

УДК 004.3

Methods of Design of Electronic Document Management System for Unaccounted Designer Documentation at Radioelectronic Enterprise

**Andrey V. Shvatsky^a,
Michail A. Kazantsev^a and Denis V. Kapulin^{b*}**

^aJSC «SPE «Radiosvyaz»
19 Dekabristov Str., Krasnoyarsk, 660021, Russia
^bSiberian Federal University
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russia

Received 02.08.2014, received in revised form 18.09.2014, accepted 29.09.2014

The problem of the efficiency increasing for services production facility using automated control systems. The analysis and research of design, engineering and manufacturing processes at the enterprise is carried out. With structural analysis technique and object-oriented programming the automated control system for document management is developed. This system accompanies the launch in the manufacture parts and assembly units.

Keywords: design of information systems, electronic documents, production planning

Методы построения системы электронного документооборота неучтенной конструкторской документации на предприятии радиоэлектронной промышленности

А.В. Швацкий^a, М.А. Казанцев^a, Д.В. Капулин^b
^aОАО «Научно-производственное предприятие «Радиосвязь»
Россия, 660021, Красноярск, ул. Декабристов, 19
^bСибирский федеральный университет
Россия, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79

Рассмотрена задача повышения эффективности функционирования служб производственного предприятия с использованием автоматизированных систем управления. Дан анализ и проведено исследование конструкторских, технологических и производственных

процессов предприятия. С использованием положений структурного анализа и объектно-ориентированного программирования разработана автоматизированная система управления документооборотом, сопровождающая запуск в производство деталей и сборочных единиц.

Ключевые слова: проектирование информационных систем, автоматизация документооборота, производственное планирование.

Введение

Проектирование и производство высокотехнологичной наукоемкой продукции радиоэлектроники – средств связи, комплексов управления и навигации – представляет собой совокупность процессов со сложной структурой взаимодействия и высокими временными затратами. При этом готовность изделия к производству определяется состоянием конструкторской документации (КД), отсутствием ошибок в описании характеристик изделия по нормативно-техническим документам. Проектирование считается завершенным в случае окончательно сформированной и утвержденной КД.

Зачастую разработка конструкторской документации сопровождается обработкой большого количества разнотипной, динамически меняющейся в процессе проектирования, противоречащей информации. Изначально принимаемые проектные решения могут быть пересмотрены или отклонены по различным техническим или организационным причинам, что объясняется сложностью как разрабатываемой электронной продукции, так и процессом управления разработкой. Эффективным методом повышения производительности труда проектировщиков является применение автоматизированных систем управления конструкторскими, технологическими и производственными процессами [1–3]. Но, учитывая организационную и техническую сложность автоматизации процесса проектирования, многие операции по изменению проектных решений выполняются в ручном режиме, что также усложняет процесс проектирования, увеличивая его длительность и снижая эффективность труда. В подобных условиях современные требования к сокращению производственных издержек и сроков выхода продукции на рынок при обеспечении высоких показателей качества изделий могут быть удовлетворены посредством внедрения средств информационного сопровождения процессов конструкторского, технологического, производственного документооборота, что повлечет оптимизацию выполнения необходимых проектных процедур и исключит выполнение (или минимизирует количество) операций, не добавляющих стоимости итоговому продукту.

Постановка задачи

Процесс разработки КД можно представить в виде спирали, где каждому витку соответствует отдельный этап проектирования, но при этом возможно создание новых документов, ранее не учитываемых при разработке комплексного технического задания. В связи с этим возникают сложности при «встраивании» новых документов в общие, изначально заданные, последовательности проектирования и производственного планирования. Кроме того, ошибки, допущенные на стадии конструкторского проектирования, приводят к ошибкам и на других стадиях, которые могут повлечь за собой брак детали, сборки, прибора или изделия.

Крайне важно создать и внедрить систему управления, автоматизирующую работу служб, обеспечивающих основные и вспомогательные процессы разработки КД, попутно информи-

руа о разрабатываемой КД службы, занимающиеся технологическим и производственным сопровождением. В настоящее время созданы и используются различные алгоритмы и методы управления производственными, технологическими и конструкторскими процессами [4–6]. Однако такие алгоритмы не в полной мере решают задачи управления конструкторско-технологическими процессами. Поэтому необходимо провести анализ и исследование процессов сопровождения документооборота приборостроительного предприятия, выработать методы и рекомендации для создания автоматизированной системы управления (АСУ), учитывающие нелинейность и итеративность разработки электронной продукции, заключающуюся в появлении на различных этапах проектирования и планирования неучтенной первоначально конструкторской документации.

Метод решения

Рассмотрим решение поставленной задачи на примере разработки автоматизированной системы управления электронным документооборотом неучтенной конструкторской документации ОАО «НПП «Радиосвязь». Основная сфера деятельности предприятия – проектирование и производство станций спутниковой, тропосферной связи и угломерной аппаратуры спутниковых навигационных систем. Одной из целей деятельности предприятия является повышение эффективности функционирования производственных систем за счет увеличения загрузки оборудования и персонала и снижения производственных издержек. Эффективным методом повышения производительности труда и снижения издержек служит применение автоматизированных систем управления конструкторскими, технологическими и производственными процессами.

На предприятиях радиоэлектронной промышленности, к которым относится ОАО «НПП «Радиосвязь», проектирование считается одним из ключевых видов деятельности, конечным результатом которого выступает конструкторская документация на изделие. Изделия делятся по видам (сборочная единица, деталь, комплекс и комплект) и могут включать составные части [7]. Виды и состав КД регламентируются Государственными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) [8, 9]. В состав комплекта КД по ЕСКД входит электронная модель изделия (ЭМИ), используемая для получения чертежей и содержащая полный набор конструкторских, технологических и физических параметров, необходимых для выполнения расчетов, моделирования, разработки технологических процессов и т. д. Кроме ЭМИ в электронную конструкторскую документацию входит также информационная модель изделия (ИМИ), являющаяся источником данных для формирования КД. Фактически ИМИ представляет собой файл формата системы автоматизированного проектирования (САПР) для описания требуемых свойств: электромагнитных, механических и т. п. Также ИМИ отражает состав изделия с точки зрения иерархии его составных частей, которую принято называть электронной структурой изделия (ЭСИ).

Типовой процесс формирования задания на производство радиоэлектронного изделия характеризуется наличием большого количества бумажных документов, на обработку которых уходит значительное количество времени. При этом, даже если используется система электронного документооборота, вынужденно создаются дополнительные документы, описывающие внесенные в КД изменения. Государственный стандарт ГОСТ 2.503-90 регламентирует

правила внесения изменений в КД с помощью выпуска извещений об изменениях. Таким образом, возрастает количество бумажных документов при каждой итерации их разработки и согласования.

Зачастую для исправления ошибок или неточностей, внесения поправок или корректировки КД формируется комплект неучтенных чертежей. Для того чтобы запустить в производство деталь или сборку по неучтенному чертежу, конструктору приходится тратить много времени на утверждение документа, подтверждающего изготовление этого чертежа. Этим документом является служебная записка (СЗ), включающая: ходатайство от технического директора, заказ от производственного и экономического отделов (по которому будут списываться затраты), согласие технологического отдела на разработку документации, согласие отдела снабжения на закупку материалов и покупных изделий (ПКИ) и окончательное заверение в канцелярии предприятия. При этом высока вероятность ошибки или простоя на каком-либо этапе производства; трудно отследить, на каком этапе производства сделан этот чертеж. Все эти процессы осуществляются на бумажных носителях, переписываются несколько раз вручную, что влечет за собой брак составляющих изделия или самого изделия и рост издержек.

Для устранения указанных проблем следует убрать на промежуточных этапах согласования твердые копии КД и СЗ, формируя рабочие варианты документов в электронном виде. Такой подход возможен только с использованием информационных средств поддержки жизненного цикла изделия, т. е. с полноценным использованием ЭМИ, ИМИ, ЭСИ и т. п. При этом возникает задача концептуального проектирования базы данных системы управления данными об изделии (СУДИ) в рамках автоматизированной системы управления электронным документооборотом неучтенной конструкторской документации, что предполагает структуризацию данных в соответствии с принципами объектно-ориентированного подхода. В основе объектно-ориентированного анализа, проектирования и программирования лежит теория систем и теория множеств, поэтому для формализации отношений между объектами КД, ИМИ, ЭСИ, СЗ воспользуемся соответствующим математическим аппаратом и подходом, изложенным в [6].

Для формализации описания процесса документооборота конструкторской документации воспользуемся подходом, предложенным в [10, 11]. Пусть DO – множество объектов проектирования, PRJ – множество проектов, DV – множество изделий, ITM – множество элементов ЭСИ, DM – множество ИМИ, DD – множество конструкторских документов, SZ – множество служебных записок. Для запуска изделия в производство необходим набор конструкторской документации (DP), к которому относятся ЭМИ и ИМИ. Дополнительно также прикрепляется служебная записка с информацией об изменениях в КД, что может рассматриваться как неотъемлемая часть КД. Таким образом, можно определить $DP = \{DM, DD, SZ\}$.

Множество ЭСИ имеет неоднородный характер:

$$ITM = \{ASM, PART, CT, CX, STPT, OTPT, MAT\},$$

где ASM – множество сборочных единиц; $PART$ – множество деталей; CT – множество комплектов; CX – множество комплексов; $STPT$ – множество стандартных изделий; $OTPT$ – множество прочих изделий; MAT – множество изделий из материала [10, 11].

Совокупность элементов ЭСИ образует изделие – одному элементу множества изделий соответствует несколько элементов множества ЭСИ. Таким образом, A – сюръективная функция для элементов множества ЭСИ:

$$f_A: ITM_A \rightarrow \{prod_A\}, \quad (1)$$

где A – конкретный элемент множества изделий; $prod_A \in PROD$; $PROD = \{prod_A, prod_B, \dots, prod_N\}$; ITM_A – множество элементов ЭСИ, $ITM_A \in ITM$; $\{itm_{i,A}\}$, $itm_{i,A} \in ITM_A$, $i = \{1, n\}$, n – количество элементов ЭСИ.

Объекты проектирования включают в себя изделие, элементы его информационной структуры и описывающую их информацию в виде файлов информационных моделей, конструкторских документов и служебных записок:

$$OP = \{PROD, ITM, DM, DD, SZ\}. \quad (2)$$

В рамках выполнения работ над одним проектом $prj_{1,A} \in PRJ$ может создаваться несколько изделий, каждое из которых описывается файлами информационных моделей $dm_{1,A} \in DM$, конструкторских документов $dp_{1,A} \in DP$ и служебных записок $sz_{1,A} \in SZ$. Для множества объектов проектирования изделия A в рамках выполнения проекта Z

$$OP_{Z,A} = \{prj_Z, prod_{Z,A}, \{itm_{i,A}\}, \{dm_{j,A}\}, \{kd_{k,A}\}\},$$

где $prj_Z \in PRJ$ – проект Z ; $prod_{Z,A} \in PROD$ – разрабатываемое в рамках проекта Z изделие A ; $i = \{1, n\}$, n – количество элементов ЭСИ; $j = \{1, m\}$, m – количество ИМИ; $k = \{1, p\}$, p – количество конструкторских документов.

Источником информации для одного элемента ЭСИ является один или несколько объектов ИМИ, поэтому, как и в случае (1),

$$g_A: DM_A \rightarrow \{itm_A\}. \quad (3)$$

Описание состава и иерархии элементов ЭСИ представляет собой набор конструкторской документации, поэтому множество DP также является сюръективной функцией для множества ITM :

$$y_A: ITM_A \rightarrow \{dp_A\}, \quad (4)$$

где $\{dp_A\} \in DP$ – конструкторский документ на изделие A .

Таким образом, выражения (3), (4) показывают зависимость объектов проектирования разных типов друг от друга. Исходя из определения сюръективного отношения практическая реализация указанных выражений возможна в виде реляционных баз данных, поэтому выражения (3), (4) могут служить в качестве основы при построении средств поддержки управления процессами жизненного цикла объектов проектирования при построении СУДИ в рамках автоматизированной системы управления электронным документооборотом неучтенной конструкторской документации.

Как правило, документооборот на производственном предприятии представляет собой сложную схему взаимодействия различных служб и структур. Зачастую связи между такими подразделениями излишне сложны (по различным причинам: может происходить специали-

зированное дублирование информации, используются исторически сложившиеся взаимосвязи и т. п.), информация проходит через различные уровни иерархической структуры, следствием чего являются задержки в принятии управленческих и производственных решений.

Рассмотрим фрагмент организационно-штатной структуры предприятия ОАО «НПП «Радиосвязь», соответствующий задаче обработки КД и СЗ для передачи изделия в производство (рис. 1). На рис. 1 серым цветом выделены подразделения, непосредственно участвующие в рассматриваемом документообороте. Такой структуре приведем в соответствие функциональную иерархию процессов планирования производства (рис. 2).

Первичный анализ приведенных структур показывает достаточно хорошо организованную систему управления предприятием с разделением сфер и зон ответственности руководителей служб и профильных подразделений. При этом стоит отметить наличие подразделений и соответствующих им функций, которые не оказывают существенного влияния на улучшение конечного продукта, но вносят дополнительные задержки в прохождении информации, дублируют работу других подразделений.

Сформируем на основе иерархической структуры, приведенной на рис. 2, функциональную процессную модель организации документооборота по запуску изделия в производство (рис. 3).

Приведенные на рис. 3 функциональные взаимосвязи указывают на необходимость пересмотра текущих (*as-is*) решений. Так, можно выделить ряд «узких» мест текущей системы обмена информацией, приводящих к увеличению сроков выполнения проектных работ, потере данных и усложняющих управление:

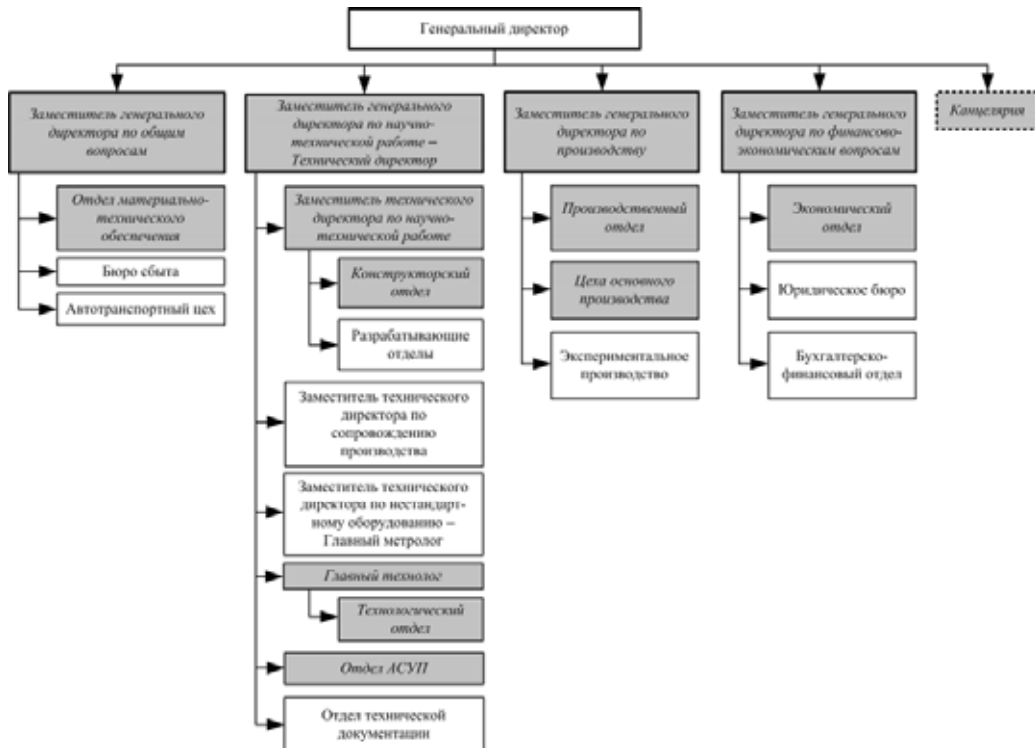


Рис. 1. Фрагмент организационно-штатной структуры ОАО «НПП «Радиосвязь»



Рис. 2. Организация документооборота по запуску изделия в производство

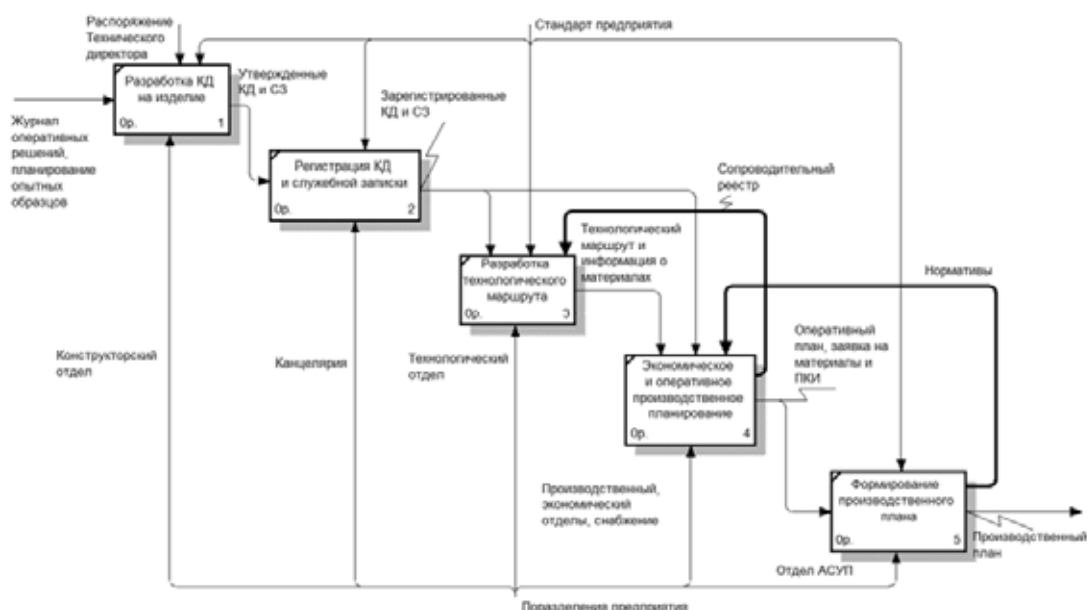


Рис. 3. Функциональная модель текущей организации документооборота

- формирование основной и сопроводительной документации в бумажном виде;
- длительные сроки прохождения документов по функциональным звеньям;
- наличие отдельной процедуры регистрации КД и СЗ;
- затрудненная процедура оперативного изменения ранее принятых проектных решений.

Предлагаемая функциональная модель электронного документооборота, на основе которой возможно провести автоматизацию и разработать СУДИ, приведена на рис. 4.

Основным преимуществом такой схемы является то, что КД и СЗ вводятся однократно в электронное хранилище, а используются, преобразуются и дополняются другими службами

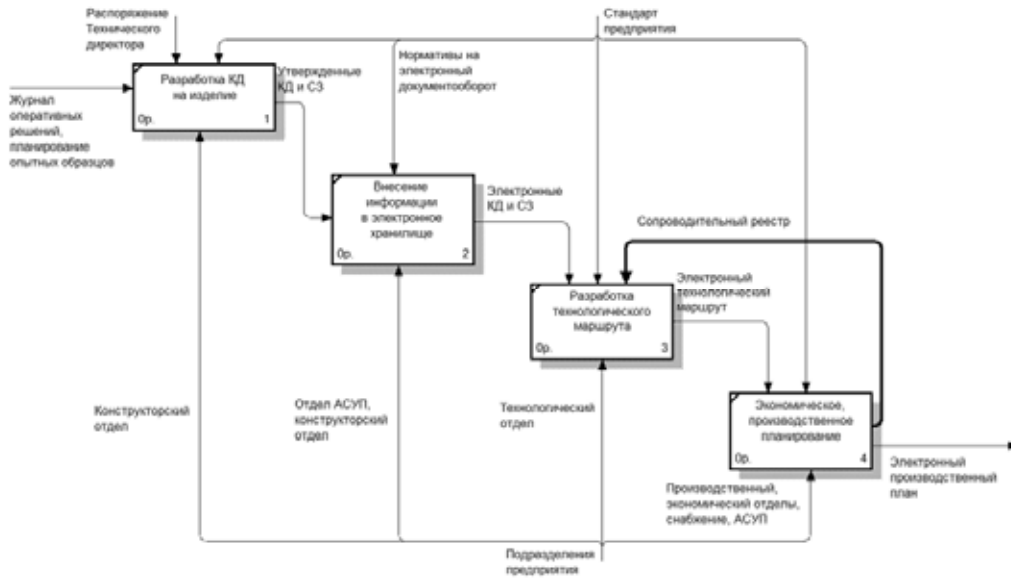


Рис. 4. Функциональная модель электронного документооборота

в рамках взаимодействия в общем информационном пространстве. Подразделениям нет необходимости дублировать информацию, устраняются возможные ошибки, что снижает общую трудоемкость обработки служебных записок и формирования производственного задания. Данные о проекте хранятся в электронном виде, и их можно в любой момент найти по реквизитам, указанным в документации. С использованием такого подхода облегчается формирование документов, упрощается сопровождение новых, инновационных решений в производство, подразделениям удобнее взаимодействовать между собой и в любой момент можно определить, на каком этапе производства находится неучтенный элемент конструкторской документации. На рис. 5 дана диаграмма вариантов использования разработанной автоматизированной системы управления процессами производственного планирования. Основные действующие лица, сервисы системы спроектированы с учетом функциональной модели обработки информации, приведенной на рис. 4.

Программная архитектура разработанной информационной системы в виде диаграммы классов приведена на рис. 6. Работа информационной системы проиллюстрирована на рис. 7–10, где раскрыты формирование и обработка служебных записок, заполнение производственного заказа из справочника.

Рассмотрим работу спроектированной автоматизированной системы. С применением формы *EdiSlug* (рис. 7) инженер-конструктор составляет служебную записку: определяет срочность выполнения и номер заказа, указывает причину и примечание, формирует список получателей. По умолчанию в систему вносится руководитель сектора, но инженер-конструктор может указать, при необходимости, иного руководителя. Также вносятся позиции, прикрепляются материалы, покупные изделия, материалы, а также чертежи.

При выполнении команды «Сформировать» инженер-конструктор получает печатную форму служебной записки (рис. 8), которая передается на утверждение к техническому ди-

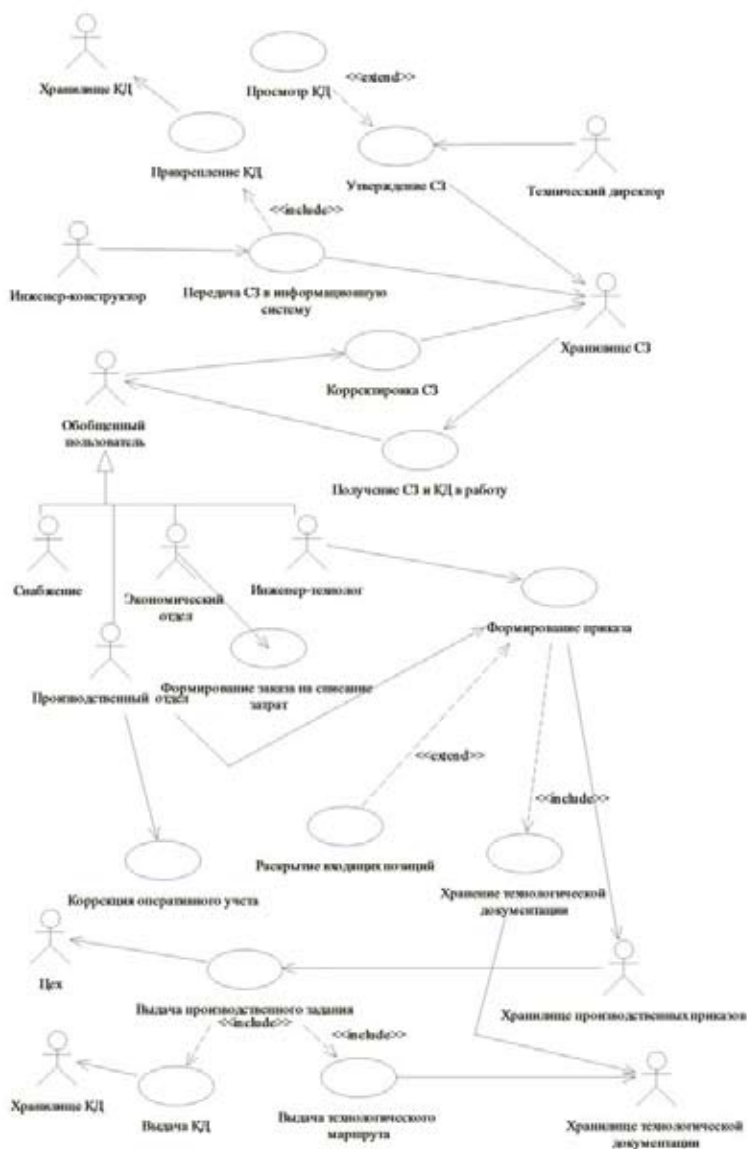


Рис. 5. Диаграмма вариантов использования автоматизированной системы управления производственным документооборотом

ректору. После выполнения процедуры утверждения инженер-плановик производственного отдела получает СЗ в форме *EditOfficial*, где выбираются из товарного графика заказ, серия и комплекты, раскрываются входящие позиции из плановых сборочных чертежей. Также предусмотрена возможность просмотра КД. С использованием такой формы инженеру-плановику достаточно легко определить позиции, для которых недостаточно основного материала и нет предварительного технологического маршрута, из-за чего невозможно выпустить производственный приказ. С помощью команды «Создать на основании» формируется производственный приказ и приказ на выдачу с данными из служебной записки и на их основании корректируется производственный план. Такой подход позволяет снизить вероятность ошибок

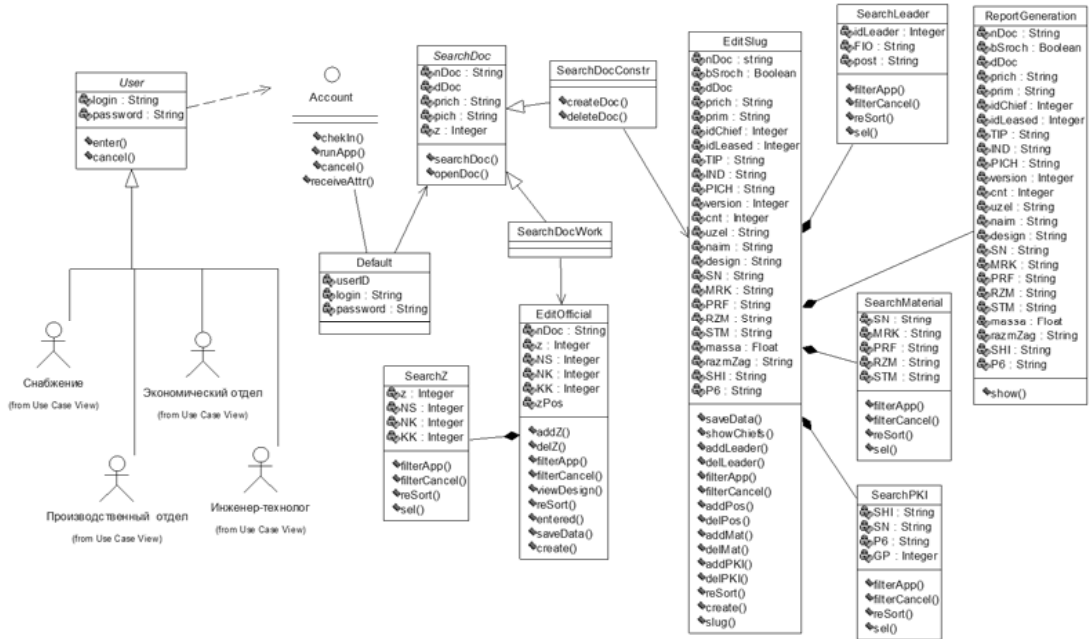


Рис. 6. Программная архитектура автоматизированной системы управления производственным документооборотом

М документов: 1408

Дата документа: 08.10.2019 10:03

Причина: Этим документом и отсылкой для отписки в-д-д-д из отделе на 1 позицию. 002 замена на ст. на. 402

Примечание:

Начальник подразделения: Радон Геннадий Михайлович

Руководитель:

- В.Г. Коняев
- А.В. Полотнов
- Л.В. Хаденский
- И.В. Петрушевич
- А.В. Струев

№	Вид	Шифр	Версия	Шифр	Узел	Владелец/автор	Чертеж
1	У	8434200	1	1	6434672	РАМКА	И.У. 8626200/всоч 11.12.01.2014.dwg
2	У	8602332-65	1	1	6434672	ПЛАМКА	Обор...
3	Е	6434439	1	1	6434672	ОБРАМЛЕНИЕ	Обор...
4	Д	9314049	1	1	6431533		Обор...
5	У	8669464	1	1	4127186		Обор...
6	Д	7852294-02	1	1	4127186	КРЫШКА	Обор...
7	У	9240202	1	1	3620397-01	ОБЩИВКА	Обор...
8	Д	8803964	1	1	3620397-01		Обор...
9	Д	8188188	1	1	3620397-01		Обор...
10	Д	7750347-33	1	1	3620397-01	ЛЕПЕСТОК	Обор...
11	Д	7750347-35	1	2	3620397-01	ЛЕПЕСТОК	Обор...
12	Д	7750347-31	1	1	3620397-01	ЛЕПЕСТОК	Обор...
13	Д	7750347-32	1	1	3620397-01	ЛЕПЕСТОК	Обор...
14	Е	6434672	1	1	3620397-01		Обор...
15	В	6431533	1	1	3620397-01		Обор...
16	В	4127186	1	1	3620397-01		Обор...
17	В	3620397-01	1	1		цир вставка 7407-02	Обор...

Обозначение	Марка	Профиль	Размер	Сортмент	Масса	Заготовка
ЛИСТ	K27085-1047	Пн-О	2X1000X2000	АТ-Ар-А2-II 16323-97 19904-90	12,5	
ПРОВОЛОКА	СВ0872С-0		1,2	2246-70 2246-70	2	

Создать записку

Создать на основании

Сформировать

Рис. 7. Заполнение формы служебной записки инженером-конструктором

ки ввода информации и уменьшить трудоемкость обработки служебных записок. Также в разработанной автоматизированной системе предусмотрена возможность просмотра прикрепленной к служебной записки КД. Так, при активации соответствующей ссылки открывается прикрепленный к СЗ чертеж в виде, приведенном на рис. 9.

Таким образом, использование функционала разработанной автоматизированной системы в рамках производственного планирования позволяет существенно снизить трудоемкость выполнения задач, связанных с формированием конструкторской, технологической и производственной документации. Сокращение времени обработки документации и формирования задания на производство изделия достигается за счет устранения дублирующих информационных процессов и использования общего информационного хранилища между взаимодействующими структурными подразделениями. Кроме того, использование разработанной автоматизированной системы способствует снижению выпуска бракованной продукции за счет введения более совершенной системы учета изменений, вносимых в КД.

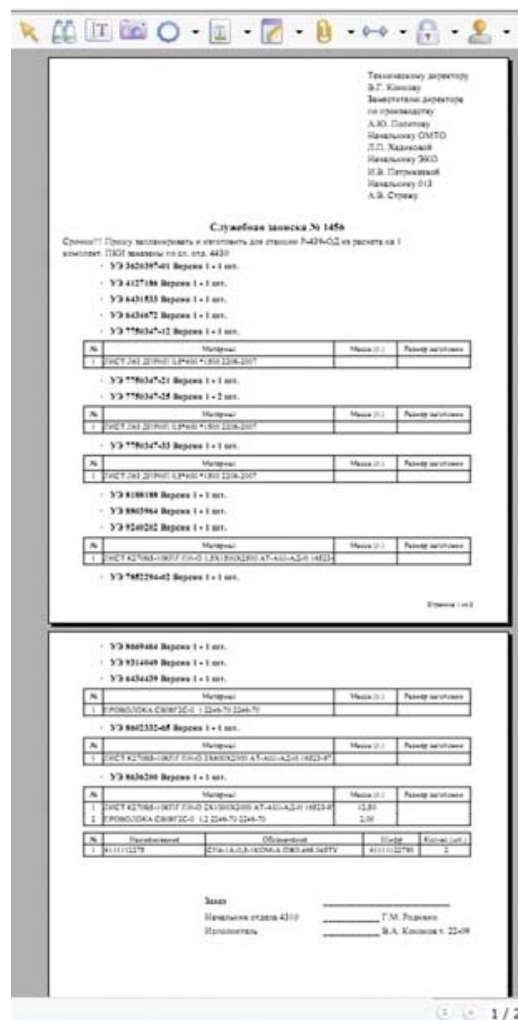


Рис. 8. Прикрепленная служебная записка

Выводы

Процесс разработки и согласования конструкторской, технологической и производственной документации является итерационным процессом, который существенно облегчается с использованием автоматизированных систем управления. При проектировании сложной электронной аппаратуры зачастую возникают ситуации пересмотра ранее принятых проектных решений, что без внедрения информационных средств поддержки жизненного цикла изделия приводит к существенному росту производственных издержек, увеличению выпуска бракованной продукции и т. д. Применение предлагаемого в статье подхода к проектированию и разработке автоматизированных систем управления документооборотом позволяет минимизировать указанные издержки. Кроме того, рассматриваемая методика может быть использована при организации единого информационного пространства предприятия для разработки интегрированных систем производственного планирования и управления.

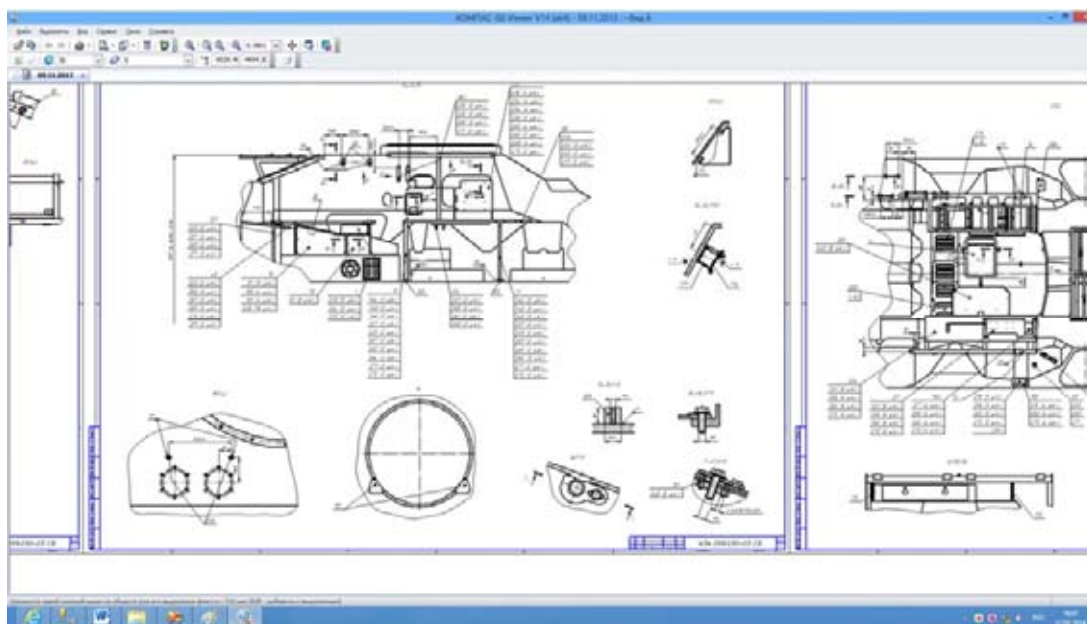


Рис. 9. Фрагмент прикрепленной конструкторской документации

Список литературы

- [1] Мошкина Е. А. // Стремление. 2013. № 3. С. 47–49.
- [2] Черныш А. В. // Стремление. 2012. № 3. С. 38–41.
- [3] Поршнев С. В., Костромин В. А. // Космонавтика и ракетостроение. 2008. № 2. С. 177–182.
- [4] Муцункин А. З., Семериков А. А., Заколдаев Д. А. // Известия Академии наук им. А.М. Прохорова. Инженерная экономика. Нижний Новгород. 2005. С. 146–152.
- [5] Голицына Т.Д., Павловская Т.А. // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. Информационные технологии. 2009. Вып. 6. С. 538–542.
- [6] Вичугова А. А., Вичугов В. Н., Дмитриева Е. А. // Вестник наук Сибири. Серия: Информационные технологии и системы управления. 2011. № 1. С. 328–334.
- [7] ГОСТ 2.101-68. Единая система конструкторской документации. Виды изделий. М.: Стандартиформ, 2013. 4 с.
- [8] ГОСТ 2.102-68. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов. М.: Стандартиформ, 2007. 29 с.
- [9] ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения. М.: Стандартиформ, 2006. 34 с.
- [10] Вичугова А. А., Дмитриева Е. А., Цапко Г. П. // Прикладная информатика. 2010. № 5. С. 23–29.
- [11] Вичугова А.А. Автореферат дис. ... канд. тех. наук. Томск: ТПУ, 2013. 23 с.