

## ТЕТРАЭДР В КУБЕ ИЛИ ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ШКОЛЕ

### ВВЕДЕНИЕ

В работе сделана попытка осмыслить изменения в образовательном процессе, связанные с развитием информационно-коммуникационных технологий – ИКТ, и предложить вариант применения образовательной системы твердотельного моделирования КОМПАС-3D LT как программы общего назначения на уроках ИКТ, геометрии и черчения.

### ЦИФРОВАЯ РЕВОЛЮЦИЯ И ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Результаты научно-методической работы и опыт практического использования персональных компьютеров (ПК) позволили сделать вывод о том, что основным фактором происходящих за последние тридцать лет технологических изменений является «цифровая революция», которая позволила в единой форме создавать, передавать, хранить информацию различных типов. При этом роль (парадигма) персонального компьютера может быть описана тремя положениями, высказанными в разное время ведущими учеными нашей страны академиками В.М. Глушковым, А.А. Дородницыным, С.С. Лавровым.

1. Центральная роль ПК состоит прежде всего в хранении и организации доступа, в том числе и через сеть Интернет, ко множеству различных данных и информации. Именно сейчас осуществился прогноз В.М. Глушкова о том, что «... уже в ближайшем будущем каждому образованному человеку надлежит быть знакомым с основами безбумажной информатики» [1].

2. Аппаратное (hardware) и программное (software) обеспечение практически достигло насыщения и может удовлетворить почти все запросы творчески работающего учителя. Существующее на сегодняшний

день программное обеспечение «впитало» знания соответствующих предметных областей. Введенное на заре информатизации понятие brainware [2; 3] сегодня может рассматриваться как интеллектуальный уровень «пользователя ПК».

3. «Программирование – искусство заставить компьютер решить поставленную перед человеком задачу» [4].

Совместный анализ этих положений приводит к, вообще говоря, «тривиальному факту»: **рационально использовать ПК может только тот, кто имеет фундаментальную подготовку в определенной предметной области.** Таким образом, развитие высоких технологий – а ПК является их ярким продуктом – с необходимостью требует усиления фундаментальной естественнонаучной подготовки и формирования научно-технического мышления. В то же время использование так называемых «универсальных» компьютерных программ в процессе обучения ложится дополнительным грузом на учащихся, так как требует освоения несвойственных школе и ВУЗу предметных областей, лишь часть из которых может быть отнесена к предпрофессиональной подготовке.

### ПК КАК ТСО

Прошедшие двадцать лет характеризуются массивным давлением со стороны производителей аппаратного и программного обеспечения, в первую очередь, на систему образования. При этом, как правило, игнорируются психолого-педагогические аспекты образовательного процесса, в котором только формализуемые знания могут быть переданы в систему компьютерного обучения. Неформализуемые знания могут быть переданы только в результате личного общения, а основную роль в пере-

даче таких знаний играет урок и личность учителя.

В начале XXI века совершается ошибка, которая была сделана в 1985 г.: компьютерная техника поставляется в школы, происходит краткосрочная переподготовка учителей – предметников, в то же время не создаются условия для глубокой методической разработки вопросов применения ИКТ, для планомерной подготовки будущих учителей в течение всего срока обучения – с 1-го по 5-й курс.

В этой связи можно отметить статью [5], в которой подробно рассматривается роль технических средств обучения, которые пытались внедрить в учебный процесс на протяжении последних 100 лет. Интересно сравнить рекламные ходы по распространению технических средств в начале прошлого века: «Я хочу видеть фонограф в каждом американском доме», – Томас Эдисон, и в начале этого века, например, «Может ли компьютер изменить Вашу жизнь? Да» или программу Intel под лозунгом: «Мощный компьютер в каждый дом!»

#### **ИСТОРИЯ: САПР В ШКОЛЕ**

В результате поиска реального применения компьютера в учебном процессе общеобразовательной школы автор в 1991 г. пришел к выводу о том, что наиболее естественное и реально возможное применение компьютера может найти в преподавании школьного курса черчения.

Действительно, если принять, что ПК должен заменить прежде всего рутинную работу, то в процессе обучения материал урока, как правило, представляет для учащегося небольшое открытие. Замена демонстрационного эксперимента, например, на уроках физики виртуальным экспериментом производит впечатление [6; 7], но производится, как правило, из-за недостаточного финансирования. Однако следует обратить внимание на то, что распространение высокотехнологичных товаров повседневного спроса позволяет с легкостью продемонстрировать физические явления, что было совершенно недоступно еще десять лет

назад. Достаточно только упомянуть полупроводниковые лазеры и лазерные диски.

В результате анализа доступных отечественных и зарубежных САПР автор остановился на чертежно-графическом редакторе КОМПАС-ГРАФИК, который является базовым для всех программных продуктов фирмы АСКОН [8], головной офис которой находится в Санкт-Петербурге.

Школьная «дискетная» версия выпущена летом 1992 года – программа получила название «КОМПАС-Школьник». Методическое обеспечение в совокупности с программой «КОМПАС-Школьник» и составило содержание программно-методического комплекса № 6 «Школьная система автоматизированного проектирования», который размещен на сайте Министерства образования РФ [9].

Перенос акцента в применении ИКТ на образовательную область «Технология» был встречен достаточно осторожно, так как понятия «информатика» и «информационные технологии» связывались и продолжают связываться в подготовке учителя, в первую очередь, с математикой. Этот подход, на взгляд автора, совершенно не учитывает изменения в аппаратном и программном обеспечении, в смене парадигмы информатизации образования. Вместе с тем, автор не подвержен иллюзиям, так как жизнеспособность любых инноваций в образовании должна проверяться через одно-два поколения. Можно констатировать, что сегодня мы находимся на середине этого интересного пути. Мы полагаем, что только творчески работающие учителя, особенно молодые учителя, освоившие в ВУЗе самые современные технологии преподавания, смогут успешно применить их в школе.

В январе 2001 года компания АСКОН, ведущая целенаправленную политику поддержки российского среднего и высшего образования, выпустила некоммерческий образовательный пакет твердотельного моделирования КОМПАС-3D LT, который завоевал огромную популярность у студентов, учащихся и домашних пользователей не только в России, но и за рубежом. В начале 2002 года была выпущена версия

КОМПАС-3D LT 5.11, которую можно «скачать» с сайтов фирмы.

#### КОМПАС В ИНТЕРНЕТ

При создании ПМК «Школьный САПР» мы выражали надежду, что он будет использован творчески работающими преподавателями и учителями. Действительно, только в сети Интернет существует свыше пятидесяти сайтов, посвященных использованию систем КОМПАС. В это число не включены работы фирмы АСКОН и публикации автора ПМК, которые можно найти на сайте [www.ascon.ru](http://www.ascon.ru).

Большую помощь в преподавании окажет материал, представленный на сайте с каталогом графической базы данных учебного назначения [10]. Опыт работы с системой КОМПАС-3D LT можно найти на сайтах [11–14]. На образовательном сайте [15] размещены электронные версии учебных пособий и книг, посвященных работе с КОМПАС-3D LT.

Многoletний опыт работы показывает, что образовательные версии систем КОМПАС не только полностью поддерживают курс «Инженерная графика» на всех ступенях системы образования, но и занимают в наборе программных средств курса информационных технологий пустующую нишу доступных векторных графических редакторов и, в частности, систем твердотельного моделирования.

Обычно, в преподавании информационных технологий используется пакет 3D Studio MAX [16], о доступности лицензионной копии которого в условиях современной школы говорить не приходится. Применение системы КОМПАС-3D LT позволяет уже в средней школе дать учащемуся знания и навыки, которых от него потребует новая цифровая среда проектирования при дальнейшем обучении в ВУЗе и на рабочем месте. Кроме того, она удобна для получающего сейчас широкое развитие дистанционного обучения.

Анализируя методологические вопросы применения систем твердотельного моделирования в школе, мы полагаем, что их можно использовать уже в 5–6 классах на уроках информационных технологий и уроках образовательной области «Технология».

В статье предлагается методика применения системы твердотельного моделирования на уроках ИКТ. Предполагается, что представленный конспект урока (уроков) позволит учителю самостоятельно отобрать доступный для учащихся материал. Учитель может использовать в процессе освоения системы КОМПАС-3D LT и при подготовке к урокам материалы образовательного сайта «КОМПАС в образовании» [15].

#### ОТ ВИРТУАЛЬНОГО МИРА К РЕАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

##### ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО

Мы начинаем знакомиться с подсистемой трехмерного моделирования системы КОМПАС-3D LT. В системе КОМПАС-3D LT, как и в других современных системах твердотельного моделирования, отсутствует набор простейших объемных геометрических тел. Создание модели основано на использовании эскизов и различных операций [17]:

– вращение эскиза вокруг оси, лежащей в плоскости эскиза (рисунок 1);

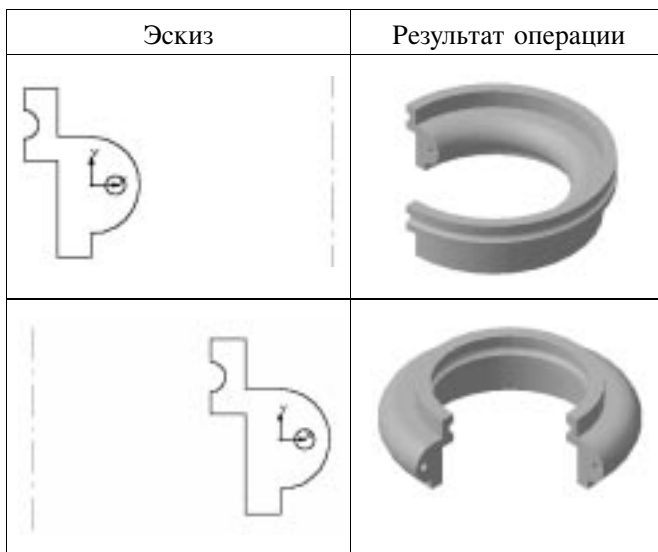


Рисунок 1.





Эскиз	Результат операции
	
	

Рисунок 2.

Эскиз	Результат операции
	

Рисунок 3.

Эскиз	Результат операции
	

Рисунок 4.

Исходные фигуры		Объединение (сложение)	Вычитание	Пересечение
				

Рисунок 5.

– выдавливание эскиза в направлении, перпендикулярном плоскости эскиза (рисунок 2);

– кинематическая операция – перемещение эскиза вдоль указанной направляющей (рисунок 3);

– построение тела по нескольким сечениям-эскизам (рисунок 4).

Каждая операция имеет дополнительные возможности – опции, позволяющие изменять правила построения тела.

Конечно, система КОМПАС-3D LT широко использует булевы операции. На примере двух тел легко показать результат следующих булевых операций: объединение (сложение), вычитание, пересечение (см. рисунок 5).

### ЗАПУСК ПРОГРАММЫ КОМПАС-3D LT 5.x.

1. Выберите команду **Пуск – Программы – Компас-3D LT 5.x – Компас-3D LT 5.x.**

При первом запуске программы открываются два окна: окно КОМПАС-3D LT и окно Справочной системы. Если в предыдущем сеансе работы окно документа не было закрыто, то при запуске будет открыто и окно документа (рисунок 6).

В окне Справочной системы указаны ограничения учебной версии по сравнению с профессиональной версией КОМПАС-3D.

Закройте окно Справочной системы. Если открыто окно документа – рисунок 7, то его тоже нужно закрыть.


Итак осталось открытым только окно приложения – главное окно чертежно-графического редактора КОМПАС-3D LT, фрагмент которого показан на рисунке 8.


В нем расположены строка заголовка, строка меню (в ней пока только три пункта: **Ф**айл, **Н**астройка и **С**правочная система – ?), панель управления с кнопками выполнения команд, которые заменяют выбор команд из меню – Таблица 1.

**СОЗДАЕМ МОДЕЛЬ  
ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕДА**

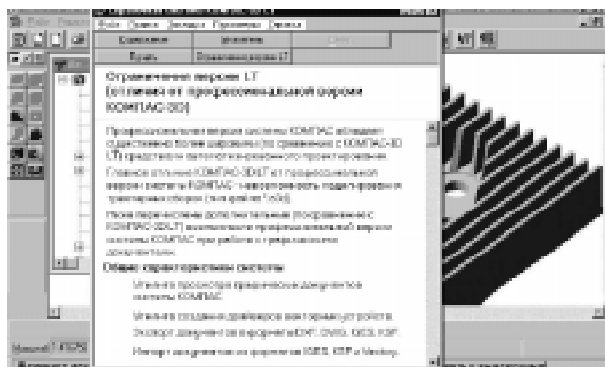
Если преподаватель достаточно хорошо знаком с системой КОМПАС-3D LT, то содержание работы можно представить в виде следующего опорного конспекта.

1. Нажать кнопку команду Новая деталь (модель) –  .

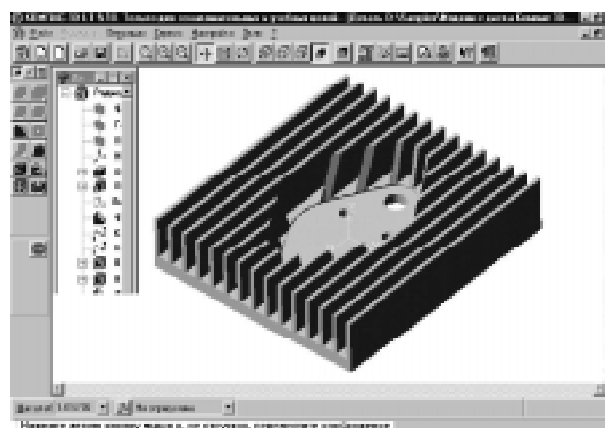
2. В Дереве построений выбрать Горизонтальную плоскость, затем нажать кнопку команды Новый эскиз –  .

3. В инструментальной панели Геометрия выбрать команду Ввод прямоугольника –  .

4. Выбрать текущую ориентацию изображения – Вид сверху. В строке параметров объекта установить стиль линии – Основной. Привязаться к началу координат – первая вершина прямоугольника. Переместить мышью и выбрать вторую вершину прямоугольника в точке с



**Рисунок 6.** Окно КОМПАС-3D LT, окно Справочной системы и окно документа.










**Рисунок 7.** Окно КОМПАС-3D LT и окно документа.



**Рисунок 8.** Фрагмент окна КОМПАС-3D LT.

Таблица 1.

Команда	Кнопка	Команды меню
(Создать) Новая деталь		Файл – Создать – Деталь
(Создать) Новый лист (чертежа)		Файл – Создать – Лист
(Создать) Новый фрагмент		Файл – Создать – Фрагмент
Открыть документ		Файл – Открыть...
Просмотр (чертежа) для печати		Файл – Просмотр для печати
Настройка принтера		Файл – Настройка плоттера/принтера
Справка (Объектная)		
Завершить сеанс (работы)		Файл – Выход

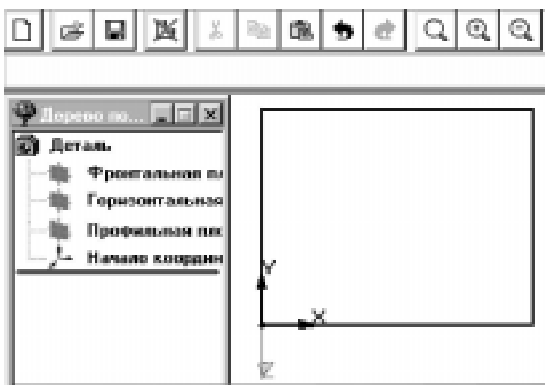


Рисунок 9.

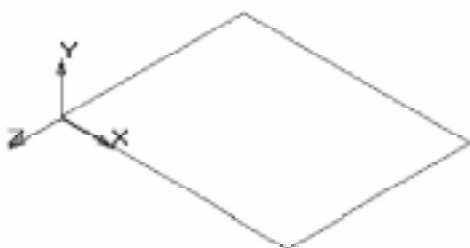


Рисунок 10.

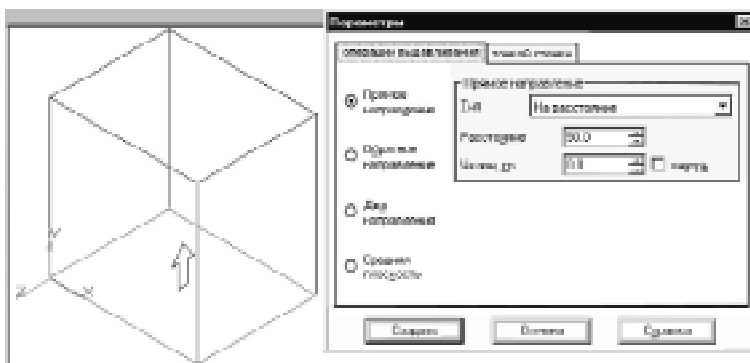


Рисунок 11.

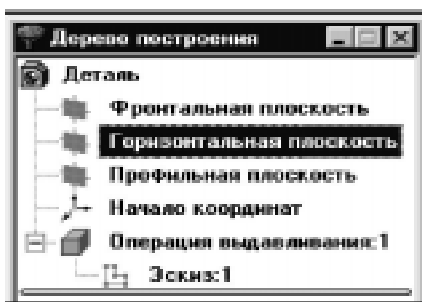


Рисунок 12.

координатами, примерно равными 30 и 50 мм (рисунок 9).

*Примечание.* Можно точно ввести значения сторон прямоугольника в строке параметров объекта, но на этом этапе мы делать этого не будем.

5. Нажмите кнопку команды Закончить редактирование –

6. Выберите текущую ориентацию изображения – Изометрия (рисунок 10).

7. На инструментальной панели построения детали выберите команду Операция выдавливания – . Сверните окно Дерева построения модели – рисунок 11.

8. До нажатия кнопки Создать вы можете менять параметры операции выдавливания и наблюдать их влияние на вариант (фантом) создаваемой модели.

После окончания экспериментов установите прямое направление выдавливания на расстояние 50 мм и нажмите кнопку Создать.

Построен прямоугольный параллелепипед.

9. С помощью команд управления изображением –

следует посмотреть созданную модель в режимах Каркас, Без невидимых линий, Невидимые линии тонкие, Полуновое.

Для изменения цвета детали выбрать из объектного меню команду Цвет детали.

Для изменения цвета грани выделить грань и из объектного меню выбрать Свойства грани.

10. Разверните окно Дерева построения. Обратите внимание на то, что в Дереве построения появился элемент Операция выдавливания:1 и Эскиз:1 (рисунок 12).


Вы можете применить к построенной модели параллелепипеда следующие операции: Оболочка – ; Скругление – ; Фаска – .

После применения каждой операции ее и результат ее действия можно удалить, используя Дерево построения.

### ИЗ МОДЕЛИ ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕДА СОЗДАЕМ МОДЕЛЬ КУБА


11. В Дереве построения выберите элемент Эскиз:1. Из объектного меню выберите Редактировать эскиз. Установите текущую ориентацию изображения – Вид

сверху – . Выберите переключатель

инструментальная панель Размеры – .

Выберите команду Линейный размер – .

Привяжитесь к началу координат, затем к концу горизонтальной стороны прямоугольника. Переместите вниз размерную линию и нажмите левую кнопку мыши. В окне диалога введите значение 50 и нажмите кнопку ОК. Длина стороны прямоугольника изменилась! Если нужно, обновите изображение

– . Аналогично установите длину

второй стороны прямоугольника – 50 мм. В основании нашей модели мы построили квадрат со стороной 50 мм. Закончите редактирование эскиза. Выберите текущую ориентацию изображения Изометрия. Мы получили модель куба со стороной 50 мм (рисунок 13)! Сохраните файл модели.

*Примечание.* Вы можете изменить, если нужно, расстояние вытягивания эскиза. Для этого в Дереве построения щелкните на элементе Операция выдавливания:1 правой кнопкой и из объектного меню выберите команду Редактировать элемент.

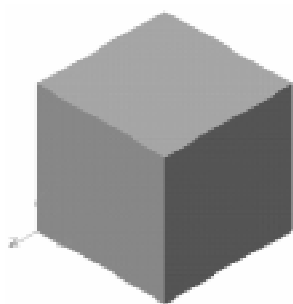


Рисунок 13.


### ИЗ МОДЕЛИ КУБА СОЗДАЕМ МОДЕЛЬ ТЕТРАЭДРА

Идея построения состоит в том, что необходимо провести плоскость, проходящую через три вершины смежных граней куба и затем использовать операцию Сечение плоскостью, которая позволяет удалить часть детали, находящуюся по одну сторону пересекающей эту деталь плоскости.

На рисунке 14 а показаны вершины трех смежных граней куба – 1, 2, 3, проведены диагонали на соответствующих гранях. На рисунке 14 б грань, образуемая в результате отсечения плоскостью, заштрихована.

Очевидно, что для образования тетраэдра операцию Сечение плоскостью следует использовать четыре раза, выбирая каждый раз соответствующие вершины.

12. Выберите режим отображения – Невидимые линии Тонкие, текущую ориентацию – Изометрия.

13. Выберите команду Операция – Плоскость – Через три вершины. Выберите последовательно три вершины куба: в момент привязки вершина отмечается звездочкой, а курсор приобретает вид – .

После выбора третьей вершины появляется условное обозначение плоскости, проходящей через три выбранные вершины. В Дереве построения появляется элемент Плоскость через три вершины:1 (рисунок 15).

14. Выберите в Дереве построения элемент Плоскость через три вершины:1, переключитесь на панель построения мо-

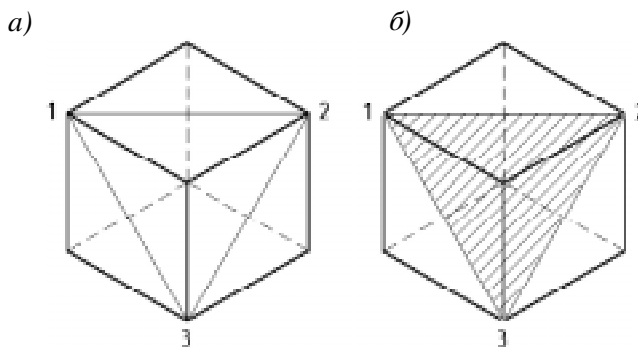


Рисунок 14.

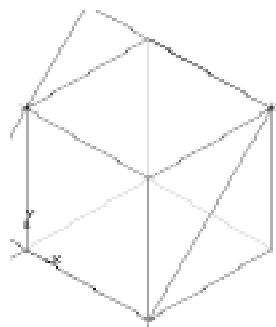


Рисунок 15.

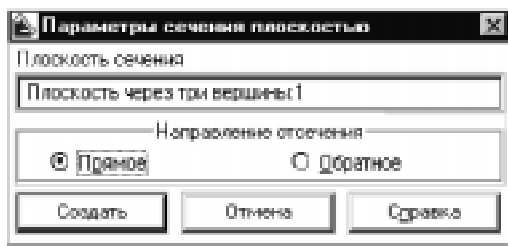


Рисунок 16.

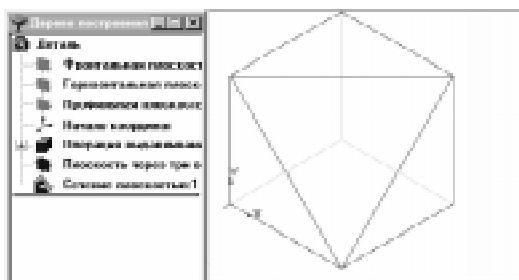


Рисунок 17.



Рисунок 18.

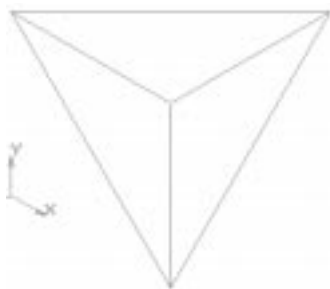


Рисунок 19.

дели и выберите команду Сечение плос-

костью –

В окне диалога нажмите кнопку Создать (рисунок 16). В Дереве построения появился элемент Сечение плоскостью:1. Часть модели куба отсечена плоскостью и образована первая грань тетраэдра (рисунок 17). Для облегчения дальнейшей работы измените цвет грани создаваемого тетраэдра.

15. Будьте внимательны при выборе направления отсечения – оно указывается стрелкой направления (рисунок 18). Если выбрано ошибочное направление, то нужно щелкнуть правой кнопкой на элементе Сечение плоскостью и выбрать команду Редактировать элемент.

16. После выполнения всех построений в режиме отображения Каркас и текущей ориентации изображения Изометрия вы увидите тетраэдр (рисунок 19). Сохраните файл модели. Вы можете рассмотреть построенный тетраэдр с помощью команд поворота в различных режимах отображения.

*Примечание.* Конечно, такое изображение тетраэдра при ориентации Изометрия необычно, но это связано со способом построения модели тетраэдра.

#### ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЕРТОК КУБА И ТЕТРАЭДРА

При построении разверток моделей куба и тетраэдра мы будем использовать возможность системы КОМПАС-3D LT создания проекционной заготовки чертежа.

Для построения развертки куба будет достаточно получить изображение одной грани, например, передней.

17. Откройте файл модели куба, которая была нами создана. Выберите команду Файл – Создать заготовку для чертежа. В окне диалога выберите Вид – Спереди и нажмите кнопку Создать (рисунок 20).

18. Система КОМПАС-3D LT переходит в подсистему чертежно-конструкторского редактора, и на листе чертежа вы увидите вид спереди созданной модели куба




(рисунок 21). Средствами редактора [18] легко создать развертку куба, которую следует отпечатать на принтере (желательно взять бумагу плотностью 120 г/м<sup>2</sup>).

Для построения развертки тетраэдра необходимо получить изображение одной из его граней.

19. Откройте файл модели тетраэдра. Выберите текущую ориентацию Изометрия, режим отображения Невидимые линии тонкие. Выделите грань тетраэдра. Из объектного меню выберите команду Нормально к... В строке текущего состояния –



нажмите кнопку команды Ориентация – . В окне диалога нажмите кнопку Добавить и введите имя проекции, например, Грань (рисунок 22). Закройте окно Ориентация вида.

20. Создадим проекционную заготовку чертежа. Выберите команду Файл – Создать заготовку для чертежа. В окне диалога выберите созданную нами проекцию Грань. КОМПАС-3D LT переходит в подсистему чертежно-конструкторского редактора. На листе чертежа вы видите изображение одной грани тетраэдра (рисунок 23). Средствами редактора [18] легко создать развертку куба, которую следует отпечатать на принтере (желательно взять бумагу плотностью 120 г/м<sup>2</sup>).

21. На завершающем этапе следует склеить модель тетраэдра. В модели куба одну грань не следует приклеивать.

В этом случае модель тетраэдра легко вставляется в пространство куба.

При склеивании удобно использовать двусторонний скотч.

В одном из вариантов работы можно в гранях модели куба прорезать квадратные отверстия.

21. В качестве дополнительного задания можно создать из модели куба модель октаэдра.

Указание. Плоскости нужно проводить через точки, которые следует поставить в середине каждой грани куба.

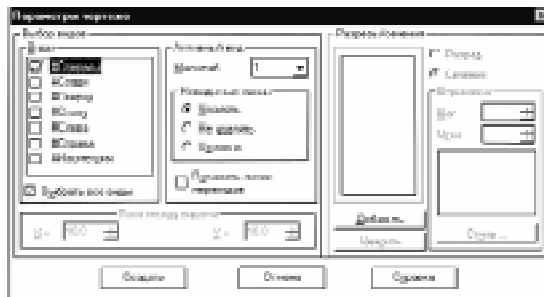


Рисунок 20.

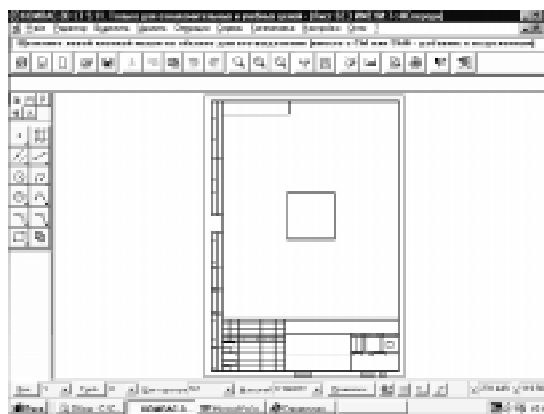


Рисунок 21.

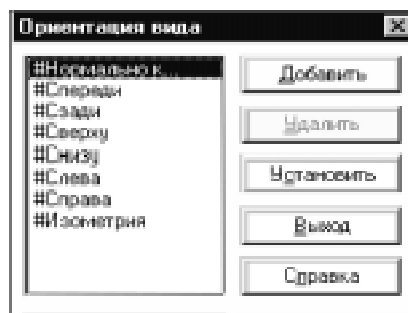


Рисунок 22.

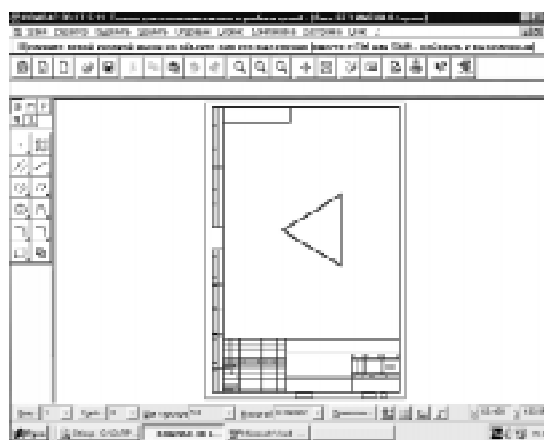


Рисунок 23.

В заключение, автор надеется, что представленный в статье материал окажется полезным и тем учителям ИКТ, которые используют в своей работе учебно-методический комплект [19-21]. Прилагаемый к

комплекту диск содержит дистрибутив системы КОМПАС-3D LT. Для тех, кто заинтересовался трехмерным твердотельным моделированием, можно порекомендовать книгу [22].

Автор с благодарностью примет конструктивные замечания и пожелания.

#### **Литература.**

1. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. М.: Наука, 1987.
2. Белошапка В.К., Лесневский А.С. // Информатика и образование. 1993, № 3, с. 60–66.
3. Белоцерковский О.М. // Информатика и образование. 1994, № 1, с. 3
4. Лавров С.С. // Компьютерные инструменты в образовании. 1999, № 3, с. 21–31.
5. Кинг К.П. Стопроцентная эффективность. – [http://www.cedu.niu.edu/scied/presentations/100\\_percent](http://www.cedu.niu.edu/scied/presentations/100_percent)
6. Визуальная квантовая механика. – <http://phys.educ.ksu.edu/vqm/index.html>.
7. The Semiconductor Applet Service. – <http://jas.eng.buffalo.edu>.
8. АСКОН в Интернет. – <http://www.ascon.ru>; <http://www.kompas.kolomna.ru>,
9. Богуславский А.А. Школьная система автоматизированного проектирования ([www.informika.ru](http://www.informika.ru), раздел «Образовательные ресурсы») ПМК № 6.
10. Большаков П.В., Сергеев А.А., Кобычев П.Г. Компьютерная поддержка графической, геометрической и конструкторской подготовки. Санкт-Петербург, 1998. – <http://www.aec.neva.ru/graph>
11. Горавлева Т.С. Морской государственный технический университет Санкт-Петербурга. – <http://gor.h1.ru/new.htm>
12. Начертательная геометрия. Практическое пособие. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет. – [http://web.eltech.ru/education/geom\\_pc/index.htm](http://web.eltech.ru/education/geom_pc/index.htm)
13. Кафедра «Технология машиностроения». Воронежский государственный технический университет. – <http://farm-tm.narod.ru/>
14. Кафедра «Строительные и дорожные машины». Братский государственный технический университет. – <http://www.brstu.ru/sdm/index.htm>
15. Образовательный сайт «КОМПАС в образовании» – [www.kompas-edu.ru](http://www.kompas-edu.ru).
16. Фролов М.И. Учимся анимации на компьютере. Самоучитель для детей и родителей. М.: Лаборатория базовых знаний, 2002.
17. Николаева И. КОМПАС-3D – система, которую ждали // САПР и графика. № 8, 1999, с. 56. – [www.saprg.ru](http://www.saprg.ru).
18. Потемкин А.Н. Инженерная графика. Просто и доступно. Издательство «Лори», 2000 г. – [www.kompas-edu.ru](http://www.kompas-edu.ru).
19. Угринович Н.Д. Информатика и информационные технологии. 10–11 классы. М.: ЮНИ-МЕДИАСТАЙЛ, Лаборатория Базовых знаний, 2002.
20. Угринович Н.Д., Босова Л.Л., Михайлова Н.И. Практикум по информатике и информационным технологиям. Учебное пособие для общеобразовательных учреждений. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001.
21. Угринович Н.Д. Преподавание курса «Информатика и информационные технологии». Методическое пособие. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001.
22. Потемкин А.Н. Трехмерное твердотельное проектирование. М.: Компьютер-Пресс, 2002.



*Богуславский Александр Абрамович, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, зав. кафедрой теоретической физики, зам. декана технологического факультета Коломенского государственного педагогического института.*