

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

**Т. В. МАТУСЕВИЧ**

***МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ  
СРЕДСТВАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ***

*Рекомендовано УМО по образованию в области  
информатики и радиоэлектроники для специальностей, закрепленных  
за УМО по образованию в области информатики и радиоэлектроники  
в качестве учебно-методического пособия*

Минск БГУИР 2013

УДК 004.92(076)  
ББК 32.973.26-018.2я73  
М33

Рецензенты:

кафедра инженерной графики машиностроительного профиля  
Белорусского национального технического университета  
(протокол №2 от 20.09.2012);

кандидат технических наук,  
доцент кафедры инженерной графики  
учреждения образования «Белорусский государственный  
технологический университет» Н. И. Жарков

**Матусевич, Т. В.**

М33 Моделирование деталей средствами компьютерной графики : учеб.-метод. пособие / Т. В. Матусевич. – Минск : БГУИР, 2013. – 50 с. : ил.  
ISBN 978-985-488-935-1.

В учебно-методическом пособии приведены рекомендации по созданию модели твердотельного объекта в среде AutoCAD 2005. Изучив учебно-методическое пособие, студент должен уметь создать корректную трехмерную модель и сформировать чертеж с последующим выводом на печать. Чертеж должен содержать аксонометрическую проекцию детали с вырезом.

Предназначено для студентов всех специальностей дневной формы обучения по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика».

УДК 004.92(076)  
ББК 32.973.26-018.2я73

ISBN 978-985-488-935-1

© Матусевич Т. В., 2013  
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2013

## Содержание

Введение .....	4
1. Трехмерное моделирование .....	5
1.1. Общие сведения .....	5
1.2. Ввод координат .....	5
1.3. Системы координат .....	6
1.4. Настройка точки зрения .....	11
1.5. Виды .....	14
1.6. Тела .....	17
1.7. Редактирование тел .....	21
2. Пример создания модели твердотельного объекта .....	23
2.1. Задание .....	23
2.2. Порядок выполнения .....	24
2.3. Построение изометрического изображения твердотельного объекта с вырезом .....	35
3. Задание и порядок его выполнения студентами .....	43
Литература .....	44
Приложение. Примеры заданий .....	45

## **Введение**

Настоящее учебно-методическое пособие разработано в помощь студентам всех специальностей, изучающих дисциплину «Начертательная геометрия и инженерная графика». Пособие поможет студентам при выполнении индивидуальных заданий по инженерной графике. В учебно-методическом пособии содержатся:

- теоретические сведения по созданию модели твердотельного объекта средствами компьютерной графики;
- методические рекомендации по созданию трехмерной твердотельной модели и разработке на ее основе чертежа в среде AutoCAD;
- пример создания модели твердотельного объекта.

Изучив данное пособие, студенты смогут:

- создавать трехмерные модели отдельных геометрических объектов;
- разрабатывать на его основе чертежи.

Библиотека БГУИР

## 1. Трехмерное моделирование

### 1.1. Общие сведения

В геометрическом пространственном моделировании объект можно представить в виде каркасной, полигональной (поверхностной) и объемной (твердотельной) моделей. Конструктивными элементами каркасной модели являются ребро и точка. Эта модель проста, но с ее помощью можно представить в пространстве только ограниченный класс деталей.

При создании полигональной модели предполагается, что объекты ограничены поверхностями, которые отделяют их от окружающей среды. Такая оболочка тела графически изображается поверхностями. С помощью полигональной модели можно описать любую поверхность технического объекта, содержащую наряду с плоскими многоугольниками поверхности второго порядка и аналитически не описываемые поверхности.

В основу описания объекта объемной моделью положен принцип формирования сложной модели из элементарных объемов (базисных тел) с использованием логических операций объединения, вычитания и пересечения. Одно из достоинств объемных моделей тел заключается в том, что их можно анализировать: можно вычислить такие свойства тел, как центр тяжести, массу, площадь поверхности, моменты инерции и т. д., а также определить их физические свойства.

### 1.2. Ввод координат

Ввод координат точек – это один из центральных вопросов при работе с системой. Именно точки нужны для построения графических объектов: концы отрезка, центр окружности и т. п. Самый простой способ ввода точки – это визуальный, когда щелчком левой кнопкой мыши осуществляется указание на экране положения точки, при этом вы можете ориентироваться на счетчик координат в строке состояния (рис. 1.1). Можно включать/выключать отображение координат в строке состояния с помощью функциональной клавиши <F6> или щелкнув мышью по строке координат.

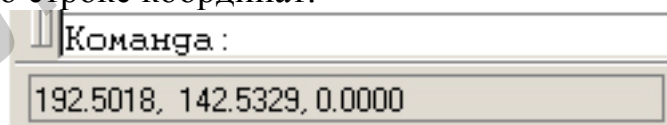


Рис. 1.1. Счетчик координат в строке состояния

Самым распространенным является способ ввода абсолютных декартовых координат точки с клавиатуры, например:

25, -15.45

В данном примере указана двумерная точка с координатами:  $X = 25$  мм,  $Y = -15.45$  мм. При вводе координат с клавиатуры запятая является разделителем между абсциссой и ординатой, а точка используется как разделитель между целой и дробной частями числа.

Если при вводе точек нужна третья координата, то она должна следовать через запятую после Y, например:

$25, -15.45, 32.05$

Следующий способ ввода точек – с клавиатуры, в относительных декартовых координатах, например:

$@-10, 18$

Данная запись означает, что новая точка задается смещением относительно предыдущей точки (смещение определяет символ «@»), со сдвигом по оси X на  $-10$  мм (т. е. влево на 10 мм) и сдвигом по оси Y на 18 мм (т. е. вверх на 18 мм).

В относительных декартовых координатах может присутствовать и координата Z, например:

$@-10, 18, 5.5$

Если координата Z опущена, считается, что новая точка по третьей координате имеет смещение 0 относительно предыдущей точки.

Следующий способ ввода точек – это относительный ввод в полярных координатах с клавиатуры, например:

$@67.85<35$

В такой форме записи нет запятых, зато появился символ «<», который интерпретируется как знак угла. В данном примере новая точка задается относительно предыдущей, причем расстояние между ними в плоскости равно 67.85 мм, а вектор, проходящий из предыдущей точки в новую точку, образует угол  $35^\circ$  с положительным направлением оси абсцисс. Расстояние должно обязательно быть положительным, а угол может быть любым числом.

Подобно относительным полярным координатам в трехмерном пространстве используются и относительные цилиндрические координаты, например:

$@67.85<35, 50$

Здесь новая точка смещена по Z на 50 мм, а проекция вектора, идущего из первой точки во вторую, на плоскость XY имеет длину 67.85 мм и образует угол  $35^\circ$  с положительным направлением оси абсцисс. Расстояние должно быть обязательно с положительным направлением оси X.

В трехмерном пространстве также используются относительные сферические координаты, например:

$@25<60<45$

В данном примере точка задается следующим образом: сначала из текущей точки в плоскости, параллельной плоскости XY, строится луч, образующий угол в  $60^\circ$  относительно положительного направления оси X, затем луч наклоняется относительно плоскости XY на  $45^\circ$  и на определившемся таким образом направленном пространстве искомая точка смещается относительно начальной на 25 мм.

### 1.3. Системы координат

Значения координат независимо от способа ввода всегда связаны с некоторой системой координат. По умолчанию в AutoCAD используется так назы-

ваемая мировая система координат (МСК). Она определена так, что ось  $X$  направлена слева направо, ось  $Y$  – снизу вверх, ось  $Z$  – перпендикулярно экрану вовне. В новом рисунке начало координат задано в левом нижнем углу экрана. Признаком МСК является буква  $W$  в пиктограмме осей (рис. 1.2, а).

Работать в МСК не всегда удобно, поскольку она может быть неоптимальной для создаваемого изображения. Системы координат, создаваемые пользователем, называются пользовательскими системами координат (ПСК). В трехмерных задачах ПСК задает пространственную плоскость построений, относительно которой ведется создание объектов, выполняются команды редактирования, определяются координаты. Пространственные построения связаны с постоянным переопределением плоскости построений. Это может быть, например, параллельный перенос плоскости и начала координат в новую точку пространства, поворот плоскости построений относительно пространственной оси, задание плоскости по трем точкам.

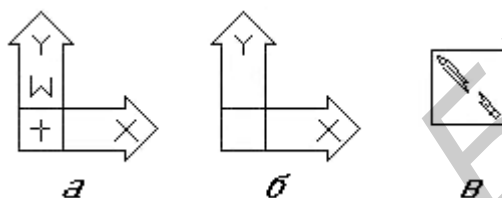


Рис. 1.2. Пиктограммы систем координат

Установленная система координат отображается на экране с помощью пиктограммы осей (рис. 1.2). Стрелки указывают направление осей. Крестик в пиктограмме указывает точку начала координат (см. рис. 1.2, а). Если крестик отсутствует, то пиктограмма не отслеживает начало координат, она смещена в левый нижний угол видового окна (см. рис. 1.2, б). Это имеет место в двух случаях: либо режим контроля начала координат отключен, либо пиктограмма не помещается в том месте, где находится начало координат. Если пиктограмма имеет вид «сломанного карандаша» (см. рис. 1.2, в), то это значит, что направление взгляда оказалось параллельным плоскости  $XU$  и в данный момент невозможно мышью указать точку на этой плоскости. «Сломанный карандаш» предостерегает, что в данном окне не рекомендуется выполнять какие-либо построения, а следует только смотреть на объект для понимания его формы.

Для задания новой пользовательской системы координат используется команда ПСК, которая позволяет задать начало новой системы координат и положение новых осей  $X$  и  $Y$ , а положение новой оси  $Z$  зависит от положения соответствующих осей  $X$  и  $Y$ , поэтому определяется автоматически.

Команде ПСК соответствует панель инструментов ПСК (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Панель ПСК

Рассмотрим работу команды **ПСК**. После ввода имени команды с клавиатуры или щелчка по кнопке  панели **ПСК** система выводит сообщение:

Команда: `_ucs`

Текущая ПСК: `*МИРОВАЯ*`

Эта информация показывает имя текущей ПСК (в нашем примере текущей является **МИРОВАЯ**). Далее следует запрос:

Задайте опцию [Новая/Перенести/Ортогональная/предыдущая/Восстановить/Сохранить/Удалить/применить/?/Мир] <Мир>:

Возможен выбор следующих опций:

- **Новая** – переход в режим создания новой ПСК;
- **Перенести** – перенос начала текущей ПСК в новую точку;
- **Ортогональная** – выбор одной из шести стандартных ортогональных систем координат;
- **предыдущая** – возврат к предыдущей ПСК;
- **Восстановить** – восстановление ПСК по ее имени;
- **Сохранить** – сохранение текущей ПСК с новым именем;
- **Удалить** – удаление именованной ПСК;
- **применить** – применение ПСК текущего видового экрана к другому экрану или сразу ко всем видовым экранам;
- **?** – вывод списка именованных ПСК с их характеристиками;
- **Мир** – восстановление МСК.

Для создания новой ПСК следует выбрать опцию **Новая**. Далее система AutoCAD запрашивает:

Укажите начало новой ПСК или

[Zось/Зточки/Объект/Грань/Вид/X/Y/Z] <0,0,0>: Укажите начало новой ПСК или [Zось/Зточки/Объект/Грань/Вид/X/Y/Z] <0,0,0>:


В этом случае возможны следующие опции создания новой системы координат:


- **начало новой ПСК** – перенос начала ПСК в новую точку с сохранением направления осей X и Y;
- **Zось** – указание нового начала координат и точки, лежащей на положительном направлении новой оси Z;
- **Зточки** – указание нового начала координат и точек, определяющих положительные направления новых осей X и Y;
- **Объект** – установка ПСК по плоскости двумерного объекта;
- **Грань** – установка ПСК по плоскости грани трехмерного тела;
- **Вид** – установка ПСК перпендикулярно направлению взгляда (в плоскости вида), с сохранением начала координат;
- **X** – поворот текущей ПСК вокруг текущей оси X;
- **Y** – поворот текущей ПСК вокруг текущей оси Y;
- **Z** – поворот текущей ПСК вокруг текущей оси Z.




Самой универсальной является опция **Точки**. В этой опции система запрашивает три точки: новое начало координат, точку на положительном луче новой оси X, точку на положительном луче оси Y в плоскости XY. Все три точки указываются в действующей системе координат.

На панели инструментов ПСК (см. рис. 1.3) собраны кнопки, которые соответствуют различным вариантам (комбинациям опций) команды ПСК. Поэтому щелчок по любой кнопке этой панели инструментов почти всегда означает, что вызывается команда ПСК с некоторой опцией. Перечислим кнопки панели инструментов ПСК:

 – вызывает выполнение команды ПСК без автоматического выбора опций (далее их задает пользователь);


 – вызывает диалоговое окно ПСК для управления именованными системами координат;

 – восстанавливает предыдущую ПСК;


 – восстанавливает МСК (мировая система координат);


 – устанавливает ПСК по объекту;

 – совмещает ПСК с выбранной гранью трехмерного тела;

 – устанавливает новую систему координат с плоскостью XY, параллельной экрану (виду);

 – устанавливает новую ПСК путем переноса начала системы координат;


 – устанавливает ПСК путем указания нового начала системы координат и точки, лежащей на положительном направлении оси Z;


 – устанавливает новую ПСК с помощью трех точек (начала координат и направления осей X и Y);

 – выполняет поворот текущей ПСК вокруг оси X;

 – выполняет поворот текущей ПСК вокруг оси Y;

 – выполняет поворот текущей ПСК вокруг оси Z;

 – применяет текущую ПСК к выбранному видовому экрану.

В процессе построений системы координат на экране приходится постоянно изменять, поэтому отдельные из них – ключевые – целесообразно сохранять. Сохранение осуществляется путем присвоения ПСК имени, по которому ее можно восстановить без повторения построений. Для этих целей служит диалоговое окно ПСК (рис. 1.4), которое можно вызвать при помощи команды главного меню **Сервис \ Именованные ПСК**, либо щелчком по кнопке  инструментальной панели ПСК. Диалоговое окно имеет три вкладки: **Именованные ПСК**, **Ортогональные ПСК** и **Режимы**. Вкладка Именованные ПСК позволяет видеть список именованных ПСК и устанавливать любую из них с по-

мощью кнопки «Установить». Для сохранения текущей ПСК необходимо переименовать строку *Без имени* (см. рис. 1.4).

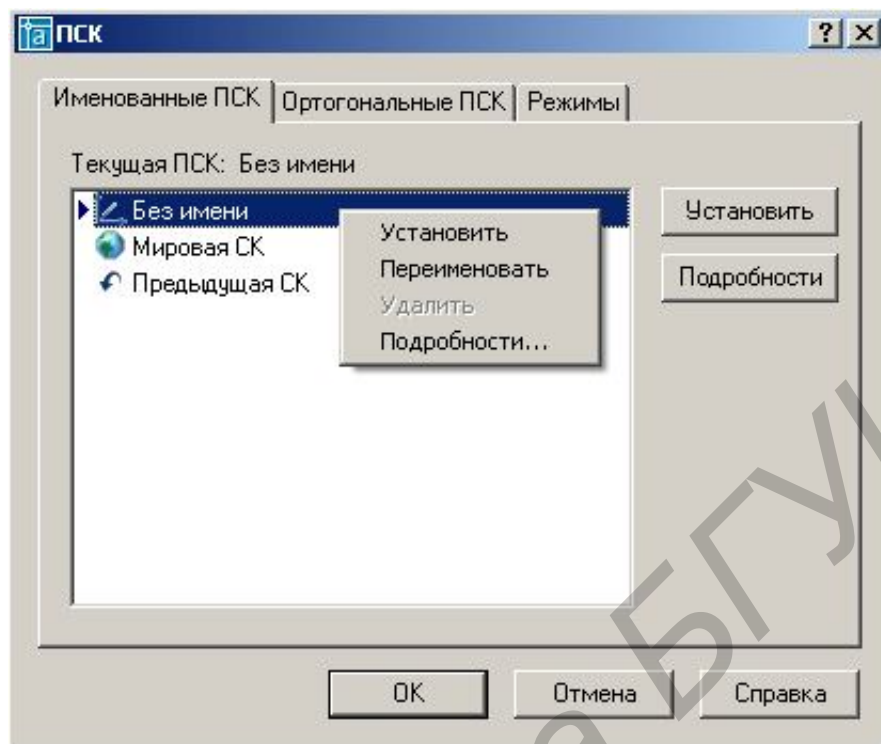


Рис. 1.4. Диалоговое окно ПСК, вкладка Именованные ПСК

Чаще всего объекты строятся относительно плоскостей XY, YZ и XZ мировой системы координат. Системы координат, определяемые этими плоскостями, называются в системе AutoCAD ортогональными. Для задания в качестве текущей ПСК ортогональной системы координат можно воспользоваться опцией **О**ртогональная команды ПСК или вкладкой **О**ртогональные ПСК диалогового окна ПСК (рис. 1.5). Для установки новой ПСК необходимо в области, расположенной в центре окна, выбрать наименование нужной ортогональной ПСК (Сверху, Снизу, Спереди, Сзади, Слева или Справа) и щелкнуть по кнопке «Установить». Перечисленные системы координат получили свои названия по расположению оси Z. Например, ПСК Спереди соответствует системе координат с передним положением положительного направления новой оси Z, в то время как ПСК Сверху аналогична МСК.

Поле «Относительно» задает ПСК, относительно которой устанавливается новая ортогональная ПСК. Задание параметра «Глубина» позволяет дополнительно переместить плоскость текущей ортогональной ПСК вдоль оси Z.

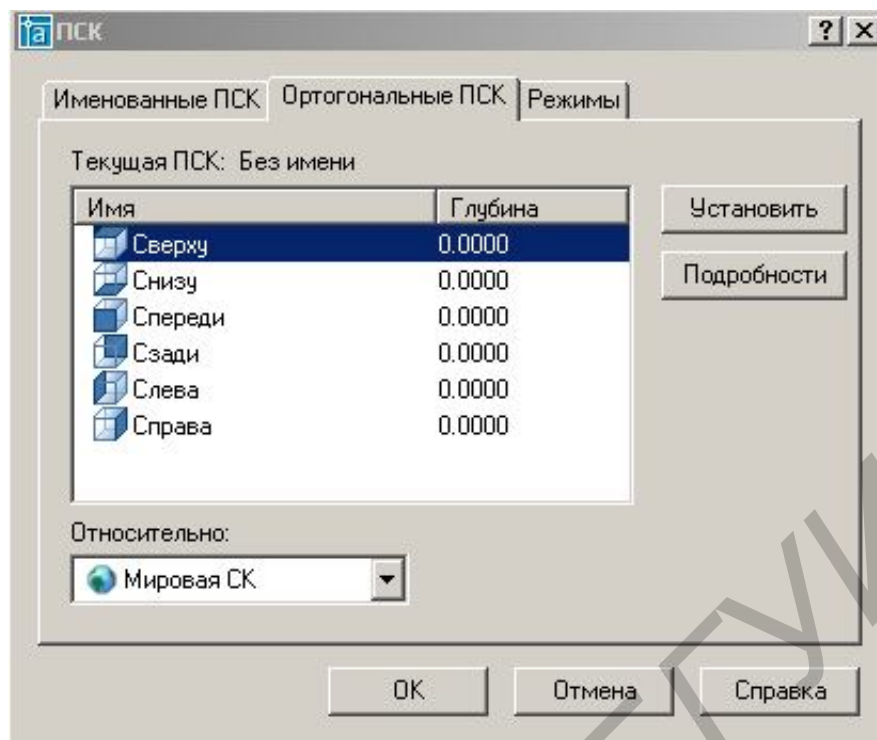


Рис. 1.5. Диалоговое окно ПСК, вкладка Ортогональные ПСК

#### 1.4. Настройка точки зрения

При создании трехмерных моделей очень важно уметь поворачивать модель, задавая нужное направление взгляда, формировать виды. Формируемый в графическом окне рисунка вид трехмерной модели зависит, в первую очередь, от точки зрения (направления взгляда), которую устанавливает пользователь. Стандартный вид, автоматически создаваемый в новом документе AutoCAD, – это вид сверху (т. е. с конца оси Z на плоскость XY МСК). Для установки других точек зрения в системе предусмотрено несколько специальных команд.

Команда **DDVPOINT** позволяет установить в пространстве модели активного графического окна новую точку зрения. Команде соответствует пункт **Стандартные точки зрения...** в подменю **3М виды** главного меню **Вид**. Команда **DDVPOINT** открывает диалоговое окно **Задание точки зрения**, в котором точка зрения задается с помощью двух углов (рис. 1.6). Углы определяют две плоскости, линия пересечения которых и будет линией направления взгляда.



Рис. 1.6. Диалоговое окно Задание точки зрения

В области Задание углов зрения необходимо выбрать один из двух переключателей, которые уточняют, относительно какой системы координат будут задаваться углы:

- абсолютно в МСК;
- относительно ПСК.

В первом случае углы будут задаваться относительно МСК, а во втором – относительно текущей ПСК.

Сами углы необходимо либо ввести в полях ось X и плоскость XY, либо указать щелчком мыши в расположенной в центре окна графической области (в этой области левая часть соответствует полю «Угол с осью X», а правая часть – полю «Угол с плоскостью XY»). Левая диаграмма показывает угол между проекцией вектора взгляда на плоскость XY и осью X, правая – наклон направления взгляда к плоскости XY. Кнопка «Вид в плане» устанавливает вид в плане выбранной ПСК, аналогично команде **PLAN**.

Команда **PLAN** применяется для выбора точки зрения, когда в рисунке есть разные ПСК. В качестве направления взгляда будет взято направление с конца оси Z на плоскость XY той ПСК, которая будет указана пользователем в ответ на такой запрос:


Команда: `_plan`

Задайте опцию [Текущая/Пск/Мир] <Текущая>:

Опции команды имеют следующие значения:

- **Текущая** – устанавливает вид в плане текущей ПСК;
- **ПСК** – устанавливает вид в плане некоторой ПСК (имя этой ПСК будет запрошено следующим шагом);
- **Мир** – устанавливает вид в плане МСК.

Аналогичную функцию выполняет подменю **Вид в плане**, входящее в подменю **3М виды** главного меню **Вид**.

Самые богатые возможности установки новой точки зрения и смены текущего вида у команды **3DORBIT**, которой соответствует кнопка  стандартной панели инструментов, а также пункт **3М орбита** главного меню **Вид**.

Команда позволяет динамически изменять вид трехмерных объектов с помощью устройства указания. Если в момент вызова команды в рисунке были выбраны какие-либо объекты, то в дальнейших манипуляциях настройки вида участвуют только они. При отсутствии выбранных объектов динамическое изменение показывает новое положение всех видимых объектов рисунка (при большом объеме рисунка это может происходить медленно).

На период работы команды **3М орбита** знак ПСК изменяется на цветной знак трехмерных осей, и на виде накладывается орбитальное кольцо (рис. 1.7). Центр орбитального кольца совпадает с центром вида, вокруг которого пользователь может перемещать свою камеру. При движении курсор может принимать разные формы, что влияет на способ вращения вида. Если устройство указания находится внутри орбитального кольца, курсор принимает форму сферы с двумя внешними окружностями-орбитами. В этом случае нажатие левой клавиши мыши и перемещение курсора внутри кольца вращают вид вокруг точки цели. Вращение возможно во всех направлениях. Если курсор находится вне орбитального кольца, он выглядит как сфера с внешней окружностью-стрелкой. В этом случае нажатие левой кнопки мыши и перемещение курсора вне кольца вращают вид вокруг оси, проходящей через центр орбитального кольца перпендикулярно экрану.

Если курсор находится на левом или правом малом кругах, расположенных в точках левого и правого квадрантов орбитального кольца, он принимает форму сферы с горизонтальным эллипсом-стрелкой. Нажатие левой клавиши мыши и перемещение курсора из этих точек вызывают вращение вида относительно вертикальной оси, расположенной в плоскости орбитального кольца и проходящей через его центр.

Если курсор находится на верхнем или нижнем малом кругах (квадрантах) орбитального кольца, он имеет форму маленькой сферы с вертикальным эллипсом-стрелкой. Нажатие левой кнопки мыши и перемещение курсора из этих точек вызывают вращение вида относительно горизонтальной оси, расположенной в плоскости кольца и проходящей через его центр.

Выход из команды **3М орбита** – нажатие клавиш <Esc> или <Enter>.

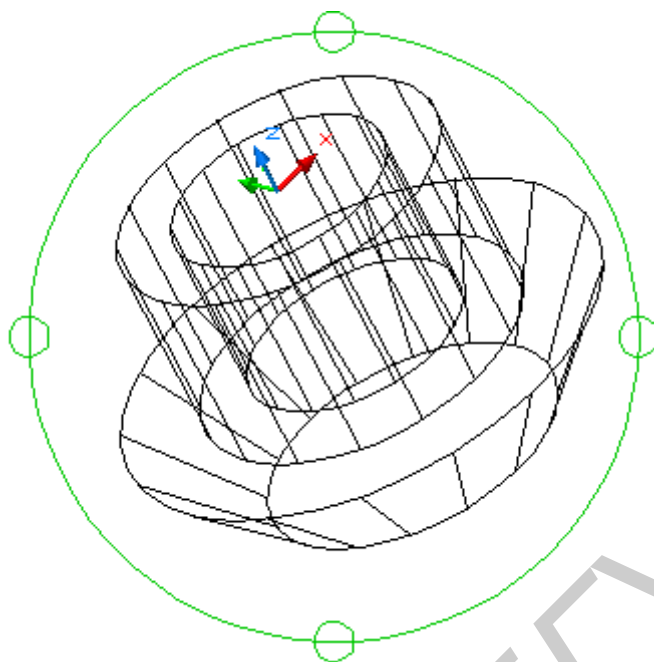



Рис. 1.7. Орбитальное кольцо

### 1.5. Виды

Вид – это часть чертежа, видимая из данной точки зрения. Видам можно присваивать имена, которые хранятся в рисунке в специальной таблице. Неименованные виды после их смены теряются (несколько последних еще можно восстановить с помощью кнопки  стандартной панели инструментов).


Основным инструментом для операций с видами является команда **VIEW**, которой соответствует кнопка  панели инструментов View (Вид) (рис. 1.8) или стандартной панели инструментов.



Рис. 1.8. Панель Вид

Рассмотрим диалоговое окно Вид, открываемое командой **VIEW**. Окно имеет две вкладки и обычно открывается на вкладке **Именованные виды** (рис. 1.9).



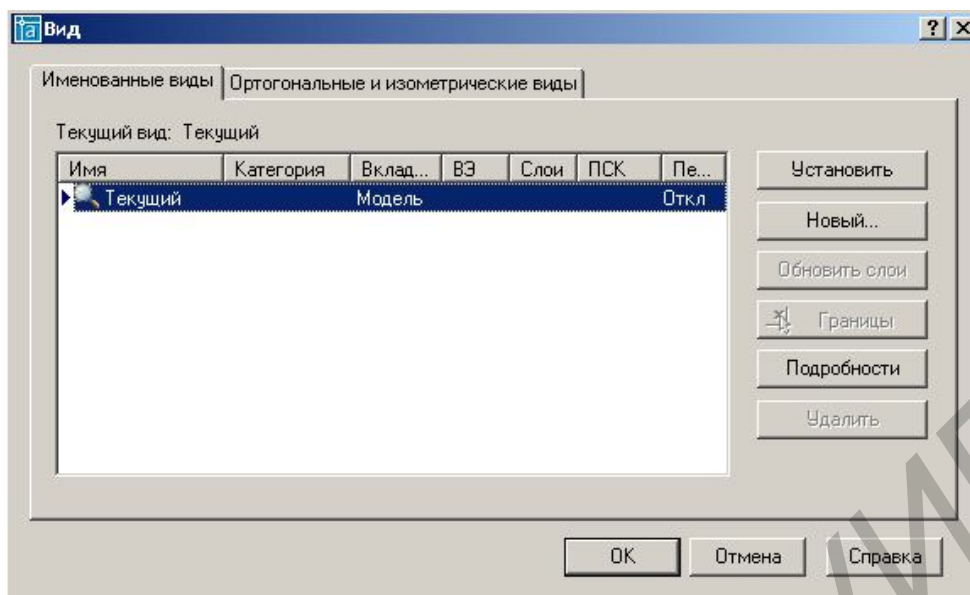


Рис. 1.9. Диалоговое окно Вид, вкладка Именованные виды

Список видов, занимающий большую часть вкладки, имеет семь колонок с параметрами видов текущего рисунка:

- **Имя** – наименование вида;
- **Категория** – в которой именованный вид представлен на вкладке «Список видов»;
- **Вкладка** – имя вкладки, на которой был сохранен именованный вид;
- **ВЭ** – связь именованного вида с видовым экраном на листе;
- **Слой** – сохранение настроек видимости слоя вместе с именованным видом;
- **ПСК** – имя системы координат, если она сохранена с видом;
- **Перспектива** – признак установки перспективного вида.

Над всеми видами можно выполнять операции удаления, переименования и установки вида текущим. Доступ к этим операциям осуществляется через контекстное меню, вызываемое щелчком правой кнопкой мыши внутри списка видов.

Один из видов в списке окна **Вид** обязательно называется Текущий. Для того чтобы создать именованный вид (т. е. сохранить его с нужным именем), необходимо сначала в графическом окне рисунка установить точку зрения и другие настройки этого вида, затем открыть диалоговое окно **Вид** и на вкладке **Именованные виды** щелкнуть по кнопке «Новый...», после чего откроется диалоговое окно **Новый вид** (рис. 1.10). В этом окне нужно задать имя вида в поле Имя вида, размеры вида (весь экран в случае выбора переключателя «Текущий экран» или указываемую рамкой часть экрана в случае включения переключателя «Задать рамкой»). В разделе Режимы с помощью соответствующего раскрывающегося списка Имя ПСК можно задать имя ПСК и установить или сбросить флажок Сохранить ПСК с видом.

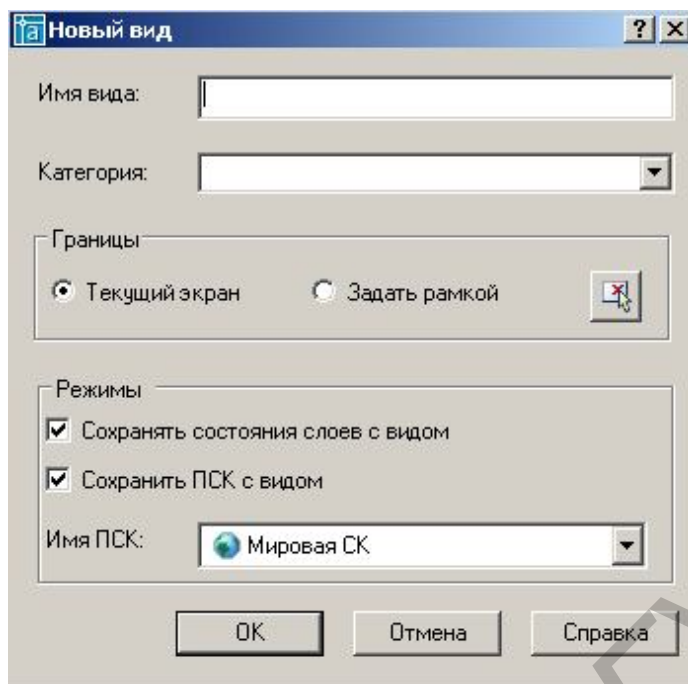


Рис. 1.10. Диалоговое окно Новый вид

Восстановление ранее сохраненного именованного вида выполняется в диалоговом окне **Вид** с помощью кнопки «Установить» или одноименного пункта контекстного меню.

Другая вкладка **Ортогональные и изометрические виды** диалогового окна **Вид** (рис. 1.11) предназначена для операций со стандартными видами.

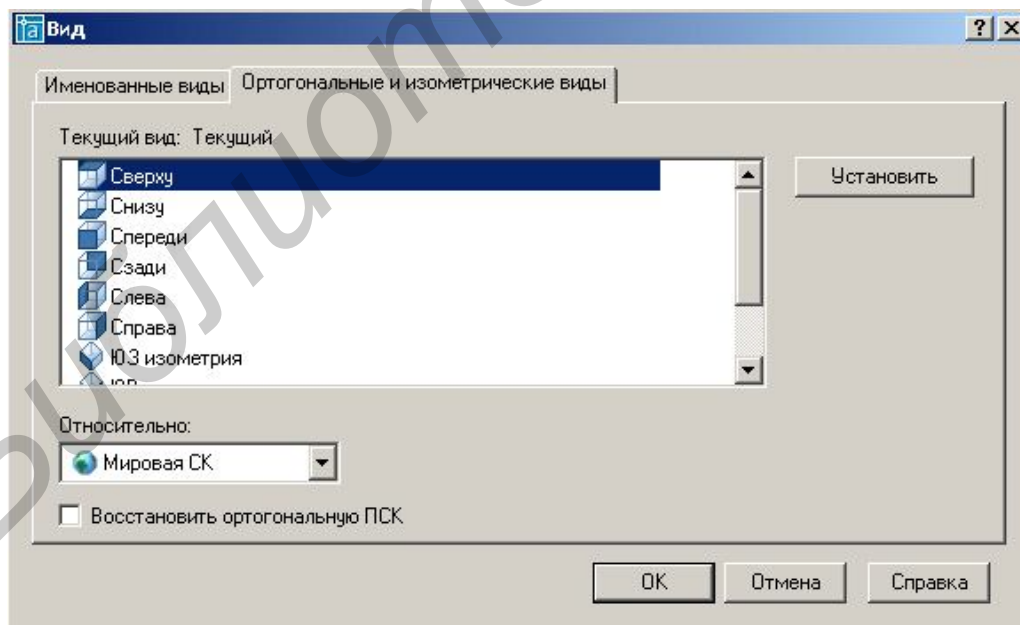














Рис. 1.11. Диалоговое окно Вид, вкладка Ортогональные и изометрические виды

К стандартным в системе AutoCAD относятся шесть ортогональных и четыре изометрических вида. Помимо окна **Вид**, доступ к этим видам можно по-



лучить через панель инструментов Вид (см. рис. 1.8), на которой расположены следующие кнопки:

-  – именованные виды;
-  – вид сверху;
-  – вид снизу;
-  – вид слева;
-  – вид справа;
-  – вид спереди;
-  – вид сзади;
-  – юго-западная (ЮЗ) изометрия;
-  – юго-восточная (ЮВ) изометрия;
-  – северо-восточная (СВ) изометрия;
-  – северо-западная (СЗ) изометрия;
-  – камера.

Первая из перечисленных кнопок вызывает диалоговое окно **Вид**, последняя – задает направление взгляда с помощью точки камеры и точки направления взгляда. Остальные кнопки устанавливают соответствующие стандартные виды. Изометрические виды удобны тем, что в них пользователь видит все три измерения.

На вкладке **Ортогональные и изометрические виды** диалогового окна **Вид** (см. рис. 1.11) в раскрывающемся списке «Относительно» можно выбрать ту систему координат (МСК и т. д.), относительно которой будет установлен ортогональный вид. Включенный флажок «Восстановить ортогональную ПСК» вместе с ортогональным видом устанавливает и соответствующую ПСК.

## 1.6. Тела

Тела или твердотельные объекты – это трехмерные объекты, которые имеют объем и внутренность, их можно объединять, вычитать и пересекать как трехмерные множества.


В системе AutoCAD тела получаются в результате использования команд построения стандартных тел, а также как результат вращения, выдавливания областей. Тела можно разрезать на части и получать сечения плоскостями.

Для создания в системе AutoCAD твердотельной модели изделия вначале необходимо мысленно разложить его на простые стандартные составляющие. Затем путем логических операций (объединения, вычитания и пересечения), а также операций редактирования создать объект нужной формы.

На панели инструментов Тела (рис. 1.12) собраны кнопки операций построения тел. Первые шесть кнопок соответствуют командам, предназначенным для построения твердотельных объектов стандартной формы.



Рис. 1.12. Панель Тела

Команда **ЯЩИК**  создает твердотельный ящик (параллелепипед, куб). Для этого следует выбрать один из следующих вариантов задания параметров:

– положение диагонально противоположных углов:

Угол ящика или [Центр]  $\langle 0, 0, 0 \rangle$ :

Угол или [Куб/Длина]: @50, 100, 150

– положение противоположных углов основания и высоты:

Угол ящика или [Центр]  $\langle 0, 0, 0 \rangle$ :

Угол или [Куб/Длина]: @50, 100

Высота: 150

– положение центра ящика с заданием угла:

Угол ящика или [Центр]  $\langle 0, 0, 0 \rangle$ : Ц

Центр ящика  $\langle 0, 0, 0 \rangle$ : 100, 100

Угол или [Куб/Длина]: @50, 20, 20

– положение угла ящика с заданием длины, ширины и высоты:

Угол ящика или [Центр]  $\langle 0, 0, 0 \rangle$ :


Угол или [Куб/Длина]: Д

Длина: 50

Ширина: 100

Высота: 150

Опция **Куб** ведет к построению куба (одинаковые значения длины, ширины и высоты).

Команда **ШАР**  позволяет создать твердотельный шар (сферу). Для этого достаточно задать центр шара и его радиус или диаметр.

Текущая плотность каркаса: ISOLINES=4

Центр шара  $\langle 0, 0, 0 \rangle$ :

Радиус шара или [Диаметр]: 50


Для наглядности система AutoCAD рисует образующие шара, количество которых (четыре) равно текущему значению системной переменной ISOLINES (см. первое сообщение команды **ШАР**). Для увеличения количества образующих необходимо изменить значение переменной ISOLINES и выполнить регенерацию экрана с помощью пункта **Регенерировать** главного меню **Вид**.

Команда: isolines

Новое значение ISOLINES  $\langle 4 \rangle$ : 16

Команда:

Команда: \_regen Выполняется регенерация модели.

Команда **ЦИЛИНДР**  позволяет создать твердотельный цилиндр, основание которого (окружность или эллипс) лежит в плоскости XY текущей сис-

темы координат, а центральная ось цилиндра совпадает с осью Z. Для описания цилиндра необходимо задать размеры его основания и высоту.


Текущая плотность каркаса: ISOLINES=16

Центральная точка основания цилиндра или [Эллиптический] <0,0,0>: 50,50

Радиус основания цилиндра или [Диаметр]: 40

Высота цилиндра или [Центр другого основания]: 100

Опция **Эллиптический** позволяет создавать основание конуса в виде эллипса. Запросы аналогичны тем, что используются в AutoCAD при создании эллипса. Опция **Диаметр** обеспечивает задание кругового основания цилиндра с помощью диаметра. Опция **Центр другого основания** позволяет определить высоту и ориентацию цилиндра путем задания центральной точки верхнего основания.

Команда **КОНУС**  позволяет создать твердотельный конус, основание которого (окружность или эллипс) лежит в плоскости XY текущей системы координат, а вершина располагается по оси Z. Для описания конуса необходимо задать размеры его основания и высоту.


Текущая плотность каркаса: ISOLINES=16

Центральная точка основания конуса или [Эллиптический] <0,0,0>: 200,150

Радиус основания конуса или [Диаметр]: 60

Высота конуса или [Вершина]: -80

Опция **Вершина** определяет высоту и ориентацию конуса путем задания точки вершины. Остальные опции аналогичны запросам команды **ЦИЛИНДР**.


Команда **КЛИН**  создает твердотельный клин. Основание клина всегда рисуется параллельно плоскости построения текущей системы координат, при этом наклонная грань располагается вдоль оси X.

Первый угол клина или [Центр] <0,0,0>: 0,0

Угол или [Куб/Длина]: 100,50

Высота: 60

Все запросы и опции команды аналогичны ключам команды **ЯЩИК**.

Команда **ТОР**  позволяет создавать твердотельный тор, для чего необходимо ввести значения двух радиусов: радиуса, определяющего расстояние от центра тора до центра «трубки»; радиуса образующей окружности «трубки». Тор строится параллельно плоскости XY текущей системы координат.


Текущая плотность каркаса: ISOLINES=16

Центр тора <0,0,0>: 0,0

Радиус тора или [Диаметр]: 80

Радиус полости или [Диаметр]: 20

Радиус тора может иметь отрицательное значение, но при этом значение радиуса «трубки» должно быть положительным и превосходить абсолютное значение радиуса тора.

Команда **ВЫДАВЛИВАНИЕ**  позволяет создавать твердотельные объекты выдавливанием (добавлением высоты) двухмерных примитивов. Выдавливать можно такие примитивы, как замкнутая полилиния, многоугольник, прямоугольник, круг, эллипс, замкнутый сплайн и регионы. С помощью одной команды может быть выдавлено сразу несколько примитивов (рис. 1.13).

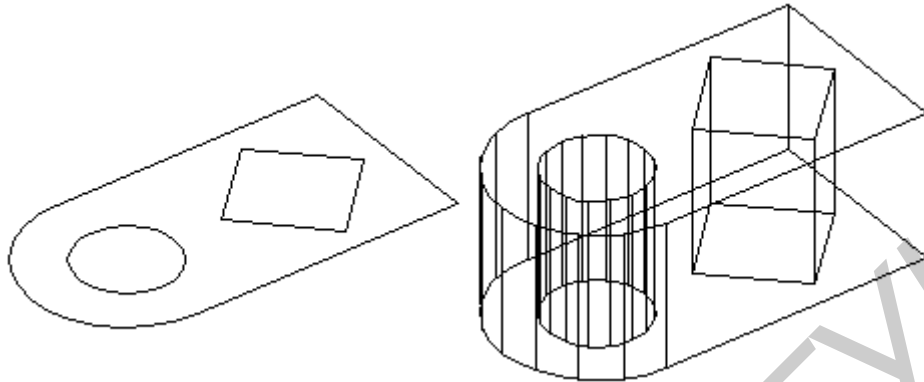


Рис. 1.13. Пример твердотельного примитива, полученного выдавливанием

Команда выдает следующие запросы:

Текущая плотность каркаса: ISOLINES=16


Выберите объекты: найдено: 1

Выберите объекты:

Глубина выдавливания или [Траектория]: 60

Угол сужения для выдавливания <0>:

В соответствии с данными запросами необходимо выбрать двухмерные примитивы для выдавливания, затем ввести ненулевое значение высоты выдавливания и указать угол конусности выдавливания.

Команда **ВРАЩЕНИЕ**  создает твердотельные объекты с помощью вращения существующих двухмерных объектов вокруг заданной оси. Эта команда может вращать лишь один объект. Вращать можно замкнутую полилинию, многоугольник, прямоугольник, круг, эллипс, замкнутый сплайн и регион. Полилиния и ось вращения могут соприкасаться, но ни в коем случае не пересекаться (рис. 1.14).

Команда имеет следующие запросы:

Текущая плотность каркаса: ISOLINES=16

Выберите объекты: найдено: 1

Выберите объекты:

Начальная точка оси вращения или [Объект/X (ось)/Y (ось)]: 0

Выберите объект:

Угол вращения <360>: 270

После выбора двумерного объекта для вращения необходимо определить ось вращения. По умолчанию ось определяется по двум точкам. Опция **Объект** позволяет указать отрезок или сегмент полилинии, используемый в качестве оси. Опция **X (ось)** использует положительную ось X текущей системы координат в качестве оси вращения. Опция **Y (ось)** использует положительную ось Y текущей ПСК в качестве оси вращения. Последний запрос позволяет определить величину угла вращения.

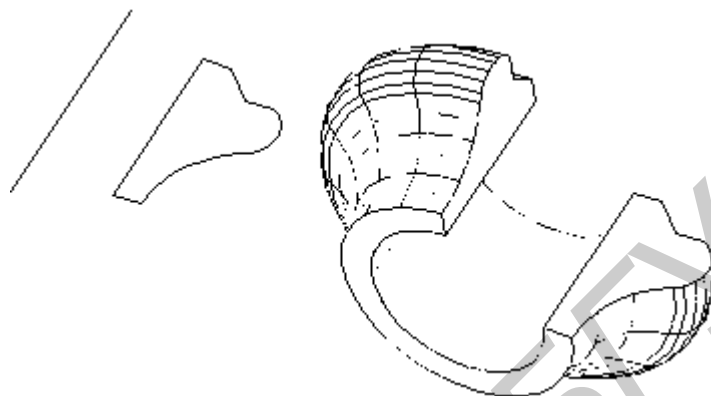


Рис. 1.14. Пример твердотельного примитива, полученного путем вращения

### 1.7. Редактирование тел

Над трехмерными телами возможны операции объединения, вычитания и пересечения. Кнопки этих операций являются первыми тремя кнопками панели инструментов Редактирование тел (рис. 1.15).

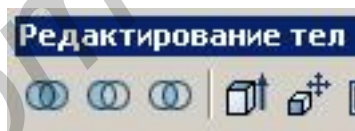


Рис. 1.15. Панель Редактирование тел

Тело, образованное путем объединения нескольких простых объектов, называется составным. На рис. 1.16, а–г показан пример формирования составного тела из двух исходных тел.

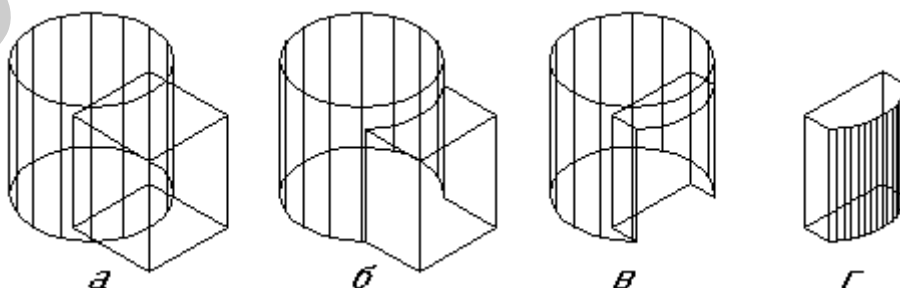





Рис. 1.16. Формирование составного объемного тела

Для объединения объектов используется команда **ОБЪЕДИНЕНИЕ** , которая позволяет создавать новые составные тела из нескольких существующих тел, в том числе не имеющих общего объема (т. е. не пересекающихся).

Вычитание одного объекта из другого обеспечивает команда **ВЫЧИТАНИЕ** , которая позволяет создать новое составное тело (рис. 1.16, в). Для создания тела данной командой необходимо сначала выбрать тела, из которых будет происходить вычитание, а затем выбрать вычитаемые тела.

Команда **ПЕРЕСЕЧЕНИЕ**  создает новые составные тела при пересечении нескольких существующих объектов (рис. 1.16, г).

Такие команды редактирования в двухмерном пространстве, как **ПЕРЕНЕСТИ** и **КОПИРОВАТЬ** могут использоваться и в трехмерном пространстве.

Библиотека БГУИР

## 2. Пример создания модели твердотельного объекта

### 2.1. Задание

Сформировать в системе AutoCAD модель твердотельного объекта по приведенному на рис. 2.1 чертежу.

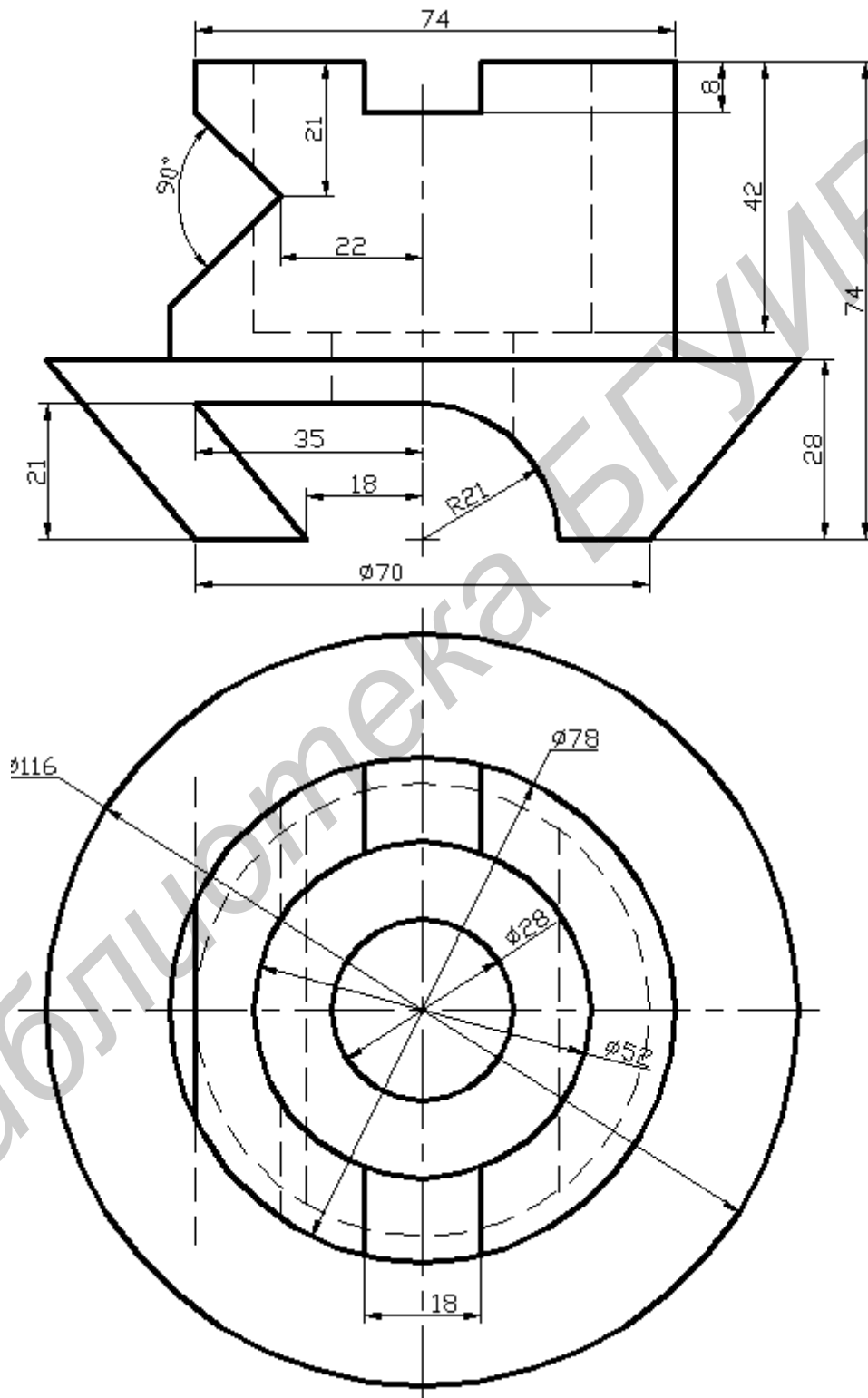



Рис. 2.1. Задание на трехмерное моделирование

## 2.2. Порядок выполнения работы

Загрузите систему AutoCAD.

Создайте новый рисунок: для этого нажмите кнопку  и выберите из предложенного списка шаблонов 3-D(A4).dwt.

На экране монитора появиться следующий чертеж (рис. 2.2).

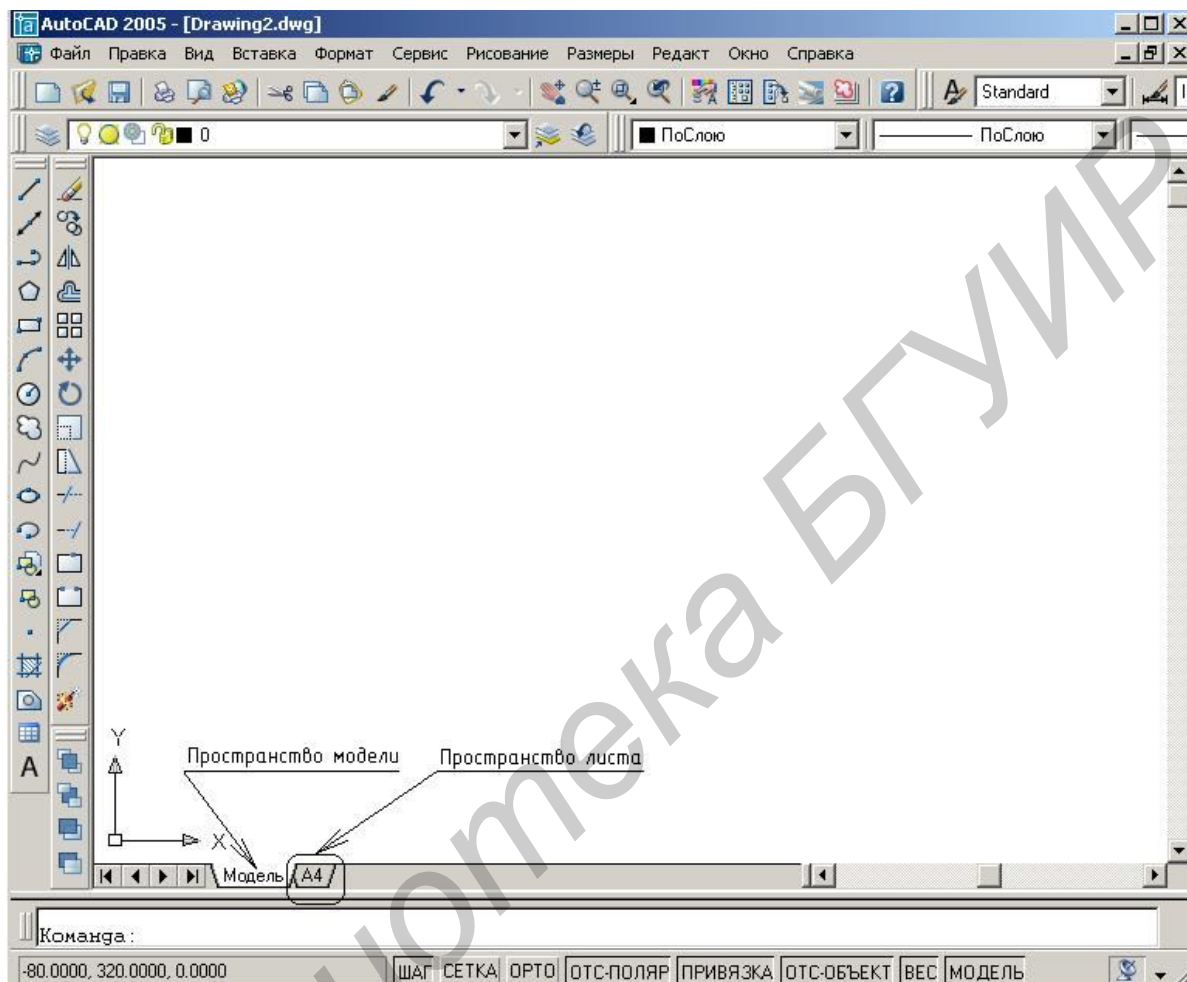


Рис. 2.2. Шаблон 3-D(A4).dwt

На рис. 2.2 находятся две закладки: **Модель** – пространство модели и закладка **A4** – пространство листа.

Сохраните чертеж: **Файл** → **Сохранить как** → **диск D** → **папка work** (дать имя файлу).

Рекомендуется с периодичностью 10–15 мин. Сохранять выполняемый чертеж.

Рисунок, как правило, создается в пространстве модели, а к печати подготавливается в пространстве листа. Рабочее пространство в системе AutoCAD разделено на закладки: на одной из них расположена модель, а остальные (их может быть несколько) представляют собой аналоги листов бумаги (см. рис. 2.2).



Признаком пространства модели является вид пиктограммы ПСК (пользовательская система координат), как осей координат, активность закладки **Модель** в нижней части рабочего поля (рис. 2.3) и кнопка «Модель» в строке состояния (рис. 2.4).

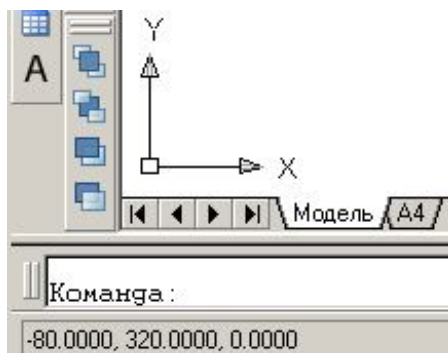


Рис. 2.3. ПСК пространства модели



Рис. 2.4. Кнопка «Модель» в строке состояния

На рис. 2.5 видны слои, которые уже были созданы вместе с шаблоном. С каждым слоем связаны свои цвет и тип линии. Они могут использоваться по умолчанию или переопределены и названы самим пользователем, также могут создавать новые слои, необходимые пользователю.

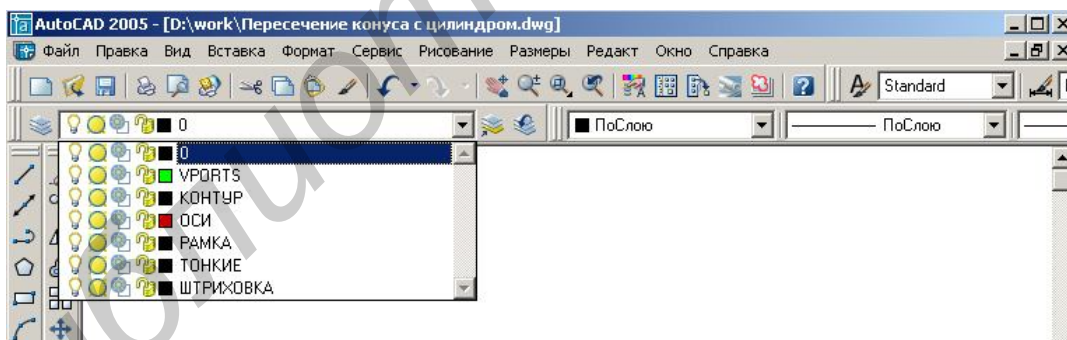


Рис. 2.5. Список управления слоями

В шаблоне 3-D(A4).dwt созданы следующие слои:

1) VPORPTS – предназначен для размещения в нем видовых экранов. На печать этот слой выводится не будет, т. к. в его свойствах печать отключена (☒), что позволит выводить на печать только содержимое видовых экранов, в то время, как рамка видового экрана будет отсутствовать при распечатке;

2) КОНТУР – предназначен для вычерчивания линии видимого контура сплошной линией толщиной 0,5 мм;

3) ОСИ – предназначен для вычерчивания тонкой штрихпунктирной линии оси;

4) РАМКА – на этом слое располагается рамка формата А4 с основной надписью;

5) ТОНКИЕ – слой, предназначенный для вычерчивания тонких линий, простановки размеров, написания текста (рекомендуется для текста и размеров создать собственные слои);

6) ШТРИХОВКА – слой, предназначенный для выполнения штриховки сплошной тонкой линией.

Для перехода в пространство листа укажите закладку А4 в строке закладок.

**Результат:** на экране отобразится страница заданного формата (рис. 2.6). Прерывистой линией показана область печати. Изображение, выходящее за эти границы, не будет выведено на печать из-за ограничения принтера. На данном этапе в настройках листа А4 не выбран какой-либо конкретный принтер, поэтому на прерывистую линию области печати можно не обращать внимания. В левом нижнем углу размещена пиктограмма ПСК, которая в пространстве листа имеет вид треугольника, и индикация кнопки «Лист», что также символизирует о том, что мы находимся в пространстве листа.

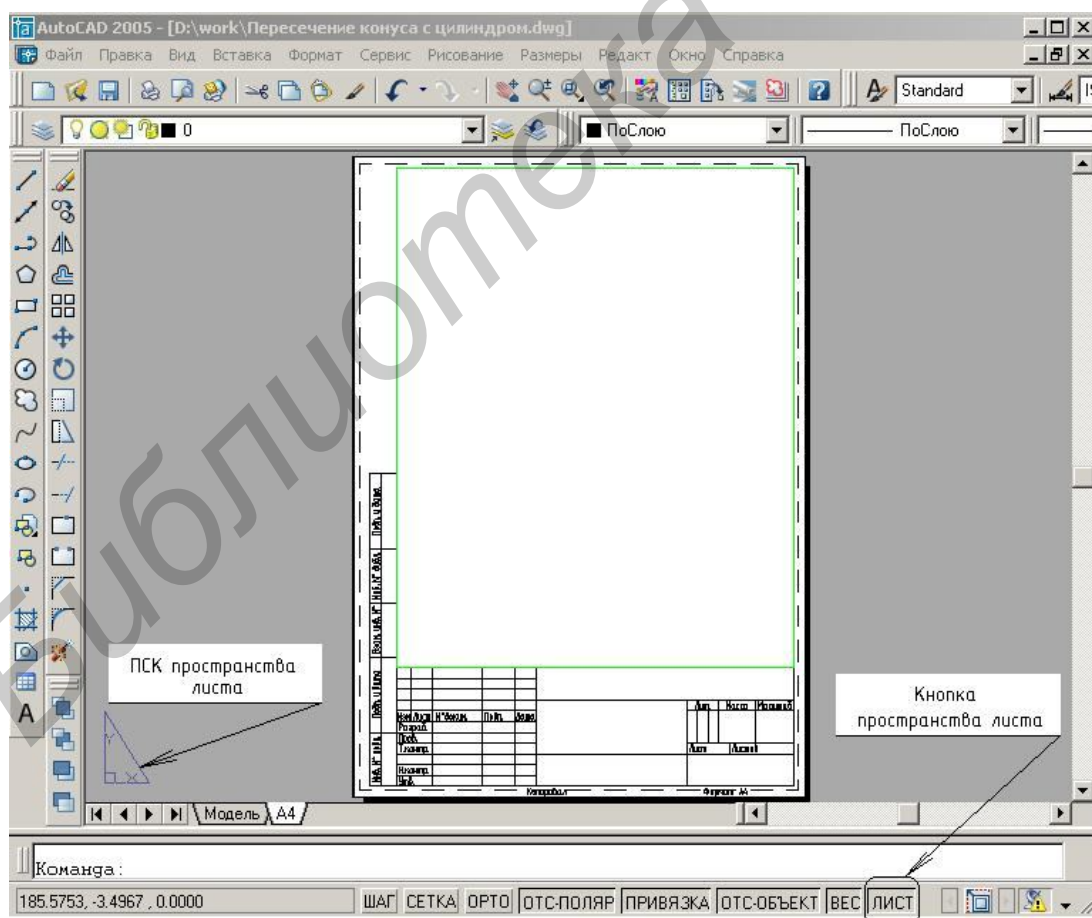


Рис. 2.6. Пространство листа (формат А4)

На листе А4 присутствует предварительно созданный видовой экран зеленого цвета на слое VPORIS.

При помощи команды **Вид**→ **Панели...** выведите на экран следующие инструментальные панели:

- Вид;
- Тела;
- ПСК.

**ВНИМАНИЕ:** Отключите «Восстановить ортогональную ПСК с видом». Для этого необходимо выполнить следующие действия: **Вид**→ **Именованные виды**→ **Ортогональные и изометрические виды**.

Установите значение системной переменной ISOLINES (набрать с клавиатуры), отвечающей за количество образующих линий, отображаемых на искривленных поверхностях, равным 16.

```
Команда: isolines
Новое значение ISOLINES <4>: 16
```

Проанализируйте форму детали, предложенной для выполнения на рис. 2.1. Общий объем детали, без учета всех отверстий и пазов, образован усеченным конусом и цилиндром. Для его создания можно применить объединение двух стандартных тел (цилиндра и конуса), но для построения конуса необходимо знать его полную высоту, что требует дополнительных расчетов. Так как исходная деталь имеет форму вращения, то, в данном случае, целесообразнее будет воспользоваться командой **\_REVOLVE** (🔄) – **Вращение**. Для этого потребуется построить половину контура сечения детали и вращением его вокруг оси получить требуемый объем. Создание контура сечения детали выполните при помощи команды **\_PLINE** (→) – **Полилиния**.

```
Команда: _pline
Начальная точка: 0,0
Текущая ширина полилинии равна 0.0000
Следующая точка или [Дуга/Полуширина/длина/Отменить/Ширина]: 35,0
Следующая точка или [Дуга/Замкнуть/Полуширина/длина/Отменить/Ширина]: 58,28
Следующая точка или [Дуга/Замкнуть/Полуширина/длина/Отменить/Ширина]: 39,28
Следующая точка или [Дуга/Замкнуть/Полуширина/длина/Отменить/Ширина]: 39,74
Следующая точка или [Дуга/Замкнуть/Полуширина/длина/Отменить/Ширина]: 0,74
Следующая точка или [Дуга/Замкнуть/Полуширина/длина/Отменить/Ширина]: 3
```

В результате должен получиться контур, показанный на рис. 2.7.

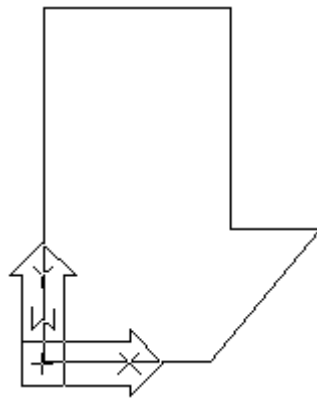


Рис. 2.7. Контур сечения детали

Теперь можно воспользоваться командой `_REVOLVE` (🗑️) – **Вращение** – для создания твердотельного объекта (рис. 2.8). В качестве оси вращения используйте ось Y текущей ПСК.

```
Команда: _revolve
Текущая плотность каркаса: ISOLINES=16
Выберите объекты: найдено: 1
Выберите объекты:
Начальная точка оси вращения или
[Объект/X (ось)/Y (ось)]:
Конечная точка оси:
Угол вращения <360>: 360
```

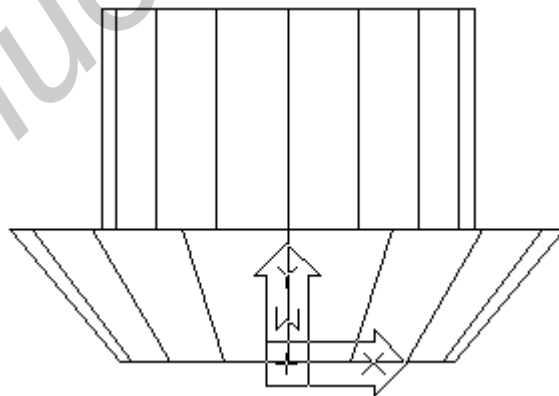





Рис. 2.8. Твердотельный объект, полученный путем вращения

Убедитесь, что тело имеет объем. Для этого установите один из стандартных изометрических видов (юго-западную 🗑️ или юго-восточную 🗑️ изомет-

рию). Для восстановления вида сверху воспользуйтесь кнопкой  «Вид сверху» инструментальной панели Вид.

Паз в основании тела имеет довольно сложную форму. Для его формирования необходимо сначала создать твердотельный объект, повторяющий контур паза, а затем вычесть его из объема тела. Создать тело, имеющее форму паза, наиболее просто будет при помощи команды `_EXTRUDE` () – **Выдавливание**, т. е. выдавливанием двумерного контура. Контур, для последующего выдавливания сформируйте при помощи команды `_PLINE` () – **Полилиния** (рис. 2.9). Последовательность построения контура приводится ниже:

```
Команда: _pline  
Начальная точка: 0,0  
Текущая ширина полилинии равна 0.0000  
Следующая точка или [Дуга/Полуширина/длина/Отменить/Ширина]: 21,0  
Следующая точка или [Дуга/Замкнуть/Полуширина/длина/Отменить/Ширина]: Д  
Конечная точка дуги или [Угол/Центр/Замкнуть/Направление/Полуширина/Линейный/Радиус/Вторая/Отменить/Ширина]: Ц  
Центр дуги: 0,0  
Конечная точка дуги или [Угол/Длина]: 0,21  
Конечная точка дуги или [Угол/Центр/Замкнуть/Направление/Полуширина/Линейный/Радиус/Вторая/Отменить/Ширина]: Л  
Следующая точка или [Дуга/Замкнуть/Полуширина/длина/Отменить/Ширина]: -35,21  
Следующая точка или [Дуга/Замкнуть/Полуширина/длина/Отменить/Ширина]: -18,0  
Следующая точка или [Дуга/Замкнуть/Полуширина/длина/Отменить/Ширина]: З
```

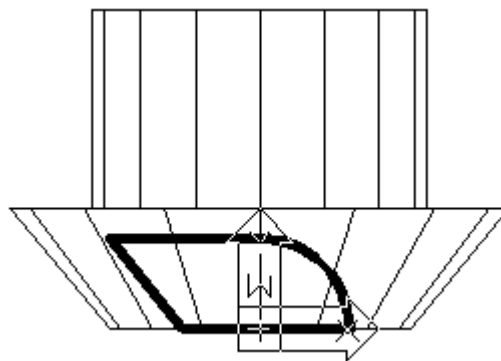


Рис. 2.9. Контур паза в основании тела

При выдавливании контура командой `_EXTRUDE` (☐↑) – **Выдавливание** – задайте глубину выдавливания 120 мм.

Команда: `_extrude`

Текущая плотность каркаса: `ISOLINES=16`

Выберите объекты: найдено: 1

Выберите объекты:

Глубина выдавливания или [Траектория]: 120

Угол сужения для выдавливания <0>: 0

Установите один из стандартных изометрических видов, убедитесь в правильности полученного результата, сравнив его с изображением на рис. 2.10, а.

Далее необходимо опустить полученное тело вдоль оси Z на половину его высоты, т. е. на 60 мм. Для этого воспользуйтесь командой `_MOVE` (⊕) – **Перенести**.

Команда: `_move`

Выберите объекты: найдено: 1

Выберите объекты:

Базовая точка или перемещение: 0,0

Вторая точка перемещения или <считать перемещением первую точку>: @0,0,-60

В результате положение тел должно соответствовать изображению на рис. 2.10, б.

Формирование паза осуществляется вычитанием полученного тела из объема детали. Для этого воспользуйтесь командой `_SUBTRACT` (наберите в командной строке) или **Редакт** → **Редактирование тел** → **Вычитание**. Команда запрашивает сначала тела, из которых будет происходить вычитание (выберите тело детали и нажмите <Enter>), а затем вычитаемые тела (выберите тело паза и нажмите <Enter>). Результат действия команды показан на рис. 2.10, в.

Команда: `_subtract` Выберите тела и области, из которых будет выполняться вычитание...

Выберите объекты: найдено: 1

Выберите объекты:

Выберите тела или области для вычитания ..

Выберите объекты: найдено: 1

Выберите объекты:

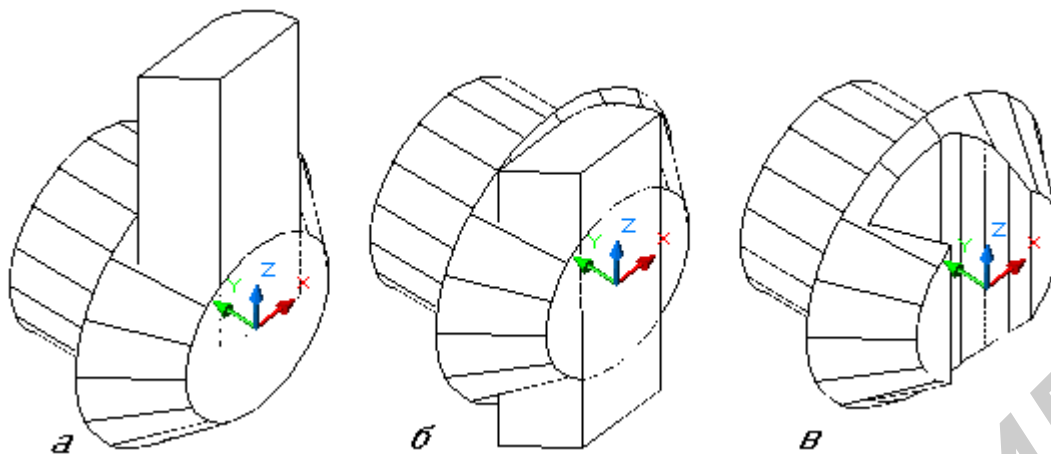





Рис. 2.10. Формирование паза в основании детали

Восстановите вид сверху, воспользовавшись кнопкой  «Вид сверху» инструментальной панели Вид.

Все предыдущие построения проводились в мировой системе координат. Для построения верхнего прямоугольного паза осуществите параллельный перенос системы координат в новое начало, в качестве которого выберите центр верхнего основания цилиндра (рис. 2.11, а). Для переноса системы координат воспользуйтесь кнопкой  «ПСК в начале» на инструментальной панели ПСК.

```

Команда: _ucs
Текущая ПСК: *ВЕРХНЯЯ*
Задайте опцию
[НО-
вая/Перенести/Ортогональная/предыдущая/Восстановить/С
охранить/Удалить/прИмени
ть/?/Мир] <Мир>: _o
Новое начало координат <0,0,0>: 0,74
  
```

Постройте параллелепипед, повторяющий форму паза, используя кнопку  «Ящик» инструментальной панели Тела (рис. 2.11, б). При построении параллелепипеда, используйте опцию **Центр**, позволяющую задать его центр.

```

Команда: _box
Угол ящика или [Центр] <0,0,0>: Ц
Центр ящика <0,0,0>: 0,0
Угол или [Куб/Длина]: Д
Длина: 18
Ширина: 16
Высота: 80
  
```



Вычтите полученный параллелепипед из объема детали, воспользовавшись командой `_SUBTRACT` – *Редакт* → *Редактирование тел* → *Вычитание* (рис. 2.11, в).

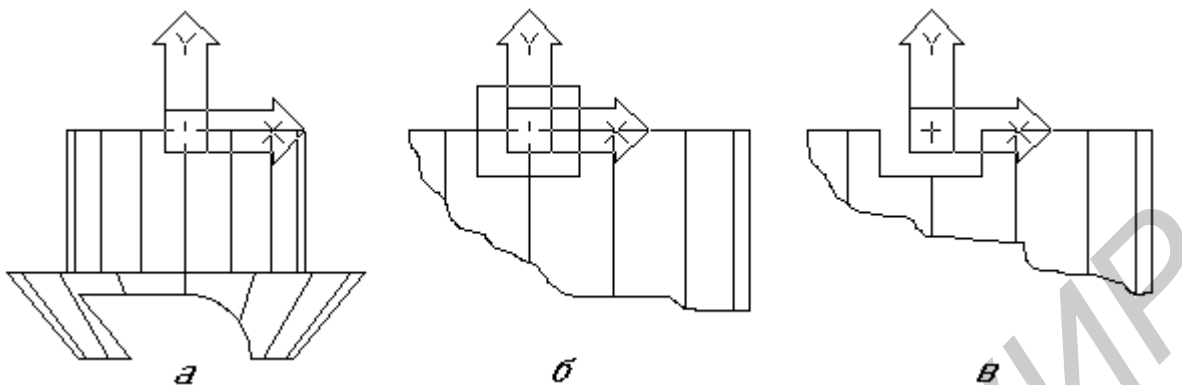



Рис. 2.11. Формирование верхнего прямоугольного паза

Для построения бокового паза в цилиндрической поверхности детали, перенесите систему координат в его вершину (рис. 2.12, а). Для переноса системы координат воспользуйтесь кнопкой  «ПСК в начале» на инструментальной панели ПСК.

Команда: `_ucs`

Текущая ПСК: \*БЕЗ ИМЕНИ\*

Задайте опцию


[НО-

вая/Перенести/Ортогональная/предыдущая/Восстановить/С

охранить/Удалить/примени

ть/?/Мир] <Мир>: `_o`

Новое начало координат  $\langle 0, 0, 0 \rangle$ : `-22, -21`

Теперь сформируйте параллелепипед следующих размеров  $30 \times 30 \times 80$  мм. Используйте кнопку  «Ящик» инструментальной панели Тела.

При построении параллелепипеда используйте опцию **Угол ящика**, позволяющую задать его угол.

Команда: `_box`


Угол ящика или [Центр]  $\langle 0, 0, 0 \rangle$ : `0, 0`

Угол или [Куб/Длина]: `д`

Длина: `30`

Ширина: `30`

Высота: `80`

Далее необходимо опустить полученное тело вдоль оси *Z* на половину его высоты, т. е. на 40 мм. Для этого воспользуйтесь командой `_MOVE` () – *Перенести*, как в случае формирования паза в основании детали.

Команда: `_move`



Выберите объекты: найдено: 1  
Выберите объекты:  
Базовая точка или перемещение: 0,0  
Вторая точка перемещения или <считать перемещением первую точку>: @0,0,-40

Осталось повернуть параллелепипед, чтобы он принял положение как на рис. 2.12, б. Используйте команду **\_ROTATE** (☺) – **Повернуть**, которая сначала запрашивает объекты для вращения (выберите параллелепипед и нажмите <Enter>). Затем необходимо указать базовую точку, относительно которой будет происходить вращение объектов (введите точку начала координат текущей ПСК), и угол вращения (в нашем случае угол равен 135°).

Команда: `_rotate`  
Текущие установки отсчета углов в ПСК: `ANGDIR=против ч/с ANGBASE=0`  
Выберите объекты: найдено: 1  
Выберите объекты:  
Базовая точка: 0,0  
Угол поворота или [Опорный угол]: 135

Завершите формирование паза вычитанием полученного параллелепипеда из объема детали. Для этого воспользуйтесь командой **\_SUBTRACT** – **Вычитание**, работа которой уже рассматривалась выше. В результате должно получиться тело, представленное на рис. 2.12, в.

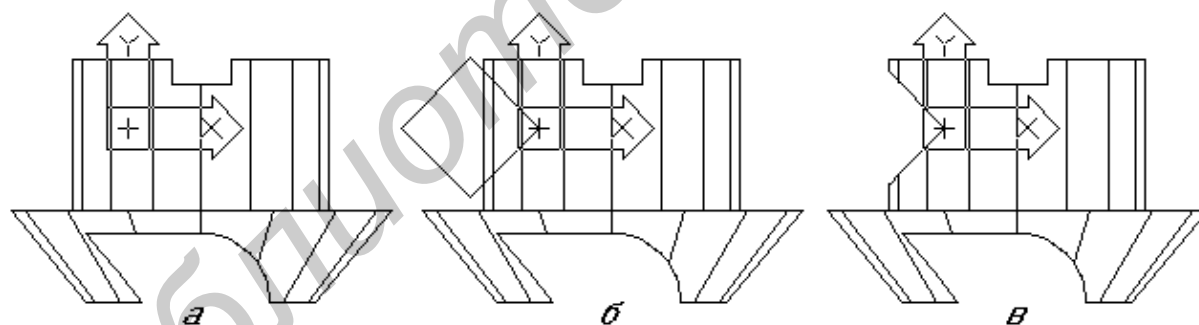




Рис. 2.12. Формирование бокового паза

В верхней части детали цилиндрическая поверхность имеет срез, горизонтальный размер которого равен 74 мм (см. рис. 2.1).

Для построения среза в верхней части цилиндрической поверхности перенесите систему координат в ее начало. Для переноса системы координат воспользуйтесь кнопкой  «ПСК в начале» на инструментальной панели ПСК.

Команда: `_ucs`  
Текущая ПСК: \*БЕЗ ИМЕНИ\*  
Задайте опцию



[НО-  
вая/Перенести/Ортогональная/предыдущая/Восстановить/С  
охранить/Удалить/примени  
ть/?/Мир] <Мир>: \_o  
Новое начало координат <0,0,0>: -17,21

 Постройте параллелепипед, повторяющий форму паза, используя кнопку «Ящик» инструментальной панели Тела. При построении параллелепипеда используйте опцию **Центр**, позволяющую задать его центр.

Команда: \_box  
Угол ящика или [Центр] <0,0,0>: Ц  
Центр ящика <0,0,0>: 0,0  
Угол или [Куб/Длина]: Д  
Длина: 8  
Ширина: 20  
Высота: 80

Вычтите полученный параллелепипед из объема детали, воспользовавшись командой **\_SUBTRACT**.

 Восстановите мировую систему координат, воспользовавшись кнопкой «МСК» инструментальной панели ПСК.

Для создания центрального цилиндрического отверстия необходимо переопределить систему координат. Установите ПСК так, чтобы плоскость XY совпадала с нижним основанием детали, а ось Z была направлена вдоль оси детали. Для этого достаточно повернуть систему координат вокруг оси X на  $-90^\circ$  (т. к. положительным направлением отсчета угла поворота считается направление против часовой стрелки), воспользовавшись кнопкой  «Повернуть ПСК вокруг X» инструментальной панели ПСК. С помощью команды **\_3DORBIT** () – **3М орбита** – установите новую точку зрения, как на рис. 2.13, а.

При помощи кнопки панели инструментов Тела сформируйте два цилиндра, соответствующих форме отверстия (рис. 2.13, б).

Команда: \_cylinder  
Текущая плотность каркаса: ISOLINES=16  
Центральная точка основания цилиндра или [Эллиптический] <0,0,0>: 0,0  
Радиус основания цилиндра или [Диаметр]: Д  
Диаметр основания цилиндра: 28  
Высота цилиндра или [Центр другого основания]: 100

Команда: \_cylinder  
Текущая плотность каркаса: ISOLINES=16  
Центральная точка основания цилиндра или [Эллиптический] <0,0,0>: 0,0,32  
Радиус основания цилиндра или [Диаметр]: Д

Диаметр основания цилиндра: 52

Высота цилиндра или [Центр другого основания]: 60

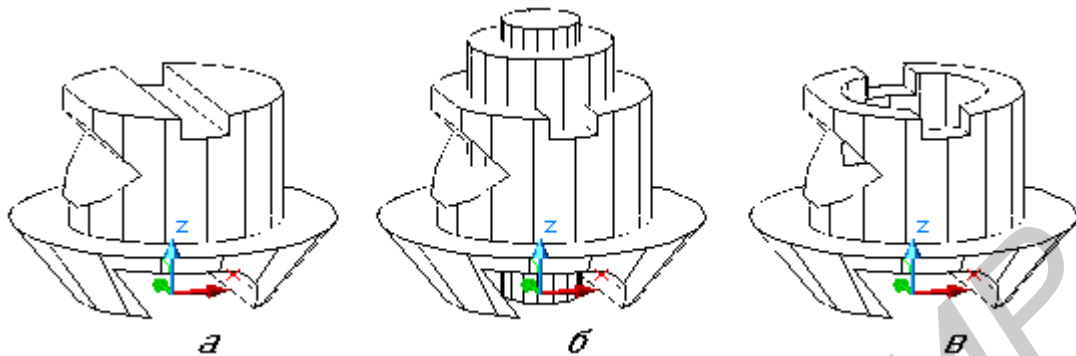




Рис. 2.13. Формирование центрального отверстия

Завершите формирование отверстия вычитанием полученных цилиндров из объема детали, воспользовавшись командой `_SUBTRACT` – **Вычитание** (рис. 2.13, в).

Восстановите мировую систему координат, воспользовавшись кнопкой «МСК» инструментальной панели ПСК.

При помощи команды `_3DORBIT` () – **3D орбита** – изучите форму детали, убедитесь, что она соответствует заданию (см. рис. 2.1).

### 2.3. Построение изометрического изображения твердотельного объекта с вырезом

**ВАЖНО!** Прежде, чем приступить к дальнейшему редактированию детали, необходимо установить требуемый изометрический вид (юго-западную  или юго-восточную  изометрию), рис. 2.14.

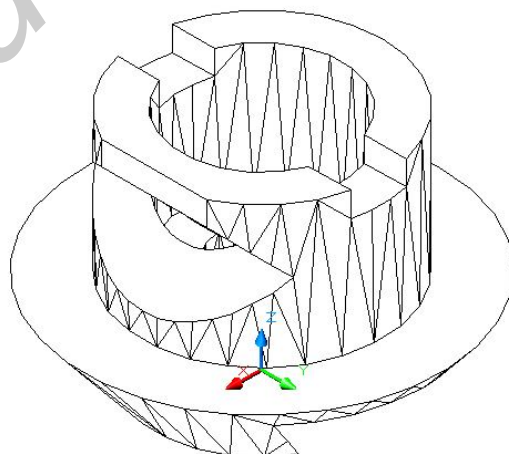



Рис. 2.14. Изометрический вид модели твердотельного объекта

Для этого необходимо вначале совместить плоскость XY с плоскостью основания детали, а затем установить юго-западную изометрию, используя кнопку на панели инструментов Вид  (или наиболее приемлемую изометрию для детали, см. рис. 1.8).

Для того, чтобы сформировать четвертичный вырез, необходимо сначала перейти в пространство листа, для чего щелкните по закладке листа *A4* в нижней части экрана. Вы перешли в пространство листа, где расположен видовой экран VPORPTS – прямоугольник зеленого цвета с изображением модели внутри (**Вид сверху**). Для активизации видового экрана выполните двойной щелчок внутри него, после чего линия контура экрана станет жирной (на активном видовом экране курсор меняет свою форму со стрелки на перекрестье, а граница экрана выделена). На экране монитора появится следующий чертеж (рис. 2.15) либо построенная в начале задания модель твердотельного объекта.

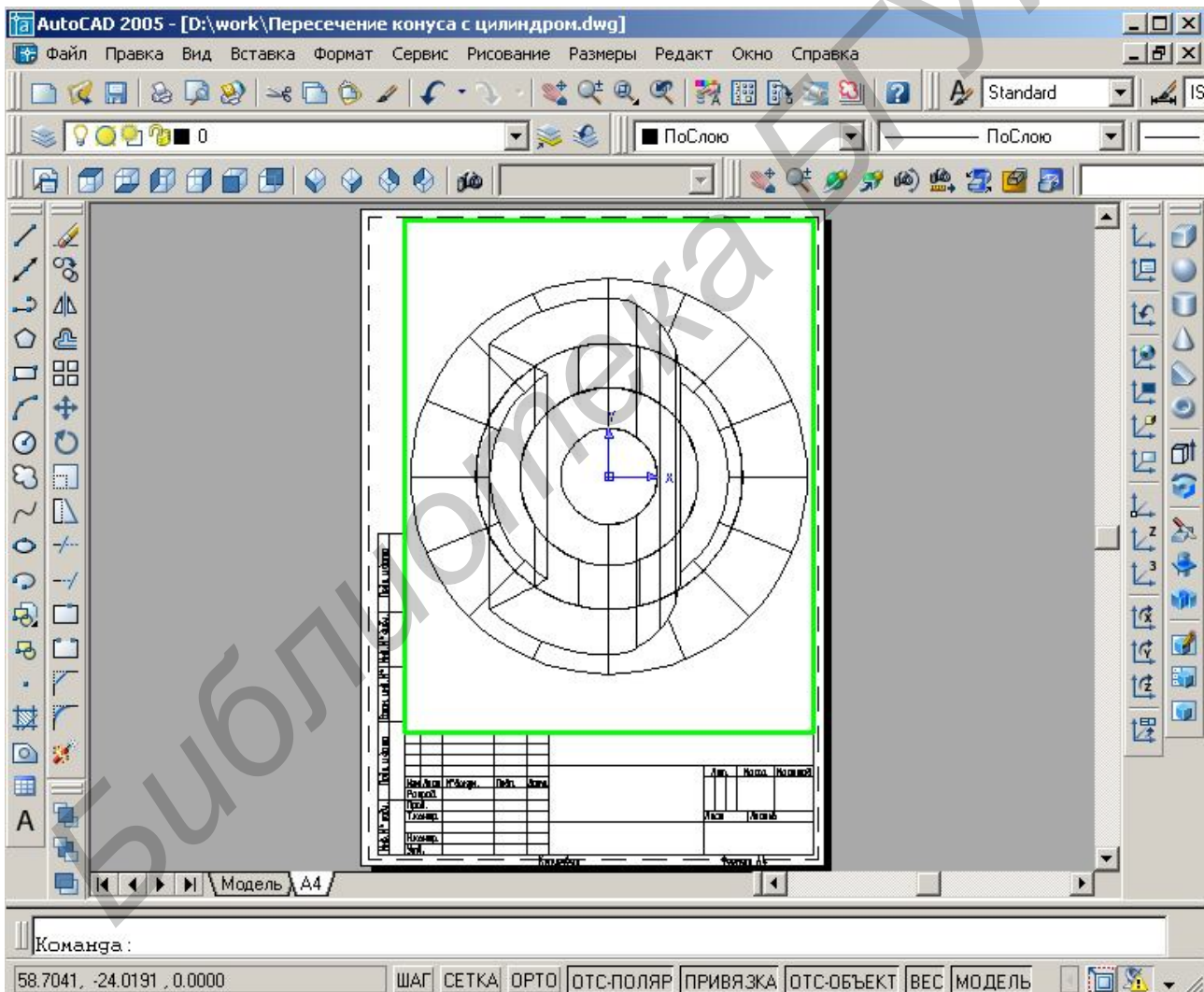


Рис. 2.15. Активный видовой экран

Если в видовом экране отображается **Вид сверху**, то его необходимо поменять на изометрический вид, используя кнопки панели Вид (см. рис. 1.8).



Далее необходимо установить масштаб видового экрана 1:1 (либо любой другой) и заблокировать его (рис. 2.16).

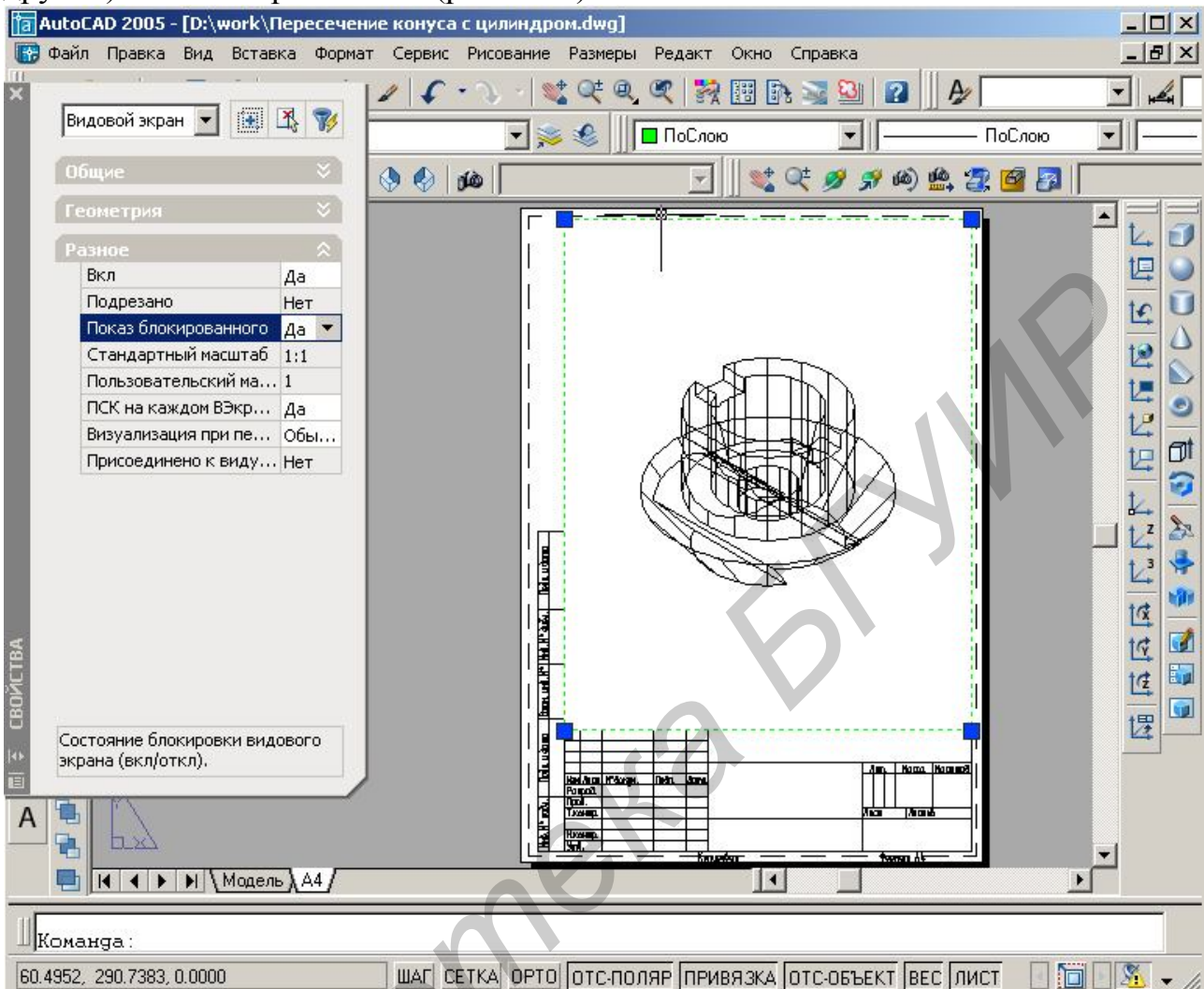


Рис. 2.16. Установка требуемого масштаба и блокировка видового экрана

Для этого деактивируйте видовой экран (двойной щелчок вне его поля), затем выделите рамку видового экрана и, открыв палитру **Свойства**, удостоверьтесь, что для свойства **Стандартный масштаб** установлено значение 1:1 (если это не так, установите требуемое значение). Теперь можно заблокировать видовой экран. Для этого, не снимая выделения с его рамки, установите в палитре **Свойства** для свойства **Показ заблокированного** значение «Да». Обратите внимание, что теперь значение свойства **Стандартный масштаб** стало не активным, т. е. вы не можете его изменить.

Масштаб текущего видового экрана блокируется. Теперь любые операции зумирования и панорамирования будут действовать только на объекты пространства листа.

Блокирование масштаба выбранного видового экрана приводит к тому, что любые изменения объектов на нем не будут влиять на ранее заданный масштаб.

Теперь можно приступить к формированию четвертичного выреза и нанесению штриховки.

Для формирования выреза создайте параллелепипед, используя кнопку «Ящик» панели инструментов Тела. Параллелепипед должен располагаться таким образом, чтобы он содержал четверть объема детали, которую требуется удалить. Завершите формирование выреза вычитанием полученного параллелепипеда из объема детали. Для этого воспользуйтесь командой `_SUBTRACT` – **Вычитание** (рис. 2.17).

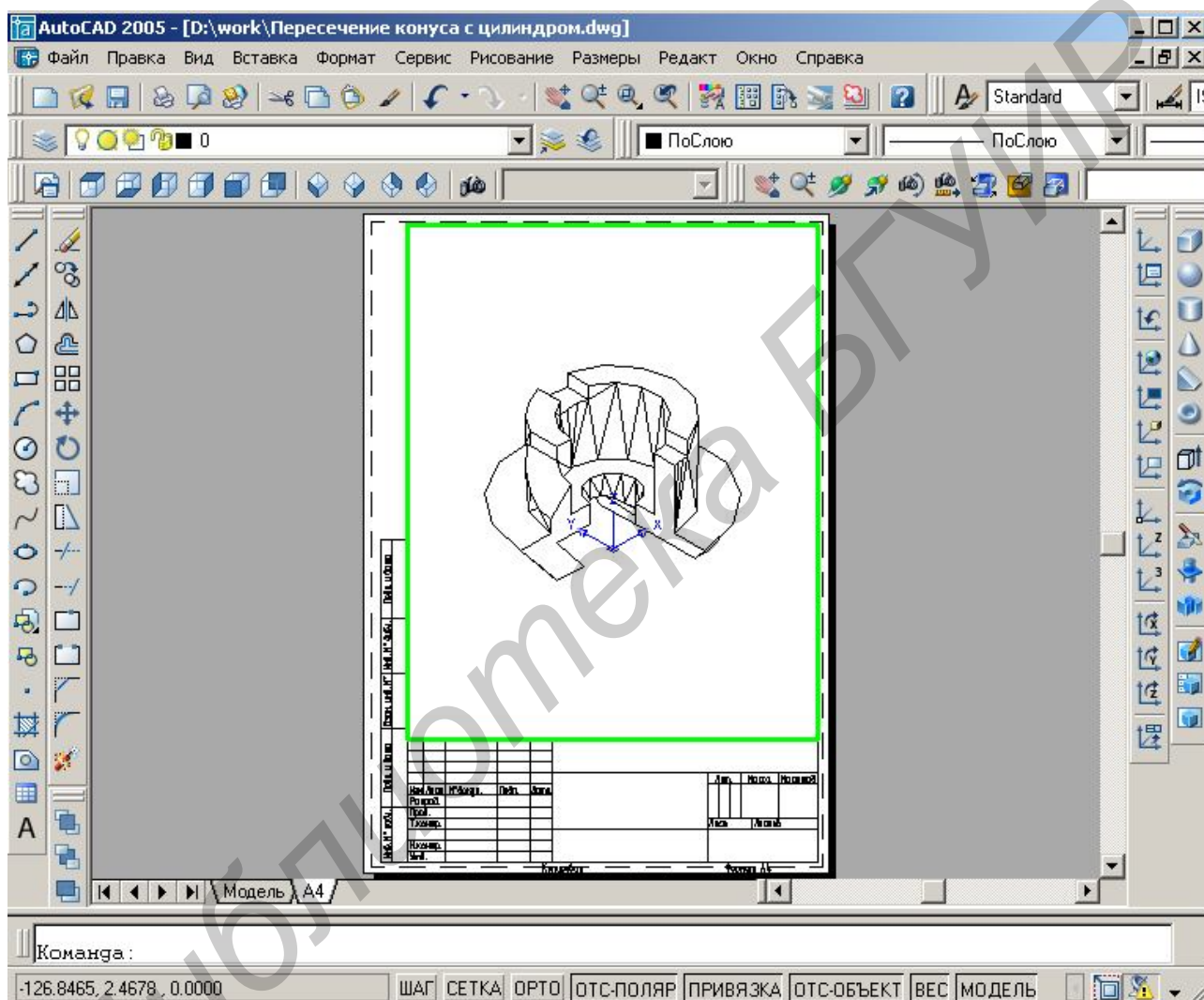



Рис. 2.17. Модель с вырезом

Теперь необходимо выполнить штриховку граней выреза. Не забудьте штриховку выполнить в слое ШТРИХОВКА, для этого сделайте его текущим.

Для удобства нанесения штриховки задайте модели скрытые линии **Вид**→ **Скрыть линии** либо **Вид**→ **Раскрашивание**→ **Скрытие линий**.

Система AutoCAD корректно выполняет штриховку замкнутых контуров, расположенных только в плоскости XY текущей ПСК. Поэтому для выполнения штриховки граней выреза необходимо последовательно устанавливать ПСК

для каждой штрихуемой грани детали таким образом, чтобы плоскость XY совпадала с плоскостью грани. Для совмещения ПСК с выбранной гранью трехмерного тела удобно воспользоваться кнопкой  «ПСК» на грани инструментальной панели ПСК. После вызова команды необходимо левой клавишей мыши выбрать требуемую грань, и если ПСК сориентирована верно нажать клавишу <Enter>. Затем выполнить штриховку грани (рис. 2.18). Угол наклона штриховки выбрать 0° и 105°.

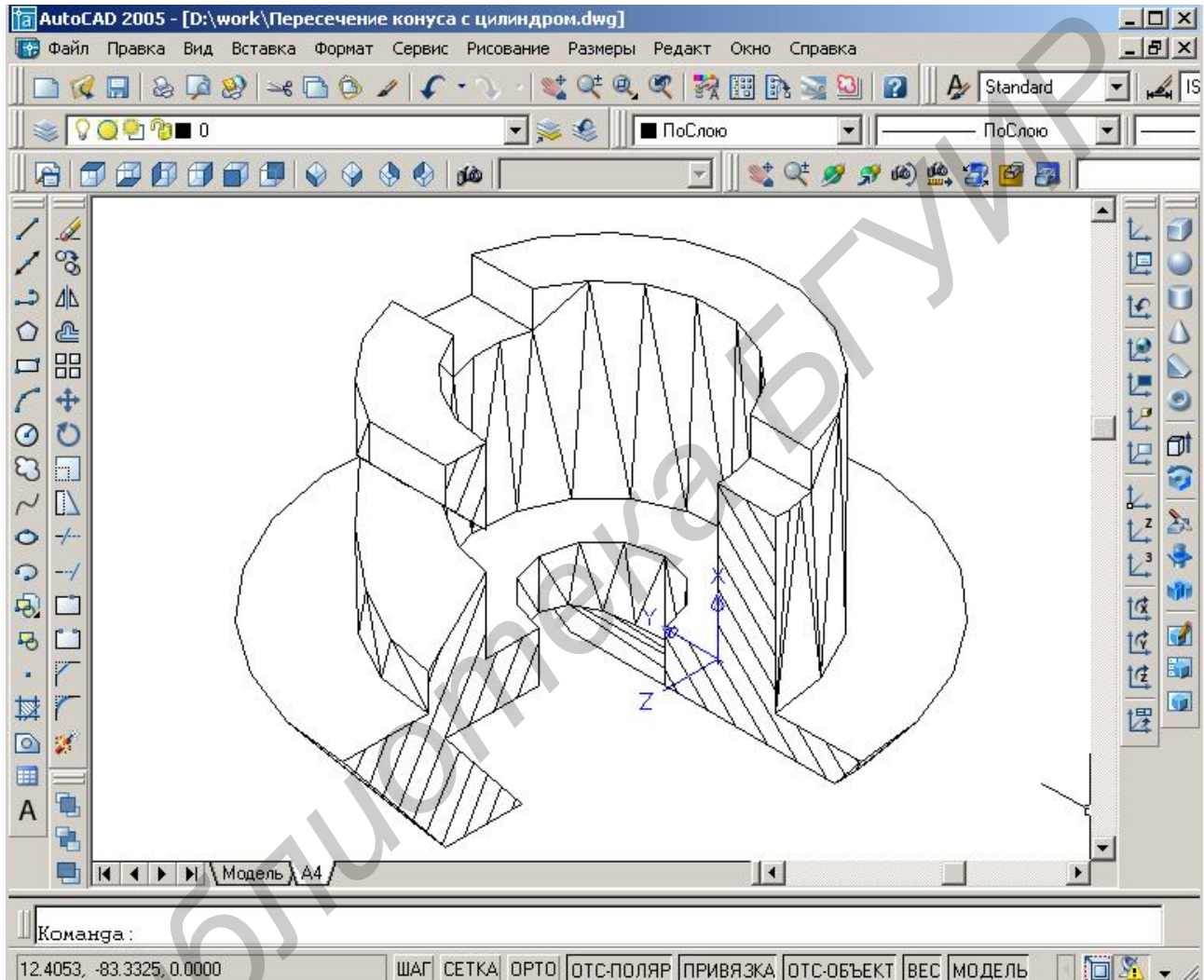




Рис. 2.18. Штриховка граней выреза детали

На следующем этапе необходимо создать профиль построенного трехмерного тела и разделить линии модели на видимые и невидимые относительно данного вида. Для этого служит команда **\_SOLPROFILE (Подготовка – контуры)**, которой соответствует кнопка  панели инструментов Тела (см. рис. 1.12).

Воспользуемся командой **\_SOLPROFILE**. После вызова команды щелкните по модели детали и нажмите клавишу <Enter>. На все последующие запросы также нажимайте клавишу <Enter>:



Команда: `_solprof`  
 Выберите объекты: найдено: 1  
 Выберите объекты:  
 Изобразить скрытые линии профиля на отдельном слое?  
 [Да/Нет] <Д>:  
 Проецировать линии профиля на плоскость? [Да/Нет]  
 <Д>:  
 Удалить касательные ребра? [Да/Нет] <Д>:  
 Выбрано одно тело.

После использования команды `_SOLPROFILE` система создала два дополнительных слоя: *PV* – на котором расположены видимые линии контура детали и *PH* – для невидимых линий. Нулевой слой и слой *PH* необходимо заморозить, слой *PV* – сделать текущим и в *Диспетчере свойств слоев* ( , *Формат* → *Слои*) задать толщину, равную 0,6 (рис. 2.19).

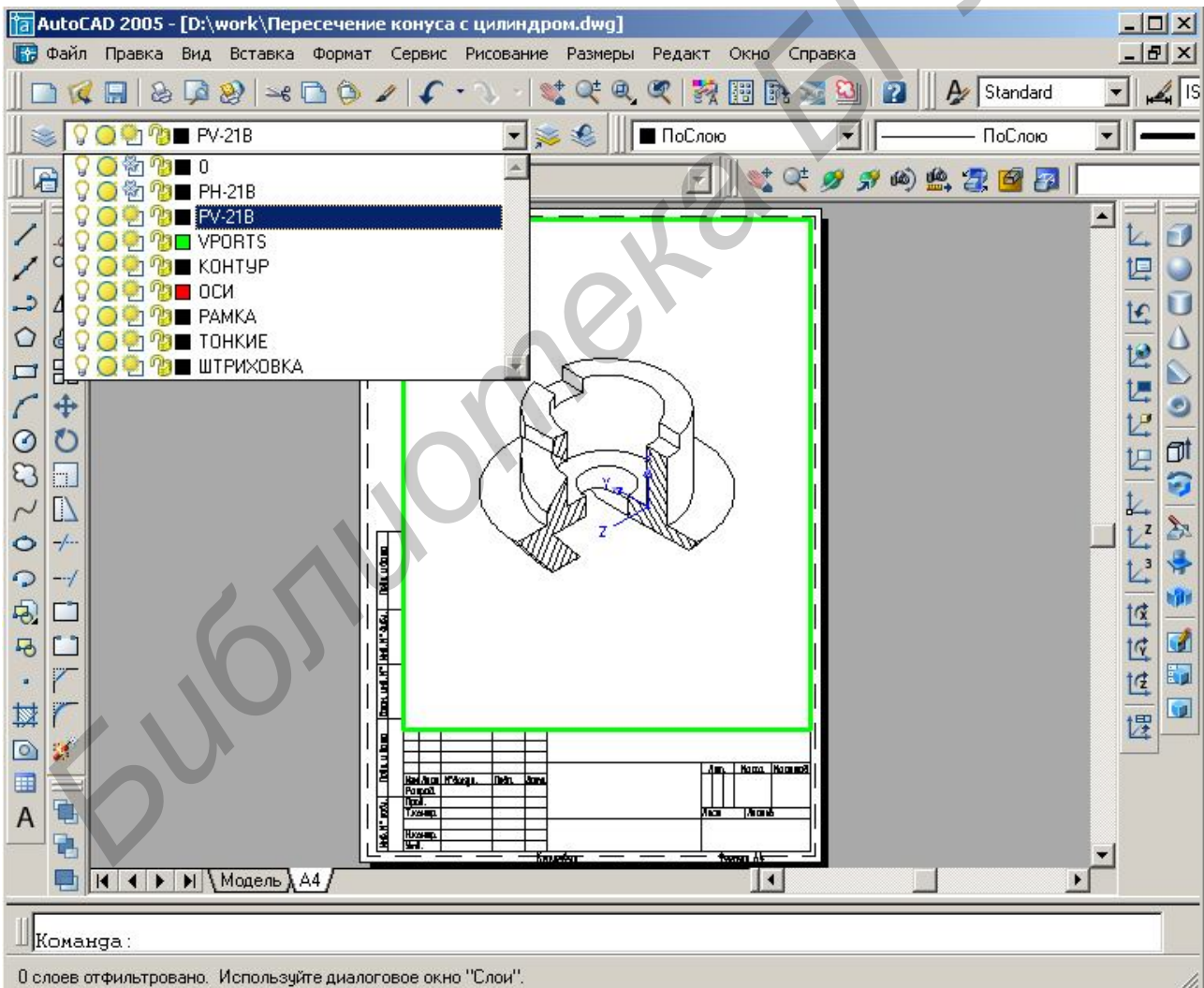


Рис. 2.19. Изометрическое изображение детали с вырезом



Полученную таким образом аксонометрическую проекцию необходимо распечатать, предварительно заполнив основную надпись. Для этого двойным щелчком мыши выделить основную надпись. При этом на экране монитора появится окно *Редактора атрибутов блоков* (рис. 2.20).

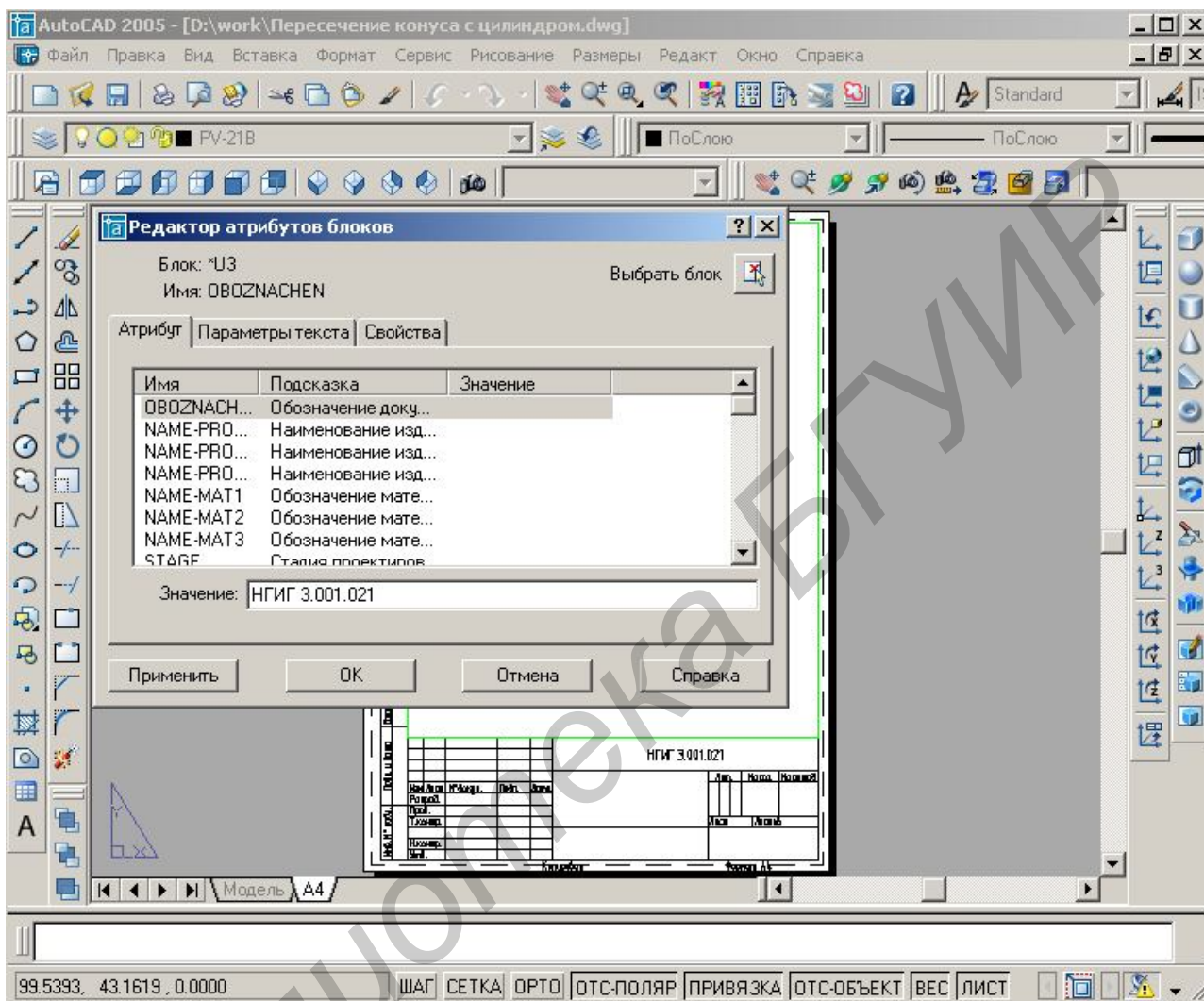


Рис. 2.20. Редактор атрибутов блоков для заполнения основной надписи

После заполнения необходимых атрибутов нажать на кнопку «ОК». Появится заполненная основная надпись (рис. 2.21).

Инв. № подл.	Подп. и дата.	Взам. ин.					НГИГ 3.001.021			
			Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пересечение конуса с цилиндром		Лит.	Масса
			Разраб.	Иванов			У			1:1
			Проб.	Петров						
			Т. контр.				Лист		Листов	1
			Н. контр.				БГУИР, гр. 212502			
			Утв.							
Копировал						Формат А4				

Рис. 2.21. Пример заполнения основной надписи

Библиотека БГУИР

### **3. Задание и порядок его выполнения студентами**

1. Изучить теорию описанную выше.
2. Выполнить пример создания модели твердотельного объекта, приведенный в данном учебно-методическом пособии.
3. Получить вариант задания у преподавателя. Примеры заданий см. в ПРИЛОЖЕНИИ.
4. Создать модель твердотельного объекта, используя данное учебно-методическое пособие.
5. Оформить созданную модель твердотельного объекта в виде чертежа на формате А4.
6. Заполнить основную надпись.
7. Распечатать.

Библиотека БГУИР

## ЛИТЕРАТУРА

1. Романычева, Э. Т. Инженерная и компьютерная графика / Э. Т. Романычева, Т. Ю. Соколова, Г. Ф. Шандурина. – М. : ДМК Пресс, 2001. – 592 с.
2. Полещук, Н. Н. Самоучитель по AutoCAD 2005 / Н. Н. Полещук, В. А. Савельева. – СПб. : БХВ – Петербург, 2005. – 656 с.
3. Хейфец, А. Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD. Опыт преподавания и широта взгляда / А. Л. Хейфец. – СПб. : БХВ – Петербург, 2005. – 245 с.
4. Зуев, С. А. САПР на базе AutoCAD – как это делается / С. А. Зуев, Н. Н. Полещук. – СПб. : БХВ – Петербург, 2004. – 1168 с.
5. Съемщикова, Л. С. Создаем чертежи на компьютере в AutoCAD 2000/2002/2004. Самоучитель / Л. С. Съемщикова. – М. : ДМК Пресс, 2004. – 168 с.
6. Ткачев, Д. А. AutoCAD 2005. Самоучитель / Д. А. Ткачев. – Киев : Издательская группа ВНУ, 2006. – 462 с.

Примеры заданий

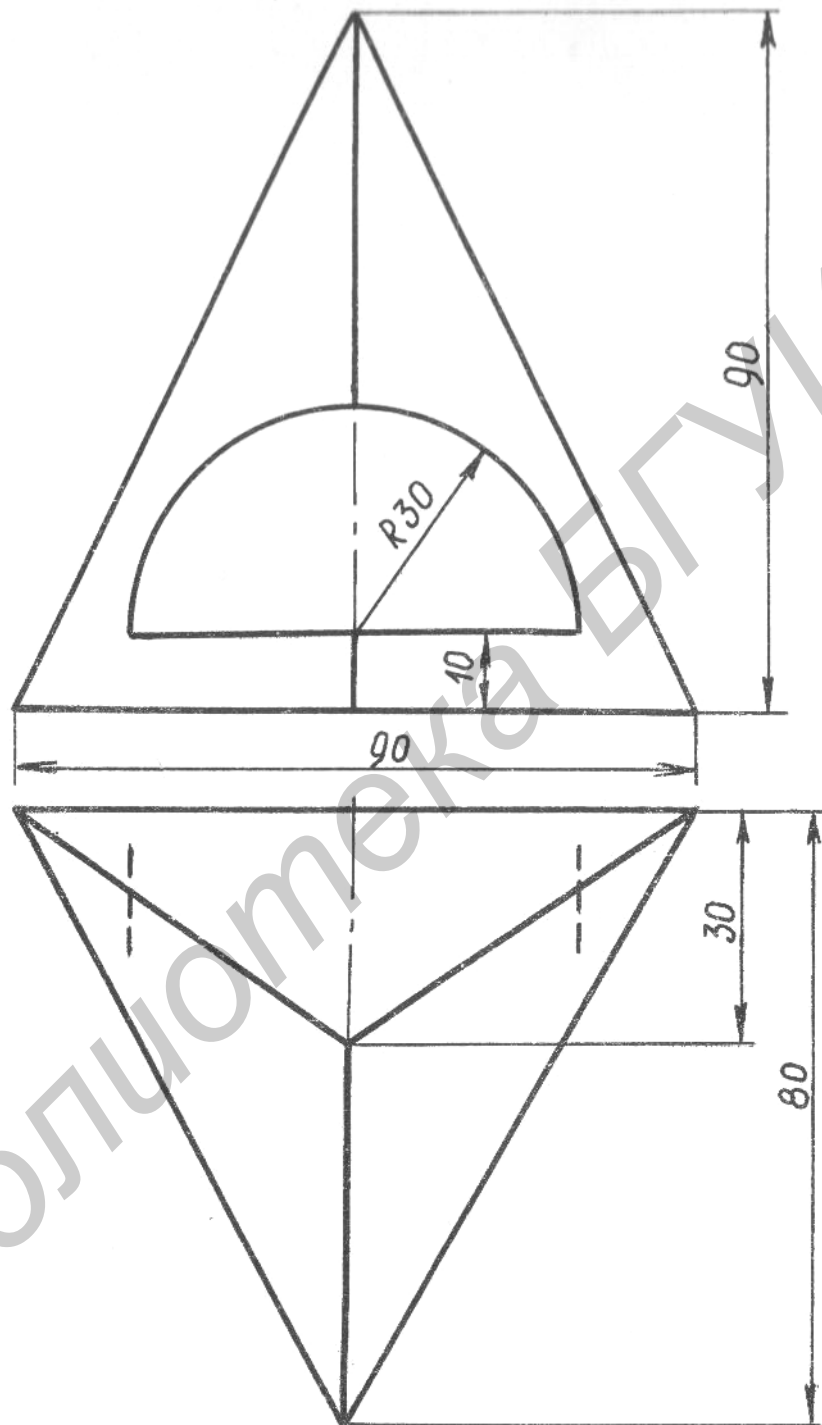


Рис. П.1. Пример задания 1

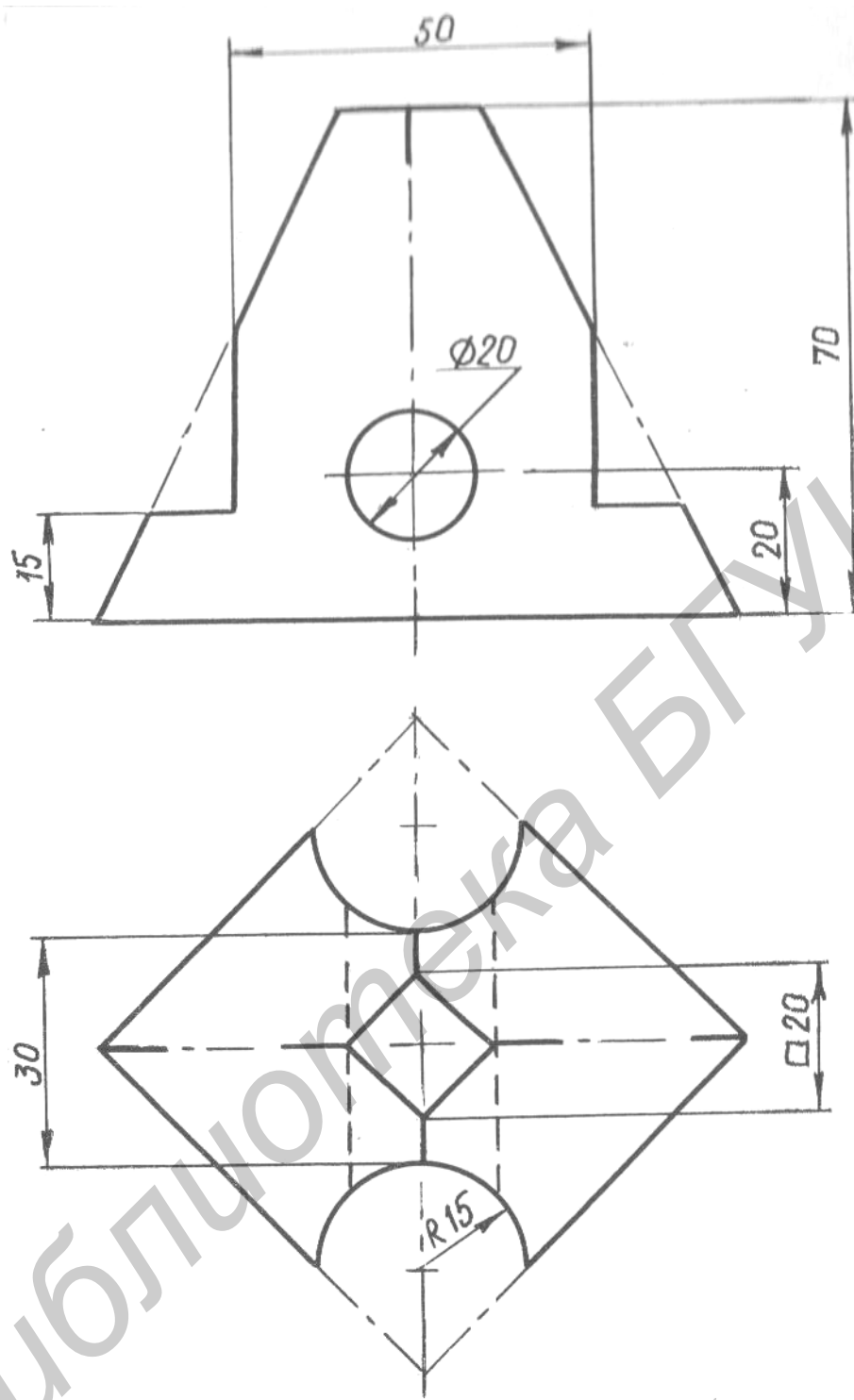


Рис. П.2. Пример задания 2

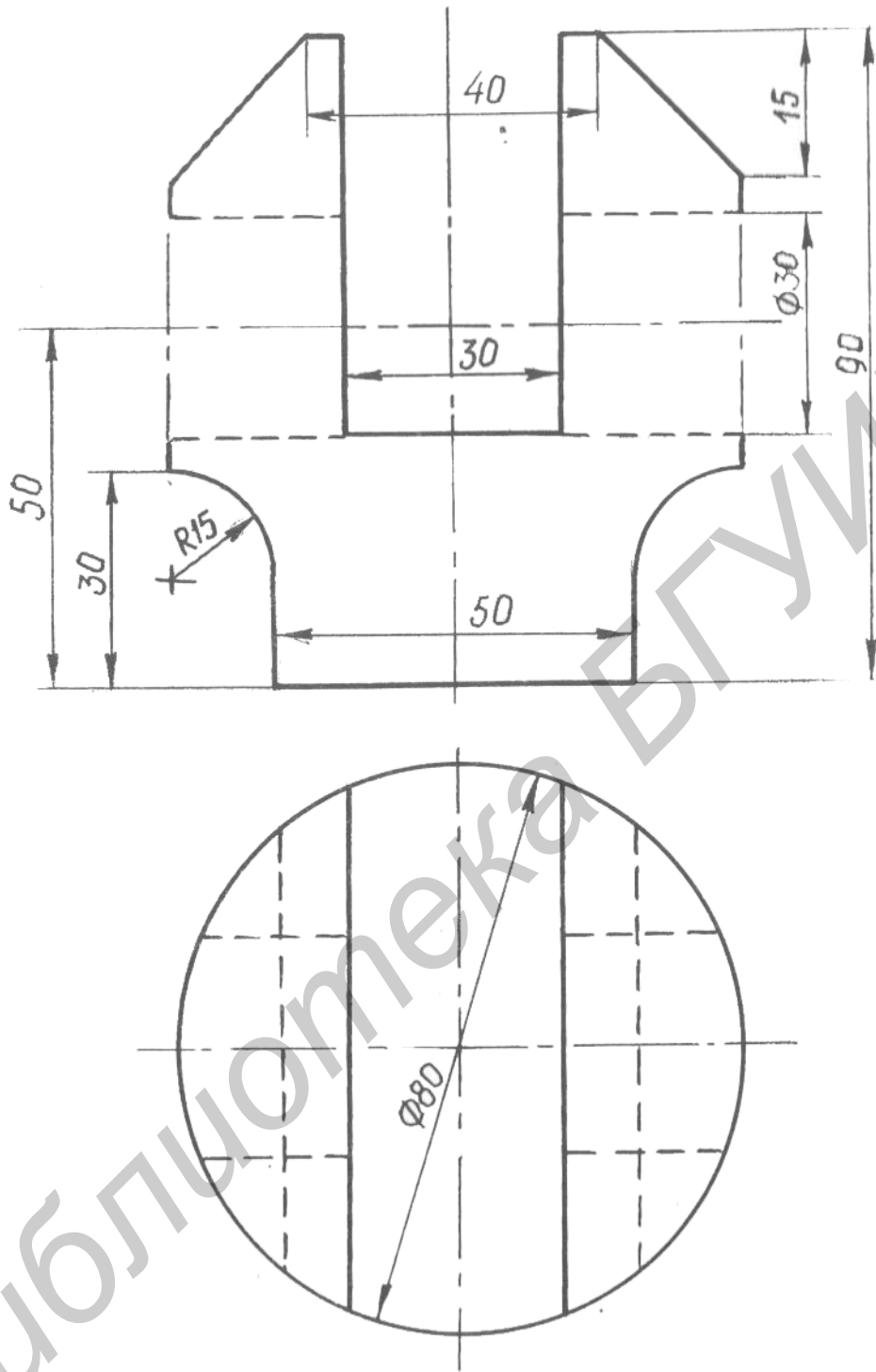


Рис. П.3. Пример задания 3

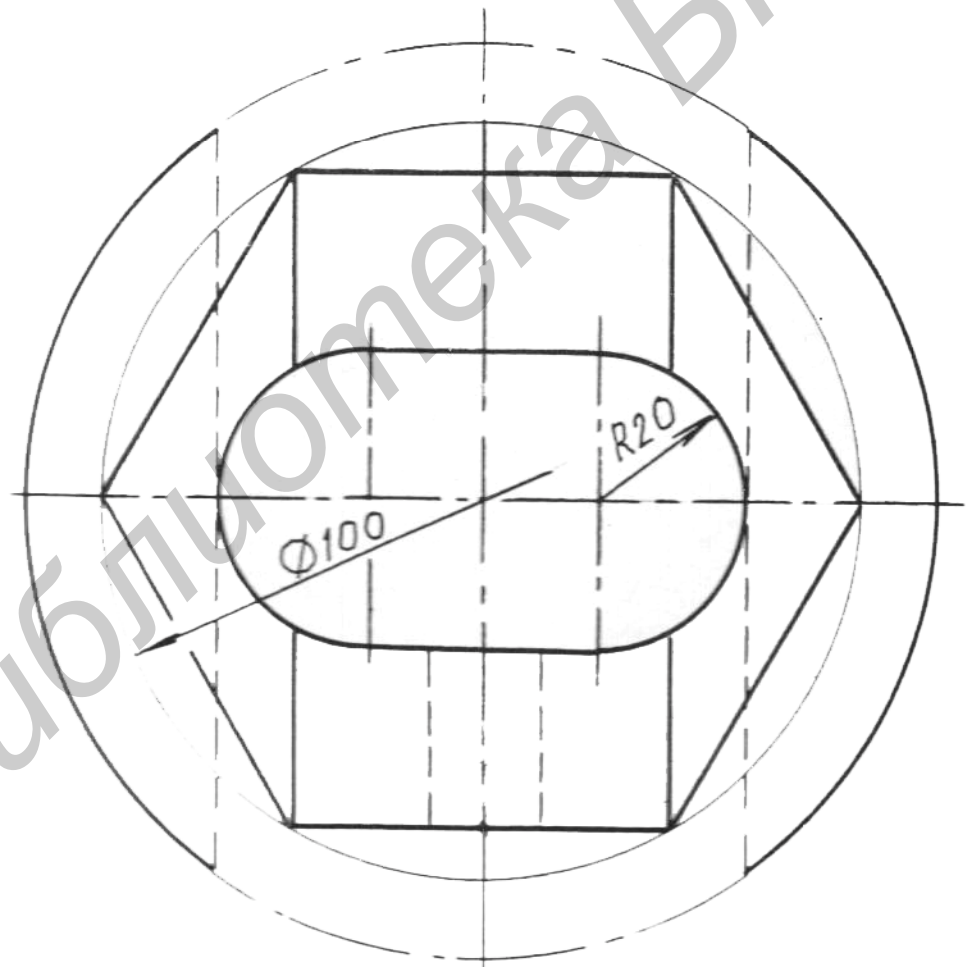
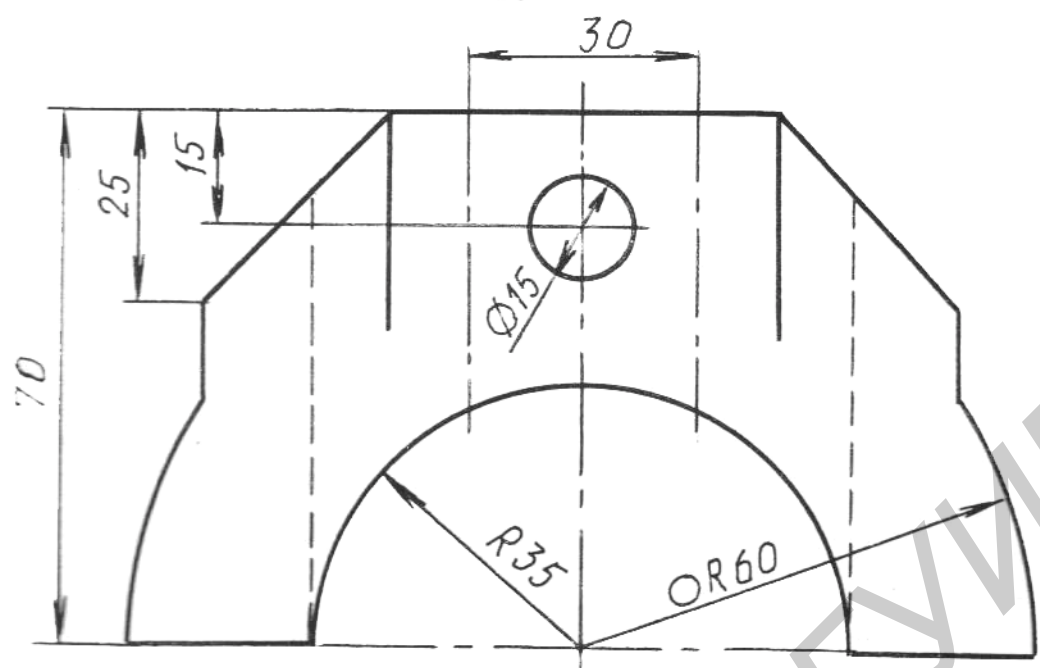


Рис. П.4. Пример задания 4



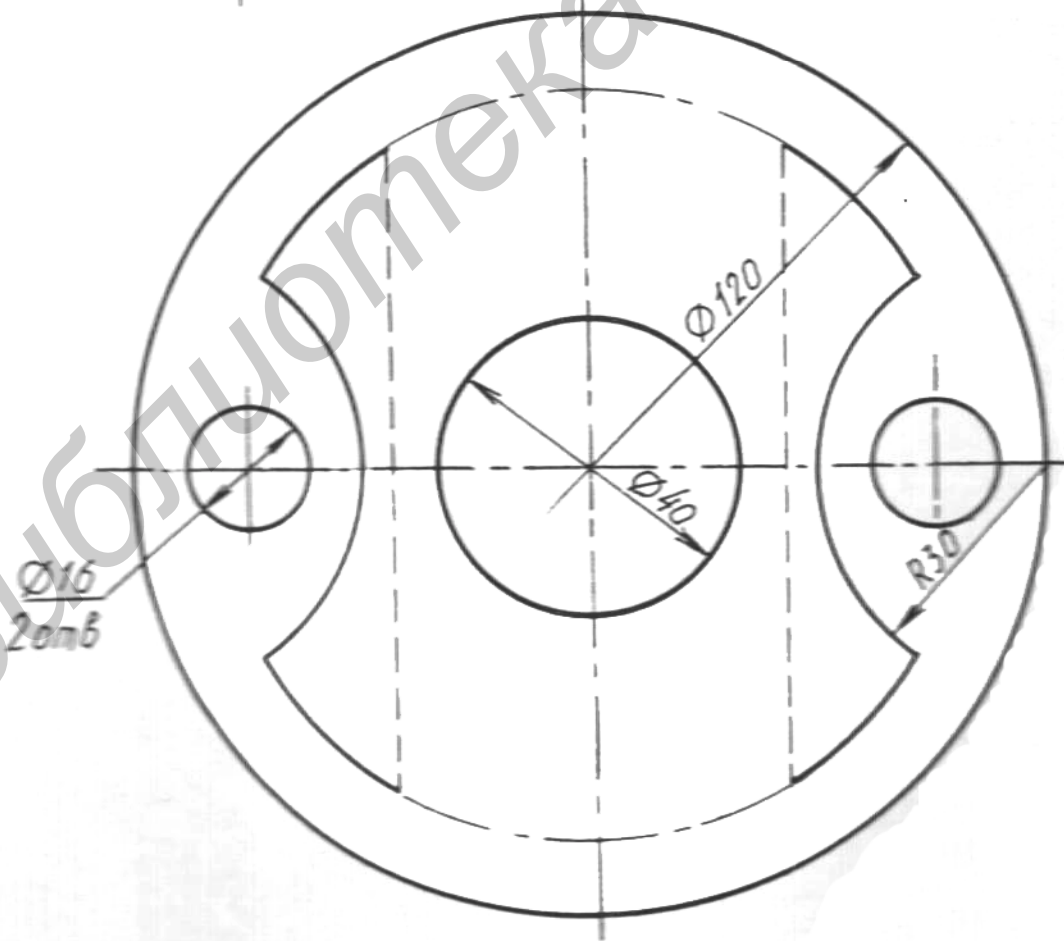
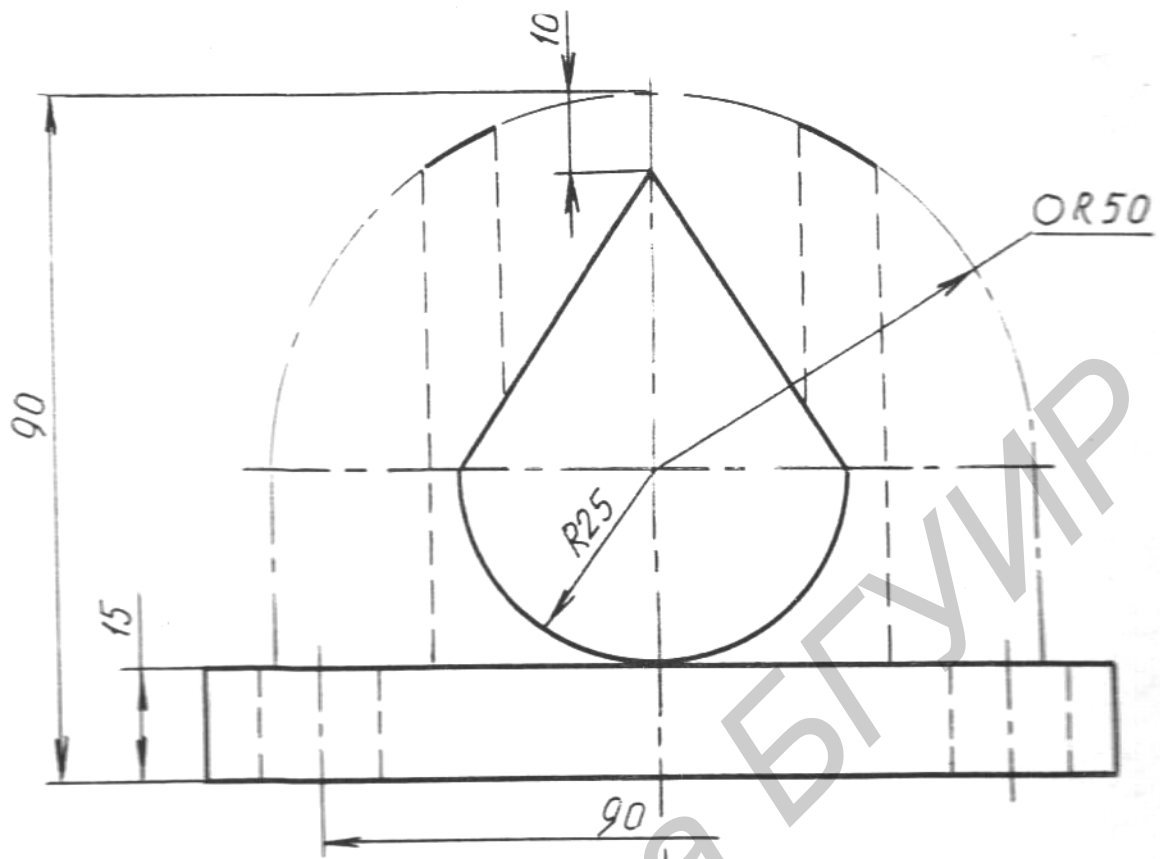


Рис. П.5. Пример задания 5

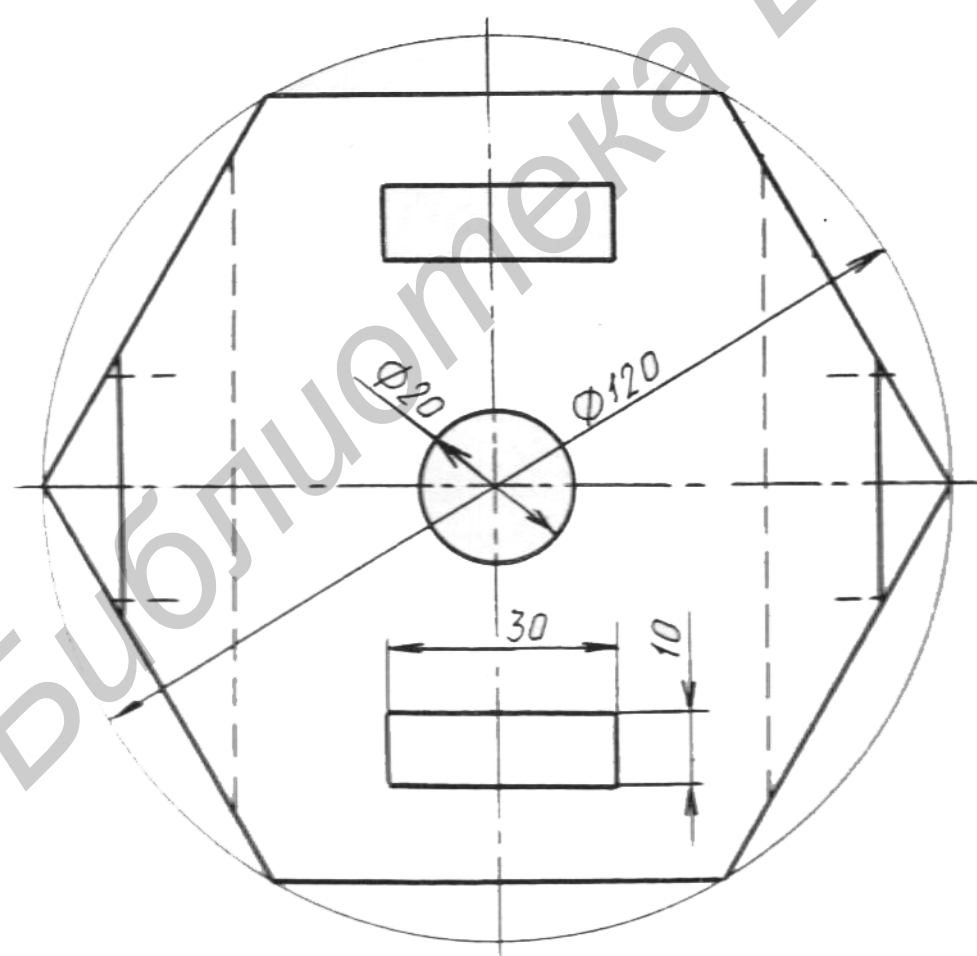
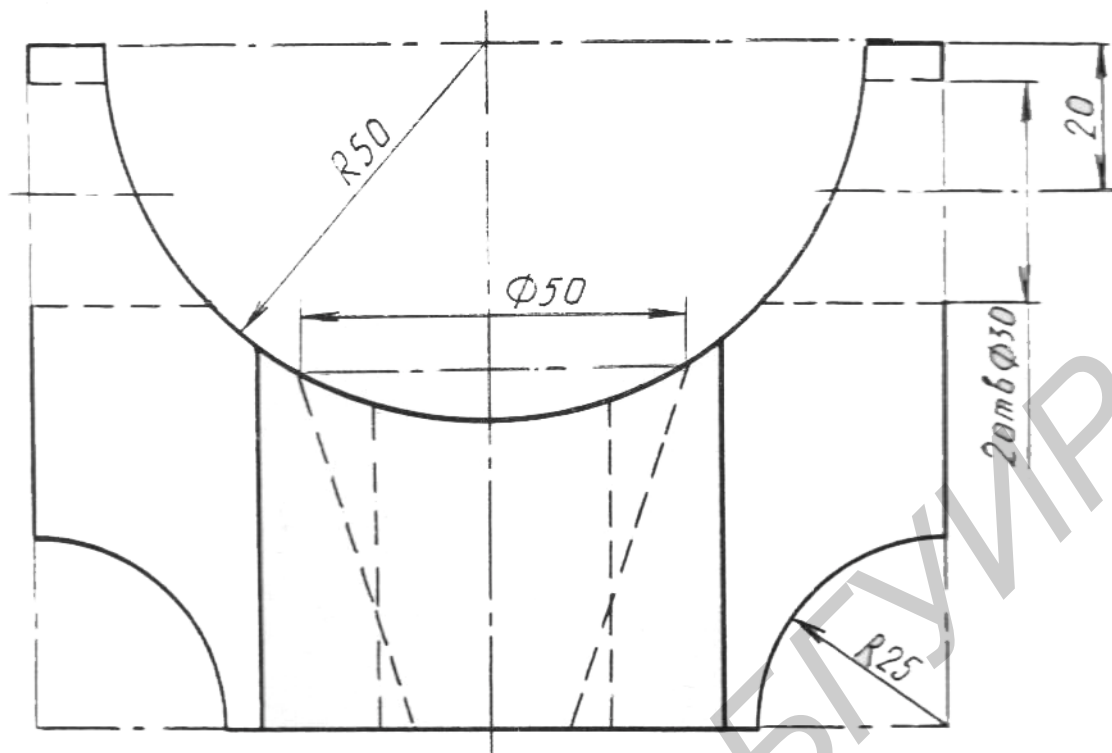


Рис. П.6. Пример задания 6

*Учебное издание*

**Матусевич Татьяна Владимировна**

***МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ  
СРЕДСТВАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ***

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

Редактор *М. А. Зайцева*

Корректор *Е. И. Герман*

Компьютерная правка, оригинал-макет *А. А. Лысеня*

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. Уч.-изд. л. 2,8. Тираж 250 экз. Заказ 537.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.  
220013, Минск, П. Бровки, 6