

РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И КОНСТРУИРОВАНИИ АГРЕГАТОВ САМОЛЕТА

В современном авиастроении выделяются два основных направления развития. Это – повсеместное внедрение информационных технологий, благодаря которым обеспечивается технологическая надежность производства и эксплуатации и существенно снижаются трудозатраты на проектирование, конструирование и подготовку производства, и это – расширяющиеся объемы применения композитов, за счет чего повышается общая экономическая и техническая эффективность самолетов и других летательных аппаратов.

Ни по одному направлению авиастроения не написано столько, сколько по использованию информационных технологий, что, очевидно, обусловлено необходимостью научно-технического сопровождения этого процесса и пониманием безальтернативности этого пути развития авиации в эпоху глобализации, автоматизации и роботизации.

Анализ процессов внедрения информационных технологий и их перспективы позволяет выделить три этапа на пути создания информационного пространства разработки, производства и эксплуатации авиационной техники.

1. Описание и хранение всей геометрии летательного аппарата и его агрегатов и их компонок, формирование управляющих программ для станков с ЧПУ для изготовления штампов, пуансонов и других технологических компонентов производства.

2. Проектирование и конструирование с использованием информационных технологий имеющегося уровня, создание адаптивных систем и методов, учитывающих постоянное развитие и совершенствование информатики.

3. Самоорганизующиеся и саморегулирующиеся системы разработки, производства и эксплуатации самолетов и других летательных аппаратов.

На первом этапе при проектировании и конструировании, в производстве и эксплуатации использовались свои сегменты информационных технологий. Это привело к местному и временному успеху и позволило разработчикам понять перспективность этого направления и убедить их в его эффективности. Сокращается время на оформление конструкторской и технологической документации, обеспечивается оперативный и надежный обмен информацией всеми участниками жизненного цикла изделия, исключаются некоторые составляющие подготовки производства, но при этом сохранился императив конструкции (аэродинамический облик, конструктивно-силовые схемы, применяемый крепеж и т. п).

Все необходимые программы, аппаратная и инструментальная части создавались для решения изолированных задач проектирования, конструирования, производства и эксплуатации самолетов. Этот этап заканчивается тем, что повышение эффективности от использования информационных технологий приближается к асимптоте.

Второй этап, успешно реализующийся в западном авиастроении, характеризуется тем, что детали, агрегаты и летательные аппараты в целом проектируются и конструируются таким образом, чтобы их можно было производить в современных информационных средах, т.е. ищутся такие конструктивно-технологические решения, которые максимально приспособлены к существующему уровню информационных технологий. Стоимость продукции образуется при производстве, поэтому этот этап можно отнести к императиву технологии. В качестве успешных конструктивно-технологических решений можно отметить резкое сокращение количества нервюр крыла за счет применения вафельных панелей обшивки; исключение из циклов подготовки производства и сборки шаблонов, рубильников и т.п. за счет применения жестких панелей обшивки и элементов каркаса, устанавливаемых в сборочном приспособлении в требуемом взаимном положении по нескольким дискретным упорам с помощью вакуумных фиксаторов и отличающихся тем, что их перемещения под собственным весом не превышают допустимых значений, например разрешаемых искажений аэродинамического профиля; применение стыковых фланцевых шпангоутов, не деформирующихся при фиксации отсеков фюзеляжа по нескольким упорам и др.

В классическом понимании такие конструкции могут быть тяжелее, но полная совокупность всех параметров самой конструкции и технологии ее производства является оптимальной с позиции более общего, глобального критерия проектирования. Некоторая компенсация утяжеления конструкции имеет место за счет того, что информационные технологии позволяют использовать для расчетов более точные модели и этим обеспечиваются минимальные запасы прочности по всему объему и по всем деталям. Информационные технологии, применяемые в условиях эксплуатации, позволяют предотвращать нерасчетные перегрузки конструкции, чем снижается величина коэффициента безопасности. В конечном счете конструкция, разрабатываемая с учетом требований информационных технологий, будет легче и надежней.

На этом этапе все составляющие комплекса разработки самолета, начиная с аэродинамического проектирования и заканчивая эксплуатацией, разрабатываются и реализуются с максимально полным учетом особенностей интегрированного производства и информационных систем.

Третий этап характеризуется тем, что проектирование, конструирование, производство и эксплуатация являются сегментами

единой информационной системы, функционирующей по единым правилам и моделям, а не по правилам для каждого компонента. При таком подходе осуществимо безлюдное производство с самой широкой кооперацией как в пределах одной страны, так и в содружестве многих стран. На этом этапе особую значимость приобретут технология и процессы изготовления деталей, подсборок и цельных агрегатов, а технология сборки как научная и учебная дисциплина перестанет существовать самостоятельно и станет частью конструирования.

Отечественное авиастроение находится на первом этапе использования информационных технологий. С их помощью и на их основе разрабатывается и оформляется конструкторская документация в ее традиционном содержании, автоматизируется изготовление плазов, шаблонов, штампов, рубильников и других устройств для обеспечения точности и взаимозаменяемости и снижения трудоемкости подготовки производства, которая составляет значительную часть себестоимости самолета. Трудозатраты уменьшились, а ожидаемого экономического и технического эффекта не получилось. Для этого необходимо исключить из производственной цепочки целые, наиболее трудоемкие и дорогие звенья, что возможно только путем изменения подходов к проектированию и конструированию деталей и агрегатов летательного аппарата, причем таким образом, чтобы большинство сборочных операций подлежали автоматизации (роботизации).

Проектирование – это удовлетворение потребностей человека, организации, общества, поэтому информационные технологии в виде программных комплексов позволяют проанализировать варианты реализации потребности с учетом большинства факторов обеспечения безопасного функционирования изделия на весь срок эксплуатации, удовлетворения требований эргономики и дизайна и реализации имеющихся возможностей производства и стимулирования его совершенствования. При этом нельзя забывать об аспектах безопасного хранения по истечении срока службы и утилизации. Информационные технологии позволяют работать с критериями проектирования высшего порядка, т.е. с целевыми функциями, значимыми для общества, страны или человечества в целом, а не с частными критериями типа минимума массы, равнопрочности, минимума стоимости того или иного комплекса технологических операций и т.д.

Конструирование – это удовлетворение требований и возможностей производства и информационные технологии, которые дают возможность интегрировать процессы разработки конструкции и изготовления в целях достижения экстремума частного критерия проектирования, количественно увязанного с глобальным (общим) критерием. При конструировании деталей, узлов и агрегатов самолета, особенно компоновки внутренних объемов, удовлетворяются большинство требований технического задания – функциональные,

эргономические, дизайнерские, технологические, эксплуатационные и т.п. Эффективное решение этих исключительно сложных задач возможно только с широким использованием информационных технологий.

Производство – это стабильно качественное изготовление деталей и сборка агрегатов и летательного аппарата в целом. Здесь информационные технологии служат инструментарием для автоматизации и перехода к безлюдному производству, обеспечивают эффективную логистику в условиях широкой кооперации и специализации, позволяют исключить из технологической цепочки ряд трудоемких операций, обосновывают требования к необходимому технологическому оборудованию и др.

Эксплуатация – это обеспечение надежного и безопасного функционирования изделия на протяжении всего проектного срока службы. Информационные технологии позволяют оперативно и автоматически считывать и анализировать информацию с диагностических и информационно-измерительных систем и обосновывать мероприятия по предотвращению нештатных ситуаций, обеспечивают своевременное проведение осмотров и профилактических работ, управляют заказом и доставкой материалов и запасных частей в нужное место и в назначенное время и т.п. Изделие необходимо конструировать так, чтобы эксплуатационные издержки были минимальными.

Эффективные экономические, технические и временные решения фундаментальных задач проектирования, конструирования, производства и эксплуатации, перечисленных выше, практически невозможно без привлечения информационных технологий, которые, будучи цифровыми, накладывают ряд ограничений как на исходную конструкторскую документацию, так и на все технологические операции, оснащение и оборудование. Широко применяемый плазово-шаблонный метод сборки и увязки основан на фиксации панелей обшивки по контуру (по линии), а для цифровых технологий характерно управление по дискретным точкам. Для установки, например, панели обшивки в сборочное приспособление (станель) с помощью дискретных точечных упоров (рисунок) необходимо, чтобы прогиб панели между упорами под собственным весом не превышал допустимых величин, т.е. изгибная жесткость обшивки и количество и расположение упоров являются взаимозависимыми. Так как обеспечение контакта панели и упора осуществляется чаще всего вакуумными прижимами, которые имеют определенные габариты, то упоры, задающие контур, не могут быть расположены часто, тем более, что чем их больше, тем сложнее и ненадежнее система управления ими в интегрированной компьютерной технологии.

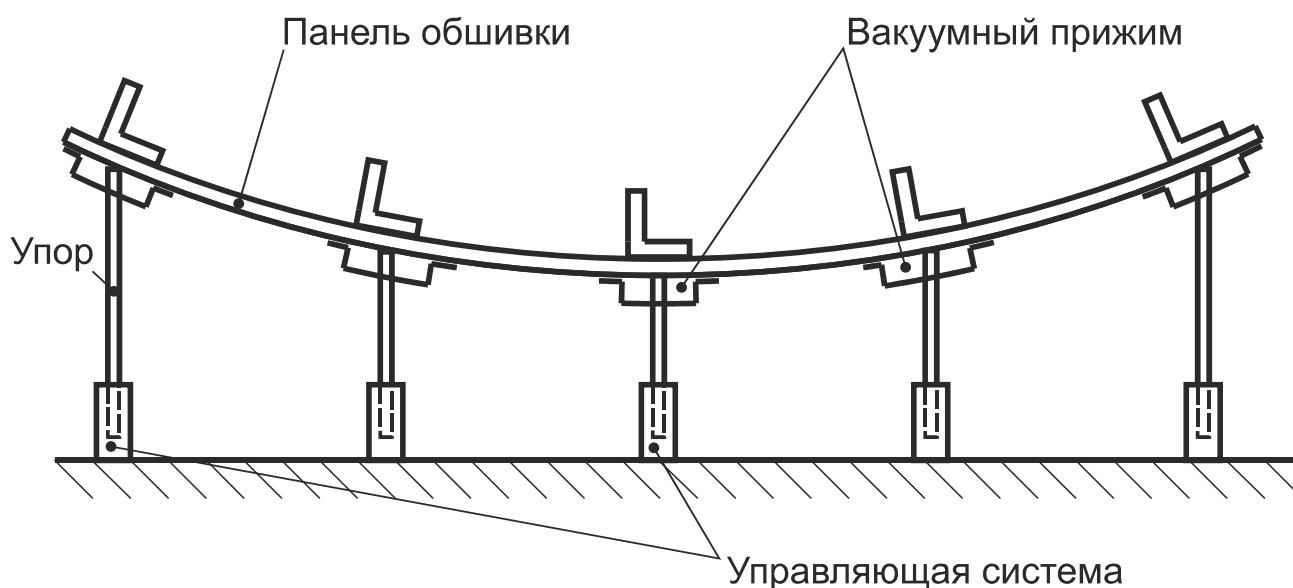


Схема установки панели обшивки в сборочное приспособление по упорам

Из этого простого примера видно, что панели обшивки должны проектироваться и конструироваться с учетом информационной технологии сборки агрегата, т.е. иметь достаточную жесткость и гладкую без отверстий и вырезов обшивку в местах прижима.

При таком подходе сборочное приспособление (стапель) может быть использован для изготовления нескольких аналогичных агрегатов, для чего управляющая система регулирует упоры соответствующим образом, и, самое главное, из технологической цепочки исключаются изготовление и установка рубильников и устройства для прижатия обшивки панели к ним.

Кроме того, панель и рубильники имеют неизбежные погрешности изготовления и тогда вопросы обеспечения точности становятся стохастическими и характеризуются определенной вероятностью, а это не соответствует основной концепции использования информационных технологий – стабильности качества.

Аналогичным образом могут быть установлены и зафиксированы элементы каркаса – лонжероны, стенки, нервюры и т.п., а применение одностороннего крепежа решает проблему автоматизации сборки крыла.

Таким образом, наиболее полная реализация преимуществ современных информационных технологий возможна тогда, когда проектирование осуществляется по критериям, учитывающим максимум социально значимых факторов (экономику, экологию, наличие и квалификацию персонала и др.), при конструировании решаются все задачи технологии сборки узлов, агрегатов и летательного аппарата в «цифровых» сборочных приспособлениях (стапелях), производство организуется на основе фундаментальных принципов специализации и кооперации в условиях максимальной автоматизации изготовления

деталей и сборки узлов и агрегатов, а эксплуатация осуществляется на основе встроенных систем компьютерной диагностики технического состояния конструкции и систем самолета с восстановлением несущей способности и функций на специализированных предприятиях в строго оговоренных местах и сроках. Сказанное может рассматриваться как концепция организации разработки и производства самолетов в информационном пространстве.

Удовлетворение перечисленных выше требований требует внесения значительных корректив в классическое содержание этапов проектирования и конструирования, когда формируется основа для реализации информационных технологий. Предлагаемые изменения сформулированы в виде следующих практических рекомендаций:

а) по проектированию:

- удовлетворение дополнительных ограничений по жесткости на проектные параметры конструкции, чтобы перемещения под собственным весом и присоединяемых деталей и подборок при опирании на дискретные точечные упоры не превышали допустимых величин отклонения от заданного контура (обвода);

- использование конструктивно-силовых схем с минимальным количеством элементов каркаса, требующих для их изготовления штампов, обтяжных пуансонов и т.п. Например, резкое сокращение количества рядовых нервюр крыла и оперения за счет применения вафельных панелей обшивки, крепящихся к силовым нервюрам, на которые устанавливаются также узлы навески элементов механизации и управления. Особо это важно для конструкции нервюр из композитов, когда многочисленная оснастка для их формования задействована в течение суток;

- применение конструктивно-силовых схем с максимально детерминированными функциями и нагружением их элементов. Это повышает достоверность расчетов на прочность, а значит, ведет к снижению массы и значительно облегчает диагностику и восстановление работоспособности. Примерами такого подхода могут служить лонжеронное крыло с неработающей на изгиб обшивкой или вафельные панели обшивки, устанавливаемые на продольные стенки и силовые нервюры;

- конструктивно-силовая схема формируется с учетом возможности установки и фиксации всех элементов конструкции и соответствующих внутренних систем (управления, энергоснабжения, топливная и др.) в роботизированном сборочном стапеле, функционирующем в соответствии с идеологией цифровых технологий;

б) по конструированию:

- в местах фиксации деталей и узлов вакуумными прижимами не должно быть отверстий, вырезов, перепадов толщин, подкрепляющих элементов и т.п.;

- максимально широкое применение одностороннего крепежа для облегчения автоматизации его установки при сборке конструкции;

- минимизация объема сборочных операций за счет разработки и изготовления узлов максимальной готовности, например, использование монолитных панелей обшивки вместо традиционных с приклепанными стрингерами;

- предусматривать усиления (подпятники) под упоры для фиксации агрегата или его отсеков при сборке по стыковым шпангоутам и нервюрам, которые должны быть достаточно жесткими для формирования фланцевых стыков без дополнительной обработки отверстий;

- интегрирование в конструкцию датчиков системы диагностики целостности деталей и узлов;

- обеспечение максимального соответствия конструкции и ее расчетной схемы, особенно в зонах опор, мест заделки и других нерегулярностей поля напряжений во избежание нерасчетного нагружения;

- учет требований по транспортировке узлов и агрегатов автомобильным, воздушным, железнодорожным или водным транспортом, т.е. предусмотреть возможность крепления и учесть габаритные ограничения;

- конструировать под конкретное производство с существующим уровнем информационных технологий и под конкретное сборочное приспособление, чтобы минимизировать трудоемкость и сроки подготовки производства и тем самым снизить себестоимость;

- учитывать уровень и оснащение технологий утилизации конструкции после снятия с эксплуатации, т.е. предусмотреть возможность разделения материалов и другие требования предприятий, занимающихся переработкой списанной техники.

Необходимость реализации этих рекомендаций оправдано тем, что стоимость продукции образуется в производстве, для чего из технологической цепочки следует исключить максимальное количество звеньев, особенно на этапе подготовки производства, и реализовать потенциальные возможности системы «специализация, кооперация, информатизация, автоматизация», т.е. от императива конструкции перейти к императиву производства. Ярким примером такого подхода является деятельность европейского консорциума по производству самолетов Airbus.

В эту идеологию разработки авиационной техники органично вписываются композиты и конструкции из них, позволяющие изготовить агрегаты любых необходимых габаритов с максимальной степенью интегральности и готовности к последующим операциям сборки, когда все элементы конструкции изготавливаются и собираются за одну технологическую операцию на специализированных предприятиях.

Одновременно с изготовлением возможно и целесообразно встраивать разнообразные системы диагностики целостности конструкции в процессе эксплуатации. Эффективность реализации сформулированной концепции подтверждена научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами Обнинского научно-производственного предприятия «Технология» по созданию панели обшивки крыла, опытный образец которой был представлен на авиакосмической выставке МАКС-2012.

Таким образом, синтезирована концепция разработки конструкции самолета в условиях активного внедрения информационных технологий и сформулированы основные практические рекомендации по проектированию и конструированию агрегатов летательных аппаратов из металлических материалов и композитов, направленных на повышение эффективности производства и качества продукции.

Поступила в редакцию 14.12.2012.

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Н. Король,
ГП «Антонов», г. Киев.*