

УДК 303.064

В.Д. Черватюк, Н.Н. Коблов

АРХИВ ЭЛЕКТРОННЫХ ПОДЛИННИКОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Черватюк Василий Демьянович, окончил Харьковский авиационный институт, ведущий инженер-программист АО «НПЦ «Полюс» (г. Томск), аспирант инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности Национального исследовательского Томского политехнического университета. Имеет статьи в области электронного документооборота и электронного архива, а также разработки сложных информационных систем. [e-mail: sveto-gor@yandex.ru].

Коблов Николай Николаевич, кандидат технических наук, окончил Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, начальник отделения информационных технологий АО «НПЦ «Полюс» (г. Томск). Имеет статьи в области создания комплексных САПР, систем управления данными об изделии, а также электронного документооборота. [e-mail: nnk2002@mail.ru].

Аннотация

Изложены основные требования и общесистемные функции построения архива электронных подлинников технической документации, рассмотрена модель электронного архива, выделены основные хранилища данных – для реквизитов электронных документов и содержательных частей, описаны механизмы эффективного взаимодействия нескольких предприятий при работе с технической документацией в рамках совместных разработок. Представлена разработанная и внедренная в АО «НПЦ «Полюс» (г. Томск) автоматизированная система управления инженерными данными и производством, позволяющая работать с техническими документами архива независимо от системы автоматизированного проектирования, в которой они создавались. Приведены результаты роста эффективности выпуска технической документации при переходе на электронный архив и электронный документооборот.

Ключевые слова: архив технических документов, электронный подлинник, автоматизированная система управления, электронный документооборот, универсальный механизм обмена данными, электронная рассылка.

ARCHIVE OF ELECTRONIC ENGINEERING SPECIFICATION ORIGINALS OF A RESEARCH-AND-PRODUCTION ENTERPRISE

Vasilii Demianovich Chervatiuk, graduated from Kharkov Aviation Institute; Leading Software Engineer of Joint Stock Company 'Research and Production Center 'Polus' in Tomsk; Postgraduate Student of the School of Nondestructive Testing and Security of Tomsk Polytechnic University; an author of articles in the field of electronic document management and electronic archive as well as complex information system development. e-mail: sveto-gor@yandex.ru.

Nikolai Nikolaevich Koblov, Candidate of Science in Engineering; graduated from the Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics; Head of Information Technology Department of JSC 'RPC 'Polus'; an author of articles in the field of complex CAD-system creation, product data management systems as well as electronic document management. e-mail: nnk2002@mail.ru.

Abstract

The article deals with basic requirements and general-system functions for constructing the electronic engineering-specification original archive. Authors consider the model of electronic archive, specify the basic data storage bases for the all necessary details included in an electronic document and the contents. Mechanisms of an effective interaction of several enterprises working together with engineering specifications to develop the joint projects are described. An automated control system for managing the engineering data and the manufacturing processes developed by JSC 'RPC 'Polus' (city of Tomsk) and introduced in the enterprise is presented. The system allows to operate with the archive of technical documents independent from CAD-system in which they were created. The results of increasing the effectiveness of engineering specification release at transition to electronic archive and electronic document workflow are shown.

Key words: archive of technical documentation, electronic original, automated control system, electronic document workflow, universal data exchange mechanism, emailing.

ВВЕДЕНИЕ

Большинство действующих российских научно-производственных предприятий унаследовало с прошлого века принципы создания и обработки технической документации (ТД), когда практически все потоки информации как внутри самих предприятий, так и при взаимодействии с внешними партнерами реализуются с помощью бумажного документооборота. И хотя еще в конце 80-х годов XX века разработка и выпуск ТД стали осуществляться с применением персональных компьютеров и специального программного обеспечения, после разработки документ все равно распечатывался на принтере и сдавался в бумажный архив предприятия, становясь тем самым бумажным подлинником. Как следствие, неизбежен бумажный документооборот ТД. Очевидно противоречие, с одной стороны, между необходимостью иметь на предприятиях архив электронных подлинников технической документации (ЭПТД) и, значит, электронный документооборот, а с другой – отсутствием методов и алгоритмов, позволяющих полноценно решить данную проблему.

НОРМАТИВНАЯ БАЗА

Существовавшая нормативная база довольно сильно ограничивала использование данных в электронном виде в качестве подлинников, но в этой сфере произошел революционный прорыв [1–3] – стандарты единой системы конструкторской документации (ЕСКД) (ГОСТ 2.104-2006, ГОСТ 2.102-2013, ГОСТ 2.051-2013) разрешили действие электронных подлинников. ГОСТ Р 7.0.8-2013 конкретизировал формат файла электронного хранения. Осталось создать модель, позволяющую организовать на предприятии полноценный архив ЭПТД, и реализовать ее в программном обеспечении.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

По глубокому убеждению авторов, архив ЭПТД должен удовлетворять следующим основным требованиям.

1. Движение электронных технических документов от разработчиков до архива ЭПТД и далее от архива к пользователям должно осуществляться по ЕСКД.

2. Архив должен обладать независимостью от системы автоматизированного проектирования (САПР) предприятия. Каждый технический документ, помимо файлов в формате САПР, в которых он разрабатывался, обязательно должен иметь файл-подлинник. Даже через продолжительное время, независимо от окружения и операционной системы, любой пользователь сможет открыть документ в данном формате, располагая приложением-просмотрщиком. Это позволит сохранить применяемые на предприятии САПР и методики выпуска первичной конструкторской документации (КД).

3. Изменение в подлинник ТД на этапе разработки и согласования должен вносить автор технического документа, а не сотрудник отдела технической документации (ОТД) в момент принятия документа в архив.

4. В соответствии с назначенными правами должен быть обеспечен доступ сотрудников всех подразделений предприятия к актуальным подлинникам документов архива.

5. Поиск электронных документов архива должен осуществляться как по реквизитам, так и по содержанию.

6. Автоматическое построение по спецификациям комплектов (альбомов) КД проводится в виде древовидного представления и линейного списка, состоящего из вновь разработанных документов и примененных документов других изделий (комплектов).

7. Формирование в реальном времени применимости по спецификациям документа проводится с учетом исполнений и возможности конкретизации применимости на произвольную дату.

8. При постановке электронного документа на абонентский учет он отправляется на внешнее предприятие, все вновь принятые в архив ЭПТД изменения такого документа автоматически отправляются абонентам по электронной почте (или по защищенному каналу).

АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО АРХИВА

Вопросы документооборота и электронного архива ТД в приборостроительных и машиностроительных отраслях решаются прежде всего с применением систем класса PDM [4–7]. Ведущими на российском рынке являются системы 1С: PDM [4] и T-Flex DOCs [5].

К сожалению, во всех рассматриваемых системах предусмотрен импорт состава изделия из файлов 3D-моделей определенных CAD-систем. Если для машиностроения актуальны 3D-модели, то в приборостроении они не играют первостепенной роли, их построение трудоемко и дорого. Согласно действующей в России ЕСКД, в сопровождающей изделие документации обязательно наличие 2D-чертежей – копий подлинников документов.

Также в рассматриваемых PDM-системах [4–7] отсутствует выполнение требований ЕСКД по организации пакета данных для передачи электронных конструкторских документов [8], а также рекомендаций Всероссийского научно-исследовательского института документоведения и архивного дела (ВНИИДАД) [9] по организации контейнеров электронных документов для архивного хранения.

МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОННОГО АРХИВА

В общем виде для модели электронного архива ТД функция выходных данных \mathbb{Y} в зависимости от множеств $X()$, $R()$, $Z()$, $A()$, $W()$ имеет следующий вид:

$$\mathbb{Y} = F[X(), R(), Z(), A(), W()], \quad (1)$$

где $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – множество входных данных,

$R(r_1, r_2, \dots, r_m)$ – множество ресурсов,

$Z(z_1, z_2, \dots, z_l)$ – множество управляющих воздействий,

$A(a_1, a_2, \dots, a_k)$ – множество алгоритмов и методов обработки данных,

$W(w_1, w_2, \dots, w_j)$ – множество свойств системы.

Ядро модели архива ЭПТД

Анализ общесистемных функций электронного архива [10–16] показал: при допущении, что все данные архива ЭПТД однотипны, модель архива может быть успешно построена на реляционной системе управления базами данных (СУБД), основанной на математической теории отношений. В теории реляционных БД все данные рассматриваются как хранимые в таблицах, где каждая строка имеет один и тот же формат.

Классификаторы ТД

Согласно ГОСТ 2.201-80, обозначение изделия и его основного конструкторского документа формируется по классификатору ЕСКД следующим образом (рис. 1).

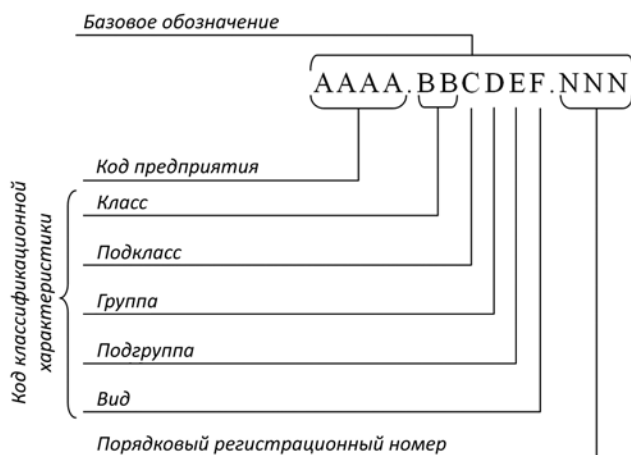


Рис. 1. Формирование обозначения по ЕСКД

Пример: ЕИЖА.671171.343.

Для неосновных конструкторских документов согласно ГОСТ 2.102-2013 к базовому обозначению добавляется код вида документа (например, ЕИЖА.671171.343 СБ). Существуют и другие классификаторы ТД (ЕСТД, ЕСПД и т. д.). Модель архива ЭПТД должна предусматривать хранение и обработку всех множеств (X_i) электронных технических документов, созданных по различным классификаторам (2):

$$\bigcup_{i=1}^n X_i, \tag{2}$$

где X_i – множество данных, созданных по i -му классификатору, n – количество классификаторов.

КРИТЕРИИ ПОИСКА

Результативность информационного поиска в такой БД оценивается по двум параметрам: полноте и точности. Точность поиска определяется как отношение количества релевантных документов в выборке к общему количеству документов в выборке. Коэффициент точности запроса, %, определяется следующим образом (3):

$$P = 100A/L, \tag{3}$$

где A – число релевантных документов в выборке;

L – общее число документов в выборке.

Полнота поиска определяется как отношение количества релевантных документов в сформированной выборке к количеству всех документов архивохранилища, удовлетворяющих условию запроса. Коэффициент полноты запроса определяется по (4):

$$R = 100A/C, \tag{4}$$

где A – число релевантных документов в выборке;

C – общее число релевантных документов в поисковом массиве.

ХРАНИЛИЩЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТОВ

В соответствии с ЕСКД электронные документы имеют реквизитную и содержательную части. Таким образом, ядром модели архива ЭПТД для реквизитных частей документов должна стать реляционная, распределенная, клиент-серверная СУБД [17].

Анализ особенностей организации хранилища содержательных частей электронных технических документов показал, что технология реляционной СУБД слабо для этого подходит. Помимо того, при записи в БД (выгрузке из БД) двоичного файла-подлинника документа имеет место преобразование данных в соответствии со структурой самой БД (структурой файлов данной операционной системы), также атрибуты файла, после его извлечения из БД, становятся неопределенными. И самое главное, размер самой БД архива ЭПТД при такой организации может быть очень большим (десятки терабайт), что существенно затруднит организацию резервного копирования данных.

Для организации хранилища содержательных частей электронных технических документов необходимо предусмотреть отсутствие дублирования элементов множеств M_i – имен файлов множеств электронных технических документов. Никакие из множеств M_i хранилища не должны пересекаться (5), т. е.

$$M_i \cap M_j = 0, \tag{5}$$

где $i = 1 \dots n, j = 1 \dots n, i \neq j,$

n – количество классификаторов.

На рисунке 2 приведен пример, когда некоторые из файлов электронных технических документов, созданных по разным классификаторам (M_1 – по ЕСКД, M_3 –

по универсальному), имеют одинаковые полные пути. В результате пересечения множеств M1 и M3 получается непустое множество. Данная ситуация недопустима.

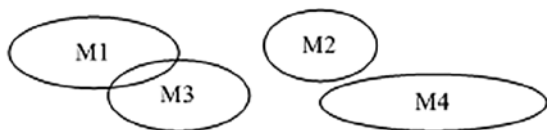


Рис. 2. Множества файлов архива

Пример имени файла: ЕИЖА.468224.076-06BC12.tif.

СТРУКТУРА ХРАНИЛИЩА ФАЙЛОВ ДОКУМЕНТОВ

Для организации модели хранилища содержательных частей электронных технических документов в соответствии с теорией графов выбрана древовидная иерархическая структура хранилища, имеющая главные и подчиненные объекты. Конкретно для архива ЭПТД структурирование файлов электронной технической документации осуществляется по темам (направлениям деятельности предприятия), заказам (изделиям), типам документов и т. п. (рис. 3).

СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АРХИВА ЭПТД

Для организации и функционирования архива ЭПТД предприятия приходим к следующей схеме комплекса технических средств (рис. 4). Реквизитная часть электронного технического документа хранится на сервере БД, содержательная – в файловом сервере. Для обеспечения доступа компьютеров корпоративной сети к данным архива в структуре комплекса технических средств закладывается трехуровневая модель, предусматривающая наличие сервера приложений. Модель архива ЭПТД реализована на сервере приложений. Все сотрудники предприятия в соответствии с назначенными правами через корпоративную сеть получают доступ к архиву ЭПТД. Кроме того, в структуре сети предусматриваются: автоматизированное рабочее место (АРМ) администратора и серверы резервных копий (BACKUPS).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА

Анализ технологических платформ, позволяющих разрабатывать сложные информационные системы, показал [18], что наиболее рациональной для программной реализации модели архива ЭПТД будет

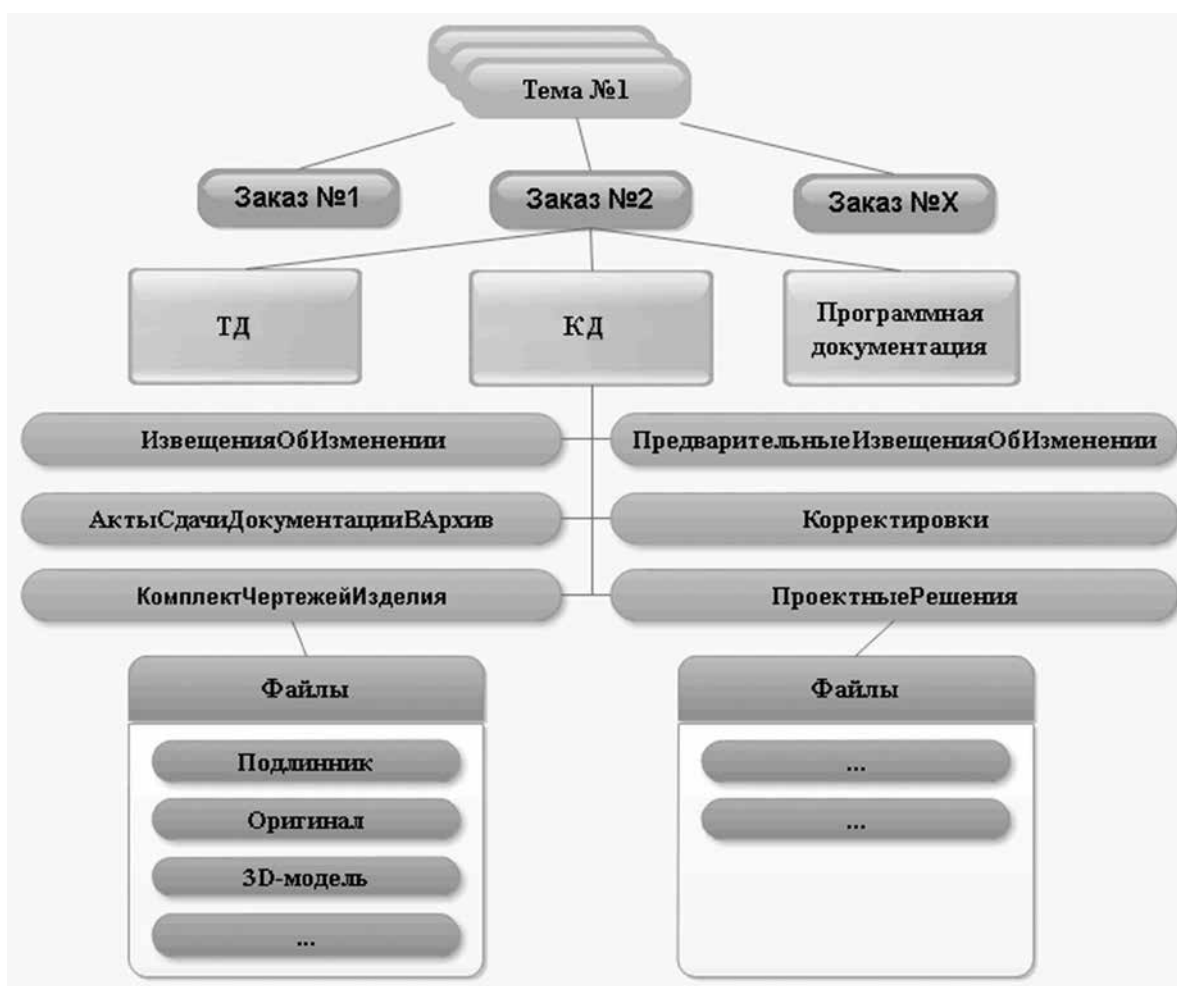


Рис. 3. Структура файлового хранилища



Рис. 4. Структура комплекса технических средств

платформа 1С:Предприятие 8.3. Результаты сравнения трудоемкости разработки тестового примера показали, что трудоемкость разработки на технологической платформе 1С:Предприятие 8.3 на порядок ниже трудоемкости аналогичного примера, выполненного в среде MSVS 2012 на языке С#. Кроме того, платформа 1С:Предприятие 8.3 генерирует рациональную структуру таблиц БД в зависимости от создаваемых в информационной системе пользователем справочников и регистров. Также платформа имеет собственный менеджер транзакционных блокировок, независимый от используемой СУБД.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ

В НПЦ «Полюс» на платформе 1С:Предприятие 8.3 разработана автоматизированная система управления инженерными данными и производством (АСУ ИДиП) на всех этапах жизненного цикла изделия. Реализация модели архива ЭПТД осуществлена в НПЦ «Полюс» в виде подсистемы АСУ ИДиП [18]. Выбор данной платформы позволил на порядок сократить трудоемкость и сроки реализации проекта, а также существенно облегчить его сопровождение.

В АСУ ИДиП для организации электронного архива документации и перехода к безбумажной технологии проектирования решены следующие принципиальные задачи:

1) для каждого документа создается электронная карточка, содержащая сведения обо всех изменениях, авторе, дате занесения и состоянии изменения. К Элек-

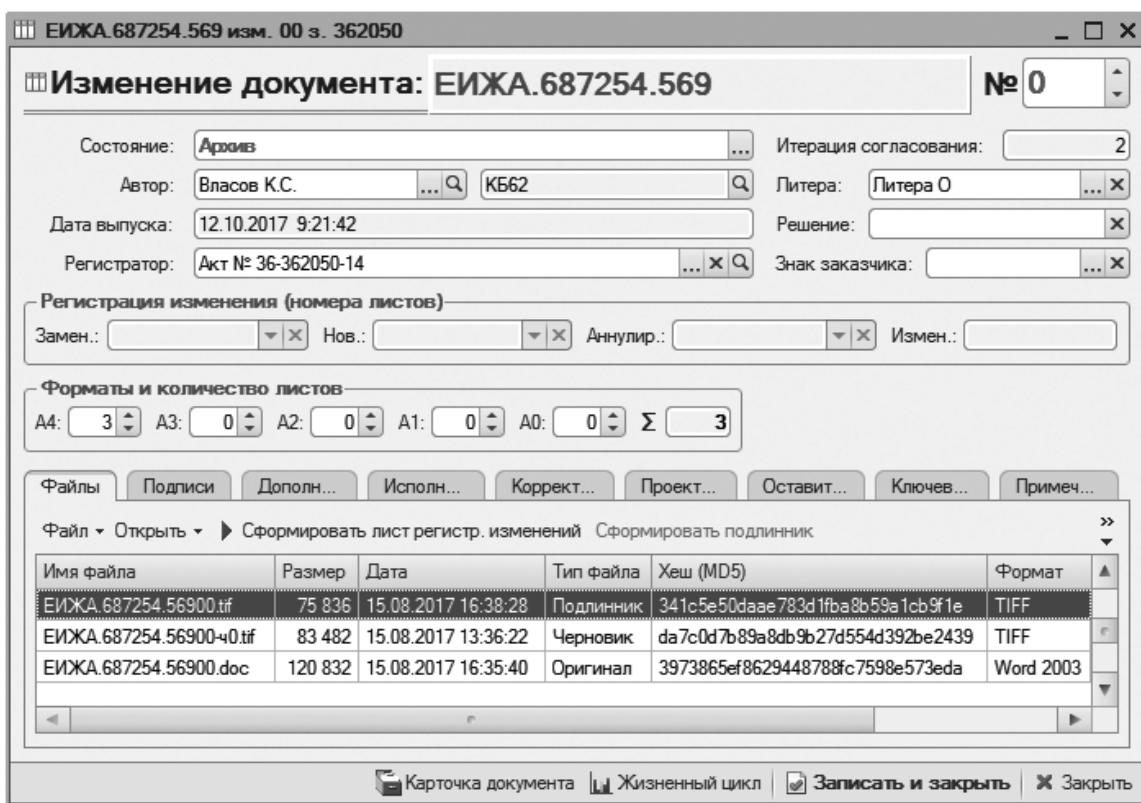


Рис. 5. Электронная карточка изменения документа

тронной карточке изменения документа (рис. 5) прикрепляются файл-оригинал (в формате САПР) и файл-подлинник документа – многостраничный графический файл в платформонезависимом, растровом, многолистовом формате tif, получаемый из файла САПР напрямую при печати на виртуальном принтере (без привычного сканирования с бумажных подлинников);

2) автоматически формируются электронные альбомы КД по спецификациям. Спецификация, выполненная по ЕСКД, имеет разделы: документация, сборочные единицы, детали и т. д. Чтение данных разделов в информационной системе позволяет получить электронную структуру изделия (ЭСИ). ЭСИ предоставляет информацию о составных частях изделия, а также описывает их структуру, взаимосвязь и иерархию;

3) разработанный механизм позволяет печатать подлинники документов непосредственно на рабочих местах в подразделениях предприятия, не дожидаясь рассылки в бумажном виде из архива [19]. При печати подлинника документа на рабочем месте система представляет в документ соответствующий штамп (рис. 6) и ставит данную копию на учет;

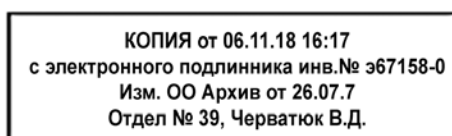


Рис. 6. Штамп на копии документа

4) вместо рассылки по подразделениям бумажных документов выполняется информирование пользователей о выходе новых версий ранее распечатанных ими документов [19];

5) разработанные методы и алгоритмы дают возможность предприятиям обмениваться электронными дубликатами технических документов [20].

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ

Для повышения уровня кооперации предприятий при совместном ведении проектов в рамках модели архива ЭПТД разработан механизм, позволяющий осуществлять обмен между предприятиями электронными дубликатами проектной документации.

Предприятие – держатель подлинника передает комплект КД в электронном виде предприятию-изготовителю (рис. 7). Предусмотрена возможность передачи документов в зашифрованном виде. В комплект передаваемых файлов (zip-контейнера) электронного технического документа (ЭТД) входят файл – подлинник ЭТД, файл реквизитов передаваемого документа в структурированном виде, файл – сравнение с предыдущим изменением. Обрато при необходимости в таком же формате передаются предварительные извещения (ПИ) или предложения об изменении (ПР). При выпуске новых извещений об изменении (ИИ) система предоставляет

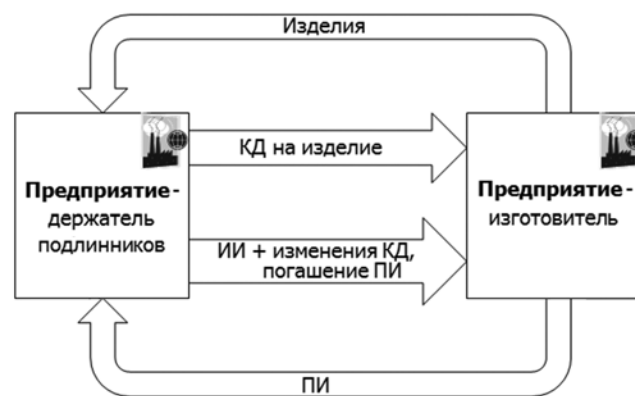


Рис. 7. Схема взаимодействия предприятий

отметки о погашении ПИ.

Разработан алгоритм формирования zip-контейнеров ЭТД в соответствии с [9]. Контейнеры ЭТД принимаются в информационную систему архива ЭПТД по алгоритму, укрупненная блок-схема которого приведена на рисунке 8.

Благодаря данной схеме удалось сократить сроки изготовления изделий [21].

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Разработана документация в едином информационном пространстве предприятия [21] по 546 заказам.

Объем сданной в архив документации (на начало 2018 года): 48 170 документов, 111 120 изменений документов (881 147 листов ф. А4), 736 700 файлов (около 513 Гб).

Количество подключенных к АСУ ИДИП компьютеров – 1 141.

Максимальное количество одновременно подключенных пользователей – 450.

Зарегистрированных пользователей – 1 246.

РОСТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПУСКА ТД ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ АРХИВА ЭПТД

Приведем статистические данные работы предприятия за последние 5 лет по выпуску и сдаче в архив ТД (табл.). В этот период на предприятии одновременно с электронным архивом подлинников работал и бумажный архив. За период с I квартала 2013 года по IV квартал 2017 года число сотрудников конструкторских и технологических подразделений почти не менялось. Кроме того, за данный период практически не менялась укомплектованность технических отделов предприятия персональными компьютерами и программным обеспечением класса САПР. Рост объема выпуска ТД предприятия в 2017 году по сравнению с 2013 годом на 67 % осуществлялся исключительно за счет перехода предприятия от бумажного оборота ТД к электронному.

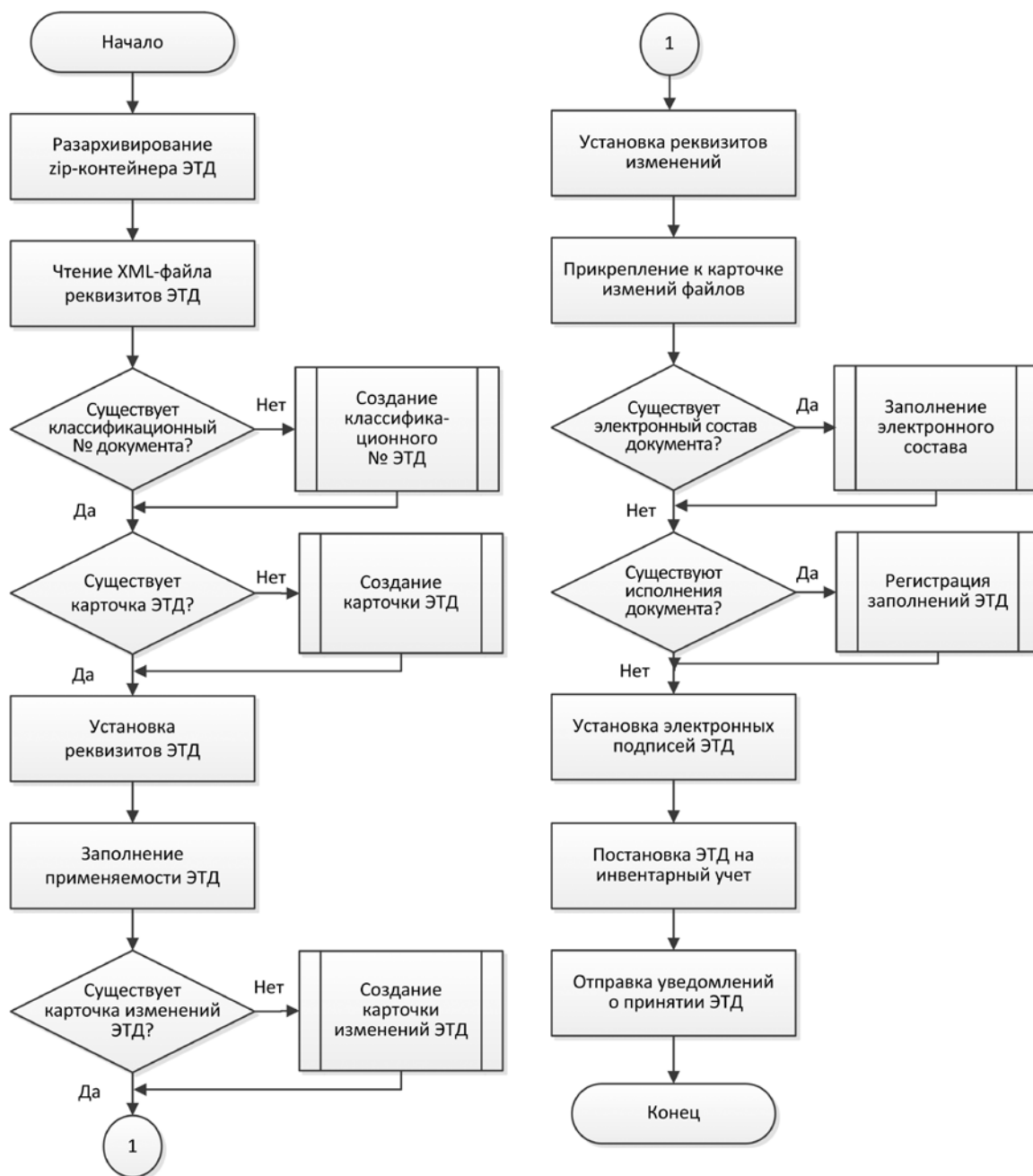


Рис. 8. Блок-схема приема ЭТД в архив

Таблица
Статистика работы ОТД предприятия

Год	Количество сданных в архив изменений документов		
	Бумажный архив	Архив ЭПТД	Всего
2013	15309	7397	22706
2014	9480	13675	23155
2015	7103	22384	29487
2016	5228	25933	31161
2017	2559	35400	37959

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная и реализованная в АО «НПЦ «Полюс» модель архива ЭПТД и построенный на ее основе электронный документооборот существенно повышают эффективность и качество разрабатываемых изделий. Заложенные в модели механизмы позволяют развивать начатый проект на приборостроительных и машиностроительных предприятиях до уровня отраслевого решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 2.051-2013. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения. – М. : Стандартинформ, 2014.
2. ГОСТ 2.501-2013. Единая система конструкторской документации. Правила учета и хранения. – М. : Стандартинформ, 2014.
3. ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов. – М. : Стандартинформ, 2013.
4. Компания APPIUS PLM + ERP: разработка, поставка, внедрение. – URL: <http://www.appius.ru> (дата обращения: 02.10.2018).
5. Топ-Системы – Разработчик программного комплекса T-Flex PLM+. – URL: <http://www.tflex.ru> (дата обращения: 02.10.2018).
6. Анализ и сравнение существующих pdm // BELERP. – URL: <http://www.belerp.com/modules.php?name=Pages&pa=showpage&pid=76> (дата обращения: 02.10.2018).
7. Дополнительные критерии сравнения и выбора систем PDM/TDM. – URL: <http://www.plastyle.com.ua> (дата обращения: 02.10.2018).
8. ГОСТ 2.512-2011. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения пакета данных для передачи электронных конструкторских документов. – М. : Стандартинформ, 2011.
9. Рекомендации по комплектованию, учету и организации хранения электронных архивных документов в архивах организаций. – М. : ВНИИДАД, 2013.
10. Kuchuganov A.V., Kasimov D.R. Multilevel Cognitive Analysis in Graphical Retrieval of Drawings // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2013. – Vol. 23, No. 4. – pp. 518–523.
11. Henderson L. CALS as a solution for digital delivery of technical documents // Computer-Aided Design. – 2011. – No. 23. – pp. 252–256.
12. Segerlin C. High Speed Cutting // Cutting Tool Engineering. – 2006. – Vol. 58, No. 12. – pp. 36–39.
13. Радионова Ю.А. Хранение истории изменения данных в архивах технической документации // Автоматизация процессов управления. – 2010. – № 1 (19). – С. 82–88.
14. Радионова Ю.А. Система разграничения прав доступа к данным архивохранилища технической документации на основе использования экспертной классификации документов // Автоматизация процессов управления. – 2010. – № 3 (21). – С. 63–71.
15. Lu S. Automating tolerance synthesis: a framework and tools // Journal of Manufacturing Systems. – 2011. – No. 10. – pp. 279–296.
16. Pattern-based analysis of EAI languages: the case of the business modeling language / P. Wohed, E. Perjons, M. Dumas, A.H.M. ter. Hofstede // Proceedings of 5th International Conference on Enterprise Information Systems. – France, Angers, 2003.
17. Типовой проект «Электронный архив научно-технической документации организации» Ч. 1: Нормативно-методическое, организационное и информационное обеспечение. – М. : ВНИИДАД, 2009. – 289 с.
18. Черватюк В.Д., Коблов Н.Н. Выбор технологической платформы для разработки сложных информационных систем // Инженерия для освоения космоса : сб. науч. тр. V Междунар. молодеж. форума. – Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2017. – С. 62–65.
19. Черватюк В.Д., Коблов Н.Н. Организация работ подразделений предприятия с электронной технической документацией // Инженерия для освоения космоса : сб. науч. тр. IV Всерос. молодеж. форума с междунар. участием. – Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2016. – С. 215–218.
20. Коблов Н.Н., Черватюк В.Д. Создание между предприятиями единого информационного пространства технической документации // Космическое приборостроение : сб. науч. тр. III всерос. форума школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с междунар. участием. – Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2015. – С. 214–215.
21. Коблов Н.Н., Черватюк В.Д. Перспективы взаимодействия предприятий Роскосмоса при работе с электронной технической документацией // Вестник СибГАУ. – 2015. – Т. 16, № 1. – С. 52–61.

REFERENCES

1. *GOST 2.051-2013. Edinaia sistema konstruktorskoj dokumentatsii. Elektronnye dokumenty. Obshchie polozheniia* [State Standard. Unified System for Design Documentation. Digital Documents. General Principles]. Moscow, Standartinform Publ., 2014.
2. *GOST 2.501-2013. Edinaia sistema konstruktorskoj dokumentatsii. Pravila ucheta i khraneniia* [State Standard. Unified System for Design Documentation. Registration and Storage Rules]. Moscow, Standartinform Publ., 2014.
3. *GOST 2.102-2013. Edinaia sistema konstruktorskoj dokumentatsii. Vidy i komplektnost konstruktorskikh dokumentov* [State Standard. Unified System for Design Documentation. Types and Sets of Design Documentation]. Moscow, Standartinform Publ., 2013.
4. *Kompaniia APPIUS PLM + ERP: razrabotka, postavka, vnedrenie* [APPIUS PLM + ERP Company: Development, Delivery, and Implementation]. Available at: <http://www.appius.ru> (accessed: 02.10.2018).
5. *Top-Sistemy – Razrabotchik programmogo kompleksa T-Flex PLM+* [Top-Systems – T-Flex PLM+ Developer]. Available at: <http://www.tflex.ru> (accessed: 02.10.2018).
6. *Analiz i sravnenie sushchestvuiushchikh pdm* [Analysis and Comparison of Existing PDM]. BELERP. Available at: <http://www.belerp.com/modules.php?name=Pages&pa=showpage&pid=76> (accessed: 02.10.2018).
7. *Dopolnitelnye kriterii sravneniia i vybora sistem PDM/TDM* [Additional Criteria for Comparison and Selection of PDM/TDM Systems]. Available at: <http://www.plastyle.com.ua> (accessed: 02.10.2018).

8. GOST 2.512-2011. *Edinaia sistema konstruktorskoi dokumentatsii. Pravila vypolneniia paketa dannykh dlia peredachi elektronnykh konstruktorskikh dokumentov* [State Standard. Unified System of Design Documentation. Data Package Making Rules for Transfer Electronic Documentation. General Principles]. Moscow, Standartinform Publ., 2011.
9. *Rekomendatsii po komplektovaniiu, uchetu i organizatsii khraneniia elektronnykh arkhivnykh dokumentov v arkhivakh organizatsii* [Recommendations on Acquisition, Recording and Archive Organization of Electronic Documents in Archives of an Enterprise]. Moscow, VNIIDAD Publ., 2013.
10. Kuchuganov A.V., Kasimov D.R. Multilevel Cognitive Analysis in Graphical Retrieval of Drawings. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 2013, vol. 23, no. 4, pp. 518–523.
11. Henderson L. CALS as a Solution for Digital Delivery of Technical Documents. *Computer-Aided Design*, 2011, no. 23, pp. 252–256.
12. Segerlin C. High Speed Cutting. *Cutting Tool Engineering*, 2006, vol. 58, no. 12, pp. 36–39.
13. Radionova Iu.A. Khranenie istorii izmeneniia dannykh v arkhivakh tekhnicheskoi dokumentatsii [Storage of Data Change History in Archives of Technical Documents]. *Avtomatizatsiia protsessov upravleniia* [Automation of Control Processes], 2010, no. 1 (19), pp. 82–88.
14. Radionova Iu.A. Sistema razgranicheniia prav dostupa k dannym arkhivokhranilishcha tekhnicheskoi dokumentatsii na osnove ispolzovaniia ekspertnoi klassifikatsii dokumentov [System of Distribution of Rights of Access to Data of Technical Document Archive on Basis of Use of Expert Document Categorization]. *Avtomatizatsiia protsessov upravleniia* [Automation of Control Processes], 2010, no. 3 (21), pp. 63–71.
15. Lu S. Automating Tolerance Synthesis: a Framework and Tools. *Journal of Manufacturing Systems*, 2011, no. 10, pp. 279–296.
16. Wohed P., E. Perjons, M. Dumas, A.H.M. ter. Hofstede. Pattern-based Analysis of EAI Languages: the Case of the Business Modeling Language. *Proceedings of the 5th International Conference on Enterprise Information Systems*. France, Angers, 2003.
17. *Tipovoi proekt "Elektronnyi arkhiv nauchno-tekhnicheskoi dokumentatsii organizatsii"* Ch. 1: *Normativno-metodicheskoe, organizatsionnoe i informatsionnoe obespechenie* [Type Design "Electronic Archive of Research and Technical Documentation in an Organization" Part 1. Regulatory and Procedural, Organization and Information Support]. Moscow, VNIIDAD Publ., 2009. 289 p.
18. Chervatiuk V.D., Koblov N.N. Vybór tekhnologicheskoi platformy dlia razrabotki slozhnykh informatsionnykh sistem [Selection of Processing Platform for the Development of Complex Information Systems]. *Inzheneriia dlia osvoeniia kosmosa. Sb. nauch. tr. V Mezhdunar. molodezh. foruma* [Proc. of the 5th International Youth Forum. Space Engineering]. Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., 2017, pp. 62–65.
19. Chervatiuk V.D., Koblov N.N. Organizatsiia rabot podrazdelenii predpriatiia s elektronnoi tekhnicheskoi dokumentatsiei [Organizational Electronic Technical Documentation Management of Departments of an Enterprise]. *Inzheneriia dlia osvoeniia kosmosa. Sb. nauch. tr. IV Vseros. molodezh. foruma s mezhdunar. uchastiem* [Proc. of the 4th Russ. Youth Forum on Space Engineering with Intern. Participation]. Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., 2016, pp. 215–218.
20. Koblov N.N., Chervatiuk V.D. Sozdanie mezhdú predpriatiiami edinogo informatsionnogo prostranstva tekhnicheskoi dokumentatsii [Creation of Unified Information Space of Technical Documentation between Enterprises]. *Kosmicheskoe priboroostroenie. Sb. nauch. tr. III vseros. foruma shkolnikov, studentov, aspirantov i molodykh uchenykh s mezhdunar. uchastiem* [Space Professional Equipment. Proc. of the 3d Russian Youth Forum with international Participation of School Children, Students, Postgraduate, and Young Scientists]. Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., 2015, pp. 214–215.
21. Koblov N.N., Chervatiuk V.D. Perspektivy vzaimodeistviia predpriatii Roskosmosa pri rabote s elektronnoi tekhnicheskoi dokumentatsiei [Prospects of Cooperation between the Enterprises of Roscosmos when Working with Electronic Technical Documentation]. *Vestnik SibGAU* [Siberian Journal of Science and Technology], 2015, vol. 16, no. 1, pp. 52–61.