

---

**УДК 05.09.03**

## **Проектирование бортовой кабельной сети перспективного летательного аппарата**

В.Ю. Кириллов, А.А. Слипаченко

### **Аннотация**

Разработка бортовых систем оборудования характеризуется жесткими требованиями, предъявляемыми к весовой составляющей. Наличие этих требований обусловлено повышенной степенью детализации проекта и взаимоувязке бортового оборудования к модели отсеков проектируемого изделия. Задача поиска методов, позволяющих осуществлять сквозное проектирование электрооборудования ЛА от разработки принципиальных электрических схем до оформления трехмерных моделей жгутов в общей модели объекта и формирования комплекта документов технологической подготовки производства, является одной из наиболее актуальных при проектировании ЛА.

**Ключевые слова:** схема; жгут; бортовая кабельная сеть; методы; модель; система.

### **Введение**

Авиастроительные компании по всему миру самостоятельно разрабатывают кабельные структуры или предъявляют определенные требования к конструкторским бюро, специализирующимся на проектировании электрифицированных бортовых кабельных сетей (БКС). Разработка бортовых систем оборудования характеризуется жесткими требованиями, предъявляемыми к весовой составляющей, обусловленными повышенной степенью детализации проекта, и взаимоувязкой бортового оборудования в отсеках к модели проектируемого изделия. Задача поиска методов, позволяющих осуществлять сквозное проектирование электрооборудования ЛА от разработки принципиальных электрических схем до оформления трехмерных моделей жгутов в общей модели объекта и формирования комплекта документов технологической подготовки производства, является одной из наиболее актуальных при проектировании ЛА.

На сегодняшний день в авиастроительной отрасли существует несколько систем автоматизированного проектирования (САПР) применяемых при проектировании БКС. Все они основаны на создании единой глобальной базы данных (далее БД) применяемых

покупных изделий, формировании связей между ними и алгоритмов управления этой базой. Среди конкурентов на российском рынке САПР выделяются системы E<sup>3</sup>.series и ElectricS PRO 7 «Авиация» (разработки CSoft).

Проектирование бортовых электрифицированных систем оборудования основано на наборе жестко закрепленной последовательности этапов проектирования, проходя которые на выходе заказчик получает требуемую конструкторскую документацию (далее КД).

На первом этапе заказчиком выдается техническое задание на проектирование электрических схем и компоновку оборудования.

Второй этап связан с разработкой компоновки изделия, в процессе осуществления которой определяются места установки оборудования и трассы прокладки жгутов.

На третьем этапе конструктор разрабатывает принципиальную электрическую схему, содержащую все устройства и электрические связи, входящие в состав разрабатываемой системы и, в соответствии со стандартами предприятия, присваивает им позиционные обозначения.

На четвертом этапе последовательно осуществляется разработка схем агрегатов, схем электрических соединений, схем распайки технологических соединителей и минусовых шин. Вместе с тем параллельно разработке электрических схем ведется работа по обеспечению выполнения требований по помехоустойчивости и помехозащищенности. Это достигается путем проектирования БКС в строгом соответствии с ТЗ на разработку электрической сети конкретной самолетной системы. На этом этапе проектирования опытного ЛА происходит выбор оптимального варианта исполнения кабельной сети с учетом выполнения заданных в ТЗ требований ЭМС. Далее происходит анализ последствий невыполнения требований ЭМС и разработка мероприятий по обеспечению требований ЭМС.

Основным достоинством данного многоэтапного метода проектирования БКС является то, что он проверен временем, и на его основе разработана КД бортовой электросети ряда изделий. Недостатки заключается в том, что данный метод характеризуется строгой последовательностью этапов проектирования, и как следствие, отсутствием КД на жгуты БКС, моделей их монтажа, то есть основных рабочих документов, по которым строится ЛА.

Устранение существующих недостатков вышеперечисленных методов проектирования можно достичь за счет разработки и внедрения алгоритмов проектирования основанных на использовании САПР.

Методы проектирования БКС при помощи САПР ElectricS PRO 7 «Авиация», наиболее всего приближены к текущим многоэтапным методам и имеют следующие отличительные особенности:

- при помощи ElectriCS PRO 7 «Авиация»Pro ведется сбор, контроль и передача данных между элементами проекта;

- вся документация выдается в удобных форматах для работы со смежными предприятиями (в качестве графического редактора используется AutoCad с расширением файлов .dwg)

- для работы с ElectriCS PRO 7 «Авиация» не нужны дополнительные обучающие курсы, для тех, кто имел даже небольшой опыт проектирования электрических сетей, программа проста и понятна;

- ElectriCS PRO 7 «Авиация» разработан российскими специалистами в области программного обеспечения.

<sup>[1]</sup>Основные этапы проектирования с использованием САПР **ElectriCS PRO 7 «Авиация»** формулируются следующим образом:

1. Подготовка проекта в САПР менеджером:

- развертывание структуры документов (схем)
- развертывание структуры отсеков и жгутов
- регистрация разработчиков, назначение прав.

2. Внесение в проект ElectriCS PRO 7 «Авиация» состава электрооборудования по системе с привязкой к электрическим жгутам и указанием координат X, Y, Z соединителей.

3. Разработка принципиальной электрической схемы системы.

4. Внесение в Базу данных САПР минусовых шин и технологических соединителей.

5. Подключение минусовых проводов и экранов к минусовым шинам.

6. Разработка агрегатных схем (пультов, распределительных устройств (РУ) и коробок реле).

7. «Резка» проводов технологическими соединителями. Передача исходных данных на установку.

8. Трассировка проводов системы

9. Расчет падения напряжения в цепях (длины проводов по упрощенной 3D модели).  
Определение марок проводов, типов концентраторов и наконечников системы.

10. Выпуск электрической схемы соединений.

Основные принципы разработки схем необходимых для изготовления опытного образца и серийного производства сложных кабельных структур (схем электрических принципиальных и схем электрических соединений) заключаются в следующем.

На этапе разработки принципиальной схемы (Рис. 1) формируются модели потенциалов проектируемой системы в БД проекта ElectricCS. Создание модели потенциалов необходимо для перехода к этапу проектирования схемы электрической соединений и может не сопровождаться оформлением листов схемы.

На этапе разработки схем электрических соединений (Рис. 2), в отличие от существующей в настоящее время методики разработки КД, определяется более детальная привязка электросети систем к структуре изделия, обеспечивается большинство требований к электромонтажу. Именно на этом этапе проявляются наибольшие отличия методов проектирования электрооборудования для разных видов ЛА. Отличающиеся требования к монтажу электрооборудования для разных производств определяют формы и содержание этих документов. Так, для устройств со специальными требованиями необходимо определение наконечников проводов, пайки, уточнение способа перехода экранов кабелей через технологические разъемы и т. п. Соответственно добавление таких элементов в проект требует более детальной проработки в модели бортовой электросети.

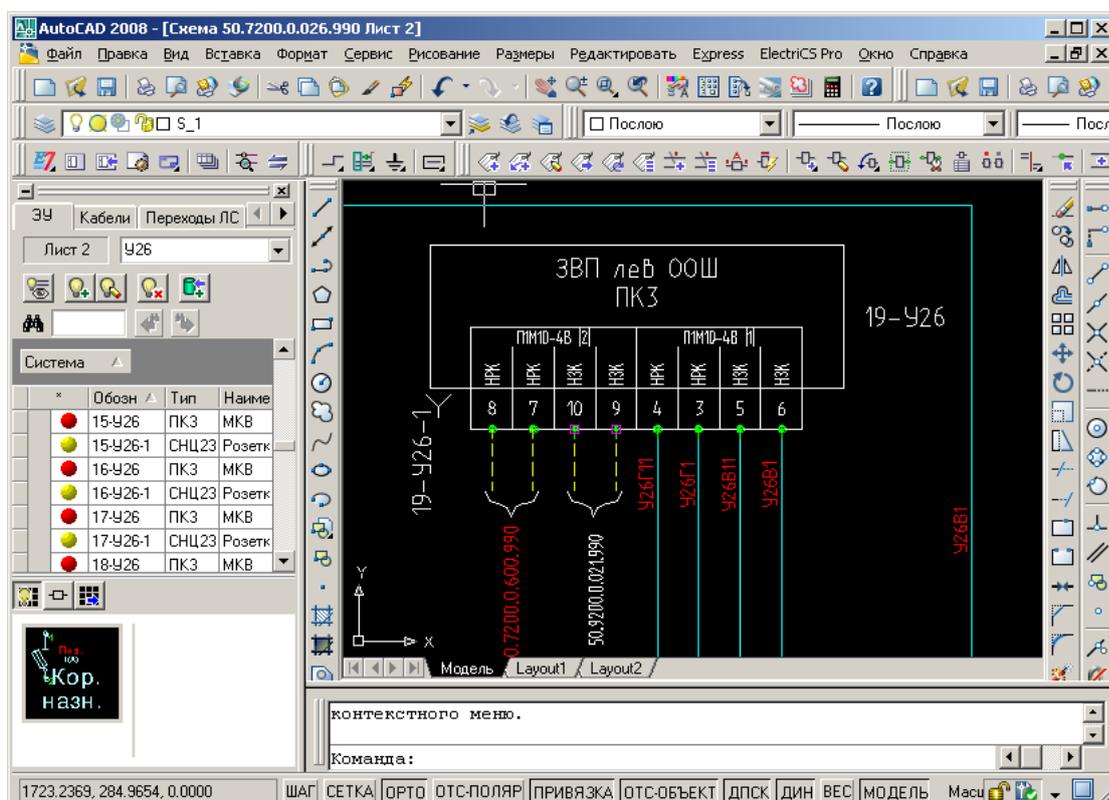


Рис. 1 – Окно менеджера-разработчика схемы электрической принципиальной

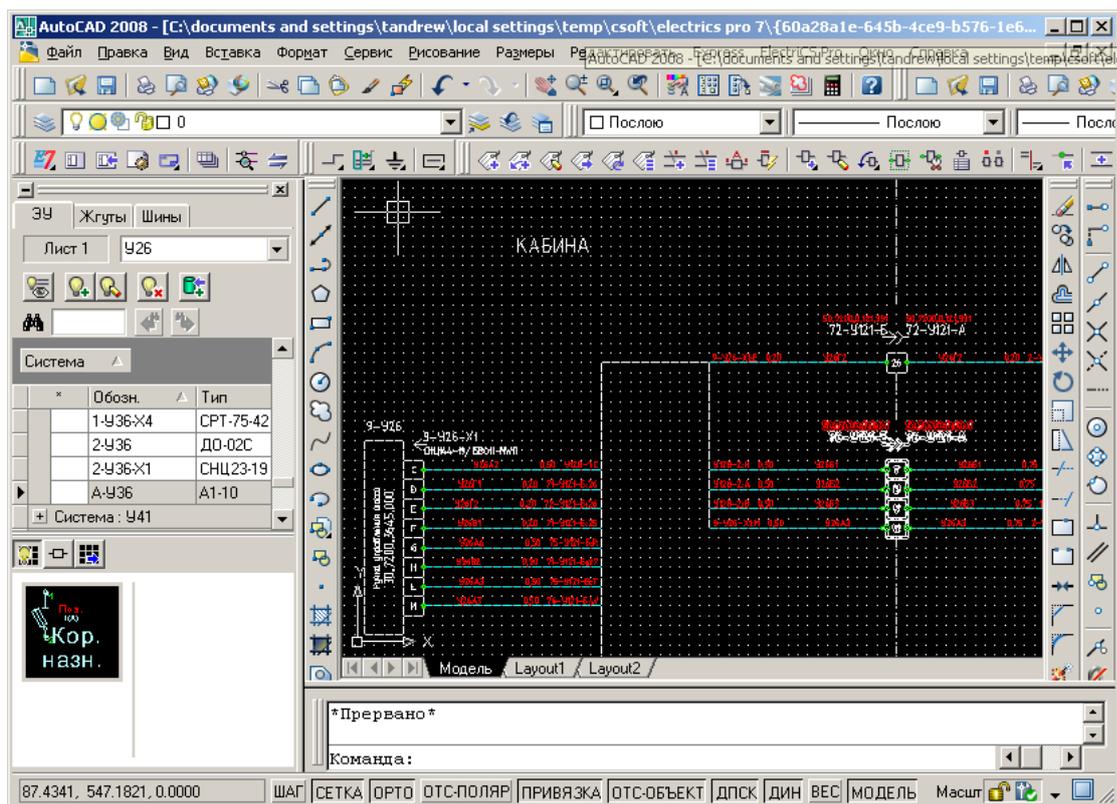


Рис. 2 – Окно менеджера-разработчика схемы электрической соединений

Результатом разработки совокупности электрических схем на изделии является получение модели соединений бортовых жгутов с определением марок и сечений проводов, наконечников, муфт, технологических соединителей и т.д. Синхронизация этой модели с моделями 3D монтажа в модуле UG Routing Electrical дает возможность получения детальной информации по диаметрам жгутов и длинам проводов (Рисунок 3).

Данные методы электронного проектирования сориентированы на получение на ранней стадии проектирования информации в электронном виде. Это необходимо для подготовки производства к изготовлению и монтажу кабельной сети самолета. То есть если раньше жгут (чертеж жгута), мог появиться в лучшем случае на третьем-пятом опытном образце ЛА, то используя современные методы можно добиться полностью готовой 3D модели жгута на первом, в крайнем случае, втором опытном образце.

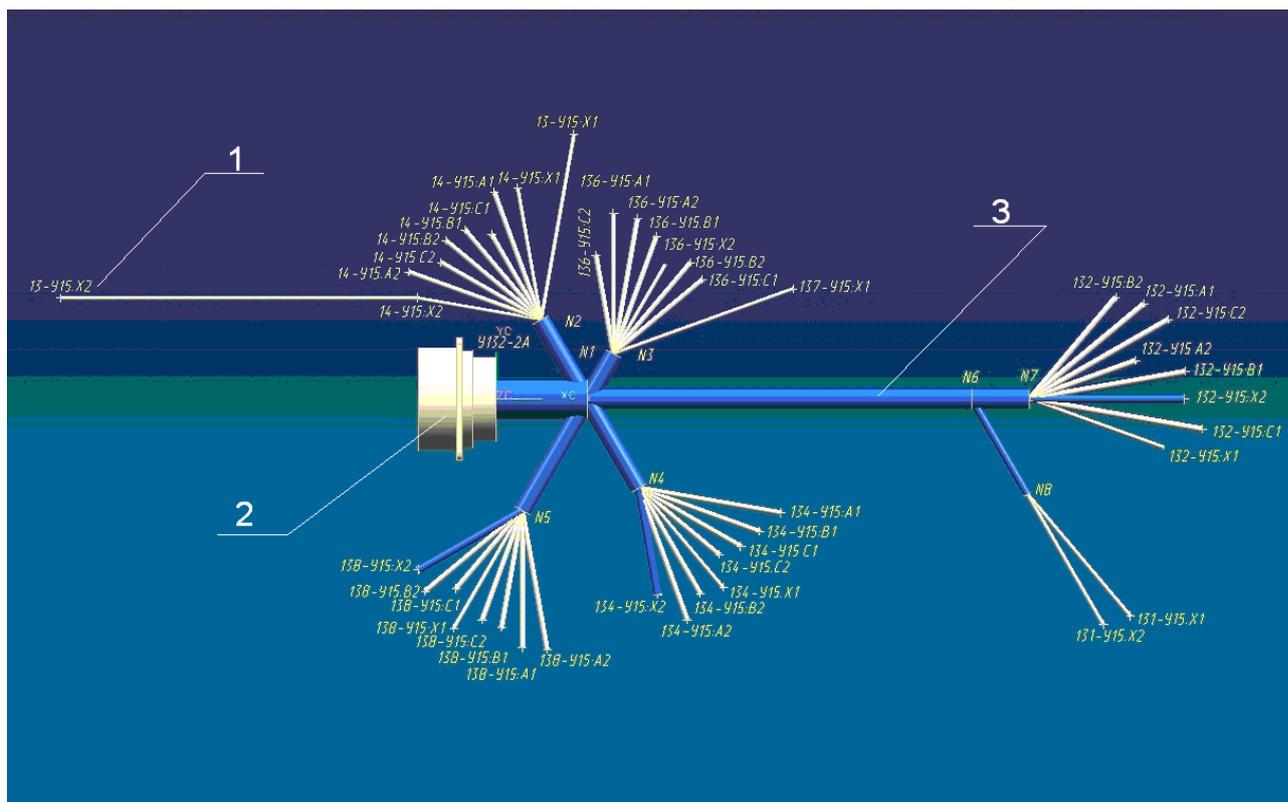


Рис. 3 – Окно менеджера-разработчика 3D модели жгута.

1- Адрес подключения провода; 2 – Соединитель; 3 – Дерево жгута.

В зависимости от модификации, назначения, состава применяемого оборудования и объема выполняемых летательным аппаратом задач общая масса БКС ЛА (проводов, соединителей, муфт сращивания, колодок соединительных, крепежа и т.п.) может достигать от 2,5 до 3 % от общей массы самолета в снаряженном состоянии. Основные решения, способствующие уменьшению массы БКС ЛА, заключаются в следующем:

1. Решения оптимальной компоновки.
2. Рациональный монтаж.
3. Применение современных материалов и новых типов соединителей.

В зависимости от тематики работы авиационной компании - военной или гражданской, в большей степени применяется то или иное конструкторское решение. Снижение общей массы ЛА путем уменьшения массы БКС и увеличение за счет этого полезной нагрузки - сложная комплексная задача, стоящая перед всеми подразделениями конструкторских бюро.

### Библиографический список:

1. А.Талалыкин, А. Якушенко, «Стратегия развертывания автоматизированного проектирования и сопровождения бортовой электрифицированной сети летательного аппарата», CAD master, 2(52)2010, стр. 76-81

**Авторы:**

Кириллов Владимир Юрьевич, профессор Московского авиационного института (национального исследовательского университета), д.т.н, профессор каф. 309, тел.: 8 (903)546-93-42.

Слипаченко Андрей Александрович, инженер-конструктор 2 категории, ОАО «ОКБ Сухого», 125284, г. Москва, ул. Поликарпова д. 23а, тел.: 8 (495)941-79-33, [andrexsa@rambler.ru](mailto:andrexsa@rambler.ru)