

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

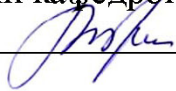
**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»**

**Политехнический институт  
Кафедра «Технологические системы пищевых, полиграфических  
и упаковочных производств»**

Утверждено на заседании кафедры  
«Технологические системы пищевых,  
полиграфических и упаковочных произ-  
водств»

«26» января 2022 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой

 В.В. Прейс

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**«Моделирование технических систем и технологических процессов»**

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы бакалавриата**

**по направлению подготовки**

**29.03.03 Технология полиграфического и упаковочного производства**

**с направленностью (профилем)**

**Технология полиграфического производства**

**Формы обучения: заочная**

**Идентификационный номер образовательной программы: 290303-01-22**

**Тула 2022 год**

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**методических указаний по выполнению курсовой работы дисциплины**  
**(модуля)**

**Разработчик:**

Проскуряков Н.Е., профессор, докт. техн. наук, профессор  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

## **1. Введение**

Курсовая работа по дисциплине «Моделирование технических систем и технологических процессов» является самостоятельной работой студента, цель которой - закрепление и углубление знаний по дисциплине и получению практических навыков по освоению базовых принципов функционирования технологического оборудования.

Студент при выполнении курсовой работы изучает дополнительные разделы, связанные с наладкой и обслуживанием технологического оборудования и применяемое программное обеспечение.

## **2. Цель и задачи выполнения курсовой работы**

### **2.1. Цель курсовой работы.**

Целью выполнения курсовой работы является развитие у студента способность самостоятельно решать задачи, связанные с наладкой и обслуживанием технологического оборудования в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Курсовая работа выполняется в 8 семестре.

### **2.2. Основные задачи курсовой работы:**

Основными задачами выполнения курсовой работы являются:

- закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных студентом в процессе изучения дисциплины «Моделирование технических систем и технологических процессов»;
- изучение дополнительных материалов, связанных с разработкой технологии обработки данных и используемым программным обеспечением;
- дальнейшее формирование практических навыков применения моделирования объектов и процессов.

## **3. Основные требования к курсовой работе**

### **3.1. Тематика работы.**

Курсовая работа посвящена моделированию фрагмента технологического оборудования.

### **3.2. Исходные данные к курсовой работе.**

Выбор типа технологического оборудования в соответствии с номером варианта.

Таблица 1

<b>№ варианта</b>	<b>Тип проектируемого оборудования</b>
1	Ламинатор
2	Принтер лазерный
3	Ксерокс
4	Сканер
5	МФУ
6	Цифровая печатная машина
7	Принтер струйный
8	Ноутбук
9	Принтер матричный
10	Графический планшет

### **3.3. Задание на курсовую работу.**

Смоделировать фрагмент технологического оборудования посредством вычерчивания общих габаритов предложенного оборудования и последующее моделирование данных чертежей в трехмерные объекты:

### **3.4. Объем курсовой работы**

Законченная курсовая работа оформляется в виде отчета, включающего расчетно-пояснительную записку объемом 25 - 30 страниц текста на листах формата А4.

Примерное распределение материала расчетно-пояснительной записки по разделам в процентах от полного объема приведено в таблице 2.

Таблица 2.

<i>Разделы курсовой работы</i>	<i>Примерный объем</i>
Введение	10 %
Общие принципы моделирования	15%
Описание характеристик предложенного оборудования	15%
Двумерное проектирование габаритов оборудования	25%
Трехмерное проектирование оборудования в сборе	25%
Визуализация и рендеринг	10%

### **3.5. Работа над курсовой работой**

На начальном этапе студент при помощи руководителя, ведущего курсовую работу, осуществляет анализ выданного задания, производит подбор литературы. Он производит сравнительный анализ возможных вариантов решения поставленной задачи, цели и задачи, решаемых в работе. Результаты этой работы излагаются во введении.

На следующем этапе работы в общей части рассматривается общий принцип построения и функционирования выбранного типа технологического оборудования. Затем приводится описание применяемого оборудования.

### **3.6. Защита курсовой работы.**

При оценке работы учитываются:

- техническая грамотность, соответствие результатов заданию, последовательность решения, лаконичность и эффективность предлагаемых решений;
- эрудиция студента (общая, техническая);
- качество выполненных работ (оформление, грамотность, аккуратность);
- соблюдение сроков, предусмотренных графиком выполнения работы.

Учет всех параметров определяет объективность оценки защиты работы:

- «отлично» - безукоризненная по всем пунктам защита работы;
- «хорошо» - недостаточная эффективность решений и некоторые погрешности оформления;
- «удовлетворительно» - нечеткость изложения и некоторое несоблюдение требований по организации программы, несоблюдение графика выполнения работ;
- «не удовлетворительно» – неправильная работа программы.

## **4. Теоретические сведения для выполнения курсовой работы**

### **Построение трехмерных моделей**

Создание трехмерных моделей — более трудоемкий процесс, чем построение их проекций на плоскости, но при этом трехмерное моделирование обладает рядом преимуществ, среди которых:

- ☐ возможность рассмотрения модели из любой точки;
- ☐ автоматическая генерация основных и дополнительных видов на плоскости;
- ☐ построение сечений на плоскости;
- ☐ подавление скрытых линий и реалистичное тонирование;
- ☐ проверка взаимодействий;
- ☐ экспорт модели в анимационные приложения;
- ☐ инженерный анализ;
- ☐ извлечение характеристик, необходимых для производства.

AutoCAD поддерживает три типа трехмерных моделей: *каркасные*, *поверхностные* и *твердотельные*. Каждый из них обладает определенными до-

стоинствами и недостатками. Для моделей каждого типа существует своя технология создания и редактирования.

Поскольку перечисленным типам моделирования присущи собственные методы создания пространственных моделей и способы редактирования, не рекомендуется смешивать несколько типов в одном рисунке. AutoCAD предоставляет ограниченные возможности преобразования тел в поверхности и поверхностей в каркасные модели, однако обратные преобразования недопустимы.

*Каркасная* модель представляет собой скелетное описание трехмерного объекта. Она не имеет граней и состоит только из точек, отрезков и кривых, описывающих ребра объекта. AutoCAD дает возможность создавать каркасные модели путем размещения плоских объектов в любом месте трехмерного пространства.

Моделирование с помощью *поверхностей* — более сложный процесс, чем формирование каркасных моделей, так как в нем описываются не только ребра трехмерного объекта, но и его грани. AutoCAD строит поверхности на базе многоугольных сетей. Поскольку грани сети плоские, представление криволинейных поверхностей производится путем их аппроксимации. Чтобы было проще различать два упомянутых типа поверхностей, под термином «сети» будем понимать те из них, которые составлены из плоских участков.

Моделирование с помощью *тел* — это самый простой способ трехмерного моделирования. Средства AutoCAD позволяют создавать трехмерные объекты на основе базовых пространственных форм: *параллелепипедов, конусов, цилиндров, сфер, клинов и торов (колец)*. Из этих форм путем их объединения, вычитания и пересечения строятся более сложные пространственные тела. Кроме того, тела можно строить, сдвигая плоский объект вдоль заданного вектора или вращая его вокруг оси.

*Твердотельный объект*, или *тело*, представляет собой изображение объекта, хранящее, помимо всего прочего, информацию о его объемных свойствах. Следовательно, тела наиболее полно из всех типов трехмерных моделей отра-

жают моделируемые объекты. Кроме того, несмотря на кажущуюся сложность тел, их легче строить и редактировать, чем каркасные модели и сети.

Модификация тел осуществляется путем сопряжения их граней и снятия фасок. В AutoCAD имеются также команды, с помощью которых тело можно разрезать на две части или получить его двумерное сечение.

В отличие от всех остальных моделей, у тел можно анализировать массовые свойства: объем, момент инерции, центр масс и т. п. Данные о теле могут экспортироваться в такие приложения, как системы числового программного управления (ЧПУ) и анализа методом конечных элементов (МКЭ). Тела могут быть преобразованы в более простые типы моделей — сети и каркасные модели.

Ниже приведены некоторые понятия и определения, принятые в трехмерном твердотельном моделировании:

- *грань* — ограниченная часть поверхности;
- *ребро* — элемент, ограничивающий грань;
- *полупространство* — часть трехмерного пространства, лежащая по одну сторону поверхности;
- *тело* — часть пространства, ограниченная замкнутой поверхностью и имеющая определенный объем;
- *тело (примитив)* — наипростейший (основной, базовый) твердотельный объект, который можно создать и строить из него более сложные твердотельные модели;
- *область* — часть плоскости, ограниченная одной или несколькими планарными гранями, которые называются *границами*;
- *область (примитив)* — замкнутая двумерная область, которая получена путем преобразования существующих двумерных примитивов, имеющих нулевую высоту, и описана как тело без высоты;
- *составная область* — единая область, получаемая в результате выполнения логических операций объединения, вычитания или пересечения несколь-



ких областей;

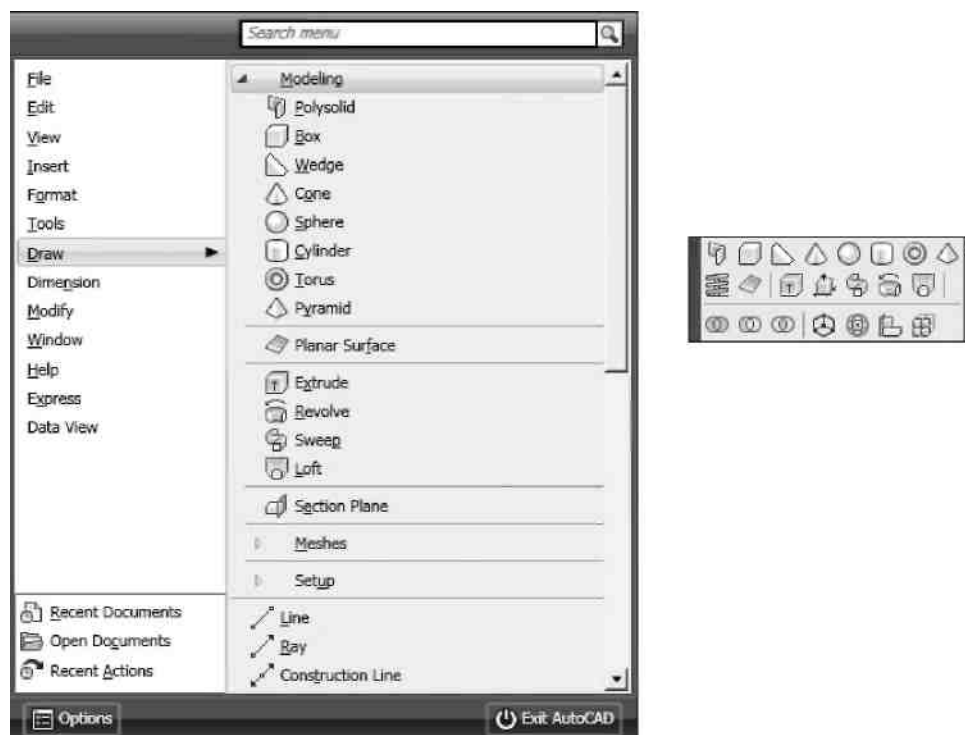
- *объект* — общее наименование области или тел, причем тип объекта не имеет значения: это может быть область, тело или составная модель (группа объектов, связанных в единое целое);

- *пустой объект* — составное тело, не имеющее объема, или составная область, не имеющая площади.

Простейшие «кирпичики», из которых строятся сложные трехмерные объекты, называют *твердотельными примитивами*. К ним относятся ящик (параллелепипед, куб), цилиндр (круговой, эллиптический), шар, тор. С помощью команд BOX, CYLINDER, SPHERE, TORUS, CONE, WEDGE можно создать модели любого из этих тел заданных размеров, введя требуемые значения.

Примитивы заданной формы создаются также путем выдавливания, осуществляемого командой EXTRUDE, или вращения двумерного объекта — командой REVOLVE. Из примитивов получают более сложные объемные модели объектов.

Запускаются все вышеназванные команды из падающего меню Draw ► Modeling или с плавающей панели инструментов Modeling (рис. 16.1).



**Рис. 16.1.** Инструменты для формирования тел

Для трехмерного моделирования удобно использовать рабочее пространство 3D Modeling. Оно устанавливается на панели инструментов Workspaces (рис. 16.2) и включает только необходимые наборы меню, инструментальные панели и палитры, сгруппированные и упорядоченные соответственно решаемой задаче. Элементы интерфейса, не являющиеся необходимыми для решения текущей задачи, скрываются, максимально освобождая область экрана, доступную для работы (рис. 16.3).

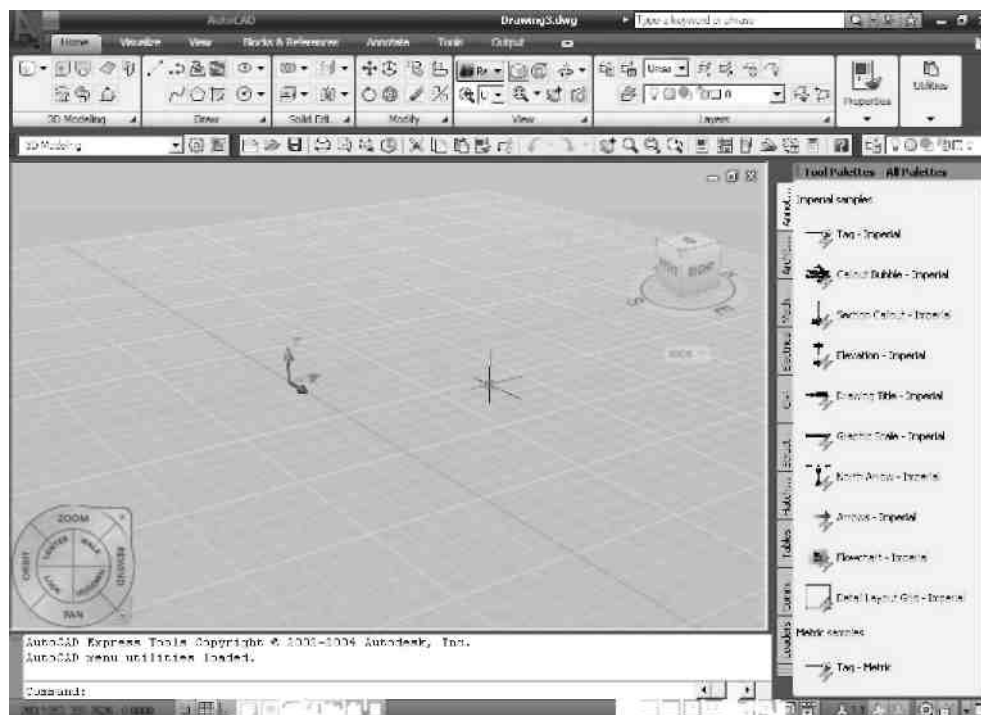


Рис. 16.3. Рабочее пространство 3D Modeling

## Политело

Команда **POLYSOLID** преобразует имеющуюся линию, двумерную полилинию, дугу или окружность в *тело* с прямоугольным профилем, которое может содержать криволинейные сегменты, но профиль при этом всегда является прямоугольным. Команда вызывается из падающего меню Draw ► Modeling ► Polysolid или щелчком на пиктограмме Polysolid на панели инструментов Modeling.

Запросы команды POLYSOLID:

Specify start point or [Object/Height/Width/Justify]

<Object>: — указать начальную точку для профиля тела или выбрать один из ключей

Specify next point or [Arc/Undo]: — указать следующую точку

Specify next point or [Arc/Undo]: — указать следующую точку

Specify next point or [Arc/Close/Undo]: — указать следующую точку

Specify next point or [Arc/Close/Undo]: — указать следующую точку или нажать клавишу Enter

Ключи команды POLYSOLID:

□ Object — указывается объект для преобразования в тело: линия, дуга, двумерная полилиния или окружность;

□ Height — указывается высота тела;

□ Width — указывается ширина тела;

□ Justify — задаются значения ширины и высоты, обеспечивающие выравнивание тела. Выравнивание привязывается к начальному направлению первого сегмента профиля:

■ Left — слева;

■ Center — по центру;

■ Right — справа;

□ Arc — к телу добавляется дуговой сегмент. Начальным направлением дуги по умолчанию является касательная к последнему построенному сегменту:

■ Close — тело замыкается путем построения линейного или дугового сегмента от заданной последней вершины до начальной точки тела. Для применения этой опции следует указать как минимум две точки;

■ Direction — задание начального направления дугового сегмента;

■ Line — выход из режима построения дуговых сегментов и возврат к начальным запросам команды POLYSOLID;

■ Second point — указываются вторая точка и конечная точка трехточечного дугового сегмента;

■ Undo — удаление последнего дугового сегмента, добавленного к телу.

## Параллелепипед

Команда **BOX** формирует твердотельный *parallelepiped* (ящик, куб) (рис. 16.4). Основание параллелепипеда всегда параллельно плоскости  $XY$  текущей ПСК. Команда вызывается из падающего меню Draw ► Modeling ► Box или щелчком на пиктограмме Box на панели инструментов Modeling.

Запросы команды BOX:

Specify first corner or [Center]: — указать первый угол параллелепипеда

Specify other corner or [Cube/Length]: — указать противоположный угол параллелепипеда

Specify height or [2Point]: — указать высоту параллелепипеда

При формировании параллелепипеда следует задать параметры в одном из нижеперечисленных вариантов:

- ☐ положение диагонально противоположных углов;
- ☐ положение противоположных углов основания и высота;

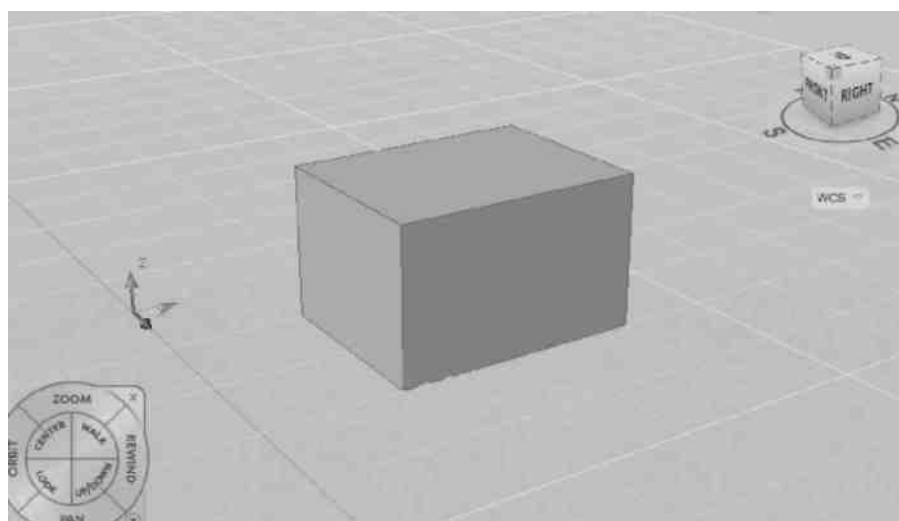


Рис. 16.4. Твердотельный параллелепипед

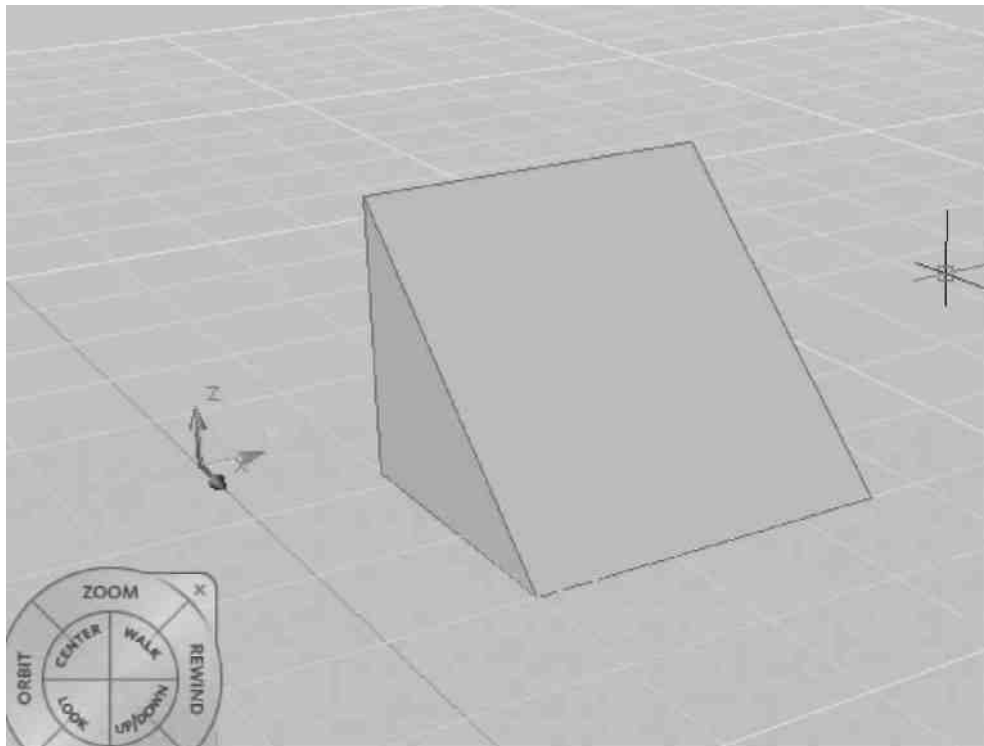
□ положение центра ящика с назначением угла или высоты либо длины и ширины ящика.

Ключи команды BOX :

- Center — позволяет сформировать ящик, указав положение его центральной точки;
- Cube — создает куб, то есть параллелепипед, у которого все ребра равны;
- Length — создает параллелепипед заданных длины (по оси  $X$ ), ширины (по оси  $Y$ ) и высоты (по оси  $Z$ ) текущей ПСК.

### Клин

Команда **WEDGE**, формирующая твердотельный *клин* (рис. 16.5), вызывается из падающего меню Draw ► Modeling ► Wedge, или щелчком на пиктограмме Wedge на панели инструментов Modeling, или из меню 3D Modeling.



**Рис. 16.5.** Твердотельный клин

Запросы команды WEDGE:

`Specify first corner or [Center]:` — указать первый угол  
клина

`Specify other corner or [Cube/Length]:` — указать противоположный угол клина

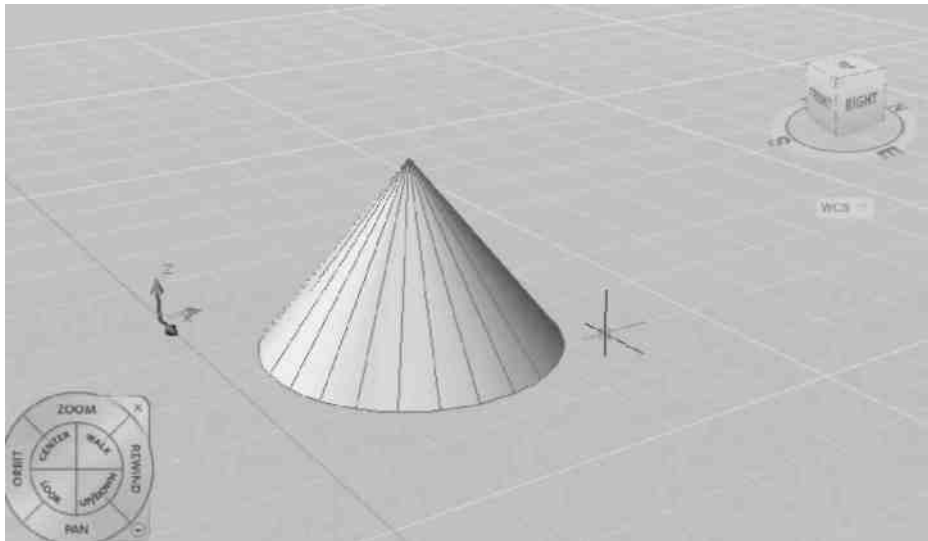
`Specify height or [2Point]:` — указать высоту

Основание клина всегда параллельно плоскости построений  $XY$  текущей системы координат; при этом наклонная грань располагается напротив первого указанного угла основания. Высота клина может быть как положительной, так и отрицательной и обязательно параллельна оси  $Z$ .

Все запросы и ключи команды `WEDGE` аналогичны запросам и ключам команды `BOX`.

## Конус

Команда **CONE** формирует твердотельный конус (рис. 16.6), основание которого (окружность или эллипс) лежит в плоскости  $XY$  текущей системы координат, а вершина располагается по оси  $Z$ . Команда вызывается из падающего меню **Draw ► Modeling ► Cone**, или щелчком на пиктограмме Cone на панели инструментов Modeling, или из меню 3D Modeling.



**Рис. 16.6.** Твердотельный конус

Запросы команды **CONE** :

Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]: — указать центральную точку основания конуса

Specify base radius or [Diameter]: — указать радиус основания конуса

Specify height or [2Point/Axis endpoint/Top radius]:  
— указать высоту конуса

Ключи команды **CONE** :

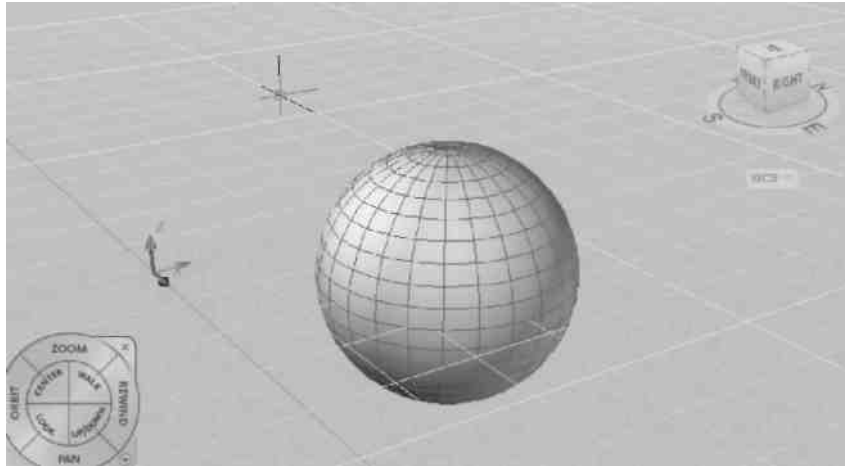


- 3P — строит основание конуса в виде окружности по трем точкам, лежащим на ней;
- 2P — строит основание конуса в виде окружности по двум точкам, лежащим на диаметре;
- Ttr — строит основание конуса в виде окружности по двум касательным и радиусу;
- Elliptical — позволяет создавать основание конуса в виде эллипса;
- 2Point — указывает, что высотой конуса является расстояние между двумя заданными точками;
- Axis endpoint — задает положение конечной точки для оси конуса, которой является верхняя точка конуса или центральная точка верхней грани усеченного конуса. Конечная точка оси может быть расположена в любой точке трехмерного пространства. Она определяет длину и ориентацию конуса;
- Top radius — определяет радиус при вершине усеченного конуса.

Чтобы построить усеченный конус или конус, ориентированный под некоторым углом, можно вначале нарисовать двумерную окружность, а затем с помощью команды **EXTRUDE** произвести коническое выдавливание под углом к оси *Z*. Если необходимо усечь конус, можно, используя команду **SUBTRACT**, вычесть из него параллелепипед, внутри которого находится вершина конуса.

## Шар

**Q** Команда **SPHERE** формирует твердотельный *шар* (сферу) (рис. 16.7). Для этого достаточно задать его радиус или диаметр. Каркасное представление шара располагается таким образом, что его центральная ось совпадает с осью *Z* текущей системы координат. Команда вызывается из падающего меню **Draw ► Modeling ► Sphere**, или щелчком на пиктограмме **Sphere** на панели инструментов **Modeling**, или из меню **3D Modeling**.



**Рис. 16.7.** Твердотельный шар

Запросы команды SPHERE:

Specify center point or [3P/2P/Ttr]: — указать центр шара

Specify radius or [Diameter]: — указать радиус шара

Ключи команды SPHERE:

□ 3P — определяет окружность сферы путем задания трех произвольных точек в трехмерном пространстве. Три заданные точки также определяют плоскость окружности шара;

□ 2P — определяет окружность сферы путем задания двух произвольных точек в трехмерном пространстве. Плоскость окружности шара определяется координатой  $Z$  первой точки;

□ Ttr — построение шара по заданному радиусу, касательному к двум объектам. Указанные точки касания проецируются на текущую ПСК.

Чтобы построить часть шара в виде купола или чаши, нужно, используя команду SUBTRACT, вычесть из него параллелепипед. Если необходимо построить шарообразное тело специальной формы, следует вначале создать его двумерное сечение, а затем, применив команду REVOLVE, вращать сечение под заданным углом к оси  $Z$ .

## Цилиндр

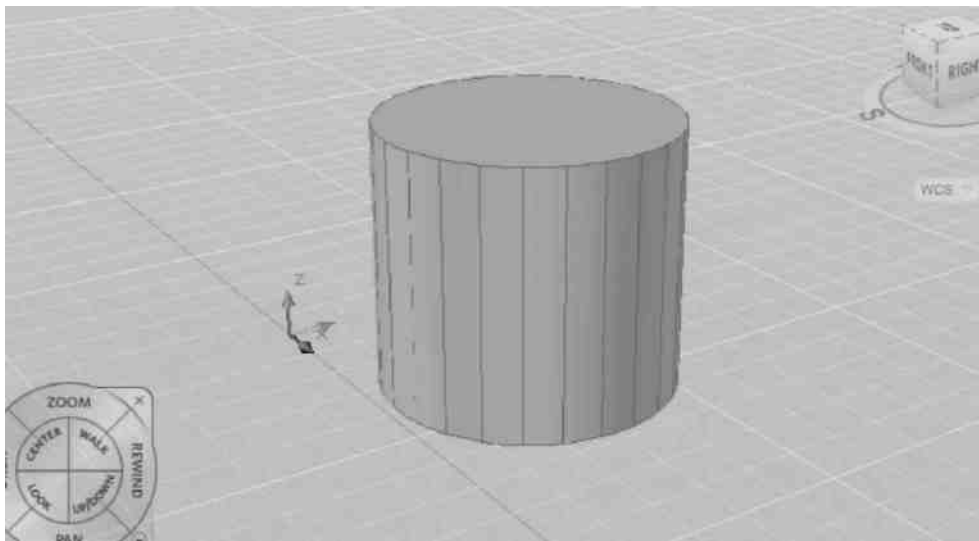
Команда **CYLINDER**, формирующая твердотельный *цилиндр* (рис. 16.8), вызывается из падающего меню Draw ► Modeling ► Cylinder или щелчком на пиктограмме Cylinder на панели инструментов Modeling, или из меню 3D Modeling.

Запросы команды CYLINDER:

Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]: — указать центральную точку основания цилиндра

Specify base radius or [Diameter]: — указать радиус основания цилиндра

Specify height or [2Point/Axis endpoint]: — указать высоту цилиндра



**Рис. 16.8.** Твердотельный цилиндр

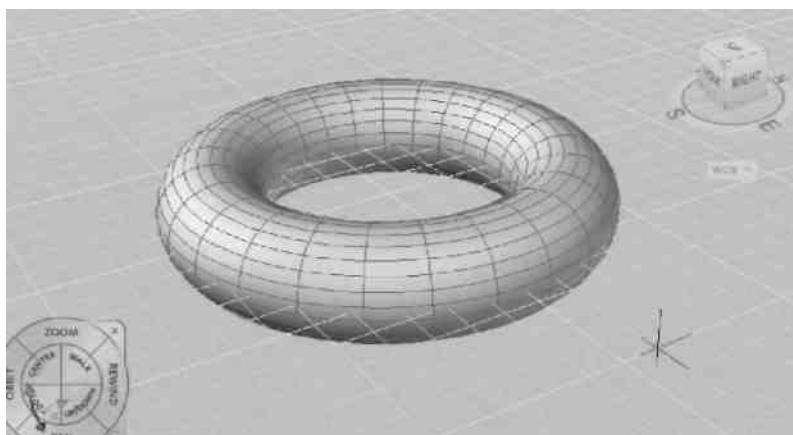
Информация, необходимая для описания цилиндра, аналогична той, что используется для описания конуса, поэтому запросы команды CYLINDER совпадают с запросами команды CONE.

Если необходимо построить цилиндр специальной формы (например, с пазами), следует вначале при помощи команды PLINE создать двумерное

изображение его основания в виде замкнутой полилинии, а затем, используя команду EXTRUDE, придать ему высоту вдоль оси Z.

## Тор

Команда **TORUS** формирует твердотельный *тор* (рис. 16.9), напоминающий по форме камеру автомобильной шины. При этом необходимо ввести значения радиуса образующей окружности трубы и радиуса, определяющего расстояние от центра тора до центра трубы. Тор строится параллельно плоскости XY текущей системы координат. Команда вызывается из падающего меню Draw ► Modeling ► Torus, или щелчком на пиктограмме Torus на панели инструментов Modeling, или из меню 3D Modeling.



**Рис. 16.9.** Твердотельный тор

Запросы команды TORUS :

Specify center point or [3P/2P/Ttr]: — указать центр тора

Specify radius or [Diameter]: — указать радиус тора

Specify tube radius or [2Point/Diameter]: — указать радиус полости

Ключи команды TORUS :

□ 3P — задание длины окружности тора по трем точкам. Три заданные точки также определяют плоскость окружности шара;

□ 2P — задание длины окружности тора по двум точкам. Плоскость окружности шара определяется координатой Z первой точки;

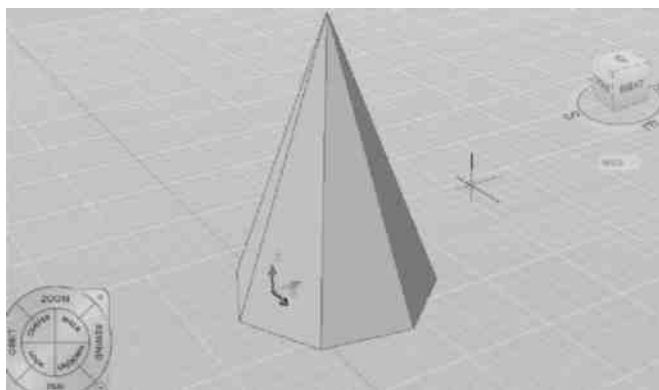
□ `Ttr` — построение тора по заданному радиусу, касающемуся двух объектов. Указанные точки касания проецируются на текущую ПСК.

Радиус тора может иметь отрицательное значение, но радиус трубы должен быть положительным и превосходить абсолютную величину радиуса тора (например, если радиус тора равен  $-2.0$ , то радиус трубы должен быть больше  $+2.0$ ). Данное условие необходимо соблюдать, чтобы не получить в итоге пустое тело (тело без объема). При этом сформированный объект имеет форму мяча для регби.

Допускается построение самопересекающихся торов — таких, у которых нет центрального отверстия. Для этого нужно задавать радиус сечения большим, чем радиус тора.

## Пирамида

Команда **PYRAMID** формирует твердотельную *пирамиду* (рис. 16.10). Команда вызывается из падающего меню `Draw ► Modeling ► Pyramid`, или щелчком на пиктограмме `Pyramid` на панели инструментов `Modeling`, или из меню `3D Modeling`.



**Рис. 16.10.** Твердотельная пирамида

Запросы команды `PYRAMID`:

`4 sides Circumscribed` — текущие значения количества сторон и режима описанный/вписанный

Specify center point of base or [Edge/Sides]: — указать центральную точку основания или один из ключей

Specify base radius or [Inscribed]: — указать радиус основания

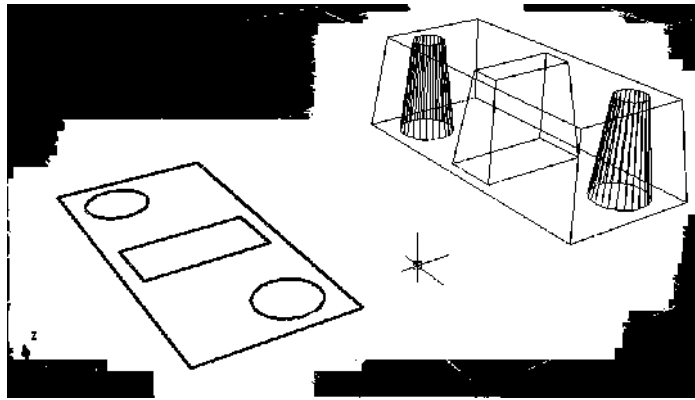
Specify height or [2Point/Axis endpoint/Top radius]:  
— указать высоту или один из ключей

Ключи команды PYRAMID:

- ☐ Edge — указывается длина одной кромки основания пирамиды;
- ☐ Sides — указывается количество сторон для пирамиды. Возможен ввод значения от 3 до 32;
- ☐ Inscribed — указывается, что основание пирамиды вписывается в пределах (строится внутри) радиуса основания пирамиды;
- ☐ Circumscribed — указывается, что основание пирамиды описывается вокруг (строится по периметру) радиуса основания пирамиды;
- ☐ 2Point — указывается, что высота пирамиды равняется расстоянию между двумя указанными точками;
- ☐ Axis endpoint — указывается местоположение конечной точки для оси пирамиды. Данная конечная точка является вершиной пирамиды. Возможно расположение конечной точки оси в любом месте 3D-пространства. Конечная точка оси определяет длину пирамиды и ее положение в пространстве;
- ☐ Top radius — указывается верхний радиус пирамиды при создании усеченной пирамиды.

### Выдавленное тело

Команда **EXTRUDE** позволяет создавать твердотельные объекты методом *выдавливания* двумерных объектов в заданном направлении и на заданное расстояние (рис. 16.11). Команда вызывается из падающего меню Draw ► Modeling ► Extrude или щелчком на пиктограмме Extrude на панели инструментов Modeling.



**Рис. 16.11.** Выдавленное тело

Запросы команды EXTRUDE:

Current wire frame density: ISOLINES=4 — текущая плотность каркаса

Select objects to extrude: — выбрать объекты

Select objects to extrude: — нажать клавишу Enter для завершения выбора

объектов

Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle]: — указать глубину выдавливания

Ключи команды EXTRUDE:

- ☐ Direction — определяет длину и направление выдавливания;
- ☐ Path — позволяет указать высоту и направление выдавливания по заданной траектории;
- ☐ Taper angle — позволяет задать угол сужения конуса для выдавливания.

Допускается выдавливание следующих объектов: отрезков, дуг, эллиптических дуг, двумерных полилиний, двумерных сплайнов, окружностей, эллипсов, трехмерных граней, двумерных фигур, полос, областей, плоских поверхностей, плоских граней на телах. Нельзя выдавить объекты, входящие в блоки, а также полилинии с пересекающимися сегментами. С помощью одной команды

можно выдавить сразу несколько объектов. Направление выдавливания определяется траекторией или указанием глубины и угла конусности.

Команда **EXTRUDE** часто используется для формирования моделей таких объектов, как шестерни или звездочки. Особенно удобна она при создании объектов, имеющих сопряжения, фаски и аналогичного рода элементы, которые трудно воспроизвести, не используя выдавливание сечений.

Конусное выдавливание часто применяется при рисовании объектов с наклонными сторонами, например литейных форм. Не рекомендуется задавать большие углы конусности: в противном случае образующие конуса могут сойтись в одну точку прежде, чем будет достигнута требуемая глубина выдавливания.

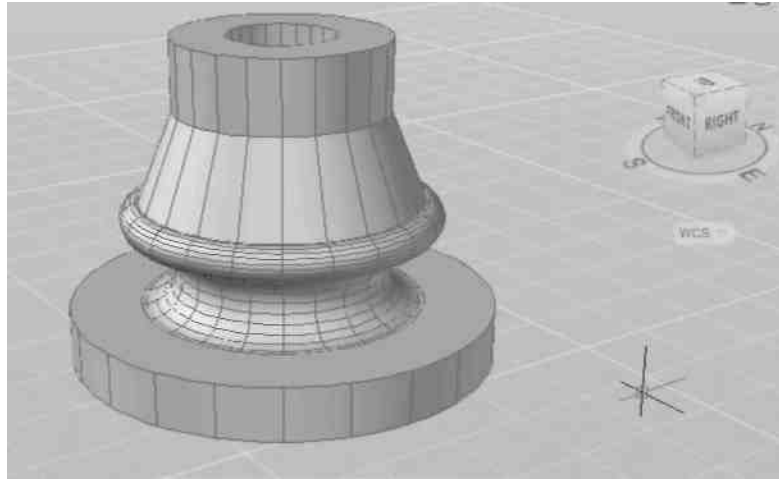
Глубину выдавливания можно определять ненулевым значением или указанием двух точек. При вводе положительного значения происходит выдавливание объектов вдоль положительной оси  $Z$  объектной системы координат, при вводе отрицательного значения — вдоль отрицательной оси  $Z$ .

Траекториями для выдавливания могут быть следующие объекты: отрезки, окружности, дуги, эллипсы, эллиптические дуги, двумерные полилинии, трехмерные полилинии, двумерные сплайны, трехмерные сплайны, грани тел, грани поверхностей, спирали.

## Тело вращения

Команда **REVOLVE** формирует твердотельные объекты путем *вращения* существующих объектов или областей на заданный угол вокруг оси  $X$  или  $Y$  текущей ПСК (рис. 16.12). Команда вызывается из падающего меню Draw ► Modeling ► Revolve или щелчком на пиктограмме Revolve на панели инструментов Modeling.





Select objects to revolve: — нажать клавишу Enter для завершения выбора объектов для вращения

Specify axis start point or define axis by [Object/X/Y/Z] <Object>: — указать начальную точку оси вращения

Specify axis endpoint: — указать конечную точку оси вращения

Specify angle of revolution or [Start angle] <360>: — указать угол вращения

Ключи команды REVOLVE:

- Object — требует указания объекта, используемого в качестве оси. Конец этого отрезка (сегмента), ближайший к точке указания, становится началом оси. Ее положительное направление определяется по правилу правой руки;
- X — использует в качестве оси вращения положительную ось *X* текущей ПСК;
- Y — использует в качестве оси вращения положительную ось *Y* текущей ПСК;
- Z — использует в качестве оси вращения положительную ось

/текущей ПСК.

Можно использовать для вращения следующие объекты: отрезки, дуги, эллиптические дуги, двумерные полилинии, двумерные сплайны, круги, эллипсы, плоские трехмерные грани, двумерные фигуры, полосы, области, плоские грани на телах или поверхностях. Невозможно применить вращение к объектам, входящим в блоки, а также к самопересекающимся.

Объект можно вращать вокруг отрезка, линейных сегментов полилинии, двух заданных точек, линейных кромок тел или поверхностей.

Как и EXTRUDE, команду REVOLVE удобно применять к объектам, имеющим сопряжения и другие аналогичные элементы, которые трудно воспроизвести, не используя вращение сечений.

### Тело сдвига

Команда **SWEEP** формирует новый твердотельный объект путем *сдвига* разомкнутой или замкнутой плоской кривой (контура) вдоль разомкнутой или замкнутой двумерной или трехмерной траектории (рис. 16.13). Команда вызывается из падающего меню Draw ► Modeling ► Sweep или щелчком на пиктограмме Sweep на панели инструментов Modeling.

Запросы команды SWEEP:

Current wire frame density: ISOLINES=4 — текущая плотность каркаса

Select objects to sweep: — выбрать объекты для сдвига

Select objects to sweep: — нажать клавишу Enter для завершения выбора объектов для сдвига

Select sweep path or [Alignment/Base point/Scale/Twist]: — выбрать траекторию сдвига или один из ключей

Ключи команды SWEEP:

□ Alignment — выравнивание. Определяет, будет ли профиль выровнен по нормали к касательной траектории сдвига;

□ `Base point` — указание базовой точки для объектов, подлежащих сдвигу. Если указанная точка не лежит в плоскости выбранных объектов, она проецируется на эту плоскость;

□ `Scale` — указание масштабного коэффициента для операции сдвига. Объекты, сдвигаемые из начальной точки траектории в конечную, масштабируются как единый объект;

□ `Twist` — указание угла закручивания для объектов, подлежащих сдвигу. Угол закручивания определяет вращение вдоль всей длины траектории сдвига.

Операция сдвига отличается от операции выдавливания тем, что при выполнении сдвига контур перемещается и устанавливается перпендикулярным к траектории, затем он сдвигается вдоль траектории.

При сдвиге вдоль замкнутой кривой получается тело, а при разомкнутой — поверхность.

Для построения тела сдвига можно использовать следующие объекты: отрезок, дугу, эллиптическую дугу, двумерную полилинию, двумерный сплайн, окружность, эллипс, плоскую трехмерную грань, двумерное тело, полосу, область, плоскую поверхность, плоские грани тела.

В качестве траектории используются следующие объекты: отрезок, дуга, эллиптическая дуга, двумерная полилиния, двумерный сплайн, окружность, эллипс, трехмерный сплайн, трехмерная полилиния, спираль, кромки тела или поверхности.

### **Тело, созданное с помощью сечения**

Команда **LOFT** позволяет создавать новые тела или поверхности, задавая ряд *поперечных сечений*. Команда вызывается из падающего меню **Draw ► Modeling ► Loft** или щелчком на пиктограмме Loft на панели инструментов Modeling.

При построении тела или поверхности с помощью команды `LOFT`, следует указать как минимум два поперечных сечения, которые определяют форму результирующего объекта.

Запросы команды `LOFT`:

`Select cross-sections in lofting order:` — выбрать поперечные сечения

в восходящем порядке

`Select cross-sections in lofting order:` — нажать клавишу `Enter` для завершения выбора объектов

`Enter an option [Guides/Path/Cross-sections only]`  
`<Cross-sections only>`: — ввести один из ключей

Ключи команды `LOFT`:

☐ `Guides` — задает направляющие кривые, которые управляют формой создаваемого объекта путем добавления информации каркаса к объекту. Для получения корректного результата каждая направляющая кривая должна пересекать каждое поперечное сечение, начинаться на первом поперечном сечении, завершаться на последнем поперечном сечении;

☐ `Path` — задает одиночную траекторию для создаваемого по сечениям объекта, при этом траектория должна пересекать все плоскости поперечных сечений;

☐ `Cross-sections only` — только поперечные сечения.

Диалоговое окно `Loft Settings` позволяет определить настройки сечений.

☐ В области `Surface control at cross sections` настраиваются параметры управления поверхностью в поперечных сечениях.

☐ `Preview changes` — применяет текущие настройки к получаемой по сечениям поверхности или телу и отображает предварительный вид изменений в области чертежа.

В качестве поперечного сечения можно использовать: отрезки, дуги, эллиптические дуги, двумерные полилинии, двумерные сплайны, окружности, эллипсы, точки (только для первого и последнего поперечного сечения).

В качестве траектории сечения можно использовать: линию, дугу, эллиптическую дугу, сплайн, спираль, окружность, эллипс, двумерные полилинии и трехмерные полилинии.

Направляющим объектом может служить: линия, дуга, эллиптическая дуга, двумерный или трехмерный сплайн, двумерная или трехмерная полилиния.

### **Вытянутое тело**

Команда **PRESSPULL** позволяет сжимать или растягивать ограниченные области. Команда вызывается щелчком на пиктограмме Presspull (CTRL+ALT) на панели инструментов Modeling.

Запрос команды PRESSPULL:

Click inside bounded areas to press or pull. — щелкнуть кнопкой мыши в области контура для вытягивания

Допускается сжимать или растягивать ограниченные области следующих типов:

- ☐ области, доступные для штриховки методом выбора точек;
- ☐ области, замыкаемые пересечением компланарных линейных объектов, включая кромки и геометрические объекты в блоках;
- ☐ замкнутые полилинии, области, трехмерные грани и двумерные тела, состоящие из компланарных вершин;
- ☐ области, создаваемые геометрией, включая ребра на гранях, вычерчиваемой компланарно любой грани трехмерного тела.

### **Объединение объектов**

Команды, предназначенные для формирования сложных объектов, вызываются из падающего меню **Modify ► Solid Editing** или с плавающей панели инструментов **Solid Editing**.

**О** Команда **UNION** предназначена для *объединения* объектов и создает сложный объект, который занимает суммарный объем всех его составляющих (рис. 16.14). Команда позволяет создавать новые составные тела или области из нескольких существующих тел или областей, в том числе не имеющих общего объема или площади (то есть непересекающихся). Команда вызывается из падающего меню **Modify ► Solid Editing ► Union** или щелчком на пиктограмме **Union** на панели инструментов **Solid Editing**.

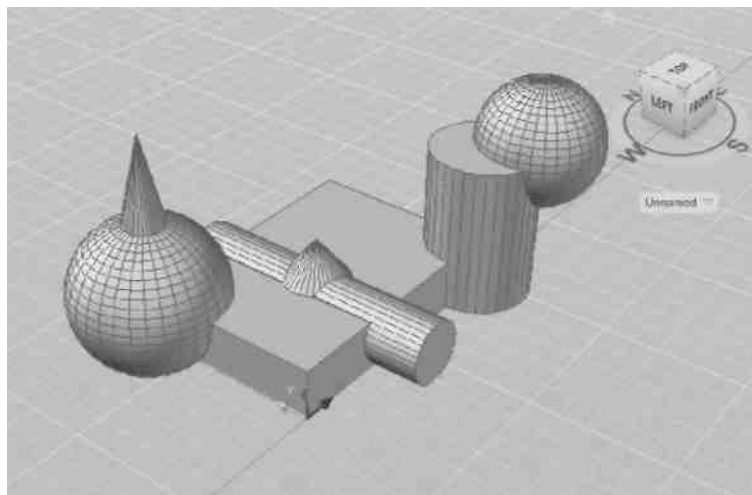
Запросы команды **UNION**:

Select objects: — выбрать объекты

Select objects: — выбрать объекты

Select objects: — нажать клавишу **Enter** для завершения работы

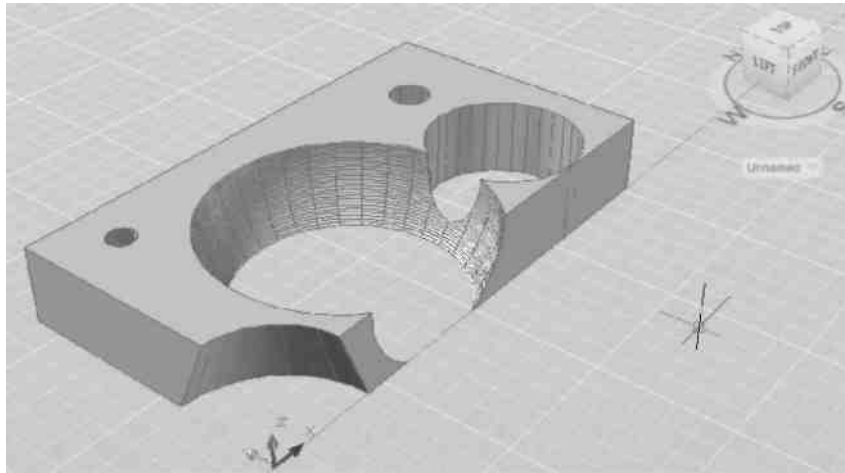
команды



### Вычитание объектов

Команда **SUBTRACT** обеспечивает *вычитание* одного объекта из другого (рис. 16.15). Таким образом команда позволяет сформировать новое составное тело или область. Области создаются путем вычитания площади одного набора областей или двумерных примитивов из площади другого набора. Тела

создаются путем вычитания одного набора объемных тел из другого подобного набора. Команду можно вызвать из падающего меню **Modify ► Solid Editing ► Subtract** или щелчком на пиктограмме **Subtract** на панели инструментов **Solid Editing**.



**Рис. 16.15.** Твердотельные объекты, полученные вычитанием

Запросы команды **SUBTRACT**:

Select solids and regions to subtract from . . — **вы-**  
брать тела и области, из которых будет выполняться вычитание

Select objects:

Select objects: — нажать клавишу **Enter** для завершения выбора  
объектов

Select solids and regions to subtract .. — выбрать тела  
или области для вычитания

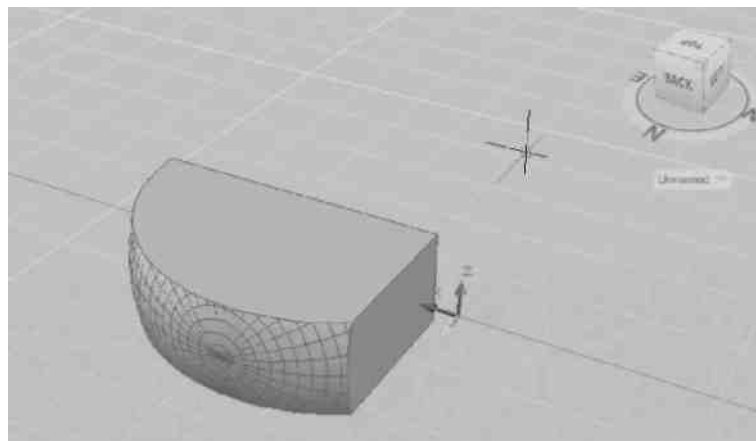
Select objects:

Select objects: — нажать клавишу **Enter** для завершения работы  
команды

### **Пересечение объектов**

Команда **INTERSECT** позволяет при *пересечении* нескольких существующих объектов создать новые составные тела и области (рис. 16.16). Созданное сложное тело занимает объем, общий для двух или более пересекающихся тел,

при этом непересекающиеся части объемов из рисунка удаляются. Команда вызывается из падающего меню **Modify ► Solid Editing ► Intersect** или щелчком на пиктограмме **Intersect** на панели инструментов **Solid Editing**.





**Рис. 16.16.** Твёрдотельный объект, полученный путем пересечения

Запросы команды INTERSECT:

Select objects: — выбрать объекты

Select objects: — выбрать объекты

Select objects: — нажать клавишу Enter для завершения работы команды

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основная литература

1. Ирзаев Г.Х. Экспертные методы управления технологичностью промышленных изделий [Электронный ресурс]: монография/ Ирзаев Г.Х.— Электрон. текстовые данные. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. — 192 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5063> . — ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л.— Электрон. текстовые данные. — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2016. — 271 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7003> . — ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Сафонов А.В. Проектирование полиграфического производства [Электронный ресурс]: учебник/ Сафонов А.В., Могинов Р.Г., Климова Е.Д.— Электрон. текстовые данные. — М.: Дашков и К, 2012. — 500 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14086> . — ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Ершов А.К. Управление качеством [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ершов А.К.— Электрон. текстовые данные. — М.: Логос, Университетская книга, 2018. — 288 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9102> . — ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Проскуряков Н.Е., Ходов С.И. Основы методов планирования эксперимента. Учебное пособие. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. – 76 с. (Электронно-библиотечная система «БИБЛИОТЕХ») - Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/>, по паролю.

### Дополнительная литература

1. Аттетков А.В. Методы оптимизации: учебник для вузов / А.В. Аттетков, С.В. Галкин, В.С. Зарубин; под ред.: В.С., Зарубина, А.П. Крищенко. — 2-е изд., стер. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. — 440 с.
2. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: методы планирования эксперимента / Н. Джонсон, Ф. Лион; под ред. Э. К. Лецкого, Е. В. Марковой. — М.: Мир, 1981. — 375 с.
3. Эконометрика [Электронный ресурс]: учебник/ К.В. Балдин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: Дашков и К, 2011. — 562 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5265>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Шаронов В.Е. Компьютер для химика: Учебно-методическое пособие. — Новосибирск: Изд-во НГУ, 2006. — 44 с. — Режим доступа: Единое окно доступа к образовательным ресурсам [сайт] URL: <http://window.edu.ru/resource/635/37635>.
5. Проскуряков Н.Е., Кузовлева О.В. Основные полиграфические термины: учебно-методич. пособие. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. – 144 с. (Электронный читальный зал "БИБЛИОТЕХ"). – Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/>, по паролю.

### Периодические издания

1) PC Magazine Персональный компьютер сегодня .— М. : ЗАО "СК Пресс" — ежемесячно .— ISSN 0869-4257.

2) Домашний компьютер. — Москва, .— ISSN 1819-2742.

### **Интернет-ресурсы**

1. Научная Электронная Библиотека eLibrary - библиотека электронной периодики.- Режим доступа: <http://elibrary.ru/> , по паролю.- Загл. с экрана.

2. Электронный читальный зал “БИБЛИОТЕХ” : учебники авторов ТулГУ по всем дисциплинам.- Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/>, по паролю.- Загл. с экрана

3. ЭБС Издательства «Лань» e.lanbook.- Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>, по паролю.- Загл. с экрана.

4. ЭБС «КнигаФонд» (ООО «Центр цифровой дистрибуции») knigafund.- Режим доступа: <http://www.knigafund.ru/>.- Загл. с экрана.

5. ЭБС IPRBooks универсальная базовая коллекция изданий. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>, по паролю.

6. Журнал "Тара и упаковка" / Объединенная редакция журналов "Тара и упаковка" и "Логистика". Издаётся с 1999 г.- Выходит ежемесячно. — ISSN 0868-5568 – <http://magpack.ru/win/about.html#4>

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Политехнический институт  
Кафедра «Технологические системы пищевых, полиграфических  
и упаковочных производств»

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

по дисциплине

«Моделирование технических систем и технологических процессов»

на тему:

**«Разработка модели технологического оборудования»**

Выполнил ст. гр. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ( И.О. Фамилия)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Проверил. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ( И.О. Фамилия)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Тула 20\_\_

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Политехнический институт  
Кафедра «Технологические системы пищевых, полиграфических  
и упаковочных производств»

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу

Студенту гр. \_\_\_\_\_  
индекс группы фамилия, и. о.

Тема

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Рекомендуемая литература \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Срок защиты \_\_\_\_\_

Задание принял \_\_\_\_\_  
подпись студента фамилия, и. о.

Задание выдал \_\_\_\_\_  
подпись преподавателя фамилия, и. о.

Пояснительная записка пояснительная записка набирается на компьютере в текстовом редакторе типа *Лексикон* (под MS DOS) или *WORD* (под Windows).

При использовании *WORD*, текст набирается шрифтом *Times New Roman (Cyr)* величиной 14 пунктов с одинарным интервалом. Формат бумаги - А4. Абзацный отступ - 1,25 см. Все поля страницы – по 2 см, переплет – 1 см. Текст на странице выравнивается по ширине.

Таблицы желательно располагать на странице без разрыва, а в случае переноса на другую страницу – дублируется шапка таблицы.

Рисунки располагаются по тексту пояснительной записки. В порядке исключения рисунки могут быть выполнены на отдельных листах белой бумаги, либо на кальке черной тушью или пастой. Рисунки имеют подрисовочную надпись и нумерацию – либо сквозную, либо по разделам.

Формулы следует выполнять в редакторе *Microsoft Equation* со следующими размерами:

обычный .....	18 пт;
крупный индекс .....	14 пт;
мелкий индекс .....	12 пт;
крупный символ .....	24 пт;
мелкий символ .....	10 пт.

Шрифты: *Times New Roman (Cyr)*, *Symbol*.

Ссылки на литературу даются в квадратных скобках.

Желательно проверять орфографию и грамматику текста пояснительной записки перед распечаткой – для этого в редакторах имеются специальные опции!

Второй страницей пояснительной записки (первая – титульный лист) является аннотация. На этом листе необходимо выполнить рамку и основную надпись как для текстовых документов (см. спецификацию).

Остальные требования к пояснительной записке – см. ГОСТы на выполнение текстовых документов.

Образец выполнения титульного листа прилагается (приложение 1). В библиотеке кафедры имеется его электронная версия.

## СПИСОК НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Стандарты ЕСКД по правилам выполнения чертежей и схем и на условные графические обозначения.

Общие правила выполнения некоторых документов.

1. ГОСТ 2.102-68. ЕСКД Виды и комплекты конструкторской документации;
2. ГОСТ 2.104-68. ЕСКД Основные надписи(1-1-73)\*);
3. ГОСТ 2.105-79. ЕСКД Основные требования к текстовым документам;
4. ГОСТ 2.106-68. ЕСКД Текстовые документы.

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

## Основная литература

1. Варакин, А.С. AutoCAD / А.С.Варакин. — М.;СПб.;Киев : Диалектика, 2006.
1. Ирзаев Г.Х. Экспертные методы управления технологичностью промышленных изделий [Электронный ресурс]: монография/ Ирзаев Г.Х.— Электрон. текстовые данные. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. — 192 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5063> . — ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Аверченков В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Аверченков В.И., Федоров В.П., Хейфец М.Л.— Электрон. текстовые данные. — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2016. — 271 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7003> . — ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Сафонов А.В. Проектирование полиграфического производства [Электронный ресурс]: учебник/ Сафонов А.В., Могинов Р.Г., Климова Е.Д.— Электрон. текстовые данные. — М.: Дашков и К, 2012. — 500 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14086> . — ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Ершов А.К. Управление качеством [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ершов А.К.— Электрон. текстовые данные. — М.: Логос, Университетская книга, 2018. — 288 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9102> . — ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. Проскуряков Н.Е., Ходов С.И. Основы методов планирования эксперимента. Учебное пособие. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. – 76 с. (Электронно-библиотечная система «БИБЛИОТЕХ») - Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/>, по паролю.

## Дополнительная литература

1. Аттетков А.В. Методы оптимизации: учебник для втузов / А.В. Аттетков, С.В. Галкин, В.С. Зарубин; под ред.: В.С., Зарубина, А.П. Крищенко. — 2-е изд., стер. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. — 440 с.
2. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: методы планирования эксперимента / Н. Джонсон, Ф. Лион; под ред. Э. К. Лецкого, Е. В. Марковой. — М.: Мир, 1981. — 375 с.
3. Эконометрика [Электронный ресурс]: учебник/ К.В. Балдин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М.: Дашков и К, 2011. — 562 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5265>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Шаронов В.Е. Компьютер для химика: Учебно-методическое пособие. — Новосибирск: Изд-во НГУ, 2006. — 44 с. — Режим доступа: Единое окно доступа к образовательным ресурсам [сайт] URL: <http://window.edu.ru/resource/635/37635>.
5. Проскуряков Н.Е., Кузовлева О.В. Основные полиграфические термины: учебно-методич. пособие. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. – 144 с. (Электронный читальный зал "БИБЛИОТЕХ"). – Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/>, по паролю.