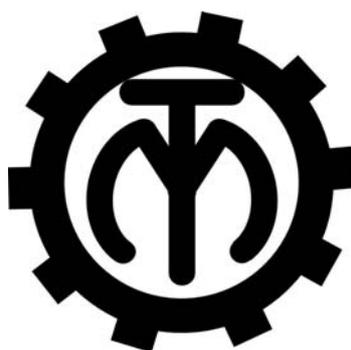


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

# ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности  
1-36 01 04 «Оборудование и технологии  
высокоэффективных процессов обработки материалов»  
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2020

УДК 004.42  
ББК 32.973.26  
075

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «27» мая 2020 г.,  
протокол № 14.

Составитель ст. преподаватель В. В. Афаневич

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Изложены методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы компьютерных технологий», а также теоретические положения в области компьютерного моделирования в среде AutoCAD.

Учебно-методическое издание

## ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать 19.10.2020 . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 2,79 . Уч.-изд. л. 3,0 . Тираж 46 экз. Заказ № 571.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.  
Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2020

## Содержание

Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ .....	4
1 Лабораторная работа № 1. Создание параметризованных эскизов .....	5
2 Лабораторная работа № 2. Вспомогательные элементы для построения трехмерных моделей.....	8
3 Лабораторная работа № 3. Создание элементов деталей методом экструзии .....	11
4 Лабораторная работа № 4. Создание трехмерных моделей типа тел вращения .....	14
5 Лабораторная работа № 5. Редактирование трехмерных геометрических моделей деталей .....	16
6 Лабораторная работа № 6. Разрезы и сечения трехмерных деталей	22
7 Лабораторная работа № 7. Создание рабочих чертежей на основе трехмерных моделей деталей .....	28
8 Лабораторная работа № 8. Моделирование оболочек.....	32
9 Лабораторная работа № 9. Моделирование сборочных единиц .....	36
10 Лабораторная работа № 10. Разработка и отладка LISP-функции для параметрического черчения трехмерной твердотельной модели .....	39
11 Лабораторная работа № 11. Разработка и отладка LISP-функции для моделирования трехмерных оболочек .....	42
12 Лабораторная работа № 12. Разработка и отладка LISP-функции для автоматизированного создания сборки .....	44
Список литературы .....	46
Приложение А. Пример оформления типовой формы отчета .....	47

# **Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ**

## ***Общие требования безопасности***

1 Для работы на ПЭВМ в компьютерном классе допускаются студенты, прошедшие обучение по мерам безопасности, проверку знаний с оформлением протокола.

2 Студенты должны соблюдать правила внутреннего распорядка. Не допускается находиться в классах в верхней одежде, в состоянии алкогольного, токсического и наркотического опьянения и курения.

3 При эксплуатации ПЭВМ необходимо помнить, что питающее напряжение сети 220 В является опасным для жизни человека.

## ***Требования безопасности перед началом работы***

1 Убедиться в том, что закрыты все крышки и кожухи устройств, входящих в ПЭВМ.

2 Убедиться в том, что изоляция электрических проводов не имеет видимых повреждений.

3 В случае неисправности оборудования немедленно сообщить об этом преподавателю и до ее устранения к работе не приступать.

## ***Требования безопасности во время работы***

1 Точно выполнять все указания преподавателя при проведении лабораторной работы, без его разрешения не производить самостоятельно никаких работ.

2 Студент в компьютерном классе обязан:

- производить работу на ПЭВМ только в присутствии преподавателя;
- соблюдать санитарные правила и нормы.

3 Студенту при работе на ПЭВМ запрещается прикасаться к задней стенке системного блока (процессора) при включенном питании.

## ***Требования безопасности по окончании работы***

1 Отключить питание системного блока (процессора).

2 Отключить питание всех периферийных устройств.

3 Осмотреть и привести в порядок рабочее место.

## ***Требования безопасности в аварийных ситуациях***

1 При обнаружении неисправности немедленно отключить питание и сообщить о случившемся преподавателю.

2 При возгорании оборудования отключить питание и сообщить о происшедшем своему преподавателю, с последующим вызовом пожарной службы по тел. 101 и принятием мер к тушению очага возгорания с помощью углекислотного огнетушителя.

# 1 Лабораторная работа № 1. Создание параметризованных эскизов

**Цель работы:** приобретение практических навыков разработки параметризованных эскизов в среде системы автоматизированного проектирования AutoCAD.

## Задачи

- 1 Изучить основные панели системы AutoCAD.
- 2 Научиться строить и редактировать простые фигуры в системе AutoCAD.
- 3 Научиться создавать эскизы деталей в системе AutoCAD.

## Оборудование и программное обеспечение.

Персональный компьютер с установленным на него программным обеспечением: система автоматизированного проектирования AutoCAD 2006 (или выше), текстовый редактор MS Word 97 (или выше).

## Порядок выполнения работы.

- 1 Загрузить систему автоматизированного проектирования AutoCAD

щелчком по ярлычку на рабочем столе: .

- 2 Выполнить настройку сетки и шага курсора для обеспечения требуемой точности построения контуров. Для настройки сетки и шага курсора выполнить команду **Сервис \ Режимы рисования**. Установить шаг сетки и курсора 10 мм.

- 3 Ознакомиться с содержанием панелей инструментов.

Доступ к панелям осуществляется посредством выпадающего меню командой **Сервис \ Панели инструментов \ AutoCAD**.

Изучить назначение команд на каждой панели инструментов: **Рисование, Редактирование, Размер, Объектная привязка, Стандартная**. Для подсказки переместить курсор на соответствующую кнопку. Для получения дополнительной информации можно воспользоваться Справкой, нажав клавишу F1. Аналогично изучить назначение кнопок строки состояния.

- 4 Используя панель **Рисование** выполнить построение простых фигур произвольных размеров с использованием команд (рисунок 1.1).

Используя панель **Редактирование**:

- при помощи команды **Копировать** создать копию выполненных ранее многоугольников;
- командой **Повернуть** повернуть объект на 30 град;
- командой **Фаска** создать фаски на треугольнике;
- командой **Сопряжение** выполнить закругление углов пятиугольника (рисунок 1.2).

При помощи команды **Массив** построить круговой массив (рисунок 1.3).

Используя панель **Размеры** нанести размеры на приведенном эскизе (рисунок 1.4).



Рисунок 1.1

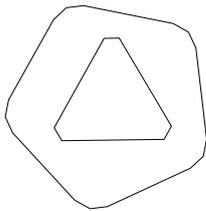


Рисунок 1.2

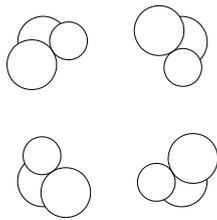


Рисунок 1.3

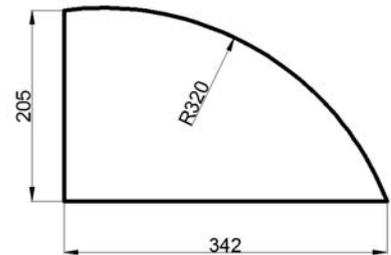


Рисунок 1.4

5 Выполнить компоновку эскиза до вида, представленного на рисунке 1.5.

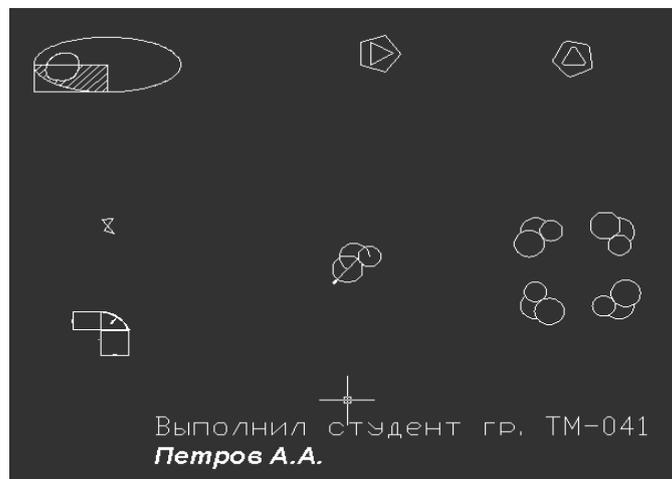


Рисунок 1.5

6 Выполнить эскиз (рисунок 1.6).

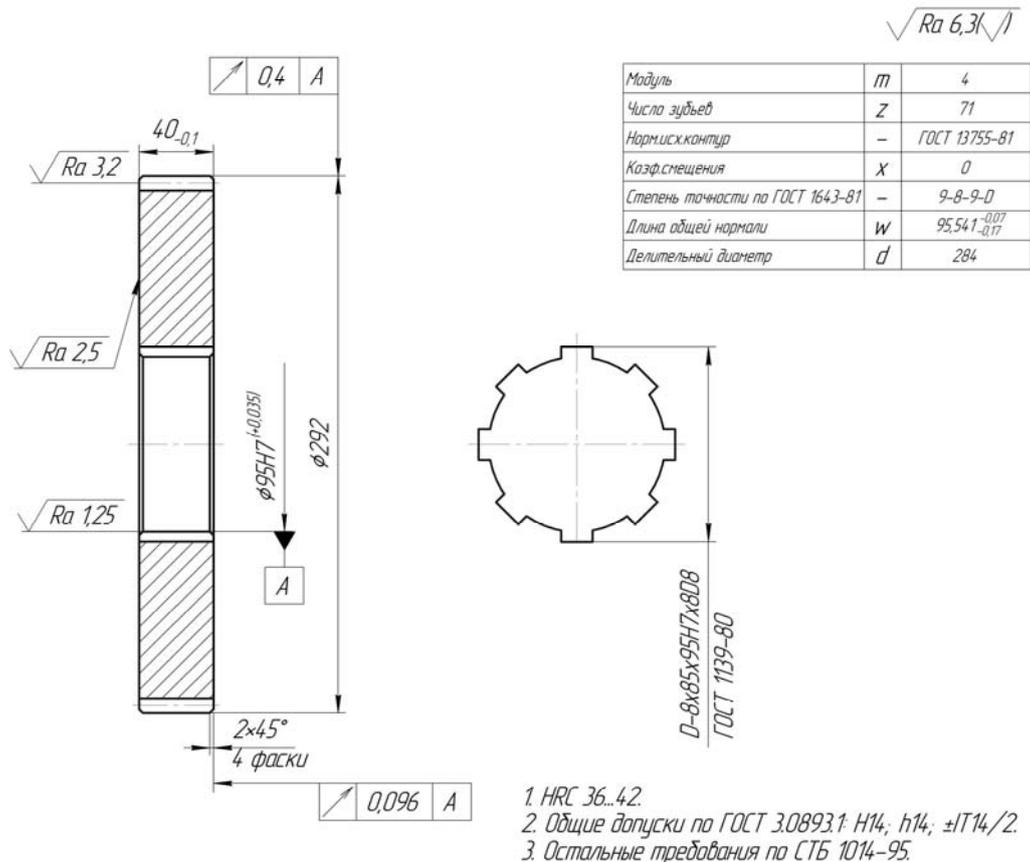


Рисунок 1.6

7 Сохранить результаты работы в личной папке.

8 Составить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты. Типовая форма отчета приведена в приложении А.

### Содержание отчета.

- 1 Цель работы.
- 2 Результаты изучения панели Рисование.
- 3 Результаты изучения панели Редактирование.
- 4 Результаты изучения панели Размеры.
- 5 Общий вид компоновки простых фигур.
- 6 Общий вид параметризованного эскиза.
- 7 Выводы.

### Контрольные вопросы

- 1 Каким образом выполняется настройка сетки и шага курсора?
- 2 Каким образом можно добавить или удалить панели инструментов?

- 3 Какие возможности построения дает панель инструментов Рисование?
- 4 Какие возможности построения дает панель инструментов Редактирование?
- 5 Какие виды объектной привязки существуют?

## 2 Лабораторная работа № 2. Вспомогательные элементы для построения трехмерных моделей

**Цель работы:** приобретение практических навыков построения вспомогательных элементов трехмерного моделирования в среде системы автоматизированного проектирования AutoCAD.

### Задачи

- 1 Научиться строить траектории с помощью полилинии для последующего выдавливания.
- 2 Научиться строить траектории с помощью 3D-полилинии.
- 3 Научиться управлять видами.

### Оборудование и программное обеспечение.

Персональный компьютер с установленным на него программным обеспечением: система автоматизированного проектирования AutoCAD 2006 (или выше), текстовый редактор MS Word 97 (или выше).

### Порядок выполнения работы.

- 1 Загрузить систему автоматизированного проектирования AutoCAD.
- 2 Выполнить построение вспомогательных элементов для последующего выдавливания в виде 2D-траекторий с помощью полилинии  (рисунок 2.1).

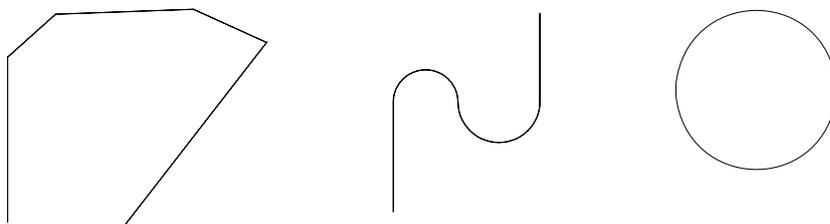


Рисунок 2.1

Вид первой и второй траекторий, а также их размеры и диаметр окружности получить у преподавателя.

### Порядок построения.

Для построения использовать полярную систему координат (@):

- нажать кнопку **Полилиния**, на запрос системы **Начальная точка**: щелкнуть мышкой в предполагаемом начале построения траектории;
- далее на запрос **Следующая точка**: ввести признак полярной системы **@** затем длину отрезка в миллиметрах, потом признак угла **<** и угловое направление отрезка. В конце нажать **«Enter»**.

**Пример** – **@20<45** – провести отрезок длиной 20 мм под углом 45 град. Система угловых координат представлена на рисунке 2.2.

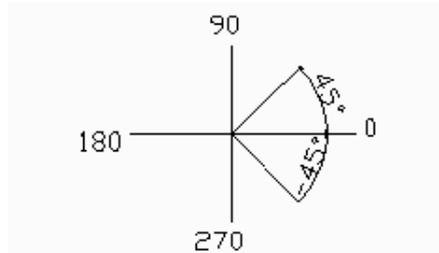


Рисунок 2.2

Нанести размеры на полученные элементы (рисунок 2.3).

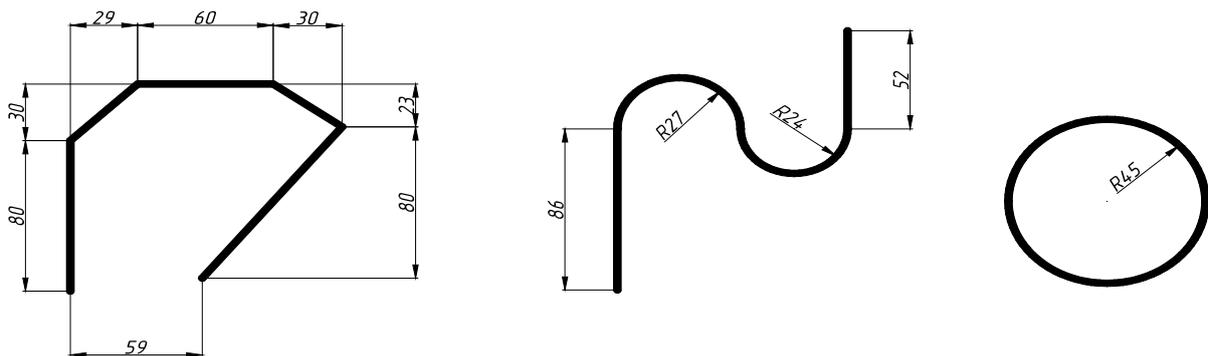


Рисунок 2.3

3 Сохранить разработанные траектории при помощи команды **пблок (\_wblock)** в виде блоков в личную папку:

- разместить всю траекторию на экране;
- в командной строке набрать **пблок (\_wblock)** и нажать **«Enter»**;
- в появившемся окне указать имя файла *схема1*, в качестве места сохранения, – личную папку, затем объекты, которые будут входить в состав блока, а также базовую точку.

4 Построить 3D-траекторию:

– установить текущую точку зрения в виде юго-западной изометрии, для чего выполнить команду **Вид\ 3D Виды\ ЮЗ Изометрия**;

– используя команду **Рисование\ 3D полилиния** выполнить построение следующей траектории (рисунок 2.4):

а) на запрос **Начальная точка полилинии**: ввести координаты начальной точки в трехмерном пространстве: 0,0,0 – где первый ноль – это координата по оси X, второй – по Y, третий – по Z;

б) на запрос **Конечная точка отрезка**: ввести координаты следующей точки. Как видно из рисунка, следующая точка отличается от предыдущей только координатой по оси Z. Тогда следует ввести, например, @0,0,23, где 23 – длина отрезка (индивидуальное задание выбирается из таблицы, столбец 3DL, в соответствии с вариантом. Вариант и таблицу с исходными данными получить у преподавателя);

- используя полученную траекторию, изучить назначение иных пунктов выпадающего меню **Вид\3D Виды**, а так же команду **Вид\Орбита\Свободная орбита**;
- сохранить полученную траекторию в виде блока в личную папку (рисунок 2.5).

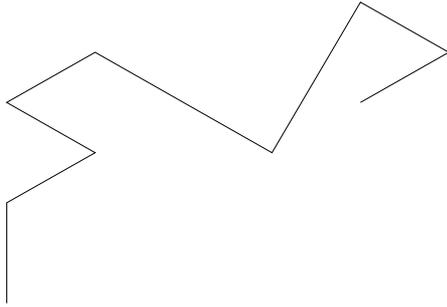


Рисунок 2.4

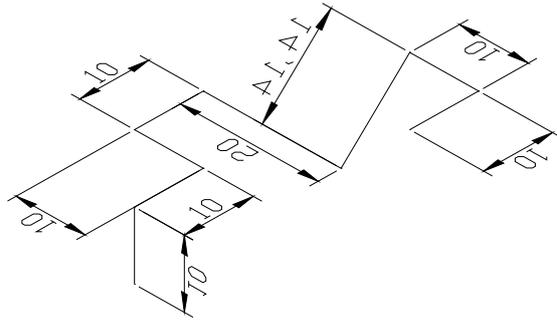


Рисунок 2.5

5 Выполнить построение траектории в виде спирали:

- установить исходный вид командой **Вид\3D Виды\Сверху**;
- построить окружность, состоящую из двух полуокружностей;
- установить вид, соответствующий **ЮЗ Изометрия**;
- по известным диаметру окружности и межвитковому расстоянию рассчитать угол наклона витка;
- используя команду **Редактировать\3D операции\3D поворот** осуществить поворот полуокружностей на требуемый угол (рисунок 2.6);
- при помощи команд **Правка\Копировать с базовой точкой** и **Правка\Вставить** выполнить построение пяти витков (рисунок 2.7);
- сохранить полученную траекторию.

6 Составить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты. Типовая форма отчета приведена в приложении А.

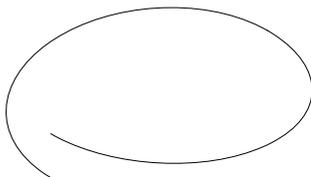


Рисунок 2.6

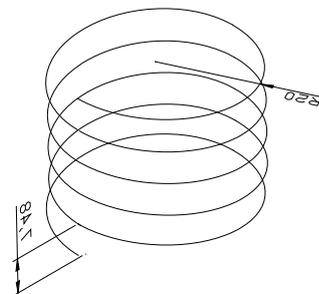


Рисунок 2.7

**Содержание отчета.**

- 1 Цель работы.
- 2 Построение 2D-траекторий.
- 3 Построение 3D-траекторий.
- 4 Результаты изучения меню управления видами.
- 5 Выводы.

**Контрольные вопросы**

- 1 Каким образом можно создать блок?
- 2 Как осуществляются различные варианты построения полилинии?
- 3 Как можно построить 3D-полилинию?
- 4 Для чего нужна команда 3D-орбита?
- 5 Каким образом можно установить различные виды для просмотра?

### **3 Лабораторная работа № 3. Создание элементов деталей методом экструзии**

**Цель работы:** приобретение практических навыков построения трехмерных моделей методом экструзии (выдавливания) в среде системы автоматизированного проектирования AutoCAD.

**Задачи**

- 1 Научиться производить выдавливание объектов на определенную высоту.
- 2 Научиться производить выдавливание объектов по определенной траектории.

**Оборудование и программное обеспечение.**

Персональный компьютер с установленным на него программным обеспечением: система автоматизированного проектирования AutoCAD 2006 (или выше), текстовый редактор MS Word 97 (или выше).

**Порядок выполнения работы.**

- 1 Загрузить систему автоматизированного проектирования AutoCAD.
- 2 Ознакомиться с командой **Выдавить**:
  - на чистом поле чертежа выполнить построение трех простых фигур (окружность, треугольник, прямоугольник);
  - установить вид, соответствующий **ЮЗ Изометрия**;
  - выполнить выдавливание окружности вдоль оси *Z* на заданное расстояние (**Рисование\ Моделирование\ Выдавить**);
  - выполнить выдавливание треугольника и прямоугольника на заданное расстояние с произвольной положительной и отрицательной конусностью (рисунок 3.1).

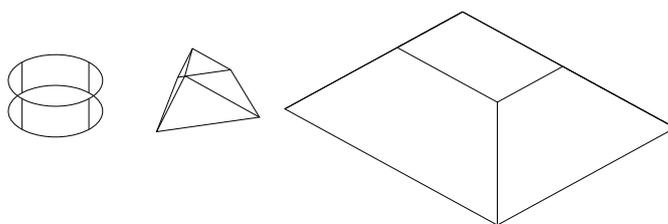


Рисунок 3.1

3 Открыть из своей рабочей папки параметризованные эскизы, созданные в лабораторной работе № 1, с помощью команды **Вставка\ Блок** и указания соответствующих параметров в диалоговом окне выполнить загрузку масштабирование и вставку разработанных ранее двухмерных траекторий.

4 Осуществить взаимную ориентацию траекторий и эскизов до вида, представленного на рисунке 3.2.

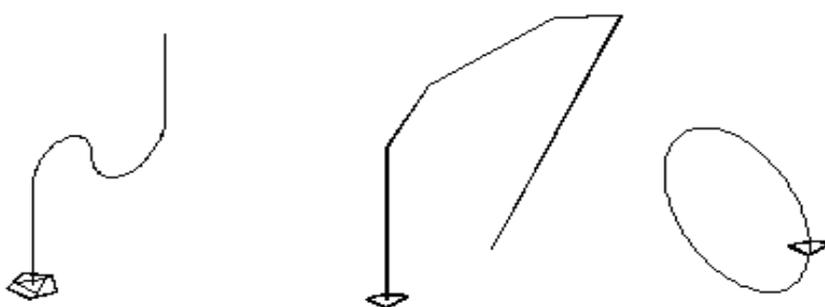


Рисунок 3.2

5 Осуществить выдавливание (перед операцией необходимо разбить блоки траекторий командой **Редактировать\ Расчленить**) командой **Рисование\ Моделирование\ Выдавить** (рисунок 3.3).

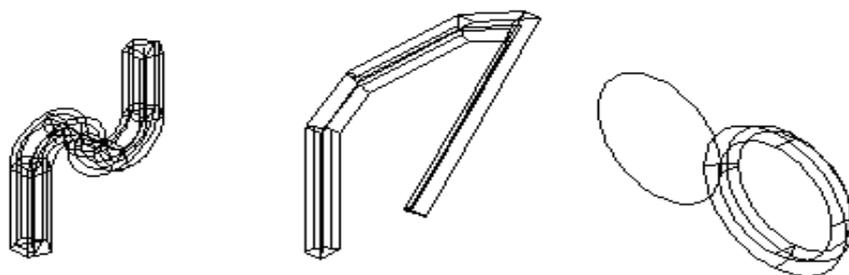


Рисунок 3.3

Сохранить полученные модели в личную папку.

6 Открыть файл, содержащий трехмерную ломанную траекторию, в основание траектории поместить окружность, выполнить выдавливание трехмерного трубопровода, затем визуализировать полученное изображение при помощи команды **Вид \ Визуальные стили\ Концептуальный** (рисунок 3.4).

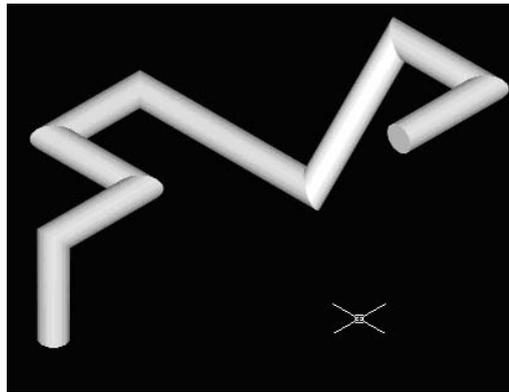


Рисунок 3.4

7 Выполнить моделирование профиля пружины:

- открыть файл, содержащий спираль (создан в лабораторной работе № 2), удалить все витки оставив только один полный виток;
- поместить в основание окружности (рисунок 3.5);
- выдавить окружности вдоль витка и размножить при помощи команд **Правка \ Копировать с базовой точкой** и **Правка \ Вставить**, произвести визуализацию (рисунок 3.6).

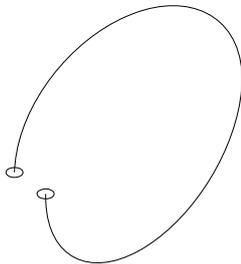


Рисунок 3.5

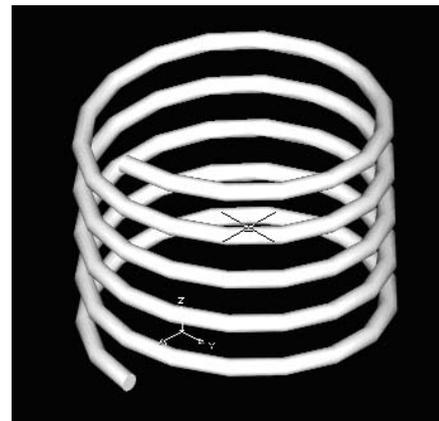


Рисунок 3.6

8 Составить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты. Типовая форма отчета приведена в приложении А.

#### Содержание отчета.

- 1 Цель работы.
- 2 Результаты выдавливания простых фигур вдоль оси Z.
- 3 Результаты выдавливания эскизов вдоль двухмерной траектории.
- 4 Результаты выдавливания эскизов вдоль трехмерных траекторий.
- 5 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Что такое экструзия?
- 2 Что нужно сделать, чтобы получить объекты с помощью выдавливания?
- 3 Как можно вставить блок в документ?
- 4 Как осуществляется выдавливание вдоль траектории?
- 5 Как можно получить модель пружины?

## **4 Лабораторная работа № 4. Создание трехмерных моделей типа тел вращения**

**Цель работы:** приобретение практических навыков построения трехмерных моделей методом вращения в среде системы автоматизированного проектирования AutoCAD.

### ***Задачи***

- 1 Научиться строить 3D-модели на основе простых фигур с помощью вращения.
- 2 Научиться строить 3D-модели на основе плоских фигур, полученных полилинией с помощью вращения.

### **Оборудование и программное обеспечение.**

Персональный компьютер с установленным на него программным обеспечением: система автоматизированного проектирования AutoCAD 2006 (или выше), текстовый редактор MS Word 97 (или выше).

### **Порядок выполнения работы.**

- 1 Загрузить систему автоматизированного проектирования AutoCAD.
- 2 Ознакомиться с командой **Вращать (Рисование \ Моделирование \ Вращать)**:
  - на чистом поле чертежа выполнить построение (рисунок 4.1) трех простых фигур (окружность, шестигранник, прямоугольник);
  - выполнить вращение окружности на  $360^\circ$ , шестигранника – на  $180^\circ$ , прямоугольника – на  $270^\circ$  (**Рисование \ Моделирование \ Вращать**);
  - удалить оси, установить вид, соответствующий ЮЗ Изометрия, визуализировать результаты;
  - задать оси вращения (рисунок 4.2).

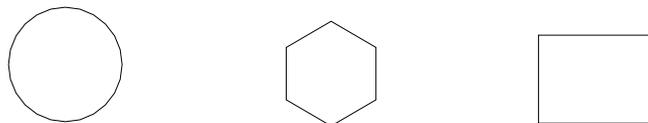


Рисунок 4.1

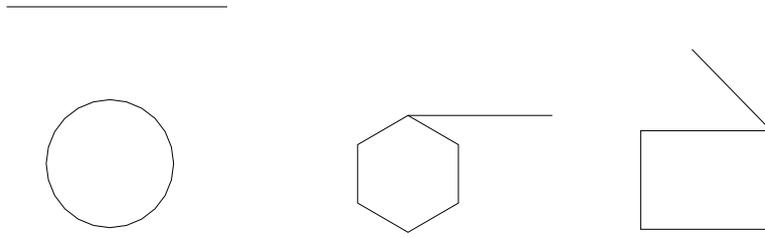


Рисунок 4.2

3 Построение трехмерной модели зубчатого колеса методом вращения (рисунок 4.3):

- получить у преподавателя задание для создания зубчатого колеса;
- построить контур колеса при помощи команды **Полилиния**;
- выполнить вращение контура вокруг оси симметрии детали, выполнить визуализацию, просмотреть результаты и затем сохранить в отдельный файл в личную папку.

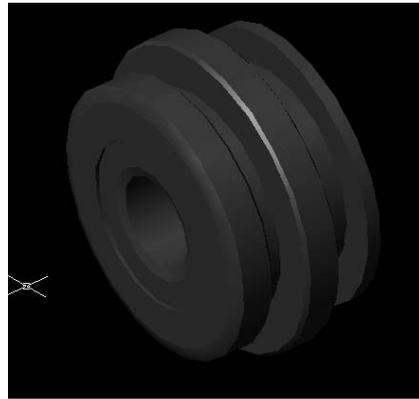


Рисунок 4.3

4 Построение трехмерной модели вала методом вращения:

- получить у преподавателя пояснения о построении вала и в соответствии с размерами зубчатого колеса на новом чертеже выполнить построение контура детали, воспользовавшись командой **Полилиния** (рисунок 4.4);
- выполнить команду **Вращать**, результаты сохранить в личную папку (рисунок 4.5).

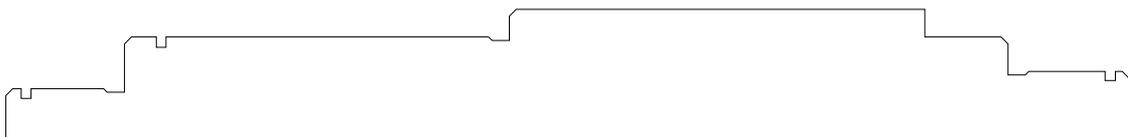


Рисунок 4.4



Рисунок 4.5

5 Составить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты. Типовая форма отчета приведена в приложении А.

### **Содержание отчета.**

- 1 Цель работы.
- 2 Результаты вращения простых фигур.
- 3 Результаты моделирования зубчатого колеса.
- 4 Результаты моделирования вала.
- 5 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Какие есть методы получения трехмерных моделей?
- 2 Для чего нужна команда Вращать?
- 3 На какой угол можно производить вращение?
- 4 Как добавить новый слой?
- 5 Для чего нужны слои?

## **5 Лабораторная работа № 5. Редактирование трехмерных геометрических моделей деталей**

***Цель работы:*** приобретение практических навыков редактирования трехмерных моделей, построения сложных тел в среде системы автоматизированного проектирования AutoCAD.

### ***Задачи***

- 1 Научиться выполнять скругления на 3D-объектах.
- 2 Научиться применять команды: Объединение, Вычитание, Пересечение.
- 3 Научиться пользоваться 3D-массивом.

### **Оборудование и программное обеспечение.**

Персональный компьютер с установленным на него программным обеспечением: система автоматизированного проектирования AutoCAD 2006 (или выше), текстовый редактор MS Word 97 (или выше).

### Порядок выполнения работы.

1 Загрузить систему автоматизированного проектирования AutoCAD.

2 Ознакомиться с действием команд **Фаска, Сопряжение**:

- используя рабочие чертежи вала и зубчатого колеса, определить размеры шпонки с применением ГОСТ (взять у преподавателя);
- выполнить построение шпонки, используя команду **Выдавить**;
- выполнить построение фасок на всех гранях командой **Фаска** (рисунок 5.1);
- сохранить результат в личную папку.

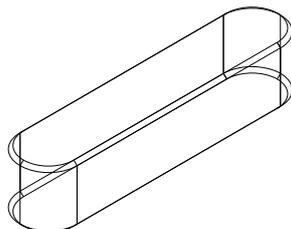


Рисунок 5.1

3 Изучить команды **Объединение, Вычитание, Пересечение**.

Открыть файл, содержащий трехмерную модель вала, используя команду **Вычитание**, выполнить построение шпоночного паза, используя команду **Сопряжение**, выполнить скругление внутренних кромок шпоночного паза:

- построить профиль шпоночного паза на наружной поверхности вала и затем вытеснить его на величину  $t_1$  (ГОСТ взять у преподавателя);
- выполнить построение шпоночного паза (рисунок 5.2). Для этого применить команду **Вычитание**, указать объект, из которого будет выполняться вычитание (вал), затем через **Ввод** указать объект, который будет вычитаться (шпоночный паз):
- выполнить скругление внутренних граней шпоночного паза (рисунок 5.3), результаты сохранить в личную папку.

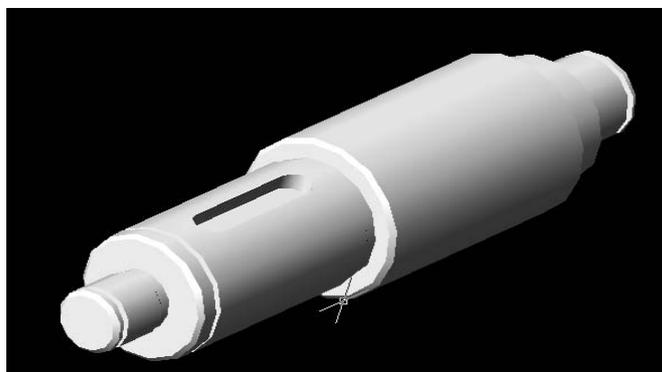


Рисунок 5.2

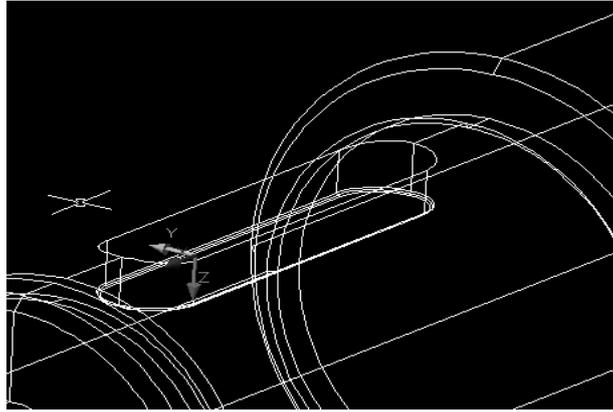


Рисунок 5.3

4 Открыть чертеж, содержащий трехмерную модель зубчатого колеса, выполнить ее редактирование (сформировать зубчатый венец, шпоночный паз, отверстия в ступице, необходимые фаски и скругления), результаты сохранить:

– установить текущую плоскость редактирования перпендикулярно оси вращения колеса при помощи команды **Сервис /Новая ПСК / Зось** (рисунок 5.4);

– выполнить построение вспомогательных окружностей (см. рисунок 5.4):

а) делительного диаметра

$$D = m \cdot Z; \quad (5.1)$$

б) диаметра вершин

$$D_a = D + 2 \cdot m; \quad (5.2)$$

в) диаметра впадин

$$D_f = D - 2,5 \cdot m; \quad (5.3)$$

– выполнить построение профиля зуба (рисунок 5.5) по упрощенной методике:

а) полуширина впадины на делительном диаметре

$$B_D \approx \frac{\pi \cdot D}{4 \cdot z}; \quad (5.4)$$

б) на диаметре впадин

$$B_{D_f} \approx B_D \cdot 0,9; \quad (5.5)$$

в) на диаметре вершин

$$B_{D_a} \approx B_D \cdot 1,4; \quad (5.6)$$

- при помощи команды **Дуга** построить профиль впадины по трем ранее определенным точкам (см. рисунок 5.5);
- обвести полученный профиль полилинией и затем выдавить вдоль оси вращения на величину, превышающую ширину венца;
- используя **Круговой 3D массив**, выполнить построение требуемого количества впадин (рисунок 5.6);
- вычесть впадины из зубчатого колеса (рисунок 5.7);
- выполнить окончательное редактирование модели зубчатого колеса, построив шпоночный паз, и, при необходимости, – отверстия в ступице колеса, результаты сохранить.

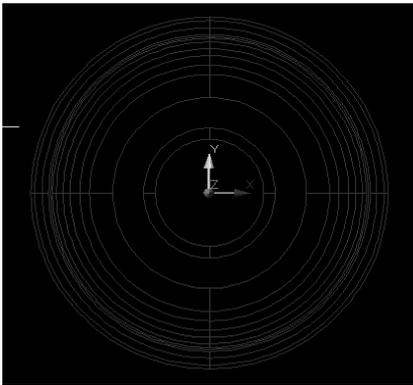


Рисунок 5.4

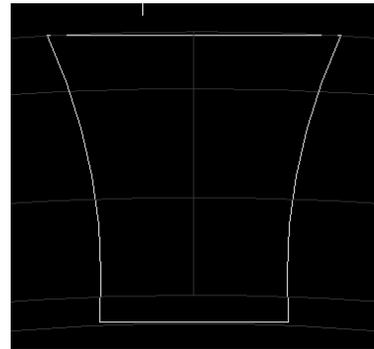


Рисунок 5.5

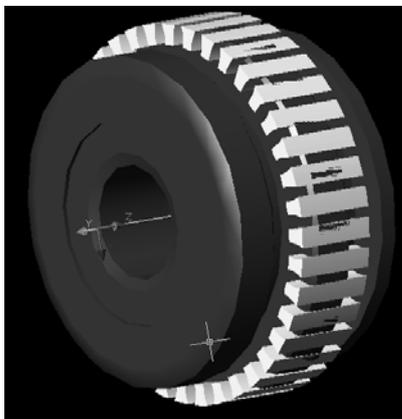


Рисунок 5.6

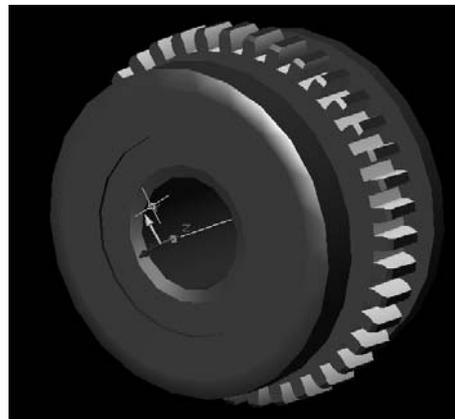


Рисунок 5.7

5 В соответствии с заданием выполнить построение корпуса зубчатого редуктора:

– создать новый документ, построить прямоугольник, ограничивающий внутреннюю полость редуктора с размерами:

а) длина =  $D_a + 16$  мм;

б) ширина равна длине вала между буртиками под подшипники минус 10 мм;

– построить второй прямоугольник, ограничивающий стенки корпуса толщиной 8 мм;

– выдавить стенки редуктора до плоскости разъема на величину, равную  $\frac{D_a}{2} + 8$  мм;

– используя команду **Вычитание** получить вид, представленный на рисунке 5.8;

– построить дно корпуса толщиной 8 мм, которое превышает размеры стенок в двух направлениях на 20 мм, объекты объединить командой **Объединение** (рисунок 5.9);

– построить плоскость разъема шириной 20 мм (рисунок 5.10):

– построить подшипниковые узлы (рисунок 5.11):

а) построить окружность диаметром, равным наружному диаметру подшипника, плюс 15 мм;

б) выдавить на глубину, равную ширине подшипника, плюс 10 мм, но не менее 20 мм, с литейным уклоном  $5^\circ$ , обрезаем по плоскости разъема;

– сформировать ребро жесткости (рисунок 5.12):

а) нарисовать проекцию;

б) выдавить на глубину 2 мм и завершить построение операцией

**3D Зеркало**;

– сформировать второй подшипниковый узел при помощи команды

**3D Зеркало**;

– завершить редактирование подшипниковых узлов (рисунок 5.13):

а) объединить все объекты;

б) выдавить окружность диаметром, равным наружному диаметру подшипника, вычесть ее из корпуса;

в) сформировать отверстия на плоскости разъема, на основании корпуса;

г) выполнить скругления внутренних граней корпуса 5 мм, снять фаски величиной 2 мм в отверстиях под подшипник;

– результаты сохранить.

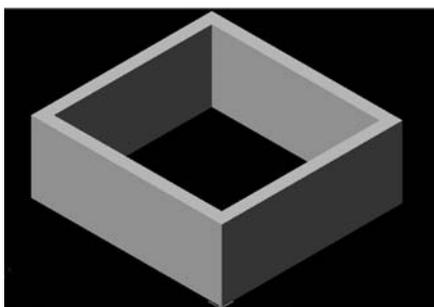


Рисунок 5.8

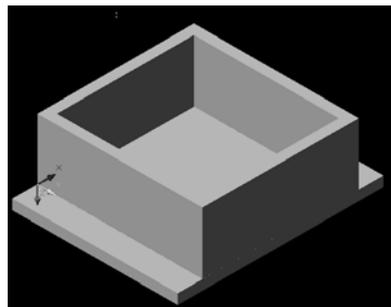


Рисунок 5.9

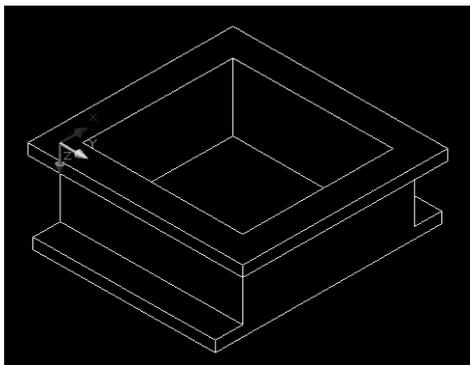


Рисунок 5.10

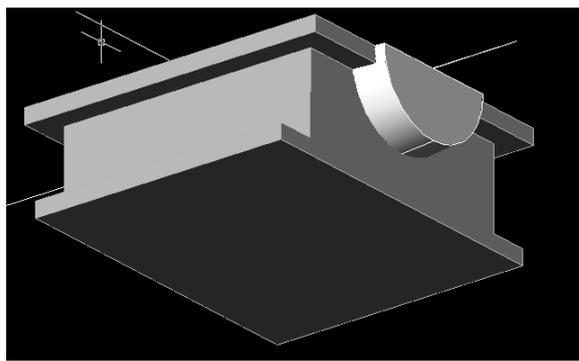


Рисунок 5.11

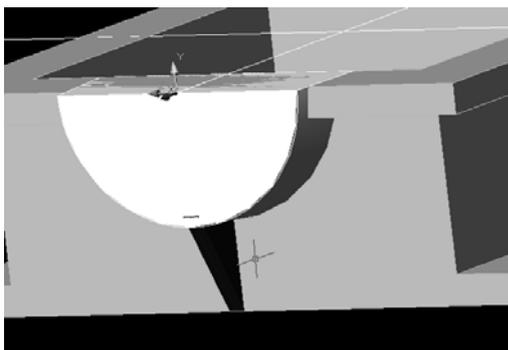


Рисунок 5.12

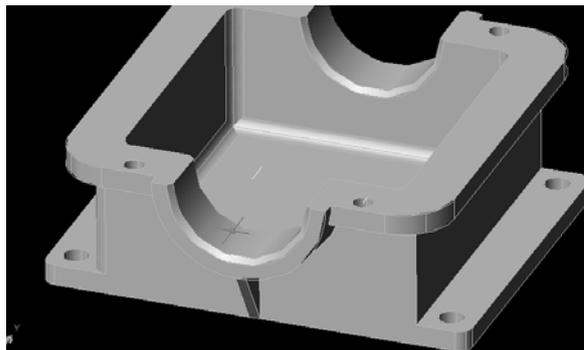


Рисунок 5.13

6 Составить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты. Типовая форма отчета приведена в приложении А.

### **Содержание отчета.**

- 1 Цель работы.
- 2 Результаты построения шпонки.
- 3 Результаты редактирования вала.
- 4 Результаты редактирования зубчатого колеса.
- 5 Результаты построения модели корпуса.
- 6 Выводы.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Для чего нужна команда Фаска?
- 2 Можно ли применить команду Фаска к трехмерному объекту?
- 3 Для чего нужна команда Объединение?
- 4 Для чего нужна команда Вычитание?
- 5 Для чего нужна команда Пересечение?
- 6 Как можно установить пользовательскую систему координат с заданным направлением ось z?

## 6 Лабораторная работа № 6. Разрезы и сечения трехмерных деталей

**Цель работы:** приобретение практических навыков формирования разрезов и сечений трехмерных моделей в среде системы автоматизированного проектирования AutoCAD.

### Задачи

- 1 Научиться выполнять сечения.
- 2 Научиться выполнять разрезы.

### Оборудование и программное обеспечение.

Персональный компьютер с установленным на него программным обеспечением: система автоматизированного проектирования AutoCAD 2006 (или выше), текстовый редактор MS Word 97 (или выше).

### Порядок выполнения работы.

- 1 Загрузить систему автоматизированного проектирования AutoCAD.
- 2 Изучить методы получения сечений трехмерных тел.

В среде AutoCAD может быть получено сечение тела плоскостью, при этом могут быть использованы различные способы задания положения секущей плоскости:

– **указанием плоскости, параллельной текущей системе координат:**

- а) открыть чистый лист в среде AutoCAD;
- б) вставить как блок модель вала (**Вставка\Блок**);
- в) включить вид, соответствующий **ЮЗ Изометрия (Вид\3D виды\ЮЗ изометрия)**;

г) выполнить построение сечений в трех плоскостях, параллельных текущим плоскостям XY, YZ, XZ и проходящих через ось симметрии вала:

- 1) создать новый слой для черчения сечений, выполнив команду

**Формат\Слой**, указать цвет линий **зеленый**, установить его текущим;

- 2) ввести в командной строке команду **Сечение**;

3) на запрос **Выберите объекты** выделить щелчком мыши вал, нажать **Enter**;

4) на запрос **Первая точка на секущей плоскости** набрать **XY** и нажать **Enter**;

5) на запрос **Точка в плоскости XY** щелкнуть мышью ось вращения вала.

Должен получиться рисунок 6.1;

д) аналогичным образом получить еще два сечения в плоскостях (рисунок 6.2), параллельных YZ и XZ;

е) используя команду **Редактировать \ Перенести**, выполнить компоновку (рисунок 6.3);

ж) сохранить результаты в личную папку;

– сечение может быть выполнено плоскостью, параллельной текущему виду:

а) ввести в командной строке команду **Сечение**;

б) на запрос **Выберите объекты** выделить щелчком мыши вал, нажать **Enter**;

в) на запрос **Первая точка на секущей плоскости** набрать **В (Вид)**, нажать **Enter**;

г) на запрос **Точка в текущей плоскости** щелкнуть мышью ось вращения вала в точке, соответствующей приблизительно середине шпоночного паза (рисунок 6.4);

д) переместить полученное сечение и сохранить результаты (рисунок 6.5);

– сечение может быть выполнено плоскостью, перпендикулярной направлению заданной оси:

а) создать чистый лист;

б) вставить как блок модель зубчатого колеса;

в) установить вид, соответствующий **ЮЗ Изометрия**;

г) создать новый слой, задать цвет линий **желтый**, установить его текущим;

д) ввести в командной строке команду **Сечение**;

е) на запрос **Выберите объекты** выделить щелчком мыши колесо, нажать **Enter**;

ж) на запрос **Первая точка на секущей плоскости** набрать **Zось**, нажать **Enter**;

з) на запрос **Первая точка на секущей плоскости** щелкнуть мышью ось вращения зубчатого колеса в точке, соответствующей приблизительно середине зубчатого венца;

и) на запрос **Точка на оси Z** щелкнуть мышью ось вращения зубчатого колеса в любой другой точке;

к) выполнив перемещение, должен получиться вид, представленный на рисунке 6.6;

– сечение может быть выполнено плоскостью, положение которой задается тремя точками:

а) ввести в командной строке команду **Сечение**;

б) на запрос **Выберите объекты** выделить щелчком мыши колесо, нажать **Enter**;

в) на запрос **Первая точка на секущей плоскости** выбрать **3 точки** и нажать **Enter**;

г) на запрос **Первая точка на плоскости** щелкнуть мышью начало оси вращения зубчатого колеса;

д) на запрос **Вторая точка на плоскости** щелкнуть мышью любую другую точку на оси вращения зубчатого колеса;

е) на запрос **Третья точка на плоскости** щелкнуть мышью любую точку на венце зубчатого колеса;

ж) после выполнения перемещения должен получиться вид, представленный на рисунке 6.7;

з) сохранить результаты в личную папку;

– сечение может быть выполнено плоскостью, положение которой задается 2D-объектом. Выполнить построение вспомогательного 2D-объекта:

а) установить пользовательскую систему координат под углом к текущей, выполнив команду **Вектор Zоси** из меню **Сервис \ Новая ПСК**;

б) на запрос **Новое начало координат** щелкнуть мышью любую точку на шпоночном пазе на левом торце зубчатого колеса;

в) на запрос **Точка на положительном луче оси Z** щелкнуть мышью любую точку на внешней поверхности правого торца;

г) установить вид в плане в новой системе координат командой **Вид \ 3D виды \ Вид в плане \ Текущая ПСК**;

д) начертить в любом свободном месте окружность произвольного размера;

е) вернуться в исходную систему координат (мировую) командой **Сервис \ Новая ПСК \ МСК**;

ж) выполнить команду **Вид \ 3D виды \ ЮЗ изометрия**.

Далее выполняется сечение с помощью вспомогательной окружности:

– ввести в командной строке команду **Сечение**;

– на запрос **Выберите объекты** выделить щелчком мыши колесо, нажать **Enter**;

– на запрос **Первая точка на текущей плоскости** набрать **o** (объект) и нажать **Enter**;

– на запрос **Укажите 2D объект** указать вспомогательную окружность;

– выполнив перемещение, должен получиться вид, представленный на рисунке 6.8;

– сохранить результаты в личную папку.

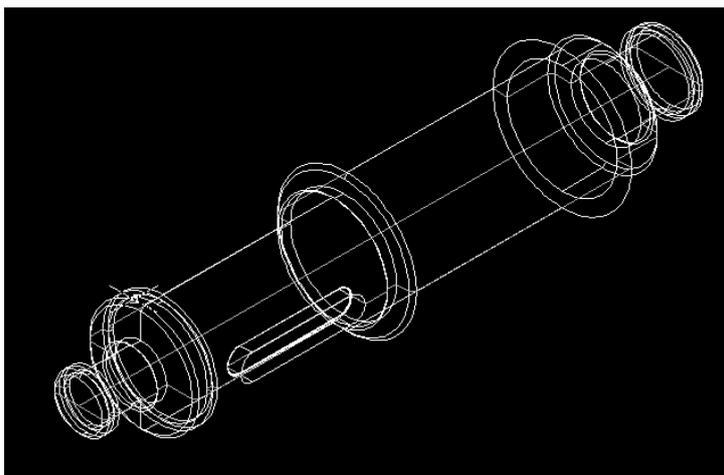


Рисунок 6.1

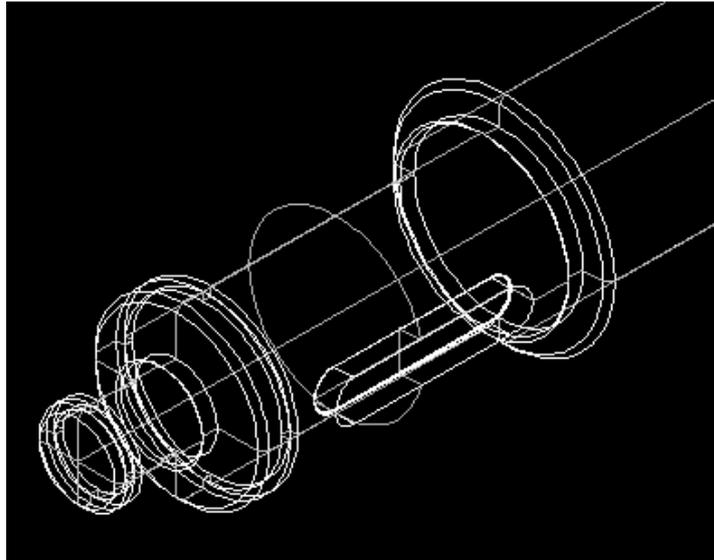


Рисунок 6.2

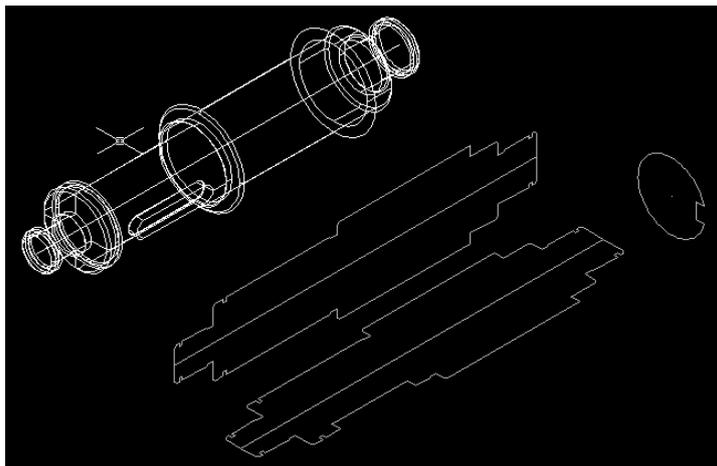


Рисунок 6.3

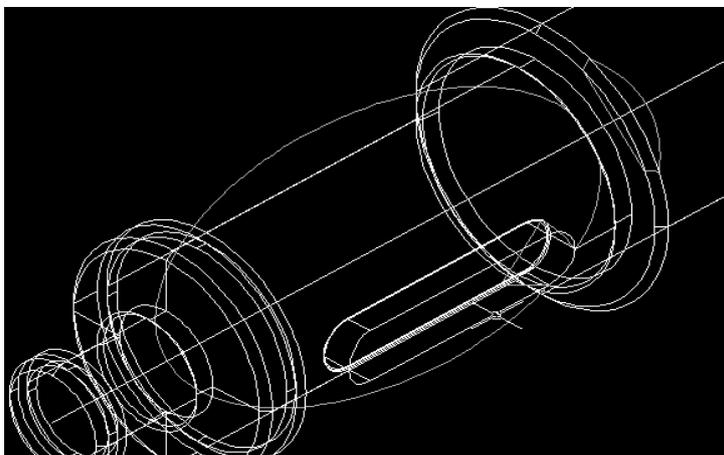


Рисунок 6.4

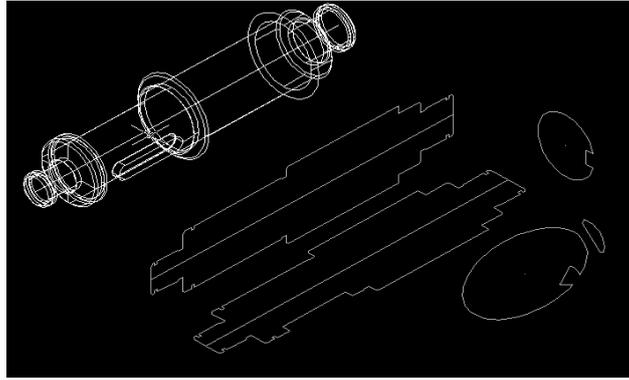


Рисунок 6.5

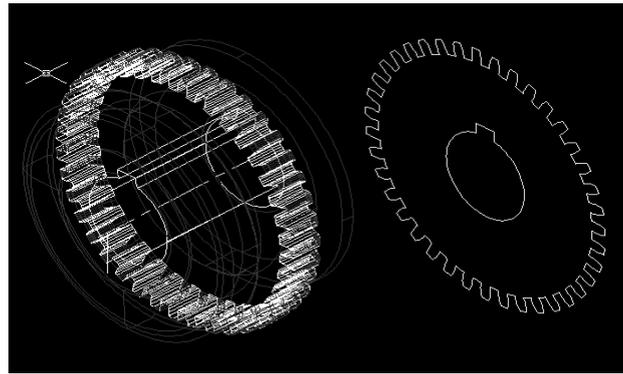


Рисунок 6.6

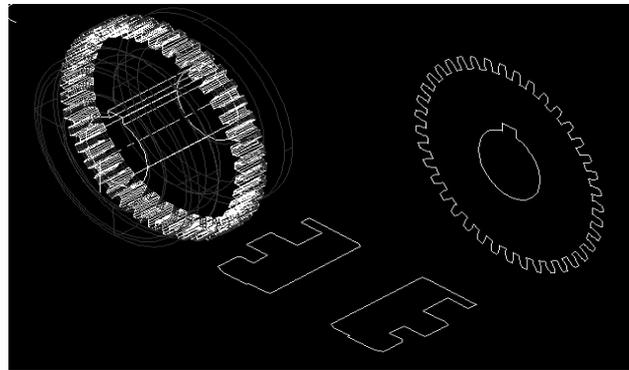


Рисунок 6.7

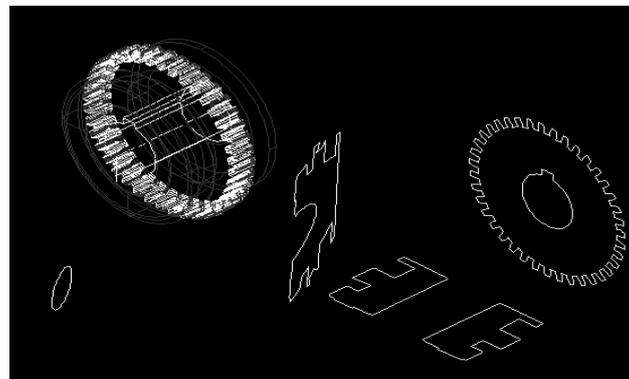


Рисунок 6.8

### 3 Изучить методы получения разрезов.

Разрезы выполняются теми же методами, что и сечения, отличие заключается только в том, что происходит редактирование трехмерной модели:

- открыть новый лист;
  - вставить как блок модель корпуса;
  - установить вид, соответствующий ЮЗ Изометрия;
  - выполнить команду **Редактировать \ 3D операции \ Сечение**;
  - на запрос **Выберите объекты для разрезания** выделить щелчком мыши корпус, нажать **Enter**;
  - на запрос **Начальная точка режущей плоскости** выбрать вариант **ZX**;
  - на запрос **Точка на плоскости ZY** щелкнуть мышью точку (или ввести координату), через которую пройдет секущая плоскость (середина корпуса);
  - на запрос **Укажите точку с нужной стороны** щелкнуть мышью по той части корпуса, которая должна остаться на чертеже.
- Должен получиться вид, представленный на рисунке 6.9;
- аналогично вырезать левую половину корпуса (рисунок 6.10);
  - сохранить результаты в личную папку.

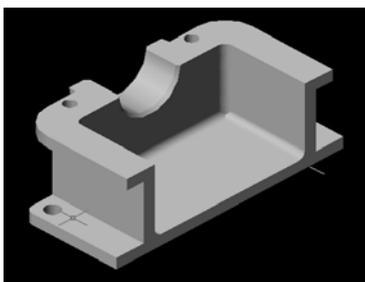


Рисунок 6.9

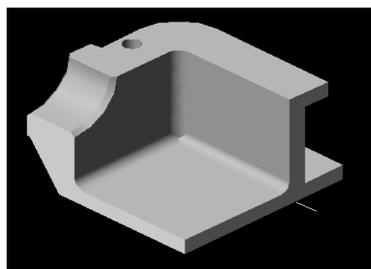


Рисунок 6.10

4 Составить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты. Типовая форма отчета приведена в приложении А.

#### **Содержание отчета.**

- 1 Цель работы.
- 2 Результаты построения сечений вала.
- 3 Результаты построения сечений зубчатого колеса.
- 4 Результаты построения разрезов корпуса.
- 5 Выводы.

#### **Контрольные вопросы**

- 1 Как можно выполнить сечение трехмерной модели в плоскости  $xy$ ?
- 2 Как можно выполнить сечение плоскостью, параллельной текущему виду?
- 3 Как можно выполнить сечение плоскостью, перпендикулярной направлению заданной оси?
- 4 Как можно выполнить сечение плоскостью, положение которой задается тремя точками?
- 5 Как можно выполнить сечение плоскостью, положение которой задается 2D-объектом?

## 7 Лабораторная работа № 7. Создание рабочих чертежей на основе трехмерных моделей деталей

**Цель работы:** приобретение практических навыков оформления графических документов на основе трехмерных моделей в среде системы автоматизированного проектирования AutoCAD.

### Задачи

- 1 Научиться создавать виды 3D-моделей с помощью видовых экранов.
- 2 Научиться создавать разрезы 3D-моделей с помощью видовых экранов.
- 3 Научиться формировать рабочие чертежи на основе 3D-моделей.

### Оборудование и программное обеспечение.

Персональный компьютер с установленным на него программным обеспечением: система автоматизированного проектирования AutoCAD 2006 (или выше), текстовый редактор MS Word 97 (или выше).

### Порядок выполнения работы.

- 1 Загрузить систему автоматизированного проектирования AutoCAD.
- 2 Основные режимы работы в среде AutoCAD.

В среде AutoCAD возможно редактирование графической информации в трех основных режимах:

- 1) пространство модели (**Вид-Модель**) предназначено для создания и редактирования двух- или трехмерных моделей;
- 2) пространство модели в видовых экранах (**Вид\Модель: Неперекрывающиеся видовые экраны**) предназначено для более удобного редактирования моделей с помощью видовых экранов;
- 3) пространство листа (**Вид-Лист**) предназначено для подготовки графической информации к выводу на печатающее устройство (плоттер), для создания и оформления чертежей.

Основное отличие режимов: в двух первых режимах любые операции над моделью приводят к ее изменению, а в пространстве листа нанесение размеров, редактирование модели не приводит к изменению самой модели.

Выполним подготовку среды AutoCAD к оформлению чертежа вала:

- создать новый файл чертежа с использованием шаблона;
- командой **Вставка-Блок** вставить как блок модель вала из файла, созданного в лабораторной работе № 5. В диалоговом окне вставки блока включить флаг **Расчлененный** (либо расчленить блок после вставки);
- установить вид **Сверху**;
- перейти в пространство листа, при этом значок системы координат примет характерную форму в виде треугольника (рисунок 7.1).

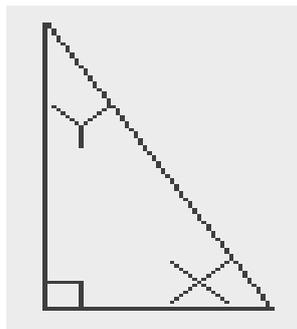


Рисунок 7.1

3 Выполнить настройку среды AutoCAD: создать новый слой для будущего листа, выполнив команду **Формат \ Слой \ Новый**.

4 Выполнить построение плавающих видовых экранов для отображения модели вала в различных проекциях:

- выполнить команду **Рисование \ Моделирование \ подготовка \ Вид**;
- на запрос **Задайте параметр:** выбрать **Пск** (пользовательская система координат);
- на запрос **Задайте параметр:** выбрать **Мск** (мировая система координат);
- на запрос **Масштаб вида <1>:** указать **0.5**;
- на запрос **Центр вида:** указать щелчком мыши положение центра будущего вида на листе и нажать **Enter**;
- на запрос **Первый угол видового экрана:** указать мышью левый нижний угол будущей границы видового экрана;
- на запрос **противоположный угол видового экрана:** указать мышью правый верхний угол будущей границы видового экрана;
- на запрос **Имя вида:** ввести имя вида **top** (или другое) и нажать **Enter**;
- далее прервать выполнение команды создания вида клавишей **Escape** (рисунок 7.2);
- скрыть невидимые линии командой **Рисование \ Моделирование \ подготовка \ Чертеж**;
- на запрос **Выберите объекты** щелкнуть мышью по рамке вида и нажать **Enter**, в результате операции на чертеже исчезнут невидимые линии.

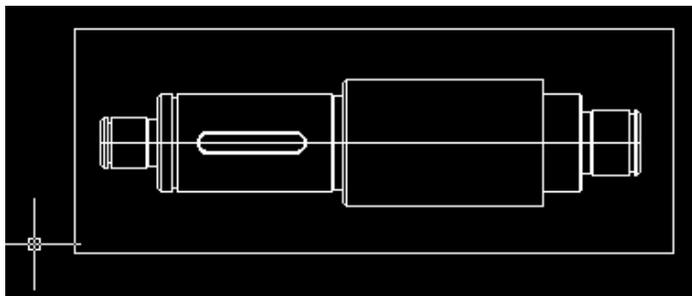


Рисунок 7.2

### 5 Выполнить разрез А-А:

- выполнить команду **Рисование \ Моделирование \ подготовка \ Вид**;
- на запрос **Задайте параметр**: выбрать **Сечение**;
- на запрос **Первая точка секущей плоскости**: указать мышью точку начала секущей плоскости А-А;
- на запрос **Вторая точка секущей плоскости**: указать мышью точку конца секущей плоскости А-А;
- на запрос **Сторона просмотра**: указать мышью направление зрения (левая часть вала);
- на запрос **Масштаб вида <1>**: нажать **Enter**;
- на запрос **Центр вида**: указать щелчком мыши положение центра будущего вида на листе и нажать **Enter**;
- на запрос **Первый угол видового экрана**: указать мышью левый нижний угол будущей границы видового экрана;
- на запрос **противоположный угол видового экрана**: указать мышью правый верхний угол будущей границы видового экрана;
- на запрос **Имя вида**: ввести имя вида **Section** (или другое) и нажать **Enter**;
- далее прервать выполнение команды создания вида клавишей **Escape** (рисунок 7.3);
- скрыть невидимые линии командой **Рисование \ Моделирование \ подготовка \ Чертеж**;
- на запрос **Выберите объекты** щелкнуть мышью по рамке вида и нажать **Enter**, в результате операции на чертеже исчезнут невидимые линии, а разрез заштрихуется (рисунок 7.4).

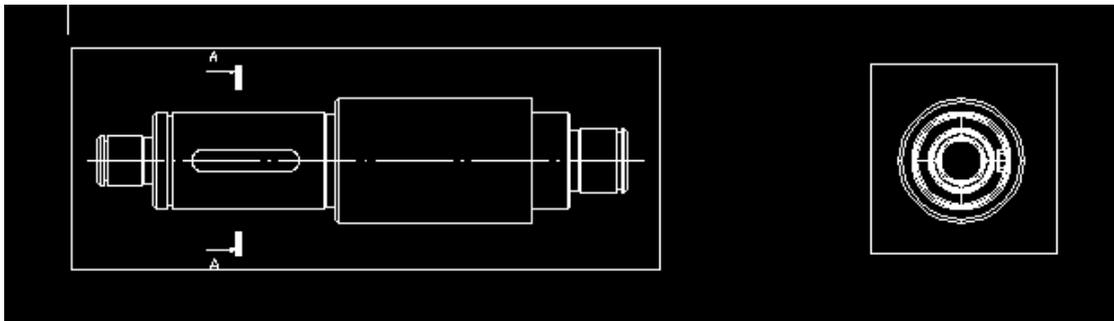


Рисунок 7.3

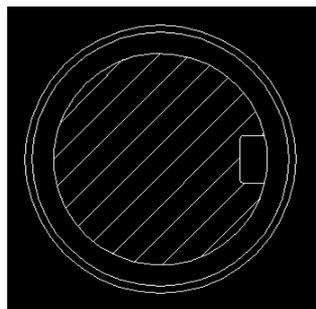


Рисунок 7.4

6 Представить на чертеже изометрическую проекцию вала (рисунок 7.5):

- выполнить построение вида сверху аналогично последовательности из пункта 4, но не выполнять скрывание невидимых линий;
- при запросе имени вида ввести **isometric** (или другое);
- выделить нижний вид и установить в нем **ЮЗ изометрию**;
- перейти в пространство листа командой **Вид\Лист**;
- скрыть невидимые линии командой **Рисование \ Моделирование \ подготовка \ Чертеж**;
- на запрос **Выберите объекты** щелкнуть мышью по рамке вида и нажать **Enter**;
- скрыть оставшиеся линии, для чего найти слой **isometric-hid** и выключить его;
- добавить технические требования;
- выключить слои **Paper, Vports**.

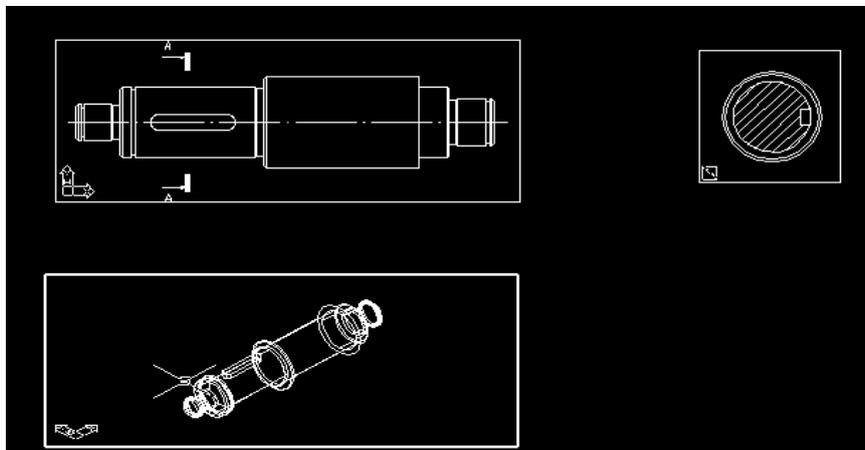


Рисунок 7.5

7 Составить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты. Типовая форма отчета приведена в приложении А.

### **Содержание отчета.**

- 1 Цель работы.
- 2 Чертеж вала.
- 3 Выводы.

### **Контрольные вопросы**

- 1 Для чего нужно пространство модели?
- 2 Для чего нужно пространство листа?
- 3 В чем отличие режимов пространства модели и пространства листа?
- 4 Как создать новый слой?
- 5 Как можно выполнить разрез 3D-объекта?

## 8 Лабораторная работа № 8. Моделирование оболочек

**Цель работы:** приобретение практических навыков разработки моделей оболочек в среде системы автоматизированного проектирования AutoCAD.

### Задачи

- 1 Научиться строить оболочки при помощи примитивов.
- 2 Научиться строить оболочки на основе плоских фигур.
- 3 Научиться строить оболочки в виде поверхности вращения.

### Оборудование и программное обеспечение.

Персональный компьютер с установленным на него программным обеспечением: система автоматизированного проектирования AutoCAD 2006 (или выше), текстовый редактор MS Word 97 (или выше).

### Порядок выполнения работы.

- 1 Загрузить систему автоматизированного проектирования AutoCAD.
- 2 Построение стандартных оболочек (рисунок 8.1):
  - выполнить построение оболочки в форме куба:
    - а) выполнить команду **Рисование \ Моделирование \ Сети \ Примитивы**;
    - б) выбрать ящик;
    - в) создать ящик размером 50×50×50;
    - г) установить вид, соответствующий **ЮЗ изометрии**;
  - выполнить построение сети в форме конуса (рисунок 8.2):
    - а) выполнить команду **Рисование \ Моделирование \ Сети \ Примитивы**;
    - б) выбрать конус;
    - в) на запрос **Центр основания** щелкнуть мышью в точку, где будет расположен центр основания будущего конуса;
    - г) на запрос **Радиус основания** ввести **25** нажать **Enter**;
    - д) на запрос **Высота или** выбрать опцию **Радиус верхнего основания** и далее ввести **5**, нажать **Enter**;
    - е) на запрос **Высота или** ввести **50** и нажать **Enter**;
    - ж) при необходимости создания более гладкой детали зайти в **Свойства** и изменить уровень гладкости;
  - выполнить построение сети в форме тора (рисунок 8.3):
    - а) выполнить команду **Рисование \ Моделирование \ Сети \ Примитивы**;
    - б) выбрать **тор**;
    - в) на запрос **Центр** щелкнуть мышью в точку, где будет расположен центр основания будущего тора;
    - г) на запрос **Радиус** ввести **50** и нажать **Enter**;
    - д) на запрос **Радиус полости** ввести **25** и нажать **Enter**;
    - е) сохранить результаты в отчет.

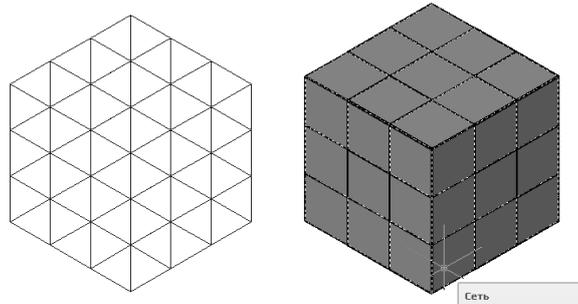


Рисунок 8.1

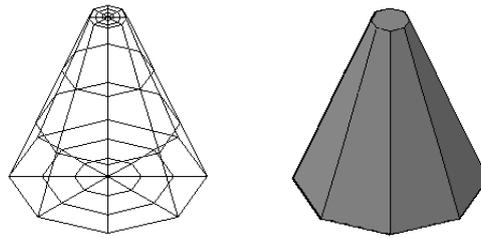


Рисунок 8.2

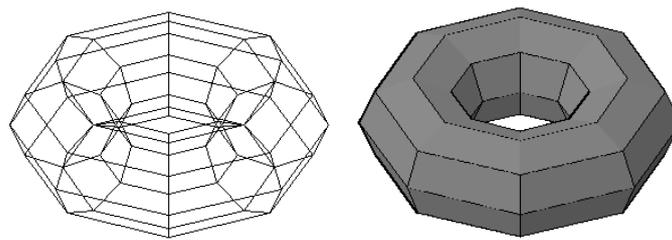


Рисунок 8.3

### 3 Формирование оболочек путем редактирования свойства **Высота**:

- создать новый лист;
- выполнить построение простых фигур произвольных размеров;
- установить вид, соответствующий **ЮЗ изометрия** (рисунок 8.4);
- выполнить команду **Редактирование \ Свойства**;
- на запрос **Выберите объект** щелкнуть мышью по окружности, нажать **Enter**;
- в появившейся форме свойств изменить параметр **Высота** на **50** и нажать **Enter**;
- выполнить аналогичные операции над квадратом (ввести -25) и треугольником (ввести 5), должны получить вид, представленный на рисунке 8.5;
- сохранить результаты в отчет.



Рисунок 8.4

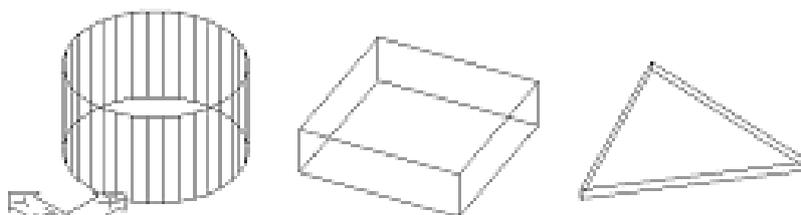


Рисунок 8.5

#### 4 Создание оболочек в виде поверхностей соединения:

- создать новый лист;
- построить произвольную дугу;
- используя команды **Копировать** и **3D поворот**, получить вид, представленный на рисунке 8.6;

- выполнить операцию **Рисование \ Моделирование \ Сети \ Сеть соединения**;
- на запрос **Укажите первую кривую** щелкнуть на начало первой дуги;
- на запрос **Укажите вторую кривую** щелкнуть на начало второй дуги

(рисунок 8.7);

- выполнить операцию **Рисование \ Моделирование \ Сети \ Сеть соединения**;
- на запрос **Укажите первую кривую** щелкнуть на начало третьей дуги;
- на запрос **Укажите вторую кривую** щелкнуть на конец четвертой дуги

(рисунок 8.8).

Сохранить результаты в отчет.



Рисунок 8.6

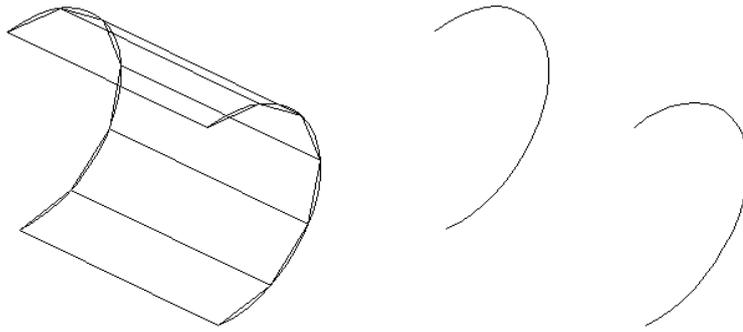


Рисунок 8.7

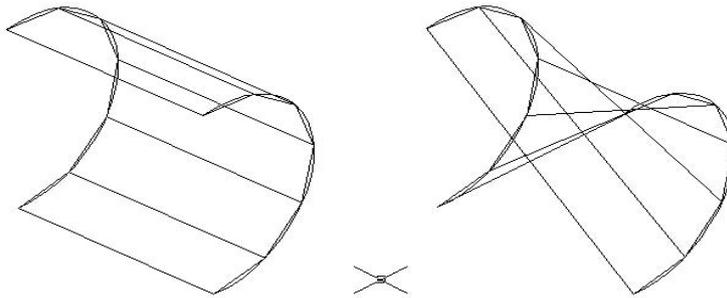


Рисунок 8.8

### 5 Создание оболочек в виде поверхности вращения:

- создать новый лист;
- построить, используя полилинию, профиль, аналогичный нижеприведенному, произвольных размеров;
- задать ось вращения, проведя вертикальный отрезок (рисунок 8.9);
- выполнить операцию **Рисование \ Моделирование \ Сети \ Сеть вращения**;
- на запрос **Укажите кривую вращения** щелкнуть мышью кривую;
- на запрос **Ось вращения** щелкнуть отрезок;
- на запрос **Начальный угол** ввести **0** и нажать **Enter**;
- на запрос **Угол вращения** ввести **360** и нажать **Enter**;
- установить вид **ЮЗ изометрия**;
- скрыть невидимые линии командой **Вид \ Визуальные стили \ Скрытие линий** (рисунок 8.10).

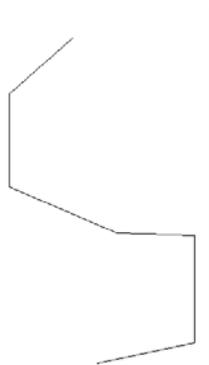


Рисунок 8.9

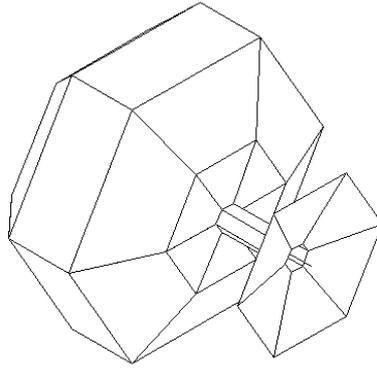


Рисунок 8.10

6 Составить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты. Типовая форма отчета приведена в приложении А.

### **Содержание отчета.**

- 1 Цель работы.
- 2 Стандартные оболочки.
- 3 Оболочки, полученные путем редактирования свойства Высота.
- 4 Оболочки в виде поверхности соединения.
- 5 Оболочки в виде поверхности вращения.
- 6 Выводы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Как вызвать окно построения стандартных оболочек?
- 2 Приведите примеры стандартных оболочек.
- 3 Как выполняется построение оболочки в виде конуса?
- 4 Как выполняется формирование оболочки путем редактирования свойства Высота?
- 5 Как создать оболочку в виде поверхности вращения?

## **9 Лабораторная работа № 9. Моделирование сборочных единиц**

***Цель работы:*** приобретение практических навыков моделирования сборочных единиц и их сборки.

### ***Задачи***

- 1 Научиться ориентировать детали в пространстве.
- 2 Научиться собирать сборочные единицы.

### **Оборудование и программное обеспечение.**

Персональный компьютер с установленным на него программным обеспечением: система автоматизированного проектирования AutoCAD 2006 (или выше), текстовый редактор MS Word 97 (или выше).

### Порядок выполнения работы.

1 Загрузить систему автоматизированного проектирования AutoCAD.

2 Создать 3D-модель подшипника:

- определить размеры внутреннего и наружного кольца подшипника, используя ГОСТ (взять у преподавателя);
- выполнить построение профиля колец подшипника (рисунок 9.1);
- используя команду **Вращать** получить (рисунок 9.2);
- используя команду **Сфера** получить шарик;
- установить шарик между кольцами подшипника;
- используя **3D Массив**, выполнить построение остальных восьми шариков (рисунок 9.3);
- сохранить результаты в личную папку.

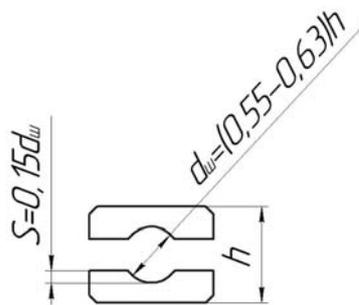


Рисунок 9.1

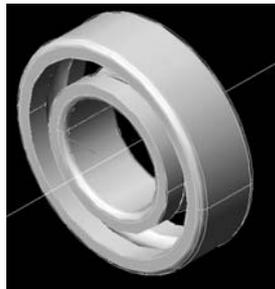


Рисунок 9.2

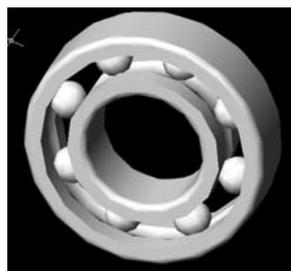


Рисунок 9.3

### 3 Выполнить сборку редуктора:

- открыть чистый лист;
- вставить как блок модель вала, используя **Вставка \ Блок**, а затем аналогичным образом шпонку;
- ориентировать детали (**Редактировать / 3D Операции / 3D поворот**), поместить шпонку в шпоночный паз (рисунок 9.4);
- установить зубчатое колесо на вал;
- установить подшипники (рисунок 9.5);
- установить полученный узел в корпус (рисунок 9.6).

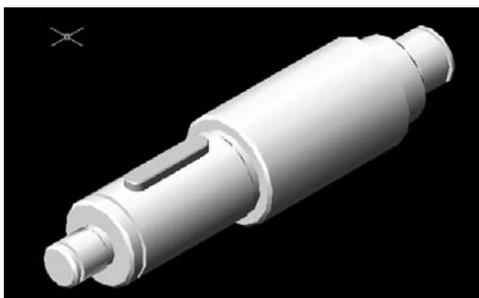


Рисунок 9.4

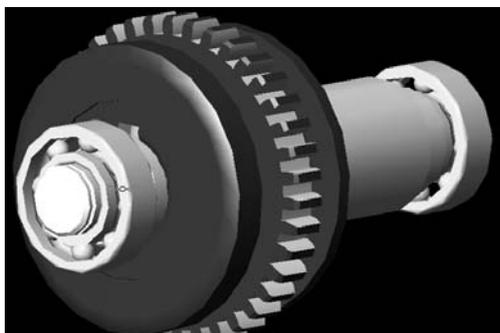


Рисунок 9.5

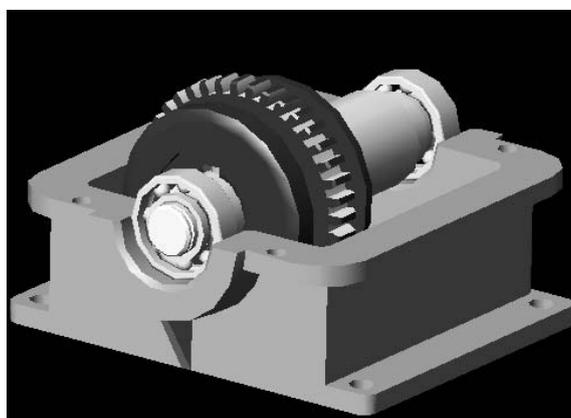


Рисунок 9.6

4 Составить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты. Типовая форма отчета приведена в приложении А.

### **Содержание отчета.**

- 1 Цель работы.
- 2 Результаты построения подшипника.
- 3 Результаты последовательности сборки вала.
- 4 Результаты сборки редуктора.
- 5 Выводы.

## **10 Лабораторная работа № 10. Разработка и отладка LISP-функции для параметрического черчения трехмерной твердотельной модели**

**Цель работы:** приобретение практических навыков разработки и отладки LISP-функций для параметрического черчения трехмерных твердотельных моделей.

### **Задачи**

- 1 Научиться производить параметризацию деталей.
- 2 Научиться создавать LISP-функции.
- 3 Научиться вызывать LISP-функции.

### **Оборудование и программное обеспечение.**

Персональный компьютер с установленным на него программным обеспечением: система автоматизированного проектирования AutoCAD 2006 (или выше), интегрированная система программирования Visual LISP, текстовый редактор MS Word 97 (или выше).

### **Порядок выполнения работы.**

- 1 Выполнить параметризацию трехмерной модели заготовки зубчатого колеса из лабораторной работы № 4.
- 2 Определить характерные точки, необходимые для построения модели.
- 3 Составить LISP-функцию для построения модели.
- 4 Загрузить систему автоматизированного проектирования AutoCAD.
- 5 Загрузить интегрированную систему программирования Visual LISP командой **VLLIDE** или из раздела меню **Сервис**.
- 6 Ввести в окне текстового редактора исходный текст LISP-функции и сохранить его командой **Save As** под оригинальным именем в своей личной папке.
- 7 Выполнить проверку LISP-функции и устранить выявленные ошибки. Изменения в файле сохранить командой **Save**.
- 8 Открыть на панели задач окно системы AutoCAD и выполнить загрузку файла LISP-функции командой **Приложения** из раздела меню **Сервис**.
- 9 Выполнить загруженную LISP-функцию.

Для выполнения LISP-функции необходимо набрать в командной строке LISP-выражение содержащее имя функции и фактические параметры, например,

(Маховик 200 160 100 60 60 20 5 5)

**(Имя функции, пробел, далее через пробел фактические параметры в последовательности, определенной в первой строке функции (Defun Маховик (Dn Dv Ds Do Bm Bv Fn Fv) ) и нажать Enter.**

10 После удачного выполнения пункта 9 изменить функцию для поворота профиля вращения на 180 град. Изменения сохранить и загрузить LISP-функцию снова.

11 Оценить адекватность формы модели заданию и скопировать результаты в отчет.

12 Проверить отсутствие ошибок на этапе выполнения функции, нажав F2 для просмотра текстового экрана (повторное нажатие F2 возвращает графический экран).

13 Файл модели сохранить в своей личной папке под оригинальным именем.

14 Составить отчет по лабораторной работе (см. приложение А) и представить его преподавателю для проверки и защиты.

14.1 Параметризованный эскиз модели с указанием характерных точек и параметров модели (рисунок 10.1).

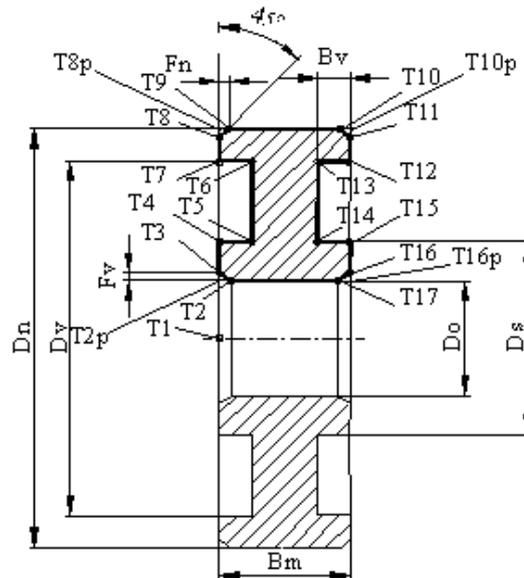


Рисунок 10.1

14.2 Текст LISP-функции с необходимыми комментариями:

*;Задание LISP-функции и ее формальных параметров*

(Defun Маховик (Dn Dv Ds Do Bm Bv Fn Fv)

*;Задание координат X, Y исходной точки T1*

(Setq T1 '(0 0))

*;Расчет значений, часто используемых при определении координат точек*

R0 (/ Do 2)

Rs (/ Ds 2)

90g (/ PI 2)

270g (\* 1.5 Pi)

*;Определение координат точек контура вращения*

T2p(Polar T1 90g Ro)

T2 (Polar T2p 0 Fv)

T3 (Polar T2p 90g Fv)

T4 (Polar T1 90g Rs)

T5 (Polar T4 0 Bv)

T6 (Polar T5 90g (/ (- Dv Ds) 2))

T7 (Polar T6 Pi Bv)

T8p(Polar T1 90g (/ Dn 2))

T8 (Polar T8p 270g Fn)

T9 (Polar T8p 0 Fn)

T10p(Polar T8p 0 Bm)

T10 (Polar T10p Pi Fn)

T11 (Polar T10p 270g Fn)

T12 (Polar T10p 270g (/ (- Dn Dv) 2))

T13 (Polar T12 Pi Bv)

T14 (Polar T13 270g (/ (- Dv Ds) 2))

T15 (Polar T14 0 Bv\_err)

T16p(Polar T15 270g (/ (- Ds Do) 2))

T16 (Polar T16p 90g Fv)

T17 (Polar T16p Pi Fv)

*;Построение контура вращения*

(Command "\_Pline" T2 "\_W" 1.0 1.0 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 T13 T14 T15 T16 T17 T2  
""

*;Вращение контура вокруг оси на 360 град.*

"\_Revolve" T2 "" T1 (polar T1 0 Bm) 360

*;Задание точки зрения в трехмерном пространстве*

"\_Vpoint" "-1, -1, 1"

*;Скрытие невидимых линий*

"\_hide"))

14.3 Результаты моделирования объекта и проверка адекватности модели (рисунок 10.2).

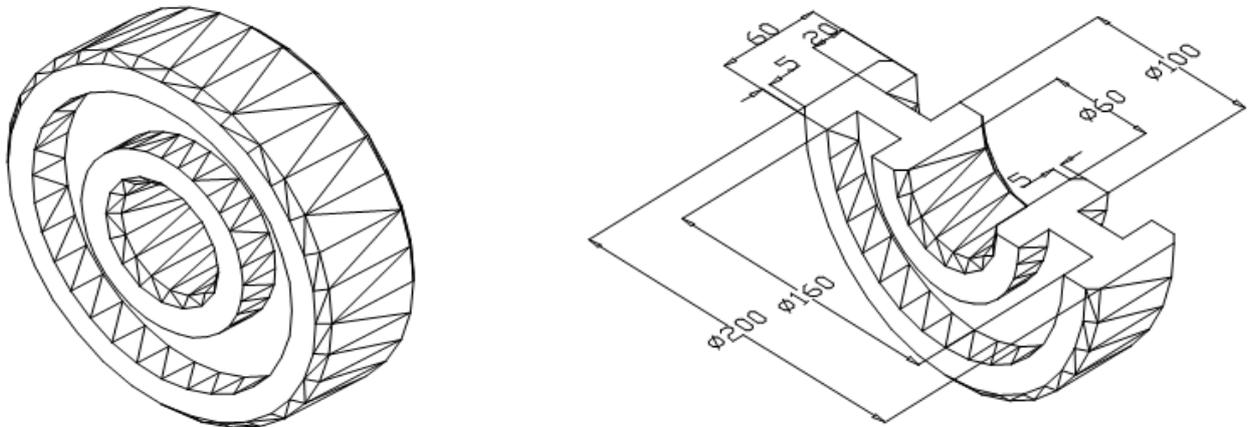


Рисунок 10.2

**Содержание отчета.**

- 1 Цель работы.
- 2 Параметризованный эскиз модели с указанием характерных точек и параметров модели.
- 3 Текст LISP-функции.
- 4 Результаты моделирования объекта.
- 5 Проверка адекватности модели.
- 6 Выводы.

## **11 Лабораторная работа № 11. Разработка и отладка LISP-функции для моделирования трехмерных оболочек**

**Цель работы:** приобретение практических навыков разработки и отладки LISP-функций для автоматизированного моделирования трехмерных оболочек.

**Задачи**

- 1 Научиться разрабатывать LISP-функции для создания оболочек.
- 2 Закрепить навыки отладки LISP-функций.

**Оборудование и программное обеспечение.**

Персональный компьютер с установленным на него программным обеспечением: система автоматизированного проектирования AutoCAD 2006 (или выше), интегрированная система программирования Visual LISP, текстовый редактор MS Word 97 (или выше).

**Порядок выполнения работы.**

- 1 Определить вид уравнения для расчета координат X, Y, Z.
- 2 Определить количество узлов сети в направлениях M и N.
- 3 Составить LISP-функцию для построения модели оболочки.
- 4 Загрузить систему автоматизированного проектирования AutoCAD.
- 5 Загрузить интегрированную систему программирования Visual LISP командой **VLIDE** или из раздела меню **Сервис**.
- 6 Ввести в окне текстового редактора текст LISP-функции и сохранить его командой **Save As** под оригинальным именем в своей личной папке.
- 7 Выполнить проверку LISP-функции и устранить выявленные ошибки. Изменения в файле сохранить командой **Save**.
- 8 Перейти в систему AutoCAD и выполнить загрузку файла LISP-функции командой **Приложения** из раздела меню **Сервис**.
- 9 Выполнить LISP-функцию. Для этого необходимо набрать в командной строке LISP-выражение следующего вида (*Имя функции, пробел, далее через пробел фактические параметры в заданной последовательности*), например, (*SinX 30 10 0 Pi*) и нажать Enter.
- 10 Оценить адекватность формы модели заданию.
- 11 Проверить отсутствие ошибок на этапе выполнения функции, нажав F2 для просмотра текстового экрана (повторное нажатие F2 возвращает графический экран).

12 Файл модели сохранить в своей личной папке под оригинальным именем.

13 Составить отчет по лабораторной работе (см. приложение А) и представить его преподавателю для проверки и защиты.

13.1 Исходные данные:

- уравнение для расчета координаты  $Z : Z = \sin(X)$ ;
- количество узлов сети в направлении  $M = 30$ ;
- количество узлов сети в направлении  $N = 10$ .

13.2 Текст LISP-функции с необходимыми комментариями:

```

; Функция построения оболочки в виде 3М-сети, заданной уравнением Sin(X)
; Список формальных параметров функции
; M - количество узлов сети в направлении M
; N - количество узлов сети в направлении N
; Xn- начальное значение аргумента X
; Xk- конечное значение аргумента X
(Defun SinX (M N Xn Xk) ;Задание имени функции и формальных параметров M N Xn Xk
  (Setq KTUS '()) ;Очистка списка KTUS
    XTi Xn ;Определение координаты X начальной точки
    dXi (/ Xk (- M 1)) ;Определение шага изменения аргумента X
  (Repeat M ;Цикл по количеству узлов сети в направлении M
    (Setq ZTi (Sin XTi) ;Определение координаты Z текущей точки, заданной уравнением Sin(X)
      YTi 0) ;Обнуление координаты Y текущей точки перед началом внутреннего цикла
    (Repeat N ;Цикл по количеству узлов сети в направлении N
      (Setq KTUS (Cons (List XTi YTi ZTi) KTUS) ;Добавление координат точки в список KTUS
        YTi (+ YTi 1)) ;Определение координаты Y следующей точки
      ) ;Конец цикла по количеству узлов сети в направлении N
      (Setq XTi (+ XTi dXi)) ;Определение координаты X следующей точки
    ) ;Конец цикла по количеству узлов сети в направлении M
    (Setq KTUS (Reverse KTUS)) ;Реверсирование списка для восстановления прямого порядка
  узлов сети
  (Command "_3Dmesh" M N ;Вызов команды "3М-сетьЭ для построения сети требуемых
размеров
  (FOREACH P KTUS (Command P)) ;Передача координат узлов сети из списка KTUS для
построения сети
  (Command "_Vpoint" "-1, -1, 1") ;Включение точки зрения "Юго-Западная изометрия")

```

13.3 Результаты моделирования оболочки (рисунок 11.1), заданной уравнением  $Z = \sin(x)$ .

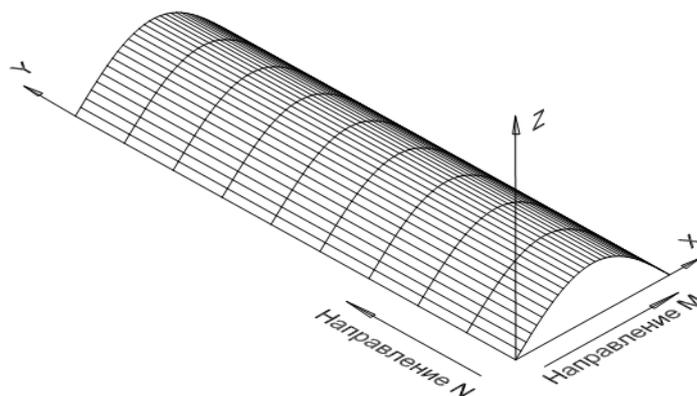


Рисунок 11.1

**Содержание отчета.**

- 1 Цель работы.
- 2 Текст LISP-функции.
- 3 Результаты моделирования объекта.
- 4 Выводы.

**12 Лабораторная работа № 12. Разработка и отладка LISP-функции для автоматизированного создания сборки**

**Цель работы:** приобретение практических навыков разработки и отладки LISP-функций для автоматизации моделирования сборочных единиц на основе трехмерных твердотельных моделей деталей.

**Задачи**

- 1 Научиться разрабатывать LISP-функции для создания оболочек.
- 2 Закрепить навыки отладки LISP-функций.

**Оборудование и программное обеспечение.**

Персональный компьютер с установленным на него программным обеспечением: система автоматизированного проектирования AutoCAD 2006 (или выше), интегрированная система программирования Visual LISP, текстовый редактор MS Word 97 (или выше).

**Задание**

Составить LISP-функцию для автоматизированной сборки узла в соответствии с рисунком 12.1.

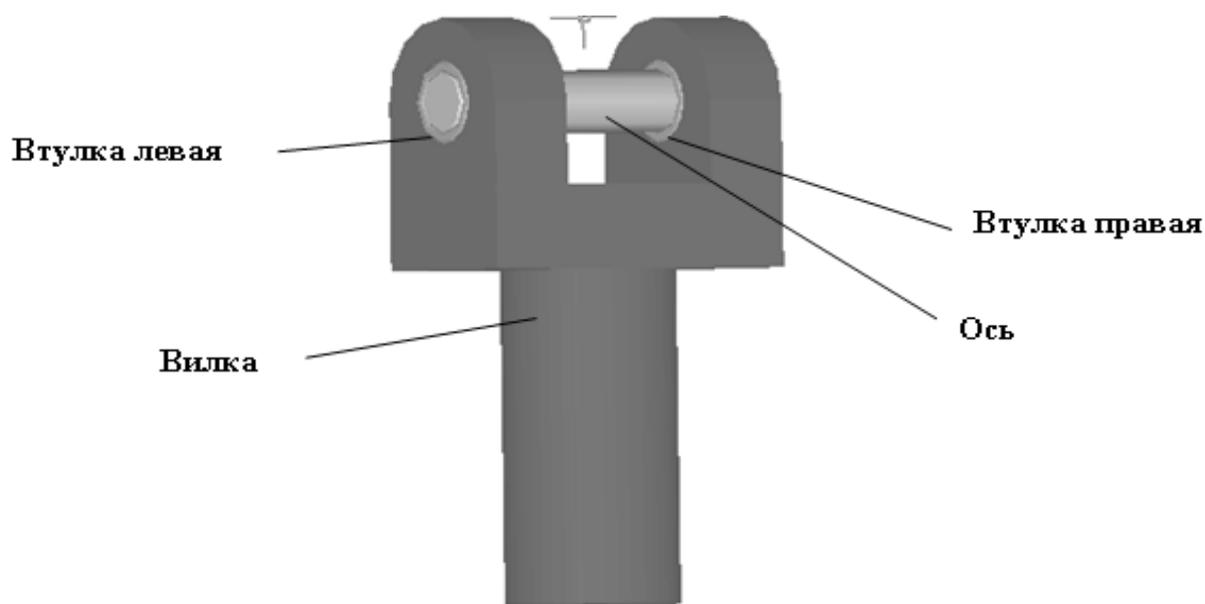


Рисунок 12.1

### Порядок выполнения работы.

- 1 Определить состав блоков модели сборочной единицы и последовательность их сборки.
  - 2 Определить характерные точки, необходимые для построения модели.
  - 3 Составить LISP-функцию для построения модели.
  - 4 Загрузить систему автоматизированного проектирования AutoCAD и создать файл под оригинальным именем в своей рабочей папке.
  - 5 Загрузить интегрированную систему программирования Visual LISP.
  - 6 Ввести в окне текстового редактора исходный текст LISP-функции и сохранить его командой **Save As** в своей личной папке.
  - 7 Выполнить проверку LISP-функции и устранить выявленные ошибки. Изменения в файле сохранить.
  - 8 Выполнить загрузку файла LISP-функции командой **Приложения** из раздела меню **Сервис**.
  - 9 Выполнить загруженную LISP-функцию.
- Для вызова LISP-функции необходимо набрать в командной строке LISP-выражение, содержащее имя функции и фактические параметры, например,

(SinX '(100 200 0) "Вилка.dwg" "Втулка.dwg" "Ось.dwg" )

*(Имя функции, пробел и далее через пробел фактические параметры в последовательности, определенной в первой строке функции (Defun Сборка (Tb Det1 Det2 Det3)) и нажать Enter.*

- 10 Проверить отсутствие ошибок на этапе выполнения функции, нажав F2 для просмотра текстового экрана (повторное нажатие F2 возвращает графический экран).
- 11 Под управлением функции выполнить сборку узла.
- 12 Оценить адекватность формы модели заданию и скопировать результаты в отчет.
- 13 Файл модели сохранить в своей личной папке.
- 14 Составить отчет по лабораторной работе (см. приложение А) и представить его преподавателю для проверки и защиты.
- 14.1 Текст LISP-функции с необходимыми комментариями:

*; Автоматизированная сборка узла "Вилка в сборе"*

*; Формальные параметры модели*

*;Tb - координаты точки вставки базовой детали (вилки), например, '(100 200 0)*

*; Det1 Det2 Det3 - имена файлов внешних блоков собираемых деталей, например, "Вилка.dwg"*

*(Defun Сборка (Tb Det1 Det2 Det3) ;Объявление имени функции и формальных параметров*

*(Command "\_osnap" "\_Cen") ;Включение объектной привязки к центру круга*

*(Command "\_insert" Det1 Tb "" "" "") ;Вставка базовой детали - вилки*

*(Setq Tv2 (Getpoint "n/ Укажите точку вставки левой втулки ")) ;Запрос к пользователю через командную строку*

*(Command "\_insert" Det2 Tv2 "" "" "") ;Вставка левой втулки*

*(Setq Tv3 (Getpoint "n/ Укажите точку вставки правой втулки ")) ; Запрос к пользователю через командную строку*

*(Command "\_insert" Det2 Tv3 "" "" "") ;Вставка правой втулки*

*(Setq Tv4 (Getpoint "n/ Укажите точку вставки оси ")) ;Запрос к пользователю  
через командную строку  
(Command "\_insert" Det3 Tv4 "" "" "" ) ;Вставка оси  
(Command "\_osnap" "\_off") ;Выключение объектной привязки  
(Command "\_Vpoint" "-1, -1, 1") ;Включение точки зрения "Юго-Западная изо-  
метрия"  
(Command "\_Shadedge" 1) ; Раскраска модели с гранями )*

### **Содержание отчета.**

- 1 Цель работы.
- 2 Текст LISP-функции.
- 3 Результаты моделирования объекта.
- 4 Выводы.

### **Список литературы**

- 1 **Голованов, Н. Н.** Геометрическое моделирование: учебное пособие / Н. Н. Голованов. – Москва: КУРС; ИНФРА-М, 2018. – 400 с.
- 2 **Соколова, Т. Ю.** AutoCAD 2016. Двухмерное и трехмерное моделирование: учебный курс / Т. Ю. Соколова. – Москва: ДМК Пресс, 2016. – 756 с.

**Приложение А  
(рекомендуемое)**

***Пример оформления типовой формы отчета***

Министерство образования Республики Беларусь  
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра «Технология машиностроения»

**ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

**«Создание параметризованных эскизов»**

Выполнил: Петров А. А.

Проверил: Афаневич В. В.

Дата 9.09.2020 г.

Могилев 2020

Цель лабораторной работы – приобретение практических навыков разработки параметризованных эскизов в среде системы автоматизированного проектирования AutoCAD.

1 Результаты изучения панели *Рисование*:

2 Результаты изучения панели *Редактирование*:

3 Результаты изучения панели *Размеры*:

4 Общий вид компоновки простых фигур:

5 Общий вид параметризованного эскиза

6 Выводы.