

# Стратегия развёртывания



## систем автоматизированного проектирования и сопровождения бортовой электрифицированной сети летательного аппарата

Одним из основных условий сохранения конкурентных преимуществ в современных экономических условиях является способность предприятия (или группы предприятий) к гибкой адаптации, готовность к внедрению инновационных решений, повышающих эффективность деятельности.

С другой стороны, основными источниками потерь следует признать недостаточно оперативный и качественный обмен информацией, отсутствие оперативной координации действий между различными подразделениями и производственными площадками, низкое качество выполнения проектных работ. Значительно снизить такие потери и, как следствие, добиться роста эффективности работ позволяет перестроение технологических процессов под единую автоматизированную среду ведения проекта.

Среди ключевых факторов достижения конкурентных преимуществ — реализация принципиально новых решений и подходов, основанных на использовании передовых разработок в области программных систем автоматизации. Комплексная автоматизация на всех этапах, от разработки конструкторской документации (КД) до последующего сопровождения сборки и эксплуатации бортовой электросети, обеспечивает максимальное соответствие выполненных работ конструкторской документации, улучшает мониторинг выполнения работ, позволяет оперативно решать вопросы, возникающие при производстве и эксплуатации.

Наиболее ответственным шагом на пути к решению этой задачи является первичное развёртывание систем комплексной автоматизации проектирования и сопровождения. Важен качествен-

ный анализ процессов, методов и средств их оптимизации.

Сформулируем основные этапы развёртывания.

### Формирование рабочей группы

На успех внедрения новых технологий трудно рассчитывать без создания сплоченной рабочей группы единомышленников. Группа специалистов, объединенных общей идеей, обладает мощным потенциалом разработки новых решений и способностью мотивировать команду проектировщиков. Ядро рабочей группы формируется на этапе определения концепции будущего решения.

### Определение цели проекта

Цель организационных перемен — построить новый технологический процесс, позволяющий повысить эффективность использования ресурсов организации при комплексном сопровождении жизненного цикла бортовой электросети летательного аппарата (ЛА).

При автоматизации процессов разработки КД, сопровождения сборки и эксплуатации бортовой электросети ЛА формулируются три задачи.

#### Задача первая

Автоматизация процесса разработки бортовой электросети опытного изделия:

- автоматизация разработки конструкторской документации электрических схем;
- формирование комплекта альбомных схем изделия (эксплуатационная документация);
- формирование единой базы соединений бортовых электрических жгутов;
- разработка на основе базы соединений 3D-моделей монтажа электрических жгутов;

- оформление на основе 3D-моделей монтажа чертежей электрических жгутов, развернутых в плоскость, автоматическое формирование спецификаций на электрический жгут.

#### Задача вторая

Автоматизация процесса технологической подготовки производства бортовых электрических жгутов:

- формирование в автоматическом режиме всей номенклатуры документов технологической подготовки производства;
- автоматизация изготовления и контроля качества бортовых электрических жгутов;
- формирование документов для предъявления завершённых работ заказчику.

#### Задача третья

Сопровождение процесса эксплуатации опытного изделия:

- решение оперативных вопросов при анализе функционирования систем;
- решение оперативных вопросов при доработках бортовой электросети;
- поиск и устранение неисправности.

### Формирование единого видения будущего

Формирование облика бортовой электросети ЛА представляет собой коллективное творчество ряда подразделений предприятия или группы предприятий. Коллективная работа над проектом бортовой электросети требует от всех участников проектной группы единого видения и понимания технологического процесса. Оптимизировать бортовую электросеть невозможно в отсутствие единой концепции проектирования и при недостаточно эффектив-

ном взаимодействии между подразделениями.

Основные этапы формирования концепции автоматизированного проектирования:

1. Исследование текущей производственной среды, в которую будет внедряться новое решение, — поиск потерь в организации работ:

- отсутствие оперативного взаимодействия и обмена информацией между участниками процесса;
- неравномерное распределение объемов работ между разработчиками;
- неравномерное распределение объемов работ по времени, появление пиков и спадов, что приводит к повышенной нагрузке разработчиков;
- длительный цикл технологической подготовки производства электрических жгутов;
- отсутствие оперативного доступа к информации, касающейся необходимости внесения конструкторских изменений по вопросам, возникающим в производстве;
- трудности при проведении мониторинга состояния проекта.

2. Анализ мировой практики организации автоматизированных процессов проектирования и сборки электрических жгутов авиационной техники. Верификация технологий (отбор наиболее подходящих из предлагаемых технологий).

3. Формулирование основных акцентов автоматизированного проектирования и сопровождения бортовой электросети (сопоставление цели с функциональностью программных средств):

- создание единой среды проектирования, позволяющей объединить рабочие места в рамках единой технологической цепочки;
- информационная интеграция процессов (совместное и многократное использование одних и тех же данных);
- развертывание безбумажной модели организации технологического процесса, обеспечивающей возможность увеличить скорость обмена данными, распараллелить процессы обсуждения, принятия решений, контроля и утверждения результатов работы (сокращение затрат на документооборот);
- повышение эффективности за счет использования данных, передаваемых в электронном виде предприятиями-смежниками;
- жгут — основной объект проектирования и сопровождения борто-

вой электросети (разработка схемы — часть процесса формирования жгута). Таблица проводов, спецификации и прочие "отчеты" по базе соединений оформляются только на основной объект проектирования (жгут). Определение жгута как основной единицы проектирования дает возможность передавать конструкторскую и технологическую документацию на сборку электрических жгутов сторонним изготовителям.

4. Выбор программных средств.

В рамках выполняемых работ проанализированы по ряду критериев программные пакеты для проектирования электросетей:

- возможность адаптации к отраслевым стандартам и стандартам предприятия;
- функциональность в части проектирования и анализа бортовой электросети;
- возможность взаимодействия системы проектирования бортовой электросети с системами 3D-моделирования монтажей электрических жгутов.

По результатам анализа функциональности систем выбор остановлен на связке программных продуктов ElectricCS 7 Pro Авиация (моделирование бортовой электросети, выпуск КД электрических схем) и NX/Routing Electrical (модуль системы проектирования NX, предназначенный для проектирования монтажей и выпуска чертежей КД электрических жгутов).

5. Разработка и согласование бизнес-процесса проектирования и сопровождения бортовой электросети. По сути, речь идет о разработке собственного PLM-решения (Product Lifecycle Management — управление жизненным циклом изделия) на основе выбранных программных пакетов. Поиск, локализация и минимизация потерь путем совершенствования порядка следования и распределения работ.

### Определение номенклатуры, форм и содержания выпускаемых документов и моделей

Состав и содержание выпускаемых документов определяется разработанным бизнес-процессом.

В соответствии с функциональной направленностью этих документов они подразделяются на несколько групп:

### Конструкторская документация

1. Принципиальная схема.

2. Схема соединений.
3. Схема агрегата (распределительное устройство, коробка, щиток).
4. Электронная модель бортовой электросети.
5. Электронная 3D-модель монтажа электрических жгутов.
6. Чертежи электрических жгутов (формирование путем развертки 3D-модели жгутов на плоскость).
7. Спецификации к чертежам электрических жгутов.

### Технологическая документация

1. Таблица раскладки проводов.
2. Таблица распайки проводов.
3. Таблица контроля соединений.
4. Таблица распайки проводов по связи на изделие.

### Отработка технологии — пилотный проект

Отработка технологии — наиболее ответственный шаг при развертывании программных средств автоматизации. Детально спланированный и реализованный пилотный проект позволяет качественно спрогнозировать будущий эффект от внедряемой инновации. Такой проект должен моделировать взаимодействие участников и содержать полный цикл работ в соответствии с разработанным бизнес-процессом.

Вот основные задачи пилотного проекта:

- отработка технологий сопровождения проекта;
- поиск оптимального решения для конфигурирования серверов, сетевого и клиентского программного обеспечения;
- настройка систем проектирования (адаптация к стандартам предприятия);
- тестирование программных процедур проектирования;
- моделирование проектирования в единой среде — силами группы разработчиков;
- настройка средств обмена данными между смежными системами проектирования.

Сформулируем перечень работ пилотного проекта по проектированию и изготовлению двух электрических жгутов (бортовой жгута и жгута агрегата):

- разработка моделей электрических устройств и материалов (ограниченная номенклатура для осуществления пилотного проекта);
- разработка комплекта электрических схем (минимум две системы);
- разработка электрической схемы агрегата (распределительного устройства, коробки или щитка);

- отработка технологии взаимодействия системы проектирования электрических схем с системой 3D-моделирования монтажей электрических жгутов (ElectriCS 7 Pro Авиация, NX\Routing Electrical);
- разработка 3D-модели конструкции и монтажа электрического жгута агрегата. Оформление чертежа жгута;
- разработка 3D-модели монтажа бортового электрического жгута. Оформление чертежа жгута;
- разработка документации технологической подготовки производства;
- изготовление жгута и прокладка на изделии;
- выработка решений по повышению степени автоматизации технологических процессов производства;
- оформление акта о степени готовности к внедрению инноваций.

### Стандартизация технологического процесса

Цель стандартизации — формирование оптимального упорядоченного технологического процесса, определяющего способы и технологии организации работ. Стандартизация технологического процесса, осуществляемая по завершении пилотного проекта, позволит зафиксировать организационные навыки и приемы выполнения работ, отработанные в ходе проекта.

Эффект будет более ощутимым, если итоговый регламент ведения работ подразумевает использование в последующих процессах результата предшествующего процесса с минимальными преобразованиями.

В рамках стандартизации технологического процесса разрабатываются следующие методики:

- внесение корректировок в разработанный бизнес-процесс;
- разработка методики администрирования базы данных электрических изделий и материалов;
- разработка методики наполнения базы данных электрических устройств и материалов;
- разработка методики администрирования баз данных проектов;
- разработка методик выполнения работ по проектированию и сопровождению бортовой электросети в единой среде проектирования (базе данных проекта);
- определение номенклатуры используемых электрических устройств и проводов общего назначения при разработке конкретного изделия (семейства изделий) — разработка ограничений;
- разработка методик создания 3D-моделей электрических устройств;

- разработка стандарта проектирования бортовой электросети конкретного изделия (семейства изделий);
- разработка стандарта, касающегося порядка прохождения в производство технических электронных документов, описывающих модель бортовой электросети.

### Принятие решения о внедрении электронного проектирования и сопровождения бортовой электросети ЛА

Внедрение новых технологий разработки и сопровождения бортовой электросети венчает все усилия, предпринятые специалистами и руководителями предприятия при анализе и отработке перспективной модели технологического процесса выполнения работ.

Эффекта от перехода к новым технологиям можно ожидать только при условии успешного завершения всех этапов стратегии развертывания. Качественный анализ на этапах формирования и отработки инновационных технологий — залог успеха в решении задачи повышения эффективности выполнения работ, снижения затрат.

Ключевые моменты принятия решения:

1. Решение организационных вопросов по размещению баз данных.
2. Организация рабочих мест разработчиков.
3. Анализ структуры подразделений предприятия. Адаптация этой структуры под разработанный бизнес-процесс проектирования бортовой электросети.
4. Планирование обучения персонала сопровождения в соответствии с методиками администрирования.
5. Планирование обучения пользователей работе в соответствии с разработанными методиками.
6. Определение изделий, объемов и сроков проектирования на первоначальном этапе.
7. Определение сфер ответственности:
  - определение групп администрирования систем проектирования;
  - назначение ответственного лица — менеджера проекта;
  - закрепление объемов разработки за подразделениями.

### Средства реализации стратегии — ElectriCS 7 Pro Авиация

ElectriCS 7 Pro Авиация представляет собой систему, позволяющую вести разработку и сопровождение электронной модели бортовой электросети проектируемого изделия. Средства формирования запросов в базу данных электронной модели обеспечивают получение в реаль-

ном времени любой оперативной информации в табличном виде. Поддерживается экспорт сформированных таблиц в форматы XLS и XML.

Система предоставляет возможность подробной настройки и, как следствие, детальной адаптации к специфике проектирования на конкретном предприятии или группе предприятий.

ElectriCS 7 Pro Авиация позволяет вести разработку всей номенклатуры электрических схем, входящих в комплект конструкторской документации, выпускаемой в производство:

- принципиальных электрических схем;
- схем электрических соединений;
- схем электрических соединений агрегатов.

На основе разработанной средствами ElectriCS 7 Pro Авиация электронной модели бортовой электросети проектируемого изделия можно формировать любые сопроводительные и технологические документы.

Разработка электрических схем ведется с использованием базы покупных изделий и материалов, разработанной в среде ElectriCS 7 Pro Авиация и включающей подробное описание электрических изделий и материалов. Поддерживается полное описание характеристик и свойств клемм изделия, что позволяет четко отслеживать при проектировании корректность подключений проводов.

В процессе разработки комплекта электрических схем автоматически формируется модель электрических соединений жгутов проектируемого изделия. Модели электрических жгутов транслируются в модуль Routing Electrical системы проектирования Unigraphics. В NX\Routing Electrical выполняются работы по 3D-моделированию монтажей электрических жгутов, оформляются сборочные чертежи электрических жгутов. Настройка двустороннего обмена данными между системами позволяет на конечном этапе определить в ElectriCS 7 Pro Авиация точные значения длин проводов.

Благодаря настраиваемой функции контроля ошибок обеспечивается контроль проекта в режиме реального времени, что позволяет повысить качество выпускаемой схемной документации.

Отличительные особенности ElectriCS 7 Pro Авиация в сравнении с предыдущими версиями программы (ElectriCS 5 и ElectriCS 6):

- система адаптирована к сетевой работе с размещением баз данных на сервере и распределением рабочих мест разработчиков в сети;
- система ориентирована на моделирование бортовой электросети изделия в целом, то есть позволяет формиро-



вать в базе данных проекта изделия модель соединений бортовых жгутов. Формирование модели осуществляется динамически по результатам проектирования электрических схем рядом разработчиков;

- на основе сформированной модели бортовой электросети изделия система позволяет получать в полуавтоматическом режиме принципиальные электрические схемы, электрические схемы соединений систем и электрические схемы соединений агрегатов (рис. 1-3);
- система поддерживает высокую степень детализации модели электрических соединений. Как следствие, можно обеспечить и контролировать целостность соединений жгута;
- ElectriCS 7 Pro Авиация позволяет организовать управление процессом разработки электронной модели бортовой электросети;
- предоставлена возможность вести мониторинг состояния проекта бортовой электросети.

Перечисленные преимущества предъявляют достаточно высокие требования к организации процесса проектирования и администрированию системы. В числе этих требований:

- сформулированные и согласованные единые правила проектирования;
- детальная настройка системы (адаптация к стандартам проектирования, выполняемая группой администрирования);
- организация процесса разработки бортовой электросети ЛА, управление этим процессом и действиями разработчиков (администрирование проекта).

Максимальный эффект достигается только при подробном планировании процесса разработки. Планируемые работы следует соотносить с внедренной моделью проектирования.

Широкие функциональные возможности, а также наличие двусторонних интерфейсов с системой 3D-моделирования монтажей жгутов NX\Routing Electrical позволяют назвать ElectriCS 7 Pro Авиация мощным инструментом разработки бортовой электросети.

### Средства реализации стратегии – модуль NX\Routing Electrical

Модуль Routing Electrical системы проектирования NX ориентирован на 3D-моделирование электрических жгутов с последующим оформлением чертежей (развертка жгута на плоскость).

Для выполнения работ по проектированию бортовой электросети в среде модуля Routing Electrical должны быть созданы:

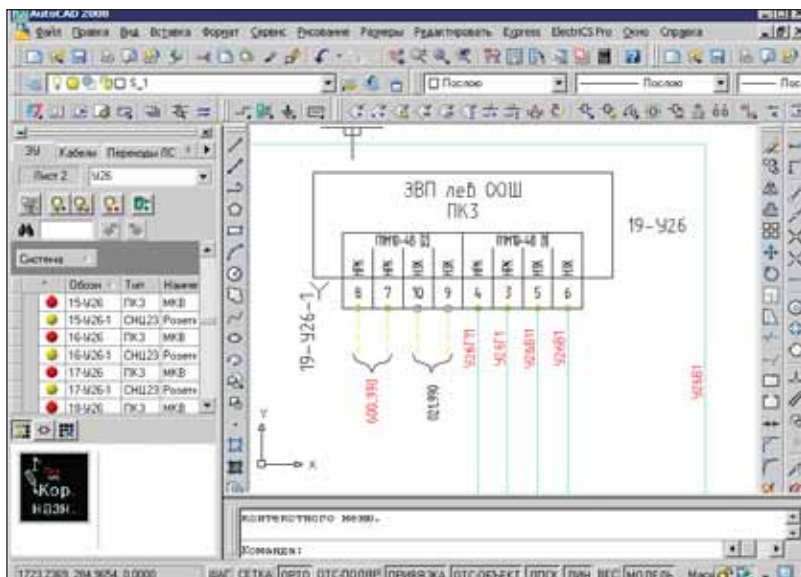


Рис. 1. Оформление принципиальной электрической схемы системы (ElectriCS 7 Pro Авиация)

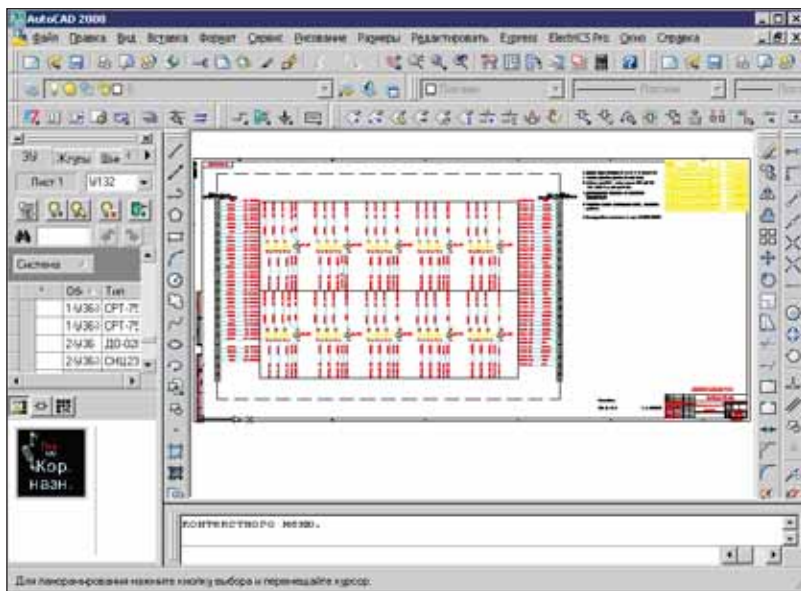


Рис. 2. Оформление электрической схемы соединений агрегата (ElectriCS 7 Pro Авиация)

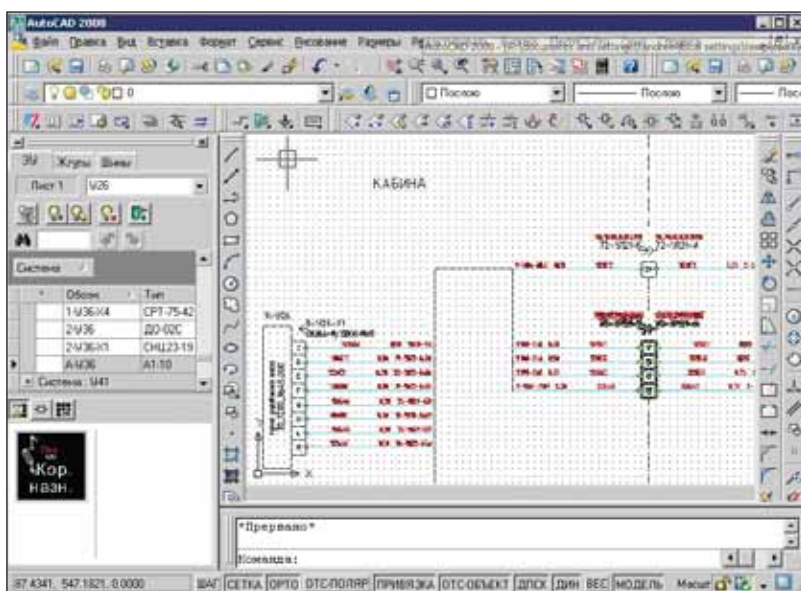


Рис. 3. Оформление электрической схемы соединений системы (ElectriCS 7 Pro Авиация)

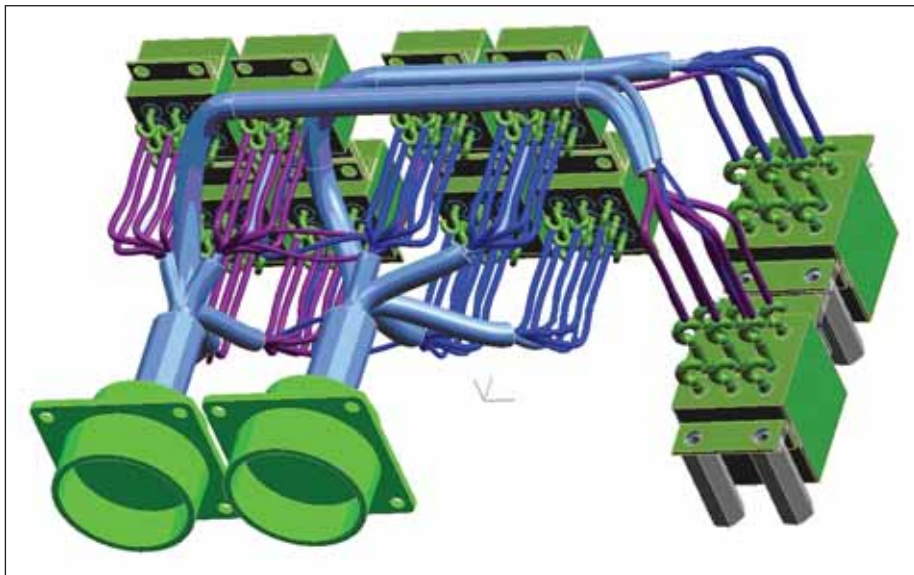


Рис. 4. 3D-моделирование монтажа электрического жгута агрегата (NX/Routing Electrical)

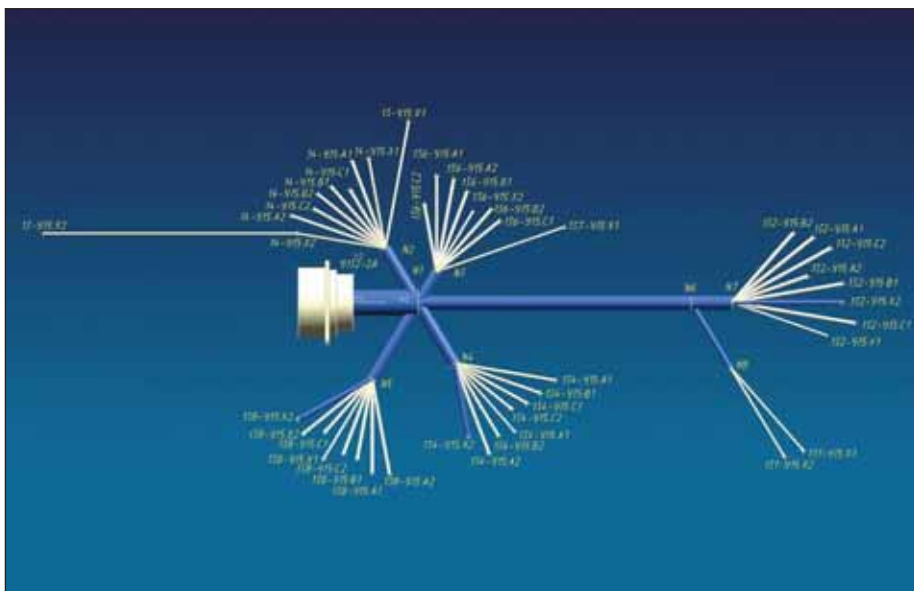


Рис. 5. Оформление КД чертежей электрического жгута агрегата (NX/Routing Electrical)

Номер	Маркировка	Диаметр	Длина	Материал	Комментарий
1	101-910 A1	1.0	1000	Al	
2	101-910 A2	1.0	1000	Al	
3	101-910 A3	1.0	1000	Al	
4	101-910 A4	1.0	1000	Al	
5	101-910 A5	1.0	1000	Al	
6	101-910 A6	1.0	1000	Al	
7	101-910 A7	1.0	1000	Al	
8	101-910 A8	1.0	1000	Al	
9	101-910 A9	1.0	1000	Al	
10	101-910 A10	1.0	1000	Al	
11	101-910 A11	1.0	1000	Al	
12	101-910 A12	1.0	1000	Al	
13	101-910 A13	1.0	1000	Al	
14	101-910 A14	1.0	1000	Al	
15	101-910 A15	1.0	1000	Al	
16	101-910 A16	1.0	1000	Al	
17	101-910 A17	1.0	1000	Al	
18	101-910 A18	1.0	1000	Al	
19	101-910 A19	1.0	1000	Al	
20	101-910 A20	1.0	1000	Al	
21	101-910 A21	1.0	1000	Al	
22	101-910 A22	1.0	1000	Al	
23	101-910 A23	1.0	1000	Al	
24	101-910 A24	1.0	1000	Al	
25	101-910 A25	1.0	1000	Al	
26	101-910 A26	1.0	1000	Al	
27	101-910 A27	1.0	1000	Al	
28	101-910 A28	1.0	1000	Al	
29	101-910 A29	1.0	1000	Al	
30	101-910 A30	1.0	1000	Al	
31	101-910 A31	1.0	1000	Al	
32	101-910 A32	1.0	1000	Al	
33	101-910 A33	1.0	1000	Al	
34	101-910 A34	1.0	1000	Al	
35	101-910 A35	1.0	1000	Al	
36	101-910 A36	1.0	1000	Al	
37	101-910 A37	1.0	1000	Al	
38	101-910 A38	1.0	1000	Al	
39	101-910 A39	1.0	1000	Al	
40	101-910 A40	1.0	1000	Al	
41	101-910 A41	1.0	1000	Al	
42	101-910 A42	1.0	1000	Al	
43	101-910 A43	1.0	1000	Al	
44	101-910 A44	1.0	1000	Al	
45	101-910 A45	1.0	1000	Al	
46	101-910 A46	1.0	1000	Al	
47	101-910 A47	1.0	1000	Al	
48	101-910 A48	1.0	1000	Al	
49	101-910 A49	1.0	1000	Al	
50	101-910 A50	1.0	1000	Al	
51	101-910 A51	1.0	1000	Al	
52	101-910 A52	1.0	1000	Al	
53	101-910 A53	1.0	1000	Al	
54	101-910 A54	1.0	1000	Al	
55	101-910 A55	1.0	1000	Al	
56	101-910 A56	1.0	1000	Al	
57	101-910 A57	1.0	1000	Al	
58	101-910 A58	1.0	1000	Al	
59	101-910 A59	1.0	1000	Al	
60	101-910 A60	1.0	1000	Al	
61	101-910 A61	1.0	1000	Al	
62	101-910 A62	1.0	1000	Al	
63	101-910 A63	1.0	1000	Al	
64	101-910 A64	1.0	1000	Al	
65	101-910 A65	1.0	1000	Al	
66	101-910 A66	1.0	1000	Al	
67	101-910 A67	1.0	1000	Al	
68	101-910 A68	1.0	1000	Al	
69	101-910 A69	1.0	1000	Al	
70	101-910 A70	1.0	1000	Al	
71	101-910 A71	1.0	1000	Al	
72	101-910 A72	1.0	1000	Al	
73	101-910 A73	1.0	1000	Al	
74	101-910 A74	1.0	1000	Al	
75	101-910 A75	1.0	1000	Al	
76	101-910 A76	1.0	1000	Al	
77	101-910 A77	1.0	1000	Al	
78	101-910 A78	1.0	1000	Al	
79	101-910 A79	1.0	1000	Al	
80	101-910 A80	1.0	1000	Al	
81	101-910 A81	1.0	1000	Al	
82	101-910 A82	1.0	1000	Al	
83	101-910 A83	1.0	1000	Al	
84	101-910 A84	1.0	1000	Al	
85	101-910 A85	1.0	1000	Al	
86	101-910 A86	1.0	1000	Al	
87	101-910 A87	1.0	1000	Al	
88	101-910 A88	1.0	1000	Al	
89	101-910 A89	1.0	1000	Al	
90	101-910 A90	1.0	1000	Al	
91	101-910 A91	1.0	1000	Al	
92	101-910 A92	1.0	1000	Al	
93	101-910 A93	1.0	1000	Al	
94	101-910 A94	1.0	1000	Al	
95	101-910 A95	1.0	1000	Al	
96	101-910 A96	1.0	1000	Al	
97	101-910 A97	1.0	1000	Al	
98	101-910 A98	1.0	1000	Al	
99	101-910 A99	1.0	1000	Al	
100	101-910 A100	1.0	1000	Al	

Рис. 6. Оформление таблицы проводов и таблицы диаметров и длин сегментов на поле чертежа электрического жгута агрегата (NX/Routing Electrical)

- 3D-модели электрических устройств, проводов и конструктивных элементов, необходимых для моделирования электрических жгутов;
- классификаторы электрических устройств, проводов и конструктивных элементов, необходимых для моделирования электрических жгутов;
- правила моделирования электрических жгутов (расчет диаметров и радиусов изгибов и т.д.).

После адаптации к взаимодействию со смежной системой проектирования ElectriCS 7 Pro Авиация и детальной настройки инструментов разработки модуль Routing Electrical представляет собой эффективный инструмент разработки монтажей электрических жгутов.

### Основные принципы проектирования в среде NX/Routing Electrical

Данные о структуре жгута, перечне соединений и номенклатуре проводов импортируются из модели ElectriCS 7 Pro Авиация и накладываются на предварительно смоделированную траекторию. В результате обработки импортированных данных производится автоматическое построение диаметров сегментов 3D-модели электрического жгута. Сформированная 3D-модель жгута обладает точной информацией о длине каждого провода.

Модуль NX/Routing Electrical позволяет:

- разрабатывать 3D-модели монтажей электрических жгутов агрегата (рис. 4-5);
- вести разработку чертежей электрического жгута агрегата, развернутого на плоскость (рис. 5);
- автоматически формировать таблицы проводов жгута, таблицы длин и диаметров сегментов жгута (рис. 6);
- автоматически формировать спецификации жгута агрегата;
- разрабатывать 3D-модели бортовых электрических жгутов (рис. 7);
- разрабатывать чертежи электрических жгутов, развернутых на плоскость (рис. 8);
- автоматически формировать таблицы проводов бортового жгута, таблицы длин и диаметров сегментов (рис. 9);
- автоматически формировать спецификации бортового жгута.

Разработанные в модуле NX/Routing Electrical объекты размещаются в PDM-системе (Product Data Management – управление данными об изделии) Teamcenter. На основе решений NX и Teamcenter осуществляется контроль 3D-моделей монтажей электрических жгутов и их взаимная увязка с оборудованием отсека проектируемого ЛА.



## Заключение

Внедрение автоматизированных систем проектирования и сопровождения бортовой электросети с достаточно подробной детализацией разрабатываемого проекта (электронной модели бортовых соединений) не только позволяет осуществлять контроль корректности и тем самым повысить качество разрабатываемой КД. Открывается широкий спектр дополнительных возможностей автоматизации производства и сопровождения эксплуатации на основе полученной электронной модели:

- осуществление более детальной и оперативной технологической поддержки производства (формирование в автоматическом режиме любых форм технологических документов);
- повышение степени автоматизации производства благодаря наладке специализированных автоматов по резке, маркировке проводов;

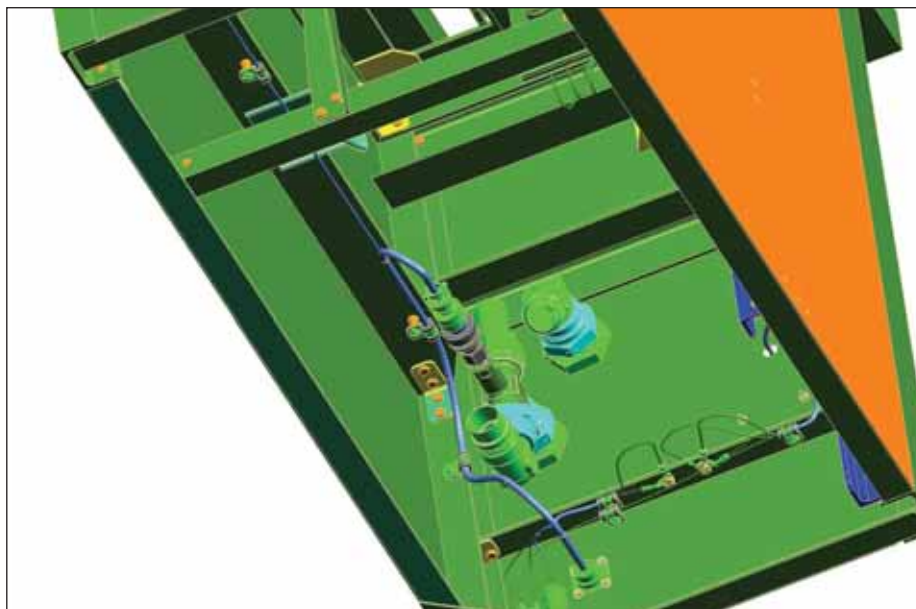


Рис. 7. 3D-моделирование монтажа бортового электрического жгута (NX/Routing Electrical)

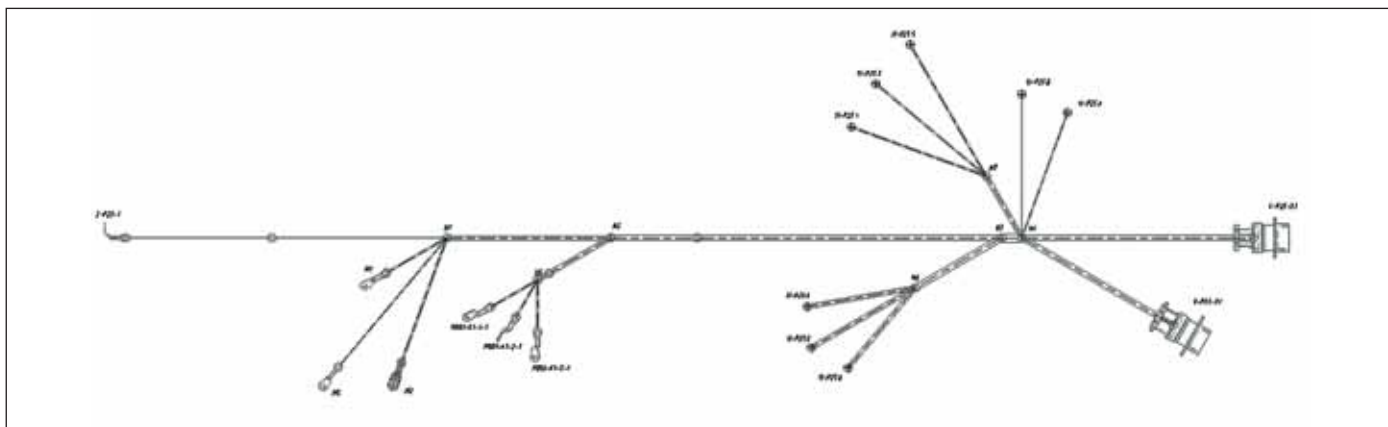


Рис. 8. Оформление КД чертежей бортового электрического жгута (NX/Routing Electrical)

