

УДК 339.1

УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

© 2014 С.В. Громов

ОАО «Корпорация «Иркут», г. Москва

Поступила в редакцию 01.09.2014

Рассмотрены состояние и перспективы развития методов управления программой разработки изделия в авиационной промышленности. Предложена современная V модель процесса проектирования жизненного цикла. Описаны современные технологии проектирования изделия в авиационной промышленности. Представлен пример имитационного моделирования производственных процессов.

Ключевые слова: *модель, жизненный цикл, управление, V процесс проектирования, стратегия, имитационное моделирование, производственный процесс*

В настоящее время состояние авиационно-промышленного комплекса характеризуется большими изменениями в области разработки, производства самолетов, организации ее сертификации и послепродажной поддержки. Приоритетными являются: сокращение сроков разработки образцов авиационной техники (АТ), использование широкой международной кооперации при разработке и производстве, высокая степень унификации систем и оборудования, единые стандарты качества и многие другие параметры, определяющие конкурентоспособность современной самолетостроительной промышленности.

Если в боевой авиации РФ занимает одно из лидирующих мест, то в гражданской авиации существует значительное отставание от четверки мировых производителей – компаниями Boeing, Airbus, Bombardier и Embraer. При этом в классе магистральных самолетов Boeing и Airbus совместно владеют практически всем рынком, а в классе региональных реактивных самолетов фирмам Bombardier и Embraer в совокупности принадлежит около 90% этого сегмента рынка. Только в сегменте турбовинтовых региональных самолетов существенную долю рынка занимают другие производители. Государству выгодно развивать авиационно-промышленный комплекс, что требует создания наукоемких видов производства с высокой удельной стоимостью. Например, стоимость 1 кг гражданского магистрального самолета в среднем составляет 1000-1500 долл. США и более. Для сравнения: стоимость 1 кг бытовой техники составляет в среднем около 100 долл. США, автомобиля — 20-50 долл. США [1].

Громов Сергей Владимирович, заместитель начальника отделения самолетных систем инженерного центра им. А.С. Яковлева. E-mail: svgromov@mail.ru

Одной из ключевых системных инициатив в отрасли стало объединение обособленных авиационных предприятий в крупные интегрированные структуры. Предпосылками создания интегрированных структур в авиационной промышленности явилась необходимость концентрации ресурсов на реализации ключевых проектах, обеспечения специализации производств, сокращения дублирующих производственных мощностей, высвобождения капитала и ресурсов, роста капитализации компаний и мобилизации капитала для инвестиций в новые проекты.

В составе авиационной промышленности созданы следующие основные интегрированные структуры: ОАО «Объединенная авиационная корпорация» (ОАО «ОАК»), ОАО «ОПК «Оборонпром», включающая ОАО «Вертолеты России» и ОАО «Управляющая компания «Объединенная двигателестроительная корпорация». В 2011 г. подготовлен и внесен в установленном порядке в Правительство РФ проект постановления о включении в состав ОАО «ОПК «Оборонпром» ФГУП «НИИ газотурбостроения «Салют». По организации – это вертикально интегрированные структуры, обеспечивающие полный цикл создания, производства и поддержки эксплуатации конечных изделий. В стадии формирования находятся интегрированные структуры в области основных комплектующих авиационной техники и вооружений: ОАО «Концерн «Авиаприборостроение» (авиационные приборы и комплексы радиоэлектронного оборудования) и ОАО «Концерн «Авиационное оборудование» (авиационное оборудование и системы электрооборудования).

Также формируется новая интегрированная структура государственного сектора авиационной науки, призванная стать основой

инновационного развития авиастроения. В настоящий период завершается согласование в федеральных органах исполнительной власти проекта федерального закона «О национальном исследовательском центре «Институт им. Н.Е. Жуковского»».

Интеграция авиастроительных предприятий в холдинги позволила существенно повысить экономическую эффективность их деятельности: в последние годы отмечается неуклонный рост консолидированной выручки авиастроительных холдингов. Кроме того, в соответствии с корпоративными стратегиями осуществляется внедрение новой индустриальной модели, предполагающей техническое перевооружение предприятий отрасли. Основными целями стратегий являются снижение себестоимости продукции и повышение конкурентоспособности отечественной авиационной техники на внутреннем и внешнем рынках. Важным результатом их реализации станет и увеличение налоговых поступлений в бюджеты различных уровней.

Перспективы развития авиационной промышленности связаны с реализацией задач, определенных Стратегией развития авиационной промышленности до 2015 года, консолидацией потенциала отрасли на прорывных направлениях. Основными целями Стратегии являются:

- удовлетворение потребности российских Вооруженных Сил в новейшем авиационном вооружении, как в количественном, так и в качественном отношении, при одновременном сохранении позиций России на мировом рынке вооружений;

- преодоление технологического отставания России от ведущих стран мира, низкого уровня значительной части научно-технических разработок, недостаточной инновационной активности российских компаний;

- развитие высокотехнологичного сектора российской экономики с точки зрения национальной безопасности и конкурентоспособности;

- развитие взаимодействия государства и отраслевого бизнеса в рамках частно-государственного партнерства [2].

Ввиду большой длины и разветвленности технологических цепочек, образующихся в процессе создания современной авиационной техники, стабильная работа отрасли создает предпосылки для сохранения и развития целого ряда высокотехнологичных предприятий, обеспечивает «интеллектуализацию» структуры ВВП, опережающее развитие экспорта продукции машиностроительного комплекса, а также импортозамещение в ключевых продуктовых сегментах. Кроме того, авиационная промышленность и ее смежные отрасли играют важнейшую

социальную функцию, обеспечивая высококвалифицированные рабочие места на производстве, в научно-исследовательских институтах, конструкторских бюро, вузах и техникумах.

Интеграция авиастроительных предприятий в холдинги позволила существенно повысить экономическую эффективность их деятельности – в последние годы отмечается неуклонный рост консолидированной выручки авиастроительных холдингов. Кроме того, в соответствии с корпоративными стратегиями осуществляется внедрение новой индустриальной модели, предполагающей техническое перевооружение предприятий отрасли. Основными целями стратегий являются снижение себестоимости продукции и повышение конкурентоспособности отечественной авиационной техники на внутреннем и внешнем рынках. Важным результатом их реализации станет и увеличение налоговых поступлений в бюджеты различных уровней.

В настоящее время наиболее эффективной методологией управления жизненным циклом и в первую очередь разработки технических систем, является методология системной инженерии, представленная в ряде международных (например, ISO/IEC 15288, ISO/IEC 29148) и отраслевых (NASA/SP-2007-6105, SAE ARP 4754A, SAE AIR 6110) стандартов. Указанный ARP 4754A в 2010 г. утвержден EASA в качестве рекомендованных практик по проектированию воздушных судов гражданского назначения и их систем. В связи с этим внедрение процессов и практик системной инженерии в деятельность авиационного конструкторского бюро является сегодня необходимым условием для сертификации новых ВС гражданского назначения и их систем.

Общая принципиальная схема процессов системной инженерии в соответствии с положениями ARP 4754A представлена на рис. 1. Как видно, аналогично стандартам ISO/IEC 15288, ISO/IEC 29148, NASA/SP-2007-6105 процессы в соответствии с ARP 4754A делятся на две категории:

- процессы проектирования и изготовления изделия;

- интегральные процессы (процессы технического управления и поддержки процессов проектирования).

В соответствии с ARP 4754A и AIR 6110 процесс проектирования самолета начинается с разработки его функций, состав которых определяется в процессе анализа требований заказчиков, сценариев применения ВС при решении возлагаемых на него задач. Разработанный состав функций самолета и отношения между ними представляют собой его логическую архитектуру.

Для определения физической архитектуры самолета его функции размещаются на системы. Этот процесс реализуется в виде принятия принципиальных технических решений о реализации функций теми или иными системами самолета. Таким образом, физическая архитектура самолета представляется утвержденным составом систем и техническими решениями по реализации функций самолета указанными системами.

Необходимо отметить, что принятые технические решения кроме реализации необходимых заказчиком функций обычно предусматривают дополнительные функции, необходимые

для поддержки целостности архитектуры изделия. Дополнительные функции, как и необходимые заказчиком функции включаются в логическую архитектуру изделия.

Процесс проектирования системы реализуется по тому же алгоритму. Состав функций системы определяется путем анализа ее взаимодействия с другими системами самолета и внешними для самолета системами на сценариях выполнения функций самолета. Разработанный состав функций системы и отношения между ними, представляют собой ее логическую архитектуру.



Рис. 1. Процессы системной инженерии при разработке изделия АТ³

Для определения физической архитектуры системы ее функции размещаются на агрегаты. Этот процесс реализуется в виде принятия принципиальных технических решений о реализации функций системы теми или иными ее агрегатами. Таким образом, физическая архитектура системы представляется утвержденным составом ее агрегатов и техническими решениями по реализации функций системы указанными агрегатами. При проектировании архитектуры системы также, как и при проектировании архитектуры самолета, в процессе принятия технических решений состав функций дополняется дополнительными функциями, необходимыми для обеспечения целостности системы.

В соответствии с ARP 4754A и AIR 6110 дальнейший процесс проектирования в виде разработки агрегатов относится к этапу рабочего проекта, за которым следуют этапы интеграции проектно-конструкторских данных, изготовления составных частей и ВС в целом (рис. 2).

Параллельно процессу проектирования самолета, систем и их агрегатов в их отношении реализуются интегральные процессы технического менеджмента (рис. 1):

– оценка безопасности и определение уровней гарантии процессов проектирования и

интегральных процессов. В процессе оценки безопасности разрабатываются производные требования к надежности и безопасности изделия, его систем, агрегатов, определяются требования к процессам проектирования и интегральным процессам (в части их организации, состава разрабатываемой документации);

– определение производных технических требований. Производные технические требования являются результатом принятия технических решений в отношении архитектуры изделия, его систем и агрегатов;

– валидация требований. Процесс имеет целью проверить полноту, целостность и корректность производных технических требований и требований к надежности и безопасности;

– управление конфигурацией. На этапе проектирования архитектуры целью данного процесса является определение объектов конфигурации (элементов структуры изделия, в совокупности определяющих конфигурацию изделия, т.е. функциональные и физические характеристики изделия АТ) и утверждение базовых состояний конфигурации (фиксированных в контрольных точках программы состояний изделия, определяемых требованиями и проектно-конструкторскими документами).

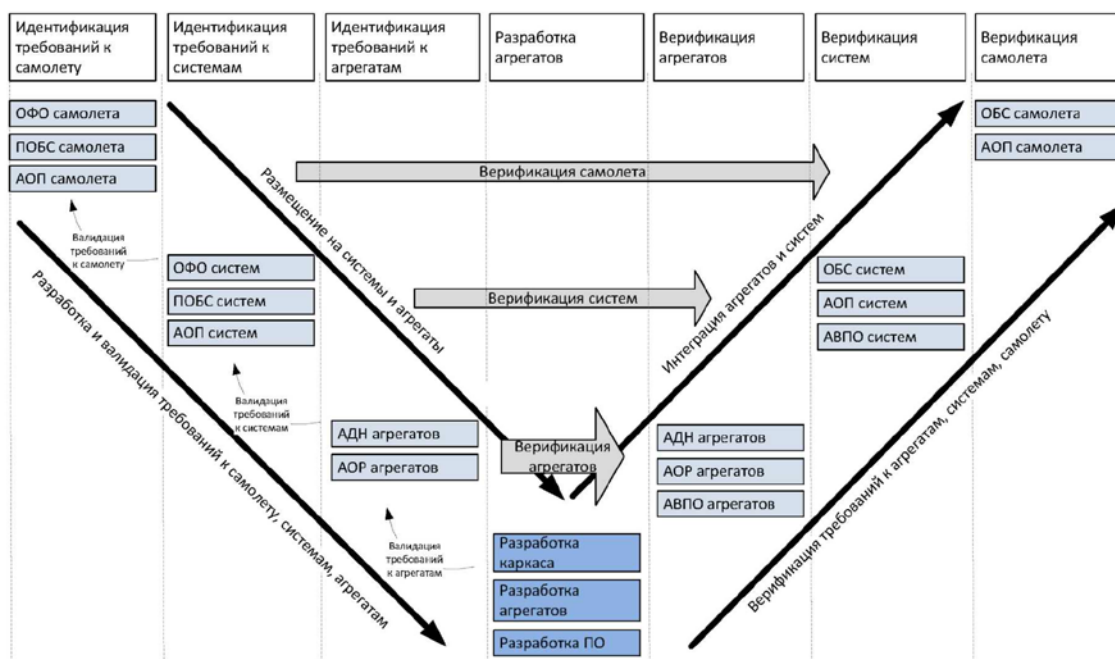


Рис. 2. V модель процессов СИ при разработке изделия АТ³

Итак, на самом раннем этапе используя принцип инжиниринга, построенный не на документообороте, а на обмене данными через имитационные модели, головной разработчик – авиационное ОКБ – строит интегральную функциональную модель изделия, на которой отрабатывает архитектуру и технологию. Эта модель служит инструментом для определения требований к подсистемам и одновременно как бы «заготовкой», которая вместе с техническим заданием передается разработчику подсистемы для проработки. Далее следует очень важный и, пожалуй, ключевой момент данного подхода, а именно: по завершению каждого этапа проектирования (аван проект, эскизный проект) интегратор собирает от разработчиков созданные ими имитационные модели систем и интегрирует их в модель изделия как для анализа их работы (контроль требований), так и для проверки работоспособности самого изделия. Вместе с этой задачей головной разработчик может осуществлять сравнение между решениями разных поставщиков (выбор поставщиков). Что наиболее ценно, это возможность ставить и решать совершенно новые междисциплинарные и многокритериальные оптимизационные задачи и создавать новые архитектуры изделий. Уже на этих этапах в процесс обработки могут быть подключены поставщики электроники. Они получают возможность и от головного разработчика и от поставщиков систем получать модели устройств и изделий для отработки систем управления. Начиная с этапа рабочего проектирования наряду с виртуальными уточненными моделями уже начинают создаваться модели

систем реального времени. Для разработчиков и интеграторов самолета появляется возможность разработки контроллера самолета, используя в качестве объектов управления виртуальные имитационные модели подсистем в реальном времени, модели алгоритмов управления. И наконец, на завершающей стадии разработки и сертификации изделия – интеграция систем самолета для их валидации и строительства (полунатурного стенда самолета) и организация ускоренного процесса сертификации с предварительной отработкой зачетных испытаний на стенде. Описанная технология инжиниринга систем самолета может заменить традиционный основанный на документах и физических испытаниях процесс разработки изделий.

Ни для кого не секрет, что разработка конструкции тесно связана с ее прочностным обеспечением, который определяет ее вес, жесткость, прочность, долговечность и т.д. Вместе с этим это все связано с накопленными десятилетиями в ОКБ методиками, ноу-хау и результатами гигантского числа экспериментов главным образом, находящиеся в головах конкретных исполнителей. В условиях цифрового проектирования эта информация продолжала оставаться опять же в сотнях документов и нормативных инструкций. Задача капитализации этих бесценных знаний, преобразование их в форму электронных руководств или еще лучше автоматизированных процедур, объединяющих инструменты, данные и процессы, является ключевой с точки зрения сокращения сроков и повышения эффективности разработки конструкции.

Прочностное сопровождение разработки конструкции планера заключается в двух задачах: подбор исходных параметров силовой схемы планера (сечений стрингеров, толщин панелей, распределения и укладки слоев для композиционных узлов и т.д.) на этапах аван- или эскизного проекта и поверочный прочностной расчет конструкции с выходом на сертификацию по результатам рабочего проектирования. Немалую важность имеет тот факт, что если изделие разрабатывается поагрегатно несколькими группами разработчиков, то анализ прочности должен выполняться по единой нормативной расчетной базе того, кто отвечает за ресурс изделия. В противном случае вопросы сертификации и в дальнейшем определения и продления ресурса задача становится неразрешимой.

В Европе наглядным примером является корпорация Airbus, где для того, чтобы минимизировать риски появления ошибок в сертификационных прочностных расчетах 10 лет назад, были инициированы работы по созданию единой компьютерной платформы для обеспечения расчета на прочность (на разработку была приглашена компания SAMTECH, теперь LMS-Samtech). На основе этой платформы были созданы программные комплексы PRESTO и ISAMI, которые обеспечили унификацию и рационализацию процессов, методов и инструментов анализа и сертификации внутри подразделений Airbus. За 5 лет система использована в программах A350, A400M, A320NEO, главным образом на этапе сертификации. [4]

Примером внедрения методов имитационного моделирования может служить и отечественный опыт ОАО «Корпорация «Иркут» по внедрению программы AMESim. В программе AMESim была создана модель гидравлической системы. В модели заданы реальные длины и диаметры трубопроводов, их массы и площади поверхностей. В состав модели включены: насосная станция, гидравлические приводы,

фильтры, сервоклапаны, баки и система управления. Так же учтены термогидравлические свойства рабочей жидкости и материала трубопроводов. В модели были заданы несколько режимов работы гидравлической системы: момент пуска системы в активном режиме потребителей, момент пуска системы в пассивном режиме потребителей, работа всей системы при минимальных и максимальных температурах. Благодаря этому была проверена работоспособность системы на начальном этапе проектирования до испытания на стенде, даны рекомендации по корректировке параметров работы отдельных элементов гидросистемы.

Выводы: применение имитационного моделирования при проектировании позволяет существенно сократить сроки и бюджет программы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Кирпичев, И.Г.* Основы стратегии формирования конкурентных преимуществ российской авиационной техники на современном этапе. 2-е изд., доб. и испр. / И.Г. Кирпичев, А.А. Кулешов, В.С. Шапкин – М.: Воздушный транспорт, 2007. 336 с.
2. Отчет Минпромторга РФ за 2004–2013 гг. в авиастроении, январь 2013 года. URL: www.minpromtorg.ru
3. SAE ARP 4754A. Aerospace recommended practice. Guidelines for development civil aircraft and systems (Рекомендации по проектированию воздушных судов гражданского назначения и их систем)
4. Материалы журнала Aviation Week, Авиаобзорение.
5. Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / Гл. ред. А.Г. Братухин. – М.: ОАО «НИЦ АСК», 2008. 608 с.
6. Управление исследованиями и разработками в российских компаниях. Национальный доклад. – М.: Ассоциация менеджеров, 2011. 80 с.
7. *Судов, Е.В.* Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. – М.: ООО «Издательский дом «МВМ», 2003. 648 с.

MANAGEMENT OF DEVELOPMENT THE AIRCRAFT EQUIPMENT WITH THE USE OF SIMULATION MODELING OF PRODUCTION PROCESSES

© 2014 S.V. Gromov

JSC Irkut Corporation, Moscow

Are considered the state and prospects of development the methods of management by the program of development of a product in aircraft industry. The modern V model of projection processes of a life cycle is offered. The modern technologies of projection a product in aircraft industry are described. The example of simulation modeling of production processes is presented.

Key words: *model, life cycle, management, V process of projection, strategy, simulation modeling, production process*