

СТАТЬИ

УДК 378.147

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ УЧЕБНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТОВ НА СБОРОЧНУЮ ЕДИНИЦУ

Гузненков В.Н., Журбенко П.А.

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Москва, e-mail: vn_bmstu@mail.ru

В работе отмечено, что в Московском государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана на кафедре инженерной графики разработана методика обучения студентов созданию трехмерных электронных геометрических моделей деталей и выполнению электронных чертежей. Изучение компьютерных систем на первом курсе позволяет выстроить сквозную информационную подготовку обучающихся. Студенты применяют знания, полученные на кафедре инженерной графики в проектной деятельности по курсу деталей машин, в курсовом и дипломном проектировании на выпускающих кафедрах. Использование цифровых технологий в промышленности диктует создание новых стандартов на проектирование изделий машиностроения. Предложены учебные обозначения при создании электронной конструкторской документации на сборочные единицы. Показаны структурные схемы изделия и электронных документов на изделие. Предложена система организации файлов и папок электронной документации. Отмечено, что можно использовать электронную структуру изделия как основной конструкторский документ. В учебных целях можно выполнять схему деления взамен электронной структуры изделия, но с обязательным выполнением спецификации на сборочную единицу. В результате исследования определены правила оформления учебной конструкторской документации на сборочную единицу, определена последовательность выполнения электронной конструкторской документации. Практика использования полученных результатов нацелена на поддержание сквозной информационной подготовки студентов, будущих специалистов в области техники и технологий.

Ключевые слова: высшее образование, система автоматизированного проектирования, учебный процесс, электронная геометрическая модель детали, учебная электронная конструкторская документация

METHODOLOGY FOR PERFORMANCE OF EDUCATIONAL ELECTRONIC DOCUMENTS ON THE ASSEMBLY UNIT

Guznenkov V.N., Zhurbenko P.A.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: vn_bmstu@mail.ru

The work noted that at the Bauman Moscow State Technical University at the Department of Engineering Graphics, a methodology has been developed for teaching students to create three-dimensional electronic geometric models of detail and make electronic drawings. The study of computer systems in the first year allows you to build a through awareness training of students. Students apply the knowledge gained at the Department of Engineering Graphics in design activities in the course of machine parts, in course and diploma design at the graduating departments. The use of digital technologies in the industry dictates the creation of new standards for the design of engineering products. Educational designations for the creation of electronic design documentation for assembly units are proposed. Shown are the structural schemes of the product and electronic documents for the product. A system for organizing files and folders of electronic documentation is proposed. It is noted that the electronic structure of the product can be used as the main design document. For educational purposes, you can perform the division scheme instead of the electronic structure of the product, but with the obligatory fulfillment of the specification for the assembly unit. As a result of the study, the rules for the preparation of educational design documentation for an assembly unit were determined, the sequence for the execution of electronic design documentation was determined. The practice of using the results aimed at maintaining a transparent information preparation of students, future professionals in the field of engineering and technology.

Keywords: higher education, computer-aided design system, educational process, electronic geometric model of the detail, educational electronic design documentation

Системы автоматизированного проектирования (САПР) предназначены в первую очередь для ускорения выпуска новых изделий. При создании сложных агрегатов и машин в САПР над одним проектом могут одновременно работать конструкторы, технологи, дизайнеры и т.д., обеспечивая полный жизненный цикл изделия от разработки до утилизации. Трехмерная визуализация проектируемого изделия позволяет

оценивать его с точки зрения компактности, эргономичности и других параметров. В системах выполняется инженерный анализ и анализ технологичности модели. Сегодня без использования САПР невозможно ни одно производство. В то же время возможности системы используются на предприятиях на 10–15%, как отмечалось на совещании Круглого стола Autodesk в октябре 2009 г. Чтобы сократить адаптацию к реали-

ям производства, выпускник технического университета с квалификацией бакалавр, специалист или магистр обязан уметь работать в современных САПР.

По инициативе руководства научно-учебного комплекса «Машиностроительные технологии» в Московском государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана (национальном исследовательском университете) на кафедре «Инженерная графика» разработана методика обучения студентов созданию трехмерных электронных геометрических моделей деталей и выполнению электронных чертежей [1, 2].

Изучение компьютерных систем на первом курсе позволяет выстроить сквозную информационную подготовку обучающихся [3, 4]. Так, студенты применяют знания, полученные на кафедре инженерной графики, в проектной деятельности по курсу деталей машин, в курсовом и дипломном проектировании на выпускающих кафедрах.

В качестве САПР для изучения был выбран Autodesk Inventor. Одобренная методика обучения была развернута на SolidWorks и Компас [5, 6]. Разработана стратегия построения электронных геометрических моделей деталей на основе обобщения различных маршрутов построения [7, 8].

Дальнейшее совершенствование учебного процесса должно быть направлено на создание методики обучения студентов выполнению электронных учебных документов на сборочную единицу [9].

Цель исследования – разработка методики выполнения электронных учебных конструкторских документов на изделие. Для этого необходимо определить правила оформления учебной конструкторской документации на сборочную единицу и разработать последовательность выполнения электронной конструкторской документации на учебную сборочную единицу.

Документация на электронную геометрическую модель сборочной единицы

Использование цифровых технологий в промышленности диктует создание новых стандартов на проектирование изделий машиностроения. Современные системы автоматизированного проектирования автоматически создают конструкторскую документацию в электронном виде. Многолетний опыт создания электронных геометрических моделей деталей и выполнения электронных чертежей показал различные варианты сортировки и хранения файлов [10, 11]. Наименования файлов также варьируются. При необходимости

учитываются: учебный вариант, студенческая группа, фамилия студента и, наконец, способ хранения: университетский сервер, личный кабинет студента и др.

В работе о структурировании электронных данных на учебную сборочную единицу [12] рассматривается методика обучения студентов выполнению конструкторских документов в электронном виде. Сквозная информационная подготовка в системе высшего образования требует унификации учебной системы обозначений. На рис. 1 изображена предложенная структура учебных обозначений.



Рис. 1. Вариант структуры учебных обозначений

Поля с первого по четвертое заполняются соответствующими числовыми значениями [12]. Система универсальна, может применяться для кодирования обозначений учебных материалов в учебном процессе на общеобразовательных и выпускающих кафедрах.

Разработанные обозначения предназначены для учебных целей при создании электронной конструкторской документации на сборочные единицы.

Заслуживает отдельного рассмотрения организация файлов и папок при выполнении электронных конструкторских документов на сборочную единицу. Структурирование файлов и папок выполняется на основе схемы деления (рис. 2).

Следует отметить, многие САПР создают электронные документы под управлением файла проекта, который содержит данные на систему организации файлов на изделие, обеспечивая пути доступа и работоспособность ссылок между файлами, задает пути доступа к различным библиотекам и правилам работы с ними. Файл проекта чаще всего выполняется в формате XML и является текстовым электронным документом. К этому добавим рекомендацию, что каждая сборочная единица, вне зависимости от уровня входимости в состав изделия, должна иметь в составе электронных документов свой файл проекта.

Для интуитивной навигации в структуре файлов и папок следует задавать им имена согласно схеме, представленной на рис. 3.

В этом случае имена файлов и папок будут иметь вид как в таблице.

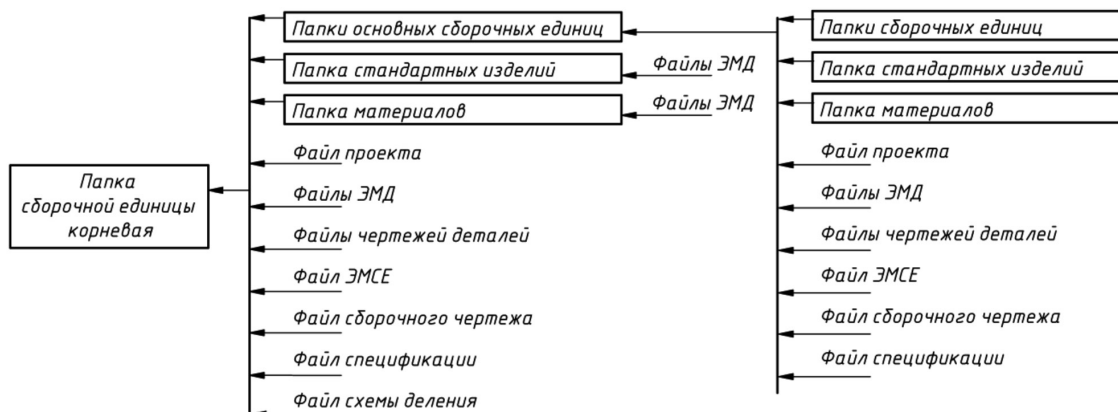


Рис. 2. Схема структурная организации файлов и папок

«Обозначение»_«Код документа»_«Наименование»

Рис. 3. Схема структурная имен файлов и папок

Пример наименований папок и файлов

Папка или файл	Структура имени папки или файла
Папка сборочной единицы корневая	Обозначение Наименование
Пример: Б137.00.00 Вентиль	
Файл проекта	Обозначение ТЭ Наименование
Пример: Б137.00.00 ТЭ Вентиль	
Файл ЭМД	Обозначение Наименование
Пример: Б137.00.01 Корпус	
Файл чертежа детали	Обозначение Наименование
Пример: Б137.00.01 Корпус	
Файл ЭМСЕ	Обозначение ЭСБ Наименование
Пример: Б137.00.00 ЭСБ Вентиль	
Файл сборочного чертежа	Обозначение СБ Наименование
Пример: Б137.00.00 СБ Вентиль	
Файл спецификации	Обозначение Наименование
Пример: Б137.00.00 Вентиль	
Файл схемы деления	Обозначение Е1 Наименование
Пример: Б137.00.00 Е1 Вентиль	
Папка стандартных изделий	Обозначение Стандартные изделия
Пример: Б137.00.00 Стандартные изделия	
Папка материалов	Обозначение Материалы
Пример: Б137.00.00 Материалы	
Папка основной сборочной единицы	Обозначение Наименование
Пример: Б137.10.00 Клапан затворный	

Важно отметить, что согласно ГОСТ 2.057-2019 модели стандартных деталей следует вносить в состав электронной модели сборочной единицы (ЭМСЕ) только из соответствующей библиотеки

САПР. Имена таким файлам система задает автоматически.

Детали, получаемые из материалов, следует представлять в виде модели детали в исполнении «как установлено».

В стандарте отмечено, что если материалы в ЭМСЕ могут принимать различную форму и это влияет на расположение отдельных деталей и узлов, то изделия из материалов должны создаваться в виде электронной геометрической модели детали, например шнур асбестовый. При этом позиционирование узлов и деталей с учетом крепежных деталей выполняются с учетом величин зазоров между деталями. Для каждого геометрически моделируемого изделия из материала следует создавать отдельную электронную геометрическую модель детали. Имя файла модели детали должно содержать обозначение конечной сборочной единицы с добавлением идентификационного кода геометрически моделируемого материала (ГОСТ 2.057-2019).

В случаях, когда детали в процессе сборки изделия подвергаются упругим деформациям (различные прокладки, резиновые изделия и т.п.) или пластическим деформациям (обкатка, скручивание, протяжка и т.п.), то, согласно ГОСТ 2.056-2014, электронную модель детали (ЭМД) «следует выполнять в двух альтернативных состояниях – «как установлено» (деформированное при установке) и «как изготовлено» (без учета деформаций, возникающих при установке)». Многие САПР не поддерживают различные исполнения модели детали в одном файле, тогда следует выполнить два файла модели. К имени файла деформированной модели добавляется код номера исполнения (например: Б137.10.02-001 Клапан). Непосредственно в состав самой ЭМСЕ должны входить модели деталей в состоянии «как установлено».

Определим комплектность и состав конструкторской документации, которые будут рассмотрены для учебного изделия (сборочной единицы). Согласно ГОСТ 2.102-2013 комплектность электронной конструкторской документации на изделия следует различать [13]:

- основной конструкторский документ;
- основной комплект конструкторской документации;
- полный комплект конструкторской документации.

За основные конструкторские документы, в зависимости от формы выполнения, принимают:

- для деталей – чертеж детали и/или электронную модель детали;
- для сборочной единицы – спецификацию и/или электронную структуру изделия (конструктивную) в соответствии с ГОСТ 2.053-2013.

Если на деталь выполняется чертеж в электронном или бумажном представле-

нии без ассоциативной связи с электронной геометрической моделью детали, то основным документом является чертеж. Если же на деталь выполняется только электронная геометрическая модель детали или модель вместе с чертежом в электронном представлении, то основным документом является электронная геометрическая модель детали согласно ГОСТ 2.056-2014. Обозначение электронной модели детали и чертежа при совместном и/или раздельном использовании выполняются согласно ГОСТ 2.102-2013 и ГОСТ 2.201-80.

При разработке конструкторских документов на сборочную единицу без использования ЭМСЕ основным документом является спецификация. Если же в процессе проектирования задействованы ЭМД и ЭМСЕ, то основным документом является конструктивная электронная структура изделия. Спецификацию допускается не выполнять, поскольку она при необходимости может быть получена автоматизированным способом из электронной структуры изделия.

Согласно Государственным стандартам Единой системы конструкторской документации (ГОСТ ЕСКД) «основной комплект конструкторской документации изделия объединяет конструкторские документы, относящиеся ко всему изделию (составленные на все данное изделие в целом), например сборочный чертеж. Конструкторские документы составных частей в основной комплект документов изделия не входят».

Следует уточнить, что сборочный чертеж может быть выполнен в бумажной форме исполнения или в электронной форме исполнения без связи с электронной моделью сборочной единицы и является частью основного комплекта конструкторской документации.

Согласно ГОСТ 2.102-2013 «полный комплект конструкторской документации изделия состоит (в общем случае) из следующих документов:

- основного комплекта конструкторской документации на данное изделие;
- основных комплектов конструкторской документации на все составные части данного изделия, примененных по своим основным конструкторским документам».

Таким образом, если электронная форма исполнения сборочного чертежа выполнена со связью с ЭМСЕ, а наличие ЭМСЕ имеет, как следствие, наличие электронной модели детали на каждую деталь, входящую в состав сборочной единицы, то составные части сборочной единицы применены по своим основным конструкторским документам, то есть по ЭМД. Тогда получается,

что комплектность конструкторской документации на сборочную единицу уже соответствует полному комплекту конструкторских документов. Важно отметить, ЭМСЕ является конструкторским документом, составленным на все изделие в целом, что позволяет ее считать документом из состава основного комплекта и при выполнении спецификации на изделие включить обозначение ЭМСЕ в раздел «Документация» согласно ГОСТ 2.106-2019.

Для электронной формы исполнения основного конструкторского документа на сборочную единицу приоритетом является конструктивная электронная структура изделия (ЭСИ). В соответствии с ГОСТ 2.053-2013: «ЭСИ – электронный конструкторский документ, содержащий описание изделия (сборочной единицы), иерархические отношения между его составными частями и другие данные в зависимости от его назначения. Как правило, ЭСИ формируется автоматизированным способом на основе информации, хранящейся в базе данных автоматизированной системы управления данными об изделии или в базе данных САПР». На основе данных ЭСИ могут быть сформированы самостоятельные документы, (например, спецификация, ведомость покупных изделий и т.д.), в том числе имеющие бумажные формы представления. При этом сама ЭСИ не имеет бумажной формы выполнения и содержательную часть ЭСИ выполняют в виде отдельного файла или файлов. Создание ЭСИ является сложным делом – как организационно, так и технически, поскольку чаще всего требует участия PDM-системы совместно с САПР. В некоторой степени ЭСИ является результирующей совокупностью данных на информационную модель соответствующего этапа проектирования изделия.

Обязательное выполнение ЭСИ на первых шагах обучения может неоправданно усложнить задание ознакомить обучающихся с правилами составления и оформления электронных конструкторских документов на сборочные единицы. При этом на различных стадиях проектирования электронное представление схемы деления на составные части по ГОСТ 2.711-82 может рассматриваться как способ представления конструктивной ЭСИ. Что позволяет в учебных целях выполнять схему деления взамен ЭСИ, но с обязательным выполнением спецификации на сборочную единицу.

Стоит добавить, схема деления также входит в состав основного комплекта конструкторских документов согласно ГОСТ 2.102-2013, что в свою очередь отражается в добавлении ее в спецификацию на изделие в соответствии с ГОСТ 2.106-2019 в разделе «Документация».

Поскольку файл проекта является текстовым электронным документом, то это позволяет его идентифицировать в качестве конструкторского документа на изделие в целом и включить соответственно в состав основного комплекта документов, с занесением указания в разделе «Документация» при формировании спецификации (рис. 4).

В учебных целях полному комплекту конструкторской электронной документации сборочной единицы может соответствовать следующий состав конструкторских документов [14]:

- электронные чертежи с изображениями сборочной единицы с ассоциативной связью с электронной геометрической моделью сборочной единицы;
- электронные чертежи деталей сборочной единицы;
- электронная модель сборочной единицы и электронная модель детали;

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
			Б137.00.00 ЭСБ	ЭМСЕ	1	
			Б137.00.00 СБ	Сборочный чертеж	1	
			Б137.00.00 ТЭ	Файл проект	1	
			Б137.00.00 Е1	Схема деления	1	

Рис. 4. Пример заполнения раздела «Документация»

- спецификации;
- схемы деления изделия на составные части;
- файл проекта.

Данная работа является продолжением работы по структурированию электронных данных на учебную сборочную единицу [12]. В дополнение к уже полученным результатам можно констатировать следующее.

В результате исследования:

- разработана методика выполнения электронных учебных конструкторских документов на изделие;
- определены правила оформления учебной конструкторской документации на сборочную единицу;
- разработана система учебных обозначений на сборочную единицу;
- разработана последовательность выполнения электронной конструкторской документации на учебную сборочную единицу;
- определена комплектность учебных электронных конструкторских документов на сборочную единицу.

Заключение

Полученные результаты соответствуют содержанию основных образовательных программ федеральных государственных стандартов высшего образования подготовки бакалавров и специалистов в области техники и технологий в части «Профессиональный цикл. Базовая (общепрофессиональная) часть».

Практика использования полученных результатов на факультете «Машиностроительные технологии» Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана нацелена на поддержание сквозной информационной подготовки студентов, будущих специалистов в области техники и технологий.

Список литературы

1. Гузнецов В.Н., Журбенко П.А., Винцулина Е.В. Методика преподавания инженерной графики в МГТУ им. Н.Э. Баумана // Международный журнал экспериментального образования. 2019. № 2. С. 5–9.
2. Бочарова И.Н., Демидов С.Г. О содержании курса инженерной графики в Московском государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2018. № 2 (10). С. 5–8.
3. Андреев-Твердов А.И., Боровиков И.Ф., Калинин В.И., Яковук О.А. Формирование компетенций, необходимых для разработки конструкторской документации, у студентов технических университетов // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2017. № 3 (7). С. 10–13.
4. Полежаев В.Д., Полежаева Л.Н., Корзинова Е.И. Использование информационных и коммуникационных технологий при обучении студентов с ограниченными возможностями здоровья графическим дисциплинам // Право и практика. 2017. № 3. С. 217–222.
5. Демидов С.Г. Компьютерное моделирование в графической подготовке студентов технического университета // Российский научный журнал. 2015. № 1 (44). С. 143–145.
6. Головачева Л.И., Максимова Р.А., Федоритенко Н.А. Методика преподавания курса «Инженерная и компьютерная графика» на 4 семестре в МГТУ им. Н.Э. Баумана // Инновационное развитие. 2019. № 3 (30). С. 72–78.
7. Гузнецов В.Н., Журбенко П.А. Компьютерная графика как учебная дисциплина в системе открытого образования // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 1. С. 20–24.
8. Гузнецов В.Н. Использование цифровых технологий на кафедре инженерной графики МГТУ им. Н.Э. Баумана // Научное обозрение. Педагогические науки. 2020. № 2. С. 10–14. DOI: 10.17513/srps.2279.
9. Осипова А.В. Использование различных методов обучения в преподавании технической графики // Научные вести. 2020. № 4 (21). С. 138–145.
10. Тимофеев В.Н., Демина Ю.Ю. Развитие методики преподавания инженерно-графических дисциплин в техническом вузе // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. № 2–1 (41). С. 116–119.
11. Горшков Г.Ф., Голубев Д.В., Филатова О.И. Содержание и методы обучения графическому документированию с использованием информационных технологий // Alma mater (Вестник высшей школы). 2014. № 5. С. 104–106.
12. Гузнецов В.Н., Журбенко П.А. Структурирование электронных данных на учебную сборочную единицу // Научное обозрение. Педагогические науки. 2020. № 3. С. 12–16. DOI: 10.17513/srps.2290.
13. Марьяна А.А. Разработка конструкторской документации и проведение конструкторского надзора // Ресурсоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2017. № 8. С. 290–293.
14. Певнев Н.Г., Трофимов А.В., Банкет М.В. Основы конструкторских разработок и расчетов ВКР бакалавра по профилям «Автомобили и автомобильное хозяйство», «Автомобильный сервис»: учебное пособие. Омск: СибАДИ, 2014. 110 с.