

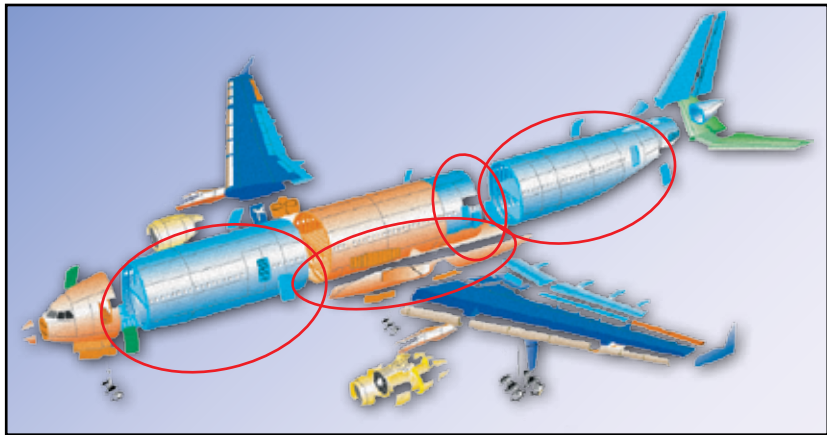
Особенности проектирования самолетов в AIRBUS: реализация программы A350XWB

Подход к процессу проектирования, используемый компанией AIRBUS, не является чем-то уникальным и сходен с процессами, используемыми другими крупными разработчиками авиационной и космической техники. Однако этот процесс (поступательное развитие проекта с прохождением так называемых "Ворот" (Gates) – этапов развития проекта) в достаточной степени отличается от практики, применявшейся в СССР и регламентируемой ГОСТами и другими нормативными документами (с разделением на аван-проект,

эскизный проект, рабочий проект и т.д.), и с этой точки зрения представляет интерес для специалистов в области авиастроения. Подобный подход используется и для создания новейших отечественных самолетов, таких как SSJ-100 и MC-21. Часть проектных работ по созданию дальнемагистрального широкофюзеляжного авиалайнера A350XWB осуществляет Инженерный центр AIRBUS в России (ИЦ ИКАР), созданный в 2003 году. В статье описаны этапы, где инженерами центра получен реальный практический опыт.



Первым этапом работ как по созданию новой модели самолета, так и по глубокой модификации существующей модели является определение возможности выполнения поставленных задач и достижения заданных характеристик изделия (Feasibility stage). Если обратиться к отечественной практике, этот этап представляет собой как бы объединение стадий формирования и выпуска ТЗ с последующей за ними разработкой аванпроекта. Естественно, что начальная фаза формирования ТЗ является абсолютной прерогативой AIRBUS, а вот к последующей стадии могут привлекаться и другие участники.



Одним из результатов данного этапа является создание мастер-геометрии самолета: теоретических обводов, теоретических поверхностей стрингеров, шпангоутов, балок пола и прочее, а также первая проработка основных узлов будущего самолета.

Отдельным важным для последующих работ результатом данной стадии является выпуск Руководства для конструктора (Design Principles). В данном документе содержится набор правил, которыми должен руководствоваться конструктор, как простейшие (например, допустимый шаг заклепок, минимальное расстояние от заклепки до края листа), так и более сложные (например, необходимая коррозионная защита для различных зон фюзеляжа). Руководство охватывает все основные вопросы, возникающие при конструировании, и состоит из нескольких томов.

В качестве аналога данного документа можно рассматривать Руководство для конструкторов, выпущенное ЦАГИ (автору в его практике попадалось только РДК 1933 года, которое использовалось в отечественных ОКБ, как минимум, до середины 90-х годов прошлого века), новые рекомендации ЦАГИ, ВИАМ, НИАТ и других отечественных институтов, а также опыт, приобретенный при реализации предыдущих разработок и аккумулированный в различных КБ.

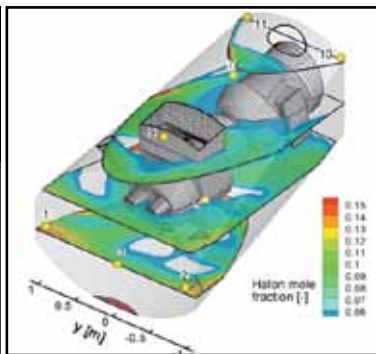
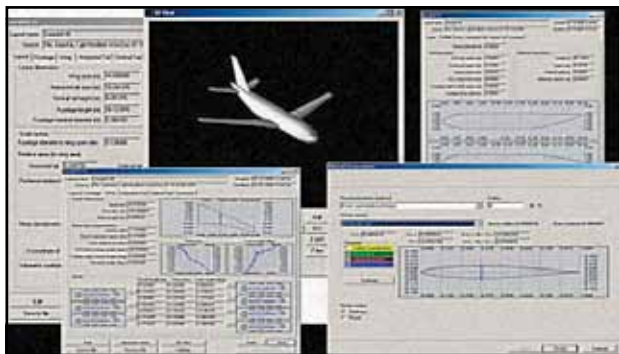
Надо отметить, что AIRBUS выпускает руководство Design Principles для каждой новой программы. Во многом, что вполне естественно, документ имеет преемственность с предыдущими программами, но в каждом новом присутствуют все инновации, предполагаемые к использованию именно в данной конкретной программе. Для самолета A380, например, это правила конструирования с применением GLARE-материала (многослойного материала, состоящего из листов алюминия и стеклоткани и имеющего уникальные характеристики по усталостной прочности), правила моделирования панелей с учетом новой технологии – лазерной сварки для алюминиевых конструкций и другие. Для A350XWB – работа с композиционными материалами, новыми алюминий-литиевыми сплавами и прочее.

Все рекомендации, изложенные в данном документе, основаны на имеющемся опыте разработки и эксплуатации предыдущих моделей самолетов, данных натурных испытаний образцов конструкции, новых ре-

зультатах научных разработок, новых освоенных технологиях производства и являются обязательными к использованию для каждого конструктора.

Отдельно следует остановиться на вопросе методик расчетов на прочность. Известно, что для программы A350 XWB используется много инноваций: это и широко применяемые новые материалы (композиты, сплавы), и технологические подходы, и новые организационные принципы (партнеры, разделяющие коммерческие риски), и единые для всей компании AIRBUS основные программные продукты конструктора (CATIA V5 + ENOVIA VPM от компании Dassault Systemes) и т.д. Кроме того на A350XWB впервые используется единый новый программный продукт для расчета на прочность – ISAMI, созданный на платформе компании SAMTECH. Заложенные в нем методики расчета основываются на результатах многолетних исследований, предшествующих началу программы, а также испытаний экспериментальных образцов (например, для фюзеляжа A350XWB были изготовлены две “бочки”, сходные по конструкции с будущим фюзеляжем) и являются “ноу-хау” AIRBUS. Конечно, при проектировании наиболее сложных мест создаются местные конечно-элементные модели, с помощью которых исследуется данная зона, но в большинстве случаев разработанные методики и программные продукты существенно уменьшают время, необходимое на проведение анализа, позволяют намного легче модифицировать конструкцию по сравнению с тем, как если бы для этого использовалась КЭ-модель. При этом создание и совершенствование программного продукта и заложенных в него методик происходят параллельно с созданием самой конструкции, что вносит дополнительные сложности в процесс разработки конструкции, а иногда приводит и к движению назад, когда дополнительные факторы, необходимость учета которых определяется новой редакцией методики расчета на прочность, приводят к снижению допускаемых напряжений.

Подключение ИЦ ИКАР к программе A350XWB произошло на этапе разработки концепции самолета. Надо сказать, что разработка концепции (Concept phase) во много раз по объему работ превышает принятый у нас этап эскизного проектирования. Начинается она с создания “грубого” трехмерного макета и сопровождается разработкой нескольких вариантов конструктивных решений каждого узла, находящегося в зоне ответственности исполнителя.



пор, пока минимально допустимые параметры прочности, а еще лучше равнопрочность конструкции, не будут достигнуты.

Основное внимание специалистов ИЦ ИКАР в программе A350XWB всегда было приковано к проектированию углепластиковых шпангоутов и достигающих по длине

После выбора концепции процесс плавно переходит в следующую фазу – фазу определения конструкции (Definition phase), где концепция уточняется, детализируется, сопровождается большим объемом прочностных расчетов, подтверждающих рассматриваемые варианты. Эта фаза сопровождается плотной работой с будущими производителями компонентов, сборочным производством и заканчивается созданием подробного, детализированного трехмерного макета, где геометрия, толщины, способы обработки и изготовления деталей, количество и тип крепежа, порядок выкладки слоев в композиционном материале и прочее подтверждены полноценным анализом прочности конструкции.

Этап разработки концепции и последующая фаза определения конструкции для программы A350XWB были сложными и длительными и подразделялись на несколько подэтапов, в конце каждого из которых происходило рассмотрение и утверждение конструкции всеми вовлеченными в процесс сторонами. Кроме того, ИЦ ИКАР, в ответственность которого попали стыки (панелей секции фюзеляжа, балок пассажирского и грузового пола с панелями фюзеляжа, соединение зацентропланной секции фюзеляжа с гермоднищем и хвостовой секцией), для каждого подэтапа выпускал так называемые интерфейс-чертежи, “замораживая” зону стыка (толщины, геометрию и т.д.) для всех соединяемых элементов конструкции и систем.

Каждый подэтап начинался с выпуска AIRBUS новой “глобальной” КЭ-модели (то есть достаточно грубой модели всего самолета, которая предназначена исключительно для определения внутренних усилий в конструкции), где учтены все уже выполненные изменения в конструкции. Даже без изменения внешних нагрузок, что тоже случается и нередко, а только за счет изменения соотношения жесткостей в модели это приводит к перераспределению внутренних силовых факторов и, как результат, к перераспределению нагрузок на элементы конструкции. В дополнение к этому AIRBUS определяет зоны, где запасы прочности должны быть выше, чем в остальных частях, и уточняет их на каждом подэтапе (RF Mapping).

Затем следует прочностной расчет обновленной конструкции с учетом тех изменений, которые внесли конструкторы. Далее прочност и конструктор совместно определяют, что и как надо изменить, чтобы обеспечить требуемую прочность. Эта процедура повторяется до тех

почти 14 метров панелей обшивки секции фюзеляжа, интегрированных с омегаобразными и Т-образными стрингерами. Сами панели не входят в зону ответственности ИЦ ИКАР, но на начальном этапе инженерами центра было рассмотрено и предложено множество различных выкладок слоев композита, толщин, схем организации зон перехода для мест стыка как шпангоутов, так и обшивок.

Надо сказать, что переход от металлических обшивок к углепластиковым, изготавливаемым с помощью специальных машин (ручная выкладка на AIRBUS практически не применяется, так как не гарантирует стабильного качества изделия), где с помощью программы определяется каждый единичный слой композита, породил дополнительную проблему. Так, например, такие работы, как модификация трехмерной модели металлической панели или силового фрезерованного шпангоута для изменения величин углублений, толщины кармана или стенок или организация локальных утолщений для обеспечения прочности, никогда не представляли для конструкторов уж очень сложную задачу. В случае же с композиционной панелью возможности модификации существенно ограничены. Часто появляется необходимость разрабатывать совершенно новый порядок выкладки слоев и толщин в композите, а с учетом разнородных требований, определяемых разными нагрузками, действующими на элементы конструкции, приходится и просто заново создавать трехмерную модель, что существенно уве-



Станок для изготовления листов из композиционного материала

личивает цикл разработки. Поэтому даже на этапе концепции и особенно на ее завершающих стадиях внесение изменений в указанные элементы является очень болезненным. А даже небольшая модификация на поздних этапах может привести к колоссальным затратам, связанным с переделкой не только самой панели, но и оснастки (пресс-формы) для ее изготовления.

Другим фактором, усложняющим работу конструктора, является формирование требований производства. Переход на новые материалы – это еще и в определенном смысле “отбрасывание” положительного промышленного опыта, накопленного на предыдущих программах и позволившего достичь производительности по дальнемагистральным самолетам размерности A350XWB, изготавливаемым в количестве 5-7 самолетов в месяц. В результате требования появляются тоже параллельно с разработкой конструкции, а иногда и запаздывают. Окончательно все вопросы будут решены, наверное, только после получения практического опыта, приобретенного в ходе строительства нескольких первых самолетов.



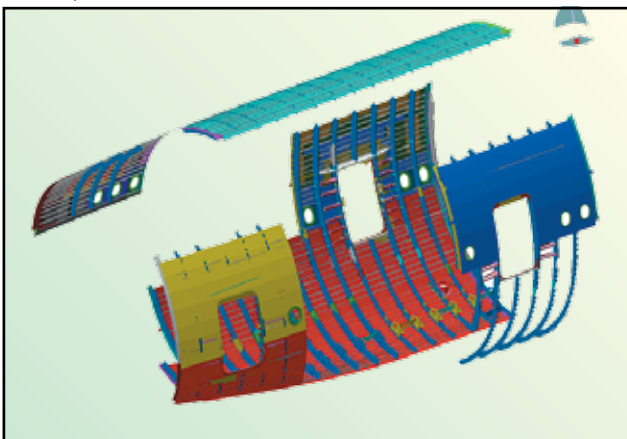
Кабинет виртуальной реальности на заводе Airbus в Гамбурге

Наиболее ответственным для конструкторского центра является этап выпуска конструкторской документации. Этот этап сопряжен с определенными трудностями, связанными с внедрением на AIRBUS идеи параллельного проектирования (Concurrent engineering). В его основе лежит принцип, согласно которому активность по одной фазе проекта начинается не после завершения предыдущей, а до нее – как бы с “перехлестом”. Цель очевидна – сокращение сроков разработки, а основная трудность заключается в том, что еще до завершения отдельных этапов партнер-соисполнитель (например, производство или конструкторы самолетных систем) начинает свою работу, основываясь на полученной конструкции, которая, по его мнению, уже не должна меняться. А это бывает трудно обеспечить при еще незавершенном собственном этапе разработки.

Конечно, только в теории работы по всем проектам (например, в рамках одной секции фюзеляжа) идут параллельно. На практике кто-то обязательно опаздывает, где-то не могут вовремя выбрать поставщика и т.п. Тот, кто опаздывает, часто заставляет вносить изменения в уже всеми одобренные технические решения.

Несмотря на все существующие сложности проделана огромная работа по первой модификации самолета A350-900 и начата работа по следующим моделям – A350-800 и A350-1000. Впереди у AIRBUS и его российского подразделения – Инженерного центра ИКАР наиболее ответственные этапы: производство первых самолетов, первый полет и сертификация.

С. Ю. Виноградов,
руководитель проекта по разработке элементов
конструкции планера самолета A350XWB,
Инженерный центр ИКАР



Со второй частью фазы определения конструкции (Definition phase, раньше ее называли Development phase) начинается этап окончательного определения конструкции, который включает в себя на начальном отрезке окончательное определение трехмерного макета, а затем выпуск всей конструкторской документации. Далее следуют этапы производства деталей, сборки секций и окончательной сборки самолета и летных испытаний. От ИЦ ИКАР эти фазы потребуют поддержки производства первых экземпляров, выполнения работ по сертификации и сопровождения вплоть до начала эксплуатации самолетов в авиакомпаниях.