

Секция 11

**Наукоемкие технологии
в ракетно-космической технике****ОПЫТ РАБОТЫ СЕКЦИИ «НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ»**

*В. Е. Нестеров, А. А. Медведев, В. Д. Костюков, С. Е. Пугаченко
Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В. Хруничева*

Заслушанные на секции доклады были посвящены решению основных актуальных проблем создания и эксплуатации ракетно-космической техники:

1. Надежность и экологическая безопасность эксплуатации ракетно-космической техники, применяемой для исследования ближнего и дальнего космоса в интересах народного хозяйства и развития земной цивилизации в целом.

2. Глобальная информатизация предприятий аэрокосмической отрасли, создание корпоративных территориально распределенных информационно телекоммуникационных систем управления предприятиями, внедрение в повседневную практику интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР) и других элементов ИПИ–технологий, обеспечивающих информационную поддержку изделий ракетно-космической техники на всех стадиях жизненного цикла, реструктуризация бизнес процессов, создание компьютеризированных интегрированных производств (КИП) с целью более тесной и полной интеграции Российской аэрокосмической отрасли в мировое экономическое сообщество.

3. Внедрение в производственный процесс разработки аэрокосмической техники наукоемких ресурсо- и энергосберегающих экологически безопасных технологий, обеспечение выхода России на мировой рынок наукоемких технологий.

Реализация предложений, изложенных в процессе работы секции, позволит использовать накопленный академиками С. П. Королевым, В. П. Мишиным, В. Н. Челомеем и другими выдающимися отечественными учеными опыт создания и эксплуатации космических систем, повы-

сит эффективность принимаемых конструктивно-технологических решений при создании и эксплуатации РКТ, сократит затраты и сроки проведения конструкторско-технологической подготовки производства, повысит качество и снизит себестоимость новых изделий ракетно-космической техники. Внедрение новых технологий обеспечит эффективное освоение космоса в интересах обороны и народного хозяйства, а также может быть рекомендовано к применению в ряде других машиностроительных отраслей.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАКЕТНО- КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

А.А. Медведев

РГУ им. К.Э. Циолковского («МАТИ»)

Для дальнейшего формирования основных направлений развития ракетно-космической техники (РКТ) необходимо ответить по крайней мере на два вопроса:

1. Зачем вообще нужна РКТ, каков ее вклад в различные сферы деятельности человечества?
2. Каковы особенности современных условий развития РКТ и динамика их изменений в перспективе?

РКТ обладает уникальными возможностями, которые в одних случаях позволяют обеспечить единственное решение многих практических задач, а в других – существенно повысить эффективность их решения по сравнению с традиционными средствами.

Вклад ракетно-космической техники продемонстрирован основными задачами, решаемыми (и которые могут быть решены в перспективе) средствами РКТ в интересах всего человечества. Можно выделить задачи *глобального* масштаба, т.е. имеющие большое значение для безопасности и развития всего человечества, и *государственного или межгосударственного* масштаба.

По состоянию на 2006 год около 88 % всех Министерств РФ (14-ть из 16 –и) непосредственно используют результаты, полученные с помощью средств РКТ для повышения эффективности своей деятельности. Хорошо организованное внедрение передовых ракетно-космических технологий в другие отрасли может дать большой дополнительный экономический эффект. Известна значительная роль РКТ в повышении эффективности проведения фундаментальных исследований Российской академией наук.

Проведен анализ состояния, основных тенденций развития РКТ в современных условиях и их последствий.

В соответствии с огромным перечнем задач, решаемых сегодня и в перспективе средствами ракетно-космической техники, а также особенностями современных условий ее развития, выделены следующие основные направления повышения эффективности применения средств РКТ:

1. Совершенствование научных и инженерных методов, применяемых при создании РКТ на всех стадиях жизненного цикла, в том числе изучение, разработка и внедрение нанотехнологий.

2. В первую очередь речь идет о применении системного подхода при формировании облика средств РКТ, особенно на начальных этапах, в том числе дальнейшем углублении проектно-конструкторско-технологической методологии, позволяющей определять рациональную долю унифицированных элементов средств РКТ, обеспечивающую значительное повышение экономической эффективности при резко ограниченных ресурсах.

3. Совершенствование организации создания и эксплуатации РКТ на уровне предприятия, отрасли, государства.

4. Создание нормативно-правовой базы, позволяющей с учетом рыночных особенностей экономики обеспечивать развитие ракетно-космической отрасли при резко ограниченных бюджетных ресурсах.

5. Интенсификация внедрения достижений, полученных при создании РКТ в области технологий, материаловедения и пр. в другие области народного хозяйства.

6. Доведение учебно-образовательной системы подготовки и переподготовки кадров до современного уровня путем инновационных подходов при ее организации, а также выпуска соответствующей учебно-методической литературы, учитывающей современные особенности развития РКТ.

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ЖРД НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Ю.А. Бульгин, С.Г. Валюхов, А.В. Кретинин

Воронежский государственный технический университет

Применение теоретических исследований рабочих процессов ЖРД на практике определяется возможностью создания качественных расчетных методик. Сложные физические процессы описываются, в основ-

ном, законами на основе дифференциальных уравнений различной сложности, как правило, не имеющих аналитического решения. Традиционные источники возникновения погрешностей численных результатов, полученных с использованием широко распространенных конечно-разностных либо конечно-элементных методов моделирования, такие как погрешности дискретизации, недостаточная аппроксимационная мощность функций решения, низкая точность расчета особенностей и границ, отчасти сдерживают использование математического моделирования рабочих процессов на микроуровне при проектировании ЖРД. Несмотря на обширное использование в настоящее время в научных исследованиях современных «тяжелых» конечно-элементных пакетов, применение полученных с их помощью результатов на практике и внедрение их в процессы проектирования наталкивается на определенное сопротивление конструкторов в связи с отсутствием доверия к численным алгоритмам и невозможностью контроля получения результатов.

В качестве универсального численного алгоритма моделирования рабочих процессов в ЖРД предлагается модифицированный интегрально-сопряженный численный метод решения уравнений математической физики методом взвешенных невязок на базе нейросетевых пробных решений (НМВН). Сущность метода заключается в подборе параметров глобального нейросетевого пробного решения для минимизации суммарной невязки решаемых уравнений в произвольно расположенных расчетных точках. Применение НМВН позволяет устранить погрешности решения дифференциальных уравнений, вызванные дискретизацией производных и низкой точностью представления границ, что повышает адекватность моделирования. НМВН служит для настройки параметров нейросетевых моделей, когда имеющейся экспериментальной информации об исследуемых явлениях недостаточно, но известны физические законы, описываемые соответствующими уравнениями, что является основой создания информационных баз данных физических процессов со встроенным нейросетевым алгоритмом поиска решений на основе НМВН, открытых для уточнения и постоянной идентификации на основе появляющихся новых экспериментальных знаний.

Применение НМВН позволяет моделировать произвольные физические процессы в едином нейросетевом логическом базисе, при этом численные алгоритмы отличаются логической простотой, ясностью и прозрачностью получения численных результатов. Использование НМВН иллюстрируется на примере моделирования гидродинамических процессов с использованием фундаментальных уравнений движения

жидкости Навье-Стокса, а также интегрального уравнения движения потока переменной массы. Приводится пример получения математических моделей – интеллектуальных «баз данных» гидравлической неравномерности в коллекторных системах охлаждения и смесеобразования ЖРД.

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО
СОТРУДНИЧЕСТВА
РОССИИ И БЕЛАРУСИ В ИНТЕРЕСАХ СОЗДАНИЯ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА**

*В.А. Меньшиков, С.В. Пушкарский, Г.В. Коровин, В.В. Меньшиков
НИИ Космических систем*

К одному из безусловных позитивных примеров сотрудничества высокотехнологичных предприятий и организаций космической отрасли на пространствах бывшего СССР нужно отнести их совместную исследовательскую деятельность в рамках программ Союзного государства, в первую очередь программ серии «Космос» - «Космос-БР» (1998-2002), «Космос-СГ» (2004-2007) и «Космос-3» (2008-2011), результатом чего должно стать создание перспективного микроспутника и на его основе поэтапное формирование многофункциональной космической системы Союзного государства, предназначенной для обеспечения навигационной и космической информацией потребителей России и Беларуси.

В настоящее время в выполнении программы «Космос-СГ» принимают участие более 40 российских и белорусских предприятий, восемь академических институтов и четыре высших учебных заведения.

Осуществляются научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке, изготовлению, экспериментальной отработке и проведению натурных испытаний более 20 опытных образцов аппаратуры с улучшенными характеристиками мирового уровня для оснащения космических аппаратов различного назначения, в первую очередь для перспективного микроспутника. В рамках выполняемой программы предполагается создание до 70% аппаратуры перспективного космического аппарата (в т.ч. бортовой высокоинтегрированный комплекс управления, аппаратура оптико-электронного канала, основные элементы микродвигателей системы ориентации и стабилизации и т.д.) весом до 120 кг

В 2007 году будет проведена экспериментальная отработка базовых элементов 2-х межгосударственных систем, решающих задачи обеспечения потребителей России и Беларуси космической информацией дистанционного зондирования Земли и создание основ навигационно-информационной системы повышенной точности, оснащенной программно-аппаратными средствами и средствами обеспечения связи нового поколения.

Характерной особенностью выполнения программы «Космос-СГ» стал творческий поиск, формирование и развитие дополнительных направлений научно-технического сотрудничества российских и белорусских предприятий, организаций и учебных заведений. Так, в частности, в завершающей стадии проработки находятся программные документы создания системы дистанционного обучения специалистов России и Беларуси, а также технологического комплекса мониторинга объектов, ресурсов и территорий в интересах безопасности Союзного государства. Эти и другие совместные проекты и программы создадут благоприятные условия для укрепления и развития сотрудничества наших государств в космической области.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ СПОРАДИЧЕСКИХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПОТОКОВ МЕТЕОРОВ ОКОЛОЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ

И.М. Гадасин, В.Л. Калиновский, А.В. Миронов, В.А. Хатулев
Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В. Хруничева

Рассматриваются вероятностные характеристики попадания естественных спорадических метеоров и техногенных частиц в мишень заданных размеров, находящуюся на орбитах разной высоты и наклонений, в зависимости от среднего времени ожидания попадания и вероятности попадания.

Исходя из заданного времени ожидания попадания метеора в мишень, определяются масса метеоров, средние скорости, площадь мишени для последующего выбора типа и размеров чувствительных элементов датчиков. В качестве примера в таблице 1 приводятся результаты, полученные для естественных спорадических метеорных потоков на круговых орбитах высотой более 2000 км.

Таблица 1

m_0 , Г	$N(m_0)$ частиц·м ⁻² ·с ⁻¹	$T_{1м}$ (на 1 м ²) сек	S_{60} м ²	Примечания
10^{-6}	10^{-7}	$10^7 \sim 120$ сут.	$1.7 \cdot 10^5$	
10^{-7}	$6.3 \cdot 10^{-7}$	$1.6 \cdot 10^6 \sim 19$ сут.	$2.6 \cdot 10^4$	
10^{-8}	$4 \cdot 10^{-6}$	$2.5 \cdot 10^5 \sim 2.9$ сут.	$4.2 \cdot 10^3$	
10^{-9}	$2.5 \cdot 10^{-5}$	$4 \cdot 10^4 \sim 11$ час	$6.7 \cdot 10^2$	Минимальное приводимое значение
10^{-10}	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$6.3 \cdot 10^3 \sim 100$ мин	10^2	Аппроксимация
10^{-11}	10^{-3}	$10^3 \sim 16.7$ мин	17	Аппроксимация

Обозначения в таблице 1: m_0 - характерная минимальная масса метеора; $N(m_0)$ -плотность потока частиц с массой, равной и более m_0 ; $T_{1м}$ -среднее время ожидания попадания одной частицы на площадку 1 м²; S_{60} - приведенная площадь, соответствующая среднему времени ожидания попадания одной частицы 60 сек.

Зависимость времени ожидания попадания метеора от площади мишени и вероятности ожидания для плотности потока спорадических метеоров, соответствующих $m_0 = 10^{-10}$ г. приведена в таблице 2.

Таблица 2

S (м ²)	P	0.63	0.95	0.993	0.9995
50	T (мин)	2	6	10	20
15	T (мин)	6.7	20	33.3	67
5	T (мин)	20	60	100	200
1	T (мин)	100	300	500	1000

Рассматриваются типы чувствительных элементов, пригодных для решения задачи регистрации попаданий метеоров в мишень, приводятся их параметры. Если площадь чувствительного элемента мишени разбить на участки равной площади и их пронумеровать, получим генерацию случайных чисел, ограниченную размерами чувствительного элемента и степенью его деления.

Предлагаются варианты непрерывной доставки информации с орбиты в режиме реального времени.

Полученные результаты могут быть использованы для оценки интенсивности метеорной нагрузки на защиту космических аппаратов на различных орбитах.

**ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ДВИГАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПРИ
СОЗДАНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ
КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Д.В. Морозов

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

Проект концепции пилотируемой космонавтики Российской Федерации предполагает создание космической инфраструктуры для полетов к Луне и Марсу в период до 2040 г. Одной из важнейших составляющих такой инфраструктуры является транспортная космическая система. Ее состав, технический облик и основные характеристики зависят от потребностей в транспортировке полезных грузов в интересах изучения и освоения Луны и Марса.

Выбор технических характеристик двигательных и энергетических установок является актуальной задачей при создании перспективных транспортных космических систем для полетов к Луне и Марсу. Предполагается использование перспективных двигательных установок – на криогенных компонентах топлива (O_2-H_2 , O_2-CH_4), электроракетных двигательных установок и двигательных установок на основе ядерных ракетных двигателей.

Энергопотребление электрических ракетных двигателей составляет значительную часть суммарного энергопотребления бортовых систем. Ядерные энергодвигательные установки предназначаются для использования одновременно в качестве маршевого двигателя и первичного источника энергии в бортовой системе энергоснабжения космического средства. Выбор двигательной установки влияет на выбор системы энергоснабжения. Следовательно, при выборе двигательных и энергетических установок необходим комплексный подход.

Проведен краткий обзор двигательных установок и систем энергоснабжения различных типов. На основании данных о технических характеристиках и современном состоянии систем энергоснабжения предварительно определены области рационального применения систем энергоснабжения для элементов транспортной космической системы. Окончательно эти области будут определены в результате дальнейшего исследования.

В работе представлены исходные данные для выбора энергетических и двигательных установок, проанализирована взаимосвязь между энергетическими и двигательными установками элементов космической

транспортной системы. Приведена схема выбора проектных параметров энергодвигательных установок для полетов к Луне и Марсу.

**ТРАЕКТОРНЫЙ КОНТРОЛЬ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЗЗАПРОСНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

*В.С. Чаплинский, А.А. Макаров, А.В. Герасовский, В.И. Прут,
С.М. Зотов, В.Ф. Брагинец*

*НИИ космических систем – филиал ГКНПЦ им. М.В. Хруничева, 4
ЦНИИ Минобороны*

Возможность применения в наземных станциях полигонных измерительных комплексов современных высокостабильных хранителей частоты и времени создает необходимые технические предпосылки контроля параметров движения ракет и ракет-носителей (Р и РН) на недетерминированной траектории по беззапросным измерениям дальности и радиальной скорости – псевдодальности и радиальной псевдоскорости. Радиальная псевдоскорость определяется по доплеровскому смещению несущей частоты принимаемого с борта Р и РН сигнала, измерения псевдальности проводятся по временному (фазовому) запаздыванию формируемых на борту дальномерных сигналов, модулирующих несущую частоту излучаемого с борта группового радиосигнала. При определенных условиях для проведения траекторных измерений может использоваться радиолиния телеконтроля Р и РН – при формировании несущей частоты и синхросигналов в радиолинии передачи телеметрических сигналов от высокостабильного генератора.

В общем случае для определения в каждый (текущий) момент времени положения и составляющих скорости контролируемого объекта по беззапросным измерениям он должен находиться в этот момент в зоне радиовидимости четырех пространственно разнесенных наземных пунктов (НП). При этом полагается, что перед стартом Р или РН частоты опорных генераторов измерительных средств всех НП синхронизированы и их шкалы времени (фазы опорных сигналов дальнометрии) сведены, что может быть осуществлено с использованием навигационно-временного поля средневысотных космических навигационных систем (КНС «Глонасс», GPS, «Галилео»). Средние значения разности действительных значений частоты бортового генератора сигнала и опорного сигнала синхронизированного измерительного комплекса, а также шкал времени объекта и измерительного комплекса включаются в

состав уточняемых совместно с кинематическими параметрами величин.

Принципиально с использованием КНС перед стартом возможно также провести сличение частоты бортового генератора сигнала и бортовой шкалы времени. В этом случае исключается необходимость расширения вектора уточняемых по измерениям величин и достаточно проводить измерения с трех НП. При показателе стабильности задающих генераторов объекта и наземных станций $\Delta f/f \leq (10^{-11} \dots 10^{-12})$ на интервале порядка одного часа дополнительная погрешность в определении дальности и радиальной скорости будет сопоставима с аппаратной погрешностью измерений. Рассмотрен частный случай траекторных измерений при оснащении Р и РН приемо-передающей аппаратурой ретрансляции запросного сигнала.

Точность контроля параметров движения Р и РН по беззапросным измерениям несущественно уступает точности определения координат положения объектов с использованием НАП КНС, а по скоростным составляющим в ряде случаев даже выше, получаемой по КНС. В случае оснащения Р и РН аппаратурой потребителей КНС, технологии траекторного контроля по беззапросным измерениям на этапе летных испытаний Р и РН обеспечивают резервирование бортовой системы траекторных измерений.

МОДЕРНИЗАЦИЯ АППАРАТНОГО, ПРОГРАММНОГО И МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.В. Воронцов

Государственный космический научно-производственный центр им. М.В. Хруничева

Инфраструктура информационной среды Космического центра Хруничева до недавнего времени была представлена комплексом морально устаревшей ЕС ЭВМ и небольшого количества персональных компьютеров изолированных друг от друга. В таких условиях было крайне трудно оптимизировать информационные потоки предприятия, получать достоверные данные, необходимые для планирования и подготовки производства на современном уровне.

Для решения проблемы модернизации информационного пространства внутренними средствами предприятия необходимы челове-

ские ресурсы. Нужно либо распределять выполнение задач проекта между соответствующими подразделениями (АСУ ТП, Информационно-вычислительный центр, Отдел новой техники) либо формировать отдельное подразделение, занятое лишь данным проектом модернизации. В обоих случаях происходит отвлечение сотрудников от их прямых обязанностей, раздувание штата. Кроме того, квалификация и опыт сотрудников не всегда соответствует поставленным задачам. Поэтому ГКНПЦ им. М.В.Хруничева приняло решение обратиться к услугам нескольких фирм-интеграторов.

В результате анализа деятельности предприятия, интегратором были предложены следующие решения модернизации аппаратного, программного, организационного обеспечения информационной инфраструктуры предприятия.

1. Модернизация аппаратного обеспечения включает в себя: установку структурированных кабельных сетей, охватывающих все рабочие места инженерно-технических работников.

2. Закупку современных персональных компьютеров, рабочих станций и серверов, вычислительная мощность которых позволяет установку и эксплуатацию современных систем электронного документооборота, планирования и учёта ресурсов (ERP), управления проектами (PDM), различных систем автоматизированного проектирования (CAD/CAM/CAE) и многих других.

3. Установку систем непрерывного электропитания и файловых серверов с RAID-массивами жестких дисков, увеличивающих надежность хранения и использования информации.

Внедрение современных информационных систем невозможно без продуманной реорганизации эксплуатации информации и реформы функциональных обязанностей подразделений и отдельных сотрудников предприятия, то есть без реинжиниринга бизнес-процессов. Одной из задач проекта модернизации программного обеспечения предприятия является внедрение PLM-системы «TeamCenter Enterprise». Данная информационная система позволяет организовать сквозное управление всем жизненным циклом изделия. Декомпозиция данной задачи определила:

1. Проблемы сопряжения информации производимой различными подразделениями предприятия.

2. Моделирование существующих бизнес-процессов.

3. Описание структуры и жизненного цикла изделия.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ УЧАСТКАМИ СТАНКОВ С ЧПУ

*А. И. Островерх, В. Н. Сычев, Е. Д. Лобов, В. Д. Костюков
Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В. Хруничева*

Разработчики ERP – систем утверждают, что без них получение прибыли в современном производстве невозможно по определению, а специалисты по АСУ ТП, в свою очередь, совершенно справедливо указывают на необходимость решения конкретных проблем производства продукции как основы, ради чего промышленное предприятие и создавалось. Разбирать вопросы приоритетности уровней промышленной автоматизации – занятие неблагодарное, тем более, что однозначного ответа здесь не существует.

Прослойкой между указанными уровнями в современной терминологии принято называть уровнем MES (Manufacturing Execution System) или уровнем оперативного управления производством, хотя и это определение весьма условно, так как, помимо оперативного управления производством, системы этого класса предназначены для решения целого ряда технологических задач, поставляющих основной объём достоверной технологической управляющей информации.

Как показывает практика, наиболее эффективны MES – системы, в состав которых в качестве базового модуля входит система автоматизированного проектирования рабочих технологических процессов, подготовки (технологической отработки) управляющих программ для технологического программно управляемого оборудования с ЧПУ и группового управления станками с ЧПУ. В настоящее время в цехах РКЗ эксплуатируется система группового управления станками с ЧПУ "Диалог". Система обслуживает 28 станков. Применение системы "Диалог" позволяет сократить время на запуск в производство управляющих программ для станков с ЧПУ, изменять программу во время работы станка, пересылать отредактированную программу в ЭВМ, хранить в ЭВМ архив управляющих программ, отказаться от применения перфоленты, повысить производительность труда операторов станков с ЧПУ. Данная система была введена в эксплуатацию в 1984 году и к настоящему времени физически и морально устарела. И в настоящее время ООО НИП "Курс" разработал и внедрил первую очередь системы группового управления станками на базе промышленных компьютеров.

Для решения задач построения систем оперативного управления производством существуют хорошо проверенные на практике методологии и стандарты. К таким стандартам относятся стандарты семейства ISA – S95. В соответствии с этим стандартом вначале необходимо создать модель оборудования – иерархию оборудования цеха. Затем создаются модели материалов и персонала. После этого создаётся модель производства. Таким образом, определяется производство на стыке возможностей оборудования, доступности материалов и персонала. Это значит, что создаваемая типовая отраслевая автоматизированная система управления цехового уровня участками станков с ЧПУ - **MES MO** должна иметь модули, реализующие логику, необходимую для ответов на эти вопросы.

Аппаратно-программный комплекс (АПК) управления станками с ЧПУ **MES MO** на базе промышленных компьютеров предназначен для автоматического контроля и управления полным циклом технологического процесса обработки деталей на станках с ЧПУ, включая задачи учета и паспортизации.

MES MO позволит: более точно настраивать режимы работы станков ЧПУ; контролировать технологический процесс по широкому спектру параметров как визуально, так и в автоматическом режиме с сохранением всех данных на центральном сервере; оперативно реагировать на изменения в технологии за счет быстрой перенастройки режимов работы станков; оперативно адаптироваться ко вновь поступающему технологическому оборудованию за счет возможности перепрограммирования процессоров рабочей станции и периферийных контроллеров, что позволит снизить брак и простои оборудования, качественно улучшив процесс учета и контроля производимой продукции.

АПК **MES MO** представляет собой сетевое объединение: управляющих компьютеров на базе промышленных рабочих станций, сопряженных с помощью *программируемых промышленных контроллеров* со стойками управления станками ЧПУ; промышленного компьютера с функциями сервера базы данных программ управления и результатов работы парка станков ЧПУ, а также IntraNet WEB-сервера базы данных для доступа из внешней сети; компьютера рабочего места службы контроля и управления технологическими процессами цеха (начальник цеха, служба подготовки производства, контроля готовой продукции и т.п.); компьютера службы цехового инжиниринга, исполняющего роль сетевого администратора и технического обслуживания всего программно-аппаратного комплекса.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЦЕХА

В. Н. Сычев, В. Д. Костюков, А. В. Харахордин

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

Современные системы автоматизации производства используют множество аббревиатур и конечным пользователям с каждым годом становится всё тяжелее разобраться в обилии предлагаемых решений. Неизменным при этом остается разбиение на уровни, среди которых принято выделять верхний и нижний. К верхнему уровню относят, как правило, системы бизнесаналитики и оптимального управления ресурсами предприятия, к нижнему – системы числового управления технологическим оборудованием и автоматизированные системы управления технологическими процессами.

Прослойкой между указанными уровнями в современной терминологии принято называть уровнем MES (Manufacturing Execution System) или уровнем оперативного управления производством, хотя и это определение весьма условно, так как, помимо оперативного управления производством, системы этого класса предназначены для решения целого ряда технологических задач, поставляющих основной объём достоверной технологической управляющей информации. Таким образом, системы уровня MES – это самостоятельный класс технологических информационно – управляющих систем со своими специфическими стандартами, традициями, «брендами». Под MES – системой обычно понимается интегрированная компьютеризированная производственная система, функционирующая в режиме РВ (в масштабе, необходимом для текущего контроля хода выполнения производственных заказов) и включающая набор технологий, используемых для решения задачи оптимизации процессов производства продукции.

Кроме того, для большинства предприятий очень важной характеристикой MES – систем является то, что они являются связующим звеном между уровнем планирования ресурсов предприятия (ERP) и уровнем управления ТП.

Для решения задач построения систем оперативного управления производством существуют хорошо проверенные на практике методологии и стандарты. К таким стандартам относятся стандарты семейства ISA – S95. Создаваемая **MES ЭЭ ИП** должна реализовывать 11 функ-

ций. Эти функции были определены в Manufacturing Execution Systems Association (MESA): Resource Allocation and Status – управление и контроль ресурсов. Под ресурсами понимаются технологическое оборудование, сырьё и материалы, трудовые ресурсы, технологическая документация. Operations/Detail Scheduling – оперативное/детальное планирование. Обеспечение оперативного планирования производства, основанного на определенных приоритетах, атрибутах, характеристиках продукции и технологии её изготовления. Dispatching Production Units – диспетчеризация производства. Управление изготовлением изделий по операциям, партиям, сериям и производственным заказам. Document Control – управление технологической документацией и документацией, сопровождающей производство изделий, включающей инструкции по изготовлению, спецификации, чертежи, описание стандартных операций, записи о технологических изменениях в процессе изготовления и прочую плановую и фактическую цеховую отчетность. Data Collection/Acquisition – сбор/хранение технологических и управляющих данных. Labor Management – управление персоналом в ежеминутном режиме. Quality Management – получение данных о качестве продукции в режиме РВ. Такие данные собираются с производственного уровня. Их анализ гарантирует должный контроль качества и выявление проблемных мест, требующих особого внимания. Process Management – управление производственными процессами, их автоматическая корректировка или корректировка в диалоговом режиме при участии оператора. Maintenance Management – управление техническим обслуживанием и ремонтом оборудования и инструментов. Product Tracking and Genealogy – отслеживание истории продукта. Визуализация информации о том, где и когда выполнялись работы по конкретному изделию. Такая информация может содержать данные об исполнителях, комплектующих, партиях, серийных номерах, текущих условиях производства изделия или полуфабриката, внестатных ситуациях и т. д. Performance Analysis – анализ производительности. Получение в РВ отчетов о выполнении операций и сравнение плановых показателей с фактическими.

Внедрение *MES ЭЭ ИП* должно обеспечить: снижение затрат и сроков изготовления изделий инструментального производства методами ЭЭО на 20%; сокращение сроков технологической подготовки ИП в 4-5 раз; повышение качества проектирования ТПП за счет применения типовых проектных решений и лучших мировых практик.

Предлагаемая разработка является инвариантной частью созданной и постоянно совершенствующейся на протяжении последних 25 лет

автоматизированной системы технологической подготовки и управления производством ракетно-космической техники РКЗ ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева».

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО - КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

*А. И. Островерх, В. Н. Сычев, Е. Д. Лобов, В. Д. Костюков
Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В. Хруничева*

При решении задач в различных контекстах, связанных с организационно-технологической средой производства, следует определить объект исследования, порождающую среду технологических и организационных решений и их взаимодействия при реализации производственных процессов, т.е. разработать информационную модель организационно-технологической среды производства.

Проблема создания интегрированных информационных систем, прежде всего, связана с разработкой единого методологического подхода к построению математического и информационного обеспечения автоматизированных систем.

Система математических моделей нормализующих концепцию моделирования, является предметом данной НИР. Логическое взаимодействие математических моделей при процессно-ориентированном подходе к моделированию видов деятельности предприятия нуждается в конкретизации состава процедур процесса нормирования организационно-технологических решений, представляемого системой математических моделей.

Использование предложенной методологии позволяет получить набор порождающих систем. Следует заметить, что процесс проектирования порождающей системы является итерационным и может даже потребовать переопределения исходной системы.

Необходимо обратить внимание на целесообразность декомпозиции принятия решений на ряд относительно самостоятельных элементов – термов: элементарных завершённых актов вычислений, которые характеризуют состояние организационно-технологической среды производства, и представить их в виде моделирующей системы со входом и

выходом. Тогда в рассматриваемом случае с очевидностью необходима организация наблюдения за состоянием системы (кластеризация и идентификация), что позволяет решение задачи координации (организационное управление) и распределение ресурсов (экономическое управление).

Представленный концептуальный подход следует применить к операциям в производстве, организационным и структурным проблемам на всех уровнях декомпозиции производственной системы.

Формирование модели информационно-технологической среды производственных систем – сложный и многоплановый процесс, в котором используются достижения современной информационной технологии. При этом информационная система предполагает создание баз данных, коммуникаций внутри предприятия, наличие комплекса мероприятий по принятию оперативных решений и т.д. Процесс принятия решений реализуется как информационные процедуры обработки термов (элементарно завершенных актов "вычислений"), представленных, представленных моделирующими системами со входом и выходом.

Модель конкретизирована по составу информационных разделов организационно-технологического решения по изделию. Она содержит технологические и организационно-технические данные.

Создаваемая *«Типовая отраслевая автоматизированная система предварительного планирования производства новых изделий ракетно - космической техники на основе изделий – аналогов»* предназначена для всех предприятий отрасли, внедряющих ИПИ – технологии. Внедрение её должно обеспечить: снижение сроков и затрат на технологическую подготовку производства РКТ на 8%; уменьшение в 6 раз количества ошибок проектировщиков и их устранение на ранних этапах создания изделий; выбор перспективных конструкций РКТ с учетом технологических факторов; создание и отработка типовой системы электронного документооборота между различными подразделениями предприятия; отработка элементов системы корпоративного управления производством на базе стандартов MRP-II и формирование рекомендаций по выбору типовой ERP - системы. Предлагаемая разработка является инвариантной частью созданной и постоянно совершенствующейся на протяжении последних 25 лет автоматизированной системы технологической подготовки и управления производством ракетно-космической техники РКЗ ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева».

БАЗА ДАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ
А. И. Островерх, В. Н. Сычев, Е. Д. Лобов, В. Д. Костюков
Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В. Хруничева

Современный этап научно-технического прогресса немалозначим без широкого внедрения и использования вычислительной техники в производстве. Наибольший эффект от внедрения вычислительной техники достигается при интегральной сквозной автоматизации всего цикла "исследование - производство", результатом которой является создание интегрированного производственного комплекса.

Решение этой проблемы предусматривает, в частности, комплексную автоматизацию и интеграцию технической подготовки производства (конструирование, проектирование, отработка на технологичность изделий ракетно-космической техники, проектирование технологических процессов (ТП) их изготовления, проектирование средств технологического оснащения (СТО), проектирование СТО 2-го порядка и их изготовления), управление всеми этими процессами и производством в целом на основе принципов "безбумажной" технологии переработки информации, то есть широкого внедрения ИПИ – технологий.

Важным компонентом всех информационных систем является база данных технологического назначения (БДТН), состоящая из отдельных специализированных баз данных, ориентированных на решение конкретных задач технологической подготовки производства.

Создание БДТН позволит сократить объем исходной информации, исключит ручной поиск нормативно - справочной информации, обеспечит автоматизированное создание комплекса технологической документации и снизит трудоемкость технологической подготовки производства (ТПП), в том числе и для оборудования с ЧПУ на всех ее стадиях. Наличие базы данных, ее разработка рассматривается как создание информационных ресурсов предприятия, позволяющих добиться наибольшей эффективности его деятельности в целом и автоматизированных систем в частности.

Функции, этапы и задачи ТПП реализуются типовыми подсистемами, каждой из которых необходима база технологических данных **БД «ИНТЕРМЕХ»**.

Типовая отраслевая база данных технологического назначения для автоматизированного формирования комплектов технологической документации по всем видам технологических переделов с использовани-

ем лицензионных программных продуктов фирмы «Интермех» предназначена для автоматизации работ, выполняемых на стадии технологической подготовки производства - ТПП. В её состав входят данные, необходимые для выполнения практически всех этапов, задач и подзадач ТПП. Внедрение её должно обеспечить: сокращение сроков формирования комплектов технологической документации в 10 – 12 раз; повышение качества технологической документации за счет применения типовых проектных решений и лучших мировых практик; сокращение затрат на формирование комплектов технологической документации в 2 раза.

Предлагаемая разработка является инвариантной частью созданной и постоянно совершенствующейся на протяжении последних 25 лет автоматизированной системы технологической подготовки и управления производством ракетно-космической техники РКЗ ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева».

БАЗА ЗНАНИЙ ПРОЕКТОВ ИПИ – ТЕХНОЛОГИЙ

Т. Н. Александрова, В. Д. Костюков, В.Н Сычев, Р. Х. Даутов
Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В. Хруничева

Под знаниями обычно понимают набор фактов и правил, формализующих опыт специалистов в конкретной предметной области. Знания предприятия это формализованный опыт сотрудников предприятия. Под знаниями будем понимать - набор документов (информацию), содержащих факты и правила, формализующие опыт, как сотрудников конкретного предприятия, так и опыт других предприятий в той же предметной области. Сбор, систематизация, хранение, оперативный поиск и выдача по запросам научно – технической информации, содержащейся в проектной документации, извлечение из неё оптимальных, прошедших жёсткие испытания на практике конструктивно – технологических решений является одной из актуальных задач современного отечественного и мирового машиностроения.

Одним из возможных путей преодоления имеющихся недостатков в работе с научно-технической информацией является создание широкой сети узко специализированных баз проектной документации (BAZDOK), высокая эффективность которых подтверждается двенадцатилетним опытом их эксплуатации при реализации проектов создания и совершенствования автоматизированных систем технологической подготовки производства. Многочисленными исследованиями установлено,

что более 80% содержания, необходимого для функционирования предприятия, является именно неструктурированным. Чтобы эффективно работать с этой информацией и предлагается создание *типовой базы знаний в области ИПИ – технологий*.

Основная цель создания *БЗ ИПИ* – обеспечение эффективного изготовления изделий «Протон», «Протон-М», «Ангара», «Бриз-М», КВРБ, «Рокот», «КазСат», МКА ДЗЗ и связи, ФГБ-2, «Байтерек» и др., повышение их качества и надежности, сокращение сроков изготовления. Прототипом *БЗ ИПИ* может служить система документирования BAZDOK. Создание *типовой базы знаний в области ИПИ - технологий* предназначено для автоматизации проектных работ, выполняемых на стадиях предпроектного обследования и реализации проектов, повышения качества принимаемых решений по внедрению ИПИ – технологий. В её состав входит информация в виде проектных документов по таким типовым проектам как: Автоматизированная система технологической подготовки компьютеризированного сертифицированного производства ракетно-космической техники; Единая корпоративная информационно-телекоммуникационная система управления предприятием; Автоматизированная система конструирования ракетно-космической техники; Автоматизированная система конструкторского сопровождения компьютеризированного сертифицированного производства ракетно-космической техники; Научно-технологические технологии.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КУЗНЕЧНОПРЕССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. И. Островерх, В. Н. Сычев, Е. Д. Лобов,

В. М. Грешилов, В. Д. Костюков

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

А. В. Цырков, В. И. Галкин

РГУ им. К.Э. Циолковского («МАТИ»)

В технологической цепочке изготовления изделий на большинстве машиностроительных предприятий кузнечно-прессовое производство - КПП занимает ведущее место в обеспечении заготовками всех механических, механосборочных цехов и цехов инструментального производства. От его ритмичной работы зависит, в конечном итоге, своевременный выпуск готовой продукции предприятия. Именно поэтому особую актуальность приобретает разработка и внедрение компьютеризирован-

ной интегрированной производственной системы (КИПС) кузнечно-прессового цеха.

Кузнечно-прессовое производство характеризуется особо тяжелыми условиями труда, вызванными резкими перепадами температур (нагревательные печи, горячее формообразование заготовок), низкочастотными вибрациями (падающие молоты, прессовое оборудование), что усложняет проведение работ по его комплексной автоматизации. В мировой практике не имеется достаточного опыта успешной реализации комплексных проектов компьютеризации подобных производств.

Единая отраслевая система автоматизированного проектирования технологических процессов кузнечнопрессового производства предназначена для автоматизации работ, выполняемых на стадии рабочего проектирования технологии. В её состав входят: подсистемы проектирования технологических процессов резки, ковки, штамповки; подсистема формирования технологической документации (наряды, операционные карты, технологические паспорта, сводки нормативного времени на изделия, планы поставки ДСЕ из кузнечно-прессового цеха цехам потребителей, изменение планов поставки, потребность материалов по планам поставки, перечень отсутствующих ТП и т.п.); подсистема кодирования и контроля информации; информационно-поисковая система технологического назначения; подсистема управления технологической подготовкой кузнечно-прессового производства; интерфейсы с АСУП (ERP-системой), системой управления цехового уровня (MES-системой).

Компьютеризированное интегрированное производство включает в себя подсистему автоматизированного проектирования техпроцессов резки, ковки и штамповки (САПР-Т) и подсистему организационно-экономического управления производством (СОЭУП).

На основании спроектированного технологического процесса и развернутого поддетального плана формируется пооперационный месячный план с разбивкой по участкам и мастерам. Ежедневно контрольные мастера цеха отмечают выполнение операции на ПЭВМ, расположенных на участках цеха. В результате формируются сведения о готовых деталях, браке. Таким образом, в любой момент времени плановики и руководство цеха получают оперативную достоверную информацию о выполнении пооперационного плана. Это дает возможность руководству цеха контролировать ход производства и своевременно расширять "узкие" места.

Кроме того, 1-я очередь системы включает в себя комплекс задач по расчету потребности в материалах на изделие и на месячный план, по расчету трудоемкости в различных разрезах на изделие. Это освобождает плановиков от ручного расчета материалов на изделие и на план цеха, а работников БТЗ цеха от представления ежемесячных и ежеквартальных отчетов в ОТЗ завода. Трудоемкость этих работ вручную составляет не менее 2-х недель в месяц.

Функции системы реализованы на базе персональных компьютеров типа IBM, соединенных между собой с помощью локальной вычислительной сети (ЛВС).

В настоящее время комплекс технических средств АСУ кузнечно-прессового цеха состоит из 12 персональных ЭВМ устаревших моделей, связанных между собой локальной вычислительной сетью (ЛВС) IOLA, которая имеет возможность совместной работы с системой "Солярис". Таким образом, внутрицеховая сеть имеет выход на ИВЦ завода.

Для тиражирования этой эффективной системы необходимо выполнить достаточно большой объем работ по документированию программного обеспечения и переводу его на современную информационно-вычислительную платформу, бережно сохранив накопленные и отработанные в течение 15 лет технологические проектные решения.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОЙ НАДЕЖНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ВЫВЕДЕНИЯ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ИХ СОЗДАНИЯ

А.А. Медведев

РГУ им. К.Э. Циолковского («МАТИ»)

В условиях возрастания роли ракетно-космической техники (РКТ) в различных сферах деятельности человечества, выхода РФ на международный рынок космических услуг, где страховые ставки стали достигать сотен миллионов долларов, надежность ракет-носителей (РН) становится одним из основных параметров при определении облика перспективных космических транспортных средств выведения (КТСВ).

Под КТСВ будем понимать совокупность РН, разгонных блоков и двигательных установок космических аппаратов (КА), обеспечивающих выведение КА на заданную орбиту.

С учетом того, что применение средств РКТ значительно повышает эффективность решения задач глобального общечеловеческого и государственного масштабов (изучение и борьба с опасными природными явлениями, национальная безопасность и многое другое), а также

с учетом реального современного состояния отечественной РКТ, обеспечение высокой надежности КТСВ приобретает государственное значение.

У нас в стране и за рубежом уже существует система обеспечения надежности РКТ на всех этапах их создания и эксплуатации.

Однако, как правило, основные элементы этой системы имеют проверочный характер и, в основном, разработаны для отдельных образцов РКТ, а не для совокупности ракет-носителей, осуществляющих всю программу запусков КА.

С целью дальнейшего совершенствования системы обеспечения надежности РКТ разработана методология, учитывающая особенности развития РКТ в РФ на современном этапе (в том числе, значительное снижение общего количества запусков при заметном росте типов ракет-носителей с различными компонентами топлива) и основанная на применении унифицированных элементов в ракетах носителях различных классов.

Результаты расчетов показали, что особое внимание необходимо уделять безотказности полета ускорителей первых ступеней. Прежде всего, это связано с наличием в их составе (как правило в РН тяжелого класса) нескольких маршевых двигателей, а также со значительными негативными последствиями отказа ускорителя первой ступени во время старта и в процессе полета.

Одним из наиболее эффективных путей повышения надежности полета ускорителя первой ступени РН является формирование их в виде универсальных ракетных блоков (УРБ) с опережающей летно-конструктивной отработкой в составе ускорителя первой ступени РН, например, легкого класса с последующей параллельной эксплуатацией РН различных классов. Это также будет оказывать положительное влияние на темпы роста их надежности. Кроме того, в случае возможных отказов ракеты-носителя тяжелого или среднего класса подтверждение ее надежности после необходимых доработок может проводиться на РН легкого класса, что значительно уменьшит потенциальные затраты. Недостатком такого подхода является необходимость остановки и переноса сроков запусков всех РН, использующих универсальные ракетные блоки, до окончательного выяснения причин аварии и проведения мероприятий по их ликвидации.

Совместная параллельная эксплуатация РН различных классов, использующих УРБ в ускорителях первых ступеней, а также опережающие запуски РН легкого класса, позволяют:

- Увеличить серийность изготовления элементов (УРБ) РН и, следовательно, повысить качество и уменьшить стоимость их изготовления, в том числе за счет сокращения объема разнотипных технологических процессов;
- Уменьшить количество производственных площадей, технологической оснастки и людей, занятых в изготовлении РН различных классов;
- Уменьшить количество элементов ракет-носителей на различных компонентах топлива и, как следствие, сократить количество эксплуатационной документации, обслуживающего персонала на космодромах и, как следствие, затраты на эксплуатацию РН.

Анализ, проведенный на основе предлагаемой методологии, показывает, что при прочих равных условиях предполагаемый подход позволит уменьшить не менее, чем в два раза количество потерь ракет-носителей и выводимых ими космических аппаратов.

КОМБИНИРОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СВЯЗИ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Е.М. Зайкин

НИИ Космических систем ГКНПЦ им. М. В. Хруничева

В настоящее время широкое распространение получили системы мониторинга подвижных объектов на базе спутниковых навигационных систем. Общий принцип функционирования таких систем состоит в получении географических координат объекта с установленным навигационным оборудованием и последующей их передачей в диспетчерский центр с использованием какого-либо вида канала связи. При этом в качестве спутниковых навигационных систем используются системы GPS и ГЛОНАСС, а в качестве каналов связи могут применяться сотовая связь на основе GSM, УКВ-радиосвязь, спутниковые системы связи. Для работы системы в условиях города наибольшее распространение получили системы мониторинга, использующие в качестве канала связи сети GSM, что обусловлено их широким распространением и разнообразием предоставляемых услуг. Так, часто для передачи навигационной информации используется технология GPRS, что позволяет сократить затраты на использование системы. Другим возможным способом является передача информации в виде SMS-сообщений.

В условиях удаленности от населенных пунктов, где не развернуты сети GSM, применяются системы мониторинга с использованием мобильной спутниковой связи. Спутниковая связь свободна от недостат-

ков GSM-сетей в виде ограниченной зоны покрытия, но имеет большую стоимость услуг передачи информации.

Существует ряд областей применения, где требуется обеспечивать мониторинг мобильных объектов как в городских условиях, так и на удаленных территориях, например – дальние автомобильные перевозки. Особенно это актуально для России и стран СНГ, в связи с большими расстояниями и наличием малозаселенных территорий. Применение только мобильной спутниковой связи обычно показывает невысокие результаты по причине специфических особенностей работы в условиях плотной застройки. В таких случаях целесообразно использование разных видов связи в зависимости от местоположения объекта - сетей GSM в условиях города и мобильной спутниковой связи на удаленных территориях. Однако, навигационно-связное оборудование, использующее несколько видов связи, в настоящее время на рынке практически не представлено.

Для обеспечения возможности использования различных видов связи в навигационно-связном оборудовании потребителей (подвижных объектов) предлагается программно-аппаратная реализация телематического модуля для работы в составе системы мониторинга мобильных объектов. Модуль позволяет вести работу в сетях GSM, спутниковой сети Globalstar, а также работать в режиме протоколирования поступающей информации. Алгоритм работы предусматривает автоматический выбор канала связи с диспетчерским центром, в зависимости от настройки модуля. При этом подключение терминала спутниковой связи является необязательным, что позволяет комплектовать бортовое оборудование мобильных объектов в зависимости от условий применения. В алгоритме предусмотрено использование технологии SMS как для сотового, так и для спутникового канала связи. Это делает возможным использование единого формата передаваемых данных и упрощение аппаратно-программных средств диспетчерского центра. Также обеспечивается возможность одновременной отправки данных большим количеством модулей и гарантированная доставка информации вне зависимости от доступности приемного оборудования диспетчерского центра в конкретный момент времени. Вид связи с диспетчерским центром выбирается автоматически, в зависимости от настройки модуля и доступности конкретной сети.

При таком подходе также становится возможным использование одинакового бортового оборудования в системах мониторинга разного назначения. Это снижает общую сложность, устраняя необходимость

поддержки нескольких типов телематических модулей (например, основанных на сотовой и спутниковой связи) и позволяет расширить диапазон возможного применения системы.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЫБОРА РАЗМЕРНОСТИ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЛЕТОВ К ЛУНЕ

А.А.Нестеренко, С.Е.Пугаченко, И.А.Соболев

Государственный космический научно-производственный центр им. М.В. Хруничева

Исследование транспортной космической системы (ТКС) для полетов к Луне обычно включает сравнение схем полета, оценку преемственности конструкции с существующими в настоящее время системами и анализ возможности использования существующих наземных средств подготовки и проведения пусков РН, средств связи и управления полетом. Существенным отличием от программы «Аполлон» рассматриваемых в настоящее время транспортных космических систем для полетов к Луне является нацеленность на систематические полеты первоначально для развертывания лунной инфраструктуры, а затем и для ее эксплуатации и модернизации в течение длительного времени. Одним из ключевых проектных требований, определяющих характеристики транспортной космической системы, является грузопоток к элементам лунной инфраструктуры: масса груза M_{zp} , который необходимо доставить на лунную станцию или обитаемую лунную базу в течение рассматриваемой длительности жизненного цикла T_ϕ с определенной средней периодичностью T . Величина T определяется либо ограничениями по длительности хранения расходуемых запасов жизнеобеспечения экипажа, либо необходимостью поддержания надежности функционирования лунной инфраструктуры на требуемом уровне. Отсюда легко определить усредненную массу груза, которая должна быть доставлена за один цикл транспортных операций

$$M_u = \frac{M_{zp}}{T} \quad (1)$$

и потребное количество циклов доставки грузов за время жизненного цикла ТКС

$$Ц = \frac{T_\phi}{T} \quad (2)$$

В результате сравнительного анализа схем полета для требуемой величины M_4 можно определить потребную массу полезного груза РН и характеристики массы орбитальных средств ТКС. Приводится пример определения массы полезного груза РН, в основе которого лежит анализ статистических данных о грузопотоке орбитальной станции. При этом грузопоток лунной инфраструктуры включает доставку средств жизнеобеспечения экипажа лунной базы, ресурсного оборудования, материалов и оборудования для реализации программы научных исследований, а также оборудование дооснащения.

**РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ РАЗВЕРТЫВАНИЯ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА
ОСНОВЕ МАЛЫХ И СВЕРХМАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ
ОБСЛУЖИВАЕМЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ»**

*В. А. Меньшиков, Ю. Л. Клименко, В. Д. Куреев, Г. И. Рогачев
НИИ Космических систем ГКНПЦ им. М. В. Хруничева*

Проанализированы тенденции современной архитектуры, используемых технологий, изделий и материалов в строительстве орбитальных группировок основных участников космической деятельности.

Орбитальные космические группировки рассмотрены в качестве сложных технических систем с изменяющимися регулируемыми структурами и ресурсами.

Отмечается возрастающая интенсивность использования участниками космической деятельности малых (сверхмалых) космических аппаратов, специализированных и многофункциональных космических систем на их основе.

Исследуется сектор орбитальной космической инфраструктуры, представленный малыми и сверхмалыми космическими аппаратами.

Излагаются:

- результаты анализа состава, характерных задач, конструкторских решений различных компонент орбитальных группировок;
- результаты анализа средств, способов и стратегий транспортного обеспечения орбитальной инфраструктуры и её объектов.

На основании результатов выполненного анализа делается вывод о недостаточной проработанности и освещённости вопроса использова-

ния долговременных обслуживаемых орбитальных станций в качестве «космических портов» в интересах выведения малых и сверхмалых космических аппаратов для развёртывания, восполнения и наращивания космических систем.

Предлагается концепция, предлагаются, обосновываются и описываются варианты эффективного использования долговременных обслуживаемых орбитальных станций при развёртывании, восполнении и наращивании многофункциональных космических систем на основе малых и сверхмалых космических аппаратов.

РОЛЬ И МЕСТО КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ОБЩЕЙ СИСТЕМЕ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В. М. Егоров

Российская Академия Космонавтики

Представлен перечень задач природоохранной деятельности, решаемых с привлечением средств ДЗЗ. На основании существующего опыта использования этих средств будут приведены технические характеристики и требования к разрешающей способности бортовой аппаратуры, ее спектральным и радиометрическим характеристикам, а также требования к оперативности предоставления данных при решении поставленных задач. Будет приведен ряд примеров эффективного использования этих средств в практической работе.

Обобщены используемые технологии и опыт создания, а также организация функционирования ведомственной сети приема данных ДЗЗ в рамках решения задач информационного обеспечения деятельности МПР России.

Рассматриваются вопросы методологии обработки данных ДЗЗ совместно с другими данными о состоянии окружающей среды, получаемых наземными системами и средствами контроля. Приведены методы обработки этих данных на основе ГИС технологий.

В заключительной части доклада показаны способы информационной поддержки процессов принятия решений, как в обычных так чрезвычайных ситуациях, с использованием данных ДЗЗ и технологий Ситуационных центров (СЦ). При этом затронуты вопросы организации телекоммуникационных систем для оперативной передачи данных ДЗЗ с целью обеспечения функционирования СЦ в реальном масштабе времени.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ
СИСТЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ
ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫХ
ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ КА**

Д.В. Коврижкин

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

Математическое моделирование для исследования переходных процессов в системах автоматического управления, электрохимических и др., традиционно приводит к необходимости решения систем дифференциальных уравнений. Аналитический (точный) метод решения таких систем уравнений, особенно высокого порядка, - довольно сложная задача, поэтому исследователи обычно прибегают к приближенным методам, среди которых в настоящее время доминируют численные методы, что объясняется возможностями современной вычислительной техники. Тем не менее, в недавнем прошлом широко применялись частотные методы, которые позволяли исследователю при помощи логарифмической линейки и соответствующих таблиц производить достаточно точные вычисления.

В основе частотных методов лежит операторный метод решения систем ДУ, который сравнительно прост и имеет только один недостаток: если порядок полинома знаменателя образа Лапласа решения системы больше четырех, то проделать «аналитически» обратное преобразование по формуле Хевисайда, в общем случае, невозможно. Для того, чтобы обойти это препятствие при решении задач определения переходных процессов в системах автоматического управления, в середине двадцатого века, были предложены приближенные графические методы обратного преобразования Лапласа, основанные на свойстве его линейности.

В 1938 г. Г.Н.Добровольский предложил и обосновал возможность использования для нахождения переходного процесса по вещественной и мнимой частям его спектра, а позднее – только мнимой или только вещественной части. Затем появились методы трапеций В. В. Солодовникова (1948), треугольников А. А. Воронова (1952), p и q - функций, сплайновой аппроксимации и т.д.. Идея этих методов заключается в том, что образ по Лапласу переходного процесса представляется в виде суммы «элементарных» функций, первообразные которых известны. Эти методы давали вполне удовлетворительные в смысле точности результаты, причем вычислительные затраты были достаточно

низкими, по сравнению с итерационными методами, чтобы проводить расчеты «вручную». С появлением доступных электронных вычислительных средств эти методы остались только на страницах учебников.

Автор, привлеченный возможностью выигрыша в вычислительных затратах по сравнению с итерационными методами, сделал попытку оживить «старые» методы p и q - функций и парциальных парабол: автоматизировать их для вычисления переходных процессов в системах управления КА.

Написанные автором программы на основе этих методов позволяют последовательно вычислить: коэффициенты образа Лапласа переходного процесса как решения системы ДУ, коэффициенты его действительной части, коэффициенты аппроксимирующих действительную часть «элементарных» функций и, наконец, собственно переходный процесс, проведя указанными методами обратное преобразование Лапласа. Решение контрольных примеров показало: ошибка вычисленных значений по сравнению с аналитическими может быть достаточно малой, хотя перед исследователем встает вопрос о компромиссе между требуемой точностью и вычислительными затратами для ее достижения. Таким образом, было показано, что методы p и q - функций и парциальных парабол, могут быть применены для расчета переходного процесса в системах автоматического управления, в том числе управления движением КА.

Помимо этого, указанные методы, будучи автоматизированы, также могут быть применены для решения задач определения спектра по сигналу, а также для обработки экспериментальных данных.

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ ПОКРЫТИЯ НА ПРОЧНОСТЬ И ПЛОТНОСТЬ

Э.Ф. Вайнштейн, Л.А. Жарких, А.Н. Чеховой

*Институт биохимической физики им. Н.М. Эммануэля РАН,
Всероссийский институт межотраслевой информации, Инженер-
ный центр РИА «Передовые технологии» им. А. Чохова*

Строение поверхностного слоя покрытия зависит от его толщины. Эта зависимость обусловлена различием в молекулярном взаимодействии частиц в слое и на его границах. Представлена экспериментальная зависимость поверхностного натяжения от толщины слоя.

Под понятие «наночастица» подпадают структурные объекты размером от долей нанометра ($1\text{ нм} = 10^{-9}\text{ м}$) до 100 нм хотя бы в одном измерении. В качестве критерия наносостояния принято равенство объем-

ных долей поверхностных атомов (молекул) и срединной компоненты (а почему не 25/75?). Когда концевыми группами атомов можно пренебречь – это «интеллектуальная» область, определяемая, свойствами срединных групп (термодинамический потенциал системы не аддитивен).

В органических гомологических рядах, находящихся в одной фазе при относительно низкой температуре, в зависимости от размера могут существовать химические соединения от начального до бесконечно больших размеров: низкомолекулярные, олигомерные и полимерные.

В структурной системе, состоящей из молекул (атомов) одного и того же химического состава, молекулы, расположенные в двух- и трехмерном пространствах по границам поверхности или объема, отличаются по межмолекулярному взаимодействию от молекул в объеме. Расположенные на поверхности молекулы взаимодействуют с молекулами объема и молекулами другой фазы, а срединные молекулы находятся в окружении себе подобных.

Смоорганизацией функциональных поверхностных слоев из ансамблей наночастиц (процессы «снизу-вверх») может быть получена сверхтвердая, с высокой демпфирующей способностью керамика инструментального и триботехнического назначения на металлической или металлокерамической «подложках» при синтезе алмазоподобных оксикарбидов кремния из парогазовой фазы низкотемпературной ($T \approx 3000^{\circ}\text{C}$) аргоновой плазмы в условиях реализации алмазной ветви диаграммы «алмаз-графит». В режиме закаливания на атомарно чистой «подложке» самоорганизуется алмазоподобная 3D- структура на основе sp^2 - и sp^3 - гибридации атомов углерода в решетке графита кремнием, а структурно-геометрическое соответствие фаз "подложки" и нарастающих фаз определяется условиями их сопряжения.

Это технологическое решение реализовано на дуговом плазмотроне УПНС - 304М с жидкостным питателем при атмосферном давлении без использования вакуумной камеры. При определенной скорости перемещения плазменного «пятна» избыточная энергия потока ионов рассеивается на массу за пико- и микросекунды, что обеспечивает температуру "подложки" не выше 200°C . При каждом замкнутом цикле имплантации Si и C в условиях закаливания в результате хемосорбции появляется пленочная алмазоподобная наноструктура с квантовыми и новыми химическими свойствами (молекула), обладающая поверхностью (твердое тело), которая термически стабилизируется. В условиях когерентности границы перестают быть препятствием для формирования структурных единиц твердого вещества следующего уровня иерархии.

**СКВОЗНОЕ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ - ИЗГОТОВЛЕНИЕ»
КОВОЧНЫХ ШТАМПОВ**

В. Н. Сычев, В. Д. Костюков, Л. В.-Я. Витоль, М. А. Лавров
**Государственный космический научно-производственный
центр им. М.В. Хруничева**

Наибольшее значение для экономического развития общества в настоящее время имеет научно-технический прогресс, при этом уровень его определяется ускорением разработки и освоения новых образцов техники и технологии, совершенствованием организации и управления производством.

Отделом АСУ ТП РКЗ ФГУП ГКНПЦ им. М. В. Хруничева на протяжении последних 15 лет ведутся работы по созданию интегрированной автоматизированной системы управления кузнечно-прессового производства. В настоящее время созданы и введены в эксплуатацию базовые модули первой очереди компьютеризированной интегрированной производственной системы КИПС (САПР-ТП резки, ковки, штамповки, подсистемы организационно-экономического управления и информационной поддержки ИВЦ).

Как показывает практика, наибольший эффект САД/САМ-системы приносят тогда, когда в полной мере реализуются методы «сквозного» проектирования — изготовления ДСЕ и изделий с применением технологического программно-управляемого оборудования с ЧПУ на основе использования системы ассоциативно связанных математических моделей.

Типовая отраслевая методика сквозного «проектирования - изготовления» средств технологического оснащения для кузнечно-прессового производства - ИПИ СТО КПП предназначена для автоматизации работ, выполняемых на стадиях выпуска рабочей документации и изготовления СТО, и повышения качества принимаемых проектных решений. В состав её разделов входят рекомендации по: организации рабочих групп, их составу; планированию работ; выбору наиболее эффективных лицензионных САД/САМ/САЕ – систем; порядку выполнения работ по проектированию технологических процессов изготовления формообразующих элементов СТО; по проектированию специального инструмента для обработки формообразующих элементов СТО; порядку выполнения работ по подготовке УП изготовления формообразующих элементов СТО на оборудовании с ЧПУ; документированию; формированию отчетов; наглядному представлению результатов работ.

Создаваемая *Типовая отраслевая методика ИПИ СТО КПП* предназначена для всех предприятий отрасли, эксплуатирующих кузнечнопрессовое оборудование и станки с ЧПУ типа «Обрабатывающий центр». Внедрение её должно обеспечить: сокращение сроков и трудоёмкости технологической подготовки и изготовления ковочных штампов в 10 – 12 раз; применение лучших отечественных и зарубежных практик; сокращение стоимости изготовления ковочных штампов в 2 раза; снижение на 80% объёма слесарно-доводочных работ при изготовлении ковочных штампов; перевод сковки на штамповку до 50% механообрабатываемых деталей; повышение КИМ в 4 - 5 раз; снижение в 3 – 4 раза дефицита в высоко квалифицированных станочниках; создание предпосылок для организации отраслевой кооперации в области кузнечно – прессового производства.

Предлагаемая разработка является инвариантной частью организационно – методического обеспечения созданной и постоянно совершенствующейся на протяжении последних 25 лет автоматизированной системы технологической подготовки и управления производством ракетно-космической техники РКЗ ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева».

ФОРМИРОВАНИЕ, ХРАНЕНИЕ И ОБРАЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНСТРУКТОРСКО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

В. Н. Сычев, В. А. Прудников, В. Д. Костюков

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

Как показала проведенная экспресс-оценка результатов многолетних работ в области автоматизации технологической подготовки производства (ТПП) РКЗ эффективность большинства созданных и функционирующих на предприятии автоматизированных систем во многом определяется сроками, стоимостью и качеством подготовки исходных данных (ИД), до 70% которых составляет информация о геометрических формах, пространственном положении и размерных связях поверхностей ДСЕ, в том числе и выходящих на аэродинамические обводы изделий. С целью резкого снижения затрат и сроков подготовки ИД и ТПП в целом на Западе с 80-х годов перешли на новую форму организации труда - компьютеризированное сертифицированное интегрированное производство (КИП), реализующее принципы «сквозного проектирования-изготовления» изделий путем широкого применения CAD/CAM систем в сочетании с единой базой данных - «архивом электронных до-

кументов», обеспечивающих эффективную работу пользователей на всех фазах производственных процессов (ИПИ – технологии).

Электронные документы, по мнению многих ведущих специалистов, являются тем звеном, которое призвано обеспечить надежное и качественное функционирование любого предприятия, интегрирующего существующие, создаваемые и вновь приобретаемые автоматизированные системы в единое целое и, прежде всего, в автоматизированную систему технологической подготовки производства (АСТПП).

Создание **отраслевой методики по формированию, хранению и обращению конструкторско-технологической документации в электронном виде** является в настоящее время одной из первоочередных обязательных задач автоматизации ТПП, особенно принимая во внимание наращиваемые мощности ОКБ и НИИ по проектированию изделий РКТ с использованием CAD/CAM/CAE-систем и поступлением на производство первых образцов математических моделей ДСЕ новых изделий на магнитных носителях в сочетании с чертежами, выполненными электронным способом.

Отраслевая методика по формированию, хранению и обращению конструкторско - технологической документации в электронном виде (ОМ ЭКТД) предназначена для оптимизации проектно-конструкторских работ в конкретных реализациях на базе ИПИ – технологий. В состав её разделов входят рекомендации по: области применения; структуре передаваемого пакета технических данных; структуре передаваемой единицы данных; составу передаваемой единицы данных; форматам файлов передаваемой единицы данных; электронным цифровым подписям; криптографической защите (шифрованию) данных; заголовочным записям сжатия; выбору алгоритма сжатия.

Создаваемая Отраслевая методика по формированию, хранению и обращению конструкторско - технологической документации в электронном виде предназначена для всех предприятий отрасли, осваивающих новые изделия РКТ. Внедрение её должно обеспечить: сокращение времени поиска необходимой КТД в 8 – 10 раз; повышение качества КТД; сокращение сроков технической подготовки производства РКТ на 15%; автоматизацию конструкторско - технологического сопровождения изделия на всех этапах его жизненного цикла.

Предлагаемая разработка является инвариантной частью организационно – методического обеспечения созданной и постоянно совершенствующейся на протяжении последних 25 лет автоматизированной си-

стемы технологической подготовки и управления производством ракетно-космической техники РКЗ ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева».

ОРГАНИЗАЦИЯ КАДРОВОГО СЕГМЕНТА ХРАНИЛИЩА ИНФОРМАЦИИ

А.В. Воронцов

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

Инфраструктура информационной среды Космического центра Хруничева, до недавнего времени, была представлена комплексом морально устаревшей ЕС ЭВМ и небольшого количества персональных компьютеров изолированных друг от друга. Банк данных предприятия был представлен морально устаревшими информационными системами, работающими в MS-DOS, с текстовым интерфейсом. Эксплуатация, оптимизация и модернизация данных в таких хранилищах крайне затруднена. Кроме того различные статистические вычисления, а также формирование отчётов требовалось заказывать специальным подразделениям, выполнявшим данные действия неавтоматизировано. В таких условиях было крайне трудно оптимизировать работу с кадрами предприятия, получать достоверные данные, необходимые для планирования распределения ресурсов и оптимальной загрузки мощностей предприятия.

IT-службами совместно с руководством предприятия было принято решение перевести существующие базы данных на современные средства управления. Доступ к информации, конвертированной из существующих баз данных и накопленной, с середины 90-х годов, предоставляется с помощью технологии WEB-сервисов. Сама база данных физически находится на защищённом файл сервере. Там же расположены странички сервисов в формате PHP. Доступ отдельных пользователей осуществляется настройкой доступа к необходимому файлу сервиса. Вся информация о базе данных на компьютере пользователя ограничивается ярлыком, именем пользователя базы данных и паролем, что упрощает настройку рабочего места для работы с базой данных, увеличивает централизованность работы с информацией и обеспечивает достаточный уровень безопасности хранения информации.

Для работы с выборками, формированием отчётов используется язык SQL (Structured Query Language), ставшего стандартом в разработке баз данных. Применение этого языка позволяет в кратчайшие сроки

оптимизировать отчётные сервисы баз данных в соответствии с требованиями пользователей.

Применение новой организации баз данных в работе с кадрами уже позволило:

1. Провести многочисленные изменения кадровой политики предприятия.
2. Увеличить точность начисления заработной платы по всем подразделениям Космического центра.
3. Увеличить гибкость реагирования кадровой политики предприятия на изменения законодательства.
4. Существенно увеличить качество планирования бюджета предприятия.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИПИ - ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАКЕТНО – КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

А. И. Островерх, В. А. Воронцов, В. Д. Костюков

Государственный космический научно-производственный центр им. М.В. Хруничева

В. В. Хоменко НПО «Техномаш»

А. В. Цырков РГУ им. К.Э. Циолковского («МАТИ»)

Внедрение информационных технологий требует больших затрат, которые сопоставимы с затратами на производство основной продукции. В конце 90-ых годов прошлого века, когда на рынке в должной мере появилась конкуренция и рентабельность деятельности предприятий стала резко падать, руководители ощутили огромные сложности при попытках оптимизировать затраты, чтобы продукция оставалась одновременно и прибыльной и конкурентоспособной.

Единая отраслевая методика предпроектного обследования и оценки эффективности мероприятий по внедрению ИПИ - технологий при производстве ракетно – космической техники (ЭФ ИПИ) предназначена для автоматизации работ, выполняемых на стадии предпроектного обследования, и повышения качества принимаемых решений по внедрению ИПИ – технологий. В состав её разделов входят рекомендации по организации рабочих групп, их составу, планированию работ, выбору наиболее эффективных лицензионных систем бизнес-аналитики, порядку и методике проведения системно – структурного анализа, описанию и моделированию бизнес-процессов, их документированию, формированию отчетов, наглядному представлению результатов работ.

Создаваемая *единая отраслевая методика ЭФ ИПИ* предназначена для всех предприятий отрасли, внедряющих ИПИ – технологии. Внедрение её должно обеспечить:

- сокращение сроков и затрат на проведение предпроектных обследований в 3 – 4 раза;
- повышение качества предпроектных работ за счет использования лицензионной системы бизнес аналитики BPWin;
- сокращение в 8 – 10 раз сроков возврата инвестиций в ИПИ – технологии за счет оптимизации принимаемых проектных решений, применения современных методов системно – структурного анализа, использующих международные стандарты IDEF, и лучших мировых практик, нашедших свое отражение в контрольном списке Оливера Уайта.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНВЕРГЕНЦИИ САМООРГАНИЗАЦИИ ЖИВОЙ И НЕЖИВОЙ ПРИРОДЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

А.Н. Чеховой

*ООО ИЦ РИА «Передовые технологии», Государственный
космический научно-производственный
центр им. М.В. Хруничева*

Парадигму самоорганизации наноструктуры метастабильной матричной фазой можно рассматривать как обобщенное понятие, конкретизируемое в инновациях для биологии, медицины и электроники, для всех видов машиностроения, строительства, переработки и экологии. Это основной природный механизм конструирования устойчивых кристаллических и биологических объектов и нам остается лишь создать условия термодинамического равновесия, чтобы желаемый результат получить естественным путем, в отличие от парадигмы «поатомной сборки», проблемной для объемных гетероструктур.

Являясь продуктом природной наноиндустрии самоорганизации, человек использует ее приемы, зачастую неосознанно, более 2-х тысячелетий. Пример - легендарные дамаские мечи. Но лишь сейчас мы осознали, что прогресс земной цивилизации напрямую связан с этим феноменом. Самосборка спиралей ДНК, упорядоченных в пространственно - временной жидкой гетеросреде, и самосборка нанофаз, упорядоченных в твердотельной гетеросреде, феноменологически связаны между собой. «Кирпичики» биологической жизни – двойные цепи ДНК- это завершающие в природной цепочке самоорганизации наносостояния, а их устойчивость определяется размером: 2нм x 3,5нм, имеющим один по-

рядок величины с пороговым размером кристаллических нанофаз - «нанореакторов», удовлетворяющих условиям необратимости. Фрагменты спирали Бердийка-Коксетера, моделирующей структуру ДНК, и фрагменты алмаза элементарно подобны, а структуры живой и неживой природы могут преобразовываться друг в друга взаимными трансформациями их прообразов в неевклидовом пространстве. Подструктуры высокосимметричных конструкций - ДНК могут стать универсальным компонентом при сборке устройств и машин нанометровых размеров.

Установлены границы квантового и классического микромиров, их связь с бифуркациями, устойчивые нанофазы - «кентавры», механизмы и кинетика диффузионных и сдвиговых фазовых перестроек, условия релаксации неравновесных границ в металлах и метастабильных сплавах на железной, титановой, медной, никелевой, алюминиевой основах. Разработаны и освоены технологии самоорганизации высокопрочных наносостояний в традиционных материалах на этапах производства и эксплуатации изделий.

Произведена наноструктурированная продукция: высокопрочный лезвийный инструмент из нержавеющей дамаска, композиты из десятков тысяч нанослоев различных металлов с уникально высокой прочностью и сверхпроводимостью, дорожно-строительный, буровой и металлообрабатывающий инструмент, сверхтонкие нержавеющие оболочки и облегченные пары трения для авиа и космических аппаратов, облегченные фитинги для пневмо - и гидросистем, алмазоподобная керамика, биосовместимые медицинские устройства, в т.ч. с эффектом памяти формы, шунгитовые и фрактально-матричные нейтрализаторы электромагнитного «смога», преобразующие структуру патогенного поля в безопасную форму. Ресурс нашей нанопродукции аэрокосмического, энергетического, транспортного машиностроения, строительных, перерабатывающих, добывающих отраслей и медицинской техники повышается до 500% при исключительно малых энергозатратах, а ее рынок огромен: только по России ~ \$25млрд. Эти критические технологии могут значительно повысить безопасный ресурс техногенно опасных объектов.

Основы, состояние и перспективы развития nanoиндустрии самоорганизации системно изложены в книге «Нанотехнология вокруг нас: синергетика наноструктурирования в промышленности и экологии» (А. Чеховой. «Эксподизайн», М., 2005).
