

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСКЛАДКИ КАБЕЛЕЙ И ЖГУТОВ ПО 3D-МОДЕЛИ ПРИБОРОВ.**

**Мосягин А. Ю.**

**кандидат технических наук Кулешов В. И.**

*Сибирский Федеральный Университет*

Одним из этапов производства изделий, встречающихся в самых разных отраслях промышленности, является электрический монтаж, выполняемый проводами и кабелями, связанными в жгуты. Кабельные изделия применяются в различных отраслях промышленности, начиная от бытовой и заканчивая военной и космической техникой.

На ОАО «НПП «Радиосвязь», как и на других предприятиях, инженеры и руководители заинтересованы в автоматизации создания проекта жгутов и в получении как можно более точной и полной информации обо всех характеристиках жгутов. Реализация первой задачи должна сократить сроки получения конструкторской и технологической документации, второй – снизить издержки производства за счет более точного расчета требующихся в производстве материалов.

В процессе создания изделий различного назначения конструкторам приходится сталкиваться с целым рядом проблем и задач, связанных с процессом создания кабелей и жгутов.

В этой области основными являются следующие задачи:

- прокладка электрических проводников внутри приборов и между ними;
- выпуск конструкторской документации (чертежи и спецификации) на кабели и жгуты с автоматическим подсчетом количества комплектующих и материалов;
- расчет длины всех проводников.

В зависимости от уровня автоматизации, способности работать с 3D-моделями и 3D-сборками различной сложности, от типов выпускаемой документации и стоимости САПР подразделяются на следующие уровни:

- тяжелые САПР – верхний уровень;
- средние САПР – средний уровень.

Тяжелые системы применяются для решения наиболее трудоемких задач – моделирования поведения сложных механических систем в реальном масштабе времени, оптимизирующих расчетов с визуализацией результатов, расчетов температурных полей и теплообмена и т.д. Обычно в состав системы входят как чисто графические, так и модули для проведения расчетов и моделирования, постпроцессоры для станков с ЧПУ. К сожалению, эти самые мощные САПР наиболее громоздки и сложны в работе, а также имеют значительную стоимость.

К САПР такого типа можно отнести ElectricCS и CATIA.

Проектирование бортовых систем оборудования характеризуется жесткими требованиями, предъявляемыми к весовой составляющей, обуславливающей повышенную степень детализации проекта, и к взаимоувязке бортового оборудования в отсеках проектируемого изделия. Поэтому задача поиска технологий, позволяющих осуществить сквозное проектирование электрооборудования (от разработки принципиальных электрических схем до формирования трехмерных моделей жгутов в общей модели объекта и формирования документов технологической подготовки производства), здесь особенно актуальна.

Одна из таких технологий построена на основе системы проектирования ElectricCS и модуля UG/Wiring. Методика работы с данной системой была опробована специалистами ОАО «ОКБ Сухого» в процессе проектирования бортовых электрифицированных систем.

Система позволяет разрабатывать принципиальные электрические схемы, поддерживать базу электрических устройств, осуществлять трассировку проводов, создавать схемы соединений, настраивать и создавать формы отчетов, формировать сопроводительную документацию к схемам и исходные данные для моделирования жгутов в среде UG/Wiring.

Таким образом, в жгутах, спроектированных указанным способом, возможно:

- «проследить» каждый из входящих проводов в рамках электронного 3D-макета объекта;
- визуализировать связи между устройствами;
- получить жгут с точным, изменяющимся по трассе диаметром (габаритом);
- получить чертеж (плаз) жгута с необходимой сопроводительной документацией.

В результате работы комплекса можно получить точную 3D-модель жгута с реальным диаметром ствола, изменяющимися у ответвлений (рисунок 1).

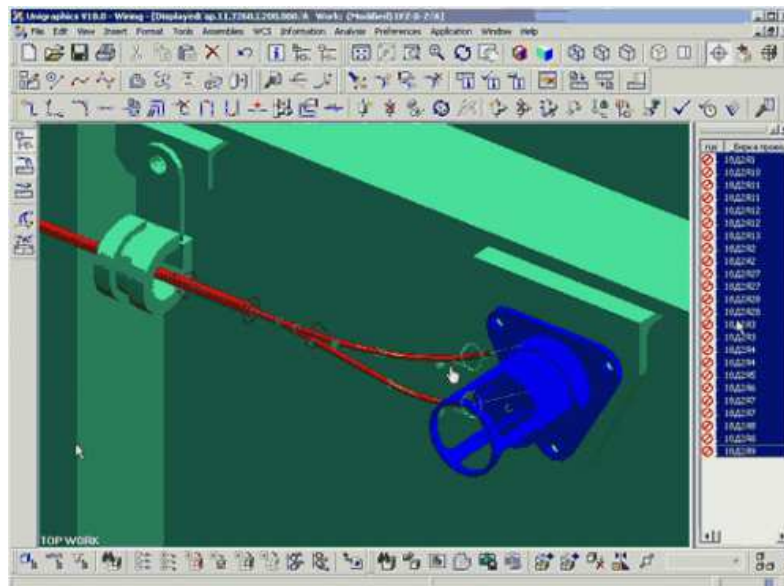


Рисунок 1

CATIA V5R18 предоставляет возможность накопления и применения корпоративных знаний на ранних стадиях процесса проектирования, что позволяет применять базирующееся на стандартах компании параметрическое проектирование электротехнических компонентов. Обеспечивается полностью параметризованное размещение изоляции жгутов, параметризованное соединение электрических деталей и автоматическое создание электрических сборок посредством вставки из каталога. Появилась возможность использования большего числа проверочных параметров, анализа совместимости соединяемых деталей. Улучшен анализ трассировки и оценка технологичности, оптимизировано создание положения точки срачивания в жгуте. Модуль Electrical Harness Flattening позволяет облегчить процесс создания чертежей жгутов, обеспечивая однородность раскладки жгута в плоскости (рисунок 2), а также

давая возможность более эффективно изменять ориентацию разъемов, что приводит к увеличению качества чертежей и спецификаций и сокращению времени их выпуска.

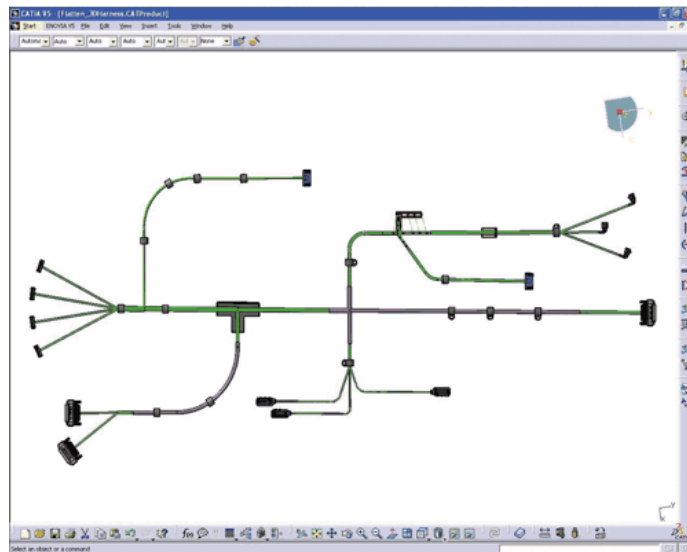


Рисунок 2 – Результат раскладки жгута на плоскости

CATIA V5R18 обеспечивает эффективное совместное проектирование механических и электротехнических компонентов изделия, ускоряя процесс разработки печатных плат. При их проектировании теперь появилась возможность пользоваться необходимыми библиотеками 3D-компонентов, не только разработанных непосредственно в CATIA, но и импортированных через нейтральные форматы обмена данными. Таким образом, обеспечивается параллельная работа в нескольких ECAD-системах с возможностью импорта/экспорта компонентов без их перестроения в CATIA.

Средние САПР являются серьезным средством проектирования, позволяющим создавать и редактировать 3D-модели и сборки и производить по ним раскладки кабелей и жгутов. Так же данные системы позволяют получать на выходе различную проектную, конструкторскую и технологическую документацию:

- таблицы соединений;
- спецификации на кабели и жгуты;
- спецификации на соединители (разъемы);
- спецификации на материалы (изоляционные и термоусадочные трубки, экранирующие плетенки и т.д.);
- электромонтажные чертежи.

Средние САПР обладают несколькими преимуществами по сравнению с тяжелым. К ним относятся более низкая стоимость комплексов и более низкая сложность. Это способствует более быстрому их освоению и делает более доступными для небольших предприятий.

К средним САПР относятся Autodesk Inventor и КОМПАС-3D Кабели и жгуты.

Модуль проектирования проводных и кабельных соединений в Autodesk Inventor оснащен обширным набором инструментов для моделирования электрических соединений в моделях ваших изделий. С его помощью в Inventor можно добавлять к обычным деталям Autodesk Inventor электрические контакты, которые впоследствии будут использоваться для моделирования электрических соединений. Затем, при дальнейшей разработке проекта электромеханического изделия в среде Autodesk

Inventor, проектировщик задает точки подключения проводов к контактам разъемов электрических компонентов изделия (реле, выключатели, разъемы печатных плат) и указывает их позиционные обозначения. Сами модели электрических компонентов являются стандартными деталями или сборками Autodesk Inventor и могут вызываться из соответствующей базы данных, а также размещаться в изделии с помощью стандартных приемов моделирования.

Кроме базы данных электрических изделий Inventor располагает библиотеками проводов. В них содержатся такие геометрические параметры и электрические атрибуты каждого провода, как наружный диаметр и диаметр жилы провода, его марка, цвет изоляции и т.п.

Для задания траектории прокладки проводов и жгутов в среде Inventor применяются контрольные точки, которые можно добавлять и перемещать, а также трехмерные сплайны, проходящие через такие точки. Метод прокладки позволяет ссылаться на существующие в модели объекты и создает трехмерные сегменты путей. При изменении местоположения деталей изделия, связанных с траекторией, ассоциативная связь с моделью сохраняется, а сама траектория автоматически пересчитывается и перемещается.

Сами пути прокладки (трассы) можно определять до описания электрических соединений между компонентами трехмерной модели, что позволяет получить реалистичное представление о расположении проводов, жгутов и кабелей в изделии на более ранней стадии конструирования.

Далее осуществляется раскладка электрических линий связи («резиновых нитей») по сегментам трасс в одном из трех режимов: ручном, интерактивном и автоматическом. При ручной раскладке необходимо последовательно выбирать путь для каждого провода, а при интерактивной достаточно указать начальную и конечную точки – и система сама подберет набор сегментов трассы, реализующих кратчайший путь. При автоматической раскладке Autodesk Inventor ищет кратчайшие возможные пути для всех проводов (рисунок 3). Наличие нескольких режимов прокладки проводов позволяет проектировщику реализовать тот набор путей прокладки, который является оптимальным с точки зрения конструктивных и функциональных особенностей изделия.

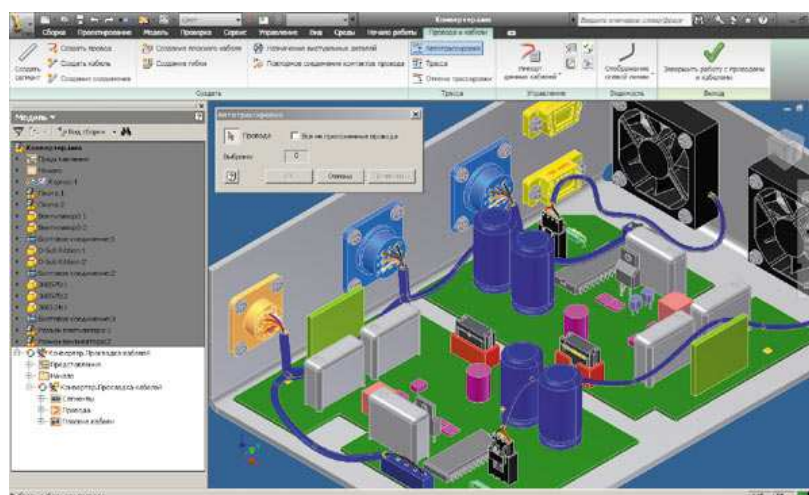


Рисунок 3

Компания АСКОН уже несколько лет работает над применением систем семейства КОМПАС-3D в области проектирования электротехнических устройств.

Выпущены системы семейства КОМПАС-Электрик и несколько конверторов для передачи данных из систем проектирования печатных плат в КОМПАС-3D, разработаны специализированные приложения для конкретных заказчиков – предприятий авиационного и космического приборостроения. И только ниша трехмерного проектирования электрических жгутов и кабелей до сих пор не была освоена.

Ответом на запросы рынка стал выпуск первой версии системы Кабели и жгуты 3D. Она выходит с системой КОМПАС-3D и работает под ее управлением. Основные функции и возможности модуля Кабели и жгуты 3D сегодня следующие:

- полуавтоматическое назначение позиционных обозначений для блоков и устройств, входящих в основное изделие;
- полуавтоматическое назначение позиционных обозначений для единичных электрорадиокомпонентов, например соединителей (разъемов);
- автоматическое позиционирование ответных кабельных частей соединителей к их блочным частям;
- автоматическая и полуавтоматическая прокладка трасс прохождения кабелей и жгутов в пространстве изделия;
- автоматическое трехмерное моделирование кабелей и жгутов с учетом количества и диаметров проводников;
- автоматическое создание скруглений с расчетом радиусов перегиба кабелей и ветвей жгутов (учитывая диаметры ветвей жгута на текущем участке);
- назначение материалов для монтажа проводников в жгутах и кабелях (как для разъемов, так и для кабеля в целом);
- автоматическое создание сборочного чертежа жгута или кабеля;
- автоматическая расстановка позиционных обозначений на сборочном чертеже;
- автоматический выпуск спецификации на сборочный чертеж с автоматическим расчетом количества всех проводников и материалов;
- автоматический расчет массы спроектированного кабеля или жгута с записью ее в штамп сборочного чертежа.

При работе с системой КОМПАС-3D Кабели и жгуты конструктор может выполнить так называемую трассировку (рисунок 4). Трасса – это путь прохождения проводников и кабелей в пространстве модели. Трассы определяют прохождение геометрических осей проводников или кабелей и имеют условные начало и конец. Трасса представляет собой совокупность траекторий – пространственных кривых КОМПАС-3D, расположенных последовательно.

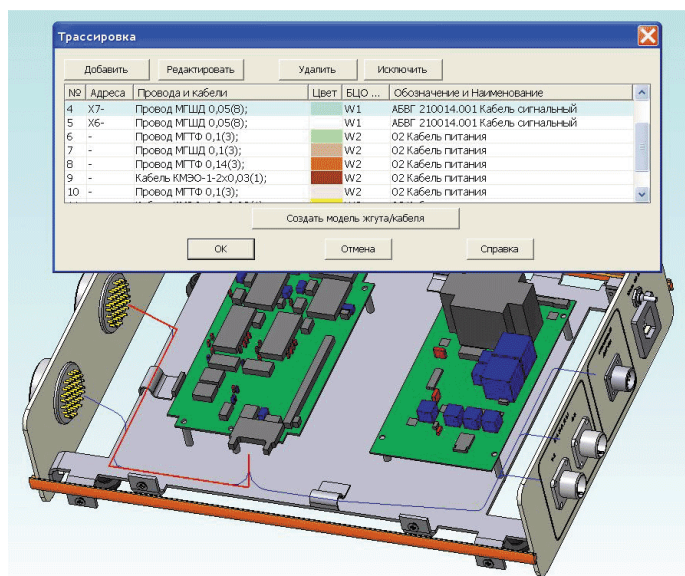


Рисунок 4

В процессе выполнения трассировки конструктор указывает на модели начальную и конечную точки конкретного кабеля или ветви жгута, выбирает из базы данных (или вводит вручную) определенные марки проводов, проложенных вдоль трассы. Для тех или иных проводов можно установить различные припуски на монтаж и перепайку, а также ввести припуск на технологическое провисание провода. Трассы можно создавать одновременно для различных кабелей или жгутов, входящих в изделие. Здесь же можно выбрать и цвет трехмерной модели кабеля.

После выполнения трассировки конструктор может автоматически получить трехмерные модели кабелей и жгутов (рисунок 5). При их создании система сама рассчитывает условный диаметр ветви жгута в зависимости от количества и диаметров проводов, входящих в эту ветвь. Также автоматически добавляются радиусы скругления в тех точках, где трассы меняют направление (если траектории создавались из 3D-ломаных). Величины радиусов зависят от рассчитанного ранее условного диаметра ветви.

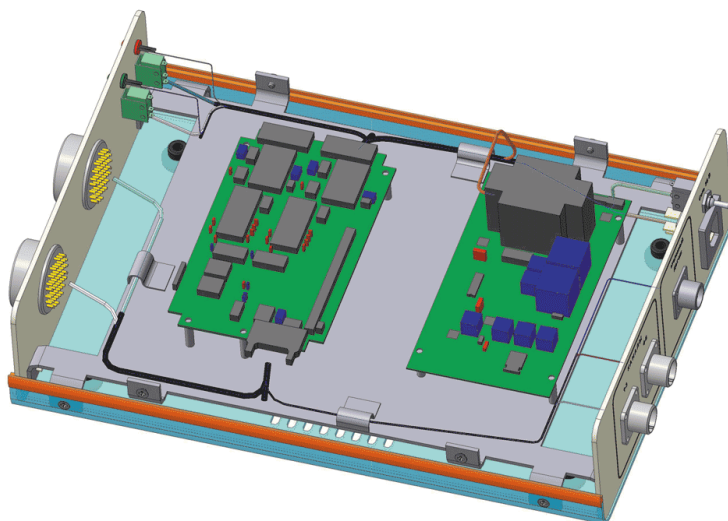


Рисунок 5

В процессе работы над диссертацией планируется освоить и внедрить в производство на ОАО «НПП «Радиосвязь» систему КОМПАС-3D Кабели и жгуты. По сравнению с другими комплексами, данная система обладает рядом преимуществ. Таких как:

- предприятием уже приобретен базовый комплекс Компас 3D;
- у сотрудников уже имеется большой опыт работы с базовым комплексом, что обеспечит более быстрое освоение систему Компас-3D Кабели и жгуты;
- система позволяет учитывать массу жгута для более точного определения массы изделия;
- по сравнению с ручной разводкой, система позволяет более точно определять блину проводников в жгуте с учетом припусков на перепайку.

Однако система КОМПАС-3D Кабели и жгуты обладает и недостатками. Одним из них может служить то, что для её внедрения необходимо создавать более сложные, специальным образом параметризованные модели разъемов, печатных плат и других составных элементов.

В качестве объекта исследования выбран прибор ЛД800МД2 (рисунок 6) разработанный и изготавливаемый на ОАО «НПП «Радиосвязь».

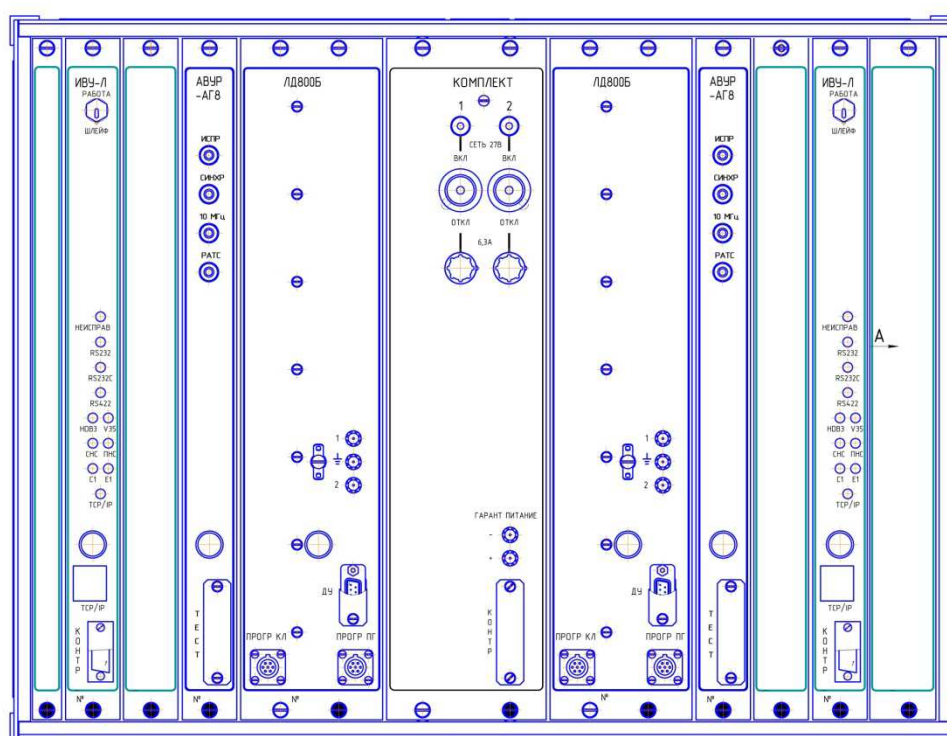


Рисунок 6

На основе данного прибора планируется провести освоение и внедрение системы КОМПАС-3 Кабели и жгуты на предприятии.

#### Список используемых источников

1. Режим доступа: <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=22531> (журнал САПР и графика 10 2011);

2. Режим доступа: <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=6873> (журнал САПР и графика 2 2003);
3. Режим доступа: [http://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm\\_29\\_electr\\_ug.html](http://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_29_electr_ug.html);
4. Журнал CADmaster №4(29) 2005;
5. Режим доступа: <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=19010> (журнал САПР и графика 1 2008);
6. Режим доступа: [http://ad.cctpu.edu.ru/SAPR/SAPR\\_02/cadcam/proENG.htm#CABLING](http://ad.cctpu.edu.ru/SAPR/SAPR_02/cadcam/proENG.htm#CABLING);
7. Режим доступа: <http://www/http://ascon.ru>;
8. Режим доступа: <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=17622&iid=816>;
9. Режим доступа: <http://sapr.ru/article.aspx?id=14622> (журнал САПР и графика 11 2005);
10. Режим доступа: <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=21019> (журнал САПР и графика 12 2009);
11. Режим доступа: <http://www.steepler.ru/nanocadelprodescr>;
12. Режим доступа: <http://www.sapr.ru/Article.aspx?id=20110> (журнал САПР и графика 11 2008).