

Технология автоматизированного документирования разработки радиоэлектронной аппаратуры

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ»

Анализ требований стандартов исполнения и оформления технических документов позволил сформулировать модель процесса создания технической документации. Эта модель является основой технологии автоматизированного документирования разработки радиоэлектронных аппаратов (РЭА). В рамках создания этой технологии проанализированы и выделены характерные свойства документов, генерируемых при разработке РЭА, подобрано соответствующее программное обеспечение. Как пример рассмотрена среда автоматизированной разработки технической документации AuthorIT, с помощью которой составлены шаблоны на ряд документов (техническое задание, объяснительную записку, паспорт изделия). При этом особое внимание уделено вопросам обеспечения согласованности проектных документов на различных этапах жизненного цикла создания РЭА.

Ключевые слова: техническая документация, радиоэлектронная аппаратура, модель процесса создания технической документации, автоматизация, концепция единого источника

Постановка проблемы в общем виде. Общие правила выполнения и оформления чертежей и других технических документов регламентируются Единой системой конструкторской документации (ЕСКД). В соответствии с ГОСТ 2.001-93 ЕСКД – это комплекс стандартов, устанавливающих взаимосвязанные нормы и правила разработки, оформления и обращения конструкторской документации, создаваемой и применяемой на всех стадиях жизненного цикла изделия. Полученные в соответствии с ЕСКД документы являются основой для повышения технологической готовности производства, обеспечивая на предприятиях наличие полных комплектов конструкторской и технологической документации, вид и объем которой регламентируется Единой системой технологической документации (ЕСТД). Кроме того, применение стандартов ЕСКД и ЕСТД при разработке радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) дает возможность использовать современные методы и средства при проектировании изделий, позволяет обмениваться технической документацией без ее переоформления, помогает создавать оптимальную комплектность документации и проводить сертификацию изделий, сокращает сроки и снижает трудоемкость подготовки производства, позволяет готовить документацию для переналадки действующего производства, гармонизирует техническую документацию с соответствующими международными стандартами. Недаром ГОСТ 2.001-93 принят не только Украиной, но и Россией, Грузией, Азербайджаном, Арменией, Белоруссией, Таджикистаном, Туркменистаном и другими странами [1].

Современное производство РЭА характеризуется непрерывным процессом обновления материально-технической базы, технологии изготовления, усложнением цикла подготовки производственных процессов, их механизацией и автоматизацией, а значит, техническая документация должна создаваться с учетом взаимосвязей ее составных частей, а также с учетом этапов разработки изделия. Однако опыт работы многих компаний, выпускающих РЭА, показывает, что к процессу создания технической документации относятся как к рутинному и

трудоемкому процессу [2]. Необходим единый подход к разработке технической документации, позволяющий существенно снизить трудоемкость и ресурсоемкость процесса документирования на всех этапах создания радиоэлектронной аппаратуры.

Таким образом, *целью статьи* является разработка модели процесса создания технической документации и выбор технологии ее автоматизированной реализации, учитывающей характерные особенности документирования на всех стадиях разработки РЭА.

Основной материал. Процесс создания любого изделия РЭА проходит ряд стадий, которые регламентируются ГОСТ 15.005-86 и ГОСТ 2.103-68. Каждая из этих стадий заканчивается определенным набором технической документации (табл. 1).

Таблица 1

Общее содержание документов в зависимости от стадии разработки РЭА

Этапы создания изделия РЭА	Содержание документов
<u>Разработка технического задания</u> (по ГОСТ 2.103-68 к стадиям разработки документации не относится)	Исходный документ, устанавливающий технические и экономические требования к РЭА, в том числе к уровню заводской готовности и монтажной технологичности, требования к разработке, изготовлению, приемочному контролю, к комплектности поставки, а также требования к строительной части, наладке, испытаниям на объекте, приемке, техническому обслуживанию и ремонту. Именно в техническом задании определяют стадии и объем разработки технической документации в соответствии с ГОСТ 2.103-68 [3]
<u>Техническое предложение</u> разрабатывается в целях выявления дополнительных или уточненных требований к изделию, которые не указаны в техническом задании	Совокупность документов, которые содержат техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности разработки документации РЭА на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможных решений изделий, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий и патентные исследования. Эти документы включают в себя чертежи общего вида, габаритные чертежи, схемы, пояснительную записку, таблицы, расчеты, ведомости [4]
<u>Эскизный проект</u> разрабатывают в целях установления принципиальных решений, дающих общее представление о принципе работы и устройстве изделия, когда это целесообразно сделать до разработки технического проекта или рабочей документации	Совокупность документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление о назначении, устройстве, принципе работы и габаритных размерах изделия РЭА, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры изделия. Сюда входят чертежи общего вида, габаритные и теоретические чертежи, схемы, пояснительные записки на изделие и программные документы, таблицы, расчеты, программа и методика испытаний, ведомости, технологическая документация, предназначенная для изготовления и испытания макета изделия и (или) его составных частей [4]
<u>Технический проект</u> разрабатывают в целях выявления окончательных технических решений, дающих полное представление о конструкции изделия, а также оценивают его соответствие требованиям технического задания.	Совокупность документов, содержащих окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации. Сюда входят чертежи общего вида, габаритные и теоретические чертежи, чертежи деталей, схемы, пояснительные записки на изделие и программные документы, технические условия, таблицы, расчеты, программа и методика испытаний, ведомости, технологическая документация, предназначенная для изготовления и испытания макета изделия и (или) его составных частей [4]
<u>Рабочая документация</u> предназначена для изготовления и испытания	В соответствии с ГОСТ 2.102-68, ГОСТ 3.1102-81, ГОСТ 19.101-77 рабочая документация включает в себя сборочный габаритный, теоретический, электромонтажный и упаковочный чертежи,

Этапы создания изделия РЭА	Содержание документов
изделия РЭА (обязательная стадия разработки технической документации)	чертежи деталей, схемы, спецификации, технические условия, таблицы, расчеты, карту технического уровня, программу и методику испытаний, ведомости, эксплуатационные и ремонтные документы, текст и описание программ, эксплуатационные документы, основную и вспомогательную технологическую документацию, предназначенную для изготовления и испытания изделия (технологические инструкции, маршрутные карты, карты техпроцесса и пр.) [4, 5, 6]

Анализируя табл. 1, процесс создания технической документации можно описать моделью вида

$$TD = (X, S, Y, \varphi, \psi), \quad (1)$$

где $X = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \}$ - множество исходных данных, необходимых для разработки технической документации;

$S = \{ s_1, s_2, \dots, s_m \}$ - множество требований, регламентирующих процесс разработки технической документации и определяющих ее состояние;

$Y = \{ y_1, y_2, \dots, y_k \}$ - множество документов, получаемых на выходе при реализации процесса разработки технической документации;

φ и ψ - функции переходов и выходов, обеспечивающие единый подход к процессу разработки технической документации.

Множество X в соответствии с ГОСТ 25123-82 формируется из требований заказчиков, результатов выполненных научно-исследовательских работ, научного прогнозирования, экономических исследований, анализа передовых достижений и технического уровня отечественной и зарубежной техники, а также изучения патентной документации [3, 7]. Тогда функцию перехода в выражении (1) запишем в виде

$$\varphi: X \times S \rightarrow S, \quad (2)$$

в результате реализации которой составляется и утверждается техническое задание на разработку РЭА. Оно содержит обязательный для исполнения перечень требований к РЭА, которые должны быть реализованы в ходе создания изделия и отражены в соответствующей технической документации [3, 7]. Функция (2) формируется в процессе совместной работы заказчика и разработчиков и регламентируется ГОСТ 25123-82 и ГОСТ 15.005-86.

Функция выходов, формируется в процессе трансформации исходных данных в выходной комплект документов с учетом требований технического задания:

$$\psi: X \times S \rightarrow Y. \quad (3)$$

Функция (3) определяет объем и содержание множества Y , регламентируется техническим заданием, в котором кроме индивидуальных требований заказчика к РЭА указывают требования, установленные в стандартах, нормативных документах органов, осуществляющих надзор за безопасностью, охраной здоровья и природы (давая ссылку на эти документы), определяют стадии разработки технической документации и ее объем.

В результате формируется полный комплект технической документации, состоящий из основного комплекта документов на изделие в целом, из основных комплектов конструкторских документов на его составные части, из комплектов программных и технологических документов (рис. 1) [8]. При этом в соответствии с

выражением (1) все документы должны быть согласованы между собой, а, учитывая определение функции (3) и анализируя требования стандартов, обладать рядом характерных особенностей, например:

- иметь взаимосвязи структуры и содержания большинства документов;
- иметь повторяющуюся структуру и содержание большинства документов;
- иметь типовое наполнение разделов большинства документов.

В качестве примеров рассмотрим три типовых документа, создаваемых на любой стадии разработки технической документации РЭА. Это техническое задание, пояснительная записка и паспорт изделия [7, 8], основные требования к содержанию разделов которых представлены в табл. 2.

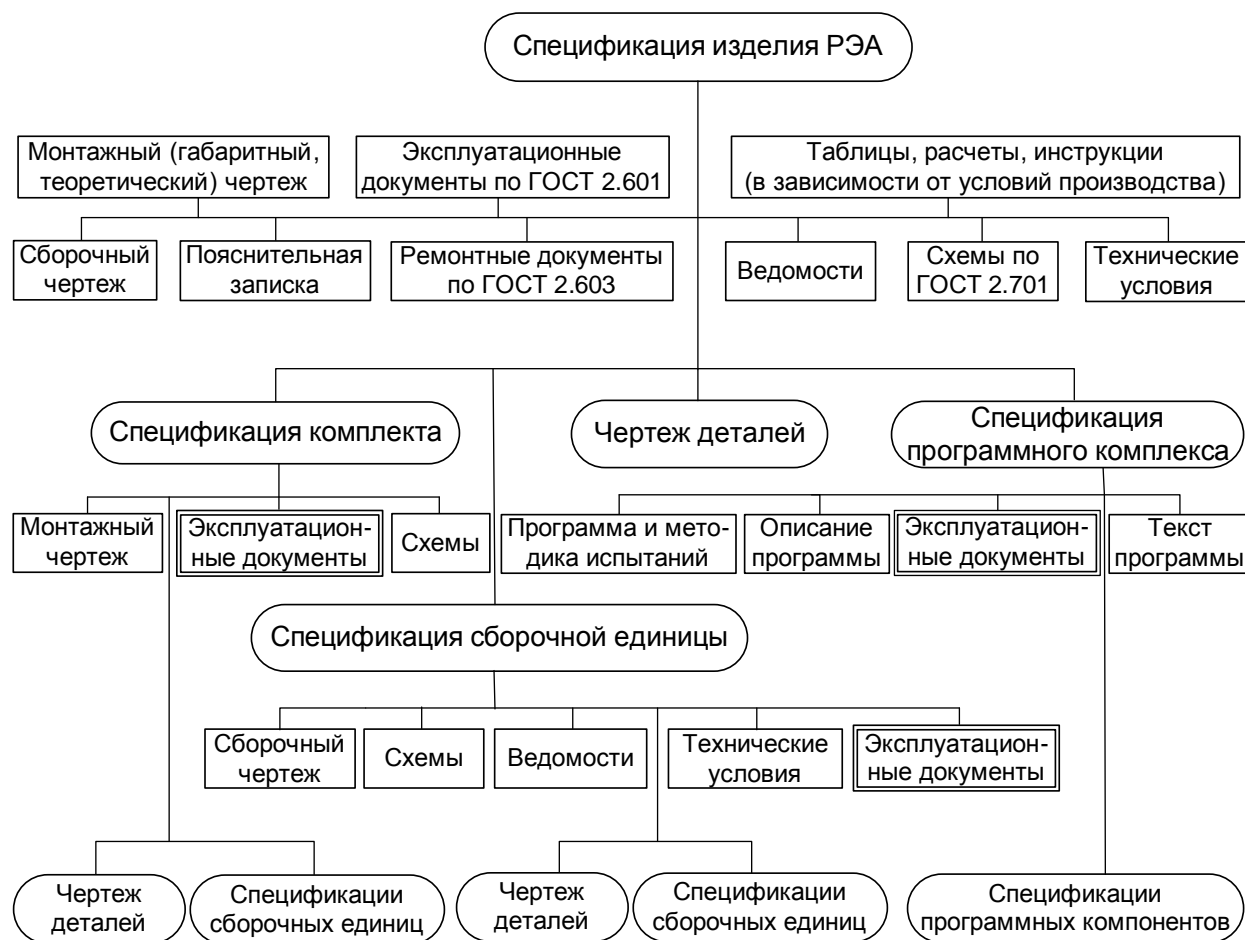


Рис. 1. Состав технической документации

Техническое задание - основополагающий документ на разработку РЭА, где указывают требования к изделию, реализация которых подтверждается соответствующим актом приемки изделия, составляемым по результатам рассмотрения представленных документов и результатам испытаний [3].

Пояснительная записка содержит описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений [9]. Учитывая, что решения не могут существовать в отрыве от требований, большую часть текста требований «переносится» из технического задания в пояснительную записку. Следовательно, многие виды документов, генерируемые на стадиях и этапах

создания РЭА, являются взаимоувязанными. Причем такая же взаимосвязь прослеживается на уровне структурных единиц документов (разделов, подразделов, пунктов и пр.).

Анализируя основное содержание разделов этих документов, отметим, что видна повторяемость элементов в структуре. Так, в техническом задании – это «требования к ...», в пояснительной записке – «решение по ...», в паспорте на изделие – «сведения о ...». Таким образом, повторяемость большинства фраз и жесткая взаимосвязь структурных элементов отдельных документов, разрабатываемых в ходе создания РЭА, сомнений не вызывает.

Таблица 2

Требований к содержанию разделов некоторых документов, формируемых при создании РЭА

Документ	Основное содержание разделов
Техническое задание (по ГОСТ 25123-82)	<ul style="list-style-type: none"> - состав изделия; - технические показатели (параметры) изделия; - требования к надежности; - принцип работы; - конструктивные требования; - условия эксплуатации; - требования к упаковке, транспортировке и хранению; - требования безопасности; - экономические показатели и пр.
Пояснительная записка (по ГОСТ 2.106-96)	<ul style="list-style-type: none"> - технические характеристики разрабатываемого изделия; - описание и обоснование выбранной конструкции; - расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции; - описание работы изделия; - место установки и условия эксплуатации; - комплектующие составные части изделия; - ожидаемые технико-экономические показатели
Паспорт изделия (по ГОСТ 2.601-2006)	<ul style="list-style-type: none"> - технические данные; - комплектность; - ресурсы, сроки службы и хранения и гарантии изготовителя; - свидетельство об упаковывании; - свидетельство о приемке; - заметки по эксплуатации и хранению; - ограничения по транспортировке; - сведения об утилизации; - сведения о цене изделия

Следовательно, изменения, вносимые в текст требований технического задания, неизбежно должны привести к изменениям в тексте пояснительной записки, а также в эксплуатационном документе – паспорте изделия. Поскольку документация должна быть согласованной, сведения, содержащиеся в паспорте, не должны противоречить решениям, обоснованным в пояснительной записке, и требованиям, предъявляемым техническим заданием. Эту ситуацию иллюстрирует рис. 2, где показана связь между подразделами технического задания, пояснительной записки и паспорта на изделие. Согласованность, выражающаяся в непротиворечивости, является наиважнейшим показателем качества технической документации.

При этом техническая документация содержит и сохраняет от проекта к

проекту множество типовых текстовых фрагментов. Например, рассматривая подраздел технического задания «Требования безопасности», заметим, что пункты ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» будут всегда присутствовать в проектах на создание РЭА. Именно они определяют требования к безопасности конструкции электротехнических изделий, предотвращающие или уменьшающие до допустимого уровня воздействие на человека: электрического тока; частей изделия, нагревающихся до высоких температур; опасных и вредных материалов, используемых в конструкции изделия, а также опасных и вредных веществ, выделяющихся при его эксплуатации; шума и ультразвука; вибрации и пр. [11].

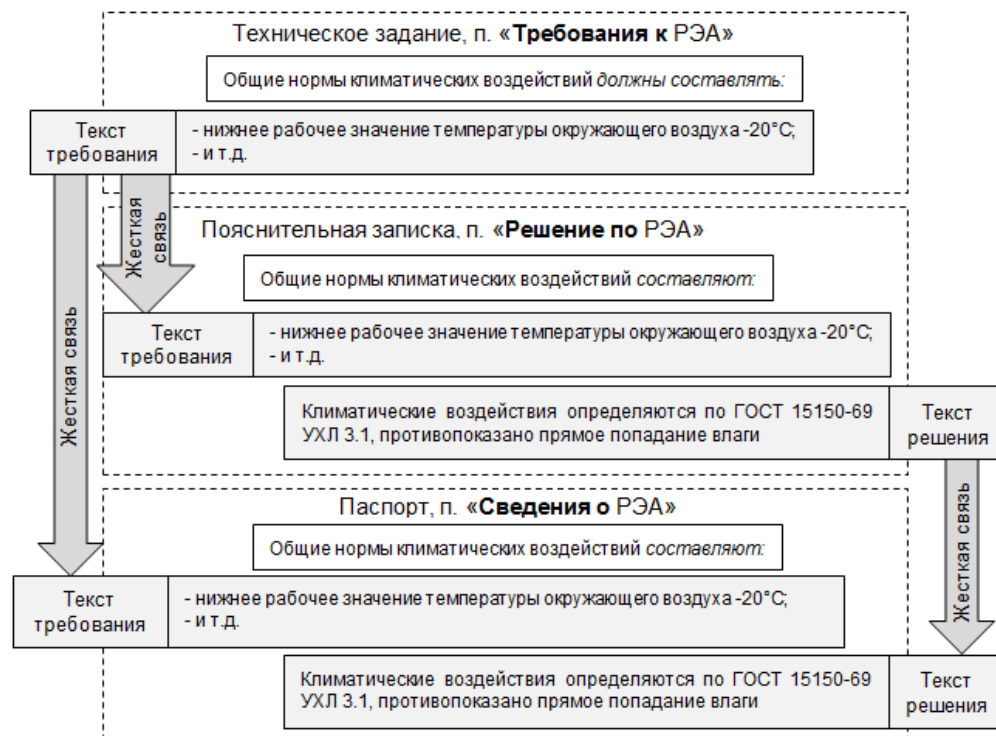


Рис. 2. Взаимосвязь структурных элементов отдельных документов

Анализируя табл. 1 и рис.1, отметим, что создание технической документации на изделие предполагает подготовку целого ряда концептуальных, отчетных, проектных, рабочих, эксплуатационных и организационно-распорядительных документов согласно требованиям ГОСТ и нормативно-технических документов [2]. На выходе процесса разработки технической документации (выражение (1)) формируется множество документов, состоящее из значительного количества текстовой и графической информации, объем которой нередко исчисляется сотнями и тысячами, а зачастую десятками и сотнями тысяч страниц. При этом разработка и поддержание технической документации в актуальном состоянии на всех этапах жизненного цикла изделия вызывают немало проблем. Они связаны в основном с необходимостью многократного внесения всевозможных поправок, дополнений и изменений в документы, состоящие из множества отдельных файлов. Ручная корректировка многочисленных документов – операция трудоемкая, требующая от исполнителя аккуратности, высокой сосредоточенности, отнимающая массу времени, сил и нервов [2, 12].

Развитие информационных технологий и применение их при проектировании изделий дают возможность разработчикам РЭА использовать новые подходы, сокращающие сроки разработки технической документации. Возможность автоматизации процессов ее создания практически полностью решает проблемы рутинности, трудоемкости и ресурсоемкости разработки, особенно при значительных объемах и разноплановости технической документации. Наиболее актуальными являются технологии автоматизированной разработки документации на основе концепции единого источника [12].

Идея концепции единого источника наглядно показана на рис. 3. Она предполагает возможность многократного использования данных (текстов, рисунков, гиперссылок) с последующей «сборкой» и публикацией в файлы различных форматов. Перечисленные элементы хранятся в виде модулей данных в едином централизованном хранилище – базе данных (библиотеке) [2, 12, 13].



Рис. 3. Концепция единого источника

Выбирая технологию для автоматизированной реализации модели (1), рассмотрим программу AuthorIT компании AuthorIT Software Corporation Ltd, успешно реализующую концепцию единого источника [2, 13]. Компоновка документов в среде AutorIT показана на рис. 4.

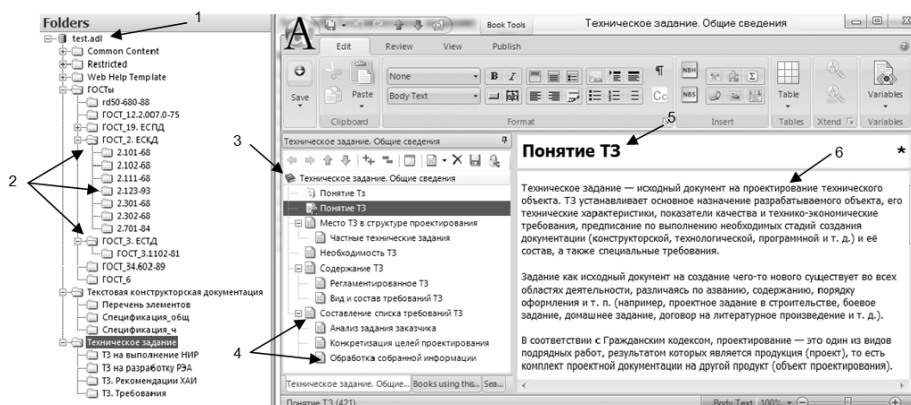


Рис. 4. Компоновка документов в среде AutorIT:

- 1 – библиотека; 2 – каталог; 3 – книга; 4 – раздел (топик); 5 – наименование раздела; 6 – текст раздела

Единым источником здесь является база данных – файлы библиотеки, структурированные по каталогам, в которых в виде отдельных разделов (топиков) хранятся вводимые пользователем тексты (требования, стандарты, нормативно-технические документы и пр. – все то, что необходимо при создании комплекта документов) и графика. Модули текстовых фрагментов образуют книги. Служебные модули содержат структуру разделов документов, шаблоны разделов, стили, шаблоны разметки, требуемые при публикации документов. Текстовые разделы могут содержать ссылки друг на друга, а также могут быть внедрены один в другой, образуя гиперссылки [13].

Мы уже отмечали, что практически каждый отдельно взятый документ включает в себя фрагменты, идентичные фрагментам, содержащимся в других документах комплекта. Связи между структурными элементами реализуются единожды, внедрением одного или множества общих фрагментов в структуры множества документов. В итоге образуются связи, схожие со связями вида «один-ко-многим», применяемыми в базах данных. В случае, если во внедренный объект будут внесены изменения, они отобразятся на всех связанных модулях. Приведем несложный пример, как связать схожие разделы различных документов.

В подразделе «Назначение устройства» технического задания набирается текст: «Устройство должно обеспечивать решение перечисленных ниже задач: ». К указанному подразделу создается пункт с заголовком «ТЗ - перечень задач, решаемых устройством», к пункту применяется шаблон «No Heading Template». В самом пункте записываются в виде перечисления задачи, решаемые РЭА.

В подразделе «Назначение устройства» пояснительной записки набирается текст «Устройство обеспечивает решение перечисленных ниже задач: ». К указанному подразделу создается пустой пункт на основе шаблона «No Heading Template» с заголовком «из ТЗ - перечень задач, решаемых устройством». И, наконец, пункт технического задания «ТЗ - перечень задач, решаемых устройством» перетаскивается (drag and drop) во вновь созданный пункт пояснительной записки. Текст внедренного модуля будет выделен серым цветом (рис. 5).

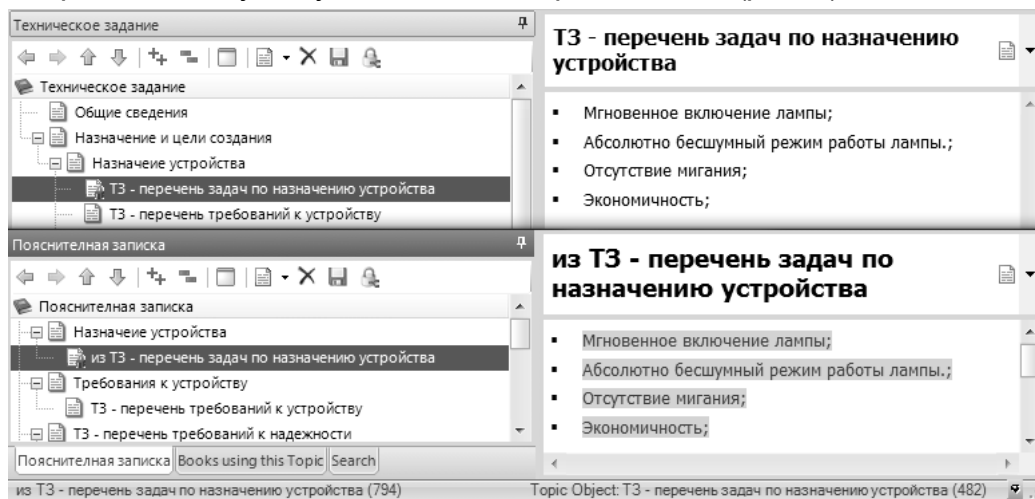


Рис. 5. Внедрение текста модуля

Связь установлена. Теперь любые изменения внедренного модуля (подраздела технического задания) будут автоматически сопровождаться изменением содержимого соответствующих подразделов пояснительной записки и других связанных с техническим заданием документов. Таким образом, формируется библиотека типовых взаимосвязанных документов.

На рис. 6 изображены связи между структурами разделов документов, аналогичные связям, показанным на рис. 2, и реализованные в среде AutorIT. Используются фрагменты реальных структур технического задания, пояснительной записки и паспорта на изделие [2, 13]. Корректировка текста требования и (или) текста решения приведет к синхронному изменению содержимого всех взаимоувязанных документов. Таким образом, трудозатраты на поддержание документации в актуальном состоянии практически сводятся к нулю, снижаются требования к внимательности и аккуратности исполнителя, исключаются или легко устраняются ошибки. Исключаются также и трудозатраты на оформление документов - их публикация может осуществляться с применением единых шаблонов разметки, однажды созданных.

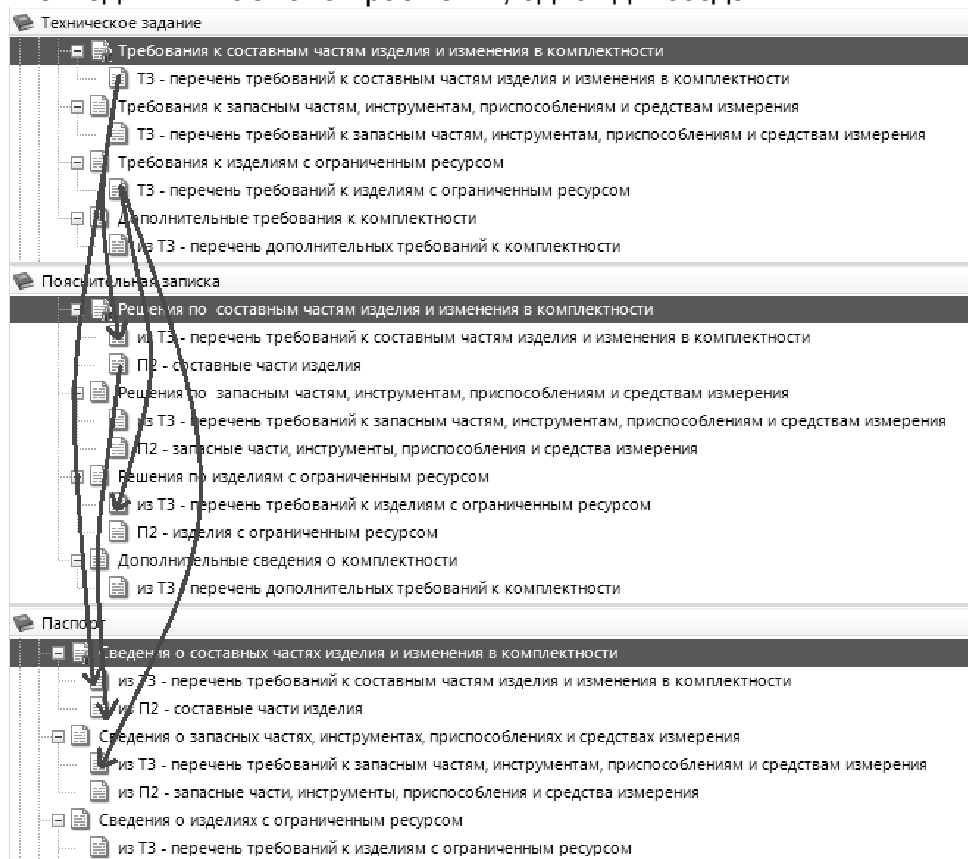


Рис. 6. Связи между структурами разделов документов

Представленная технология автоматизированного документирования открывает возможность многопользовательской работы, в том числе и по сети Интернет. Любые изменения, произошедшие в библиотеках, синхронизируются благодаря наличию механизма check in – check out, обеспечивающего полноту и целостность информации [13]. Более того, библиотека, являясь единым централизованным хранилищем, с течением времени превращается в настоящую универсальную базу знаний – знания накапливаются в библиотеке от проекта к проекту, документы оптимизируются, качество документации становится все выше.

Выводы. Анализ требований стандартов по выполнению и оформлению технических документов позволил сформулировать модель процесса создания технической документации. Эта модель положена в основу технологии автоматизированного документирования разработки РЭА. В рамках создания этой

технологии проанализированы и выделены характерные особенности документов, генерируемых при разработке РЭА, подобрано соответствующее программное обеспечение. В качестве примера рассмотрена среда автоматизированной разработки технической документации AuthorIT, с помощью которой составлены шаблоны на ряд документов (техническое задание, пояснительную записку, паспорт изделия). При этом особое внимание уделялось вопросам обеспечения согласованности проектных документов на разных этапах жизненного цикла создания РЭА.

Таким образом, разработанная технология автоматизированного документирования разработки РЭА позволяет:

- учесть специфику процесса создания технической документации;
- поддерживать в актуальном состоянии весь комплект документов;
- реализовать многократное использование идентичных фрагментов для достижения стопроцентной согласованности документов;
- повысить качество технической документации;
- исключить временные и финансовые затраты, связанные с корректировкой большого числа отдельных фрагментов документов, уменьшая рутинность работы с документацией;
- существенно снизить трудоемкость и ресурсоемкость процессов жизненного цикла создания РЭА.

Список литературы

1. ГОСТ 2.001-93. Единая система конструкторской документации. Общие положения. – Взамен ГОСТ 2.001-70; введ. 01.01.1995. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 12 с.
2. Колесников, А. Ваш выбор? [Текст] / А. Колесников // Мир автоматизации. – 2006. – № 3. – С. 6 - 10.
3. ГОСТ 15.005-86. Система разработки и постановки продукции на производство. Создание изделий единичного и мелкосерийного производства, собираемых на месте эксплуатации. – Введ. 01.01.1987. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 7 с.
4. ГОСТ 2.103-68. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки. – Введ. 01.01.1971. – М.: Стандартиформ, 2007. – 7 с.
5. ГОСТ 3.1102-81. Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов. – Взамен ГОСТ 3.1102-74; введ. 01.07.1982. – М.: Стандартиформ, 2006. – 8 с.
6. ГОСТ 19.101-77. Единая система программной документации. Виды программ и программных документов. – Введ. 01.01.1980. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 3 с.
7. ГОСТ 25123-82. Машины вычислительные и системы обработки данных. Техническое задание. Порядок построения, изложения и оформления. – Введ. 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 9 с.
8. ГОСТ 2.102-68. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов. – Взамен ГОСТ 5295-60 в части разд. I и II и ГОСТ 5291-60; введ. 01.01.1971. – М.: Стандартиформ, 2007. – 12 с.
9. ГОСТ 2.601-2006. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы. – Взамен ГОСТ 2.601-95; введ. 28.02.2006. – М.: Стандартиформ, 2007. – 33 с.
10. ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы. – Взамен ГОСТ 2.106-68, ГОСТ 2.108-68, ГОСТ 2.112-70;

введ. 01.07.1997. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 41 с.

11. ГОСТ 12.2.007.0-75. Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности. – Введ. 01.01.1978. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 11 с.

12. Острогорский, М.Ю. Разработка технической документации на основе единого источника [Текст] / М.Ю. Острогорский // Современные технологии автоматизации. – 2008. – №3. - С. 26 - 30.

13. Автоматизация разработки технической документации с применением AuthorIT. Учебное пособие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tdocs.su/7587>.

Рецензент: к.т.н., доцент Чечуй А.В., Харьковский университет
Воздушных Сил Украины, г. Харьков
Поступила в редакцию 05.12.12

Технологія автоматизованого документування розроблення радіоелектронної апаратури

Аналіз вимог стандартів щодо виконання й оформлення технічних документів дозволив сформулювати модель процесу створення технічної документації. Ця модель є основою технології автоматизованого документування розроблення радіоелектронних апаратів (РЕА). У рамках створення цієї технології проаналізовано й виділено характерні властивості документів, що генеруються під час розроблення РЕА, підбрано відповідне програмне забезпечення. Як приклад розглянуто середовище автоматизованого розроблення технічної документації AuthorIT, за допомогою якого складено шаблони на ряд документів (технічне завдання, пояснювальну записку, паспорт виробу). При цьому особливу увагу приділено питанням забезпечення узгодженості проектних документів на різних етапах життєвого циклу створення РЕА.

Ключові слова: технічна документація, радіоелектронна апаратура, модель процесу створення технічної документації, автоматизація, концепція єдиного джерела.

Technology of automated documenting for design of electronic devices

Analysis of the requirements of standards for the implementation and design of technical documents allowed us to formulate a model of the process of creating technical documentation. This model is the basis for the technology of the automated documenting the development of electronic devices. As part of this technology is analyzed and identified the characteristics of the documents that are generated during the design of electronic devices, choose the appropriate software. As an example, considered a medium automated documenting AuthorIT, by which are written the templates by a number of documents (specification, explanatory note, data sheet). Special attention is paid to ensuring consistency of project documents at different stages of the life cycle of creation of electronic devices.

Keywords: technical documentation, electronic devices, model of the creating technical documentation, automation, the concept of a single source.