

## РАЗРАБОТКА, ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ И СОПРОВОЖДЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ САМОЛЁТА

© 2013 А.В. Молозин, Я.Н. Чупахин

Ульяновский филиал ОАО «Туполев» – конструкторское бюро

Поступила в редакцию 26.09.2013

В статье сделан обзор модуля Electrical Data Storage (EDS, разработка Ульяновского филиала конструкторского бюро ОАО «Туполев») и применяемых на предприятии авиастроительной отрасли технологий автоматизированного проектирования и сопровождения электрических схем, электрических жгутов бортовой кабельной сети самолета. Дается описание основных этапов разработки и проверки электросхем.

Ключевые слова: Система автоматизированного проектирования, проектирование электрических схем, проектирование жгутов, прокладка жгутов, Routed Systems Designer, Windchill, Proengineer, ECAD, EDS, Electrical Data Storage, самолет, проверка схем, контроль ошибок, ТУПОЛЕВ

### Сокращения:

PDM – система управления проектом  
 ECAD – Electronic Computer-Aided Design,  
 САПР электронных устройств  
 RSD – Routed Systems Designer  
 САПР – система автоматизированного проектирования  
 АЭ – Альбом электрических схем  
 БКС – бортовая кабельная сеть  
 ГЧ – габаритный чертеж  
 ПИВ – протокол информационного взаимодействия  
 EDS – Electrical Data Storage, разработанное  
 ПО в УФКБ ОАО «Туполев»  
 ЭКД – электронный конструкторский документ  
 ЭЧ – электронный чертеж  
 КД – конструкторская документация  
 БД – база данных

В настоящее время в Ульяновском филиале конструкторского бюро Туполев при разработке электрических схем и прокладке трасс электропроводки, проектировании жгутов бортовой кабельной сети БКС, инженеры - конструкторы используют в своей работе достаточно большое число различных баз данных (БД) и САПР систем, позволяющих автоматизировать работу предприятия на различных этапах проектирования и изготовления жгутов: системы автоматизированного проектирования (RSD, ProEngineer, CATIA и т.д.), PDM-система хранения и версионного контроля данных Windchill, базы данных БД «Жгут» и БД «ПР».

Основными и наиболее актуальными задачами являются связывание этих систем в единое целое [1], организация единого информационного пространства предприятия, единой БД, автоматизированная рассылка заданий на проведение изменений, с указанием того, что надо выполнить при изменении в электрической схеме. Это позволяет избежать избыточности данных, хранящихся в каждой из систем, уменьшить временной цикл их передачи между подразделениями не только Ульяновского филиала, но всего ОАО «Туполев», расположенных за сотни километров друг от друга, а также обеспечить непротиворечивость и своевременное обновление данных.

С этой целью в УФКБ ОАО «Туполев» разработана и производится доработка программного обеспечения, связующего ECAD и PDM систему – Electrical Data Storage (EDS). Данный связующий модуль (EDS) позволяет производить подключение к Windchill из среды RSD. В итоге это позволяет выполнять следующие задачи:

- коллективная разработка схем в едином информационном пространстве, единое хранение данных и доступ к ним, конфигурирование схем, их элементов, передача из схемного редактора данных с полным набором параметров, описывающих электрическое определение элементов схем;
- управление жизненным циклом проектов;
- электронное согласование/утверждение схем;
- автоматический контроль ошибок в схемах на основе заданных правил, снижение количества ошибок на этапе разработки схем, снижение трудоемкости при разработке электрических схем, в том числе за счет использования ранее введен-

*Молозин Александр Вениаминович, начальник бригады «Разработка технологий компьютерного моделирования оборудования». E-mail: molozin@mail.ru*  
*Чупахин Яков Николаевич, инженер-конструктор 3 категории, бригада «Разработка технологий компьютерного моделирования оборудования». E-mail: ul-sport@mail.ru*

ных данных в систему;

- автоматизированное исправление ошибок в электрических схемах из БД;
- визуализация схем, для функции проверки, просмотра;
- проведение изменений с автоматическим формированием извещений на основе сравнения версий схем, сохранение у элементов схемы истории выполненных действий над ними и учет их при формировании КД.

Теперь разработка электросхем начинается с получения технического задания, монтажных схем – Э4 и габаритных чертежей от головного отдела (рис. 1). В состав исходных данных для проектирования БКС входит утвержденная компоновка оборудования. Атрибуты элементов компоновки содержат все требования для дальнейшей разработки БКС, такие как: размеры блоков, регламентные границы трасс электропроводки, диапазоны регу-

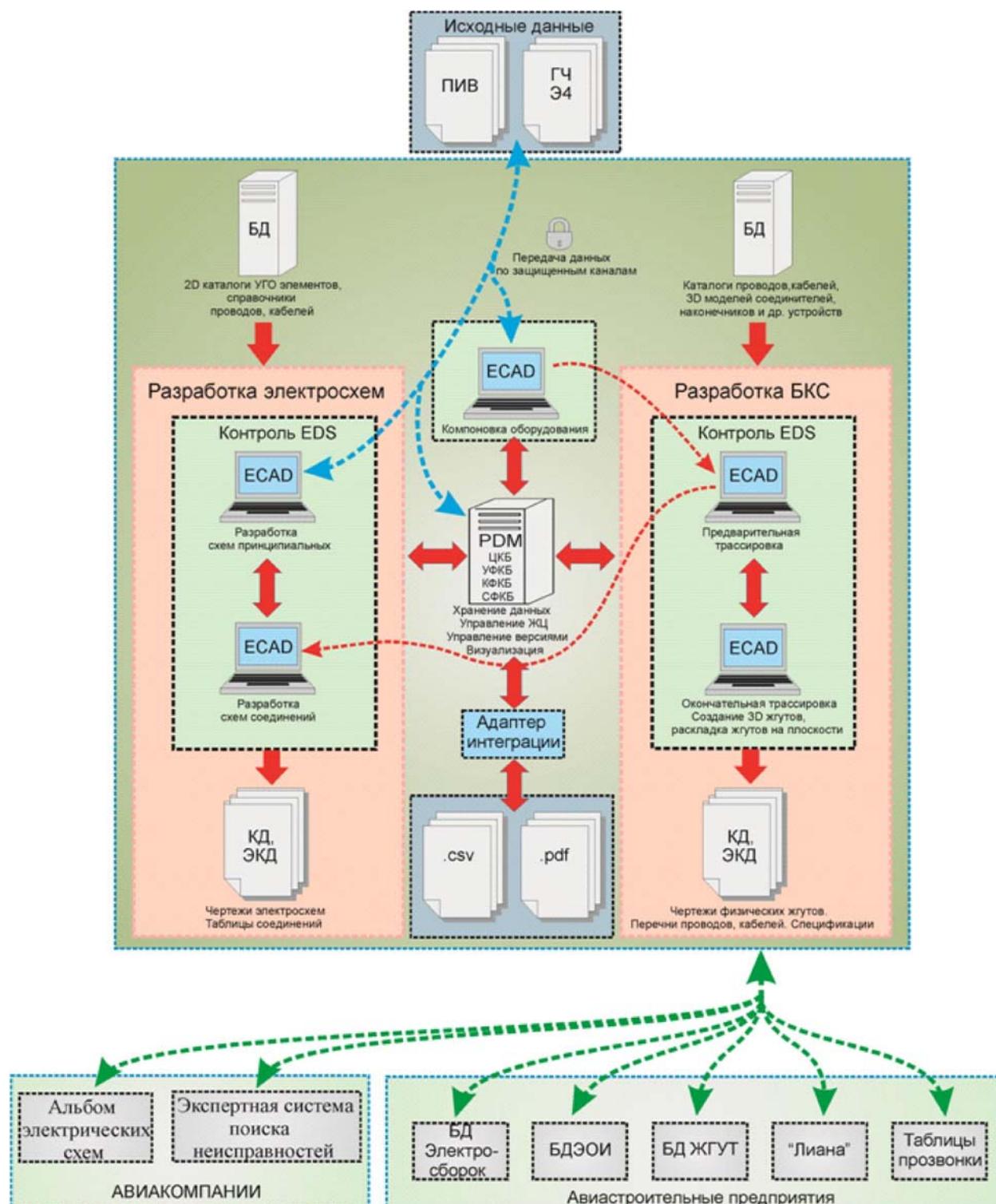


Рис. 1. Общая схема движения ЭКД с использованием модуля EDS

лирования для блоков и их основные параметры. В базе PDM формируется библиотека покупных, унифицированных и стандартных изделий. Для уменьшения сроков разработки конструктор имеет возможность практически мгновенно находить нужное изделие по обозначению, наименованию или по различным атрибутам. Жизнеспособность базы поддерживается постоянно в режиме реального времени.

Для проектирования электрических схем используется набор параметров, разработанный в УФКБ ОАО «ТУПОЛЕВ» для электрорадиоэлементов, каталоги условно графических обозначений (УГО), содержащие все необходимые условно-графические обозначения элементов, используемых для разработки электрических схем. Справочники содержат типы проводов, кабелей, соединителей и других элементов. Каталоги и справочники могут изменяться и дополняться.

Разработка электрических схем производится путем выбора из каталога необходимых УГО элементов и размещением их на поле чертежа с последующей прокладкой проводов и заполнением параметров. Каждому электрорадиоэлементу соответствует свой набор параметров, таких как место установки, позиционное обозначение и др. Часть параметров заполняется вручную, например позиционное обозначение и наименование. Часть параметров заполняется полуавтоматически из справочников - марка провода, сечение и др.

Параллельно с разработкой принципиальных схем на основе схемы размещения оборудования и габаритных чертежей, выполняется компоновка оборудования на борту и предварительное формирование трасс электропроводки. На основе полученной компоновки и предварительной трассировки выполняется разработка схем электрических соединений. Для разработки физических жгутов, создаются и поддерживаются каталоги, содержащие набор параметризованных 3D моделей соединителей, наконечников, клеммных колодок и других необходимых электрорадиоэлементов, типов проводов, кабелей, способов монтажа.

Подписание и согласование электронной конструкторской документации ЭКД на электрические схемы, электрожгуты происходит посредством PDM системы, путем введения проверяющим, либо согласующим лицом своей электронной цифровой подписи ЭЦП. В PDM системе происходит привязка извещений об изменении ИИ, предложений разработчика ПР к версиям ЭКД на электрожгуты. Каждому выпущенному ПР (ИИ) соответствует новая версия N+1 ЭКД, где N - номер последней существующей

версии электронного чертежа жгута, перечня, спецификации.

На конечном этапе разработки электросхемы, инженер - конструктор производит проверку и осуществляет сдачу на хранение в PDM систему нового проекта; программа позволяет хранить электрические схемы, их элементы (с листов схем соединений) в общей БД PDM. При сдаче на хранение чертежа осуществляется проверка (контроль ошибок) по следующим критериям:

- а) заполнение обязательных параметров;
- б) отсутствие подключения у проводов с двух концов;
- в) принадлежность элементов другим устройствам;
- г) соответствие типов;
- д) соответствие сериям действий;
- е) соответствие месту установки;
- ж) соответствие марке провода;
- з) соответствие по сечениям проводов;

В случае наличия разногласий в данных между электрической схемой и БД, конструктору выдается отчет в виде интерактивной таблицы с указанием типов ошибок в электрической схеме, разногласий с БД.

Указав в таблице элемент с ошибкой, можно перейти к фрагменту на схеме, где расположен данный элемент, что упрощает процесс устранения ошибок и разногласий. На данном этапе конструктор может принять данные из БД, что приведет к автоматическому исправлению данных в электрической схеме. Если же конструктор выгружает данные в БД, то система автоматически сформирует задания на изменения с отчетом о том, какие изменения необходимо провести в смежных схемах, всем конструкторам, чьи электрические схемы необходимо изменить.

Для поиска необходимой информации об элементах, уже использованных в других схемах и выгруженных в БД используется просмотр данных с критериями поиска: схема, бирка, марка, сечение, позиция и др.

В процессе проработки ЭКД возможно транслирование данных по электрожгутам на сервер завода-изготовителя посредством адаптера интеграции. При наличии у завода-изготовителя замечаний, есть возможность направить их в БД PDM. Данные передаются в двухстороннем порядке в виде .csv, .pdf файлов.

Таким образом, проектирование в едином информационном пространстве с использованием ПО RSD – EDS – WINDCHILL позволяет сократить время выпуска КД, производить поиск ошибок и устранять их на этапе разработки электрической схемы, что дает возможность снизить стоимость изготовления изделия и устране-

ния возможной ошибки не допустив пропуск ошибочного решения на стадию изготовления жгута в производстве.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Норенков И.П.* Основы автоматизированного проектирования. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 430 с.

### **DEVELOPMENT, ELECTRONIC REPRESENTATION AND OVERALL EXPERIENCE IN THE MANUFACTURE OF ELECTRICAL AIRCRAFT SCHEME**

© 2013 A.V. Molozin, Y.N. Chupakhin

Ulyanovsk Branch of «Tupolev» Joint-Stock Company - Design Bureau

In article module Electrical Data Storage review (EDS, working out of the Ulyanovsk branch of «Tupolev» Joint-stock company - design bureau.) and applied on the enterprise of aviabuilding branch of technologies of the automated designing and support of electric schemes, electric harness of an onboard cable network of the airplane is made. The description of the basic development cycles and check of electroschemes is given.

Keywords: Computer-aided design, CAD, design of electrical schemes, designing harnesses, Routing harness, Routed Systems Designer, RSD, Windchill, Proengineer, ECAD, EDS, Electrical Data Storage, aircraft inspection schemes, error control, error checking, Tupolev

---

*Alexander Molozin, Chief of Brigade Development of Technologies for Simulation Equipment.*

*E-mail: molozin@mail.ru*

*Yakov Chupakhin, Design Engineer 3 categories of brigade Development of Technologies for Simulation Equipment.*

*E-mail: ul-sport@mail.ru*