

УДК 002.53; 002.53:004.65; 002.53:004.62/.63

Вичугова Анна Александровна, аспирант, ассистент кафедры автоматизации и компьютерных систем Института Кибернетики ТПУ.

E-mail: anya@aics.ru

Область научных интересов: бизнес-моделирование, структурный анализ, базы данных, информационные системы электронного документооборота, информационно-управляющие системы.

Вичугов Владимир Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации и компьютерных систем Института кибернетики ТПУ.

E-mail: vlad@aics.ru

Область научных интересов: программирование, базы данных, автоматизированные системы управления.

Цапко Геннадий Павлович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации и компьютерных систем Института кибернетики ТПУ.

E-mail: tsapko@aics.ru

Область научных интересов: системный анализ, информационные технологии управления жизненным циклом продукции.

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ

А.А. Вичугова, В.Н. Вичугов, Г.П. Цапко

Томский политехнический университет

E-mail: anya@aics.ru

Рассмотрены требования к программной интеграции информационных систем с точки зрения технологий непрерывной поддержки жизненного цикла изделия. Приведен пример сопряжения системы автоматизированного проектирования электронных приборов Altium Designer с системой управления данными Enovia SmartTeam. Описаны некоторые особенности технической реализации взаимодействия указанных программных средств. Предложен способ интеграции информационных систем на основе API- и COM-технологий, а также унифицированных форматов представления данных.

Ключевые слова:

Информационные системы, жизненный цикл, модель данных, технологии программной интеграции.

Введение

В настоящее время все больше товаров оснащены средствами вычислительной техники и радиоэлектроники. Это объясняет увеличение спроса на продукцию приборостроительных предприятий. Единица промышленной продукции называется изделием. В приборостроительной отрасли промышленности изделие представляет собой взаимосвязанную совокупность множества составных частей [1]. Принимая во внимание тенденцию к расширению функциональности и интеллектуализации товаров, можно сделать вывод, что

одной из главных задач сегодня является размещение радиоэлектронных средств (РЭС) в условиях габаритно-весовых ограничений. Совокупность РЭС, объединенных в сборочные единицы и устройства, предназначенные для преобразования и обработки электромагнитных сигналов, необходимых для выполнения прибора, принято называть радиоэлектронной аппаратурой (РЭА).

Функциональная сложность РЭА объясняет итеративность процессов ее проектирования и производства. При этом характерной особенностью данной деятельности является большое количество ее участников и высокий уровень использования информационных технологий (ИТ): систем автоматизированного проектирования (САПР) и систем управления данными (СУД). При этом следует отметить, что проектирование РЭА включает, как минимум, два взаимосвязанных аспекта: электрическое проектирование, которое обеспечивает выполнение определенных функций в условиях воздействия различных факторов, а также механическое

проектирование, цель которого состоит в размещении определенных РЭС в соответствии с требованиями к массогабаритным характеристикам прибора.

В соответствии с положениями концепции технологий непрерывной поддержки жизненного цикла (ЖЦ) изделия, СУД выполняет роль связующего звена между различными САПР. Для обеспечения целостности информации, ее структурированного хранения и автоматизированной обработки, необходима интеграция САПР и СУД. При этом основной задачей является непротиворечивость представления информационных сущностей, которые создаются и используются в различных ИС. Таким образом, проблема разработки методов программного сопряжения САПР и СУД для проектирования РЭА имеет высокий уровень актуальности и практической значимости.

Информационные сущности при проектировании РЭА

С точки зрения проектирования РЭА, разработка изделия включает в себя описание в различных САПР электронной структуры, электронной и информационной моделей изделия. В связи с важностью этих понятий следует рассмотреть их определение с точки зрения регламентирующих документов – стандартов единой системы конструкторской документации.

Электронная структура изделия (ЭСИ) – это конструкторский документ, содержащий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта и иерархические отношения (связи) между его составными частями и другие данные в зависимости от его назначения [2].

Согласно [3] информационная модель изделия (ИМИ) – совокупность данных и отношений между ними, описывающая различные свойства реального изделия, интересующие разработчика модели и потенциального или реального пользователя. В свою очередь, электронная модель изделия (ЭМИ) по [3, 4] – это электронный конструкторский документ, содержащий электронную геометрическую модель детали или сборочной единицы, соответствующие электронные геометрические модели составных частей, свойства, характеристики и другие данные, необходимые для сборки (изготовления) и контроля. Таким образом, ЭМИ является частным случаем ИМИ. Именно ИМИ отражает данные о проектируемой сущности с той или иной точки зрения, например, ИМИ электрического или конструкторского проектирования, теплового моделирования и т. д.

Подводя итог описанию информационных сущностей, создающихся в процессе проектирования РЭА, можно сделать вывод, что ЭСИ и ИМИ являются первичными документами для получения различных конструкторских документов (КД), входящих в основной и полный комплекты КД согласно [4]. Например, спецификация, один из самых важных конструкторских документов, необходимый для производства изделия, формируется на основе данных информационных моделей, разработанных в различных САПР: при электрическом и при механическом проектировании. Изменение этих ИМИ и ЭСИ влечет изменение остальной КД. Этот факт должен являться базисом для разработки правил интеграции ИС с точки зрения технологий непрерывной поддержки ЖЦ изделия.

Требования к интеграции САПР и СУД

В соответствии со спецификой проектирования РЭА, можно выделить следующие основные требования к интеграции ИС:

- СУД является централизованным хранилищем всех характеристик изделия, проектируемых в различных САПР;
- исключение дублирования данных;
- автоматическая синхронизация данных в различных ИС;
- автоматическое формирование КД;
- накопление данных и опыта, возможность использования информации из предшествующих проектов разработки изделий.

Обобщая вышеуказанные требования к интеграции САПР и СУД, можно сделать вывод, что они сводятся к анализу правил хранения и обработки данных в ИС. Согласно ГОСТ 34.321-96, они описываются схемой данных. Основным отличием СУД от систем электронного документооборота является их направленность на проектную специфику деятельности [5]. Разработка изделия выполняется в рамках проекта, который является хранилищем всех связанных с изделием информационных сущностей (ЭСИ, ИМИ, КД). В современных СУД предусмотрено логическое разделение информационных сущностей и представление их в виде структурированной совокупности однотипных объектов, например, дерево проектов, дерево элементов, дерево документов, дерево материалов и т. д. При этом все информационные сущности, относящиеся к одному изделию, связаны между собой (рис. 1).

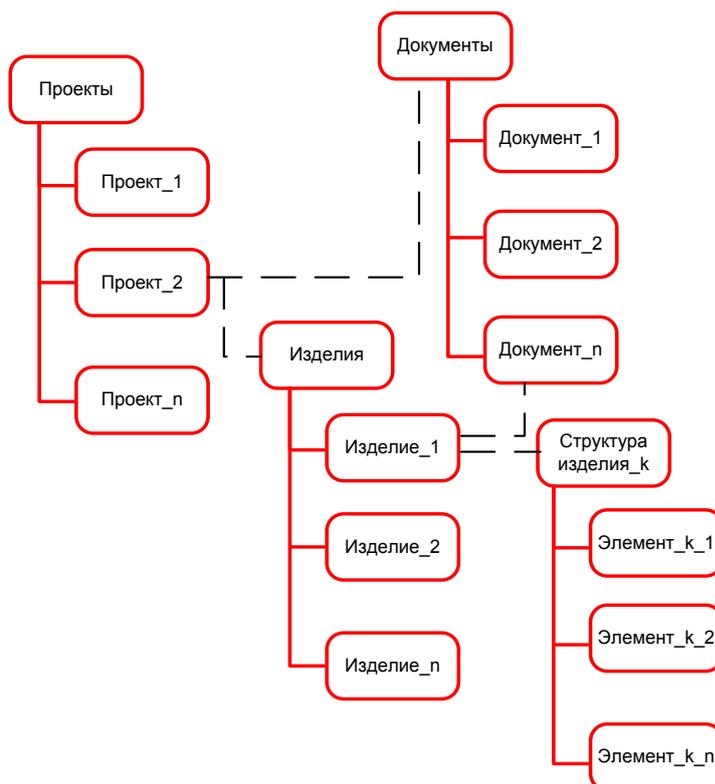


Рис. 1. Схематичное представление иерархии и взаимосвязи информационных сущностей в СУД в виде структурированных деревьев

С точки зрения объектно-ориентированного подхода, семантическая типизация информационных сущностей в схеме данных СУД означает выделение объектов с одинаковым поведением в классы с одним набором характеристик-атрибутов. Таким образом, схема данных является объектной моделью, которая описывает структуру объектов, составляющих систему, их атрибуты, операции, взаимосвязи с другими объектами. Такое представление информационных сущностей с точки зрения объектно-ориентированного подхода должно являться базисом для интеграции ИС. Это означает, что разработанная в САПР сущность (ИМИ, ЭСИ) должна быть без потерь экспортирована в систему управления данными, что обеспечивается наличием в СУД соответствующих контейнеров (классов с необходимым набором атрибутов). На рис. 2 показана упрощенная схема передачи информационных сущностей из САПР в СУД для реализации программного сопряжения ИС.



Рис. 2. Схема передачи информационных сущностей из САПР в СУД

Рассматривая информационные сущности, разработанные в САПР, с точки зрения объектной модели данных СУД, следует отметить, что импортируемая из ИМИ и формируемая на ее основе КД обладают поведением документа. В свою очередь, ЭСИ должна быть интегрирована в дерево элементов. Таким образом, при экспорте данных из САПР в СУД необходимо генерировать объекты соответствующих классов в рамках одного проекта и одного изделия. Кроме того, поскольку СУД является многопользовательской ИС, необходимо предусмотреть авторизацию входа в СУД при импорте данных из САПР. На рис. 3 показан обобщенный алгоритм действий, который необходимо выполнить в СУД при загрузке данных из САПР.

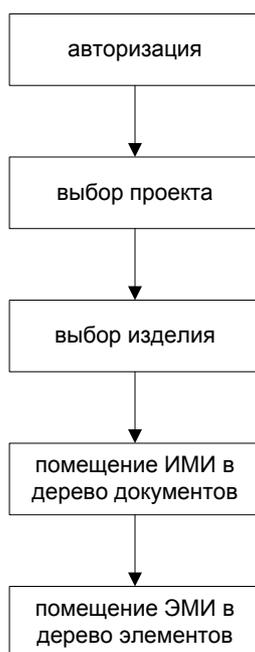


Рис. 3. Алгоритм действий, выполняемых в СУД при загрузке данных из САПР

Технические средства программной интеграции САПР и СУД

Кроме концептуальной стороны вопроса о сопряжении ИС, следует также определить технические средства для решения данной задачи. Можно выделить несколько наиболее популярных на сегодня методов интеграции приложений:

- обмен файлами, в которые помещаются общие данные;
- общая база данных (БД), в которой сохраняется общая информация;
- удаленный вызов процедур для выполнения действий или обмена данными;

- система обмена сообщениями, которые используются для обмена данными и выполнения действий;
- веб-сервисы, в том числе ESB и SOAP.

Выбор определенного метода из данного списка зависит от специфики связываемых ИС, например, в случае веб-приложений наиболее эффективным будет последний вариант. Однако если сопрягаемые ИС функционируют как настольные приложения, что часто распространено среди САПР и СУД, данный метод не подойдет. Обмен файлами и общая БД также не уместны из-за различных схем данных сопрягаемых ИС. Таким образом, следует рассмотреть интеграцию САПР и СУД с помощью удаленного вызова процедур и асинхронного обмена сообщениями. Принимая во внимание вышеприведенный алгоритм интеграции САПР и СУД, можно сделать вывод, что его действия, по сути, представляют собой вызов интерфейсных функций СУД. Это может быть реализовано с помощью современных технологий создания программного обеспечения (ПО) на основе взаимодействующих компонент, каждая из которых может использоваться во многих ИС одновременно. Принципы этого подхода к программированию закреплены в виде технологического стандарта компании Microsoft, называемого СОМ (от англ. Component Object Model).

Стандарт СОМ поддерживает положения ООП (инкапсуляцию и полиморфизм), но основным его понятием является СОМ-компонент. Программы, построенные на стандарте СОМ, фактически не являются автономными программами, а представляют собой набор взаимодействующих между собой СОМ-компонентов. Каждый компонент имеет уникальный идентификатор и может одновременно использоваться многими программами. Компонент взаимодействует с другими программами через СОМ-интерфейсы – наборы абстрактных функций и свойств.

Windows API (от англ. Application Programming Interface) предоставляет базовые функции, позволяющие использовать СОМ-компоненты. Библиотеки MFC (от англ. Microsoft Foundation Classes – библиотека на языке C++, разработанная Microsoft и призванная облегчить разработку приложений с графическим интерфейсом для Microsoft Windows) и, особенно, ATL (от англ. Active Template Library – набор шаблонных классов языка C++, разработанных компанией Microsoft для упрощения написания СОМ-компонентов) и WTL (от англ. Windows Template Library – свободно распространяемая библиотека шаблонов C++, предназначенная для облегчения разработки приложений с графическим интерфейсом для Microsoft Windows) предоставляют гораздо более гибкие и удобные средства для работы с СОМ. Главное достоинство СОМ – независимость от языка программирования и исполняющей среды.

Таким образом, интерфейсные функции СУД из вышеприведенного алгоритма интеграции СУД и САПР могут быть реализованы посредством СОМ-компонент, которые, в связи с их многократным использованием, логично объединить в динамически подключаемую библиотеку (DLL, англ. dynamic-link library). Однако данные действия являются вспомогательными в решении проблемы интеграции САПР и СУД и не обеспечивают ее главную задачу – экспорт данных ИМИ и ЭСИ. Для этого необходимо передать в СОМ-объект информацию из САПР в виде массива данных унифицированного формата. В настоящее время универсальными форматами данных принято считать языки разметки, например, XML. Но для использования преимуществ объектно-ориентированного подхода СОМ рационально выбрать формат разметки, поддерживающий эту методологию. Одним из таких форматов является JSON (JavaScript Object Notation). Он основан на подмножестве языка программирования JavaScript, определенного в стандарте ECMA-262, третья редакция. Несмотря на происхождение от JavaScript, формат считается языконезависимым и может использоваться практически с любым языком программирования. Для многих языков существуют функции для создания и обработки данных в формате JSON.

JSON представляет собой правила для описания универсальных структур данных, называемых в разных языках программирования по-разному (например, объект, запись, структура, словарь, хэш, именованный список или ассоциативный массив, массив, вектор, список или последовательность и т. д.) с помощью простого синтаксиса разметки: (), {}, [], "", / и т. д., подобно XML. Таким образом, JSON подходит для описания сложных структур в силу удобочитаемости и лаконичности, а также меньшим размером файла по сравнению с XML.

Разработанная авторами статьи технология интеграции САПР и СУД графически представлена на рис. 4.

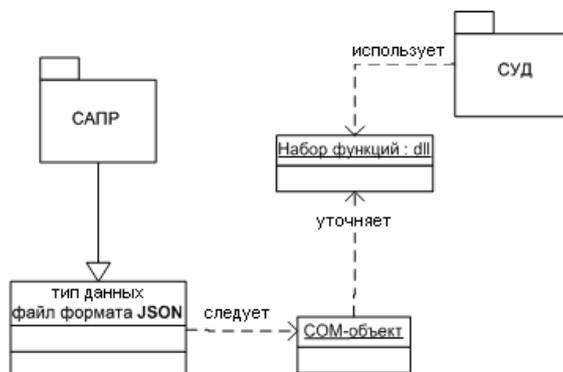


Рис. 4. Обобщенная схема технологии интеграции САПР и СУД

Пример программной интеграции СУД Enovia SmarTeam и САПР Altium Designer

В качестве примера вышеизложенных аспектов интеграции САПР и СУД, необходимой при проектировании РЭА в соответствии с концепцией технологий непрерывной информационной поддержки ЖЦ изделий, командой разработчиков с участием авторов статьи был реализовано программное сопряжение САПР Altium Designer и СУД Enovia SmarTeam. Работа выполнялась в рамках ОКР «Разработка комплекса программных и технических средств проектирования, изготовления и испытаний унифицированного ряда электронных модулей на основе технологии «система-на-кристалле» для систем управления и электропитания космических аппаратов (КА) связи, навигации и дистанционного зондирования Земли с длительным сроком активного существования» по договору с ОАО «Информационные спутниковые системы» (г. Железногорск, Красноярский край).

Интеграция САПР Altium Designer и СУД Enovia SmarTeam предназначена для выполнения следующих функций:

- получение из проекта САПР Altium Designer данных о файлах, подключенных к проекту, списка схем, списка электрорадиоизделий (ЭРИ) на схемах и создание в СУД Enovia SmarTeam соответствующих объектов классов «Проект Altium» и «Файл Altium» с целью помещения в них данных ИМИ для выбранной пользователем сборочной единицы;
- формирование КД вида «Перечень элементов» в формате PDF в СУД Enovia SmarTeam для выбранной пользователем сборочной единицы;
- формирование ЭСИ в СУД Enovia SmarTeam – объектов класса «Прочие изделия» для выбранной пользователем сборочной единицы.

Учитывая поддержку Windows API в интегрируемых ИС, рационально использовать преимущества данного средства разработки. Для предоставления объектно-ориентированных API или сервисов другим приложениям, используется объектная модель компонентов COM. Таким образом, задача интеграции САПР Altium Designer и СУД Enovia SmarTeam сводится к формированию COM-объекта из САПР и его обработка в Enovia SmarTeam. При этом информация из САПР поступает в COM-объект в виде массива данных унифицированного формата JSON. Следует отметить, что, помимо ИМИ и ЭСИ, данный файл также включает сведения о разработчике, контролере и другую информацию, необходимую для формирования КД.

Перед тем как приступить непосредственно к описанию механизма разработанной интеграции ИС, следует пояснить особенности представления данных об изделии в сопрягаемой САПР. В основе Altium Designer лежит программная платформа DesignExplorer, объединяющая различные модули для реализации всех функций сквозного автоматизированного проектирования: редактор схем, печатных плат, автотрассировщик, программу моделирования схем РЭС,

САМ-средства и др. Функциональность каждого компонента Altium Designer по отношению к другим может быть расширена через его собственный API (например, Schematic API), а также общий WorkSpace API. Это осуществляется с помощью выполнения скриптов, написанных на различных скриптовых языках (DelphiScript, EnableBasic, VisualBasic Script, JavaScript). В разработанной программной системе интеграции САПР Altium Designer и СУД Enovia SmarTeam для получения полного перечня ЭРИ (со схемы и с печатной платы), а также их характеристик, был реализован скрипт на языке Visual Basic Script.

Начальной точкой каждого конструктивного решения в Altium Designer является проект – набор документов с однозначной трактовкой данных. Например, схема и плата в проектных данных представляют собой набор файлов для изготовления единственной печатной платы, в то время как схема и текст HDL в проектных данных для программируемой логической интегральной схемы представляют собой набор файлов, необходимых для ее программирования. Комплект документов, которые создают проект, формируется совместно с файлом проекта. Файл проекта содержит все установки, включая связи с каждым документом в проекте и все проектно-зависимые опции. Каждый документ в проекте записывается как отдельный файл, который связан с проектом через относительные ссылки к файлам на одном и том же логическом устройстве или абсолютные ссылки на файлы на различных логических устройствах. Выходные данные, генерируемые из проекта, также ссылаются на проектный файл.

Таким образом, в проекте Altium Designer содержатся файлы двух типов: логические (схемы, печатные платы, файл проекта) и сгенерированные (файлы отчетов). Для экспорта данных из САПР в СУД необходимо перенести весь проект Altium Designer, поэтому необходимо использовать WorkSpace API.

На основе вышеизложенных положений разработана программная модульная система интеграции САПР Altium Designer и СУД Enovia SmarTeam, которая представляет собой COM-компонент, взаимодействующий с внешними программными системами посредством COM-интерфейсов. Большая часть механизма интеграции указанных ИС реализована средствами языка программирования C# и функционирует в общезыковой среде выполнения CLR. Структура программной системы интеграции и схема взаимодействия с сопрягаемыми ИС показана на рис. 5.

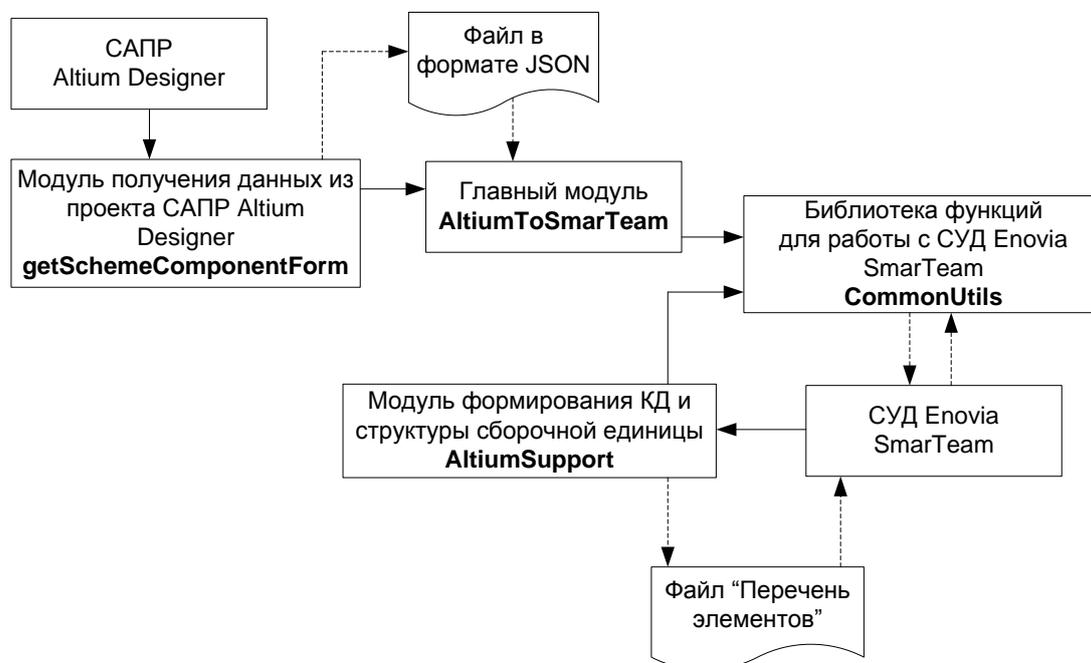


Рис. 5. Структура программной системы интеграции и схема взаимодействия с сопрягаемыми ИС

Разработанная программная система интеграции состоит из следующих частей:

- Модуль `getSchemeComponentForm` обеспечивает чтение данных об изделии из проекта Altium Designer, сохранение этих данных в файл в формате JSON и передачу управления модулю `AltiumToEnoviaSmarTeam`.
- Модуль `AltiumToEnoviaSmarTeam` обеспечивает проведение аутентификации пользователя, выбор пользователем проекта Enovia SmarTeam, выбор пользователем сборочной единицы, а также создание в Enovia SmarTeam объектов классов «Проект Altium» и «Файл Altium» в соответствии с данными, полученными из проекта Altium Designer.
- Модуль `AltiumSupport` запускается по запросу пользователя из СУД Enovia SmarTeam и обеспечивает формирование КД вида «Перечень элементов» в формате PDF и структуры выбранной сборочной единицы на основе данных ИМИ, хранящихся в СУД Enovia SmarTeam.
- Модуль `CommonUtils` используется другими модулями программной системы интеграции, поскольку содержит общие функции для работы с СУД Enovia SmarTeam и с форматом JSON.

Описанный пример интеграции САПР и СУД является лишь частью работы по организации единого информационного пространства для процессов проектирования и производства РЭА. В рамках этой задачи еще необходимо решить вопросы сопряжения САПР механического и электрического проектирования, а также обмена информацией СУД с другими ИС, использующимися для непрерывной поддержки на протяжении ЖЦ изделия.

Выводы

Итак, описанная в статье задача интеграции информационных систем, используемых для проектирования РЭА, включает детальную проработку следующих компонентов:

- концептуальные понятия информационных сущностей и их взаимосвязь;
- специфические правила хранения и обработки информации в САПР и СУД, согласно схеме данных этих видов ИС;
- требования к сопряжению ИС с точки зрения предметной области;
- технические средства реализации.

Формализованное представление описанных в статье приемов в виде взаимосвязанных методик, моделей и алгоритмов полезно при выполнении работ по организации единого информационного пространства приборостроительных предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виды изделий. ГОСТ 2.101-68. Взамен ГОСТ 5290-60; введ. 01.01.1971. – 3 с.
2. Электронная структура изделия. Общие положения. ГОСТ 2.053-2006. введ. 01.09.2006. – 11 с.
3. Электронная модель изделия. Общие положения. ГОСТ 2.052-2006. введ. 01.09.2006. – 14 с.
4. Виды и комплектность конструкторских документов. ГОСТ 2.102-68. введ. 01.01.1971. – 11 с.
5. Вичугова А.А., Вичугов В.Н., Дмитриева Е.А. Жизненный цикл документа в информационных системах управления данными // Вестник науки Сибири. Серия: Информационные технологии и системы управления. – 2011. – № 1. – С. 328–334. URL: <http://sjs.tpu.ru/journal/issue/view/2/showToc/sect/4> (дата обращения: 15.12.2011).

Поступила 19.12.2011 г.