

**И.Н. Бычков, И.Н. Лобанов, И.О. Сомов**

## **ПРОЦЕССЫ И МЕТАДААННЫЕ В ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ**

### **Аннотация**

Рассматриваются эффективные процессы и метаданные на примере практической реализации в ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука» системы управления технической документацией. Учитываемые в системе данные относятся к одному из типов документации: конструкторская, программная, эксплуатационная, технологическая или другая вспомогательная документация. Метаданные, имеющие ссылки на архив технической документации, вводятся как результаты проектной, производственной и интеллектуальной деятельности. Введение оригинальной классификации метаданных является отличительной особенностью системы управления и делает архив технической документации важной частью перспективной системы управления предприятием.

**Ключевые слова:** система управления технической документацией, процесс управления документацией, классификация метаданных, архив, хранение документации, навигация по данным.

### **Введение**

Архив технической документации высокотехнологичного предприятия содержит накопленные знания для разработки и производства, а также документацию на изделия. Для введения электронного документооборота архивной информации необходима автоматизированная система управления (далее – система управления).

Особенностью системы управления технической документацией является решение на основе инвариантной модели данных, в которой объекты изделий и их документация связаны определенными отношениями:

$$S(A_{\text{ИП}}) = \{A_{\text{ИП}}, A_{\text{ЭД}}, R\},$$

где  $A_{\text{ИП}}$  – объекты изделий;  $A_{\text{ЭД}}$  – совокупность ревизий документов эксплуатационной документации, характеризующей качественные и количественные свойства изделий;  $R$  – множество взаимосвязей объектов изделий, включая иерархическую подчиненность, функциональные, проектные и другие взаимосвязи.

Целесообразно определить объекты ИП как  $A_{\text{ИП}} = A_{\text{КД}} \cup A_{\text{ПД}} \cup A_{\text{ГД}} \cup S$ , где  $A_{\text{КД}}$  – ревизии конструкторской документации изделий;  $A_{\text{ПД}}$  –

ревизии программной документации изделий;  $A_{\text{ГД}}$  – ревизии технологической документации изделий;  $S$  – множество статусов, характеризующих этапы разработки или серийную применимость объектов изделий. На практике объекты изделий и их эксплуатационная документация реализуются согласно стандартам, а множество взаимосвязей объектов изделий реализуется при разработке системы управления и во многом характеризует ее функциональность.

Структуру рабочей конструкторской и программной документации на изделие в рассматриваемой системе управления можно представить следующим образом:

$$S_{\text{РКД}}(A_{\text{И}}) = \{A_{\text{К}} \cup S_{\text{К}}, S_{\text{И}}, A_{\text{ЭД}}^{\text{И}}, A_{\text{ЭД}}^{\text{К}}, R_{\text{А}}^1, R_{\text{А}}^2, R_{\text{А}}^3\},$$

где  $A_{\text{К}}$  – ревизии файлов документации на элементы из состава изделия;  $S_{\text{И}}$  и  $S_{\text{К}}$  – статусы этапов разработки и серийной применимости изделия и элементов из состава изделия в виде документов извещений;  $A_{\text{ЭД}}^{\text{И}}$  и  $A_{\text{ЭД}}^{\text{К}}$  – совокупность файлов документов эксплуатационной документации на изделие и элементы из состава изделия, их свойства;  $R_{\text{А}}^1$  – совокупность иерархических ссылок на папки составных изделий;  $R_{\text{А}}^2$  – совокупность ссылок из директорий проектной, про-

изводственной и интеллектуальной деятельности;  $R_A^3$  – навигационные ссылки между документами и папками в архиве документации.

Множество взаимосвязей  $R_A^1$ ,  $R_A^2$  и  $R_A^3$  при использовании автоматизированной системы во многом характеризует управление информацией для объектов изделий при их конструкторской, программной и технологической проработках. Эффективное управление информацией позволяет снизить затраты на проработку изделий. Затраты на проработку документации и техническую подготовку производства изделия можно представить следующим образом:

$$T = c \cdot S^K + t \cdot \sum_{m=1}^z (S_m^M + S_m^O), \quad (1)$$

где  $c$  – коэффициент управления информацией при конструкторской, программной и вспомогательной проработках изделия;  $t$  – коэффициент управления информацией при технологической проработке изделия;  $m$  – этап маршрутной технологии изготовления;  $S^K$ ,  $S^M$ ,  $S^O$  – сложность вспомогательной, программной, конструкторской, маршрутной проработок и разработки технологического оснащения. Коэффициенты  $t$  и  $c$  вышеприведенной формулы во многом определяются метаданными в автоматизированной системе управления для оперативной постановки изделия на производство.

### Процессы управления технической документацией

Техническая документация на изделие в электронном виде представляет собой набор файлов,

содержащих представление данных в форматах для определенных на предприятии программ разработки, визуализации, подготовки к производству и т. д. Для ее управления, как правило, применяют системы хранения версий. Примером является выбор «SubVersion (SVN)» компании «Apache Software Foundation» исходя из анализа достоинств и недостатков подобных решений при условии регламентируемого изменения технической документации [1]. Система управления версиями «SubVersion (SVN)» организована как централизованное хранилище на сервере. Все изменения вносятся исключительно в хранилище. Каждый пользователь получает только рабочую копию файлов технической документации на изделие, в которой в дальнейшем производит изменения и фиксирует их в хранилище на сервере. Применяемая база данных FSFS (Fast Secure File System) обеспечивает эффективное хранение файлов с версиями изменений [2]. Неактуальная техническая документация удаляется из последней версии системы контроля версий, и доступ к ней в дальнейшем осуществляется через более раннюю версию.

При работе с электронным архивом технической документации можно выделить три основных уровня, или процесса рассмотрения [3]. Эти уровни хранения и рассмотрения документации представлены на рис. 1.

На уровне разработки документации разработчиком изделий осуществляется создание технической документации в соответствии с требованиями стандартов. На этом же уровне документация проходит согласование в рамках научно-

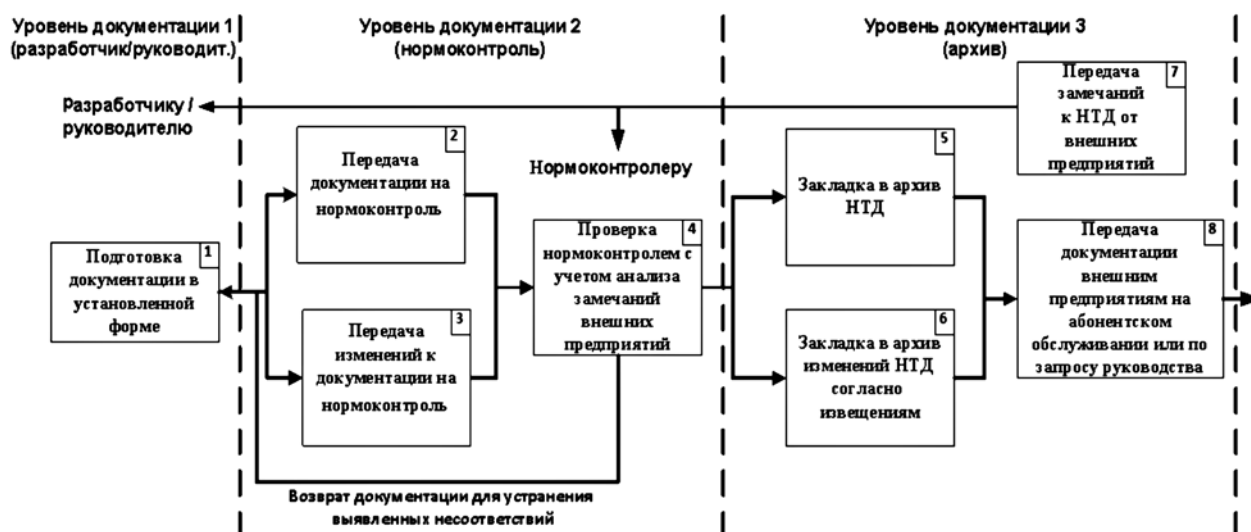


Рис. 1. Регламентируемые уровни технической документации

исследовательских и опытно-конструкторских работ с учетом заданий на их выполнение. Факт согласования фиксируется соответствующим документом или информационно-удостоверяющим листом.

На следующем уровне документацию рассматривает нормоконтролер, который производит проверку на соответствие ее имеющимся требованиям нормативных документов, в том числе и автоматизированную проверку требований к структуре передаваемой документации. До устранения замечаний документация возвращается на предыдущий уровень. Выполнение проверки может производиться в личной директории разработчика, размещенной в системе контроля версий, например SVN. Такой подход обеспечивает отслеживание изменений документации на этапе согласования, значительно снижая время повторной проверки.

На последнем уровне сотрудники архива производят повторную автоматизированную проверку структуры переданной документации и ее вне-

сение на хранение в электронный архив предприятия. В дальнейшем хранимая документация передается сотрудникам предприятия или внешним предприятиям с применением средств автоматизации, обеспечивающих извлечение документации из архива в иерархическом виде, в том числе с созданием HTML-страниц навигации. При необходимости сотрудниками архива изготавливаются учетные копии технической документации на бумажном носителе.

Для работы должностных лиц с технической документацией на всех регламентных уровнях целесообразны дополнительные к системе контроля версий программные средства. Эти программные средства предоставляют возможность автоматизации проработки технической документации, а именно:

- проверку корректности структуры передаваемой в архив документации;
- отслеживание изменений и проверку контрольных сумм передаваемых документов;

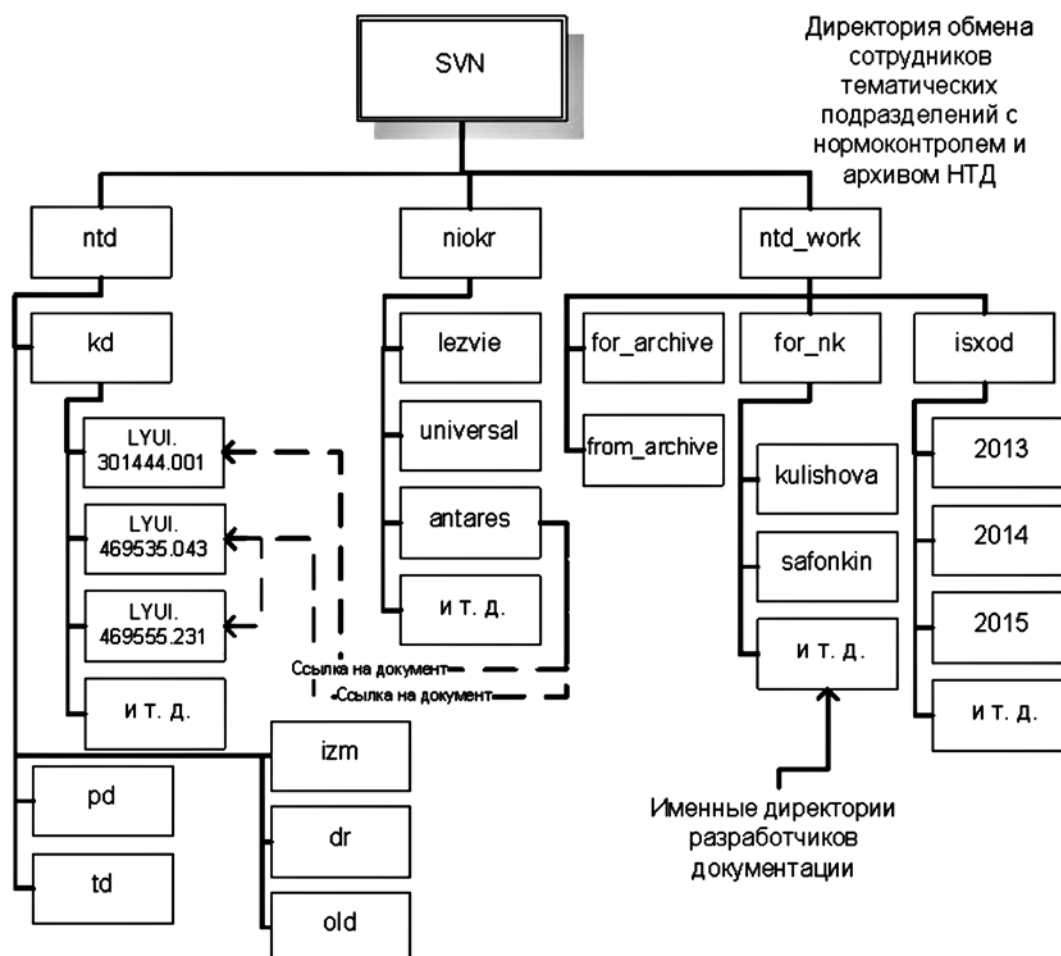


Рис. 2. Пример структуры архива документации

- проверку соответствия передаваемой и согласованной для передачи документации, например в электронно-удостоверяющих листах;
- внесение изменений в архив в соответствии с переданной структурой документов;
- разграничение прав доступа к технической документации, хранимой в архиве;
- передачу из архива технической документации в структурированном виде;
- учет в архиве фактов передачи и изменения технической документации;
- создание в составе эксплуатационной документации навигационных HTML-страниц, обеспечивающих иерархический переход по документации с дополнением имен файлов подробной информацией о составе изделия;
- проверку целостности и сохранение резервных копий архива.

### Структура данных при обработке и хранении документации

Структура технической документации изделия для хранения в архиве реализована при помощи директорий и ссылок между ними. На сервере техническая документация архива может быть представлена в виде трех основных директорий (ntd, niokr, ntd\_work). В одной из них хранится документация на изделия с соответствующими условными обозначениям в виде десятичных номеров (ntd). Пример структуры архива представлен на рис. 2.

Документы технической документации разделяются по типам. Важно выделить вспомогательную, конструкторскую, программную и технологическую документацию (dr, kd, pd и td). Каждая директория содержит файлы документа и служебные файлы, содержащие ссылки на другие документы. Таким образом обеспечивается хранение иерархической структуры документации на каждое изделие. По ссылкам осуществляются переходы как через вспомогательные программные средства для работы с архивом, так и через web-браузер или файловую систему.

Важно выделить директорию проектной деятельности предприятия (niokr) с ссылками на техническую документацию создаваемых изделий. Также целесообразно выделить директорию хранения описаний извещений (izm) о внесении изменений на документацию изделий и директорию хранения неструктурированной документации (old). В связи с необходимостью учета и контроля процессов передачи документации важно ввести специализированные директории обмена информацией (ntd\_work) между участниками процесса разработки (for\_nk), проверки (for\_archive) и учета приема и передачи технической документации (vxod, isxod).

Для обеспечения автоматизированной обработки документации передача ее между регламентированными уровнями рассмотрения осуществляется в структурированном иерархическом виде со строгими требованиями к наименованию фай-

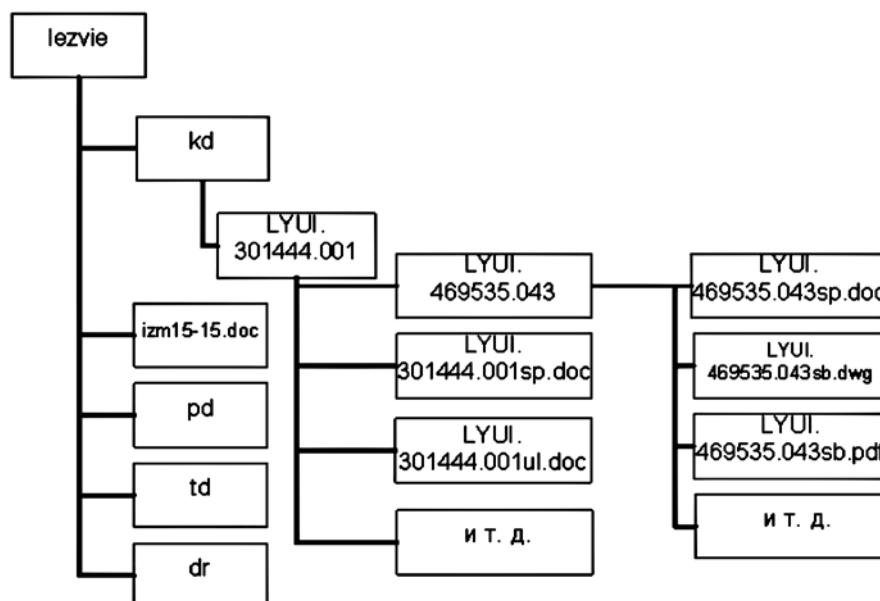


Рис. 3. Пример структуры документации для архива

лов и директорий. При этом не выдвигается особых требований к форматам файлов, содержащих документы. Проверка соответствия содержащихся в файлах документов их наименованиям и размещению в директориях осуществляется на втором уровне рассмотрения или нормоконтролером. Пример иерархической структуры документации, передаваемой для нормоконтроля и закладки в архив, показан на *рис. 3*.

### Автоматизация процессов управления

Автоматизация процессов управления осуществляется при помощи дополнительного программного средства [4], которое по функциональным возможностям можно разделить на три составляющие:

- 1) импорт технической документации;
- 2) экспорт из архива технической документации;
- 3) абонентское обслуживание.

Импорт в архив (ntd) используется в процессах 1, 2 или 3, представленных на *рис. 1*. При применении данной программы происходит автоматизированная проверка корректности структуры документации, передаваемой для архива в автоматизированном режиме с выводом сообщений о предупреждениях и выявленных ошибках структуры документов. Критерием для проверки структуры документации служит содержание спецификации изделия. Примером типичной ошибки является несоответствие обозначений или десятичных номеров. Вызов проверки осуществляется из контекстного меню директории верхнего уровня передаваемой структуры или выполнением исполняемого файла с выбором рабочей директории из интерфейса программы. Это удобно для пользователя, поскольку он видит уровень вложенности файлов своей работы. Также предоставляется функционал, упрощающий создание структуры передаваемых документов и обеспечивающий возможность точного указания связей документов для случаев, когда это необходимо из-за особенностей проекта.

Функциональность программного средства позволяет произвести автоматизированное копирование документации в архив с созданием необходимых для структурированной обработки и отображения ссылок. При этом производятся дополнительные проверки целостности с выводом подробных сообщений о произведенных действиях. После выполнения проверок документация передается в нормоконтроль. Нормоконтро-

лер, получив документацию, запускает процесс проверки (*рис. 1*, процесс 4). Проверка нормоконтролером – это последний этап перед закладкой в архив. При этом выполняется проверка вспомогательными программами и непосредственно самим сотрудником с анализом спецификации. Если документация успешно проходит проверку, то выполняется закладка в архив (*рис. 1*, процесс 5/6), а если что-то неверно, то выполняется возврат документации для устранения выявленных несоответствий.

Экспорт из архива технической документации используется в процессе 8 (*рис. 1*). Вызов подготовки к передаче осуществляется из контекстного меню директории верхнего уровня передаваемой структуры или непосредственным запуском исполняемого файла с выбором рабочей директории из интерфейса программы. При экспорте происходит изменение формата, появляются иерархия файлов, несколько уровней вложенности, и далее данная программа обеспечивает работу со структурированной документацией проекта, скрывая внутреннюю архитектуру данных, хранимую на сервере архива (ntd).

Программа абонентского обслуживания используется в процессе 7 (*рис. 1*) и работает круглосуточно в режиме мониторинга. У данной программы есть своя небольшая база данных, в которой содержатся:

- название предприятия, которое имеет права на какой-либо продукт;
- версия документации, которая была отправлена предприятию;
- версия документации, которая хранится в архиве технической документации.

В базе данных постоянно происходят изменения в режиме реального времени. Стоит отметить изменение данных о версии документации, которая хранится в архиве (ntd). Как только новая версия документации готова и размещена в архиве, данные об этом заносятся в базу данных. Далее происходит сравнение версии документации, которая лежит в архиве (ntd), с версией документации, которая была отправлена предприятию (isxod). В случае, когда в архиве версия документации более новая, происходит отправка данной документации предприятию. Также происходят изменения записей в базе данных, отвечающих за то, кому и что отправлять. Это помогает должностным лицам, которые не знают всей ситуации, сразу же разобраться в данном процес-

се и приобрести понимание ситуации, кому и что отправить.

Представленное программное средство постоянно совершенствуется в части разнообразных проверок при импорте документации в архив. Производится улучшение web-интерфейса, чтобы максимально облегчить пользователю работу с системой контроля версий. Целесообразно добавление функциональности автоматического создания документов на основе входных данных с целью стандартизации их представления в архиве.

### Метаданные архива технической документации

Традиционно классифицируют метаданные системы управления документацией следующим образом:

- административные метаданные. Создаются для управления и администрирования электронными каталогами и другими типами данных. Предоставляют информацию о сборе данных, их местоположении, правах и способах репликации и восстановления ресурсов, условиях легального доступа;
- описательные метаданные. Создаются для идентификации, описания свойств директорий и связанных с ними типов данных. К таким метаданным относятся каталожные записи, информация для помощи при поиске, описания версий изделий, специализированные индексы, авторская информация, гипертекстовые связи между файлами и каталогами, аннотации создателей и пользователей;
- метаданные сохранения. Создаются для управления сохранением файлов и других типов данных. К этому классу метаданных относится документация о физических условиях сохранения данных, предпринятых действиях для физического сохранения, цифровых версиях данных, об изменениях, которые были произведены во время их ввода и сохранения;
- технические метаданные. Создаются для описания функционирования системы. К таким метаданным относятся документация по оборудованию и программному обеспечению, технологическая информация о проведенной оцифровке, данные аутентификации и обеспечения информационной безопасности;
- метаданные об использовании. Создаются для описания характера использования, в том чис-

ле повторного. Содержат информацию о версии данных, об авторских правах на них, журнал регистрации поиска и т. д.

С целью снижения затрат проработки документации предлагается классифицировать метаданные архива технической документации как результаты проектной (niokr), интеллектуальной (rid) и производственной деятельности (product) организации. Введение таких метаданных делает архив технической документации эффективной частью перспективной системы управления предприятием. При этом повышается эффективность управления информацией с уменьшением соответствующих коэффициентов  $c$  и  $t$  в формуле (1).

Результатом производственной деятельности являются учет приема технической документации по лицензии или ее передача сторонним производителям (ссылки на *vxod* или *isxod*). Предприятие может получить копию технической документации для изготовления по лицензии или контракту. Такая копия технической документации попадает в архив и обновляется по внешнему обслуживанию. Передача документации и ее изменение в рамках внешнего обслуживания также осуществляются для выполнения производства по контракту или переданной лицензии. В соответствии с технической документацией рассчитывается структура цены продукции (ссылка на *esonomu*).

К результатам интеллектуальной деятельности относятся программы (programs), топологии схем (topologies), секреты производства (know-how) и патенты (patents), которые могут быть изобретениями, полезными моделями или промышленными образцами (inventions, *p\_models*, *p\_examples*). Результаты создаются сотрудниками предприятия в рамках исследований и могут оформляться решениями ученого совета (ссылки на решения в *science\_s*). Получение сторонних результатов оформляется договорами с предприятиями-правообладателями (ссылки на *contracts*). При оформлении или получении результата целесообразно указание соответствующей технической документации в архиве (ссылка на документацию в *ntd*).

Основой результатов проектной деятельности является техническая документация (ссылки на *dr*, *kd*, *pd* и *td*). Для каждого проекта результаты появляются последовательно, в соответствии с этапами. Для опытно-конструкторских работ в соответствии со стандартами выделяют несколь-

ко этапов (например td, rkd, izg, isp, mvk и т. д.). Научно-исследовательские работы обычно выполняются в один этап, с оформлением научно-технического отчета или других документов (ссылка на dr). Результатами этапов являются создание или обновление технической документации и обоснование стоимости выполненных работ (ссылки на ntd и economy).

В проектной деятельности по созданию изделия могут использоваться вспомогательные средства. Такими средствами являются стенды, прототипы, различные модели с тестами и параметрами условий для их применения. Достижения в области электроники и информационных технологий делают эффективным создание таких вспомогательных средств, как цифровые двойники изделий. Причем создание цифровых двойников нередко является необходимым в жизненных циклах изделий [5]. Эти вспомогательные средства также являются результатами проектной деятельности (ссылки на dr). Техническая документация на эти средства указывается через вспомогательную документацию (ссылка в dr на kd, pd и td).

На практике метаданные технической документации также создаются в рамках неосновной или сопутствующей деятельности предприятия. Можно выделить экономическую и инновационную деятельность. Перечень изделий, реализация которых формирует годовую выручку организации, является примером таких метаданных. Другим примером является оценка вклада университетов или привлеченных ученых в создание технической документации. Таким образом, целесообразно выделить три типа, или уровня метаданных (табл. 1).

## Заключение

На примере практической реализации на предприятии архива технической документации представлены эффективные процессы и метаданные. Предложенные процессы и метаданные применены в системе управления предприятием для со-

кращения затрат на проработку документации и техническую подготовку производства. Управление технической документацией используется в основной и сопутствующей деятельности предприятия при обоснованном использовании информационных технологий. Как особенность реализации управления технической документацией представлено описание практики применения метаданных и их классификация.

### Список литературы:

1. Sankalp Khare, Ishan Misra, Venkatesh Choppella Using Org-mode and Subversion for Managing and Publishing Content in Computer Science Courses / 2012 IEEE Fourth International Conference on Technology for Education.
2. Sears R., van Ingen C., Gray J. To BLOB or Not To BLOB: Large Object Storage in a Database or a Filesystem? / Microsoft Research: University of California at Berkeley – April 2006.
3. Бобов П. Электронный документооборот в TechnologiCS: результаты внедрения на крупном предприятии / CADmaster. 2007. Спец. вып. С. 37-43.
4. Лобанов И.Н., Бычков И.Н., Юрлин С.В. Программа проверки и передачи НТД: программа для ЭВМ / № 2018614167; гос. рег. 06.06.2018.
5. Юрлин С.В. Универсальный подход к построению масштабируемых прототипов многоядерных микропроцессоров (КУБ-ПРО) // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 2. С. 93-98.

Игнат Николаевич Бычков,  
д-р техн. наук, начальник отдела,  
АО «МЦСТ»,  
Игорь Николаевич Лобанов,  
ведущий инженер,  
Московский физико-технический институт  
(государственный университет),  
Илья Олегович Сомов,  
инженер,  
ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука»,  
г. Москва,  
e-mail: ignat\_b@mcst.ru

Таблица 1

Уровни метаданных и примеры каталогов для их учета

Тип / уровень	Наименование	Примеры каталогов метаданных
1 / традиционные	Данные административные, технические, описательные, хранения и использования	.svn, ntd_work, izm
2 / результаты основной деятельности	Данные проектной, производственной и интеллектуальной деятельности	niokr, rid, product, vxod, ishod
3 / результаты сопутствующей деятельности	Данные экономической и инновационной деятельности	economy, contracts, science_s