Лелюхин В. Е., Колесникова О. В., Лисичкин П. П.
V. E. Lelyukhin, O. V. Kolesnikova, P. P. Lisichkin

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКОЙ И СОПРОВОЖДЕНИЕМ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

AUTOMATION CONTROL OF DESIGN DOCUMENT DEVELOPMENT AND SUPPORT

Лелюхин Владимир Егорович – к.т.н., доцент кафедры технологии промышленного производства Дальневосточного федерального университета (Россия, Владивосток); +79147235257. E-mail: lelv0@mail.ru.
Mr. Vladimir E. Lelyukhin – PhD in Engineering, Assistant Professor, School of Engineering, Far Eastern Federal University (Russia, Vladivostok); +7914 723 5257. E-mail: lelv0@mail.ru.

Колесникова Ольга Валерьевна – к.т.н., доцент кафедры технологии промышленного производства Дальневосточного федерального университета (Россия, Владивосток); +79146529780. E-mail: miis@mail.ru.
Ms. Olga V. Kolesnikova – PhD in Engineering, Assistant Professor, School of Engineering, Far Eastern Federal University (Russia, Vladivostok); +79146529780. E-mail: miis@mail.ru.

Лисичкин Павел Павлович – старший преподаватель кафедры технологии промышленного производства Дальневосточного федерального университета (Россия, Владивосток); +79147070301. E-mail: plisichkin@mail.ru.
Mr. Pavel P. Lisichkin – senior lecturer, School of Engineering, Far Eastern Federal University (Russia, Vladivostok); +79147070301. E-mail: plisichkin@mail.ru.

Аннотация. В статье рассматриваются функциональные свойства PDM/PLM систем и условия их применения для автоматизации управления выполнением проектно-конструкторских работ в отечественном машиностроении. В ходе выполнения проектов коллективами исполнителей особую значимость приобретает обеспечение оперативного информационного обмена между исполнителями и корректного отображения любых изменений в конструкторских документах. При этом важно хранить историю всех даже малейших корректировок в свойствах и образе проектируемых объектов и систем. Приведены примеры эффективного использования PLM системы Search на предприятиях Приморского края.

Summary. The paper discusses the functional properties of PDM/PLM systems and the conditions for their application to automate the control of design work in domestic mechanical engineering industry. In the course of project implementation, the provision of timely information exchange between performers and the correct display of any changes in design documents is of particular importance. In this case it is important to keep notes of every slight adjustment in the properties and image of the projected objects and systems. The authors give examples of the effective use of the Search system PLM in the enterprises of the Primorsky Territory.

Ключевые слова: машиностроение, конструкторская подготовка, управление конструкторской документацией, автоматизация управления, PDM системы, PLM системы

Key words: engineering industry, design training, control of design documents, automation of control, PDM systems, PLM systems.

УДК 658.52:658.5.011

Введение

Качество выполнения конструкторских работ, полнота и корректность оформления конструкторской документации, а также соблюдение условия информационной необходимости и достаточности определяют эффективность дальнейшей работы, связанную с подготовкой производства и изготовлением продукции в связи с возрастающей сложностью изделий и ужесточением требований не только к самой конструкторской документации, но и к её хранению, поиску нужных документов, тиражированию, ограничению доступа и другое, иными словами к управлению конструкторским документооборотом [1, 2, 3].

Материал поступил 11.08.2017

В прошлом столетии, когда чертежи, составляющие основу технической документации, выполнялись вручную на кульмане на производственных предприятиях и в конструкторских бюро, существовали специальные службы хранения и сопровождения этой документации. Широкое распространение информационных технологий и появление CAD-систем породило проблему необходимости оперативного и корректного отслеживания быстрорастущих объемов конструкторской документации в виде файлов различных типов [4].

В конце 1980-х годов, когда отчетливо стали проявляться признаки «потери управляемости» возрастающим потоком сложно структурированных конструкторских документов, возникли первые EDM (Engineering Data Management), а затем PDM (Product Data Management) системы [4]. Следующим этапом развития систем управления техническим документооборотом стали PLM (Product Lifecycle Management) системы, которые обеспечили хранение и управление файлами документов, поддержку специализированных документов, характеризующих состав и структуру элементов изделий, управление уровнями, версиями и ревизиями документов, а также их оперативную визуализацию [2, 4, 5].

Такая функциональность PLM систем позволяет им быстро обращаться к стандартным элементам, структурам спецификации и файлам для повторного использования, и деривации, одновременно снижая риск использования неправильных версий дизайна и увеличивая повторное использование существующей информации о продукте. Тем самым PLM системы позволяют реализовать комплексный подход ко всем аспектам информационной жизни продукта с момента его создания, изготовления, развертывания и обслуживания, а также организацией его вывода из эксплуатации и окончательного удаления [2, 4, 6].

По мнению Джона Тереско, выгоды от операционных PLM выходят далеко за пределы частной эффективности, приводя к большей экономии средств и росту доходов от продаж не только за счет внедрения инструментов и технологий, но и за счет необходимых жестких изменений в процессах и методах, и возможности контроля над жизненным циклом продукта [5].

Задачи управления конструкторской документацией

Машиностроительное изделие представляет собой упорядоченную некоторым образом совокупность информационных и материальных объектов. Установленные между материальными объектами взаимосвязи определяют структуру изделия, соподчиненность деталей, сборочных единиц и других элементов. Конструкторская документация формируется в соответствии с этапами проектирования изделия, определенными стандартами единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Комплект конструкторской документации (ККД) представляет собой совокупность оформленных в ЕСКД документов, которые находятся в строгой соподчиненности между собой. Эта соподчиненность определяется структурой изделия, регламентированной ГОСТ 2.053-2006 [7].

Учитывая стадийность выполнения проекта, разнохарактерность конструкторских документов и сложность структуры их соподчиненности, можно сформулировать следующие основные функции и задачи управления подготовкой и сопровождением документации об изделии.

Функция организации архива документов с набором задач:

1) надежное хранение документов;
2) быстрый поиск документов;
3) выдача и возврат документов;
4) восстановление их свойств, при необходимости.

Функция отображения состава и структуры изделия с решением задач:

1) определение состава изделия;
2) формирование корректной структуры изделия;
3) минимизация ошибок при формировании документов;
4) минимизация ошибок во взаимосвязях между документами.

Функция управления изменениями документации с задачами:

1) управление версиями конструкторской документации;
2) определение порядка внесения изменений;

3) утверждение изменений документов;

4) отслеживание выпущенной документации и внесение изменений в неё.

Функция организации работ по проекту со следующими задачами:

1) распределение работ и формирование корректных заданий исполнителям;

2) организация эффективного взаимодействия между исполнителями;

3) оперативный контроль состояния заданий по исполнителям и всего проекта в целом.

При обычном, так называемом «ручном», сопровождении на предприятиях кроме конструкторских бюро, непосредственно занятых разработкой документации, создавались специальные службы, укомплектованные значительным штатом персонала, для решения вышеуказанных задач.

Современный потребительский рынок требует от промышленности возрастания частоты конструктивных и технологических усовершенствований и сменяемости изделий. А это, в свою очередь, приводит к необходимости быстро и корректно управлять постоянно растущими объемами конструкторской документации. На помощь в этих случаях приходят различного рода автоматизированные системы документооборота.

В мире на сегодняшний день насчитывается большое число автоматизированных систем документооборота для организации централизованного хранения и коллективной работы с неструктурированной информацией в виде сообщений (электронной почты и систем мгновенного обмена сообщениями) и документов (текстовых, структурированных в HTML и XML, электронных таблицах и т.п.). Такие системы получили название ECM (Enterprise content management). В России распространены системы БОСС-Референт, ЕВФРАТ-Документооборот, 1С:Архив, Cognitive Forms Network, Directum, DocsVision и ряд других.

Для управления комплектами конструкторской документации указанные выше системы не подходят в силу недостаточности функциональных возможностей для корректного управления технической документацией, имеющей широкий спектр форматов представления, а также довольно сложную систему постоянно меняющихся взаимных соподчиненностей.

При компьютеризированной подготовке носителем информации становится компьютерный файл. Итогом такой подготовки документации на сложное составное изделие будет некоторое количество файлов, эквивалентных количеству конструкторских документов. При этом возникает комплексная задача хранения и оборота конструкторских документов, представленных в виде файлов.

Функциональность PLM систем

Несмотря на то, что, по существу, любая PLM система зарождалась как инструмент для корректной организации технического документооборота с обеспечением информационной целостности процесса создания, производства и сопровождения продукта, диапазон функций охватывает ряд иных сфер, например: управление ресурсами в ходе выполнения проектов, управление портфелем продуктов, управление набором знаний и т.д. Фактически современные PLM системы выступают в качестве информационного интегратора данных, процессов, специалистов и бизнес-систем [8, 9].

Из существующего многообразия программных продуктов, претендующих на роль PLM систем, даже половину вряд ли можно отнести к таковым в чистом виде. Дело в том, что устремления значительной части разработчиков направлены на создание интегрированных систем управления предприятиями. Однако при отсутствии строгой теоретической базы системы, построенные с использованием похожих элементов, могут существенно отличаться не только в структурном, но и в функциональном плане. Это объясняется различиями в специфике деятельности конкретных предприятий, для которых формируются интегрированные системы.

Поэтому в ряду программных продуктов как зарубежных, так и отечественных разработчиков не всегда можно четко выделить PLM системы, поскольку отдельные характерные для PLM элементы могут быть встроены в интегрированные системы корпоративного управления.

Например, интегрированное решение Lotsia PLM объединяет в себе и PDM, и ERP систему. Другим примером служит специализированный программный продукт для производственных

предприятий TechnologiCS, включающий элемент для работы с составом изделий и электронным архивом документов (TechnologiCS-PDM), наряду с целым рядом модулей: модуль технологической подготовки производства (TechnologiCS-TPP); модуль складского учета (TechnologiCS-INV); модуль оперативного планирования и учета выполнения работ в цехах (на участках) (TechnologiCS-MAN); электронный архив и канцелярский документооборот (TechnologiCS-DOC).

Несмотря на то, что простые классификации не всегда точно соответствуют содержанию и многие программные продукты охватывают более одной области или не вписываются в одну категорию, можно выделить несколько обобщенных функций, характеризующих современную PLM систему. Подразумевается высокая степень детерминированности этих функций, поскольку речь идет об автоматизированных системах.

1. Управление данными об изделиях (PDM), включающее настройку и управление архивами с контролируемым доступом, а также конфигурирование изделия и управление его составом.

2. Управление жизненным циклом изделия (PLM) для обеспечения возможности внесения изменений в состав и структуру изделия с соблюдением его целостности и контроля над версиями изделия и выпущенными экземплярами документов.

3. Управление потоком бизнес-процессов (Workflow) для обеспечения создания и редактирования процессов и схем согласования и утверждения документов.

4. Управление проектами (Project Management), планирование и управление ресурсами проектов.

Заметим, что перечисленные функции во многом сходны с функциями управления техническим документооборотом.

Автоматизация управления конструкторской подготовки на предприятии

Несмотря на широкое применение современных CAD систем в отечественном машиностроении, автоматизация управления конструкторской подготовкой для многих предприятий остается перспективой. С одной стороны, это объясняется сомнениями в возможности внедрения и осязаемом для высшего руководства экономическом эффекте при довольно значительных затратах. Поскольку рынок машиностроительной продукции в стране пока остается ненасыщенным, мало кто из руководителей решается на довольно серьёзный шаг, связанный с внедрением PDM/PLM систем.

В ОАО «Дальприбор» (г. Владивосток) еще в начале 2000-х годов была выработана стратегия построения интегрированной системы автоматизации управления предприятием, предполагающая замену совершенно устаревшей на тот момент вычислительной техники персональными компьютерами, связанными в единую заводскую сеть.

Для формирования единой базы данных, содержащей исходную для работы всего предприятия конструкторскую и технологическую информацию, специалистами отдела информационных технологий был разработан ряд взаимосвязанных систем, включая PDM систему «Dalpribor». Каждый исполнитель имел доступ к работе с составом и структурой (создание, корректировка и удаление) соответствующего узла. Пример интерфейса конструктора для работы с конфигурацией элемента изделия показан на рис. 1.

В качестве инструмента управления проектами руководителями конструкторских бюро и главными конструкторами использовался модуль формирования и корректировки основной структуры изделия с возможностью распределения работ по подразделениям и исполнителям. Внедрение этой системы обеспечило прямой доступ конструкторам к интегрированному информационному ядру предприятия, что позволило значительно сократить сроки подготовки документации, снизить количество ошибок и повысить оперативность внесения корректировок.

Используемая система обеспечивала хранение только одной версии состава и структуры изделия. Учитывая постоянные корректировки, система хранила только самую последнюю измененную версию. В процессе эксплуатации системы все более остро ощущалась необходимость удовлетворения требований CALS-технологий по информационной поддержке объекта на всех этапах его жизненного цикла, а именно управления версиями и хранения всей истории изменений, вносимых в каждую детале-сборочную единицу или структурную схему.

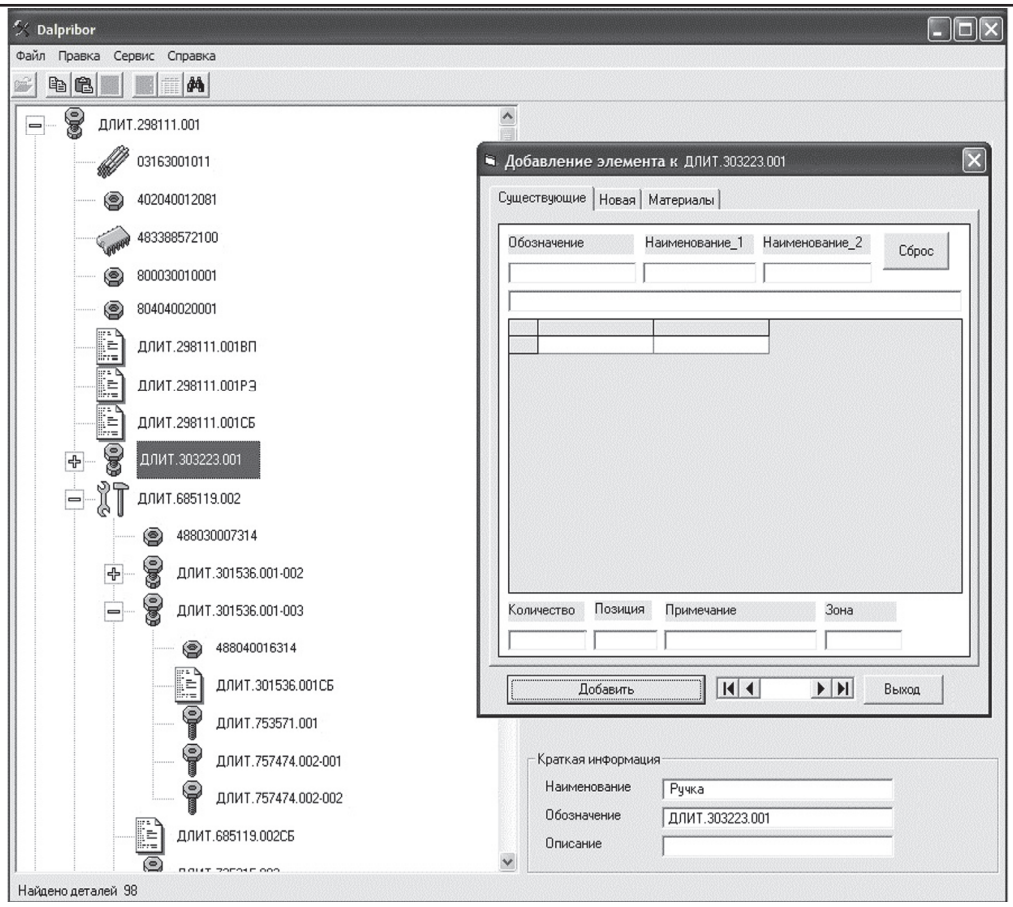

Рис. 1. Фрагмент интерфейса PDM системы «Dalpribor»

Для этих целей были рассмотрены и опробованы четыре варианта предлагаемых на рынке PLM систем, в основном отечественные. По результатам опытной эксплуатации предпочтение было отдано PLM системе Search, разработанной компанией Интермех (Белоруссия).

Принципы ведения конструкторской документации в PLM Search

В соответствии с ГОСТ 2.053-2013 любое изделие представляется составом и определенной структурой, характеризуемой двумя множествами: множеством элементов в виде деталесборочных единиц (ДСЕ) и множеством отношений между этими элементами.

Базовыми элементами в PLM Search являются объекты и документы. Характерно, что в рассматриваемой системе основным элементом («кирпичиком») проектируемого или изготавливаемого изделия является объект. Под объектами понимаются любые сущности окружающего мира, которые могут иметь физическое воплощение или логическое представление. Примерами объектов могут служить здания и сооружения и др. Существует несколько типов объектов. Каждый тип объекта определяет набор параметров и набор связей с другими типами. Состав изделия представляется в виде множества (набора) объектов. Структура изделия или его конфигурация полностью определяется взаимосвязями между объектами в составе этого изделия.

В итоге задуманная и представленная разработчиком в PLM Search конфигурация в виде набора объектов различных типов и взаимоотношений между ними моделирует «скелет» (состав и структуру) изделия или его составной части (см. рис. 2).

На рис. 3 показан пример различных форм визуализации состава и структуры изделия в системе Search. В пределах неизменности структуры изделия система предоставляет возможность сортировки объектов по типам, а также при включении фильтрации отображения структуры объектов только заданного типа.

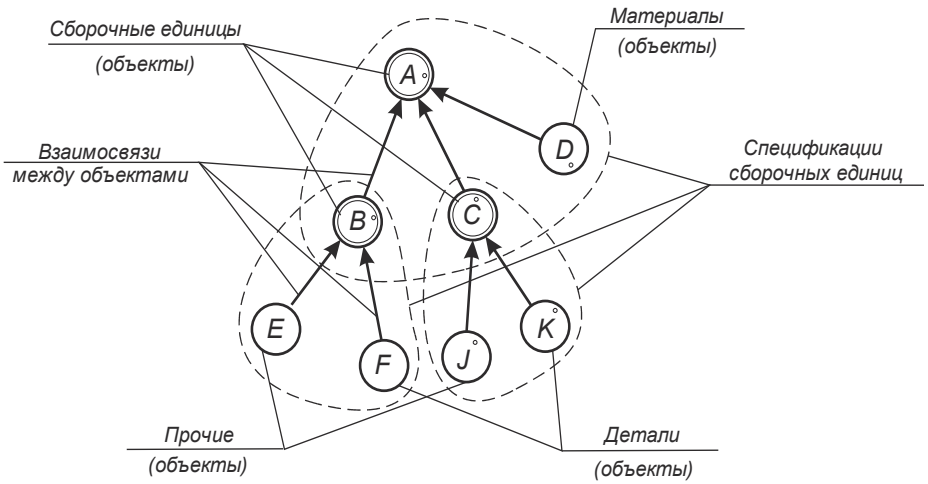

Рис. 2. Структура изделия в виде объектов и взаимосвязей

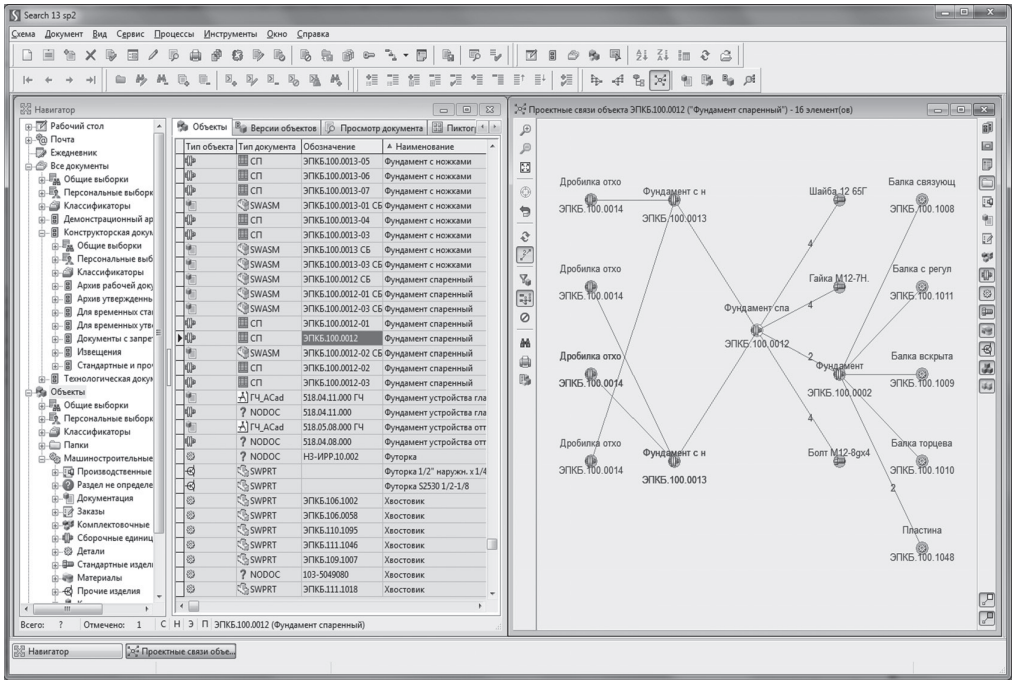

Рис. 3. Формы отображения состава и структуры изделия в виде объектов и взаимосвязей в Search

Параллельно с информацией об объектах, включая их схемы связей (структуры), используемых на предприятии, ведется архив документов с использованием картотеки. Элементом картотеки является карточка документа. Для различных по типу документов можно определить соответствующую структуру содержания карточек. Например, карточки чертежей проектной документации из архива проектных групп могут содержать информацию о наименовании объекта проектирования, а документы из архива канцелярии – входящие номера писем и адреса для ответов и т.д. Таким образом, карточка является элементом, связующим объекты и конструкторские документы.

В ходе выполнения проекта формируются и «привязываются» к описываемым объектам конструкторские документы, которые конкретизируют геометрию и свойства этих объектов. Понятие документа ГОСТ 2.102-2013 регламентирует как зафиксированной на материальном носите-

ле информации, определяющей конструкцию изделия и обладающей признаками, позволяющими её идентифицировать. Конструкторский документ может храниться и передаваться в пространстве и времени и состоит из содержательной и реквизитной частей. Содержательная часть включает техническую информацию ради передачи, которой создан документ. Реквизитная часть включает сведения, по которым документ может быть идентифицирован и авторизован. Информация содержательной части документа хранится в файле, идентификационные параметры которого указаны в карточке.

Таким образом, для управления документами в PLM системе для каждого объекта в структуре изделия в конечном итоге выстраивается цепочка объект ⇒ документ ⇒ файл. Связующим звеном между объектом и документом является карточка документа.

Пример визуализации связей объектов и документов на экране в PLM Search показан на рис. 4.

а) б)

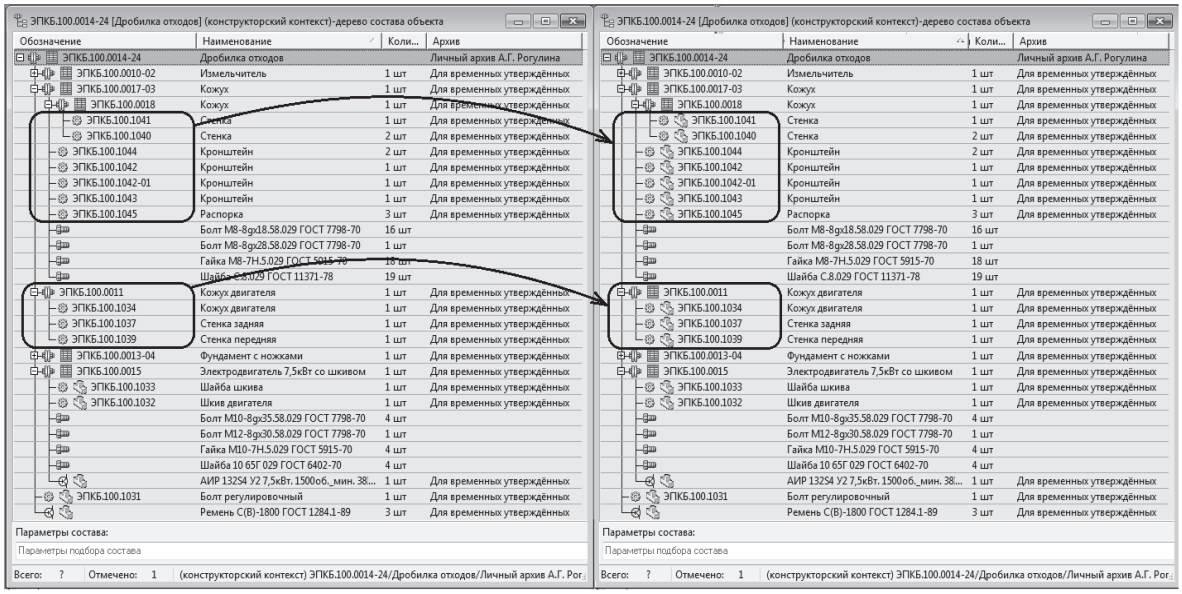

Рис. 4. Фрагмент изделия в PLM Search: а – структуры объекта;
б – объекты с присоединенными документами

Управление изменениями в PLM Search

Самой важной отличительной особенностью PLM от PDM является наличие функционала управления изменениями и корректного хранения истории этих изменений, что позволяет получать сведения о текущем состоянии разрабатываемых или изготавливаемых изделий на любой момент времени в течение всего жизненного цикла.

В нашей стране для учета и отслеживания любых изменений в конструкторской документации разработан механизм, регламентируемый ГОСТ 2.503-2013. Этот механизм реализован средствами PLM Search. После утверждения конструкторских документов в системе Search они могут быть изменены только с помощью выпуска извещения об изменении. Таким образом, система контролирует не только выпуск конструкторских документов, но и их изменение. При этом в базе данных хранятся все версии конструкторских документов с извещениями на их изменения. Кроме того, имеется возможность указания актуальности версии на заданный период времени. Такой подход позволяет не только учитывать вновь внесенные изменения, но и дает возможность «откатиться» к предыдущей версии.

Для организации контроля разработанные конструкторские документы подлежат проверке и согласованию ответственными лицами. Порядок проверок и согласования зависит от особенно-

стей отрасли, предприятия и может отличаться на различных предприятиях, для разных типов документов, различных стадий разработки, разных проектов и т.д.

В системе имеется модуль управления потоком бизнес-процессов (Workflow), обеспечивающий автоматизированную передачу документов по цепочке проверок и согласований. Он позволяет гибко настраивать маршруты прохождения документов, последовательность сбора подписей, ответственные должности и обмен сообщениями. Таким образом, после завершения разработки документа конструктор инициирует процесс сбора подписей, запуская один из настроенных в системе маршрутов. Документ, отправленный по маршруту, отображается во входящем сообщении у пользователя, который был указан подписантом при настройке маршрута. Подписанный документ уходит по маршруту дальше, отклоненный с замечаниями возвращается на доработку в начало маршрута. Тем самым подобная организация работы позволяет контролировать сроки и качество разработки конструкторской документации, управлять работой проектной группы.

Организованная таким образом система документооборота позволяет выполнять широкий набор функций конструкторской подготовки производства, соответствующих PLM системе и описанных выше.

Заключение

Сегодня в ПАО «Дальприбор» PLM Search является неотъемлемым элементом интегрированной информационной системы управления предприятием. Многолетняя эксплуатация этой системы показала её высокую надежность и эффективность при одновременном управлении разноплановыми проектами. Оперативный информационный обмен между конструкторами и технологами позволил сократить сроки разработки и освоения новых изделий и их модификаций. Благодаря использованию информационных технологий для оперативного и корректного отображения изменений в конструкторских документах и ведению электронной картотеки отпала необходимость наличия большого штата архивных служб.

С 2015 года PLM Search успешно эксплуатируется на предприятии ООО «Первое КБ» (г. Владивосток), занимающимся разработкой машиностроительных изделий и комплексов производственного назначения. Благодаря широким функциональным возможностям и простоте освоения, наличие этой системы позволило наладить эффективное управление выполнением конструкторских разработок и оперативный обмен информацией между исполнителями.

Использование PLM систем для автоматизации управления разработкой и сопровождением конструкторской документации на указанных предприятиях позволило не только повысить качество и снизить сроки конструкторской подготовки, но и перевести предприятия на принципиально новый уровень информационного обеспечения для взаимодействия всех служб предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лелюхин, В. Е. Принципиальная схема организации системы подготовки производства на машиностроительном предприятии / В. Е. Лелюхин, О. В. Колесникова // Теория и практика в инновационных технологиях: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Владивосток: ДВЦИТ, 2016. – С. 44-53.
2. Karniel, A. Managing the Dynamics of New Product Development Processes / A. Karniel and Y. Reich. – Springer-Verlag London Limited, 2011.
3. Лелюхин, В. Е. Интегрированная система конструкторско-технологической подготовки и управления производством на платформе 1С:УПП / В. Е. Лелюхин, О. В. Колесникова // Автоматизация в промышленности. – 2015. – № 9. – С. 34-38.
4. Antti Saaksvuori, Anselmi Immonen. Product Lifecycle Management. – Springer: Third Edition, 2008.
5. Teresko, John. The PLM Revolution. IndustryWeek. 21 December 2004 / John Teresko. – URL: http://www.industryweek.com/companies-amp-executives/plm-revolution.
6. Hirz, M. Integrated Computer-Aided Design in Automotive Development: Development Processes, Geometric Fundamentals, Methods of CAD, Knowledge-Based Engineering Data Management / M. Hirz. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. – XIX, 466 p.
7. Peltonen, H., Concepts and an Implementation for Product Data Management / H. Peltonen // Acta Polytechnica Scandinavica, Mathematics and Computing Series. – No. 105. – Espoo, 2000. – 188 pp.
8. Kampffmeyer Ulrich. ECM Enterprise Content Management. Hamburg. 2006. Publication in English, French, and German.