Автоматизированная система конструкторско-технологической подготовки производства электромеханических систем

Повышение сложности изделий в наукоемких отраслях промышленности (авиастроении, судостроении, автомобилестроении и др.) сопровождается неуклонным повышением требований и к системам электрических коммуникаций. Например, в современном авиационном газотурбинном двигателе функционируют десятки систем, сотни агрегатов и датчиков, суммарная протяженность электропроводов составляет несколько километров, а относительная масса всей обвязки двигателя (трубопроводы и электропроводка) может достигать 20 % от общей массы двигателя (рис. 1). Перед проектировщиками стоит весьма непростая задача компоновки агрегатов и систем на изделии с учетом условий эксплуатации и в условиях ограничения пространства и массы.

Вместе с этим требования к массе, надежности, пожаробезопасности, стандартизации, эксплуатационной и производственной технологичности, предъявляемые ко всему изделию в целом, относятся и к системе электрических коммуникаций.

Так, требование по уменьшению массы может быть достигнуто путем сокращения протяженности трасс (вопрос компоновки агрегатов и узлов, оптимизации их конструкции), за счет использования современных легких материалов и комплектующих, а также благодаря применению новых технологий изготовления (например, обжим электрических контактов вместо пайки). Требование стандартизации и унификации – использованием единой базы данных комплектующих и материалов, доступной всем проектировщикам изделия. Требование технологичности – за счет максимальной проработки конструкции всего изделия с учетом коммуникаций на ранних стадиях проекта. Требование пожаробезопасности – благодаря учету конструктивных и эксплуатационных особенностей при проектировании трасс коммуникаций (например, учет расположения электропроводки, топливных и масляных агрегатов в "горячих" зонах), за счет использования пожаростойких материалов (например, проводов с изоляцией, не поддерживающих горение). Требования к надежности всего изделия складываются из характеристик надежности комплектующих и во многом зависят от вышеперечисленных характеристик, поэтому сегодня для предприятий особенно актуальным становится переход от обеспечения надежности "с запасом" к прогнозируемой и управляемой надежности.

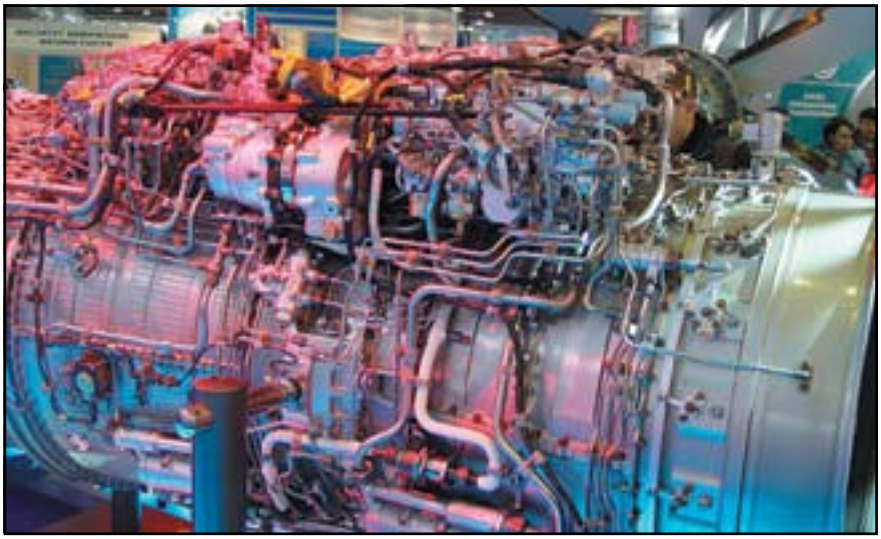

Рис. 1. Обвязка турбореактивного двигателя РД33МК

Традиционно вопросы компоновки агрегатов и трассировки электрических жгутов решались с помощью натурного макетирования изделия. Стоимость создания натурного макета достаточно высока и может доходить до 10 % стоимости всего изделия, кроме того, при выявлении недостатков в конструкции и их доработке макет изготавливается повторно, что, естественно, затягивает процесс проектирования. Сам процесс трассировки начинается практически после завершения цикла проектирования и изготовления физических прототипов агрегатов и систем и их взаимной компоновки на макете. Необходимость же изменений в конструкции жгута определяется только по факту проведенной трассировки, когда больший объем работ по проектированию конструкции и агрегатов уже выполнен и возможность изменений конструкции крайне мала.

С развитием систем автоматизированного проектирования и управления жизненным циклом изделия стало возможным воплощение принципиально нового подхода к проектированию электрических коммуни-

каций, обеспечивающего взаимосвязь между различными специалистами, работающими над проектом создания нового изделия, гарантирующего актуальность данных в каждый момент времени, открывающего доступ к опыту уже реализованных проектов. Несмотря на то, что на рынке интегрированных CAD/CAM/CAE/PDM-систем имеется достаточно много решений, предназначенных для автоматизации отдельных видов работ, единого решения для проектирования и подготовки производства кабельных сетей, которое бы учитывало потребности компаний, специализирующихся на разработке и производстве электромеханических систем, до недавнего времени не было. Поэтому компания "Би Питрон", чьей специализацией является комплексная автоматизация проектно-конструкторских и технологических работ в различных областях (направление PLM-решений), приняла решение о создании единой системы конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) межблочных соединений (жгутов), в первую очередь, для нужд собственного электротехнического направления. Учитывая аналогичные запросы от своих заказчиков как по направлению электротехнической продукции, так и по направлению PLM-решений, было принято решение о развитии системы КТПП как коммерческого продукта, адаптируемого под нужды конкретных предприятий. Таким образом, родилась система Интерконнект, направленная на комплексную компьютеризацию решения следующих задач:

- Оценки заказа на проектирование и изготовление.
- Конструкторской подготовки производства (КПП).
- Технологической подготовки производства (ТПП) и собственно производства.
- Эксплуатации и технического обслуживания.

Программные компоненты Интерконнект включают в себя ряд систем, перечень которых приведен на рис. 2.

Рис. 2. Структура информационной системы Интерконнект

Технологической платформой, на которой построено решение Интерконнект, является универсальная PDM-система ENOVIA SmarTeam компании Dassault Systemes. Ядром системы является единая база данных, которая объединяет в себе всю информацию, порождаемую при проектировании изделия. Благодаря этому все пользователи могут работать в единой среде и быстро получать доступ к данным, разработанным другими специалистами как в рамках одного и того же проекта, так и во всей организации в целом. Благодаря интеграции компонент все порождаемые в Интерконнект данные попадают в ENOVIA SmarTeam, что снижает вероятность возникновения ошибок при передаче информации с одного этапа жизненного цикла изделия на другой. В базе данных ENOVIA SmarTeam хранится информация о составе изделия, его исполнениях и конфигурациях. Важной особенностью является наличие нескольких представлений состава изделия для различных предметных областей: маркетинговый состав ("как задумано"), конструкторский состав ("как спроектировано"), технологический состав ("как изготовлено") и т.п., а также управление применяемостью компонентов изделия.

Система ENOVIA SmarTeam имеет функционал, управляющий инженерными изменениями, созданием версий документов, а также ведением электронного архива. ENOVIA SmarTeam выполняет функцию диспетчеризации работ по проекту с помощью графиков Workflow, которые позволяют регламентировать порядок выполнения того или иного бизнес-процесса. С помощью Workflow можно выдавать задания на разработку участникам проекта и отслеживать их выполнение, включая прохождение этапов согласования, утверждения, сдачи в архив. Таким же образом организуется процесс внесения инженерных изменений, что позволяет сократить время на согласование документов.

В тесной связи с подсистемой диспетчеризации бизнес-процессов Workflow, входящей в состав ENOVIA SmarTeam, применяется также Microsoft Project. В комплексе эти системы позволяют произвести планирование работ по проектированию и изготовлению электрического жгута, а также управлять этими работами путем отслеживания своевременного выполнения этапов, контроля за ответственными исполнителями, передачи заданий.

В интегрированное решение Интерконнект входят взаимозаменяемые eCAD-системы E3 и IGE+XAO See, служащие для создания функциональной и электрической схем создаваемого жгута. Эти системы используют единые базы данных комплектующих и материалов, а результат проектирования способны передавать в базу данных ENOVIA SmarTeam не только в виде документа, но и в виде структуры изделия, которая будет использована при дальнейшем проектировании.

Работа в Интерконнект предусматривает создание 3D-модели электрического жгута в контексте соединяемых приборов, агрегатов и других деталей конструкции с помощью системы CATIA V5 компании Dassault Systemes. В результате обеспечивается формирование так называемого цифрового макета изделия (Digital Mock-Up – DMU). Важность создания такого макета трудно переоценить, так как на его основе можно проводить различные виды испытаний, что помогает избежать создания дорогостоящих натурных образцов. Так, при трассировке жгута в среде CATIA V5 система выполня-

ет различные проверки конструкции, например, контроль минимального радиуса изгиба жгута в зависимости от его диаметра, контроль минимального расстояния ствола жгута между соседними ветвями, "прозвон" контактов, соединяемых данным жгутом.

Создаваемая модель жгута является ассоциативной и позволяет вносить изменения на любом этапе проектирования. Это важно, в частности, потому, что на этапе КПП инженер-проектировщик, по сути, создает лишь предварительную модель жгута, которая должна быть уточнена на этапе ТПП. Например, для обеспечения жесткости жгута технологи применяют скручивание проводов внутри ствола жгута и добавление "филлеров" (проводов, не обеспечивающих соединение контактов). Это приводит к увеличению длины отдельных проводов и к изменению диаметра ствола жгута, что влияет в итоге на минимальный радиус изгиба и возможность позиционирования в контексте узлов и агрегатов изделия.

После создания разведенного в пространстве жгута система CATIA V5 обеспечивает его раскладку на плоскости, что необходимо для последующего формирования конструкторской и технологической документации.

Для расчета показателей надежности изделия используется пакет RAM Commander, который получает актуальные данные об используемых в изделии комплектующих из базы данных ENOVIA SmarTeam и возвращает в нее результаты расчета показателей надежности изделия в целом. Система предоставляет возможность проведения анализа видов и последствий отказов, построения деревьев отказов, расчета количества запасных частей и т. п.

Интеграция Интерконнект с системой управления ресурсами 1С Предприятие позволяет получать доступ к спискам доступных на складах комплектующих, что может помочь сделать выбор комплектующего при проектировании или заменить его.

Процесс реализации проекта в системе Интерконнект начинается с момента передачи из системы управления предприятием в систему ENOVIA SmarTeam заявки об открытии проекта. Заявка может быть двух вариантов: на оценочные работы – для получения себестоимости изделия и заключения договора (***эскизный проект***) и на работы по договору (***рабочий проект***). В заявке содержатся данные о приоритетности выполнения проекта, предполагаемых сроках его реализации, данные заказчика и данные ответственного менеджера по проекту. С момента поступления заявки руководитель конструкторско-технологического отдела в программе MS Project выполняет планирование проекта, учитывая поступившую из 1С информацию, а также загруженность сотрудников по текущим проектам. Сведения о загруженности сотрудников отслеживаются в ENOVIA SmarTeam и передаются для выполнения планирования в MS Project (управление проектами на данном уровне позволило решить проблемы взаимного пересечения сроков при планировании загрузки ресурсов, а значит, более эффективно использовать ресурсы).

Разработанный план проекта с установленными сроками передается в ENOVIA SmarTeam, где согласно утвержденному в компании бизнес-процессу согласовывается с вышестоящим руководством и утверждается (рис. 3). После утверждения плана исполнителям приходят задания на выполнение конструкторско-технологических работ в установленные по плану сроки. Система отслеживает выполнение всех работ и высылает напоминания исполнителям о необходимости сдачи работы в срок, а также фиксирует просрочки. Руководители имеют возможность получить соответствующий отчет как по одному, так и по всем проектам и проанализировать результаты.

При выполнении эскизного проекта конструктор рассчитывает предварительную спецификацию изделия на основе информации из единой базы данных типовых изделий и изделий-аналогов согласно переданным заказчиком техническим требованиям. Далее технолог оценивает по полученным от конструктора данным необходимость в изготовлении технологической оснастки, потребность в дополнительном инструменте и вспомогательных материалах для изготовления изделия. Вышеперечисленные работы технолог выполняет в ENOVIA SmarTeam (в разработанной подсистеме технологической подготовки производства). Все разработанные при эскизном проектировании документы проходят в ENOVIA SmarTeam процесс согласования и утверждения по установленному в организации регламенту. Данные о составе изделия, инструменте и вспомогательных материалах сохраняются в системе и передаются в 1С для расчета себестоимости изделия и дальнейшего заключения договора с заказчиком.

Полученные и сохраненные при выполнении эскизного проекта данные могут использоваться на стадии рабочего проекта, если договор был подписан. Возможен вариант, ког-

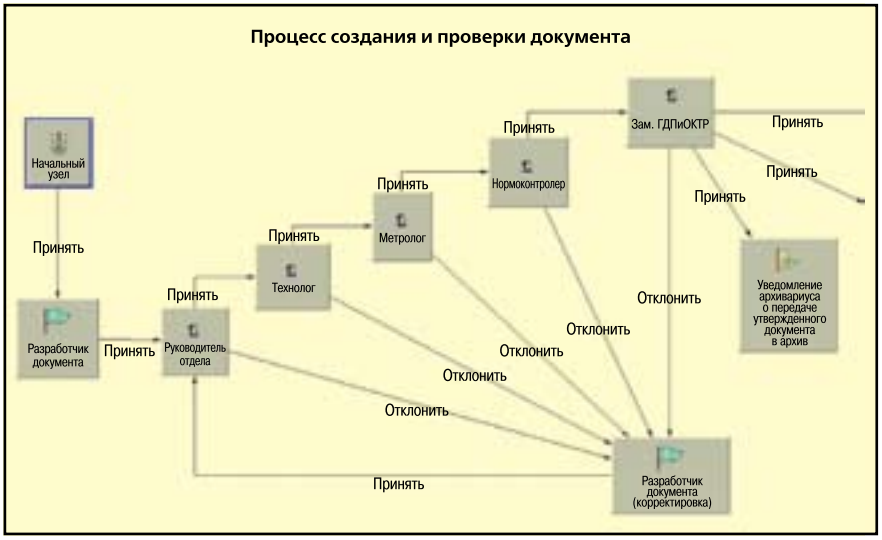

Рис. 3. Пример графика рабочего процесса Workflow

да рабочий проект начинается без предварительной оценки на этапе эскизного проектирования. В рабочем проекте конструкторские работы начинаются с разработки функциональной схемы изделия в модуле IGE+XAO SeeElectrical, где определяются пути прохождения сигналов между системами (оборудованием) на объекте, выбираются соединители, разрабатывается электрическая схема (рис. 4).

Параллельно с разработкой функциональной схемы ведутся работы по построению трехмерной модели объекта в системе CATIA V5, резервируется пространство под возможные пути прохождения кабельной трассы. Далее данные, полученные при построении функциональной схемы и трехмерном макетировании, объединяются в модуле IGE+XAO SeeTopology, где конструктор определяет оптимальное расположение кабельной сети, оптимальное количество жгутов, в зависимости от заданных требований, и их геометрию. Конструктор может задавать условия, минимизировать массу жгута, количество перегородок (технологических разъемов) и т.д. в зависимости от технических требований. Таким образом, получаются логические жгуты с определенным количеством разветвлений и длинами ветвей.

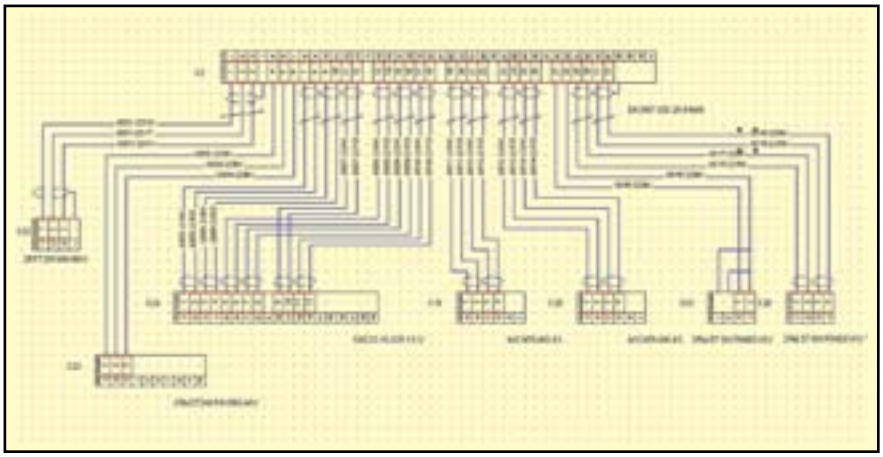

Рис. 4. Схема соединений электрическая

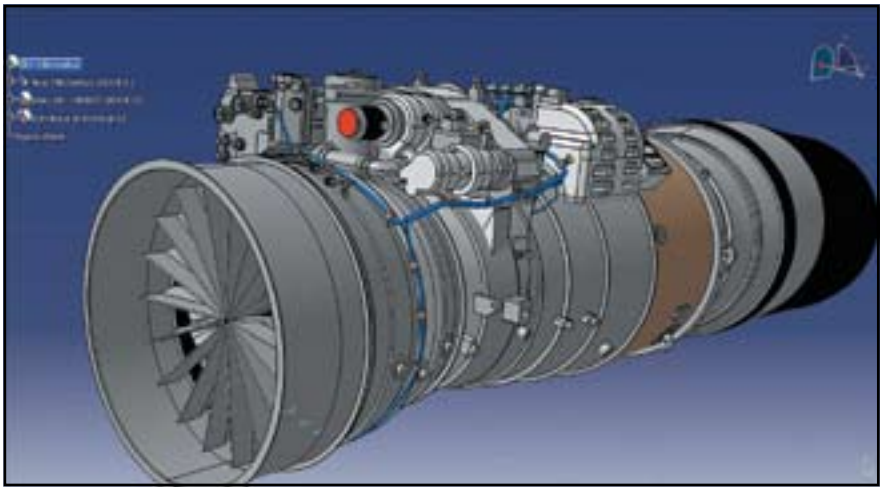

Рис. 5. Упрощенная трехмерная модель двигателя РД33МК

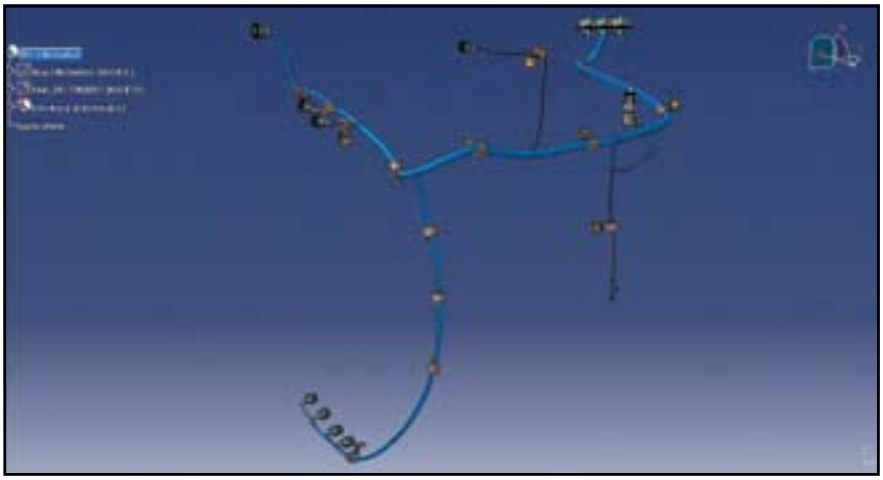

Рис. 6. Трехмерная модель электрического жгута двигателя РД33МК

В том же модуле конструктор "заполняет" жгуты проводами или кабелями, выбирая их из базы данных также в зависимости от условий, калибров, напряжения, экранирования, фирмы изготовителя и т.д. Конструктор может варьировать всеми вышеперечисленными характеристиками для получения оптимальных параметров кабельной сети – количества жгутов, их топологии (количества разветвлений, диаметра и длины ветвей), массы, падения напряжения, а также стоимости. Для уточнения топологии жгутов, выбора крепежных соединений на объекте полученные жгуты передаются в ранее разработанную трехмерную модель в CATIA V5 (рис. 5, 6). В случае, если геометрия была выбрана неудачно, данные с замечаниями передаются обратно в модуль Topology, редактируются и опять уточняются в CATIA V5 до тех пор, пока не будет выбрано оптимальное решение.

Вся история итераций, выполняемых при разработке электрических жгутов, фиксируется в ENOVIA SmarTeam, так что можно определить, когда начались работы, на какой стадии они находятся в данный момент, как проходили изменения, сколько версий было создано.

По результатам конструкторской разработки в ENOVIA SmarTeam передается состав изделия и формируется сборочный чертеж и спецификация жгутов согласно требованиям ЕСКД. Информация о составе изделия, а также данные по электрическим соединениям и компонентам передаются в RAM Commander для прогнозирования показателей надежности изделия, таких как интенсивность отказов, время безотказной работы изделия и т.д. Результат расчета возвращается в ENOVIA SmarTeam. Полученные данные све-

ряются с заданными требованиями к надежности изделия, занесенными ранее в ENOVIA SmarTeam. В случае несоответствия расчетных значений требуемым состав изделия анализируется повторно, выявляются возможные причины несоответствия, вносятся изменения и проводятся повторные расчеты с целью выявить, к примеру, какой из двух взаимозаменяемых компонентов более надежен, какой нужно выбрать способ резервирования или какие требования на условия эксплуатации следует наложить. Ведется корректировка конструкторской документации.

Изменения конструкторской и технологической документации выполняются только через извещения об изменениях, создаваемые в ENOVIA SmarTeam. Создавая извещения, пользователь может не только вносить текст содержания изменения, но и вставлять необходимые эскизы, создавать одно извещение на несколько документов, аннулировать документы и вводить новые, что автоматически фиксируется в ENOVIA SmarTeam. Извещение формируется в формате согласно требованиям ЕСКД.

На основании разработанных конструкторских документов инженер-технолог в модуле ТПП ENOVIA SmarTeam разрабатывает технологический процесс изготовления изделия (рис. 7). В системе технологический процесс (ТП) представляет собой иерархическую структуру, состоящую из следующих объектов: на верхнем уровне находится ТП, далее следуют операции, в которые входят переходы, материалы, инструменты и оборудование. Технолог выбирает метод разработки процесса путем заимствования из уже существующих или создавая новый. Первый вариант удобен для разработки ТП на основании типового технологического процесса. При разработке ТП технолог выбирает из базы данных необходимые объекты, соответствующие уровню структуры, связывает их со структурой изделия, полученной в результате конструкторской подготовки. Далее выполняется расчет необходимых вспомогательных материалов, а также оценивается трудоемкость изготовления изделия. Комплект документов ТП изготовления жгутов формируется согласно требованиям ЕСТД и включает в себя титульный лист, маршрутно-операционную карту, карту эскизов, ведомость материалов и маршрутно-сопроводительную карту, передаваемую на производство.

Для заказа комплектующих, а также вспомогательных материалов и дополнительного инструмента все полученные в результате конструкторских и технологических работ данные передаются в систему 1С. В ней отслеживаются все заказы по проекту, а также ведется учет поступивших на склад материалов и комплектующих. При наличии на складе всех необходимых материально-технических средств сотрудник планово-диспетчерского отдела отправляет из ERP-системы в ENOVIA SmarTeam "заказ на производство" с указанием перечня необходимых изделий и количества комплектов для подготовки конструкторских и технологических документов, передаваемых на производство.

Рис. 7. Вид окна технологической подсистемы ENOVIA SmarTeam

Согласно полученному "заказу на производство" формируются серийные (заводские) номера на изделия и соответственно на каждое изделие собирается комплект необходимых документов. Таким образом, в системе ведется учет изделий, изготавливаемых на производстве. Сотрудник архива распечатывает документы, на которых указаны время печати документа и номер его версии. Это позволяет контролировать актуальность документов, находящихся на производстве.

Все разработанные в процессе КПП и ТПП документы передаются в электронный архив автоматически после утверждения их руководителем.

Таким образом, компанией "Би Питрон" на технологической платформе ENOVIA SmarTeam была создана информационная система, объединяющая все уровни разработки кабельных сетей. Создание единого информационного пространства привело к увеличению скорости обработки информации на всех этапах жизненного цикла изделия, повысило качество информации об изделии, позволило оперативно анализировать данные, вносить корректировки и повторно использовать наработки завершенных проектов. Это значительно снизило вероятность возникновения ошибок и потери данных, позволило сократить сроки и повысить качество изготовления изделия.

Процесс совершенствования системы Интерконнект продолжается. В ближайшие планы разработчиков входит реализация следующих функций: организации удаленного доступа к единой базе данных посредством сети Интернет для объединения групп пользователей, территориально удаленных друг от друга; планирования производства и управления закупками комплектующих и материалов; расчета и оптимизации набора запасных частей; разработки графиков планового обслуживания изделий; сбора отчетов об отказах, их анализа, инициации проведения корректирующих действий; прогнозирования полной стоимости эксплуатации изделия для выявления основных факторов, влияющих на стоимость жизненного цикла.

И. А. Волков, директор по продажам PLM-решений,
Е. Л. Ромашова, ведущий инженер по информационным технологиям,
компания "Би Питрон"

Универсальный язык 3D одинаково понятен и взрослым и детям

3D технологии позволяют оперативно учитывать предпочтения Ваших заказчиков при разработке новых проектов. Вместе вы творите, делитесь опытом и экспериментируете в 3D. PLM-решения Dassault Systèmes позволяют Вашей компании создавать продукты будущего.

Подробнее о CATIA, SIMULIA, DELMIA, ENOVIA и 3DVIA – www.3ds.com

www.3ds.com

DASSAULT SYSTEMES

Увидеть задуманное

© Dassault Systèmes 2007. Все права зарегистрированы. CATIA, DELMIA, ENOVIA, SIMULIA и 3DVIA являются зарегистрированными торговыми марками компании Dassault Systèmes и ее дочерних фирм в США и/или других странах.