

УДК 658.512.22:004.9

**ПРОЕКТНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

© 2013 М.В. Гришин, А.В. Лебедев

Институт авиационных технологий и управления  
Ульяновского государственного технического университета

Поступила в редакцию 26.09.2013

В данной статье авторы анализируют и обосновывают необходимость применения новейших информационных технологий на всех этапах проектирования и разработки новой авиационной техники. Внедрение новых принципов, концепций и технологий предлагается проводить с учетом большого накопленного практического опыта западных разработчиков с адаптацией под российское производство с целью снижения издержек производства, повышения качества продукции и снижение трудоемкости на всех стадиях ЖЦИ.

Ключевые слова: Конструкция ЛА, САД, Concurrent-технология, ЭКД, PDM, ЖЦИ, разработка, проектирование, виртуальное производство.

Авиастроительным предприятиям необходимо создавать такие летательные аппараты, какие будут нужны их клиентам — авиакомпаниям. Именно потребности заказчиков являются основой для проектирования новой техники и закладывают фундамент для дальнейшего развития как внутрироссийского, так и зарубежного рынка.

Проектирование технического объекта, есть процесс, заключающийся в получении и преобразовании исходного описания объекта в окончательное описание на основе выполненного комплекса работ исследовательского, расчетного и конструкторского характера.

Стадии проектирования - наиболее крупные части проектирования как процесса, развивающегося во времени. В общем случае выделяют стадии научно-исследовательских работ (НИР), эскизного проекта или опытно-конструкторских работ, технического, рабочего проектов, испытательных опытных образцов или опытных партий.

Основные стадии проектирования:

- научно-исследовательские или опытно-конструкторские работы;
- представление первого эскизного проекта для начала подготовки процесса технологического оснащения производства;
- тех. проект (макеты при необходимости);
- рабочий проект для начала подготовки программы испытаний (ресурсных, эксплуатационных, климатических сертификационных и др.)
- испытания опытных образцов или партий.

*Гришин Максим Вячеславович, старший преподаватель кафедры «Самолетостроение», аспирант.*

*E-mail: likani7@mail.ru*

*Лебедев Анатолий Валерьевич, доцент кафедры «Самолетостроение». E-mail : aw\_lebedev@mail.ru*

Стадии (этапы) проектирования подразделяют на составные части, называемые проектными процедурами. Примерами их могут служить подготовка детализованных чертежей, анализ кинематики, моделирование переходного процесса, оптимизация параметров и другие проектные задачи. В свою очередь проектные процедуры можно расчлнить на более мелкие компоненты, называемые проектными операциями, например при анализе прочности детали сеточными методами операциями могут быть построение сетки, выбор или расчет внешних воздействий, собственно моделирование полей напряжений и деформаций, представление результатов моделирования в графической и текстовой формах.

Создать проект объекта (изделия или процесса) означает выбрать структуру объекта, определить значения всех его параметров и представить результаты в установленной форме. Результаты (проектная документация) могут быть представлены в виде чертежей, схем, пояснительных записок, программ для станков с числовым программным управлением и других документов как на бумаге так и в цифрово-электронном исполнении. В настоящее время, когда интенсивно осуществляется переход к цифровому производству, количество бумажных носителей должно быть резко сокращено, а в будущем — исчезнуть совсем, т.к. современные информационные технологии и опыт западных разработчиков в машиностроительной области (Boing, AirBus, General Motors, Ford и др.) только подтверждает эту концепцию. На рис. 1 представлена принципиальная схема разработки сложного технологического объекта.

Исходя из типовой схема создания сложного технического объекта, каким является любой современный самолет, начиная с БПЛ и заканчивая военно-транспортным самолетом, можно выделить, на каждом этапе разработки воздушного судна соответствующие этапы так называемого внешнего и внутреннего проектирования.

При внешнем проектировании самолет рассматривается как составляющая сложной технической системы – человеко-машинного комплекса, ориентированного на выполнение некоторой целевой задачи. Внешнее проектирование складывается из:

- Прогнозирования, которое выполняется в форме сценариев: НИР, ОКР, серийное производство, эксплуатация, моральное старение и дальнейшая модернизация изделия.
- Исследования операции, основной задачей которого является предварительное количественное обоснование оптимальных решений.
- Назначение критериев. В результате решения задачи внешнего проектирования формиру-

ются тактико-технические требования заказчика (ТТТ), являющиеся исходными данными для внутреннего проектирования и формирования “облика” изделия.

**Общий критерий** (показатель эффективности, целевая функция) – числовая характеристика, непосредственно входящая в характеристики системы более высокого уровня;

**Частные критерии** – числовые характеристики, непосредственно входящие в общий критерий (показатели эффективности решения какой-либо частной задачи);

**Ограничения** – прочие числовые характеристики, приведенные в ТТТ (к ним могут относиться отдельные летно-технические характеристики, весовые и геометрические параметры, эксплуатационные требования и т.п.).

Задачей внутреннего проектирования является нахождение и реализация такого сочетания конструктивных параметров проектируемого самолета, которые обеспечивали бы заданную эффективность и удовлетворяли бы заданным в

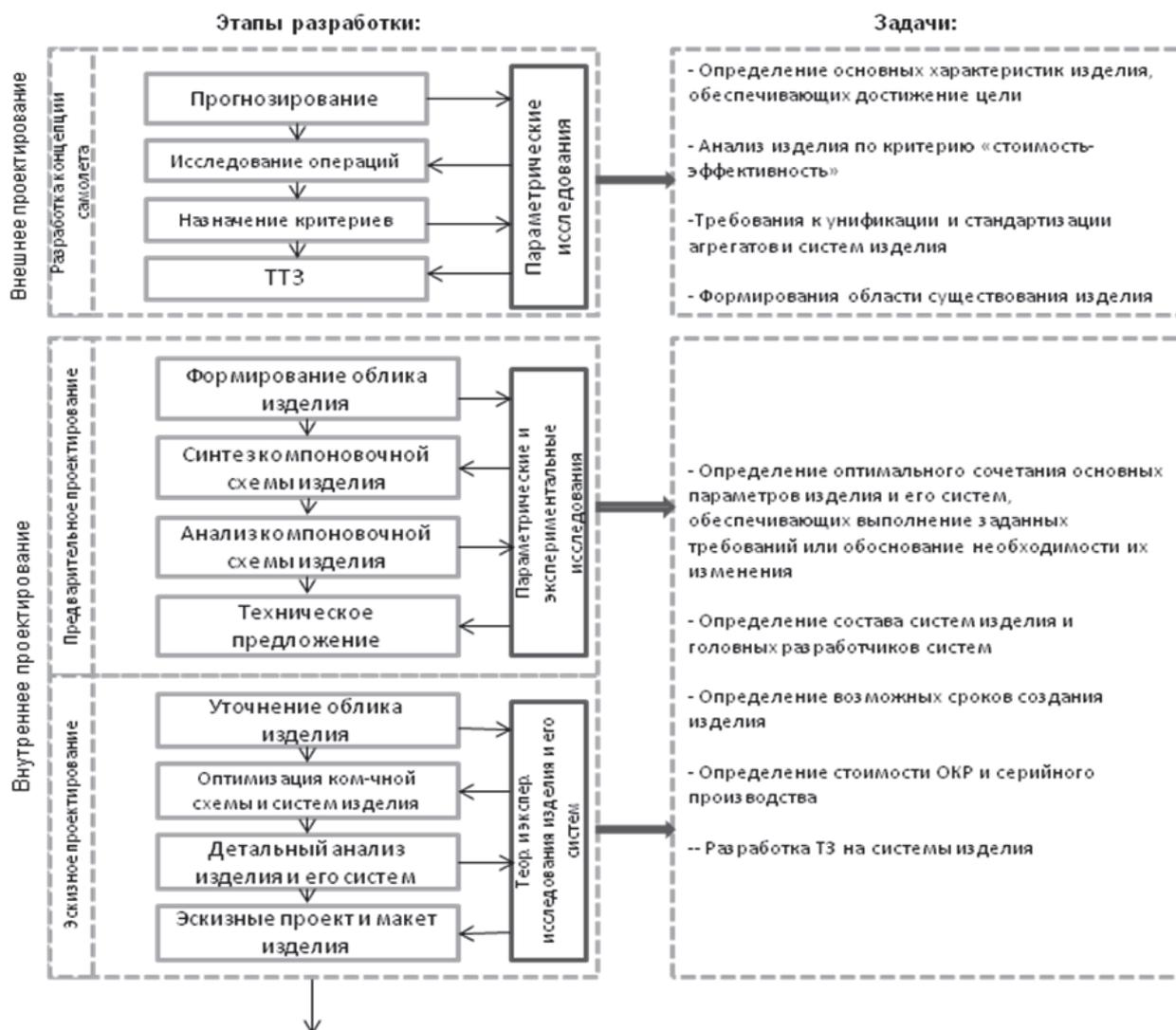
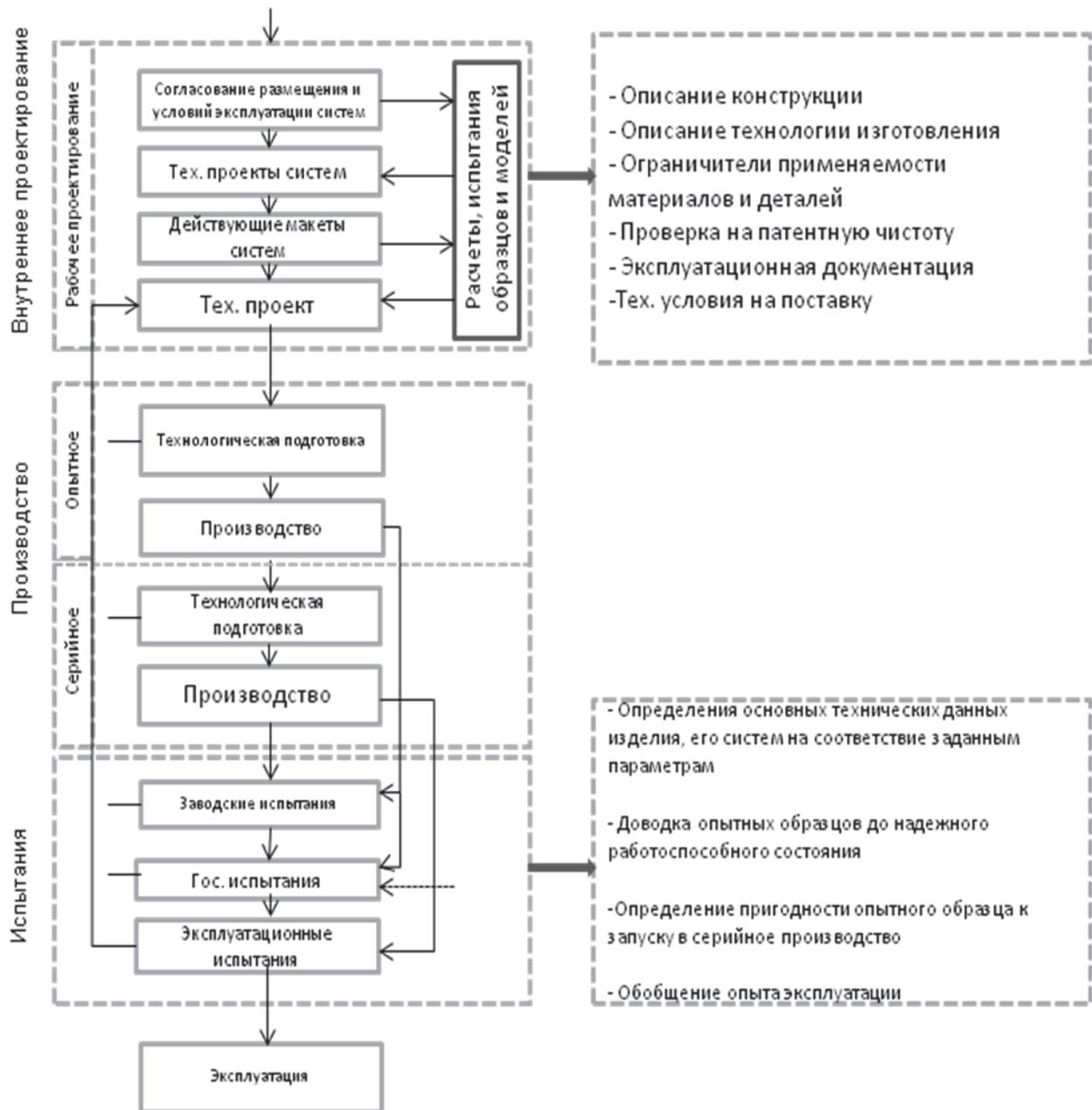


Рис. 1. Схема разработки сложного технологического объекта



**Рис. 1.** Схема разработки сложного технологического объекта (окончание)

тактико-технических требования ограничениям.

От того, насколько удачно будет выбрана на этапе предварительного проектирования компоновочная схема самолета и определена его геометрическая и весовая размерность, зависит ход последующей работы над проектом.

Роль конструктора в этом случае заключается в управлении процессом решения задачи проектирования на основе использования опыта и знаний, хранящихся в памяти ЭВМ, изменении входных данных и принятии решений в критических точках при отсутствии соответствующего программного обеспечения (здесь продолжают действовать интуиция и воображение). Примерная схема разработки первоначальной

компоновки на этапе технических предложений приведена на рис. 2.

В цикле конструирования изделия все конструкторские данные (проектные данные, схемная документация, электронные макеты, двумерные чертежи и технические руководства) необходимо разрабатывать в электронном виде с применением соответствующих программных продуктов, интегрированных в единой системе управления проектными данными.

Электронные конструкторские данные подразделяются на следующие виды:

- Базовая геометрия и конструктивно-силовая схема, определяющая форму расположение агрегатов и систем изделия, и в первую очередь

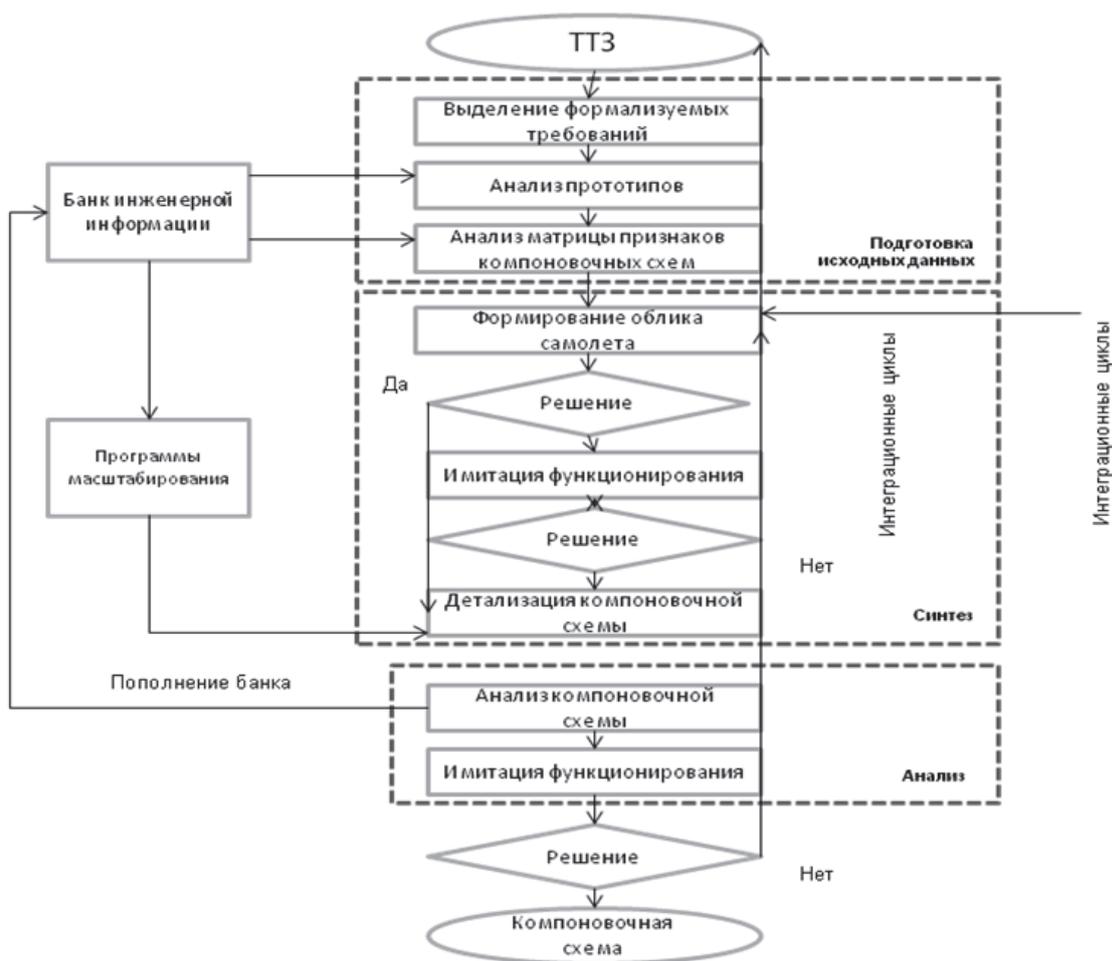


Рис. 2. Модель разработки компоновочной схемы самолета

математическую модель поверхности изделия (рис. 3);

- схемная документация, определяющая геометрию и параметры систем и агрегатов

самолета;

- электронные макеты изделия, создаваемые на каждом этапе разработки изделия, с соответствующей степенью проработки;

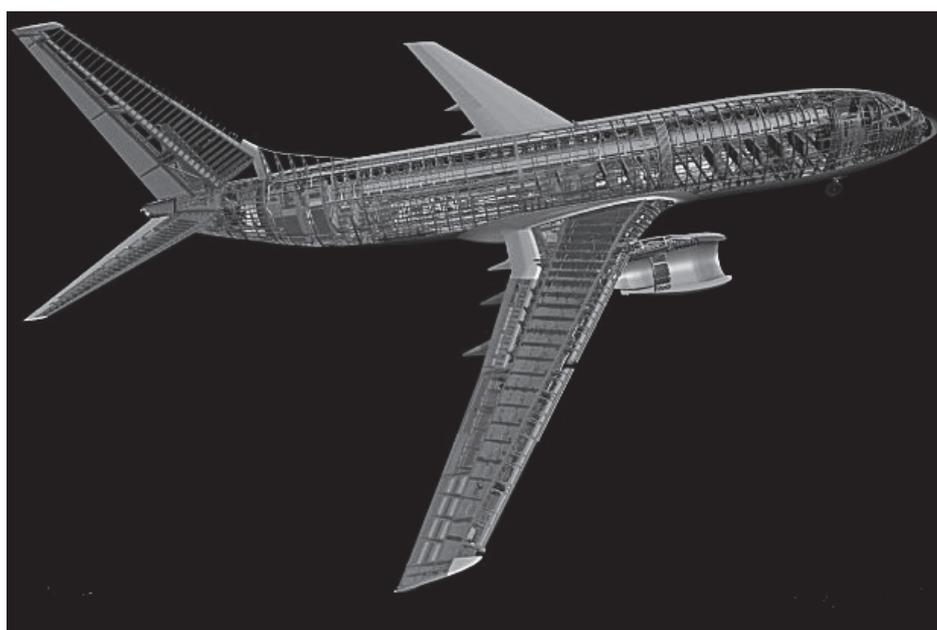


Рис. 3. Математическая модель пассажирского самолета



Рис. 4. Упрощенная схема объектов, идентифицирующих изделие

- конструкторская документация, выполняемая в двухмерном представлении на основе созданных электронных макетов;

- интерактивные электронные технические руководства и инструкции.

Электронное описание изделия - это его модель, то есть представление изделия в форме, отличной от формы его реального существования.

Рассмотрим конструкции, используемые в информационных технологиях для построения такой модели. Ее краеугольным камнем является объект «изделие» (рис. 4).

Под «изделием» понимается все, что уже существует или может быть произведено. Это может быть самолет, двигатель, агрегат, крепежное изделие и т.д. «Изделие» может быть простым, состоящим из одной детали, и сложным - сборочная единица, узел, агрегат, система. Другими словами, «изделие» может состоять из других «изделий». Чтобы различать «изделия», они должны иметь уникальный идентификатор и свое наименование. У «изделия» могут быть варианты, модификации.

Для конкретизации состава «варианта изделия» используется объект «определение изделия». «Определение изделия» всегда рассматривается в некотором контексте.

«Определение изделия» связывается с составляющими «изделиями» с помощью объекта «отношение между изделиями» (рис. 5).

Отношения между изделиями могут быть разных типов, среди которых наиболее используемыми являются «состоит из» и «изготавливается

из». Каждое изделие обладает рядом свойств, характеристик. Например, самолет обладает летно-тактическими характеристиками, двигатель - высотнo-скоростными и тяговыми характеристиками, у локатора есть характеристики дальности обнаружения цели в различных условиях. Большинство изделий имеет специфическую геометрическую форму.

Разнообразные данные, необходимые для описания изделия, обобщаются объектом «информационный набор» (рис. 6).

Как и любой объект электронного описания изделия, «информационный набор» должен быть идентифицирован и поименован. Кроме того, «информационные наборы» могут быть разных типов.

Совокупность определенных выше объектов представляет собой логическую модель данных (подчеркну, очень упрощенную) изделия авиационного производства, позволяющую построить его структуру и связать воедино всю информацию, описывающую изделие и его компоненты, то есть построить электронное описание изделия.

Инструментами для создания электронного описания изделия являются:

- PDM-система -организационно-техническая система, обеспечивающая управление всей информацией об изделии. При этом в качестве изделий могут рассматриваться различные сложные технические объекты (корабли и автомобили, самолёты и ракеты, компьютерные сети и др.). PDM-системы являются неотъемлемой частью



Рис. 5. Упрощенная схема объектов, описывающих отношения между изделиями



Рис. 6. Схема объектов, описывающих изделие

PLM-систем. С помощью PDM-систем осуществляется отслеживание больших массивов данных и инженерно-технической информации, необходимых на этапах проектирования, производства или строительства, а также поддержка эксплуатации, сопровождения и утилизации технических изделий.

- CAD – автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.

- CAE - программные продукты, предназначенных для решения различных инженерных задач: расчётов, анализа и симуляции физических процессов. Расчётная часть пакетов чаще всего основана на численных методах решения дифференциальных уравнений.

В 2006 году стандарты ЕСКД были доработаны с целью придания легитимности электронным документам. Введены новые ГОСТы – (номера) регламентирующие Нормативное обеспечение технологий управления жизненным циклом АТ.

Направления стандартизации:

- электронные конструкторские/технологические документы и данные;
- проектирование, управленческие технологии;
- интегрированная логистическая поддержка.

Электронные конструкторские документы и данные:

Обеспечение возможности легитимного использования электронных документов и данных (в развитие ГОСТ 2.051, ГОСТ 2.052, ГОСТ 2.053-2006);

ЕСКД. Правила выполнения пакета данных для передачи электронных документов. Общие

положения.

ЕСКД. Правила передачи электронных конструкторских документов. Общие положения.

ЕСКД. Электронный каталог изделий. Общие положения.

ЕСКД. Электронный формуляр. Общие положения.

ЕСТД. Общие положения. Взамен ГОСТ 3.1001-81.

ЕСТД. Нормоконтроль. Взамен ГОСТ 3.1116-79.

ЕСТД. Основные надписи. Общие положения. Взамен ГОСТ 3.1103-82.

В условиях рынка и глобализации производства современное авиастроительное предприятие вынуждено искать новые подходы к организации своей деятельности в условиях управления совместной разработкой, производством, выпуском и сопровождением изделий на базе информационных технологий. Бурный процесс развития компьютерной техники породил различия и несовместимости отдельных технологий и систем между собой. И только сейчас стали формироваться требования к обеспечению кооперации, взаимодействия и защиты интеллектуальной собственности предприятия. Один из вариантов организации управления предприятием в условиях e-commerce на базе комплекса международных стандартов CALS приведен на рис. 7.

ИТ призваны увязать в единую производственно-технологическую среду множество разнородных программных приложений - от систем САПР, инженерного анализа, подготовки производства до систем управления бизнес-процессами и жизненным циклом изделия.

Одна из технологий призванная повысить качество и быстроту выполнения проектных решений это так называемая Concurrent-технология. Concurrent -технология предполагает согласованное проектирование системы “изделие – техно-

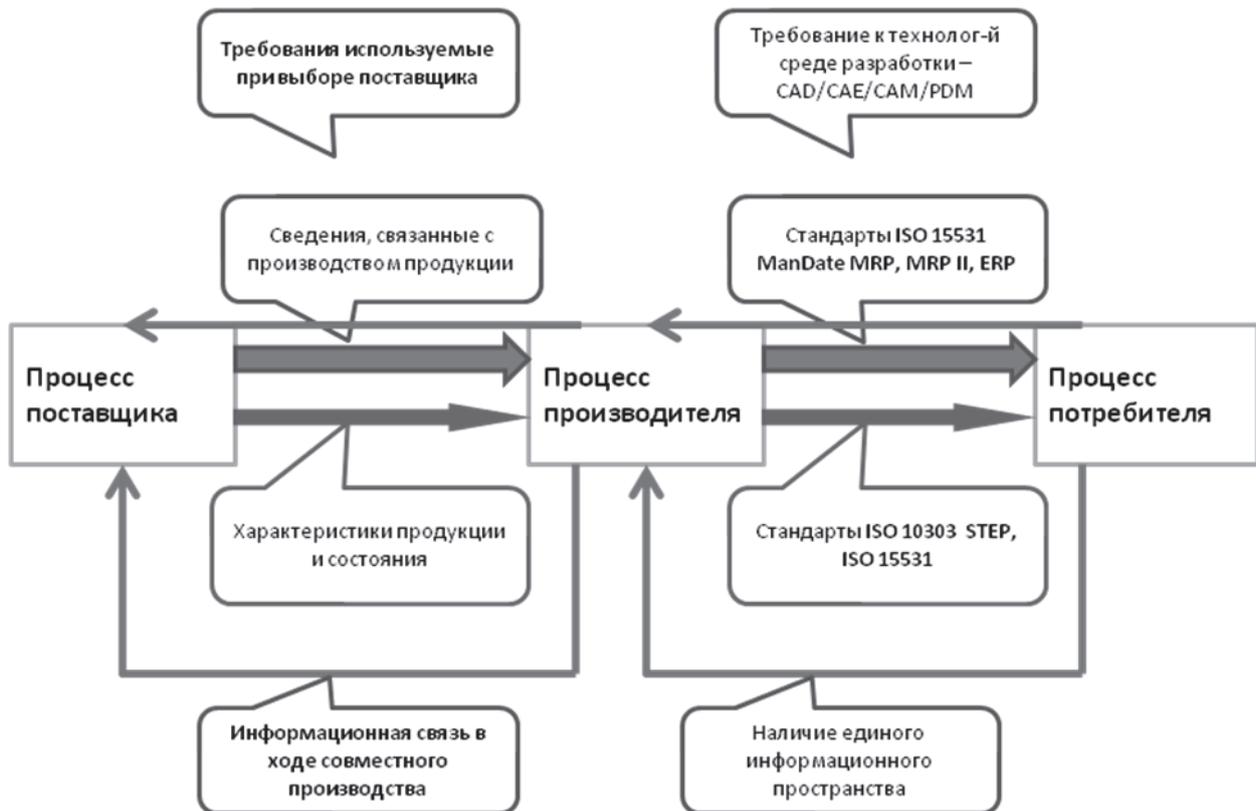


Рис. 7. Управление цепочкой “поставщик - производитель - потребитель” на основе международных стандартов

логический процесс - производственная система (оборудование-люди)”. Соответственно информационной основой технологии является единая информационная модель “изделие-технология-оборудование”.

C-технология основывается на использовании технологии поддержки принятия решений и распадается на три стадии (рисунок): формирование спецификации требований (А), концептуальное проектирование (В) и детализированное проектирование (С). На первой стадии осуществляется анализ исходных требований и ограничений, дается оценка возможности нахождения проектного решения, на второй - выбор допустимых (в смысле последующего комплексирования) типов проектных решений (концепций реализации элементов модели предметной области), на третьей - выбор технических решений.

Основными составляющими C-технологии являются:

- распределенная компьютерная архитектура, обеспечивающая синхронизацию, оптимальное планирование и обработку информации на отдельных стадиях ЖЦИ;

- совокупность инструментальных программных средств (CASE-технология), которые обеспечивают быстрое прототипирование (компьютерное макетирование) и многокритериальную оптимизацию при проектировании, позволяю-

щую достичь эффективного соотношения проекта, производства и цены изделия при соблюдении жизненно важных ограничений;

- унифицированное и всестороннее представление всей требуемой при проектировании и производстве информации, которая может быть интерпретирована и разносторонне проанализирована в соответствии с потребностями пользователя.

Сегодня намечается переход от PDM отдельных предприятий к корпоративным системам PDM, учитывающим процессы, исполнителей, этапность жизненного цикла продукции и открытым для интеграции данных из других систем и других предприятий. Организацию информационной поддержки создания сложной наукоемкой продукции в рамках корпорации предлагается организовать на основе корпоративной информационной системы (КИС).

Обмен данными в КИС будет вестись между PDM-системами предприятий. Обмен проводится посредством “обменного пакета” (ОП), включающего все передаваемые данные об изделии. ОП сам по себе является электронным техническим документом и сопровождается электронной цифровой подписью. ОП включает: нейтральный обменный файл для передачи состава и основных характеристик изделия и набор файлов, хранящих документацию на изделие в форматах прикладных систем. ОП получается из PDM-системы предприятия че-

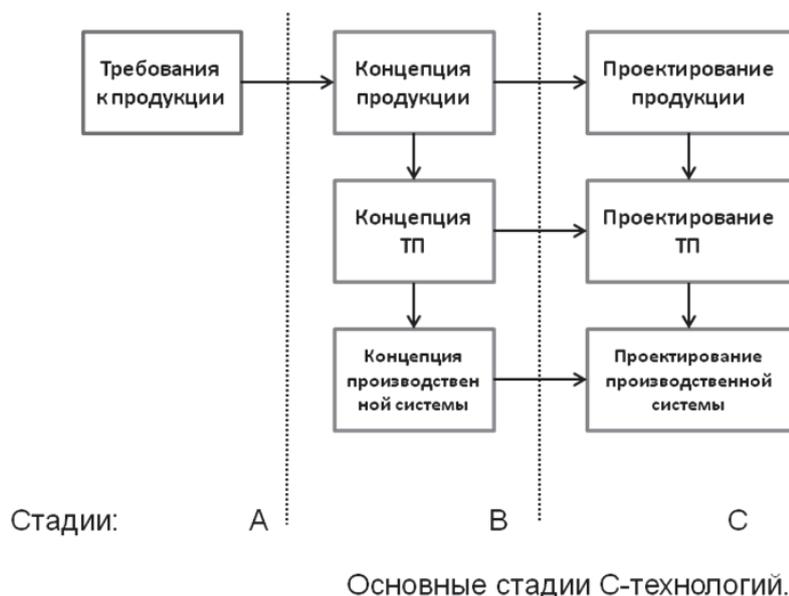


Рис. 8. Основные стадии С-технологий

рез соответствующий конвертер (для каждой из применяемых на предприятиях корпорации PDM-систем потребуется разработка своего конвертера). Аналогично, конвертер используется для загрузки ОП в PDM-систему предприятия.

Важным компонентом КИС является корпоративный информационный центр (КИЦ). Основной функцией КИЦ является хранение и синхронизация справочников. Данная проблема связана с тем, что при обмене между предприятиями приходится передавать достаточно большое количество не уникальной информации (данные о применяемых материалах, стандартных изделиях и т.п.). При этом такая информация уже может храниться в PDM-системе принимающей стороны, что может привести к неоправданному дублированию данных. Для решения этой проблемы и

предлагается создание единых справочников корпорации. Помимо единых справочников, КИЦ может содержать общую базу нормативной документации, стать основой удостоверяющего центра для ЭЦП, а также, при необходимости, основой корпоративной PDM-системы. Сам КИЦ должен быть реализован на основе одной из имеющихся на сегодня на рынке PDM-систем.

Также одним из революционных принципов устройства коллективной работы предприятий как на Западе, так и в Японии является концепция Виртуального производства. Виртуальное предприятие – это форма объединения предприятий и организаций, участвующих в поддержке ЖЦ общего продукта и связанные общими бизнес-процессами на контрактной основе. На таких предприятиях процесс создания спецификаций с ин-

Как есть:



Как может быть:

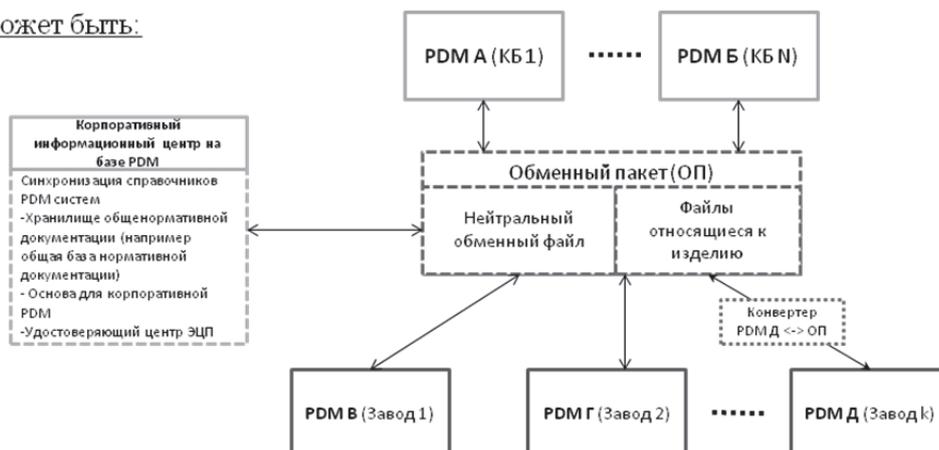


Рис. 9. Информационная поддержка Жизненного цикла изделия: корпоративное решение.

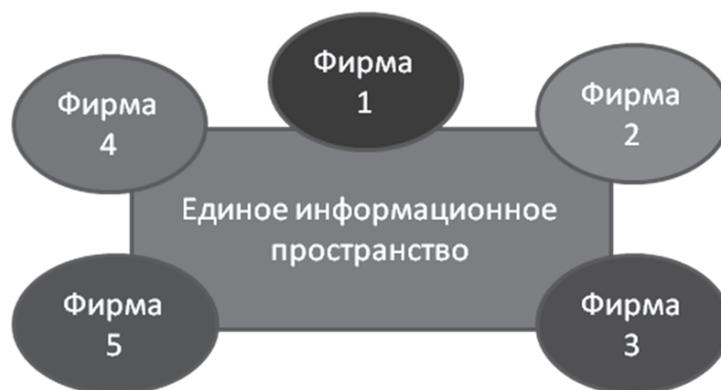


Рис. 10. Принцип работы “Виртуального производства”

формацией для программно управляемого технологического оборудования, достаточной для изготовления изделия, может быть распределен во времени и пространстве между многими проектными подразделениями.

Технология “виртуальное предприятие” позволяет на контрактной основе быстро создавать временную организационную структуру, обеспечивающую за изготовление конкретного изделия. Речь идет об интенсивном взаимодействии реально имеющих специалистов и подразделений различных предприятий в виртуальном пространстве с помощью новейших информационных и коммуникационных технологий.

После завершения работы “виртуальное предприятие” распадается. Одновременно одна фирма может участвовать во многих “виртуальных предприятиях”.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов А.В., Юсупов Р.М. Технология параллельного проектирования: основные принципы и проблемы внедрения // Автоматизация проектирования. 1997. № 2. С. 50 – 55.
2. Митрофанов В.А., Рыбаков А.П. Возможности информационных технологий по управлению жизненным циклом разработки и изготовления наукоемкого изделия в машиностроении. URL: [www.tehnopro.com](http://www.tehnopro.com) (дата обращения 23.07.2013).
3. Щеглов Д.К. Методы и средства выбора системы управления проектными данными конструкций летательных аппаратов / Научн. ред. О. А. Степанов; под общ. ред. В.Г. Пешехонова // Навигация и управление движением: Материалы докладов юбилейной X конференции молодых ученых «Навигация и управление движением». СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2009.
4. Норенков И.П. Автоматизированное проектирование. Учебник. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. 188 с.
5. Погосян М.А., Братухин А.Г., Савельевских Е.П., Тарасов Ю.И., Стрелец Д.Ю. Проектирование авиационных комплексов с применением информационных технологий.
6. Боровков П.И., Бурдаков С.Ф., Клявин О.И., Мельникова М.П., Михайлов А.А., Немов А.С., Пальмов В.А., Силина Е.Н. Компьютерный инжиниринг : учеб. пособие / А. И. Боровков [и др.]. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 93 с.
7. Информация с сайтов: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), <http://www.calscenter.com>

#### DESIGN PROCEDURE PRODUCTION PLANNING USING INFORMATION TECHNOLOGIES

© 2013 M.V. Grishin, A.V. Lebedev

Institute of Aviation Technologies and Management of the Ulyanovsk State Technical University

In this article, analyze and explain the necessity of the use of advanced information technologies at all stages of the design and development of new aircraft. The introduction of new principles, concepts and technologies proposed to carry out given the large practical experience gained with the adaptation of Western developers under Russian production in order to reduce production costs, improve product quality and reduce labor input at all stages of life cycle a product.

Keywords: design of the aircraft, CAD, Concurrent - technology, ECD, PDM, life cycle of a product, development, design, virtual manufacturing

*Maxim Grishin, Senior Lecturer at the Aircraft Construction Department, Graduate Student. E-mail: [likani7@mail.ru](mailto:likani7@mail.ru)  
Anatoly Lebedev, Associate Professor at the Aircraft Construction Department. E-mail: [aw\\_lebedev@mail.ru](mailto:aw_lebedev@mail.ru)*