

УДК 744.4

В. П. Большаков, А. В. Чагина

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

## Компьютерный практикум для обучения работе в системе Компас-3D

*При изучении инженерной компьютерной графики (ИКГ) используются САD-системы (Computer Aided Design – конструирование, поддержанное компьютером) и методики подготовки конструкторской документации (КД) изделий на основе трехмерного (3D) моделирования этих изделий. Результативность освоения основ 3D-моделирования может быть повышена за счет использования при обучении электронных практикумов или «Азбук», которые позволяют начинающему пользователю 2D- или 3D-редактора осуществлять нужные действия, пользуясь информацией из окна справки, расположенного в любой удобной для работы части дисплея. Представлен обзор содержания «Азбук», входящих в состав различных версий системы Компас. В разд. 1 практикума рассмотрены приемы создания 12 твердотельных моделей и ассоциативных чертежей деталей. В разд. 2 в шести примерах показаны приемы создания моделей деталей и сборочной единицы из листового материала. В разд. 3 рассмотрены этапы создания 3D-моделей и КД сборочных единиц, а в разд. 4 представлены примеры выполнения двух тестовых заданий.*

### Твердотельное моделирование, инженерная и компьютерная графика, Компас-3D

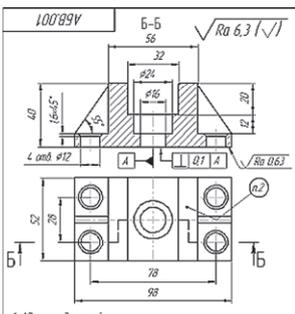
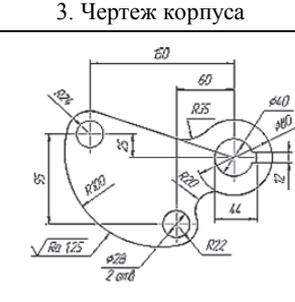
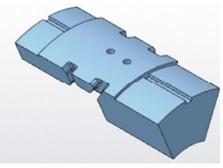
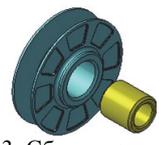
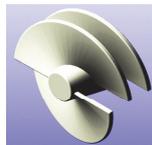
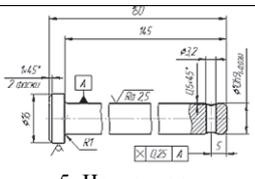
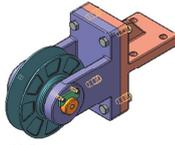
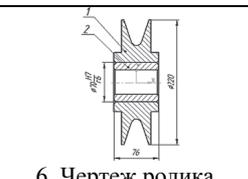
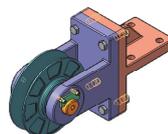
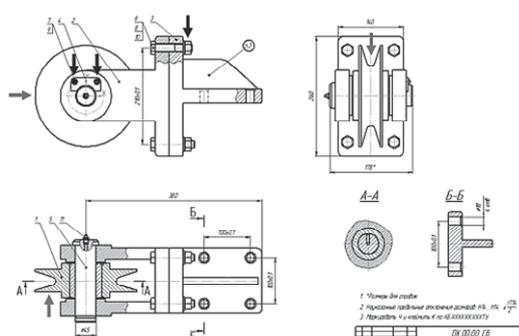
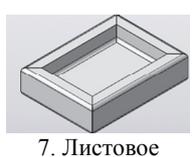
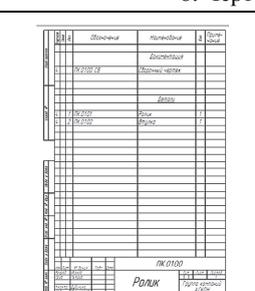
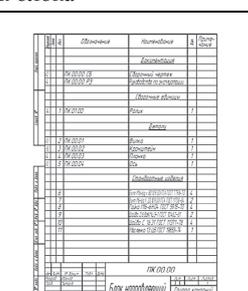
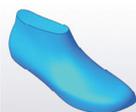
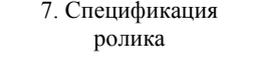
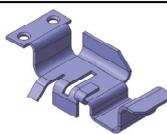
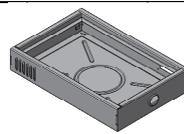
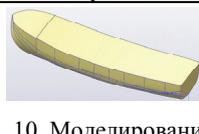
В последние годы в области автоматизированного проектирования конструкций произошел окончательный переход от двумерного конструирования к трехмерному (3D) моделированию. Компьютерная поддержка преподавания чертежно-графических дисциплин с использованием системы Компас-3D на кафедре прикладной механики и инженерной графике СПбГЭТУ «ЛЭТИ» осуществляется с 1995 г. Опыт внедрения Компас-3D показал, что легкость освоения студентами основных инструментов этой системы и массовое использование ими на личных компьютерах свободно распространяемых версий пакета позволяют существенно интенсифицировать учебный процесс. При этом возрастает значимость учебно-методического обеспечения, в котором оперативно отражаются возможности обновленных версий Компас-3D.

В основе разработанного практикума для обучения работе в системе Компас-3D лежит содержание учебных упражнений, представленных в [1], а также учебно-методического пособия, подготовленного к изданию авторами данной статьи. Разработанные учебные упражнения нацелены на ускоренное формирование умений по созданию 3D-моделей и конструкторской докумен-

тации (КД) изделий по этим моделям. Составляющими этих умений являются знание рациональных приемов построения 3D-моделей и правил ГОСТов по оформлению КД, а также устойчивые навыки использования инструментов 2D- и 3D-моделирования. Особенности выполнения заданий раскрываются в рисунках, на которых показана последовательность построения компонентов 3D-моделей и необходимых графических фрагментов. В [1]–[4] были рассмотрены приемы создания 3D-моделей в разных версиях Компас-3D.

1. Аналогом рассматриваемого практикума являются электронные учебные пособия, входящие в систему Компас. Выпущенные до 2011 г. версии Компас сопровождалась пособием Азбука Компас-3D. В пособии, которое входило в поставку Компас-3D LT V12, представлено 2 урока по освоению 3D-технологии. Система Компас версий 13 и выше дополнялась уже двумя пособиями: Азбука Компас-График и Азбука Компас-3D. Указанные Азбуки ориентированы в первую очередь на повышение квалификации специалистов, проектирующих изделия машиностроения и приборостроения, которые при оформлении КД не используют в полном объеме инструменты 2D- и 3D-моделирования.

Таблица 1

Азбука КОМПАС-График		Азбука КОМПАС-3D		
V13, V14, V15, V16		V10, V11	V13, V14, V16	V17, V18
 <p>1 Размеры для справок 3. Чертеж корпуса</p>		<p>1. Операция выдавливания, создание зеркального массива, добавление отверстий, скруглений и фасок, создание массива по concentricity окружности</p> 		
 <p>1 Размеры для справок 2. Создание рабочего чертежа вилки</p>		 <p>2. Операция вращения</p>		
 <p>1 Глубина сква от выключателя не более 0,3 мм 2 Резьба - заменить сталь 40Х11С1Г 434-3-71 3 НК, НК = 1/2 4. Чертеж шаблона</p>		 <p>3. Сборочная единица</p>	 <p>3. Моделирование поверхностей</p>	 <p>3. Операция по траектории</p>
 <p>5. Чертеж оси</p>		 <p>4. Сборка изделия</p>	 <p>4. Сборочная единица</p>	 <p>4. Операция по сечениям</p>
 <p>6. Чертеж ролика</p>		 <p>5. Создание компонента на месте</p>	 <p>5. Сборка изделия</p>	 <p>5, 6. Создание сборки и чертежа</p>
 <p>8. Чертеж блока</p>		 <p>10. Операция вращения</p>	 <p>11. Операция вращения</p>	 <p>7. Листовое моделирование</p>
 <p>7. Спецификация ролика</p>		 <p>11. Операция по траектории</p>	 <p>12. Операция по траектории</p>	 <p>8. Листовое моделирование</p>
 <p>9. Спецификация блока</p>		 <p>12. Операция по сечениям</p>	 <p>13. Операция по сечениям</p>	 <p>9. Моделирование поверхностей</p>
 <p>13. Листовая деталь</p>		 <p>13. Листовая деталь</p>	 <p>14. Листовая деталь</p>	 <p>10. Моделирование поверхностей</p>

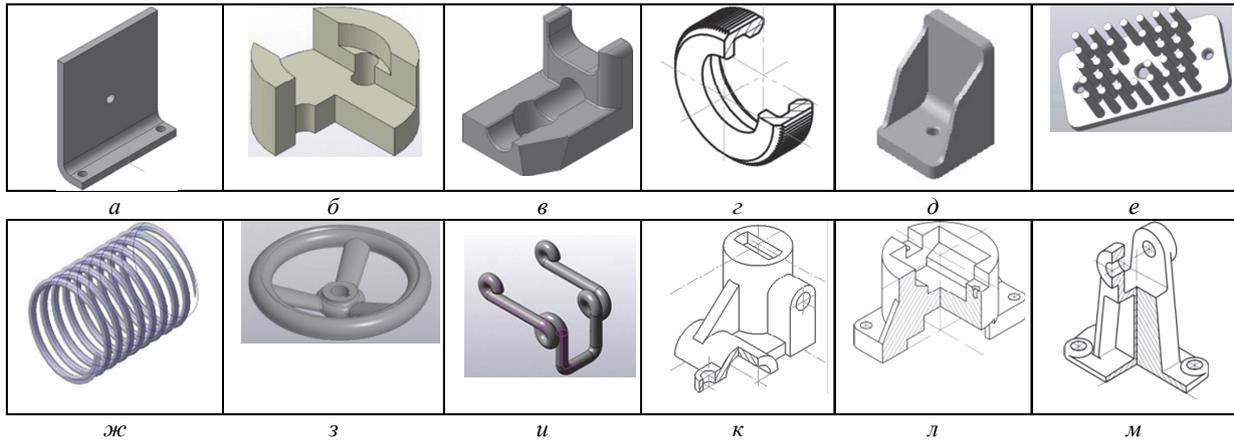


Рис. 1

Таблица 2

Название детали		Основные формообразующие операции				
1	Радиатор пластинчатый	Выдавливани- е	Вырезать выдавливани- ем			
2	Втулка					
3	Опора					
4	Кольцо резьбовое	Вращение				
5	Уголок	Выдавливани- е	Ребро жесткости	Зеркальный массив	Скругление	Отвер- стие
6	Радиатор штырьковый					
7	Пружина	Спираль цилиндри- ческая	Вырезать выдавливани- ем	По траектории	Фаска	
8	Пружина кручения					
9	Маховик	Вращение		По сечениям	Зеркальный массив	Скруг- ление

Предлагаемый практикум ориентирован на интенсификацию и расширенное освоение возможностей системы Компас-3D в рамках программ по дисциплинам «Компьютерная графика», ИКГ, а также программ учебных практик студентов и программ повышения квалификации специалистов.

Содержание табл. 1 позволяет оценить этапы и объемы приобретаемых знаний и умений в результате выполнения уроков Азбук и сравнить содержание Азбук и рассматриваемого практикума. В упражнениях практикума, в отличие от уроков Азбук, совмещено освоение 2D- и 3D-технологий, которое опирается на постепенное изучение правил ГОСТов по оформлению КД и на выполнение вариантов индивидуальных заданий, близких по содержанию упражнениям практикума.

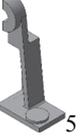
2. Содержание разработанного практикума условно можно разделить на 3 раздела. В разд. 1 рассмотрены этапы построения твердотельных моделей 12 деталей (рис. 1) без применения аппарата листового моделирования. Для деталей а, б, в, г показано как по моделям создаются ассоциативные чертежи. При синтезе моделей рекомен-

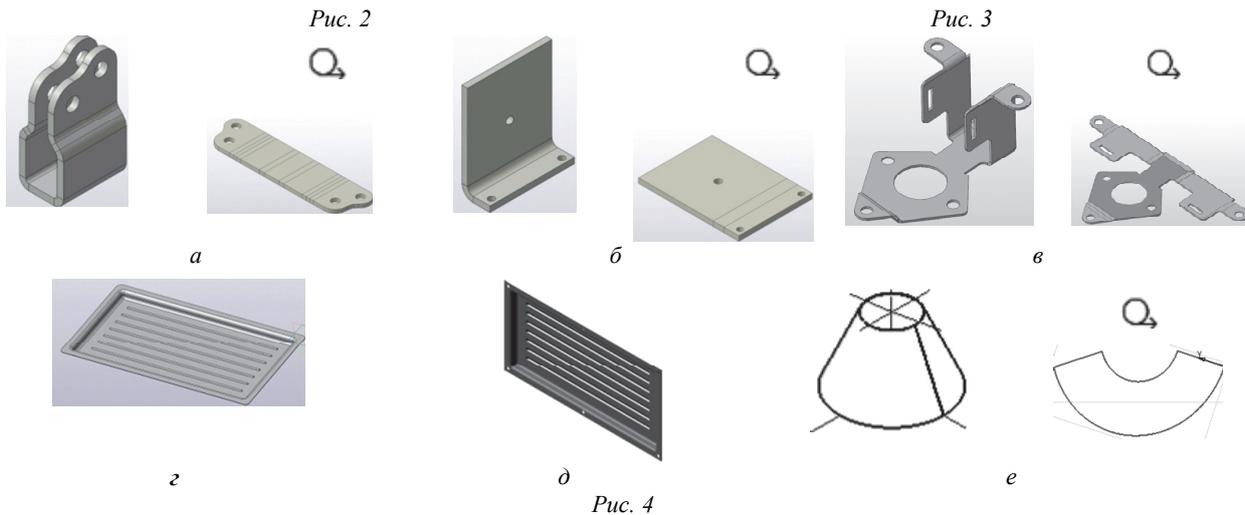
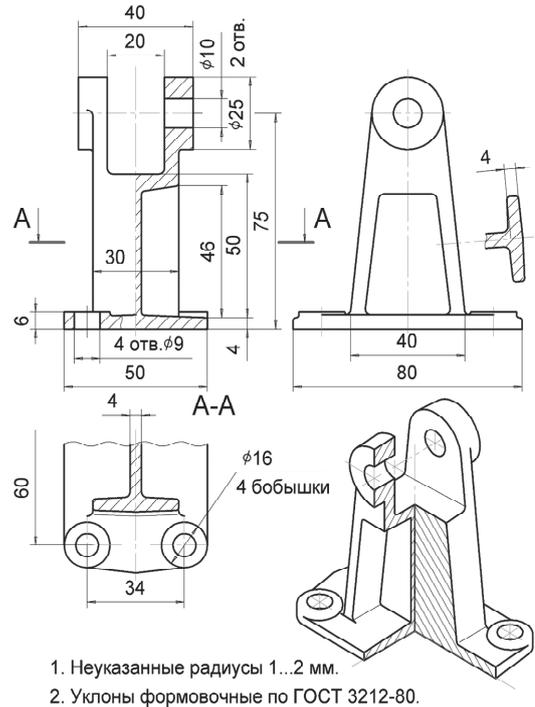
довано в эскизах наносить управляющие параметрические размеры.

Во введении разд. 1 отмечено, что при освоении методов твердотельного моделирования следует располагать деталь в пространстве по требованиям ГОСТ 2.305–2008 и ГОСТ 2.317–2011 по выбору главного изображения. Для оптимизации процедур трехмерного моделирования рекомендуется:

- рационально позиционировать модель относительно начала координат и плоскостей проекций;
- обоснованно выбирать плоскость проекций для создания первого эскиза модели;
- предварительно планировать формы эскизов с целью минимизации количества формообразующих операций, необходимых для синтеза модели.

Выполнение моделей первых девяти (а–и) деталей на рис. 1 по подробным инструкциям позволяет освоить практически все команды по созданию твердотельных моделей и ассоциативных чертежей деталей. В инструкциях отражены изменения интерфейса и терминологии в версиях Компас V17 и выше по сравнению с предыдущими. Поэтому отдельные рисунки и описания эта-

 Операция выдавливания 1	 Операция выдавливания 2	 Операция выдавливания 3
 Операция выдавливания 4; вырезать элемент выдавливания 1	 Операция выдавливания 5	 Вырезать элемент выдавливания 2
 Уклон; скругление	 Зеркальный массив 1	 Зеркальный массив 2



пов создания моделей отличаются от представленного в [1]. В табл. 2 показано, какие основные формообразующие операции были необходимы для создания моделей девяти деталей.

Для закрепления навыков использования 3D-операций предлагается выполнять модели трех деталей (рис. 1, к, л, м) без использования инструкций, но с опорой на показанную визуализацию отдельных этапов создания моделей. Параметрические эскизы создаются по размерам с представляемых графических фрагментов. Для детали с рис. 1, м этапы создания модели с указанием соответствующих команд показаны на рис. 2, а на рис. 3 – фрагмент с необходимыми размерами.

3. В разд. 2 практикума рассмотрены этапы построения 3D-моделей шести деталей, изготавливаем

ых из листового материала (рис. 4). Для деталей а, б, в представлены ассоциативные чертежи.

Детали, полученные вырезкой, изгибом и пробивкой отверстий и пазов на различных прессах, часто применяются в конструкциях машин и приборов. Изображения таких деталей на чертежах бывают достаточно сложны для восприятия их формы при изготовлении. Кроме того, трудно нанести все размеры, необходимые для изготовления заготовки и самой детали. Поэтому на чертежах кроме изображений иногда строят развертки, служащие для раскроя заготовок перед обработкой на прессах. Функционал листового моделирования, рассматриваемый в разд. 2 практикума, позволяет строить развертки деталей по 3D-

	Название сборки	Компоненты сборки	Конструкторская документация	
1	Соединение резьбовое	2 детали	Спецификация совмещена со сборочным чертежом на формате А4	
2	Пластина в оправе	3 детали		
3	Винт специальный (армированное изделие)	Одна деталь, материал 2-го компонента	Спецификация в полуавтоматическом режиме	Сборочный чертеж
4	Кабель	2 прочих изделия, материал 3-го компонента	Спецификация совмещена со сборочным чертежом на формате А4	
5	Опора	4 детали, 2 стандартных изделия	Спецификация как документ типа «чертеж»	Сборочный чертеж
6	Соединение болтовое Крана распределительного	3 детали, 12 стандартных изделий	Спецификация в «ручном» режиме	
7	Соединение шпилечное Крана распределительного	3 детали, 12 стандартных изделий	Спецификация в полуавтоматическом режиме	
8	Соединение шпонкой и установочным винтом	2 детали, 2 стандартных изделия		
9	Кран распределительный	7 деталей, 40 стандартных изделий	Спецификация в полуавтоматическом режиме	



Рис. 5

моделям. Над изображением развертки размещают знак  $\Omega$  (рис. 4).

4. В разд. 3 практикума показаны примеры выполнения 3D-моделей и КД сборочных единиц. В табл. 3 указано количество компонентов для каждой сборочной единицы, а также состав конструкторской документации, выполняемой для перечисленных сборок.

Содержание рис. 5 и табл. 3 позволяет оценить этапы и объемы приобретаемых знаний и умений по созданию 3D-моделей и КД сборочных единиц в результате выполнения или рассмотрения упражнений практикума. Варианты индивидуальных заданий, выполняемых студентами, близки по содержанию упражнениям практикума. Слушателям курсов повышения квалификации для создания сборок 6–9 табл. 3 предлагается использовать готовые модели деталей, входящих в сборку.

Сравнение содержания Азбук (см. табл. 1) и рассматриваемого практикума показывает, что в практикуме отсутствуют упражнения по использованию инструментов поверхностного моделирования. Это можно объяснить, в частности, недостаточными выделяемыми временными ресурсами на изучение ИКГ на большинстве факультетов СПбГЭТУ «ЛЭТИ», а также тем, что в рамках изучения профессиональных дисциплин необхо-

димость создания поверхностных моделей изделий еще не востребована.

5. В разд. 4 представлены варианты выполнения тестовых заданий по двум темам. В задании по теме «Построение твердотельных моделей деталей» на основе анализа формы моделей требуется указать минимальное количество формообразующих операций, необходимых для создания показанных моделей. В заданиях по теме «Моделирование двухкомпонентных сборок» необходимо из представленного набора компонентов выбрать нужные, чтобы при использовании операции **сопряжение компонентов / совпадение** построить 4 сборки.

6. По результатам разработки и использования в учебном процессе упражнений практикума и уроков Азбук системы Компас можно сделать следующие выводы:

- Целесообразно, чтобы для выполнения большинства индивидуальных заданий можно было пользоваться информацией из соответствующих упражнений практикума.

- Последовательность представления индивидуальных заданий и сопровождающих упражнений практикума должна соответствовать принципу «От простого к сложному». Последовательность представления уроков Азбук (см. табл. 1) указанному принципу противоречит.

• Целесообразно не разделять, а совмещать в рамках отдельных заданий изучение 2D- и 3D-технологий создания моделей и КД изделий.

• На курсах повышения квалификации специалистов и в рамках учебных практик студентов можно рекомендовать после выполнения отдель-

ных упражнений практикума обращаться к вызывающим интерес и профессиональную заинтересованность урокам Азбук системы Компас.

Примеры выполнения тестовых заданий следует дополнять аналогичными вариантами заданий для самостоятельного решения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Большаков В. П., Бочков А. Л., Лячек Ю. Т. Твердотельное моделирование деталей в CAD-системах: AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor. СПб.: Питер, 2015. 480 с.

2. Кидрук М. И. Видеосоучитель. КОМПАС-3D (+DVD). СПб.: Питер, 2009. 288 с.

3. Потемкин А. Е. Твердотельное моделирование в системе КОМПАС-3D. СПб.: БХВ-Петербург, 2004. 512 с.

4. Талалай П. Г. КОМПАС-3D V11 на примерах. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 624 с.

V. P. Bolshakov, A. V. Chagina  
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

### COMPUTER PRACTICUM FOR TRAINING WORK IN THE KOMPAS-3D SYSTEM

*In the study of engineering computer graphics CAD-systems (Computer Aided Design) are used and also methods for the preparation of design documentation of products based on 3D-modeling of these products. The effectiveness of mastering the basics of 3D modeling can be enhanced by using electronic workshops or «Azbuk» for training. They allow the novice user of a 2D or 3D editor to perform the necessary actions using the information from the help window. An overview of the content of the «Azbuk» included in the various versions of the Kompas-3D system is presented. Section 1 of the workshop discusses the techniques for creating 12 3D-models and associative drawings of parts. Section 2 in six examples shows the techniques for creating models of parts and assembly units from sheet material. In section 3 of the workshop, the stages of creating 3D-models and design documentation of assembly units are considered. Section 4 presents examples of two test tasks.*

**Solid modeling, engineering and computer graphics, Kompas-3D**

УДК 681.324(03)

В. А. Дубенецкий, А. Г. Кузнецов, В. В. Цехановский  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

### Технология формирования проектной модели классов информационной системы

*Рассматривается технология проектирования информационных систем, основанная на использовании моделей, допускающих исполнение. В качестве базового языка для описания компонентов предметной области, шаблонов используется язык UML. Показано, что расширение UML посредством введения новых стереотипов и правил работы с ними позволяет обеспечить необходимые свойства описания и преобразования объектных моделей информационных систем. Предлагаются приемы преобразования объектной модели информационной системы этапа анализа для получения объектной модели этапа проектирования, обладающей высоким уровнем абстрагирования, расширяющей границы повторного использования. Приводится пример построения объектной модели высокого уровня абстрагирования последовательным применением правил преобразования исходной модели этапа анализа. За счет применения некоторых паттернов и предложенных правил преобразования модель для работы с тарифами на грузоперевозки, построенная на основе конкретного документа, преобразуется в модель для работы с тарифами на услуги.*

**Информационная система, объектная модель, модель классов, этапы проектирования, преобразования объектной модели**

Создание, внедрение и сопровождение информационных систем (ИС), используемых в

управлении деятельностью организаций, является трудоемким и затратным процессом. Неправиль-