



УДК 621:681.5(075.8)

Братухин А.Г.**Авиационный промышленный совет по CALS. Российская Федерация, Москва****CALS – ОБЪЕКТИВНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ****Анотація**

Узагальнений зміст "Російської енциклопедії CALS. Авіаційно-космічне машинобудування" і представлені організатори створення Енциклопедії.

Abstract

Were generalized the content of the "Russian encyclopedia of CALS. Air-space engineering" and the Creators of Encyclopedia were presented.

Более 100 известных ученых, специалистов, руководителей сорока научно-исследовательских институтов, конструкторских бюро, предприятий и организаций авиакосмической индустрии, государственных технических университетов в инициативном около 2,5 лет работали над созданием уникальной "Российской энциклопедии CALS. Авиационно-космическое машиностроение". Данная энциклопедия — свод научных знаний в области CALS авиационно-космического машиностроения.

Авторы энциклопедии представляют: научные центры ЦАГИ имени профессора Н.Е. Жуковского (г. Жуковский), ЦИАМ имени П.И. Баранова, ВИАМ, ФГУП "ГосНИИАС", "Лётно-исследовательский институт имени М.М. Громова"; ОАО "Компания "Сухой", ОАО "Корпорация "Иркут", ОАО "ОКБ им. А.С. Яковлева", ФГУП "РСК "МиГ", ОАО "Туполев", ОАО "Научно-исследовательский центр автоматизированных систем конструирования" (НИЦ АСК), Научно-производственный центр "ММП "Салют", ОАО "ММП имени В.В. Чернышева", НПО "Сатурн" (г. Рыбинск), ОАО "Авиадвигатель" (г. Пермь), НПО "Энергомаш" имени академика В.П. Глушко (г. Химки), ГКНПЦ имени М.В. Хруничева, МОКБ "Марс", ОАО "НИАТ", НПО "Техномаш", НПК "Иркут", Иркутский авиационный завод — филиал НПК "Иркут", ОАО "Комсомольское-на-Амуре авиационное производственное объединение имени Ю.А. Гагарина", ОАО "АВИАПРИБОР-ХОЛДИНГ", ОАО "Корпорация "Аэрокосмическое оборудование" (г. Санкт-Петербург), ОАО "Электроавтоматика" (г. Санкт-Петербург), АО "Нормаль" (г. Нижний Новгород), Концерн "Наноиндустрия", НИИ "Графит", Тушинский машиностроительный завод, ОАО "МПО имени И. Румянцева", ФГУП

"НИИСУ", Украинский научно-исследовательский институт авиационных технологий (г. Киев, Украина), АО "Спектр", МАИ (Государственный технический университет), МГТУ имени Н.Э. Баумана, МФТИ (Государственный университет), МАТИ имени К.Э. Циолковского, ВВИА имени профессора Н.Е. Жуковского, государственные технические университеты в городах: Нижний Новгород, Пермь, Комсомольск-на-Амуре, Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства.

Рецензенты Энциклопедии CALS: Б.И. Каторгин — доктор технических наук, профессор, академик РАН, Генеральный конструктор НПО "Энергомаш"; А.М. Матвеев — доктор технических наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой "Системы оборудования летательных аппаратов" МАИ; М.А. Погосян — доктор технических наук, профессор, член-корр. РАН Генеральный директор Авиационной холдинговой компании "Сухой", Первый вице-Президент ОАК; В.Г. Дмитриев — доктор технических наук, профессор, член-корр. РАН Председатель НТС ВПК РФ.

10 лет назад с участием ведущих КБ, НИИ, предприятий отрасли был образован Авиационный промышленный совет по CALS (председатель Совета А.Г. Братухин, ученый секретарь — В.И. Суров). Совет за время многолетней многогранной работы сформировал широкий коллектив единомышленников, накопил значительный опыт в области информационных технологий, подготовил ряд нормативных документов, создал программу развития CALS в авиационной отрасли, растиражировал в масштабах отрасли передовые решения, акцентировал внимание на проблемы в области CALS, встающие перед организациями авиационного комплекса. Закономерным результатом такой работы Совета стало создание Энциклопедии CALS.

Энциклопедия подготовлена и выпущена издательством "Научно-исследовательский центр автоматизированных систем конструирования" (директор издательства Н.Р. Ачуев). Ответственный редактор электронной версии Энциклопедии — директор по информационным технологиям ФНПЦ "ММП "Салют" к.т.н. Д.Н. Елисеев.

Организаторами создания Энциклопедии являются известные в области авиации, ракетно-

космической техники, информационных технологий центры (рис. 1):

- ЦАГИ имени профессора Н.Е. Жуковского (директор к.т.н. С.Л. Чернышев);

- ОАО "Авиационная холдинговая компания "Сухой" (генеральный директор д.т.н., профессор, член-корр. РАН М.А. Погосян);

- ОКБ им. А.С. Яковлева (генеральный директор — Генеральный конструктор к.э.н. О.Ф. Демченко);

- НПО "Энергомаш" имени академика В.П. Глушко (Генеральный конструктор д.т.н., профессор, академик РАН Б.И. Каторгин);

- НИЦ АСК (Первый заместитель Генерального директора Н.Р. Ачуев);

- Иркутский авиационный завод — филиал НПК "Иркут" (генеральный директор к.т.н. А.А. Вепрев);

- КнААПО имени Ю.А. Гагарина (генеральный директор к.т.н. А.И. Пекарш);

- ФНПЦ "ММП" "Салют" (генеральный директор д.т.н., профессор Ю.С. Елисеев);

- ММП имени В.В. Чернышева (генеральный директор д.т.н., профессор А.С. Новиков) и др.

Энциклопедия состоит из 8 разделов:

1. Стратегия CALS.

2. Особенности жизненного цикла изделий авиационно-космической техники.

3. Создание авиационно-космической техники.

4. Электронное представление изделий авиационно-космической техники.

5. Конструкторско-технологическая подготовка и организация производства авиационно-космической техники.

6. Логистическое обеспечение, эксплуатация и техническое обслуживание авиационно-космической техники.

7. Экология авиационно-космической техники.

8. Кадровое обеспечение.

По оценке авторского коллектива в XXI веке CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support — непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделий) — стратегия научного, технического, технологического, экономического, кадрового развития наукоемкого машиностроения.

Идея CALS родилась в 80-е годы в оборонном комплексе США. Министерство Обороны рассчитывало используя CALS как стратегию экономического, научно-технического развития снизить время на разработки сложных систем вооружения; ограничить стоимость поддержки изделий и комплексов в эксплуатации, которая может длиться 40 и более лет, при этом затраты на эксплуатацию могут намного превосходить затраты на закупку изделий и комплексов; более эффективно осуществлять все более сложные государственные закупки и другие задачи,



Рис. 1. Презентация Российской энциклопедии CALS 12 декабря 2008 г.

осуществляя обмен интегрированными информационными потоками электронным способом по всему жизненному циклу сложных наукоемких изделий промышленности. Учитывая, что такие решения, концепция специфичны не только для вооружений, CALS быстро распространился и на другие отрасли промышленности не только в США, но и во всех развитых странах мира.

В Советском Союзе в 80-е годы концепция интегрированной компьютеризации использовалась при создании авиационно-космической системы "Энергия-Буран" (генеральный конструктор академик АН СССР В.П. Глушко) (рис. 2).



Рис. 2. Авиационно-космическая система "Энергия-Буран"

Запущенный с помощью универсальной двухступенчатой ракеты-носителя сверхтяжелого класса "Энергия" орбитальный корабль "Буран" (Главный конструктор доктор технических наук Г.Е. Лозино-Лозинский) совершил в автоматическом режиме орбитальный полет и точную посадку на взлетно-посадочной полосе комплекса "Байконур".

Так, каждый элемент теплозащиты (из 38 000 индивидуальных плиток "Бурана"), являющийся обводообразующей деталью планера орбитального корабля, обрабатывался на многокоординатных

фрезерных бесшпиндельных станках с ЧПУ, разработанных и изготовленных в МАП СССР станкостроительным объединением "Техника" (г. Владимир) — Главный конструктор В.И. Аксенов.

С учетом деформации несущих конструкций при воздействии аэродинамических и тепловых нагрузок был произведен компьютерный раскрой элементов теплозащиты. По бесчертежной технологии осуществлялась передача математических моделей всех 38 000 индивидуальных плиток для станков с ЧПУ из научно-производственного объединения "Молния" (генеральный директор Г.Е. Лозино-Лозинский) на Тушинский машиностроительный завод — ТМЗ (генеральный директор С.Г. Арутюнов). На ТМЗ с использованием локальной вычислительной сети (ЛВС) автоматически осуществлялись: расчет технологических оснастки для базирования плиток, обработка плиток ТЗП, контрольные операции и другие процессы (САПР-К, САПР-Т, АСУТП, ЛВС).

В последующем ТМЗ организовал производство элементов ТЗП в монтажно-испытательном корпусе на Байконуре с передачей управляющих программ по каналам связи из Москвы на Байконур, т.е. в 80-е годы в СССР было создано виртуальное предприятие по производству крылатого космического корабля "Буран".

Принципы CALS использовались в разрабатываемом по инициативе НПО "Молния" (Генеральный конструктор — д.т.н. Г.Е. Лозино-Лозинский, генеральный директор — к.т.н. А.С. Башилов) совместно с научными центрами ЦАГИ, ЛИИ, ЦИАМ, ВИАМ, НПО "Энергомаш" и другими участниками проекта Многоцелевой авиационно-космической системы (МАКС). Воздушным стартом МАКС служит широкофюзеляжный самолет Ан-225 ("Мрия"), созданный на базе самолета Ан-124 ("Руслан") — генеральный конструктор — академик АН СССР О.К. Антонов (рис. 3). "Мрия" создавалась по личному обращению Г.Е. Лозино-Лозинского к О.К. Антонову в рамках проекта "Энергия-Буран".

CALS базируется на локальных системах CAD/CAM/CAE и др. при разработке, производстве, эксплуатации сложной наукоемкой техники, которая требует создания, преобразования, передачи между различными участниками жизненного цикла изделий (ЖЦИ) больших объемов технической информации.

Уже сейчас стало ясно, что локальная компьютеризация отдельных видов деятельности не оправдывает возлагаемых на нее надежд в связи с тем, что первые реализации информационных технологий представляли собой попытки внедрения качественно новых сред в традиционную технологическую среду. Эти попытки либо пол-

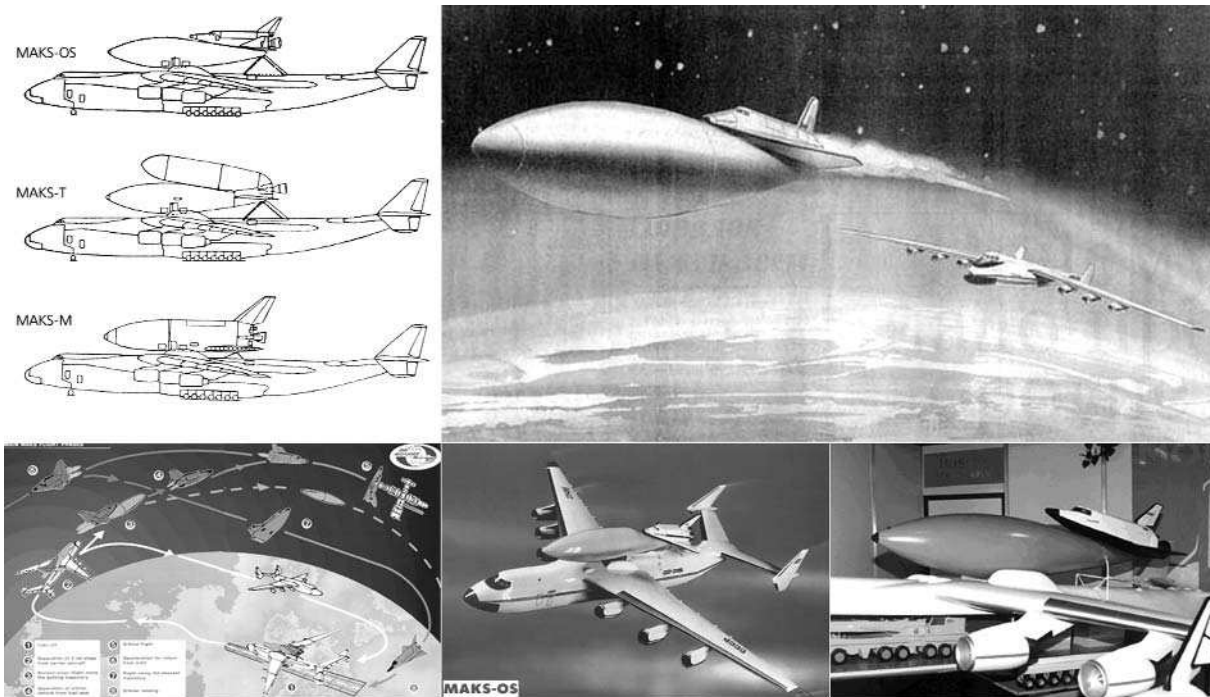


Рис. 3. Многоцелевая авиационно-космическая система МАКС

ностью отторгались, либо адаптировались к среде таким образом, что эффект от использования их был невелик.

В последнее время актуальность CALS возрастает в связи с постоянным повышением масштабов применения электронного бизнеса (e-business), электронной коммерции (e-commerce), когда коммерческие операции, большинство электронных транзакций между компаниями заключаются и реализуются посредством таких средств, как глобальная сеть Internet.

Подготовленная большим авторским коллективом специалистов в области авиационно-космического машиностроения энциклопедия CALS обеспечивает главную цель — обобщить накопленный опыт, провести первичную систематизацию материалов и наметить пути дальнейшего совершенствования технологий обеспечения разработки, производства и эксплуатации конкурентоспособной техники в области авиации и космонавтики, другой наукоёмкой машиностроительной продукции.

В энциклопедии представлен обширный материал, показывающий историю развития системы CALS, которая соединила в себе различные автоматизированные системы и стала единой системой, обеспечивающей оперативность доступа ко всем данным жизненного цикла изделий, целостность, систематизацию, информационную безопасность данных. Сегодня CALS — это методология компьютерного сопровождения и информационной поддержки промышленных изделий на всех стадиях и этапах их жизненного цикла.

В Энциклопедии дано подробное описание внутренней структуры CALS, показано построение математического, методического, информационного, технического и организационного обеспечения, регламентирующих создание моделей проектируемых объектов, структурирование сложных объектов, аппаратные средства получения, хранения, обработки и визуализации данных при информационном сопровождении изделий.

Это обеспечивается благодаря использованию современных информационных и телекоммуникационных технологий, а также унификации и стандартизации всех систем и подсистем CALS.

В Энциклопедии достаточно подробно представлены методы математического моделирования и структурного анализа, позволяющего пользователю решать одну из важнейших задач создания изделия, а именно — выбор оптимального решения среди множества возможных вариантов проекта.

Энциклопедия обобщает последние результаты работ в области научного и практического компьютерного обеспечения процессов жизненного цикла сложных авиационно-космических систем и интегрированного информационно-технического взаимодействия на принципах виртуального предприятия, реализованные во всемирно известных российских компаниях, научно-исследовательских институтах и высших учебных заведениях с учетом практики сотрудничества с передовыми зарубежными фирмами.

Инновационное развитие авиационной и ракетно-космической отрасли, создание конкурентоспособной продукции в условиях жестких фи-



нансовых и временных ограничениях без внедрения CALS-технологий сегодня невозможно, поэтому появление 2500 экземпляров "Российской энциклопедии CALS. Авиационно-космическое машиностроение" является актуальным и своевременным, особенно на фоне небольших тиражей вышедших за последнее время фундаментальных публикаций по этой проблеме:

- CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) в авиастроении. Под редакцией д.т.н., профессора А.Г.Братухина, Москва, издательство МАИ, 2002 г., 670 с.;

- Информационная поддержка наукоемких изделий CALS-технологии. д.т.н., профессор И.П. Норенков, к.т.н., доцент П.К. Кузьмик. Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана 2002 г., 320 с.;

- Современная информационная технология в создании летательного аппарата (введение в CALS (ИПИ)-технологии) д.ф.м.н., профессор Буньков Н.Г., Москва, Издательство МАИ, 2007 г., 248 с.;

- Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса. Редакционный совет: В.П. Балабуев, В.А. Богуслаев, А.Г.Братухин, Г.А.Кривов. Под общей редакцией А.Г.Братухина. Украина, Киев, Техника, 2001 г., 437 с.;

- "CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-технические аспекты" д.э.н. В.В. Ключков, Москва, Издательство 2008 г., 120 с.;

- и др.

В Энциклопедии достаточно подробно раскрываются вопросы интегрированной компьютеризации по всем стадиям и этапам жизненного цикла авиационно-космической техники. Приводится описание единой информационной среды, информационной модели ресурсов, полного электронного описания изделий, применения современных информационных технологий, программных и аппаратных средств. Выполнен анализ различных компьютеризированных систем проектирования, конструкторской и технологической подготовки производства с применением стереолитографии и других технологий быстрого прототипирования, программных средств управления проектами, других систем, составляющих основу информационных технологий.

Важное значение приобретает CALS-методология в маркетинге наукоемкой техники.

В Энциклопедии стратегически важное значение придается проектам гражданской магистральной авиации SSJ 100, реализуемый фирмой Сухого (Генеральный директор ОАО "Авиационная холдинговая компания "Сухой", д.т.н., профессор, чл.-корр. РАН М.А. Погосян) и MC-21 — в ОКБ имени А.С. Яковлева совместно с НПК

"Иркут" (генеральный директор — Генеральный конструктор ОКБ, Президент НПК "Иркут" к.э.н. О.Ф. Демченко).

SuperJet 100 и MC-21 в будущем, безусловно, составят основу российской гражданской авиации, представляющей сегодня в основном воздушные суда (ВС) производства МАП СССР или приобретенные на вторичном рынке ВС производства компаний Boeing и Airbus.

В ОАО "Компания "Сухой" под руководством и при непосредственном участии М.А. Погосяна, впервые в России, обеспечена реализация полного проектно-технологического цикла (жизненного цикла) боевых и гражданских самолетов на базе цифровых технологий. Это позволило существенно повысить экономическую эффективность деятельности Компании, сохранить конкурентные преимущества, интегрироваться в мировой авиационный рынок и выйти на новый качественный уровень послепродажного обслуживания, объединив в едином информационном пространстве разработчиков и потребителей продукции Компании во всем мире.

Так, при организации серийного производства SSJ-100 на "КнААПО" (Генеральный директор — к.т.н. А.И. Пекарш) важнейшим решением в области CALS стало применение современных цифровых технологий, что позволило максимально сократить сроки реализации проекта, обеспечив высокое качество продукции при снижении трудоемкости производства.

Современный этап освоения информационных технологий — создание технологических цепочек, использующих трехмерные модели для всех технологических процессов производства.

Информационные технологии связали воедино весь технологический процесс от конструкторского проектирования и технологической проработки.

Использование трехмерного моделирования при конструкторском проектировании — одно из центральных направлений развития методологий цифрового производства на ОАО "КнААПО". Трехмерная цифровая модель стала главным источником информации для производственных подразделений. Основой работ стали программные продукты "IMAN" и "Unigraphics", "Solid Edge", "Mechanical Desktop", "AutoCad", "Cadmech".

При технологической проработке принцип мастер-модели стал основополагающим для комплексной работы служб подготовки производства. База данных моделей служит единым первоисточником для создания электронных чертежей, программ ЧПУ, электронных плазов, штампов, программ для гибки труб, программ раскроя, электронного технологического описания процессов и др. Программной базой являются системы "Unigraphics", "Solid Edge" и "Techcad".

Предприятие использует трехмерные модели на всех этапах создания изделий: для моделирования оснастки, подготовки программ для станков с ЧПУ, контроля готовой продукции и пр. — создавая, таким образом, замкнутый технологический цикл. В результате применения 3D-моделирования КнААПО удалось: повысить уровень качества конструкторской документации; на 30% сократить сроки подготовки программ для станков с ЧПУ; значительно увеличить перечень изготавливаемых на них деталей; в 1,5 раза снизить затраты на подготовку производства, значительно улучшив при этом качество изделий.

Определяющим успех реализации проекта SSJ звеном единой технологической цепи стала глубокая модернизация производства с переходом на высокоточное и высокопроизводительное оборудование такое как обрабатывающие центры фирм "Deckel maho", "Tos kurim" и "Yamazaki Mazak", координатно-шлифовальные станки фирмы "Hauser", пятикоординатные фрезерные станки "Forest line" оснащенные гибкими столами POGO фирмы "CNA", уникальные обтяжные прессы FET 1500/6000 и FEL 2500/11000 фирмы ACB, сверлильно-клéпальные автоматы фирмы "Brotje" и другое оборудование.

Цифровое производство потребовало создания новой системы качества, которая позволила использовать принцип мастер-модели и замкнуть производственный цикл изделия по новым технологиям. КнААПО для этих целей успешно использует координатно-измерительные машины, работающие непосредственно с трехмерной моделью фирм "Braun&Sharp" и "Mogo".

Развитие информационных технологий в области управления производством позволило внедрить на ОАО "КнААПО" автоматизированную систему на основе BAAN A&D по производственному планированию и управлению материальными ресурсами объединения.

Научно-производственная корпорация "Иркут" и ОКБ им. А.С. Яковлева являются одними из признанных лидеров в области комплексного внедрения передовых информационных технологий. Под руководством и при непосредственном участии О.Ф. Демченко за последние несколько лет НПК "Иркут" и ОКБ им. А.С. Яковлева провели успешную модернизацию своего вычислительного комплекса, внедрили ряд программно-технических решений, как в области корпоративного управления, так и при разработке, производстве и послепродажном обслуживании авиационной техники.

НПК "Иркут" и ОКБ им. А.С. Яковлева располагают общей современной корпоративной информационной системой, обеспечивающей работу более 4,5 тысяч пользователей, расположенных не

только в г. Москве, но и в других регионах России.

Корпоративная информационная система включает в себя инфраструктурные решения системы CAD/CAM/CAE, PLM, ERP, ILS, позволяющие корпорации производить продукцию, эффективно конкурирующую на мировом рынке.

В 2008 году проведена модернизация корпоративной информационно-вычислительной сети, что привело к увеличению скорости работы конструкторско-технологических подразделений, обеспечению отказоустойчивости и повышению безопасности работы пользователей.

Осуществлена модернизация основного центра обработки данных на Иркутском авиационном заводе, что существенно увеличило производительность работы серверного оборудования и объемы обрабатываемых данных. Начат проект по созданию резервного центра обработки данных.

Используемые корпоративные вычислительные мощности в настоящее время успешно обеспечивают достижение текущих целей: производства учебно-боевых самолетов Як-130 и начало разработки ближне-среднего магистрального самолета МС-21.

ОАО "Научно-производственная корпорация "Иркут" (Корпорация "Иркут") создана в 2002 г. на базе Иркутского авиационного производственного объединения. Сегодня Корпорация представляет собой системно интегрированную компанию, обеспечивающую весь цикл работ, включая проектирование, производство, реализацию и послепродажное обслуживание широкого спектра авиационной техники военного и гражданского назначения. Корпорация объединяет ряд ведущих российских авиастроительных предприятий — Иркутский авиационный завод, ОАО "Таганрогский авиационный научно-технический комплекс (ТАНТК) им. Г.М. Бериева", ОАО "ОКБ им. А.С. Яковлева" и другие.

Корпорация "Иркут" имеет самый большой в российской авиационной промышленности портфель заказов, он превышает 4,6 млрд. долларов. В 2007 г. выручка за поставленную продукцию Корпорации составила более 1,2 млрд. долл. США; чистая прибыль превысила 160 млн. долл. США, что более чем в 3 раза выше аналогичного показателя за 2006 г. На долю Корпорации приходится свыше 15% рынка российского оружейного экспорта.

Основным продуктом Корпорации "Иркут" являются боевые самолеты семейства Су-30. В рамках диверсификации своего продуктового ряда Корпорация также разрабатывает и производит многоцелевые самолеты-амфибии Бе-200, учебно-боевые самолеты Як-130, беспилотные летательные аппараты, компоненты для пассажирских авиалайнеров семейства Airbus. В последнее



время Корпорация приступила к работе по созданию нового пассажирского самолета МС-21.

Корпорация "Иркут" активно развивает сотрудничество с одним из своих основных стратегических партнеров, европейским концерном EADS. Одним из основных направлений стратегического партнерства Корпорации с EADS является производство авиационных компонентов по заказу дочернего подразделения европейского концерна — компании Airbus.

Впервые в истории российской авиастроительной отрасли Корпорация "Иркут" участвует в совместном проекте с Airbus как полноправный партнер, а не поставщик первого или второго уровня.

Освоение современных технологий гражданского самолетостроения на бывшем серийном военном авиационном заводе, каковым являлся Иркутский авиационный завод до недавнего времени, поможет осуществить запланированную диверсификацию производства. Это особо актуально с учетом того, что Корпорация "Иркут" начинает работу по созданию нового самолета МС-21, который в перспективе может серийно производиться в Иркутске.

Иркутский авиационный завод (Генеральный директор — к.т.н. А.А. Вепрев), как одно из ведущих современных предприятий аэрокосмической отрасли России, в течение многих лет целенаправленно занимается освоением и внедрением в производство информационных технологий.

Главной особенностью этого процесса на ИАЗ является системный и комплексный подход к использованию информационных технологий, основанный на принципах создания полного электронного описания изделия и поддержки его в актуальном состоянии на всех этапах жизненного цикла.

Наличие полного электронного описания позволяет разумно и гибко планировать программу развития предприятия с учетом потребности в инвестициях.

На предприятии сложился коллектив высококвалифицированных и инициативных специалистов и менеджеров, имеющих громадный опыт работы, в том числе в тесном сотрудничестве с ведущими западными аэрокосмическими компаниями, такими, как EADS и Boeing. Производится постоянная работа по техническому перевооружению и реконструкции предприятия. Закупается и вводится в эксплуатацию современное оборудование, строятся новые цеха. Динамичное развитие предприятия с учетом применения всех современных технологий является залогом успеха при выполнении всех намеченных проектов и позволяют Иркутскому авиационному заводу и Корпорации "Иркут" в целом уже в течение многих лет находиться на лидирующих позициях.

В энциклопедии рассматриваются вопросы диагностики, метрологии, надежности, информационной безопасности, интегрированной логистической поддержки продукции, экологии техники, управления качеством, определения рациональной степени унификации конкурентоспособных отечественных образцов в условиях реального жизненного цикла.

На примере ракетно-космической техники, в материалах, представленных д.т.н., профессором А.А. Медведевым, показано, что использование системного подхода, учитывающего рациональное применение унификации при поиске высокоэффективных решений, позволяет значительно уменьшить номенклатуру различных образцов техники, сократить сроки и стоимость их создания и эксплуатации, повысить качество изготовления и надежность. В конечном итоге при существующих бюджетных ограничениях это позволит заметно увеличить количество задач, решаемых с помощью ракетно-космической техники в интересах фундаментальных исследований народного хозяйства, оборонно-производственных интересов страны, а также существенно повысить конкурентоспособность отечественных средств на международном рынке космических услуг.

Достаточно подробно описанные в Энциклопедии особенности жизненного цикла авиационно-космической техники дают возможность разработчикам шире и разностороннее оценить важность выпускаемой продукции и её влияние на решение не только насущных отраслевых проблем, но и на решение проблем глобального масштаба, к которым относится изучение окружающего мира, различных природных явлений, в том числе и опасных для человечества.

Интересующиеся решением вышеуказанных проблем могут много узнать из уникальной монографии "Путь в ракетной технике", выпущенной издательством "Машиностроение" в 2004 г., (487 с.) под редакцией д.т.н., профессора, академика РАН Б.И. Каторгина и других работ ученых, специалистов НПО "Энергомаш" имени академика В.П. Глушко.

Очень весомо представлены в Энциклопедии разделы, посвященные материалам для авиакосмической техники. Рассмотрены конструкционные и функциональные материалы: высокопрочные коррозионностойкие стали, алюминиевые и титановые сплавы; клеевые материалы и защитные покрытия, используемые и перспективные; специальное внимание уделено композиционным, в частности, углерод-углеродным материалам, большим преимуществом которых является возможность проектирования требуемых механических свойств в заданных направлениях приложения нагрузки к элементам конструкции изделия.

Известно, что в конструкции B787 (Dreamliner — лайнер мечты) стальные детали составляют по весу 10%, алюминиевые — 20%, титановые — 15%; керамика, стекло, резина и др. — 5%; композиционные материалы (КМ) — 50% (фюзеляж, другие элементы конструкции). При этом организованы специализированные производства комплектованных из КМ, такие производства включены в единые информационные пространства с основными потребителями их продукции, что позволяет в полной мере использовать все преимущества, которые предоставляют CALS-технологии. К сожалению, в аналогичных объемах применение КМ не предусмотрено даже в перспективных планах российской гражданской авиации.

Важнейшие преимущества КМ:

- возможность создания материалов, соответствующих условиям работы изделия параллельно с проектированием изделия (параллельный инжиниринг);

- возможность за счет применения расчетной (CAD/CAE) анизотропии КМ получения требуемой комбинации деформационно-прочностных свойств конструкции;

- возможность создания интегральных (монолитных) конструкций, собираемых из отдельных, изготавливаемых по различным технологиям элементов; такие интегральные конструкции с высокой точностью реализуют расчетную (CAD) геометрию летательного аппарата (ЛА);

- возможность замены ручных сборочных работ на автоматизированные по соответствующим программам (CAD/CAM/ERP) (намотка, автоматизированная выкладка, обрезка по программе), которые повышают надежность, снижают трудоемкость;

- малый удельный вес, высокая прочность, жесткость, коррозионная стойкость, высокая усталостная прочность, низкая чувствительность к концентрациям напряжений, низкая скорость распространения трещин, что обеспечивает повышение надежности конструкции;

- высокая ремонтпригодность.

Все это позволяет создавать конструкции с максимальной весовой эффективностью, надежностью, высокими летно-техническими характеристиками ЛА.

Особое внимание в энциклопедии уделено наноматериалам и нанотехнологиям. Отмечено, что это направление науки и техники имеет наивысший приоритет в США. И это стимулирует активное развитие, как фундаментальной науки, так и прикладных направлений.

В России за последнее время придается важное значение этому направлению. Прежде всего, необходимо отметить решение Председателя Правительства РФ В.В. Путина о создании Госу-

дарственной корпорации, но при достаточно успешном состоянии дел с решением фундаментальной основы проблемы, как всегда, сложнее с конкретными приложениями.

Так, по оценке В.В. Путина "Реальной, осязаемой отдачи от значительных бюджетных средств, выделяемых на реализацию федеральных целевых программ, мы часто не видим".

Пользователи энциклопедии найдут в ней описание уникальных свойств наноматериалов и изделий из них и увидят стимул к развитию и применению нанотехнологий для создания современных материалов с расчетно-прогнозируемыми (CAE/CAD/CAM) свойствами, затребованными создателями конкурентоспособной техники в различных сферах наукоемкого машиностроения, что позволяет в ряде случаев в разы улучшить некоторые важные характеристики изделий.

Уделяется внимание в Энциклопедии и важнейшему вопросу — кадровому обеспечению наукоемкого машиностроительного комплекса России. Но, к сожалению, много еще нерешенных вопросов и в области образования, и в области науки.

Так, не более нескольких процентов выпускников вузов идет в науку, что в очередной раз подтверждает невостребованность науки нашим обществом и экономикой. По оценке Министра образования и науки РФ "Российские вузы давно не попадают в мировые рейтинги. Для тех, кто ничего не хочет менять, удобно, успокоительно видеть антироссийский заговор. Никаких доказательств этого не существует, а унижительный факт остается фактом. Конкуренции не выдерживает российская наука. По индексу цитируемости наша наука на 17-м месте, по количеству публикаций на вторых ролях".

В этой связи авторским коллективом под руководством член-корр. РАН О.М. Алифанова, д.т.н., профессора В.П. Соколова разработаны основные направления повышения качества необходимых в современном информационном обществе специалистов, пути их подготовки на самом высоком профессиональном уровне, включая все этапы процесса образования в современном обществе. Показано, что настоящая энциклопедия — это своеобразный путеводитель в мир новых информационных технологий в области автоматизации жизненного цикла изделий, а ключевым звеном любой автоматизации является человек. Кадровое обеспечение на всех стадиях и этапах жизненного цикла изделий является сложной и многогранной задачей, требующей воспроизводимости циклов обучений.

Министерство образования и науки РФ, Министерство промышленности и торговли РФ



уделяют мало внимания решению вопросов кадрового сопровождения наукоемких программ на всех стадиях жизненного цикла изделий и поддержке таких уникальных предприятий как ФНПЦ "ММП" "Салют" (Генеральный директор д.т.н., профессор Ю.С. Елисеев).

На предприятии 10 лет назад все подразделения технического обучения предприятия и подразделения учебно-научного комплекса "Аэрокосмические конструкции и технологии" МАТИ были преобразованы в Институт целевой подготовки специалистов (ИЦПС). Организационно-методическая и учебная работа с персоналом предприятия проводится в ИЦПС на:

- Факультете № 1 — подготовка и повышение квалификации ИТР;
- Факультете № 2 — подготовка и переподготовка рабочих.

За последнее три года в ИЦПС прошли обучение и переподготовку более 8 000 человек.

При такой системе подготовки и переподготовки кадров на таком предприятии никогда не возникнет проблемы поиска и привлечения высококвалифицированных сварщиков или других специалистов со всей России.

В учебно-научном процессе ИЦПС участвуют не только высококвалифицированные специалисты предприятия, но и профессорско-преподавательский состав МАИ, МГТУ имени Н.Э. Баумана, МАТИ имени К.Э. Циолковского, Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства (РГУИТП), МАМИ, СТАНКИН, Военно-воздушной инженерной академии имени профессора Н.Е. Жуковского.

На ФНПЦ "ММП" "Салют" создана информационная система на принципах CALS, включающая несколько тысяч компьютеризированных рабочих мест, что обеспечивает функционирование CAD/CAM/CAE/PDM/ERP-среды при выполнении проектных, конструкторских, технологических, производственных операций при создании и эксплуатации ГТД. Производство оснащено современным оборудованием, располагает более 500 станками с ЧПУ, обрабатывающими центрами лучших станкостроительных фирм Швейцарии, Германии, Японии, США, в том числе с 6-ю координатами; а также прецизионным программным оборудованием разработки и производства "Салюта", не уступающим лучшим мировым аналогам, современными координатно-измерительными машинами и комплексами. "Салют" подготовлен к созданию авиационных двигателей нового поколения для перспективных авиационных комплексов фронтовой авиации.

Важнейшими решениями в области CALS на ММП имени В.В. Чернышева (Генеральный

директор — д.т.н., профессор А.С. Новиков) являются современные информационные технологии, в т.ч.:

- использование технологии параллельного инжиниринга на этапах проектирования изделия и технологической подготовки производства;
- система анализа и контроля качества изготавливаемой продукции базирующаяся на методологии использования "мастер-модели";
- использование эффективных методик цифрового моделирования и цифровых моделей на всех стадиях проектирования и конструкторско-технологической подготовки производства изделий;

- обеспечение доступа в единую проектно-технологическую среду, обеспечивающую одновременную работу всех участников производства изделия единой электронной моделью изделия;

- ведение конструкторских и производственных составов изделий в единой информационной среде (ТСЕ), обеспечивающее актуальность и ассоциативность данных об изделии на всей номенклатуре изделий предприятия;

- эффективное использование информационной системы управления административно-хозяйственной деятельностью предприятия на базе SSA ERP Ln в связке в проектно-технологическими системами;

- применение средств имитационного моделирования не только в рамках конструкторско-технологического проектирования, но и при управлении цепочками поставок в производстве.

Внедрение указанных систем позволило оптимизировать процессы управления и планирования производства, сократить издержки, оптимизировать численность управленческого и инженерного персонала.

ОАО "Авиадвигатель" является признанным лидером в области разработки авиационных двигателей. Созданные акционерным обществом изделия известны во всем мире и отличаются своей сложностью и новизной конструктивных решений. Все это достигается за счет высокой квалификации персонала и опыта, накопленного за годы существования предприятия, а также использования современных средств автоматизации проектирования.

Под непосредственным руководством генерального конструктора д.т.н., профессора А.А. Иноземцева в ОАО "Авиадвигатель" и ОАО "Пермский моторный завод" последовательно и целенаправленно проводится внедрение технологий PLM (Product Lifecycle Management), предусматривающих информационную поддержку продукции в течение всего жизненного цикла.

С 2006 года в ОАО "Авиадвигатель" внедрена в промышленную эксплуатацию PDM система

TeamCenter Engineering фирмы Siemens PLM Software. Применение PDM-системы позволило создать единую среду проектирования, в которой исключено дублирование информации и связанные с дублированием ошибки.

Материальную основу PLM технологий в ОАО "Авиадвигатель" составляют разветвленные вычислительные сети, объединяющие несколько тысяч компьютеров ОКБ, серийного завода, предприятий Пермского моторостроительного комплекса.

Основным направлением наращивания вычислительных мощностей является построение вычислительных кластеров на основе blade серверов. Этот подход обеспечивает лёгкую наращиваемость и масштабируемость вычислительных ресурсов в точном соответствии с изменяющимися требованиями со стороны расчетчиков.

В проектировании применяется принцип "мастер-модели": после создания конструктором трехмерная геометрическая модель ассоциативно используется на последующих стадиях проектирования (в частности в прочностных и газодинамических расчетах), подготовки производства, контроля, создания эксплуатационной документации.

Современные методы инженерного анализа в ОАО "Авиадвигатель" позволяют решать такие сложнейшие задачи, как расчет вредных выбросов при сгорании топлива в камере сгорания, расчет уровня шума элементов двигателя, расчет пробиваемости корпусов при обрыве лопаток, анализ заливки металла в процессе литья и многое другое.

На самом высоком уровне автоматизированы процессы подготовки и планирования производства.

Исключительное внимание в ОАО "Авиадвигатель" уделяется подготовке кадров. Совместно с Пермским Государственным техническим университетом создана система "школа-техникум-ВУЗ-предприятие", через которую прошли уже сотни выпускников.

Материалы Энциклопедии, безусловно, требуют дальнейшего углубления, систематизации, последующего переиздания Энциклопедии с учетом интенсивного развития информационных технологий — "бизнес со скоростью мысли", как оценивает роль интегрированных информационных технологий Билл Гейтс.

Аэрокосмический комплекс является лабораторной базой стратегии CALS.

Материалы Энциклопедии будут способствовать повышению конкурентоспособности Российской наукоемкой техники машиностроения.

Энциклопедия выполняет свое главное назначение — указывает вектор развития CALS-

технологий для инновационного развития России, сокращения сроков и снижения стоимости создания наукоемкой техники, повышения ее качества и конкурентоспособности.

Академик РАН А.М. Матвеевко отмечает, что Энциклопедия не имеет аналогов в России и мире.

По оценке авторского коллектива, редакционной коллегии и рецензентов Энциклопедия в целом это:

- ценное научное, методическое, справочное, практически-производственное издание;
- полезное учебное пособие для студентов, бакалавров, магистров, аспирантов технических вузов;
- важный и своевременный продукт для восприятия широким кругом специалистов в области CALS НИИ, КБ, предприятий наукоемкого машиностроения;
- систематизированный материал для информационного обеспечения руководителей государственных структур при принятии стратегических решений в области авиации, космонавтики, другой наукоемкой техники машиностроения.

Литература

1. *Авиакосмические системы* / Науч. ред. д.т.н. Г.Е. Лозино-Лозинский, гл. ред. д.т.н. А.Г. Братухин. — М.: Изд-во МАИ, 1997. — 437 с.
2. *Путь в ракетной технике* / Под редакцией академика РАН Б.И. Каторгина. — М.: Машиностроение-Полет, 2004. — 487 с.
3. *Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса* / Под общ. ред. А.Г. Братухина; ред. совет: Балабуев В.П., Богуслаев В.А., Братухин А.Г., Кривов Г.А. — Киев: Техника, 2001. — 437 с.
4. *Бизнес со скоростью мысли. Билл Гейтс при участии Коллинза Хемингуэя. Издание осуществлено при участии Московского представительства компании Microsoft.* — М.: ЭСМО-ПРЕСС, 2001. — 477 с.
5. *CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) в авиастроении* / Науч. ред. д.т.н., проф., заслуженный деятель Российской Федерации А.Г. Братухин. Рекомендовано Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области авиации, ракетостроения и космоса в качестве учебного пособия для студентов и дипломированных специалистов. — М.: Изд-во МАИ, 2002. — 670 с.
6. *Норенков И.П., Кузьмин П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий CALS-технологии.* — Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2002. — 320 с.
7. *Приоритеты авиационных технологий* / Науч. ред. д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, International Man of the Millennium



А.Г. Братухин. Кн. 1. 695 с.; Кн. 2. 630 с. — М.: Изд-во МАИ, 2004.

8. *ГОСТ 2.052-2006* Электронная модель изделия. Общие положения.

9. *Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов* / Пекарш А.И., Тарасов Ю.М., Кривов Г.А. и др. — М.: Аграф-пресс, 2006. — 304 с.

10. *ENCYCLOPEDIA OF RUSSIAN BUSINESS* Developments and Opportunities Industrial Review. London, 1995. — 428 p.

11. *Технология и организация группового машиностроительного производства*. Т. I. Основы технологической подготовки группового производства. 480 с.; Т. II. Организация труда и оценки эффективности группового производства, 370 с. /

С.П. Митрофанов, А.Г. Братухин, О.С. Сироткин, Ю.И. Караванов, Г.С. Краснова, М.З. Мовшович. — М.: Машиностроение, 1992.

12. *COMPOSITE MANUFACTURING TECHNOLOGY* Edited by A.G. Bratukhin and V.S. Bogolybov. London. Chapman and Hall. 1995. — 433 p.

13. *INTERAVIA/BUSINESS and TECHNOLOGY* Geneva №667 October 2002. What's Russian for CALS? By prof. Anatoly G. Bratukhin.

14. *Концепция* разработки, внедрения и развития технологий информационной поддержки жизненного цикла изделий вооружения и военной техники. — М., 2006. — 27 с.

15. *Энциклопедия* машиностроения Т. IV-21. Самолеты и вертолеты / Ред. тома д.т.н. В.Г. Дмитриев. — М.: Машиностроение, 2004. — 750 с.