



КОНКУРСНАЯ РАБОТА

**на участие в конкурсе «Авиастроитель года» по итогам 2021 года
в номинации:
«За создание новой технологии»**

**По теме: «Сквозная цифровая технология создания кабельных и
трубопроводных систем в единой информационной среде на основе
САПР МАКС»»**

Дубна, 2022

Введение

Содержание настоящего документа описывает опыт использования совокупности методов и инструментов для разработки конструкторской и технологической документации (КД и ТД соответственно), позволяющих сократить срок разработки КД за счет повышения производительности труда. Описанная далее технология разработки и изготовления бортовых кабельных и трубопроводных систем основывается на внедрении в конструкторское бюро и задействованные в кооперации заводы-изготовители единой информационной среды основывающейся на системе автоматизированного проектирования (САПР) «МАКС», разработанной АО «ОКБ «Аэрокосмические системы».

Описание работы

Этапу разработки КД для изготовления составных частей бортовой кабельной сети (электрические жгуты, распределительно-коммутационные устройства, модульные конструкции стеллажей бортового оборудования, приборных досок кабины экипажа, рабочие места операторов) и трубопроводных систем предшествует масштабный этап разработки документации, определяющий состав и принцип работы всех функциональных систем конечного изделия, формирующий структуру и конструкцию кабельных и трубопроводных систем. С целью повышения эффективности использования времени, затрачиваемого на разработку обоих описанных этапов, часто выполняющихся в кооперации с различными предприятиями (от единиц до нескольких десятков), был проведен комплекс организационных и методологических работ для обеспечения сквозного электронного проектирования, объединяющего разработку КД функциональных систем основного изделия, КД для изготовления кабельных и трубопроводных систем, ТД, необходимой для изготовления и проверки (в том числе в объеме приемосдаточных испытаний), разработанных изделий.

Разработка КД методом сквозного проектирования с применением единой информационной среды, состоящей из САПР различного назначения (трехмерного моделирования, тепловых и прочностных расчетов, сопровождения жизненного цикла) позволяет уменьшить трудоемкость

разработки, ускорить процедуру внесения изменений в КД, выполнять инженерные расчеты (прочностные, тепловые, электротехнические) с использованием электронных моделей изделий параллельно с разработкой КД, сократить время выполнения технологической подготовки производства, структурировать и сохранять получаемые в процессе изготовления и проведения испытаний результаты. Метод сквозного проектирования заключается в передаче данных и результатов каждого этапа разработки на последующие этапы с набором технических данных, что позволяет избежать повторную обработку одной и той же информации различными службами, контролировать и оперативно устранять ошибки и корректировать КД, разрабатываемую различными подразделениями.

Дополнительно в рамках единой информационной среды создана и сопровождается единая база компонентов изделий и материалов (включая электронные модели), используемая одновременно во всех интегрированных на предприятии САПР. База компонентов содержит характеристики каждого элемента и материала, например: масса, электрические параметры, стойкость к внешним воздействующим факторам, срок службы, категория качества и прочие данные, указанные в технических условиях (ТУ) элемента, которые сверяются на соответствие ограничениям, ранее установленным в проекте САПР. Схема использования единой базы компонентов приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема использования единой базы компонентов

Единая база компонентов позволяет минимизировать количество ошибок, связанных с отклонениями параметров одних и тех же компонентов, созданных в различных САПР, используемых отдельными подразделениями (разработчиками), а также в случае изменения характеристик изделий по причине корректировки ТУ примененных компонентов, оперативно вносить изменения во всей КД, в которой применяется этот компонент.

Последовательность основных этапов сквозного проектирования следующая: из разработанных электрических схем изделия, учитывая сформированные на первом этапе требования и ограничения, передаются данные по составу оборудования, типам материалов, с указанием технических характеристик (адреса подключения, значения электрического сопротивления проводов, масса, диаметр проводов, задействованные контакты, способы заделки проводов, данные для изготовления печатных плат) в САПР трехмерного моделирования для разработки конструкции изделий. Созданная по исходным данным модель используется для разработки документации монтажа изделий в составе изделий более высокого уровня (например, в электронной модели конечного изделия). Параллельно разработанная электронная модель передается в специализированный САПР для выполнения тепловых и прочностных расчетов. На каждом из описанном этапе выполняется необходимый объем проверок по заданным ранее условиям, по результатам которых при необходимости вносятся изменения в конструкцию. Разработанная документация в том числе электронные модели и эксплуатационная документация сохраняется в структурируемом виде в системе сопровождения жизненного цикла в соответствии с взаимосвязанностью КД согласно схеме деления изделия на составные части, разработанной также в единой информационной среде. В случае наличия модификаций конечного изделия комплекты КД разделяются в соответствии с их применимостью, что позволяет безошибочно определить состав каждого изделия или серии и сопровождать их независимо друг от друга. По завершению согласования и утверждения КД в САПР «МАКС» разрабатываются электронные документы, предназначенные для ускорения технологической подготовки на заводе-изготовителе, обеспечивающие оперативную загрузку в станки с ЧПУ, сокращающие время на технологическую проработку рутинных операций например: таблицы нарезки и маркировки проводов, схемы установки элементов на печатных платах,

программы проверки готового изделия на тестирующем комплексе для проведения предъявительских и приемо-сдаточных испытаний. На рисунке 2 приведена схема процесса сквозного проектирования с указанием четырех основных этапов: проектирование, производство, испытания, управление изменениями.



Рисунок 2 - Схема процесса сквозного проектирования

Замечания, полученные в процессе изготовления и выполнения монтажа на конечном изделии, результаты проведения испытаний оформляются в электронном виде и сохраняются в единой базе данных с привязкой к каждому исполнению изделия. Полученные данные структурируются в соответствии с их применимостью (изделие или серия), что позволяет подтверждать точность расчетов (адекватность принятых математических моделей), а также прогнозировать срок службы и возможность его продления при достижении предельного значения. Одновременно с этим единая электронная база данных позволяет оперативно получать информацию о составе (версии) всех

изготовленных и изготавливаемых изделиях, что дает возможность сократить трудоемкость корректировки КД в случае доработки изделий, находящихся на различных этапах жизненного цикла.

Стоит отметить, что на этапе задания требований и ограничений, введенных в САПР, обеспечивается автоматизированный перманентный контроль этих ограничений, который позволяет на всех этапах разработки начиная с принципиальных схем исключать использование ПКИ и материалов, не соответствующих заданным требованиям, например: стойкость к повышенной температуре и соляному туману или ограничения по массе.

Выполняемые опытно-конструкторские работы в интересах АО «Объединенная двигателестроительная корпорация», по разработке и изготовлению кабельной и трубопроводной обвязки двигателей ВК-650В, ВК-2500ПС, ПД-8, ПД-14, РД-93МА подтвердили целесообразность и эффективность внедренных в АО «ОКБ «Аэрокосмические системы» методов разработки и изготовления кабельных и трубопроводных систем. На рисунке 3 приведены фрагменты разработанных электронных моделей жгутовой и трубопроводной обвязки.

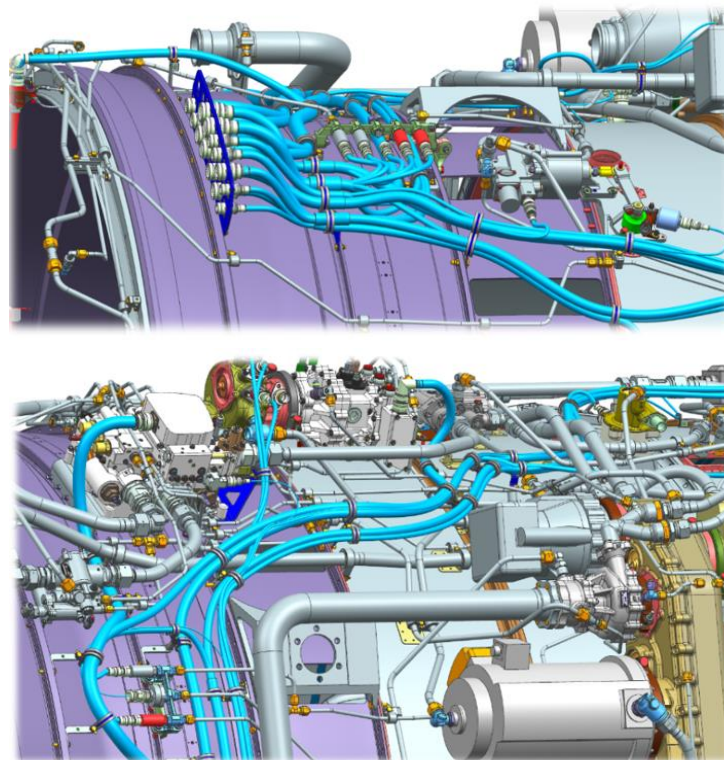


Рисунок 3 – Внешний вид жгутовой и трубопроводной обвязки двигателя

Результаты использования метода сквозного проектирования следующие: разработка взаимосвязанного полного комплекта КД жгутовой обвязки двигателей в электронном виде, изготовление жгутов и гибка трубопроводов без использования шаблонов, эталонов и макетов, монтаж на конечном изделии по электронной модели без пригонки и доработки деталей. Одним из важнейших результатов стало снижение массы кабельной обвязки двигателя ПД-14 с 55 кг до 40 кг (на 27%).

Заключение

ОКБ «Аэрокосмические системы» в настоящий момент внедрена разработанная собственными силами САПР «МАКС» вокруг которой сформирована единая информационная система. В итоге поддерживаемая и постоянно совершенствуемая единая информационная среда, обеспечивающая метод сквозного проектирования, приводит не только к улучшениям, связанным с количественными изменениями, такими как: сокращение времени разработки, снижение трудоемкости, снижения количества ошибок, снижение стоимости разработки, но также и качественным улучшениям, связанным с получением, хранением, анализом массивов данных, получаемых на различных этапах жизненного цикла, позволяющих эффективнее использовать опыт разработки и эксплуатации изделий при их ремонте, последующей модернизации, а главное при разработке новых образцов.