на 1,5% стоимости изготовления основного изделия за счет уменьшения стоимости ТПП, повышения качества и ресурса инструмента;
- унификацию и стандартизацию технологической оснастки и инструмента за счет типизации технологических проектных решений в САПР-Т;
- уменьшение в 2 раза переналадок оборудования за счет использования методов групповой технологии;
- упрощение работ по планированию и организации производства, включая улучшение учета применяемости оборудования, оснастки и инструмента, за счет использования параметров технологического процесса, полученных при автоматизированном проектировании ТП, задачами АСУП;
- снижение себестоимости изготовления инструмента на 8%;
- снижение брака вследствие улучшения качества технологической документации на 30%;
- снижение трудоемкости механической обработки основных изделий на 3-5% за счет повышения качества режущего инструмента;
- получение суммарного годового экономического эффекта в размере 14 тыс. долл. США.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССОВ ПО ПРИЗНАКУ КАЧЕСТВА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА CALS-ТЕХНОЛОГИИ

*Ю.М.Мирош, Ю.Л.Крупин, Е.В.Алитан
(ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)*

Решение задач управления качеством в обеспечении заданных показателей надёжности сложных технических изделий в т.ч. РКТ, имеющих длительный «жизненный цикл» невозможно без применения информационных CALS-технологий. Овладение механизмами реализации этих принципов позволит воспроизводить изделия с заданным признаком качества условиях устойчивого процесса с заданным уровнем настройки и рассеивания S_0 . Степень устойчивости процесса зависит от того, насколько велика доля изделий Q , для которых признак качества находится в поле допуска $[m_B ; m_H]$ и оценивается по коэффициенту устойчивости.

Алгоритм реализации состоит в следующем. Априорное (статистическое) определение базовых элементов систем (узлов, агрегатов), влияние которых на величину выходного конструктивного параметра изделия ожидается существенным. Определение признака качества и границ поля допуска элементов, проверка компонентов вектора признака качества на различных этапах жизненного цикла изделия, проверка гипотезы о постоянстве уровня настройки процесса, оценке критичной области уровня настройки процесса, расчёт коэффициента устойчивости, анализ причин нарушения устойчивости процесса с использованием факторного анализа влияния выходных параметров и технологических факторов процесса на различных этапах жизненного цикла, архивирование данных по признакам качества для однотипных систем (узлов, агрегатов), выбор управляющих воздействий.

ПРОБЛЕМЫ ГЛОБАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПОЛЁТА РАКЕТ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*М.И.Макаров, В.П.Коновалов (ГКНПЦ им. М.В.Хруничева),
Ю.В.Зайцев (НПО ИТ), А.М.Максимов (ЦНИИМаи)*

В настоящее время предъявляются повышенные требования к точности выведения КА на целевые орбиты и непрерывности контроля траектории выведения при проведении динамических операций. Особое значение имеют контроль при нештатных режимах полёта ракет космического назначения (РКН) и возможность доведения корректирующих команд в ходе выведения. Во многих случаях качество принимаемой телеметрической информации (ТМИ) остается низким, имеются множественные сбойные участки, приводящих к потере информации. Стоимость контроля является неприемлемо высокой из-за наличия большого количества устаревших, неунифицированных и несовместимых наземных средств измерений и передачи информации.

В связи с экономическими обстоятельствами были утрачены ранее достигнутые возможности контроля РКН: практически не используются имевшие мобильные (корабельные и самолетные измерительные пункты), прекратил существование космический комплекс ретрансляции «Луч».

В докладе обсуждаются направления обеспечения глобального эффективного контроля РКН, реализация которых возможна с учётом современных достижений науки и техники:

- создание малогабаритных перевозимых ручной кладью телеметрических измерительных пунктов для приёма ТМИ вне зон радиовидимости существующих стационарных пунктов;

- создание нового поколения космических ретрансляционных систем для передачи ТМИ с РКН в центр контроля;
- решение проблемы совместимости бортовых и наземных телеметрических отечественных средств;
- внедрение международных стандартов и диапазонов передачи телеметрических сигналов;
- повышение энергетического потенциала телеметрических линий за счёт создания управляемых бортовых антенн и повышение чувствительности приёмных станций;
- повышение уровня интеллектуализации бортовых систем телеконтроля, позволяющего оптимизировать программы контроля в зависимости от сложившейся ситуации, сокращать избыточность ТМИ, применять помехоустойчивое кодирование;
- применение на борту навигационной аппаратуры потребителей космических навигационных систем для определения параметров движения РКН и передачи их в реальном времени в центре контроля;
- внедрение в бортовые комплексы видеотелеметрии;
- интеграция в мировую систему контроля запусков РКН с реализацией возможности использования в необходимых случаях зарубежных средств;
- полная автоматизация всего тракта телеметрического контроля, позволяющего в реальном времени отслеживать происходящие на борту РКН процессы и при необходимости управлять ими.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

М.В.Клевец (ГКНПЦ им. М.В.Хруничева)

Дистанционное зондирование земной поверхности из космоса началось практически с самого начала космической эры, но только в последнее время рынок данных дистанционного зондирования переживает бурный рост.

В ближайшее время доступные спутниковые изображения земной поверхности с разрешением 1-4 метра будут поступать с сети новых спутников, запускаемых рядом международных агентств. В ближайшие 1-5 лет будет запущено более пятидесяти новых спутников для сбора данных дистанционного зондирования во всем спектре пространственного и спектрального разрешения.

Сейчас в мире сосредоточены огромные массивы геопространственных данных, получаемых со спутников дистанционного зондирования, и в ближайшее время этот поток многократно увеличится. Такие объемы данных создают огромные трудности при хранении, обработке, организации доступа и распространении спутниковых данных.

Таким образом, самая главная особенность данных дистанционного зондирования – огромные объемы информации, с которыми современные компьютерные системы общего назначения справляются недостаточно удовлетворительно.

Данные дистанционного зондирования используют все больше и больше потребителей из разных концов земного шара. Это обусловлено неуклонным снижением стоимости и шириной охвата земной поверхности. Но возникает другая проблема – оперативный доступ к спутниковым данным.

Появление и широкое распространение сети Интернет и разработка информационных технологий на ее основе открыли новый этап развития космического мониторинга. Сеть Интернет обеспечивает обмен данными дистанционного зондирования Земли из различных источников и удаленный доступ внешних пользователей к данным и электронным каталогам. Актуальной является проблема создания распределенных баз данных и электронных архивов, интегрирования национальных информационных ресурсов и возможность оперативного обмена спутниковыми данными с информационными системами международных космических агентств NASA и ESA. Открытый доступ к пространственно распределенным данным можно организовать на основе Web-технологий. Высокое качество данных дистанционного зондирования и оперативный доступ к ним существенно расширит сферу их применения, что только увеличит количество потребителей.

Для хранения спутниковых изображений в системах управления базами данных имеющими выход в Интернет надо решить ряд вопросов. Основные изображения должны храниться в отдельной базе, без выхода в Интернет для повышения безопасности таких данных и исключения возможности несанкционированного копирования и использования спутниковых фотографий. В системе управления базой данных СУБД, связанной с Интернет, необходимо хранить только сжатые фрагменты основных изображений. Путем уменьшения формата или объема данных в коммуникационных системах возможно понизить требования к передаче, хранению и обработке данных, что в конечном итоге приводит к снижению стоимости системы обработки в целом.

В последнее время все более эффективные способы сжатия информации используют Вейвлеты (Wavelet). Вейвлеты – это обобщенное название временных функций, имеющих вид волновых пакетов той или иной формы, локализованных по оси независимой переменной и способных к сдвигу по ней и масштабированию. Вейвлеты создаются с помощью специальных базисных функций – прототипов, задающих их вид и свойства. Набор вейвлетов, в их временном или частотном представлении, может

приближать изображение, причем идеально или с некоторой погрешностью. Вейвлеты имеют явные преимущества в представлении локальных особенностей функций по сравнению с рядами Фурье. В области обработки больших изображений они дают новые эффективные способы обработки изображений, например, удаления из них шума и сжатия файлов, хранящих изображения. Вейвлет-преобразования считаются перспективными для передачи сжатых изображений по каналам Интернет с ограниченной пропускной способностью.