

*Большаков Владимир Павлович,  
Чагина Анна Владимировна*

## **ТЕСТИРОВАНИЕ НАЧАЛЬНЫХ УМЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Необходимость развития пространственного мышления для формирования творческой личности – общепризнанный факт. Пространственное мышление в своей наиболее развитой форме оперирует образами, содержанием которых является воспроизведение и преобразование пространственных свойств и отношений объектов: их формы, величины, взаимного положения частей [1]. В основе решения задач геометрического моделирования лежит также оперирование образами. В [2] показано, что внести лепту в развитие образного мышления учащихся может включение в школьные курсы геометрии, информатики и черчения решение задач геометрического моделирования на базе использования системы КОМПАС-3D LT.

В настоящей статье рассматривается возможность тестирования одной из составляющих образного мышления – начальных умений геометрического моделирования.

### **КОМПАС-3D LT – ДОСТУПНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Группа компаний АСКОН – ведущий российский разработчик и интегратор

решений в области систем автоматизированного проектирования (САПР). В 2008 году в рамках национального проекта «Образование» АСКОН оснащает все школы России учебной САПР КОМПАС-3D LT. Учебная система КОМПАС-3D LT предназначена, в основном, для твердотельного моделирования деталей и выпуска конструкторской документации [2–4]. Она распространяется свободно, не имеет ограничений по времени работы и количеству тиражируемых копий и может использоваться на домашних компьютерах.

Чтобы было понятно, как решать в системе КОМПАС-3D LT простейшие задачи геометрического моделирования, несколько общих фраз о терминологии и о самой системе.

Твёрдотельная модель – трехмерная электронная геометрическая модель, представляющая форму изделия как результат композиции заданного множества геометрических элементов с применением операций булевой алгебры к этим элементам [5]. Геометрический элемент – линия, точка, плоскость, поверхность, геометрическая фигура и геометрическое тело [5].

В каждом файле создаваемой твёрдотельной модели детали существует система координат и проекционные плоскости, определяемые этой системой. Плоскости показываются на экране в виде прямоу-

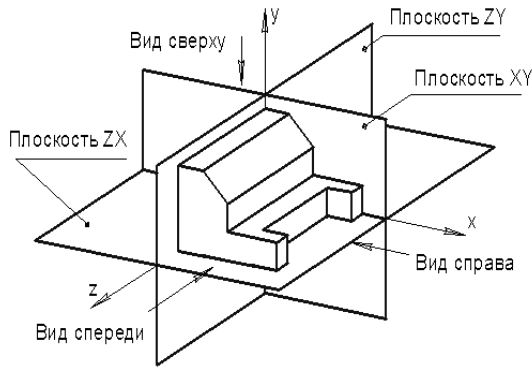


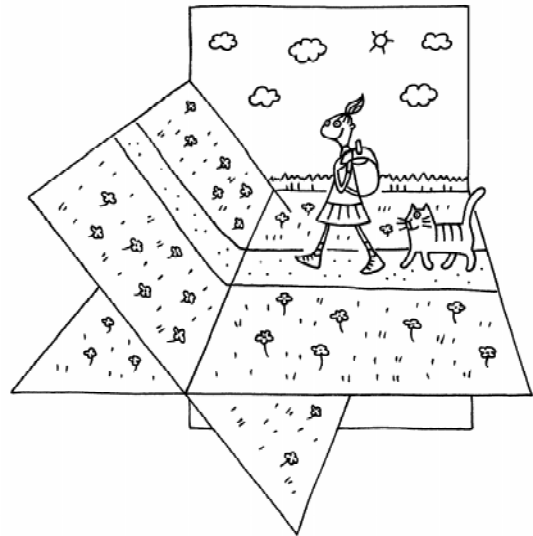
Рис. 1

гольников, лежащих в этих плоскостях; такое отображение позволяет увидеть расположение плоскости в пространстве.

В системе КОМПАС-3D при выборе ориентации координатных осей и плоскостей проекций **Изометрия XYZ** оси и плоскости располагаются, как показано на рис. 1

В общем случае этапы создания твёрдотельной модели иллюстрирует рис. 2.

Создание твёрдотельной модели начинается с создания эскиза – плоской фигуры, на основе которой образуется объёмное тело. Эскиз может располагаться в одной из ортогональных координатных плоскостей, на плоской грани моделируемого объекта или во вспомогательной



*Плоскости показываются на экране в виде прямоугольников, лежащих в этих плоскостях...*

плоскости, положение которой задано пользователем. Эскиз изображается на плоскости стандартными средствами двумерного редактора.

Объёмные элементы образуются в результате операций – формообразующих перемещений эскизов. Результат выполнения первой формообразующей операции называют основанием детали. В основе операций имеем показанные на рис. 3 основные способы создания твёрдотельных объектов.

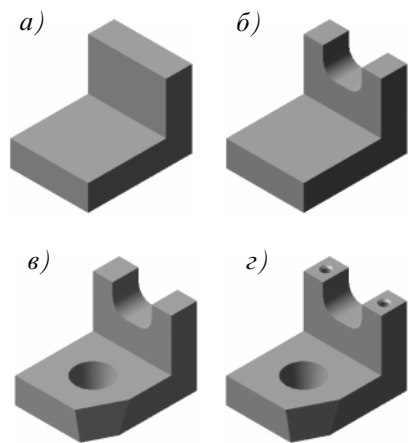


Рис. 2:

- а) формирование основания,
- б, в) удаление материала из основания,
- г) создание дополнительных конструктивных элементов

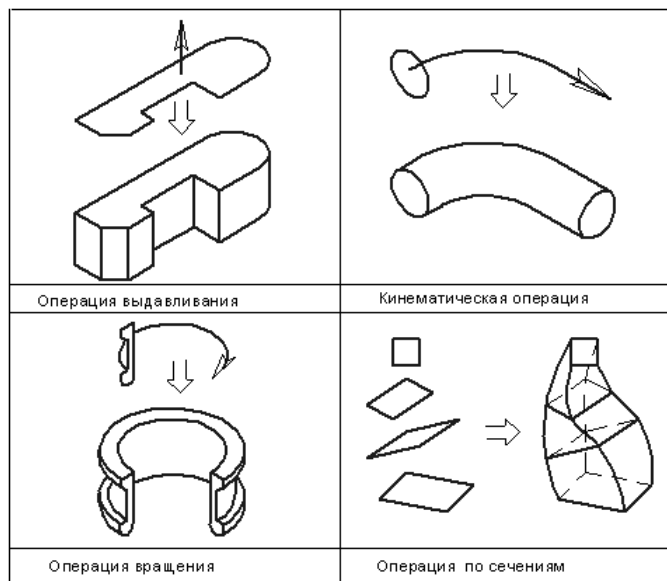
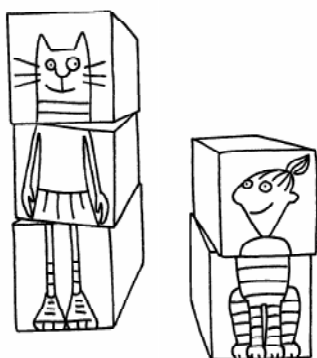


Рис. 3



*Объёмные элементы образуются в результате операций — формообразующих перемещений эскизов...*

При создании модели детали на экране может отображаться окно, содержащее Дерево модели – графическое представление набора объектов, составляющих деталь. Пиктограммы объектов автоматически возникают в Дереве модели сразу после фиксации этих объектов в детали.

В зависимости от выбранного варианта отображения объекты детали могут располагаться в Дереве в порядке создания или группироваться по типам. В Дереве модели отображаются: обозначение начала координат, плоскости, оси, эскизы, операции и Указатель окончания построения модели.

## МНОВОВАРИАНТНОСТЬ ТВЁРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ

На рис. 4 показаны изображения твердотельных моделей, созданных школьниками при использовании системы КОМПАС-3D в курсах информатики или черчения.

При создании твердотельной модели пользователю, как правило, приходится мыслить в терминах конструктивных элементов формируемой модели. В примере на рис. 5 на первом этапе создается основание в виде цилиндра с двумя отверстиями, на втором этапе – прямоугольный вырез, на третьем – цилиндрическое углубление.

Рис. 6 иллюстрирует первые два этапа других способов построения модели втулки и показывает, что отличительной особенностью процедур создания твердотельных моделей является их многовариантность. Многообразие приемов решения отличается и большинство нестандартных геометрических задач.

С другой стороны, многочисленные исследования показывают [1], что при создании пространственных образов и опе-

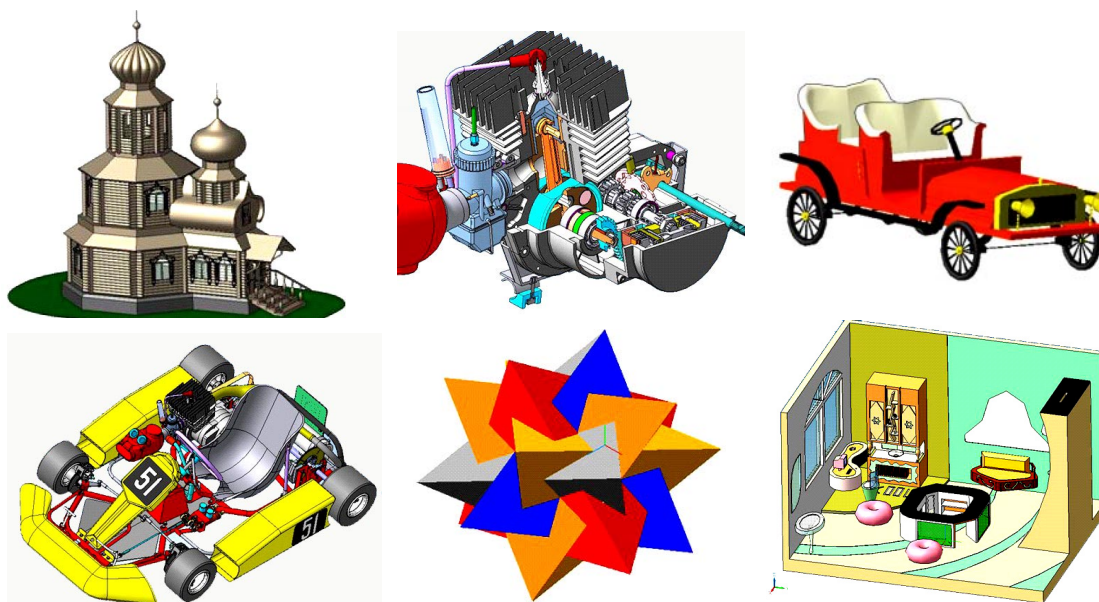


Рис. 4

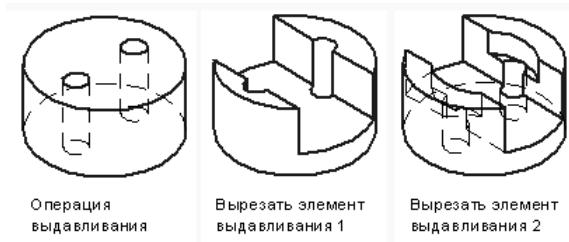


Рис. 5

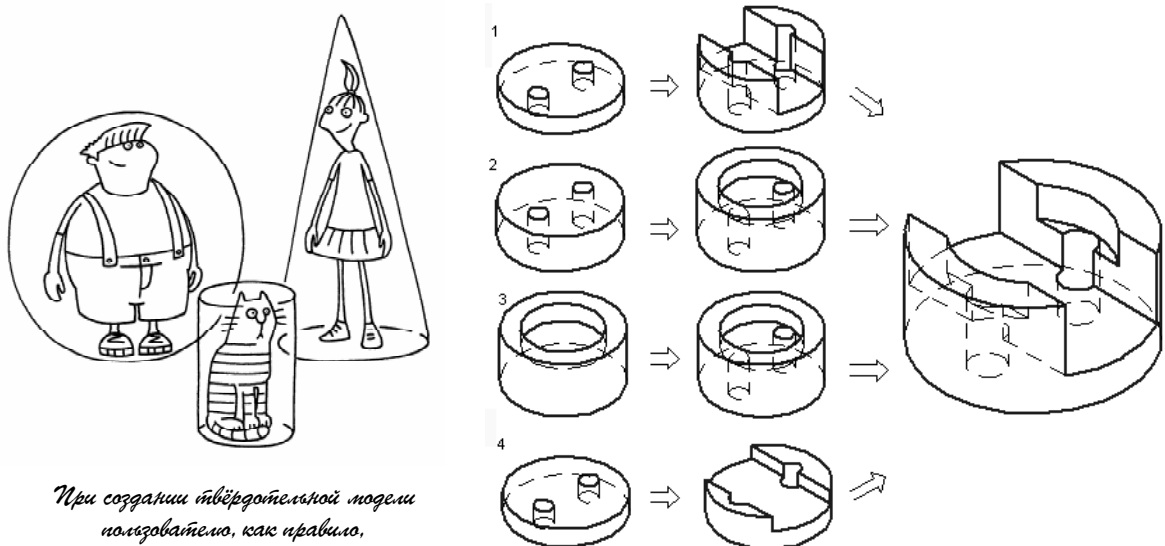
рирования ими учащиеся, конструкторы, проектировщики проявляют стойкие индивидуальные различия. Таким образом, трёхмерный графический редактор становится универсальным инструментом для реализации различных сценариев построения моделей, и эти сценарии выбираются с учетом индивидуальных восприятий пространственных образов.

Однако многолетний опыт преподавания основ твёрдотельного моделирования показывает, что сценарии построения моделей у начинающих пользователей очень далеки от оптимальных, о чем легко судить по формируемым Деревьям моделей. Можно утверждать, что Дерево модели – удобное средство контроля рациональности подхода к созданию модели. Один из важных аспектов рациональности построения модели связан с миними-

зацией объектов модели, то есть с минимизацией количества формообразующих операций, необходимых для создания модели. Указанная минимизация требует от учащихся дополнительных интеллектуальных усилий, поэтому не все учащиеся самостоятельно стремятся к оптимизации процедур твёрдотельного моделирования, даже при создании простых моделей. Задача учителей не только научить создавать модели, но и показать, как это делать рационально и красиво.

### КАРТА ТЕСТИРОВАНИЯ НАЧАЛЬНЫХ УМЕНИЙ ТВЁРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

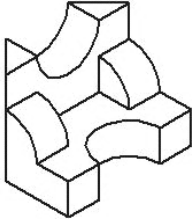
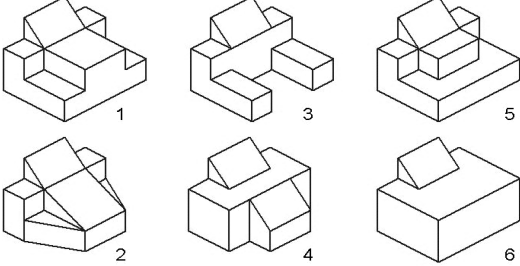
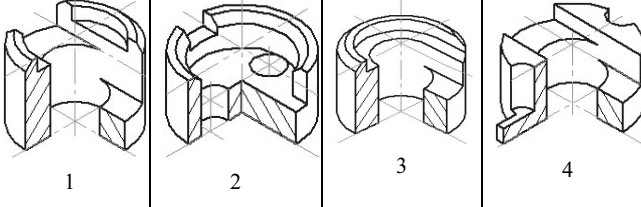
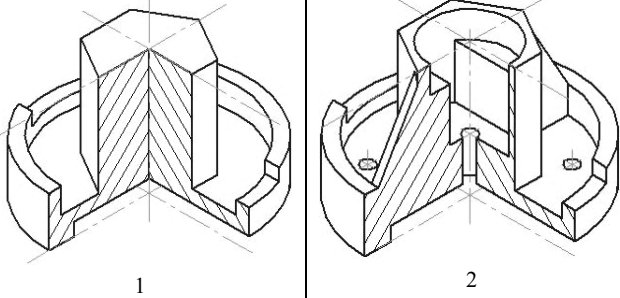
При решении учебных задач с помощью трёхмерных редакторов формируются начальные умения твёрдотельного моделирования. Составляющими этих умений являются знание требований по выбору главного изображения моделируемого объекта и особенностей грамотного выполнения эскизов и формообразующих операций, а также навыки быстрого их создания и редактирования. Согласно ГОСТ 2.305-68, в качестве главного принимается изображение на плоскость ZY, показанную на рис. 1. Модель относительно указанной плоскости следует рас-



*При создании твёрдотельной модели пользователю, как правило, приходится мыслить в терминах конструктивных элементов формируемой модели...*

Рис. 6

Табл. 1

Тест. Построение твёрдых моделей деталей	Вариант 31
	<p><b>31.1.</b> Укажите минимальное количество формообразующих операций, необходимых для создания модели показанного объекта.</p>
	<p><b>31.2.</b> Укажите номера объектов, для создания твёрдых моделей которых достаточно двух формообразующих операций.</p>
	<p><b>31.3.</b> Укажите номера объектов, для создания моделей которых минимальное количество формообразующих операций равно трём. Операцию Сечение по эскизу не учитывать.</p>
	<p><b>31.4.</b> Укажите минимальное количество формообразующих операций, необходимых для создания модели объекта 1 и объекта 2. Операцию Сечение по эскизу не учитывать.</p>

полагать так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме, размерах и функциональном назначении моделируемого объекта.

В [2] отмечается, что для оптимизации процедур твёрдотельного моделирования следует:

- рационально располагать модель относительно начала координат;
- обоснованно выбирать плоскость проекций для создания эскиза основания модели;
- предварительно планировать формы эскизов для минимизации количества

формообразующих операций, необходимых для создания модели.

В табл. 1 представлен один из 16 вариантов карты тестирования по теме «Построение твёрдых моделей деталей» [2].

Табл. 2 наглядно иллюстрирует возможные этапы построения моделей по 4 вопросам теста.

По вопросу 1 требуется указать минимальное количество формообразующих операций, необходимых для создания показанной детали. В разработанных вариантах теста для создания модели доста-

Табл. 2

<b>К вопросу 31.1</b>					
<b>К вопросу 31.2</b>					
31.2.1	31.2.1	31.2.3	31.2.4	31.2.5	31.2.6
<b>К вопросу 31.3</b>					
31.3.1	31.3.2	31.3.3	31.3.4		
<b>К вопросу 31.4</b>					
1	2	3	4		
5	6	7	8		

точно от 4 до 6 формообразующих операций.

Вопросы 2 и 3 теста требуют анализа формы простых моделей, для создания которых достаточно, как правило, не более трех-четырех формообразующих операций.

Вопрос 4 иллюстрируются изображениями более сложных объектов. Для правильных ответов на поставленные вопросы требуется представить дерево модели каждого объекта.



*...знание требований по выбору главного изображения моделируемого объекта...*

### К МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ

Тестовые задания [2], пример которых был рассмотрен выше, выполняют функции проверки результатов учебно-познавательной деятельности учащихся по твердотельному моделированию и стимулирования к освоению рациональных приемов моделирования.

Пробное тестирование позволило обнаружить несколько скрытых дефектов в отдельных вариантах карт и оценить информативность заданий. Информативность – это многообразие ответов испытуемых на данный вопрос теста: если почти все испытуемые дают одинаковый ответ, пункт считается малоинформативным, то есть недиагностичным, не различающим испытуемых между собой.

Практика тестирования показала, что на начальном внедрении наиболее эффективной является методика, когда тестирование для большинства испытуемых проводится в два этапа. На первом этапе после получения отрицательных ответов по большинству вопросов первой карты тестирования обсуждаются его результаты, и испытуемому предоставляются попытки сделать осмысленный выбор правильных вопросов. На втором этапе испытуемый получает вторую карту тестирования, и по полученным ответам определяется окончательный результат тестирования.

### Литература

1. Якиманская И.С. Развитие пространственного мышления школьников. М.: Педагогика, 1980. 240 с.
2. Большаков В.П. КОМПАС-3D для студентов и школьников. Черчение, информатика, геометрия. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 304 с.
3. Богуславский А.А. Тетраэдр в кубе или твердотельное моделирование в школе // Компьютерные инструменты в образовании, 2003. № 3. С. 21–30.
4. Большаков В.П. Создание трехмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС-3D. Практикум. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 496 с.
5. ГОСТ 2.052-2006. Электронная модель изделия. М: Стандартинформ, 2007. 12 с.

**Большаков Владимир Павлович,**  
кандидат технических наук,  
доцент СПбГЭТУ,

**Чагина Анна Владимировна,**  
ассистент СПбГУ ИТМО.



Наши авторы, 2011.  
Our authors, 2011.