



УДК 681.3.06(07)

*Большаков Владимир Павлович,  
Тозик Вячеслав Трофимович,  
Чагина Анна Владимировна*

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УНИВЕРСИТЕТСКОМ КУРСЕ «ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

### Аннотация

Рассматриваются задачи повышения качества инженерной подготовки при освоении геометрических и графических общепрофессиональных дисциплин в условиях внедрения Федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения.

**Ключевые слова:** инженерная и компьютерная графика, твердотельное моделирование, информационные технологии, тестирование умений геометрического моделирования, система КОМПАС-3.

### 1. ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ В ОБЛАСТИ ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ГРАФИКИ

Руководящие материалы «Концепция, структура и содержание общепрофессиональных дисциплин для технических направлений и специальностей» были одобрены Президиумом координационного совета учебно-методических объединений и научно-методических советов Минобразования России в конце 1998 г. В ГОС ВПО второго поколения было определено ядро из шести обязательных общепрофессиональных макродисциплин, одна из которых имела название «Геометрия и графика». Эту макродисциплину образовывали следующие ОПД:

- начертательная геометрия;
- инженерная графика;
- компьютерная графика;
- вычислительная геометрия;

- проекционная геометрия;
- геометрическое моделирование;
- инженерный дизайн.

Содержание каждой из дисциплин определялось набором дидактических единиц, соответствующим крупным разделам дисциплины. Минимум содержания образовательных программы ОПД определялся наличием следующих дидактических единиц:

*Начертательная геометрия* (НГ): введение; предмет начертательной геометрии; задание точки, прямой и многогранников на комплексном чертеже Монжа; позиционные и метрические задачи; способы преобразования проекций; многогранники; кривые линии; поверхности; поверхности вращения; линейные, винтовые и циклические поверхности; обобщенные позиционные задачи; касательные линии и плоскости к поверхности; аксонометрические проекции.

*Инженерная графика* (ИГ): конструкторская документация; оформление чертежей; геометрические основы; элементы геомет-

© Большаков В.П., Тозик В.Т.,  
Чагина А.В., 2011

рии деталей; изображения, надписи, обозначения; изображения и обозначения элементов деталей; изображение и обозначение резьбы; рабочие чертежи деталей; изображения сборочных единиц; сборочный чертёж изделий.

*Геометрическое моделирование:* геометрические основы моделирования; параметризация геометрических условий и свойств объекта моделирования; внешняя и внутренняя параметризация; параметрический принцип конструирования поверхностей и многообразий; параметрическая оценка объекта моделирования; дифференциальные характеристики объекта; геометрическое моделирование инженерных объектов, процессов, экспериментов; вычислительная основа моделирования; методы формирования одномерных и двумерных объектов; каркасно-параметрическое моделирование; формирование моделей геометрических тел; визуализация геометрических моделей; методы и алгоритмы решения прикладных задач.

Общепрофессиональные дисциплины с указанным выше наполнением дидактическими единицами можно определить, как типовые модули. В указанных выше руководствах материалах обращается внимание на возможность вариативного построения дисциплин ядра, когда макродисциплина формируется выбором дисциплин в соответствии с потребностями направлений. С другой стороны, одним из принципов формирования цикла ОПД является минимизация количества ОПД за счет формирования дисциплин, отражающих теоретические основы или прикладные аспекты соответствующей области знаний. В результате в учебных планах ведущих технических университетов появилась дисциплина «Инженерная и компьютерная графика» – по существу макродисциплина, включающая в свой состав несколько типовых модулей.

Однако, при переходе на ФГОС третьего поколения, в условиях уменьшения количества времени на освоение дисциплины, некоторые реформаторы посчитали, что НГ устарела, а методы 3D-моделирования вполне могут ее заменить. В дискуссии на 2-ой Международной конференции «Проблемы

качества графической подготовки – 2011» (<http://dgng.pstu.ru/conf2011/papers/83/>), было показано, что без НГ образовательное пространство РФ будет напоминать лоскутное одеяло. Одни специалисты не будут понимать других, поскольку не будут владеть коммуникативными компетенциями. Проекционное черчение, опирающееся на теоретическую базу НГ, лежит в основе не только процесса конструирования, но и последующих этапов и процессов жизненного цикла изделия, позволяя передавать идеи конструктора внутри КБ и от КБ к производственным и эксплуатационным предприятиям.

В данной работе мы попытались предложить концептуальный подход к решению задачи повышения качества инженерной подготовки при освоении геометрических и графических общепрофессиональных дисциплин в условиях внедрения Федеральных государственных образовательных стандартов третьего поколения.

## 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ОСНОВА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Инженерная и компьютерная графика является одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений технических знаний. Это нашло отражение в достаточно успешном внедрении в последние годы ИТ в преподавание ИКГ. Этой успешности во многом способствовало продвижение разработчиками программных продуктов своих некоммерческих учебных версий трехмерных (3D) систем автоматизированного проектирования (САПР) в сферу образования.

Разработанная в университетах СПбГЭТУ и НИУИТМО информационно-образовательная среда (ИОС), обеспечивает формирование знаний, умений и навыков по подготовке чертежно-графической документации и геометрическому моделированию. Основой этой ИОС является программное и информационное обеспечение системы КОМПАС-3D LT [1–3]. Определяющий фактор выбора указанной системы в качестве базового пакета для решения учебных задач заключается в том, что компания АСКОН

(разработчик и поставщик системы КОМПАС) предлагает учебным заведениям свободно распространяемые модификации своих графических редакторов (<http://support.ascon.ru>).

База данных учебного назначения включает файлы с исходными данными для выполнения студентами индивидуальных заданий по курсам «Инженерная и компьютерная графика», «Инженерная графика» в компьютерном классе, на домашнем компьютере, а также с олимпиадными заданиями. К настоящему времени разработаны задания более, чем по 30 темам. Исходные данные подготовлены так, чтобы продуктивные графические построения на компьютере были ориентированы на заданные темы. При этом условием быстрого успешного компьютерного выполнения заданий по большинству тем является обязательная предварительная подготовка, результатами которой могут быть эскизы с готовыми решениями.

Каталог графической базы данных учебного назначения. Решение задач автоматизированного черчения (<http://old.eltech.ru/misc/graph/index.html>). Первая версия этого каталога была разработана в 1998 г. [4]. В настоящее время по указанному адресу размещено четвертое издание каталога, в котором содержатся примеры представления исходных данных и выполнения 33 заданий по различным темам. Приведенные в каталоге формулировки и примеры решений заданий по различным темам раскрывают форму

представления исходных и справочных данных на экране видеомонитора и позволяют оценить трудоемкость необходимых для получения решений графических построений. В последнем издании для 23 тем раскрыты этапы построения трехмерных моделей деталей и сборок. Для заданий по созданию ассоциативных чертежей [2, 3, 5] показаны примеры построения соответствующих параметрических эскизов. В каталог также включены примеры карт тестирования по нескольким темам, глоссарий, указатель полезных ссылок.

Учебно-методический комплекс по начертательной геометрии включает не только электронный учебник по НГ, но и тестирующую подсистему и задачник (<http://kikg.ifmo.ru/index.php?page=learning>). Учебник содержит сведения по основам начертательной геометрии и включает, кроме статических изображений, большое количество анимированных чертежей, иллюстрирующих алгоритмы НГ.

Электронный учебник по инженерной графике предоставляет возможность не только освоить теоретический материал, но и оперативно обращаться к необходимым учебным и справочным материалам (<http://kikg.ifmo.ru/index.php?page=learning>) [6].

Электронные практикумы по трехмерному моделированию содержат описания создания в КОМПАС-3D трехмерных моделей 9 деталей [5], показанных на рис. 1. Практикумы реализованы, как «HELP-сис-

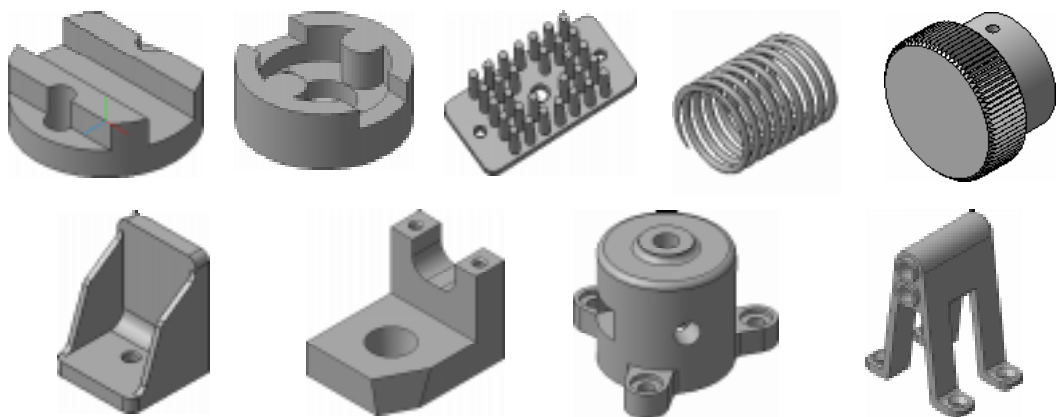


Рис. 1. Примеры моделей, создаваемых при освоении 3D-редакторов

темы» и позволяют начинающему пользователю трехмерного редактора осуществлять необходимые построения, пользуясь информацией из окна, расположенного в левой части экрана монитора. Разработка для КОМПАС-3D V 5.11 по итогам первого Всероссийского конкурса на лучшую учебно-методическую разработку по применению САПР КОМПАС в 2004 г. была отмечена специальным дипломом «За разработку электронных учебных пособий по САПР КОМПАС».

Разработанные электронные практикумы и интерактивное учебное пособие «Азбука КОМПАС», входящее в состав КОМПАС-3D, показали эффективность их применения на курсах повышения квалификации специалистов научно-производственных объединений. Студенты также активно их используют при самостоятельной работе, при необходимости обращаясь к литературе [1–3, 5], в которой также поэтапно описана технология создания 3D-моделей.

Сайт «Инженерная и компьютерная графика. Олимпиады» с 2000 г. поддерживает подготовку и проведение ежегодных городских и региональных олимпиад студентов вузов Санкт-Петербурга по инженерной и компьютерной графике, а также содержит протоколы с оценками результатов выступления участников (<http://old.eltech.ru/education/olimpiad.htm>).

Сайт «Дистанционное чертежно-графическое образование школьников» (<http://kikg.ifmo.ru/dgosh>) создан на основе рассмотренных выше разработок, как результат выполнения на кафедре инженерной и компьютерной графики НИУ ИТМО выпускной квалификационной работы.

### 3. ИКГ В УСЛОВИЯХ ФГОС ТРЕТЬЕГО ПОКОЛЕНИЯ

В структуре основной образовательной программы каждого Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) нового поколения обозначено, что обучающийся должен знать, уметь, чем владеть. Указано, какими компетенциями должен обладать выпускник. Очевидна связь

между названиями дисциплин и соответствующими компетенциями. В результате рассмотрения ФГОС по 55 техническим направлениям (коды с 13100 по 200700) выявлено следующее распределение названий ОПД геометрической и графической направленности:

- начертательная геометрия (и инженерная графика) – 18 направлений;
- инженерная графика – 13 направлений;
- инженерная и компьютерная графика – 24 направления.

Одним из частных результатов введения федеральных государственных стандартов (ФГОС) нового поколения стало планируемое очередное сокращение аудиторных часов по дисциплине ИКГ. Естественным образом встал вопрос о том, какие разделы сокращать, а какие сохранять и совершенствовать с учетом современных подходов к автоматизированному конструированию, когда конструкторская документация изделий создается на основе трехмерного моделирования этих изделий.

Табл. 1 дает интегральную оценку того, что обучающийся должен знать, уметь, чем владеть в результате освоения курса ИКГ. Анализ содержания ФГОСов показывает, что элементы НГ обозначены только в разделе «знать» для 6 из 25 направлений, для которых в базовую (общеобразовательную) часть стандартов включена дисциплина ИКГ. Для этих шести направлений на изучение ИКГ отводится 51 час аудиторных занятий.

В известных учебниках НГ определяется, как один из разделов геометрии, в котором пространственные фигуры, представляющие собой совокупность точек, линий, поверхностей, изучаются по их проекционным изображениям. В этих учебниках справедливо отмечалось, что НГ по своему содержанию занимает особое положение среди других наук: она является лучшим средством развития у человека пространственного мышления, без которого немислимо никакое инженерное творчество. Вместе с тем стоит отметить, что трехмерный (3D) редактор САПР стал не только мощным инструментом геометрического моделирования и подготовки конструкторских документов,

Табл. 1

<b>В результате изучения дисциплины ИКГ обучающийся должен:</b>		
<b>знать:</b>	<b>уметь:</b>	<b>владеть:</b>
<p>– элементы начертательной геометрии (НГ) и инженерной графики (ИГ), геометрическое моделирование;</p> <p>– методы и средства компьютерной графики;</p> <p>– правила оформления чертежей, конструкторской документации;</p> <p>– работу с прикладными пакетами и графическими редакторами инженерной графики;</p> <p>– основы инженерной графики, задачи геометрического моделирования, форматы хранения графической информации;</p> <p>– конструкторскую документацию: оформление чертежей, элементы геометрии деталей, изображение проекции деталей, сборочный чертеж изделий;</p> <p>– представление видеoinформации и ее машинную генерацию, графические языки;</p> <p>– современные стандарты компьютерной графики;</p> <p>– графические диалоговые системы, применение интерактивных графических систем;</p> <p>– конструкторскую документацию, элементы геометрического моделирования, инструментальные и программные средства компьютерной инженерной графики.</p>	<p>– представлять технические решения с использованием средств компьютерной графики и геометрического моделирования;</p> <p>– применять интерактивные графические системы для выполнения и редактирования изображений и чертежей;</p> <p>– разрабатывать основные конструкторские документы, соответствующие требованиям стандартов и регламентов;</p> <p>– разрабатывать и оформлять проектно-конструкторскую и технологическую документацию для изделий приборостроительной отрасли;</p> <p>– читать и выполнять чертежи деталей и элементов конструкций;</p> <p>– применять действующие стандарты, положения и инструкции по оформлению технической документации; использовать современные средства машинной графики;</p> <p>– оформлять чертежи и конструкторско-технологическую документацию приборов и систем с использованием ПЭВМ,</p> <p>– использовать программные средства компьютерной графики, разрабатывать и оформлять конструкторскую документацию на типовые объекты;</p> <p>– строить аксонометрические проекции деталей, выполнять эскизы деталей машин, сборочные чертежи изделий, реализовывать аппаратно-программные модули графических систем.</p>	<p>– современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации;</p> <p>– методами и технологиями автоматизированного проектирования конструкторской документации (КД) и изделий;</p> <p>– методами и средствами разработки и оформления КД техникой инженерной и компьютерной графики (ввод, вывод, отображение, преобразование и редактирование графических объектов на компьютере);</p> <p>– методами решения проектно конструкторских и технологических задач с использованием современных программных продуктов;</p> <p>– методами компьютерной графики;</p> <p>– навыками разработки и оформления эскизов деталей машин, сборочного чертежа изделия;</p> <p>– спецификацией с использованием методов машинной графики;</p> <p>– навыками изображения пространственных объектов на плоских чертежах;</p> <p>– методами применения прикладных пакетов и графических редакторов инженерной графики;</p> <p>– методами визуализации и компьютерного представления трехмерных объектов,</p> <p>– методами решения конструкторских задач с использованием современных программных продуктов;</p> <p>– приемами графики при разработке новых и модернизации существующих конструкций;</p> <p>– стандартными пакетами программ компьютерной графики и моделирования.</p>

но и уникальным современным средством для развития пространственного мышления.

Совершенно очевидно, что при объеме 51 (54) ч. аудиторных занятий для курса ИКГ, включение в курс элементов НГ неизбежно приведет к поверхностному изучению всех разделов дисциплины. При объеме 51 (54) ч. аудиторных занятий представляется разумным следующее распределение: 34 (36) ч. – практические занятия в компьютерном классе; 17 (18) ч. – практические занятия в аудитории.

В ФГОСах отмечено, что реализация компетентного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. Указано, что высшее учебное заведение обязано обеспечивать гарантию качества подготовки, в том числе путем разработки объективных процедур оценки уровня знаний и умений обучающихся, компетенций выпускников.

#### 4. КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДДЕРЖКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Трудоемкость освоения образовательной программы дисциплины ИКГ в Федеральных государственных образовательных стандартах нового поколения определена в объеме трех-четырёх зачетных единиц. Одна зачетная единица соответствует 36 академическим часам. На самостоятельную работу студентов отводится от 51 до 93 часов. Для информационной поддержки внеаудиторной работы требовалось создать базу данных по выполнению домашних заданий и курсового проекта.

На рис. 2 показаны примеры оформления двух листов начального домашнего задания (ДЗ), которое выполняется в течение первых четырех недель обучения и оформляется на трех листах формата А4 карандашом или с использованием графического редактора.

Второе ДЗ выполняется после приобретения студентами на практических занятиях начальных навыков по трехмерному мо-

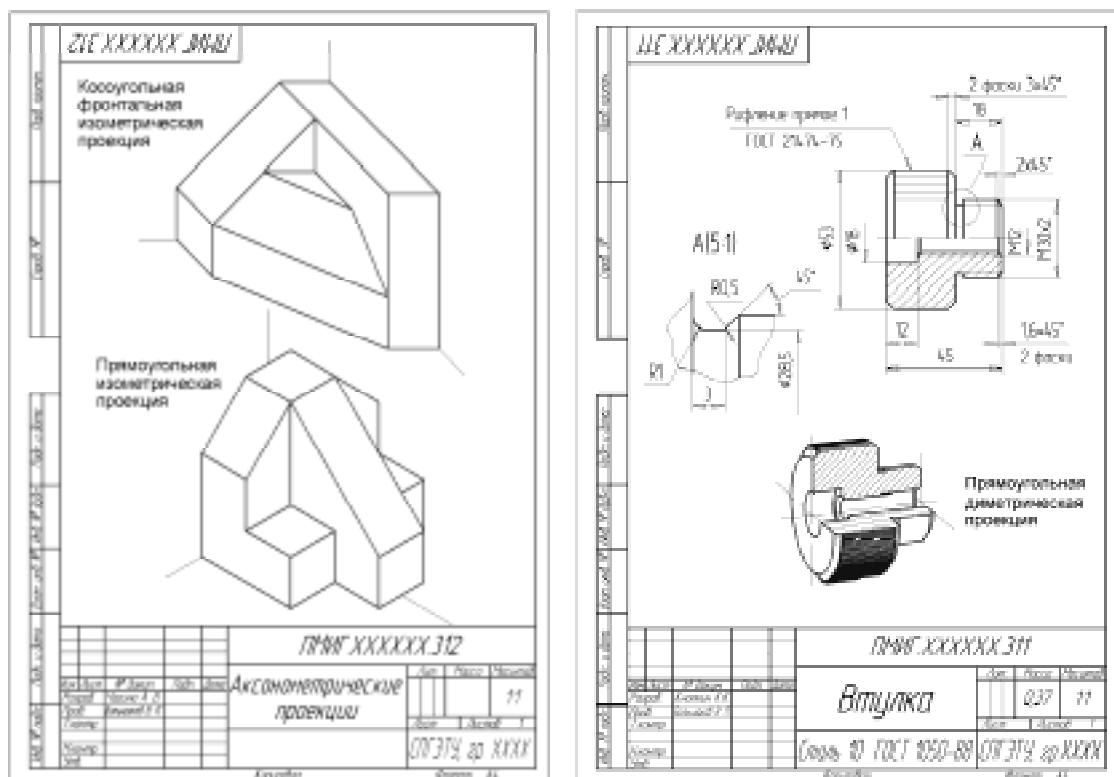


Рис. 2. Примеры оформления листов первого домашнего задания

делированию. В этом ДЗ по графическим данным своего варианта необходимо создать 3D-модели и ассоциативные чертежи 4-х деталей. В табл. 2 показан пример представления исходных данных для одного из вариантов.

Наибольшее количество ошибок и недочетов возникает при нанесении размеров на чертежах и при выборе оптимального числа формообразующих операций при создании 3D-моделей. Поэтому при выполнении задач 1, 2, 3 предлагается учитывать представленные данные по нанесению размеров в видах, а при выполнении задачи 3 следует также выполнять рекомендации по содержанию дерева модели.

## 5. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕСТИРОВАНИЯ

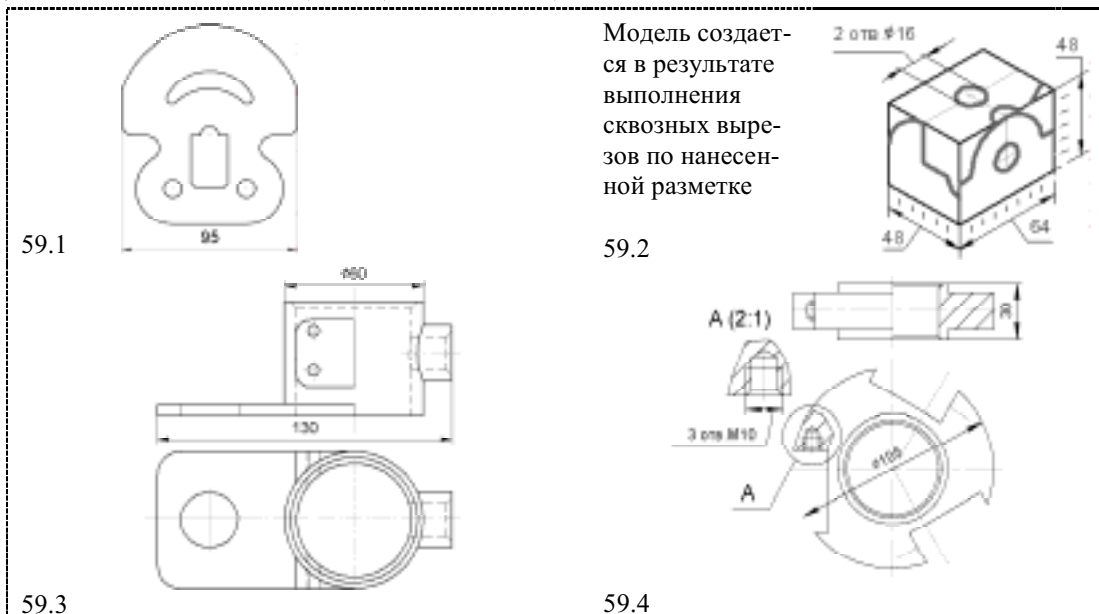
Чертежи являются одним из основных объектов изучения в курсе ИКГ. В разработанных тестах знаний, умений и навыков [7] реализовано рациональное использование графики для повышения эффективности и информативности тестирования:

– знания правил изображений предметов на чертежах (ГОСТ 2.305–68) и аксонометрических проекций (ГОСТ 2.317–69);

– знания правил нанесения размеров (ГОСТ 2.307–68). Исходные данные для тестирования включают изображение плоской детали без размеров и таблицу с незаполненной нижней строкой;

Табл. 2

ВАРИАНТ 59		Виды						Элементы дерева модели
		Главный	Спереди	Сверху	Слева	Сзади	Снизу	
Данные по нанесению размеров в видах								Операция вращения: 1
Количество размеров	Горизонтальные	3	2	1	3	6	3	Операция выдавливания: 1
	Вертикальные	2	2	1	–	7	1	Операция выдавливания: 2
	Диаметральные	1	1	–	–	–	–	Операция вращения: 2
	Радиальные	8	–	1	2	2	1	Вырезать элемент выдавливания: 1
	Фасок	1	–	–	–	1	–	Вырезать элемент выдавливания: 2
	Прочие	1	–	–	1	–	–	Вырезать элемент выдавливания: 3
Задание		59.1	59.2		59.3			



- навыков правильного восприятия геометрии и формы пространственных объектов;
- умений по обработке графической информации, связанных со способностями к анализу и синтезу формы пространственных объектов;
- начальных умений по твердотельному моделированию.

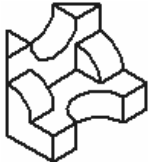

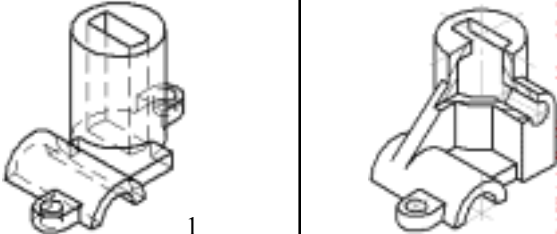
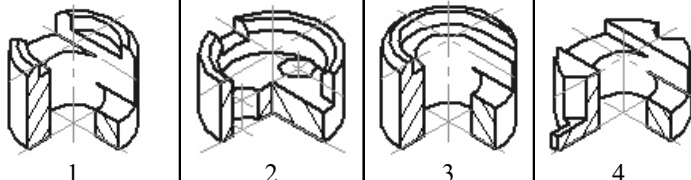
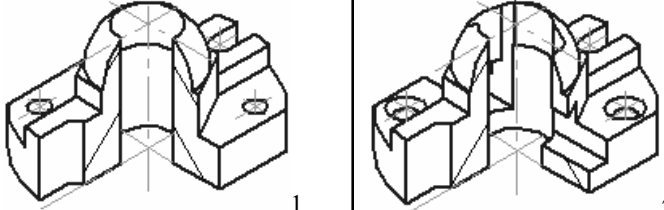
Наибольший интерес, несмотря на возникающие затруднения, у студентов вызывает тестирование начальных умений по твердотельному моделированию [8]. Варианты карт тестирования представлены в работах [2, 3, 5]. В табл. 3 представлен один из вариантов карты тестирования по теме «Построение трехмерных моделей деталей».

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация на практике рассмотренной компьютерной поддержки курса ИКГ позволила обеспечить многолетнее лидерство команд студентов СПбГЭТУ («ЛЭТИ») и НИУ ИТМО («ЛИТМО») на региональных и городских олимпиадах студентов по инженерной и компьютерной графике. На основании накопленного опыта отметим наиболее значимые аспекты внедрения информационных технологий, обеспечивающие повышение уровня геометрической, графической и компьютерной подготовки студентов [1, 2, 6, 9]:

- интенсификация обучения;
- упорядоченность изучения материала;

Табл. 3

Тест. Построение твердотельных моделей деталей	Вариант 31
	31.1. Укажите минимальное количество формообразующих операций, необходимых для создания модели показанной детали
	31.2. Укажите номера деталей, для создания трехмерных моделей которых необходимо и достаточно двух формообразующих операций
	31.3. Какое минимальное количество формообразующих операций необходимо для преобразования модели 1 в модель 2? Операцию выреза четверти не учитывать
	31.4. Укажите номера деталей, для создания моделей которых необходимо более двух формообразующих операций. Операцию Сечение по эскизу не учитывать
	31.5. Укажите минимальное количество формообразующих операций, необходимых для создания трехмерной модели детали 1 и детали 2. Операцию Сечение по эскизу не учитывать



- индивидуализация обучения;
- реализация элементов дистанционного обучения;
- интенсификация развития образного мышления;
- внедрение деятельностного подхода в инженерное образование;
- доступность учебно-методических ресурсов, располагаемых на серверах университетов.

Для некоторых направлений подготовки бакалавров планируется 68 (72) ч. аудиторных занятий, причем не на первом курсе. При таком объеме в рамках твердотельного моделирования реально осваивать и основы листового моделирования, а также поверхностное 3D-моделирование. Целесообразно знакомство, помимо КОМПАС-3D, с другими САД-системами и вопросами обмена графическими данными между системами [5].

## Литература

1. Большаков В. П. Инженерная и компьютерная графика. Практикум. СПб.: БХВ-Петербург, 2004.
2. Большаков В. П. Создание трёхмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС-3D. Практикум. СПб.: БХВ-Петербург, 2010.
3. Большаков В. П. КОМПАС-3D для студентов и школьников. Черчение, информатика, геометрия. СПб.: БХВ-Петербург, 2010.
4. Большаков В.П., Кобычев П.Г. WEB-сайт с каталогом графической базы данных учебного назначения // Тезисы докладов Международной конференции «Интернет, общество, личность» (ИОЛ-99), 1–5 февраля 1999. Институт «Открытое общество». СПб, 1999. С. 142.
5. Большаков В. П., Бочков А. Л., Сергеев А. А. 3-D моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex: Учебный курс (+DVD). СПб.: Питер, 2011.
6. Елкин В.В., Тозик В.Т. Инженерная графика / Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / 2-е изд., стер. М: Академия, 2009.
7. Большаков В. П., Чагина А. В. Повышение эффективности тестов на соответствие изображениям // Изв.СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. № 2. С. 67–72.
8. Большаков В. П., Чагина А. В. Тестирование начальных умений геометрического твердотельного моделирования // Компьютерные инструменты в школе, 2011. № 1. С. 19–25.
9. Тозик В.Т. Курс начертательной геометрии. Учебное пособие. СПб.: СПбГУИТМО, 2010.

## Abstract

Tasks to improve the quality of student's engineering education when study of general geometric and graphic disciplines are considered. This is going on in the context of federal state educational standards of the third generation.

**Keywords:** engineering and computer graphics, solid modeling, information technology, testing skills geometric modeling, system КОМПАС-3D.

*Большаков Владимир Павлович,  
кандидат технических наук,  
доцент СПбГЭТУ,  
v\_p\_b@mail.ru,*

*Тозик Вячеслав Трофимович,  
кандидат технических наук,  
заведующий кафедрой инженерной  
компьютерной графики НИУ ИТМО,  
tozik@mail.ifmo.ru,*

*Чагина Анна Владимировна,  
ассистент НИУ ИТМО,  
annazoja@mail.ru.*

© Наши авторы, 2011.  
Our authors, 2011.