

Министерство образования республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

Факультет маркетинга менеджмента и предпринимательства  
Кафедра "Торговое и рекламное оборудование"

**Сторожилов А.И.**

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА  
НА КОМПЬЮТЕРЕ**

*Лабораторный практикум*

**Часть I**

М и н с к 2014

УДК 681.327.(0765)

**А в т о р ы:**

А.И. Сторожилов

**Р е ц е н з е н т ы:**

Проректор по учебной работе БрГТУ,  
канд. техн. наук, доцент Т.Н. Базенков

Учебно-методическое пособие представляет собой сборник лабораторных работ, предназначенных для практического освоения курса инженерной графики на компьютерах студентами машиностроительных специальностей.

Пособие содержит лабораторные работы по основным темам инженерной графики, изучаемым в первом семестре. Практикум окажет помощь студентам в освоении инженерной графики с использованием нового средства моделирования – персонального компьютера, но может быть использован студентами других специальностей, специалистами, магистрантами и аспирантами, преподавателями, не знакомыми с компьютерным геометрическим моделированием.

Белорусский национальный технический университет  
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.(017) 293-91-97 факс (017) 292-91-37  
Регистрационный № ЭИ БНТУ/ФММП101-32.2014

©Сторожилов А.И., 2014  
© БНТУ, 2014

## Содержание

Введение .....	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 .....	9
1.1. Введение.....	10
1.2. Порядок выполнения работы .....	11
1.3. Построение модели ломаной линии .....	11
1.4. Расчет длины ломаной .....	13
1.5. Построение твердотельной модели прутка.....	15
1.6. Расчет выходных параметров модели проволоочной конструкции.....	17
1.7. Выводы. Варианты заданий .....	19
Варианты заданий.....	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 .....	24
2.1. Введение.....	25
2.2. Порядок выполнения работы .....	26
2.3. Построение моделей плоскостей .....	26
2.4. Построение линии пересечения плоскостей.....	27
2.5. Выводы. Варианты заданий .....	30
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 .....	32
3.1. Введение.....	33
3.2. Порядок выполнения работы .....	34
3.3. Построение контура .....	34
3.3.1. Очерковые линии.....	34
3.3.2. Параллельные линии контура .....	35
3.3.3. Оси окружностей .....	35
3.3.4. Окружности.....	36
3.3.5. Копирование окружностей .....	37
3.3.6. Внутреннее сопряжение.....	37

3.3.7. Наружные сопряжения.....	38
3.3.8. Эквидистанта.....	38
3.4. Доработка .....	39
3.5. Вставка формата .....	41
3.6. Основная надпись .....	41
3.7. Выводы. Варианты .....	42
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 .....	44
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 .....	45
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 .....	46
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 .....	47
4.1. Введение.....	48
4.2. Порядок выполнения работы .....	49
4.3. Построение чертежа.....	49
4.3.1. Построение очерка горизонтальной проекции .....	50
4.3.2. Построение фронтального очерка.....	50
4.3.3. Завершение построения горизонтальной проекции.....	51
4.3.4. Построение фронтальной проекции .....	52
4.3.5. Построение профильной проекции* .....	53
4.4. Выполнение разрезов.....	55
4.5. Оформление чертежа .....	56
4.6. Вставка формата.....	57
4.7. Заполнение основной надписи.....	58
4.8. Выводы. Варианты заданий .....	59
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 .....	64
5.1. Введение.....	65
5.2. Порядок выполнения работы .....	66
5.3. Построение модели .....	67

5.3.1. Основание.....	69
5.3.2. Призма .....	69
5.3.3. Промежуточное основание .....	70
5.3.4. Прямоугольное отверстие.....	70
5.4. Выводы. Варианты заданий .....	71
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 .....	77
6.1. Введение.....	78
6.2. Порядок выполнения работы .....	79
6.3. Построение модели .....	79
6.3.1. Основание.....	81
6.3.2. Призма .....	82
6.3.3. Вертикальный цилиндр.....	82
6.3.4. Вычитание .....	82
6.3.5. Горизонтальный цилиндр .....	83
6.3.6. Вертикальный паз.....	84
6.3.7. Наклонные пазы.....	85
6.3.8. Вырез четверти .....	87
6.3.9. Проекции .....	88
6.4. Выводы. Варианты заданий .....	90
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 .....	95
7.1. Введение.....	96
7.2. Порядок выполнения работы .....	97
7.3. Загрузка и изучение модели .....	97
7.4. Построение проекционного чертежа.....	99
7.5. Формирование чертежа.....	103
7.6. Оформление чертежа .....	104
7.7. Выводы. Варианты заданий .....	105

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 .....	111
8.1. Введение.....	112
8.2. Порядок выполнения работы .....	113
8.3. Построение модели пирамиды.....	114
8.3.1. Построение исходной пирамиды .....	116
8.3.2. Изменение ориентации модели .....	117
8.3.3. Изменение системы координат .....	117
8.3.4. Формирование контуров вырезов .....	117
8.3.5. Выдавливание тел вырезов .....	118
8.3.6. Вычитание объемов вырезов .....	118
8.4. Построение развертки поверхности пирамиды.....	119
8.4.1. Возврат к абсолютной (мировой) системе координат .....	119
и начало построения развертки .....	119
8.4.2. Копирование задней грани в плоскость развертки.....	119
8.4.3. Совмещение граней в развертке.....	120
8.4.4. Копирование и совмещение.....	120
всех граней пирамиды в цельную развертку .....	120
8.5. Выводы. Варианты заданий .....	121
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9 .....	126
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9 .....	127
9.1. Введение.....	128
9.2. Порядок выполнения работы .....	129
9.3. Ознакомление с программами .....	129
9.4. Построение развертки воронки.....	132
9.4.1. Строим развертку конуса.....	133
9.4.2. Строим развертку цилиндра .....	134
9.4.3. Развертка ручки .....	134

9.5. Оформление развертки .....	135
9.6. Выводы. Варианты заданий .....	136
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10 .....	138
10.1. Введение.....	139
10.2. Порядок выполнения работы .....	140
10.3. Построение модели винтовой пружины .....	140
10.3.1. Осевые линии .....	140
10.3.2. Построение винтовой линии.....	142
10.3.3. Построение пружины .....	143
10.3.4. Подрезка торцов.....	143
10.4. Построение модели стержня с резьбой .....	145
10.5. Выводы. Варианты заданий .....	149
ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	152

## Введение

Подготовка современного инженера любой специальности и специализации предполагает приобретение студентами знаний и умений в области инженерной графики, как основы технической грамотности, обеспечивающей условия коммуникации, профессиональной производственной, проектной, исследовательской, творческой деятельности.

В современных условиях непрерывного ускоренного совершенствования техники и технологии, бурного развития средств информационных технологий и компьютерных методов обработки графической информации все более возрастает востребованность специалистов в областях промышленности, строительства, других областях деятельности, свободно владеющих и использующих системы инженерной компьютерной графики в профессиональной деятельности.

Традиционная инженерная графика уже трансформируется в *инженерную геометрию и компьютерную графику*. Так уже сегодня именуется новая специальность подготовки специалистов второго уровня высшего образования (магистратуры). Это название мы бы уточнили так: *инженерная геометрия и компьютерное моделирование*, что в полной мере соответствовало бы ее содержанию.

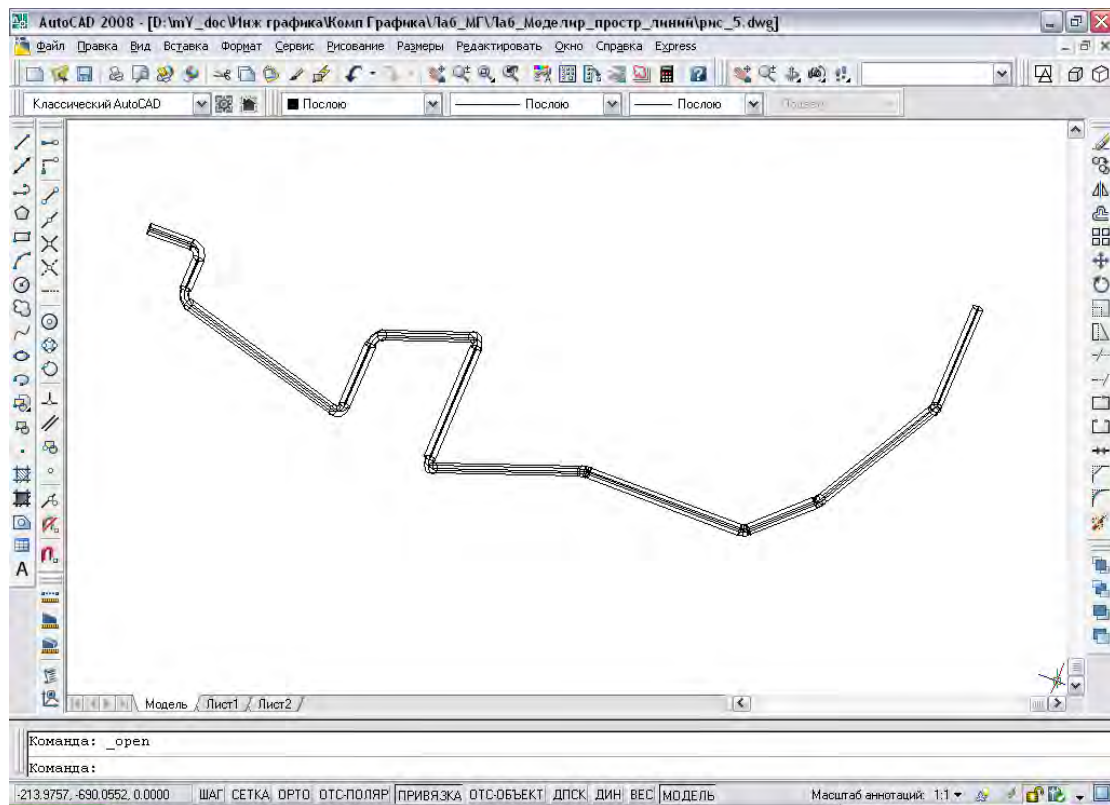
Принципиально новые возможности геометрического моделирования открывает трехмерное компьютерное геометро-графическое моделирование, на основе которого совершенствуются методы решения инженерных геометрических задач.

Таким образом, пути развития инженерной геометрии и графики очевидно связаны с трехмерным геометро-графическим моделированием, освоению которого студентами технических вузов, посвящено настоящее учебное издание.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### Построение и расчет длины пространственных линий



#### Цель работы:

- сформировать у студентов представления и первоначальные навыки построения на ПК (персональных компьютерах) плоских и пространственных геометро-графических моделей составных линий (моделей трубопроводов, электропроводов, гнутых листовых и проволочных изделий), с целью автоматизированного расчета длин их разверток, заготовок и др.

#### Задачи:

- ознакомить студентов с возможностями автоматизированного расчета длин разверток, заготовок и решения других задач на основе построения геометро-графических моделей рассчитываемых конструкций;
- освоить методику, особенности и преимущества компьютерных методов создания и использования моделей проектируемых изделий на примере моделирования конструкций;
- закрепить знания, полученные в предыдущих лабораторных работах и развить умения и навыки практического выполнения на ПК трехмерных моделей различных объектов.

## 1.1. Введение

Современные тенденции развития мировой науки, техники и технологии предполагают повышение уровней комплексной автоматизации на всех этапах создания новых изделий - проектирования, производства и управления за счет использования информационных технологий (ИТ). Преимущества применения ИТ очевидны на всех этапах человеческой деятельности, но их начало должно лежать прежде всего в интеллектуальной сфере.

Безусловно, творческая деятельность любого специалиста не может быть заменена работой компьютера, однако, общеизвестно, что любой, даже высокоинтеллектуальный труд, содержит массу часто повторяющихся, трудоемких рутинных процедур. Именно здесь, в первую очередь, где они дают максимальный эффект, необходимо использовать помощь ИТ.

Общеизвестно, что инженерная деятельность максимально связана с выполнением множества проектных расчетов. Традиционно чертежи новых изделий являются основой для выполнения расчетов. Например, для расчета длины заготовки изогнутой из проволоки детали, или длины необходимой трубы для изготовления трубопровода, или расчета количества электропровода при сложной разводке, требуется немало времени и усилий. Здесь на помощь может прийти компьютерное геометро-графическое моделирование. Исходная информация для создания расчетной модели может быть представлена в виде проекционных чертежей с размерами или пространственной компьютерной модели.

При этом, если исходные данные заданы традиционным чертежом, требуется создание компьютерной модели изделия. Если же имеется трехмерная компьютерная модель изделия, то можно сразу же приступить к решению задачи.

Последовательность решения приведена ниже. В качестве объекта для расчета примем один из вариантов расчета длины трубопровода (электропровода, проволочной конструкции и др., поскольку расчет длины заготовки практически не связан с диаметром трубы, проволоки и др., т. к. расчет ведется по нейтральному, центральному слою).

Лабораторная работа знакомит студентов с основами компьютерного трехмерного геометро-графического моделирования и расчета плоских и пространственных линий на персональных компьютерах в пределах возможностей системы компьютерного моделирования "Автокад".

В работе рассматриваются основные методы построения компьютерных моделей плоских и трехмерных каркасных геометро-графических моделей (ГГМ) трубопроводов, электропроводов, плоских и пространственных проволочных конструкций и конструкций из листового материала с целью расчета длин заготовок (разверток) для их изготовления. Описана методика создания таких моделей на конкретном примере, с подробными пояснениями и рекомендациями.

## 1.2. Порядок выполнения работы

Выполнение работы начинается с построения модели (в случае ее отсутствия). Модель строится последовательно по звеньям на основании трехмерных координат узловых (опорных) точек, где изменяется направление следующего звена.

Рекомендуется сначала всей группой выполнить построение одной рассмотренной ниже модели под руководством преподавателя, а затем каждому студенту выполнить свой вариант самостоятельно.

## 1.3. Построение модели ломаной линии

После загрузки системы, на экране ПК появляется рабочее поле для создания модели, интерфейс пользователя (система меню) и приглашение к работе – “Команда:” в текстовом окне. На начальном этапе освоения методов работы с системой, рекомендуется использовать для ввода команд стандартное меню (вторая строка сверху).

Перед началом построений следует установить (проверить) текущие параметры системы: пространство модели, текущую систему координат, пределы создания и отображения модели.

Раздел меню – “Сервис” > Новая ПСК > МСК

Раздел меню – “Формат”

Команда: Лимиты

Левый нижний угол: 0,0

Правый верхний угол: 420,297

Далее установить отображение пределов на экране. Раздел меню – “Вид”

Команда: Зуммирование – Все

Построения начинаем в текущей горизонтальной плоскости построений Мировой (абсолютной) системы координат.

Раздел меню – “Рисование”

Команда: 3D полилиния

Первая точка: 80,5,25 Enter (координаты начальной точки согласно таблице данных)

Следующая точка: 80,15,25 Enter (см. таблицу)

	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N
X	80	80	75	70	55	40	40	30	30	15	15	10
Y	5	15	30	35	35	35	22	22	30	30	25	25
Z	25	25	35	35	35	20	20	10	10	25	25	25

Следующая точка: 75,30,35 Enter (продолжить ввод координат до конца таблицы).

Результат построения отобразим в максимально возможном масштабе (в размере экрана), реальные же размеры при этом не меняются, следовательно модель можно всегда строить в масштабе 1:1.

Раздел меню – “Вид”

Команда: Зуммирование > Границы

Построения пространственной ломаной линии отображается на экране в виде проекции на горизонтальную плоскость  $XOY$ , см. рис. 1.

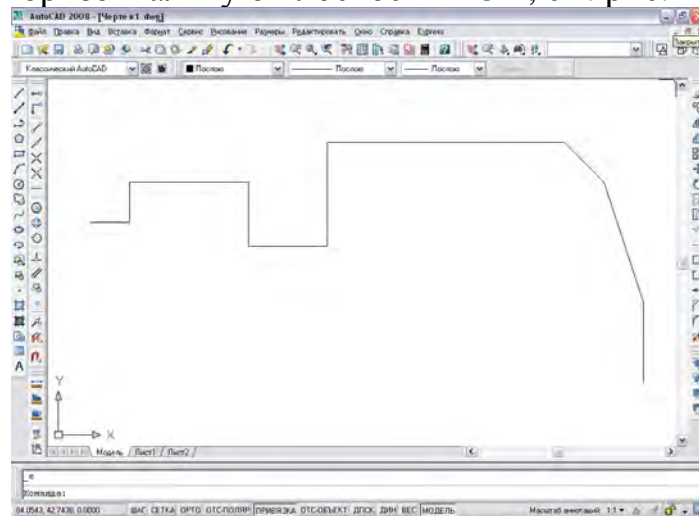


Рис. 1

Для получения более привычного отображения построенной модели в виде проекционного чертежа, разделим экран на 4 экрана, в каждом из которых отобразим соответствующую.

Раздел меню – “Вид”

Команда: Видовые экраны > 4 экрана

Текущим является правый нижний экран. В нем визуализируем аксонометрическую проекцию.

Раздел меню – “Вид”

Команда: Орбита > Свободная орбита

С помощью “компаса”, перемещением курсора, при нажатой левой клавиши “мыши” устанавливаем наиболее наглядное отображение. См. рис.2

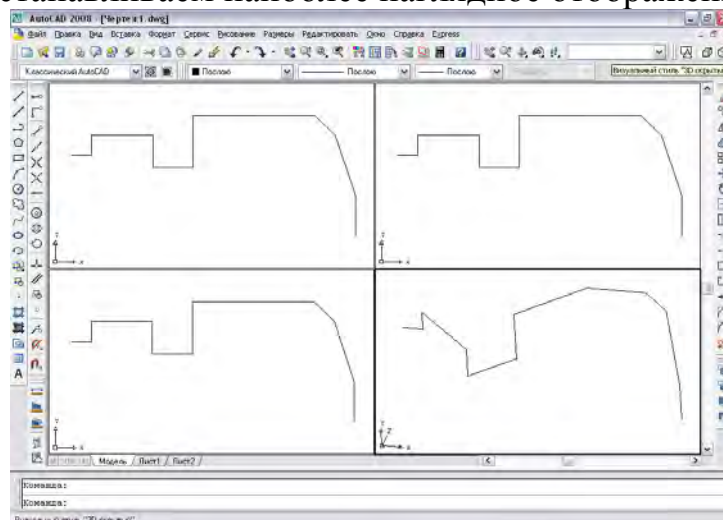


Рис. 2

Далее, левой клавишей “мыши” указываем левый верхний экран (делаем его активным) и отображаем в нем фронтальную проекцию модели.

Раздел меню – “Вид”

Команда: 3D виды > Спереди

И, наконец, в правом верхнем экране, аналогично предыдущему, отображаем профильную проекцию.

Раздел меню – “Вид”

Команда: **3D виды > Слева**

Для удобства визуализации, уменьшая масштаб отображения, и перемещая изображение модели в правом верхнем экране, добиваемся примерно выдерживания проекционной связи, что не влияет на геометрические параметры модели. См. рис. 3.

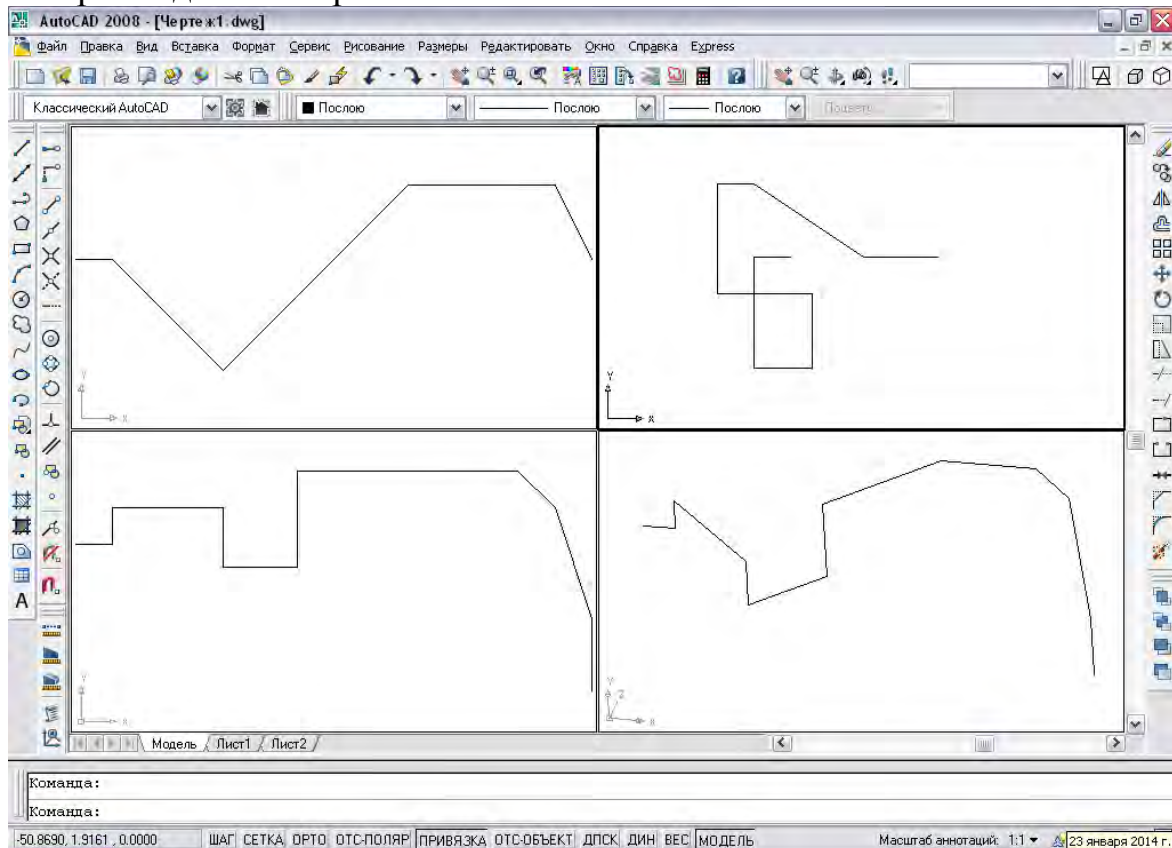


Рис. 3

#### 1.4. Расчет длины ломаной

Построение модели любого проектируемого или исследуемого объекта в компьютерном геометро-графическом моделировании является наиболее трудоемким и важным этапом. От правильности построения и исчерпываемости параметров модели полностью зависит результат процесса моделирования.

Трехмерная компьютерная геометро-графическая модель, в отличие от традиционной графической модели, является не расчетной схемой, а источником информации для выполнения любых преобразований, геометрических и инженерных расчетов.

В нашей задаче расчет длины пространственной ломаной линии сводится (после построения ее точной модели) к формальному запросу результата построений, т.к. все необходимые расчеты выполняются автоматически по мере построения модели и могут быть использованы для различных целей.

Таким образом, длина нашей ломаной линии определяется следующим образом:

Раздел меню – “Сервис”

Команда: Сведения > Список

Выберите объекты: указать курсором модель, Enter

Происходит автоматическое переключение в текстовое окно, где видны результаты расчетов модели, в том числе интересующая нас длина ломаной (выделена). См. рис. 4.

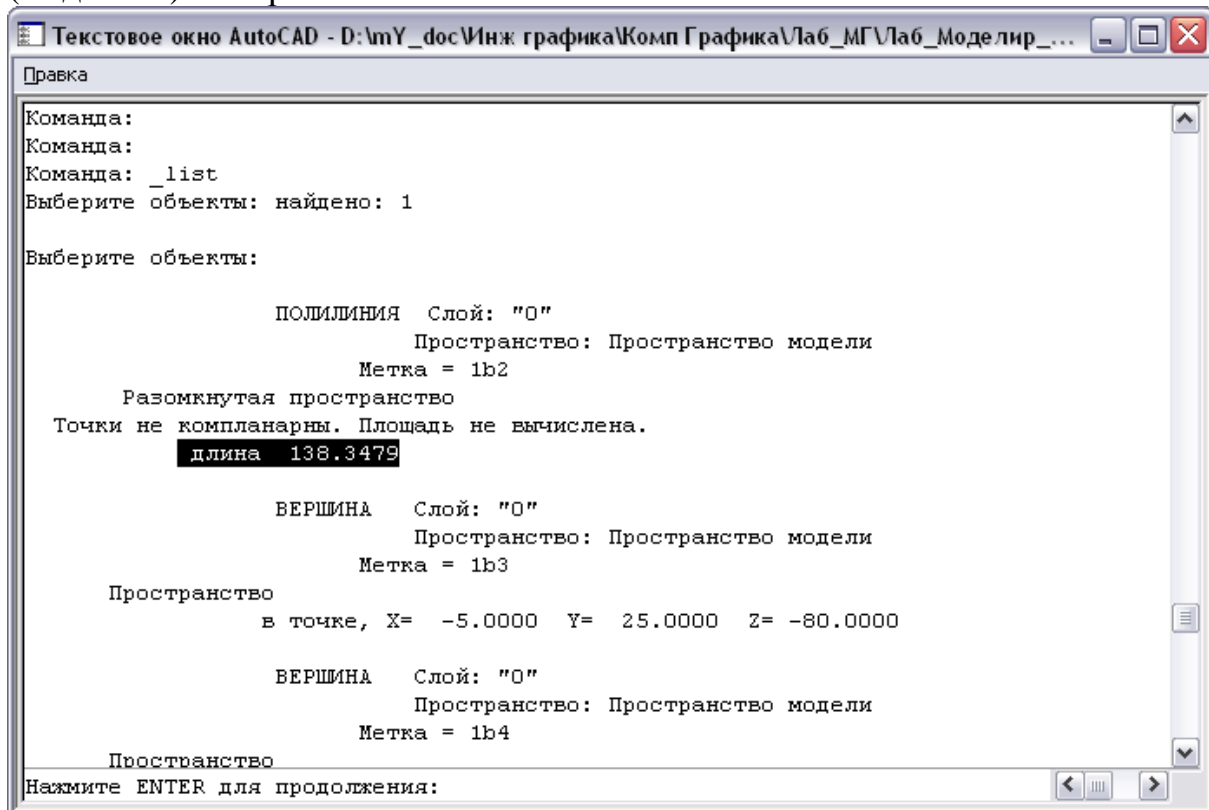


Рис. 4

Формально задача решена, однако реальные инженерные задачи сложнее. Так трубопроводы, электропроводы, изогнутые прутки и т.д. имеют более сложную форму и состоят как из прямолинейных, так и изогнутых участков. Причем участки могут иметь разные радиусы изгибов, разные направления (углы наклона).

Алгоритм решения задачи определения длины плоских объектов практически не отличается от рассмотренного. Построение модели при этом ведется с использованием команды “Полилиния”. При этом, если криволинейные участки (дуги) имеют постоянные значения радиусов скруглений, можно сначала построить ломаную полилинию состоящую из отрезков, а затем с помощью команды редактирования полилинии во всех ее вершинах (узловых точках) построить радиусы сопряжений звеньев. После построения модели длина полилинии (построенной плоской модели) определяется с помощью команды “Сведения” > Список или “Сведения” > Площадь раздела меню “Сервис”.

При решении аналогичной пространственной задачи, модель создается из отдельных звеньев, длина каждого из которых определяется по центральной (нейтральной) линии, а затем суммируется по всему объекту. При этом можно построить целостную твердотельную модель рассматриваемого объекта, объединив все сегменты, с определением ее массы, объема и других параметров.

Рассмотрим процесс построения трехмерной твердотельной модели проволоочной конструкции на основе уже построенной ломаной линии.

### 1.5. Построение твердотельной модели прутка

За основу для построения возьмем пространственную ломаную (рис. 3). После открытия файла, перейдем к одноэкранной конфигурации.

Указать курсором правый нижний экран, далее выбрать

Раздел меню – “Вид”

Команда: Видовые экраны > 1 ВЭкран

Раздел меню – “Редактировать”

Команда: РасчлениТЬ

Выберите объекты: указать ломаную

Пусть заданы следующие дополнительные параметры модели: диаметр стержня – 1 мм, внутренние радиусы сгибов – 1мм.

Для построения скруглений в узловых точках центральной линии модели, необходимо установить новую систему координат так, чтобы два смежных сегмента ломаной лежали в одной плоскости (плоскости построений ХОУ)

Раздел меню – “Сервис”

Команда: Новая ПСК > 3 точки

Новое начало координат: указать (с привязкой) конечную точку первого сегмента

Точка на положительном луче оси X: указать (с привязкой) начальную точку первого сегмента

Точка на положительном луче оси Y: указать (с привязкой) конечную точку второго сегмента

Раздел меню – “Редактировать”

Команда: Сопряжение

Выберите первый объект/раДиус/Обрезка: O Enter

Режим обрезки: C Enter

Выберите первый объект: Д Enter

Радиус сопряжения: 1 Enter

Выберите первый объект: указать первый сегмент

Выберите второй объект: указать второй сегмент

Далее, аналогично для всех смежных сегментов построить сопряжения в узловых точках, устанавливая для каждой пары смежных сегментов новую систему координат.

Для построения твердотельной модели необходимо установить новую систему координат, в которой направление оси Z будет совпадать с направлением первого отрезка (крайнего слева) пространственной ломаной линии

Раздел меню – “Сервис”

Команда: Новая ПСК > Zось

Новое начало координат: указать (с привязкой) левую конечную точку ломаной  
Точка на положительном луче X: указать (с привязкой) вторую конечную точку того же сегмента ломаной

Далее вычертим в плоскости новой системы координат окружность – основание цилиндра (провода)

Раздел меню – “Рисование”

Команда: Круг > Центр, диаметр

Центр круга: указать (с привязкой) левую конечную точку первого сегмента ломаной

Диаметр круга: 1 Enter

Строим первый (прямолинейный, цилиндрический) сегмент

Раздел меню – “Рисование” > Моделирование

Команда: Выдавить

Выберите объекты для выдавливания: указать круг, Enter

Высота выдавливания/траектория: T Enter

Выберите траекторию выдавливания: указать первый прямолинейный сегмент

Строим промежуточный сегмент (в форме части тора) – перехода по радиусу от первого сегмента ко второму

Раздел меню – “Рисование”

Команда: Круг > Центр, диаметр

Центр круга: указать (с привязкой) конечную точку первого сегмента ломаной

Диаметр круга: 1 Enter

Раздел меню – “Рисование” > Моделирование

Команда: Выдавить

Выберите объекты для выдавливания: указать последний отрисованный круг, Enter

Высота выдавливания/траектория: T Enter



Выберите траекторию выдавливания: указать дугу сопряжения первого и второго сегмента

Далее, аналогично построению первого прямолинейного сегмента и первого дугового, строим второй цилиндрический и второй дуговой сегменты, затем третий и так далее до конца. См. рис. 5.

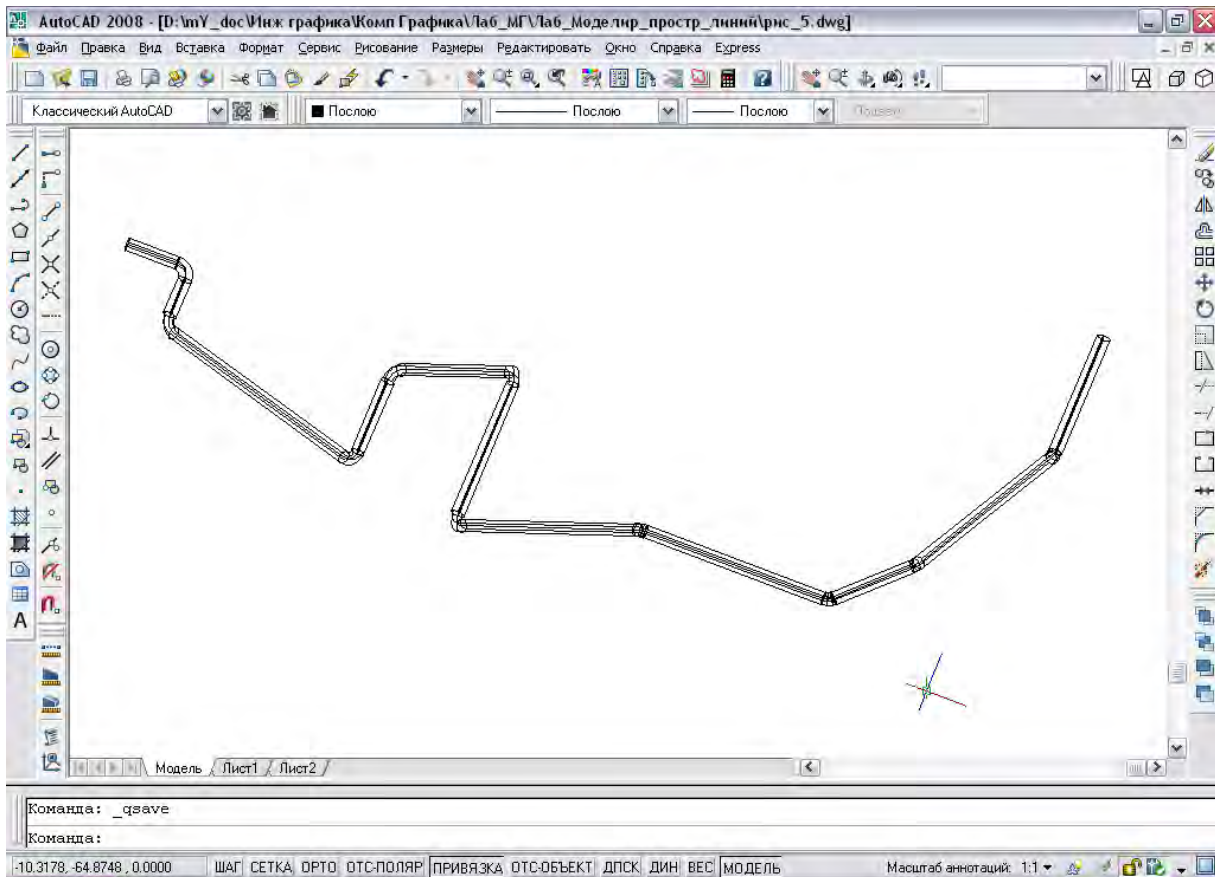


Рис. 5

## 1.6. Расчет выходных параметров модели проволочной конструкции

Построенная компьютерная твердотельная геометро-графическая модель проволочной конструкции, так же как и пространственная модель ломаной линии позволяет рассчитать множество ее геометрических и некоторые физические параметры.

Для каждого сегмента конструкции по его модели можно определить его длину, координаты конечных точек, углы наклона к координатным осям, объем, массу, центр тяжести, центральные и осевые моменты инерции, например, для первого сегмента его длина определяется

Раздел меню – “Сервис”

Команда: Сведения > Список

Выберите объекты: указать курсором первый сегмент, Enter

В текстовом окне отображаются расчетные параметры (длина выделена).  
См. рис. 6.

Общую длину всей конструкции можно подсчитать сложив длины всех сегментов.

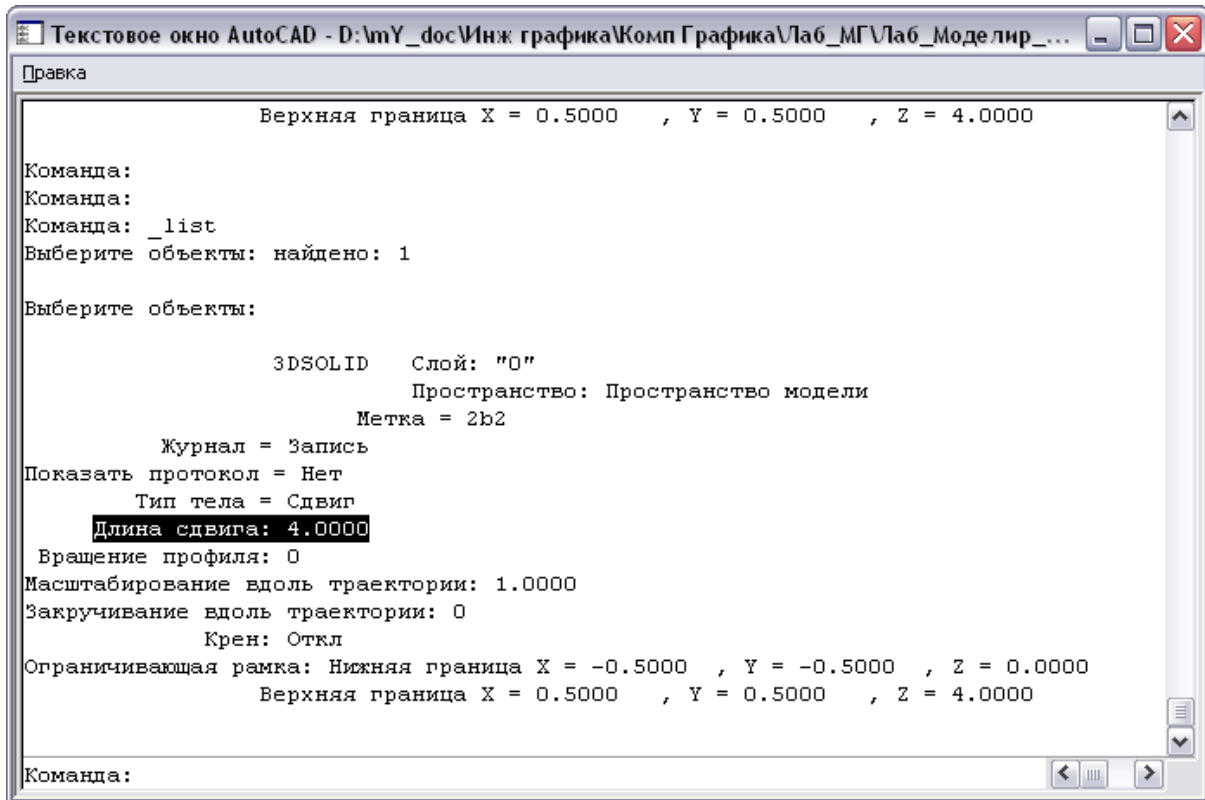


Рис. 6

Другие параметры определяются так:

Раздел меню – “Сервис”

Команда: Сведения > Геометрия и масса

Выберите объекты: указать курсором первый сегмент, Enter

В текстовом окне отображаются расчетные параметры. См. рис.7.

Общие параметры всей модели можно определить после объединения всех сегментов в одну модель

Раздел меню – “Редактировать”

Команда: Редактирование тела > Объединение

Выберите объекты: выбрать все сегменты (удобно рамкой), Enter

Наконец, итоговые параметры рассчитываются и отображаются после запроса

Раздел меню – “Сервис”

Команда: Сведения > Геометрия и масса

Выберите объекты: указать курсором модель, Enter

В текстовом окне отображаются выходные параметры. См. рис. 8.

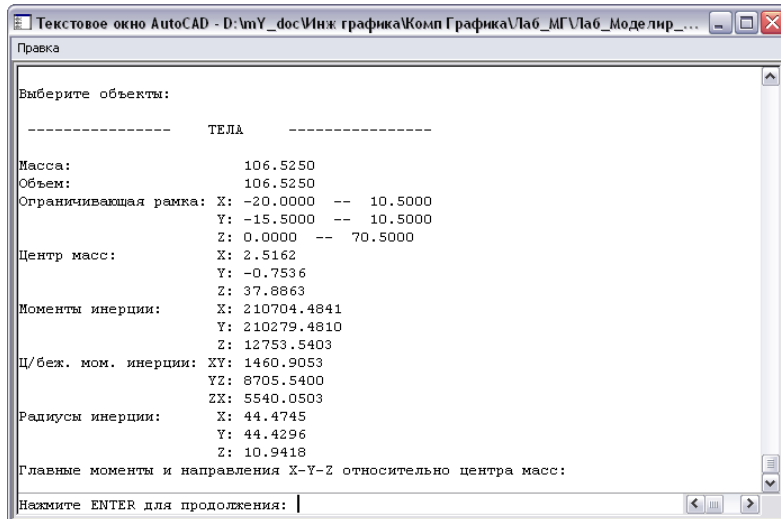


Рис. 7

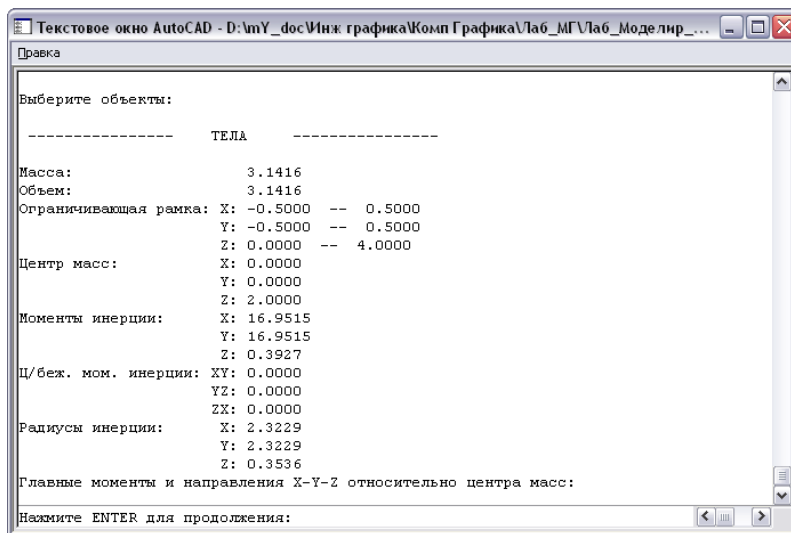


Рис. 8

### ***Сохранение модели***

Для сохранения модели используем команду

“Сохранить как...” (меню “Файл”). Чертеж сохраняем в файле:  
 D:/Студенты/№группы/Фамилия/Модель...№ варианта.

### **1.7. Выводы. Варианты заданий**

Рассмотренная методика построения модели пространственной линии и твердотельной модели проволочной конструкции позволяет на конкретном примере освоить последовательность и принципы создания в виртуальном трехмерном пространстве модели рассматриваемого изделия.

После освоения методики построения модели и решения расчетных задач на рассмотренном примере, для закрепления полученных знаний, рекомендуется каждому студенту самостоятельно построить свой вариант. Варианты можно использовать из сборника графических заданий: П.В. Зеленый, Е.И. Белякова Инженерная графика. Практикум. –Минск, БНТУ, 2011 с.20-22 (для удобства приведены в Приложении 1).

## Приложение 1

## Варианты заданий

№ вар.	Координата	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N
1	x	80	80	80	70	60	45	45	35	25	10	10	20
	y	25	25	10	10	20	20	35	45	35	35	35	15
	z	10	20	35	50	50	50	35	35	25	25	10	0
2	x	75	75	60	50	50	40	25	15	5	5	15	25
	y	15	25	25	35	50	40	50	50	25	25	25	5
	z	35	35	45	45	35	20	20	10	10	25	25	35
3	x	80	80	70	70	60	50	40	30	20	20	10	10
	y	30	45	45	25	15	15	15	5	20	20	20	5
	z	50	35	25	10	20	5	5	35	35	50	50	50
4	x	80	80	70	60	45	45	35	35	20	10	10	10
	y	25	10	10	25	35	45	45	25	15	15	15	25
	z	40	40	50	50	35	20	20	20	30	30	10	10
5	x	75	75	75	65	55	45	35	25	15	15	15	0
	y	45	45	35	25	25	10	10	10	20	20	40	30
	z	50	35	25	25	40	25	25	5	5	15	15	5
6	x	80	80	80	70	55	55	45	30	30	20	10	10
	y	30	20	10	10	20	35	35	45	45	35	20	20
	z	50	50	30	15	15	25	25	10	40	40	25	35
7	x	80	80	80	80	65	55	55	45	30	30	20	5
	y	10	10	20	35	20	20	5	5	5	25	40	20
	z	15	25	35	35	55	45	45	45	10	10	25	25
		75	65		65	55	45	35	25	15	15	5	5

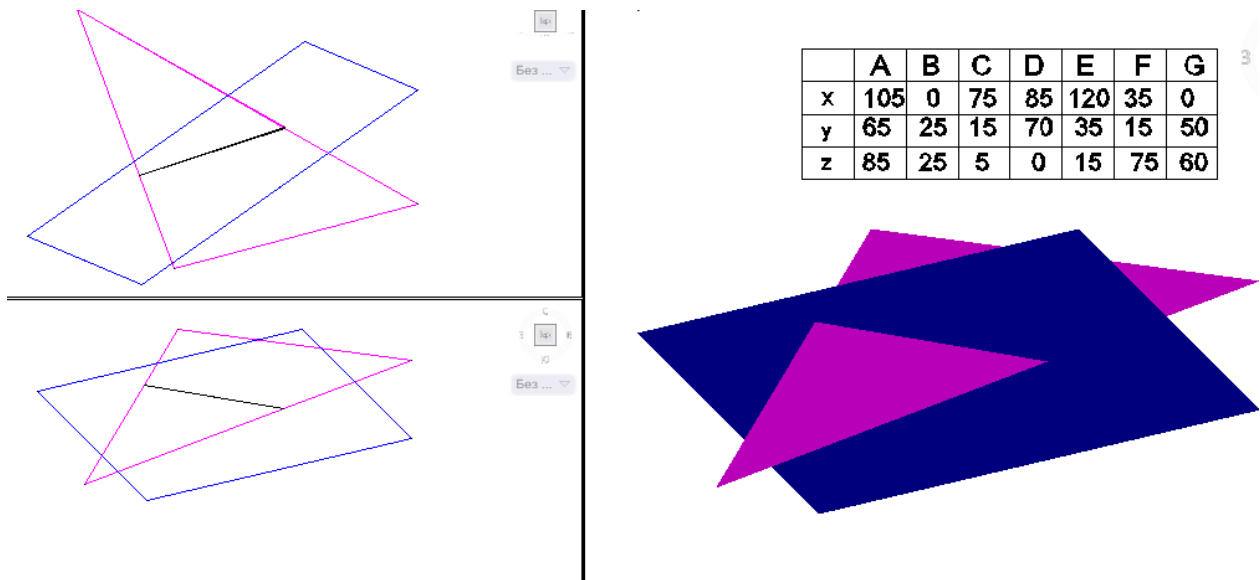
8	x												
	y	10	20	25	35	35	50	50	30	30	30	40	55
	z	50	40	25	25	10	10	20	35	35	50	50	40
№ вар.	Координата	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>N</i>
9	x	80	80	80	80	70	55	40	40	30	15	5	5
	y	10	20	20	30	30	50	35	25	25	40	40	40
	z	30	30	50	50	50	40	40	15	5	20	20	5
10	x	80	80	80	65	65	50	50	40	25	10	10	0
	y	10	10	20	30	40	40	25	25	45	30	15	15
	z	20	30	40	50	50	40	30	20	20	5	15	15
11	x	70	80	70	60	55	45	45	35	25	25	10	10
	y	10	10	25	25	40	40	40	40	30	20	20	35
	z	20	30	50	50	40	40	25	15	15	30	10	10
12	x	75	75	75	65	55	55	40	30	20	20	10	10
	y	20	20	10	10	20	35	35	45	30	30	30	15
	z	10	20	35	35	50	50	35	35	25	5	5	5
13	x	75	75	60	50	40	40	25	15	15	5	5	5
	y	10	25	25	35	35	50	50	35	35	20	20	5
	z	35	35	45	45	35	20	20	10	25	30	10	10
14	x	75	75	65	55	45	45	35	25	15	5	5	5
	y	30	45	45	25	25	25	10	20	20	10	10	0
	z	35	35	35	10	10	20	20	35	50	50	35	20
15	x	75	75	65	65	55	45	35	35	25	10	10	0
	y	35	45	45	30	20	10	10	35	25	25	25	10
	z	45	30	20	10	10	25	25	25	40	40	55	55

№ вар.	Координата	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>N</i>
16	<i>x</i>	75	75	75	65	55	45	35	25	25	15	15	15
	<i>y</i>	45	35	35	25	15	15	30	30	45	45	35	10
	<i>z</i>	25	25	45	45	30	30	10	20	20	20	5	5
17	<i>x</i>	70	80	80	70	50	40	30	20	20	10	10	10
	<i>y</i>	20	20	10	10	25	35	35	25	5	5	5	15
	<i>z</i>	50	40	30	15	30	30	20	10	10	10	35	45
18	<i>x</i>	60	75	75	75	60	50	40	25	25	15	15	5
	<i>y</i>	15	20	20	35	35	25	25	10	10	10	0	0
	<i>z</i>	5	15	25	35	50	50	50	40	25	25	25	10
19	<i>x</i>	75	65	65	65	55	40	30	20	20	20	5	5
	<i>y</i>	20	10	25	35	35	20	20	10	10	40	50	50
	<i>z</i>	50	40	25	25	10	20	20	20	5	5	5	35
20	<i>x</i>	70	85	85	85	60	60	45	35	25	25	10	0
	<i>y</i>	10	25	25	35	45	35	35	50	35	35	15	15
	<i>z</i>	25	35	50	50	50	35	35	20	20	5	5	15
21	<i>x</i>	80	80	80	65	65	50	50	35	20	20	10	10
	<i>y</i>	10	10	20	30	40	50	30	30	20	5	5	5
	<i>z</i>	20	30	45	45	45	30	20	20	10	10	10	30
22	<i>x</i>	65	75	75	65	50	35	35	25	15	15	5	5
	<i>y</i>	5	15	30	40	40	50	30	30	45	20	20	20
	<i>z</i>	20	30	45	45	30	20	20	20	10	10	10	25
23	<i>x</i>	75	75	75	65	55	40	40	30	20	5	5	15
	<i>y</i>	25	25	10	10	20	35	50	50	35	35	35	15
	<i>z</i>	10	20	35	50	50	35	35	35	25	25	5	5

№ вар.	Коор- дината	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N
		x	75	75	60	50	40	40	25	15	5	5	5
	y	15	25	25	35	35	50	50	35	25	15	15	5
24	z	35	35	45	35	35	20	20	10	10	10	30	30
25	x	75	75	65	65	55	45	45	35	25	25	10	10
	y	40	50	50	30	30	10	10	10	20	35	35	35
	z	45	35	25	10	10	20	35	35	50	50	50	40
26	x	75	75	65	50	40	40	30	30	15	5	5	5
	y	20	10	10	20	30	45	45	25	10	10	10	25
	z	40	40	50	50	40	20	20	20	30	30	10	10
27	x	60	75	75	65	55	45	35	25	25	10	10	20
	y	45	45	35	35	25	25	15	25	35	35	20	10
	z	45	35	25	25	15	15	15	35	35	35	50	50
28	x	70	80	80	70	50	40	30	30	20	20	20	5
	y	20	20	10	10	20	35	50	50	50	25	15	10
	z	50	40	30	15	25	25	40	15	15	5	5	5
29	x	75	75	75	60	50	40	25	25	15	15	5	5
	y	10	10	20	20	35	50	50	30	20	40	40	35
	z	15	25	35	50	50	35	35	35	20	20	5	5
30	x	75	65	65	65	55	45	45	35	25	25	15	5
	y	10	10	25	35	50	50	50	30	20	20	20	35
	z	50	40	25	25	10	10	25	40	40	50	50	50

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Пересечение плоскостей



#### Цель работы:

- сформировать у студентов представления и первоначальные навыки построения на ПК (персональных компьютерах) пространственных моделей плоских фигур по координатам их узловых точек и линии их пересечения

#### Задачи:

- ознакомить студентов с возможностями построения на ПК пространственных моделей плоских фигур;
- освоить методику, особенности и преимущества компьютерных методов создания моделей плоских фигур и их пересечений;
- закрепить знания, полученные в предыдущих лабораторных работах, развить умения и навыки практического построения на ПК моделей плоских фигур.



## 2.1. Введение

Традиционные способы решения пространственных геометрических задач основаны на аналитическом либо графическом методах. Первый способ относится к использованию чисто математических методов решения, т. е. составлению и решению систем уравнений плоскостей. В результате, такое решение как правило требует геометрической интерпретации, т. к. оно не обладает наглядностью.

Второй традиционный способ решения основан на использовании методов начертательной геометрии. Все начальные и промежуточные построения выполняются на базе проекционного чертежа. Этот способ предоставляет значительно большую наглядность при решении, обладает вполне определенной логикой, позиционной полнотой, но и некоторой метрической неопределенностью, в связи с ограничениями по точности выполнения построений.

Такие очевидные недостатки обоих способов решения задачи могут быть устранены с использованием компьютера, особенно с разработкой компьютерных программ.

Наиболее эффективным способом решения подобных задач может быть способ, основанный на принципиально новых методах в современных системах трехмерного компьютерного геометро-графического моделирования. Преимущества этих методов очевидны, поскольку построения выполняются непосредственно по трехмерным координатам в квазиреальном (виртуальном) трехмерном пространстве. Решения основаны на точных, весьма наглядных геометрических построениях, выполняемых человеком в интерактивном режиме, а необходимые вычисления выполняются методами вычислительной геометрии в “скрытой”, внутренней форме. При этом предполагается простой запрос как промежуточных, так и окончательных данных в виде решения задачи, а также построение результата в фотореалистическом и любом другом графическом виде.

Решение задачи на построение линии пересечения плоскостей начинается с построения модели условия задачи. Поскольку плоскости заданы в форме трехмерных координат узловых точек плоских геометрических фигур, модель можно строить непосредственно задавая координаты узловых точек. Построив заданные фигуры, можно создать на их основе модели трехмерных твердотельных пластин минимальной толщины. Выполняя одну из булевых операций (сложения) объемов пластин, автоматически получаем решение задачи в виде построения линии пересечения пластин (вместо абстрактных плоскостей).

Геометрические параметры построенной линии пересечения можно запросить и использовать, например, при решении более сложных задач.

Последовательность решения по приведенному алгоритму приведена ниже.

## 2.2. Порядок выполнения работы

Выполнение работы начинается с построения модели условий задачи. Модель строится последовательно. По трехмерным координатам узловых (опорных) точек строятся пересекающиеся фигуры, задающие плоскости.

Рекомендуется сначала всей группой выполнить построение одной рассмотренной ниже задачи под руководством преподавателя, а затем каждому студенту выполнить свой вариант самостоятельно.

## 2.3. Построение моделей плоскостей

Перед началом построений следует установить (проверить) текущие параметры системы: пространство модели, текущую систему координат, пределы создания и отображения модели.

Раздел меню – “Сервис” > Новая ПСК > МСК

Раздел меню – “Формат”

Команда: Лимиты

Левый нижний угол: 0,0

Правый верхний угол: 420,297

Далее установить отображение пределов на экране. Раздел меню – “Вид”

Команда: Зуммирование > Все

Построения начинаем в текущей горизонтальной плоскости построений Мировой (абсолютной) системы координат.

Раздел меню – “Рисование”

Команда: 3D полилиния

Начальная точка полилинии: 105,65,85 Enter (координаты начальной точки треугольника согласно таблице данных)

Конечная точка отрезка: 0,25,25 Enter (см. таблицу)

Конечная точка отрезка: 75,15,5 Enter

Конечная точка отрезка: Замкнуть (завершили построение треугольника)

См. рис. 1.

Строим четырехугольник

Раздел меню – “Рисование”

Команда: 3D полилиния

Начальная точка полилинии: 85,70,0 Enter

(координаты начальной точки четырехугольника согласно таблице данных)

Конечная точка отрезка: 120,35,15 Enter

Конечная точка отрезка: 35,15,75 Enter

Конечная точка отрезка: 0,50,60 Enter

Конечная точка отрезка: Замкнуть Enter (завершили построение четырехугольника)

См. рис. 2.

	A	B	C	D	E	F	G
X	105	0	75	85	120	35	0
Y	65	25	15	70	35	15	50
Z	85	25	5	0	15	75	60

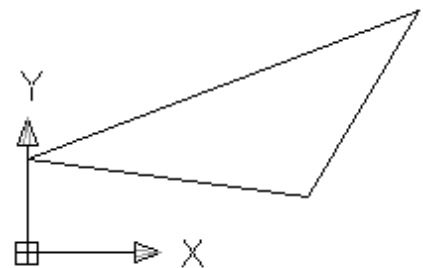


Рис. 1

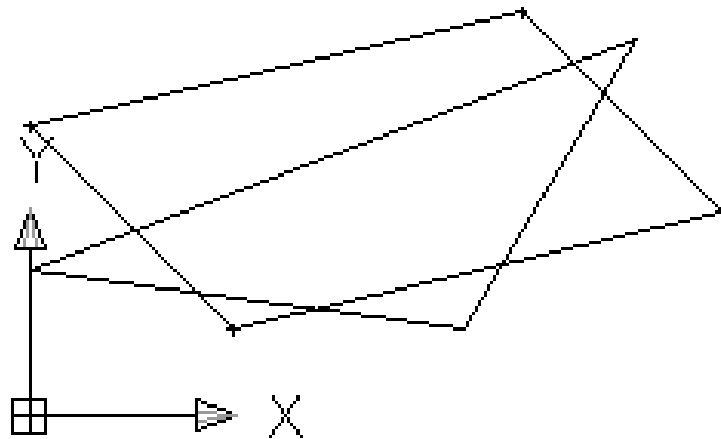


Рис. 2

#### 2.4. Построение линии пересечения плоскостей

Строим твердотельные модели пластин

Раздел меню - "Рисование" > Моделирование

Команда: Выдавить

Выберите объекты для выдавливания: выбрать треугольник, Enter

Высота выдавливания: 0.0001 Enter

Раздел меню - "Рисование" > Моделирование

Команда: Выдавить

Выберите объекты для выдавливания: выбрать четырехугольник, Enter

Высота выдавливания: 0.0001 Enter

Строим общую модель плоскостей с автоматическим построением линии пересечения. (Предварительно меняем цвета фигур на различные).

Раздел меню – Редактировать > Редактирование тела

Команда: Объединение

Выберите объекты: выбрать обе фигуры, Enter

См. рис. 3.

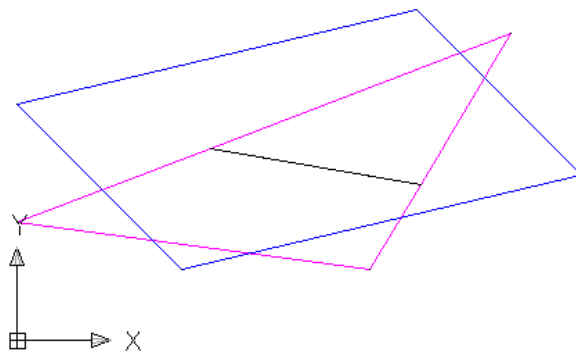


Рис. 3

### ***Визуализация модели***

Для наиболее полного и правильного восприятия полученного результата построений и полученного решения задачи необходимо отобразить модель в виде ее ортогональных и аксонометрической проекции.

Раздел меню – Вид > Видовые экраны

Команда: 3 Вэкрана

Расположение в конфигурации: П Enter

См. рис. 4.

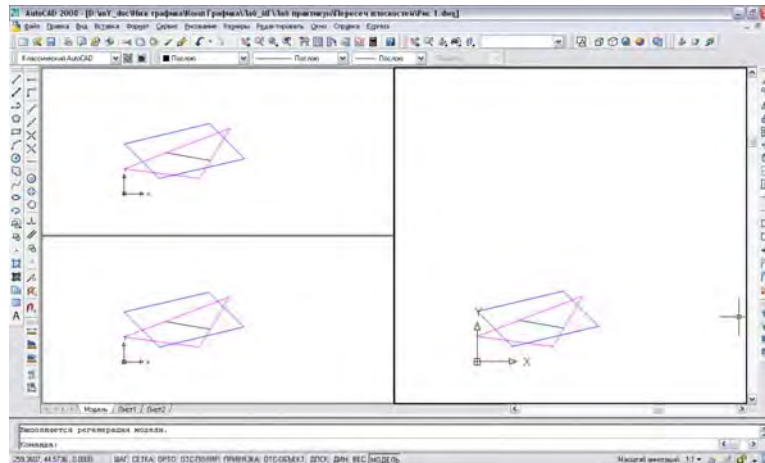


Рис. 4

Правый экран – текущий. В этом экране формируем наиболее наглядное изображение модели.

Раздел меню – Вид > Орбита

Команда: Свободная орбита

В левом нижнем экране устанавливаем вид сверху

Раздел меню – Вид > 3D виды

Команда: Сверху

В левом верхнем экране устанавливаем вид спереди

Раздел меню – Вид > 3D виды

Команда: Спереди

См. рис. 5.

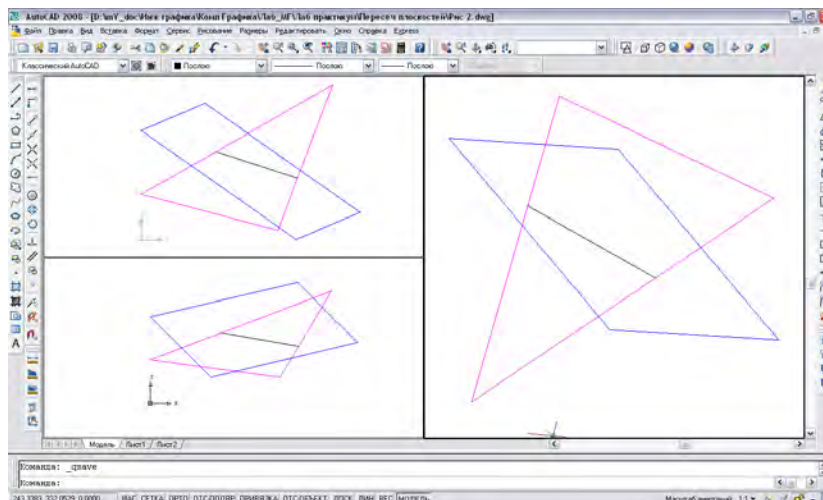


Рис. 5

### ***Определение видимости***

Относительная видимость плоскостей достигается путем установки визуального стиля

Раздел меню – Вид > Визуальные стили

Команда: Реалистичный

См. рис. 6.

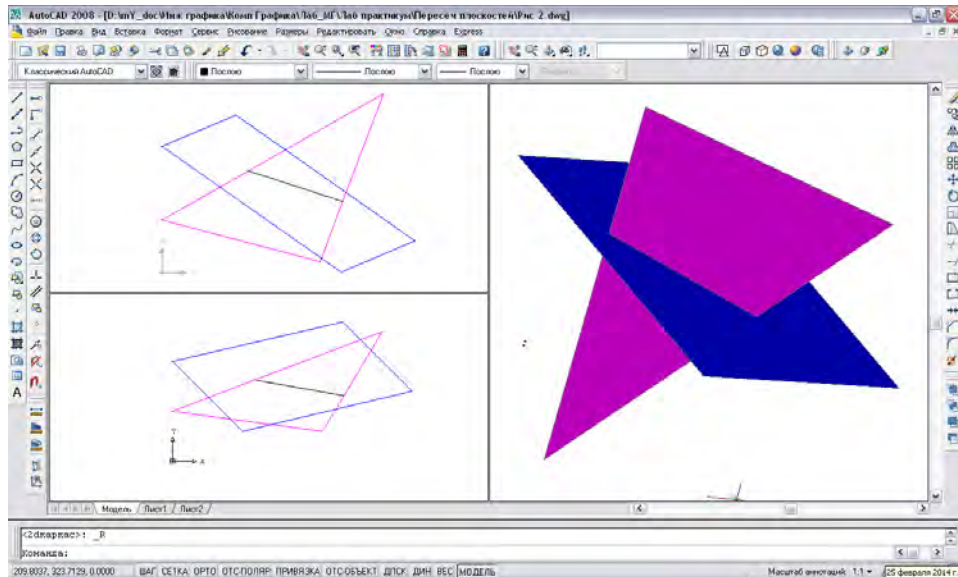


Рис. 6

### ***Оформление работы***

Полученные выходные данные в виде изображений на экране компьютера, документируем как чертеж, вставив в формат и заполнив основную надпись.

См. рис. 7.

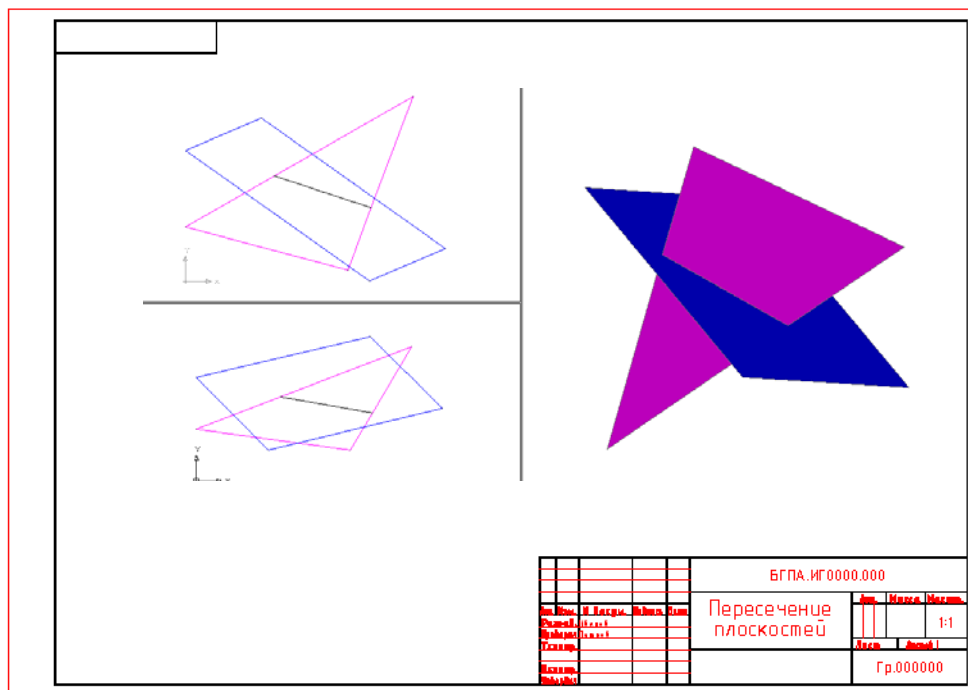


Рис. 7

### ***Определение геометрических параметров линии пересечения***

При необходимости определения геометрических параметров построенной линии пересечения плоскостей, запрашиваем их, предварительно дважды расчленив модель

Раздел меню – Редактировать

Команда: Расчленить

Выберите объекты: выбрать линию пересечения, Enter, Enter

Выберите объекты: выбрать линию пересечения, Enter

Раздел меню – Сервис > Сведения

Команда: Список

Выберите объекты: указать линию пересечения, Enter

В командной строке (текстовом экране) смотрим результаты. См. ниже.

```

ОТРЕЗОК   Слой: "0"
           Пространство: Пространство модели
           Метка = lfe
от точки, X= 85.7547  Y= 32.9246  Z= 33.6791
до точки, X= 41.0743  Y= 40.6474  Z= 48.4710
Направление выдавливания относительно ПСК:
           X= -0.3393  Y= -0.6363  Z= -0.6928
В текущей ПСК, Длина = 45.3429, Угол в плоскости XY = 170
3D Длина = 47.6947, Угол от плоскости XY = 18
Дельта X = -44.6804, Дельта Y = 7.7229, Дельта Z = 14.7919

```

### ***Сохранение модели***

Для сохранения модели используем команду

“Сохранить как...” (меню “Файл”). Чертеж сохраняем в файле:

D:/Студенты/№группы/Фамилия/Модель...№ варианта...

## **2.5. Выводы. Варианты заданий**

Рассмотренная методика построения моделей плоскостей и линии их пересечения позволяет на конкретном примере освоить последовательность и принципы создания в виртуальном трехмерном пространстве модели рассматриваемой задачи.

После освоения методики построения модели и решения задачи на рассмотренном примере, для закрепления полученных знаний, рекомендуется каждому студенту самостоятельно решить свой вариант. Варианты можно использовать из сборника графических заданий: П.В. Зеленый, Е.И. Белякова Инженерная графика. Практикум. –Минск, БНТУ, 2011 с.41 (для удобства приведены в Приложении 2).

***Примечание:*** для вариантов, в которых одна из плоскостей должна быть построена в виде четырехугольника, одна из координат не задана. В этом случае следует построить две стороны четырехугольника и достроить (копированием) две другие.

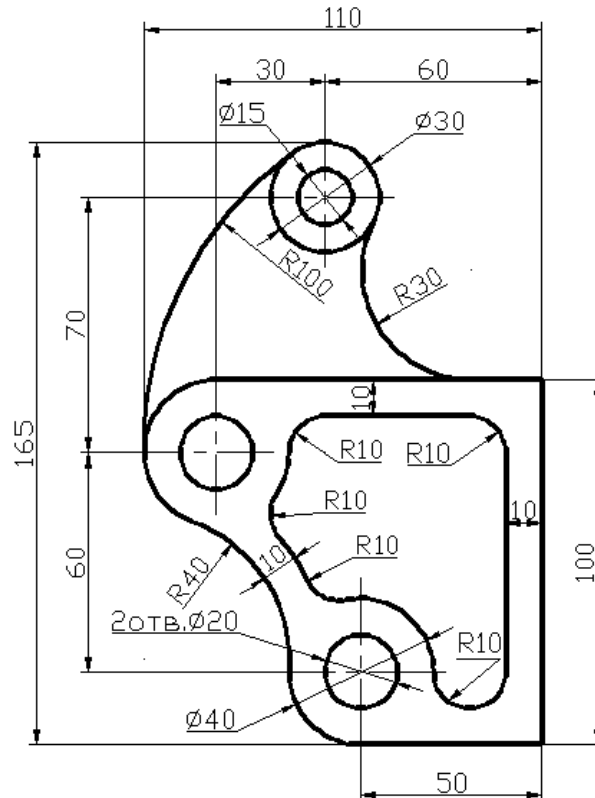
## Приложение 2

## Варианты заданий

Координаты	№ варианта	A	B	C	D	E	F	№ варианта	A	B	C	D	E	F	№ варианта	A	B	C	D	E	F	G
X	1	130	100	30	130	100	10	11	120	10	30	75	110	50	21	130	15	80	130	90	45	20
Y		75	10	45	20	80	20		10	80	0	80	50	0		65	80	20	20	80	65	?
Z		70	10	50	40	80	10		30	75	0	0	20	70		60	40	0	75	20	25	55
X	2	130	30	80	130	15	100	12	130	20	50	35	120	85	22	130	15	65	110	110	55	25
Y		50	75	20	70	30	10		70	70	10	80	50	10		0	65	0	20	70	60	20
Z		65	65	0	40	60	0		20	70	0	5	40	70		60	45	0	70	25	15	?
X	3	130	70	20	130	20	70	13	120	90	10	120	70	10	23	15	130	45	110	25	10	80
Y		80	10	20	55	45	0		80	10	10	40	20	50		60	60	10	75	75	30	?
Z		0	80	25	55	75	0		0	70	20	30	0	60		70	50	20	20	20	55	70
X	4	130	75	20	120	90	20	14	130	20	90	105	130	35	24	30	110	85	65	10	110	130
Y		0	70	30	70	0	15		65	35	10	10	45	80		70	40	0	0	40	60	30
Z		40	70	10	0	80	70		80	10	0	55	20	0		50	80	0	85	30	15	?
X	5	130	10	85	120	60	10	15	0	130	35	0	35	115	25	130	20	45	115	100	10	85
Y		60	50	10	40	0	65		60	40	0	40	0	10		60	60	15	35	0	0	?
Z		35	90	10	50	90	10		60	35	10	30	0	60		25	75	10	40	60	60	10
X	6	120	10	65	130	20	85	16	120	15	100	55	130	95	26	20	130	85	10	60	110	85
Y		0	60	80	30	0	80		70	30	5	10	15	70		15	0	65	55	0	20	65
Z		75	10	0	0	35	80		40	65	0	70	70	10		40	70	0	70	10	20	?
X	7	20	130	65	10	75	130	17	130	20	90	0	60	130	27	105	10	55	120	20	35	80
Y		10	5	70	40	20	80		60	50	10	20	20	60		55	55	10	25	25	70	?
Z		0	30	60	30	75	10		80	50	20	40	85	40		70	35	10	25	60	0	0
X	8	115	85	10	130	45	10	18	130	10	100	0	50	120	28	20	70	130	35	110	95	10
Y		80	10	30	20	70	20		20	20	70	40	5	60		20	60	10	10	0	60	40
Z		0	65	50	10	70	10		60	60	10	5	60	70		0	60	0	55	35	0	?
X	9	130	10	50	120	70	10	19	130	80	20	115	20	0	29	110	20	130	20	55	130	80
Y		65	40	0	40	0	65		10	80	40	0	10	60		60	25	0	25	10	60	?
Z		70	60	0	0	80	40		10	75	50	65	65	20		5	45	60	30	10	35	80
X	10	120	10	70	130	90	30	20	10	70	130	50	5	80	30	130	50	20	10	110	95	30
Y		0	30	70	20	80	0		20	70	0	20	40	90		30	70	0	10	10	60	60
Z		70	30	0	0	80	10		60	0	60	10	40	70		10	70	0	60	50	0	?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Построение плоских графических моделей сопряжений



#### Цель работы:

- сформировать у студентов представления и первоначальные навыки построения на ПК (персональных компьютерах) плоских графических моделей контуров, образованных сопряжением прямых, дуг и окружностей.

#### Задачи:

- ознакомить студентов с возможностями построения на ПК плоских геометро-графических моделей исходных контуров деталей, получаемых преимущественно сопряжением прямых, дуг и окружностей;
- освоить методику, особенности и преимущества компьютерных методов создания моделей проектируемых изделий на примере построения исходных плоских контуров, используемых для получения трехмерных моделей;
- закрепить знания, полученные в предыдущих лабораторных работах и развить умения и навыки практического выполнения на ПК точных моделей плоских контуров.



### 3.1. Введение

Современные тенденции развития мировой науки, техники и технологии предполагают повышение уровней комплексной автоматизации на всех этапах создания новых изделий - проектирования, производства и управления за счет использования информационных технологий (ИТ). Преимущества применения ИТ очевидны на всех этапах человеческой деятельности, но их начало должно лежать прежде всего в интеллектуальной сфере.

Безусловно, творческая деятельность любого специалиста не может быть заменена работой компьютера, однако, общеизвестно, что любой, даже высокоинтеллектуальный труд, содержит массу часто повторяющихся, трудоемких рутинных процедур. Именно здесь, в первую очередь, где они дают максимальный эффект, необходимо использовать помощь ИТ.

Общеизвестно, что инженерная деятельность максимально связана с документацией, в первую очередь конструкторской. Традиционно используемые чертежи, и чертежи, выполненные на ПК, зачастую почти ничем не отличаются. То есть, вся используемая информация – только на бумаге. Такой традиционный подход происходит от неумения видеть разницу между проекционным чертежом со всеми его атрибутами (размерами, допусками, текстовыми пояснениями и техническими требованиями) и виртуальной геометро-графической моделью – описанием в численной форме параметров рассматриваемой детали или изделия.

Разработка традиционного чертежа регламентирована стандартами ЕСКД и основана на традиционной технологии вычерчивания, без учета возможностей компьютерного геометро-графического моделирования. Такая технология исходит из невозможности построения точной модели как плоской, так и (тем более) пространственной. Отсюда необходимость как минимум в двух проекциях, простановки размеров, допусков, значений шероховатости поверхности, условностей, текстовых пояснений и др.

Компьютерное геометро-графическое моделирование основано на построении, а не вычерчивании точной модели, основанием для которой являются исходные параметры, полученные на основании расчетов и геометрических законов. Необходимые геометрические параметры, в том числе размеры для изготовления деталей по такой модели могут быть извлечены из численного и графического описания модели в любом сочетании, что дает возможность не учитывать конкретной технологии.

К сожалению, сегодня не существует еще нормативных документов, регламентирующих разработку документации в такой форме. Это будущее в развитии методов проектирования и его необходимость уже очевидна, т.к. вслед за совершенствованием методов проектирования видно совершенствование методов изготовления и управления производством (технологии, основанные на использовании оборудования с программным управлением, автоматизированные системы контроля и управления и т.п.).

Лабораторная работа знакомит студентов с основами графического

моделирования на персональных ЭВМ в пределах возможностей системы компьютерного моделирования "Автокад".

В работе рассматриваются основные методы построения компьютерных геометро-графических моделей плоских контуров, традиционно выполняемых построением сопряжений. Описана методика создания таких моделей на конкретном примере, с подробными пояснениями и рекомендациями,

### **3.2. Порядок выполнения работы**

Выполнению работы по построению конкретного плоского контура с использованием компьютерной моделирующей системы Автокад, должно предшествовать предварительное изучение, или хотя бы ознакомление студентов с базовыми возможностями выполнения построений и редактирования. Ознакомившись с интерфейсом системы, структурой различных меню, особенностями ввода команд и данных, использованием возможных режимов, влияющих на процесс создания модели, методами управления отображением, управлением системами координат, можно приступить к построению модели.

Рекомендуется сначала всей группой выполнить построение одного контура, рассмотренного ниже под руководством преподавателя, а затем каждому студенту выполнить свой вариант самостоятельно.

Итак, рассмотрим поэтапное построение модели плоского контура с преимущественным использованием сопряжений. Заметим, что последовательность действий при построении модели не является жестко фиксированной, однако, в целях формирования единой методики, рекомендуется первый пример выполнить в предлагаемой последовательности и в соответствии с указанными этапами.

### **3.3. Построение контура**

#### **3.3.1. Очерковые линии**

После загрузки системы, на экране ПК появляется рабочее поле для создания модели, интерфейс пользователя (система меню) и приглашение к работе – “Команда:” в текстовом окне. На начальном этапе освоения методов работы с системой, рекомендуется использовать для ввода команд стандартное меню (вторая строка сверху).

Перед началом построений следует установить (проверить) пределы создания и отображения пространства модели. Раздел меню – “Формат”

Команда: Лимиты

Левый нижний угол: 0,0

Правый верхний угол: 420,297

Далее установить отображение пределов на экране. Раздел меню – “Вид”

Команда: Зуммирование – Все

Приступаем к построению очерковых линий. Проверяем, включен ли

режим ортогонального черчения. Меню режимов. Режим ОРТО должен быть включен (кнопка утоплена). Далее - Раздел меню – Рисование

Команда: Отрезок

Первая точка – указывается на экране произвольно

Следующая точка – см. рис.1. Завершаем построение – Enter

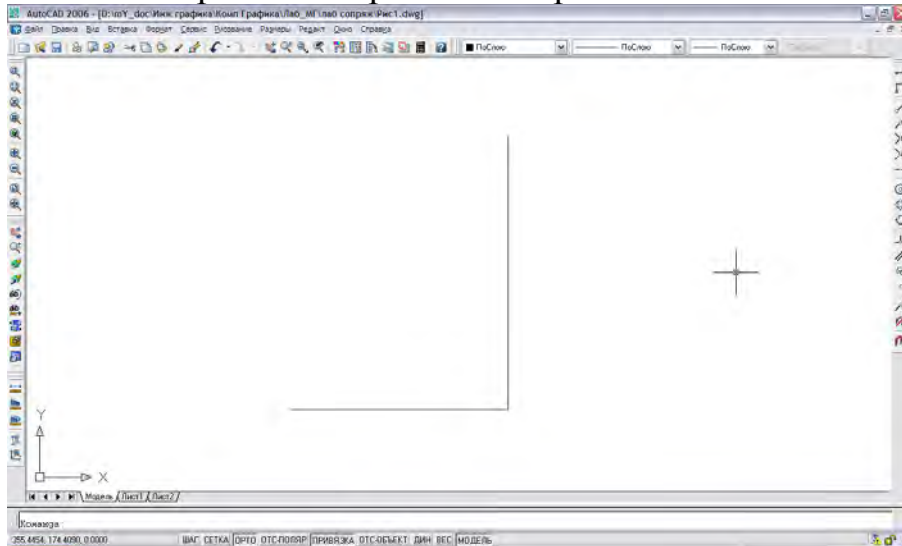


Рис. 1. Очерковые линии

### 3.3.2. Параллельные линии контура

Используя команду Подобие (раздел меню “Редакт”), строим параллельные фрагменты контура

Команда: Подобие

Укажите расстояние смещения: 100

Выберите объект для смещения: нижний отрезок

Сторона смещения: указать точку курсором выше

Аналогично строим отрезки со смещением 10мм

См. рис. 2.

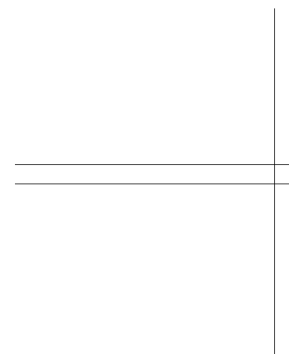


Рис. 2

### 3.3.3. Оси окружностей

Строим осевые линии нижних окружностей

Команда: Подобие

Укажите расстояние смещения: 50

Выберите объект для смещения: указать правый отрезок

Сторона смещения: указать точку курсором слева

Команда: Подобие

Укажите расстояние смещения: 20

Выберите объект для смещения: указать нижний отрезок

Сторона смещения: указать точку курсором выше

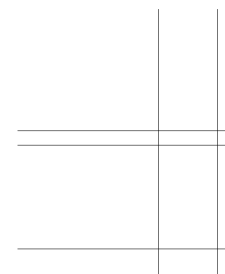


Рис. 3

См. рис. 3

### 3.3.4. Окружности

Строим окружности внизу контура

Команда: Круг (меню Рисование) >

Центр, диаметр

Команда: Центр круга: указать объектной привязкой точку пересечения осей

Диаметр круга: 20

Команду повторить и отрисовать второй круг диаметром 40 мм.

См. рис.4.

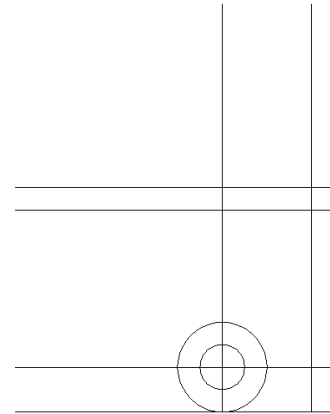


Рис. 4

Строим осевые линии верхних окружностей

Команда: Подобие

Укажите расстояние смещения: 60

Выберите объект для смещения: указать правый крайний отрезок

Сторона смещения: указать точку курсором слева

Команда: Подобие

Укажите расстояние смещения: 150

Выберите объект для смещения: указать нижний отрезок

Сторона смещения: указать точку курсором выше

См. рис.5.

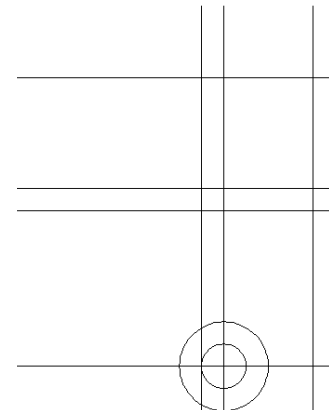


Рис. 5

Строим окружности вверху контура

Команда: Круг (меню “Рисование”) >

Центр, диаметр

Команда: Центр круга: указать объектной привязкой точку пересечения осей

Диаметр круга: 15

Команду повторить и отрисовать второй

Круг диаметром 30мм.

См. Рис. 6.

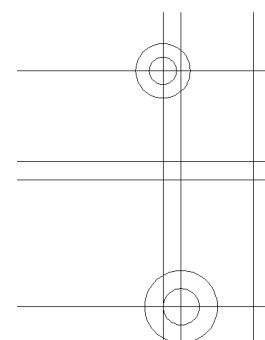


Рис. 6

Строим осевые линии левых окружностей

Команда: Подобие

Укажите расстояние смещения: 90

Выберите объект для смещения: указать правый крайний отрезок

Сторона смещения: указать точку курсором слева

Команда: Подобие

Укажите расстояние смещения: 80

Выберите объект для смещения: указать нижний отрезок

Сторона смещения: указать точку курсором выше

См. рис.7.

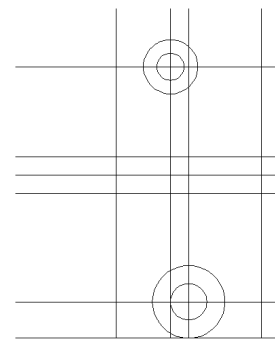


Рис. 7

### 3.3.5. Копирование окружностей

Копируем нижние окружности

Команда: Копировать (раздел меню “Редакт”)

Выберите объекты: указать прицелом нижние окружности

Базовая точка: указать объектной привязкой точку пересечения осей или центр

Вторая точка: указать объектной привязкой точку пересечения осей

Вторая точка: Enter.

См. рис.8

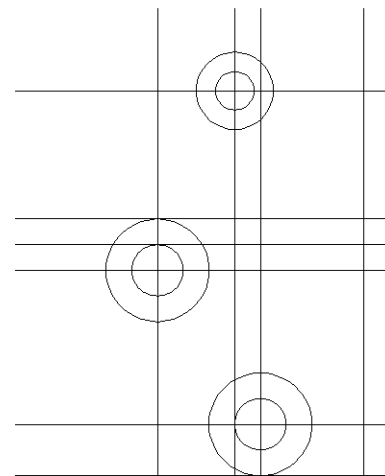


Рис. 8

### 3.3.6. Внутреннее сопряжение

Строим внутреннее сопряжение R100

Команда: Круг (меню “Рисование”) >

2 точки касания, радиус

Укажите точку на объекте, задающую первую касательную: указать курсором точку на окружности диаметром 30мм

Укажите точку на объекте, задающую вторую касательную: указать курсором точку на окружности диаметром 40мм

Радиус круга: 100. См. рис. 9.

Радиус круга: 100. См. рис. 9.

#### Усечение окружности

Выполняем отсечение лишней части окружности сопряжения

Команда: Обрезать (меню “Редакт”)

Выберите объекты: курсором указать границы обрезки (окружности диаметром 30мм и диаметром 40мм)

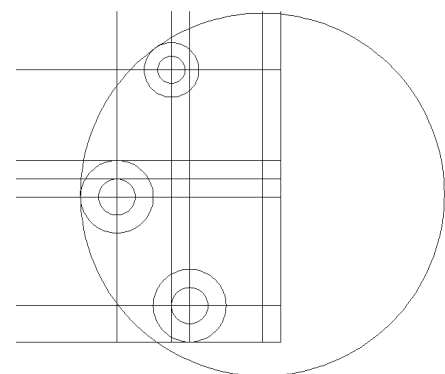


Рис. 9

Выберите объекты: завершить выбор границ -Enter,  
указать ненужную часть окружности,  
Завершить работу команды - Enter.  
См. рис. 10

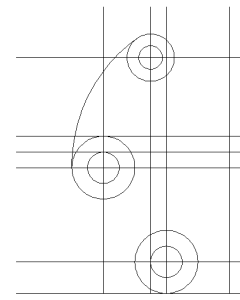


Рис. 10

### 3.3.7. Наружные сопряжения

Строим наружные сопряжения R30 и R40  
Команда: Сопряжение (меню “Редакт”)  
Выберите первый объект или...: ввести опцию раДиус (букву Д)  
Радиус сопряжения: 30  
Выберите первый объект: указать курсором точку касания на окружности диаметром 30мм  
Выберите второй объект: указать курсором точку на сопрягаемом отрезке  
Аналогично построить второе сопряжение.  
См. рис. 11.

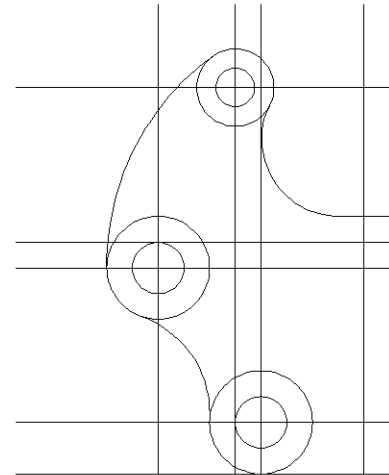


Рис. 11

### 3.3.8. Эквидистанта

Строим эквидистанту сопряжению R40  
Команда: Подобие (меню “Редакт”)  
Укажите расстояние смещения: 10  
Выберите объект для смещения: курсором указать дугу R40  
Укажите точку, определяющую сторону смещения: курсором указать точку внутри контура  
Enter.  
См. рис. 12

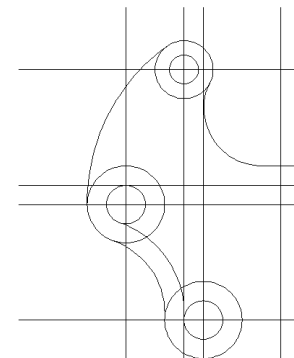


Рис. 12

Строим внутренние сопряжения R10  
Команда: Сопряжение (меню “Редакт”)  
Выберите первый объект или...: ввести опцию раДиус (букву Д)  
Радиус сопряжения: 10  
Выберите первый объект: указать курсором один из сопрягаемых отрезков в правом

верхнем углу внутреннего контура  
 Выберите второй объект: указать курсором  
 второй отрезок  
 Аналогично построить все сопряжения R10.  
 См. рис. 13.

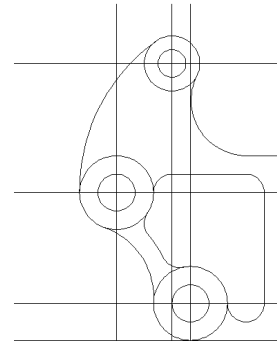


Рис. 13

### 3.4. Доработка

Достраиваем контур, укорачиваем осевые линии. Не используя команд, редактируем чертеж с помощью “ручек”.

Курсором, последовательно выбираем отрезки, затем указываем их конечные точки и, при включенном режиме “ОРТО”, указываем их новые положения на чертеже визуально. При достраивании контура используем объектную привязку.

См. рис. 14

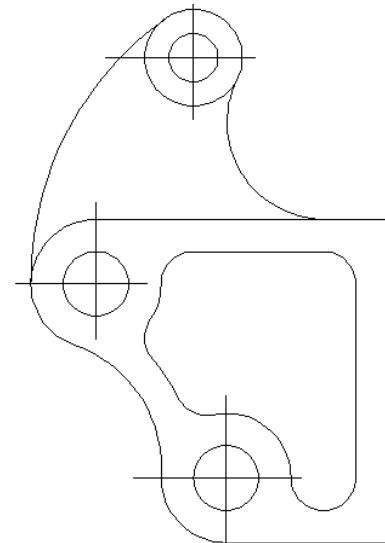


Рис. 14

### *Типы линий*

Изменяем тип осевых линий на штрихпунктирные.

Для изменения используем панель инструментов “Свойства” > “Типы линий” > “Другой” > “Загрузить” > “Осевая”.

Далее, курсором выбираем все осевые линии и устанавливаем в меню “Свойства” тип линий “Осевая”.

См. рис.15.

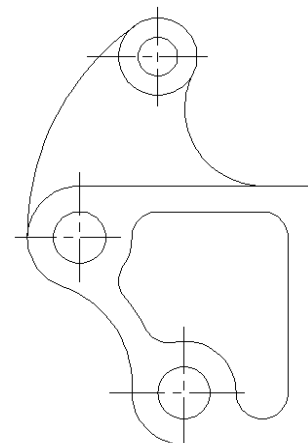


Рис. 15

### ***Толщины линий***

Изменяем толщину контурных линий.

Для изменения курсором выбираем все контурные линии и, используя панель инструментов “Свойства” > “Весы линий”, устанавливаем нужную толщину по меню.

Для отображения толщин линий на экране включаем режим “ВЕС”.

См. рис. 16.

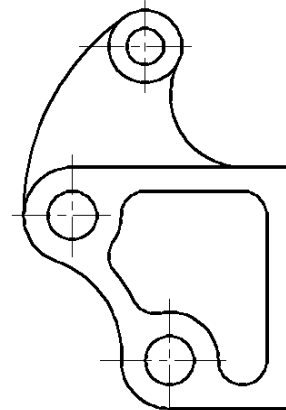


Рис. 16

### ***Размеры***

Проставляем необходимые размеры, используя команды меню “Размеры”.

Рекомендуется, перед простановкой размеров, настроить параметры через диалоговое окно “Диспетчер размерных стилей” в меню “Размерные стили”. Результат простановки размеров см. на рис.17.

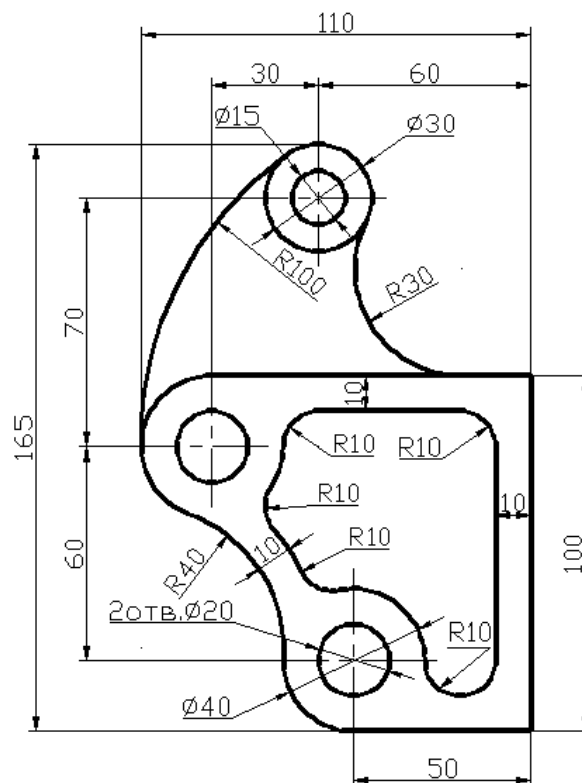


Рис. 17



### 3.5. Вставка формата

Формат чертежа вставляем как блок (меню “Вставка”) с расчленением для редактирования основной надписи. См. рис18.

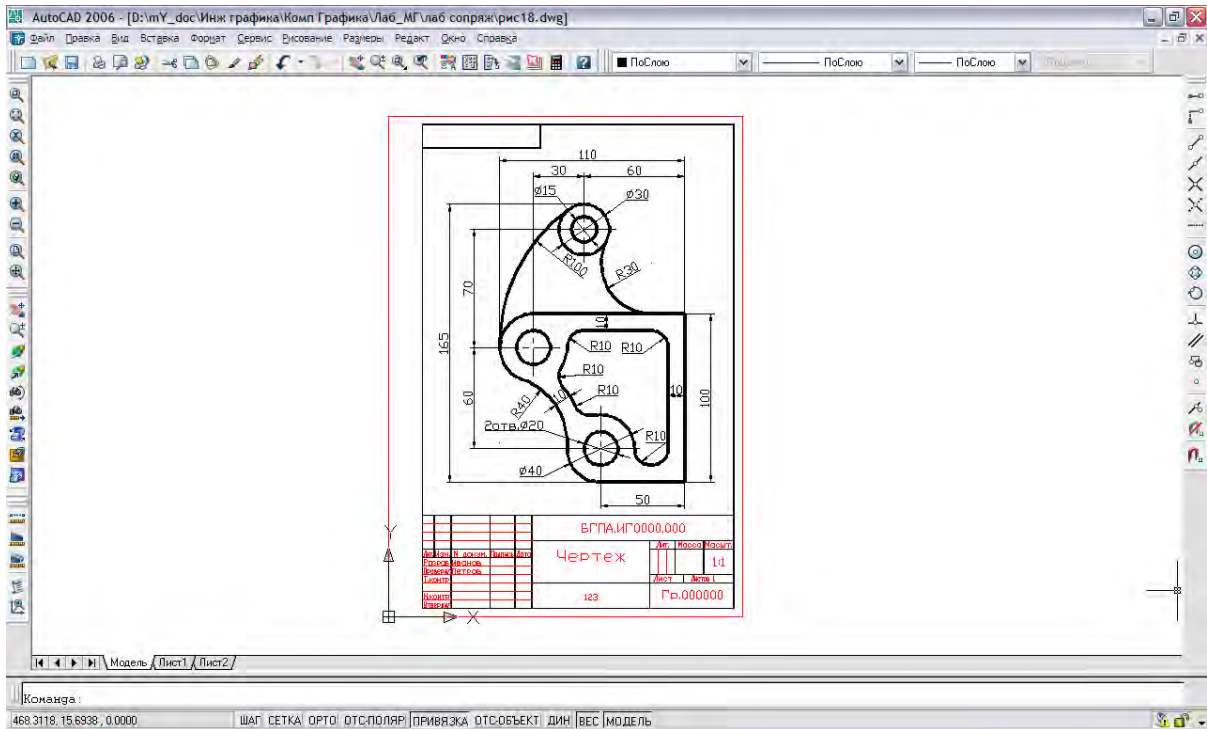


Рис. 18

### 3.6. Основная надпись

Для оформления основной надписи чертежа рекомендуется использовать команду “Редактировать” (меню “Редакт” > “Объекты” > “Текст”). См. рис. 19.

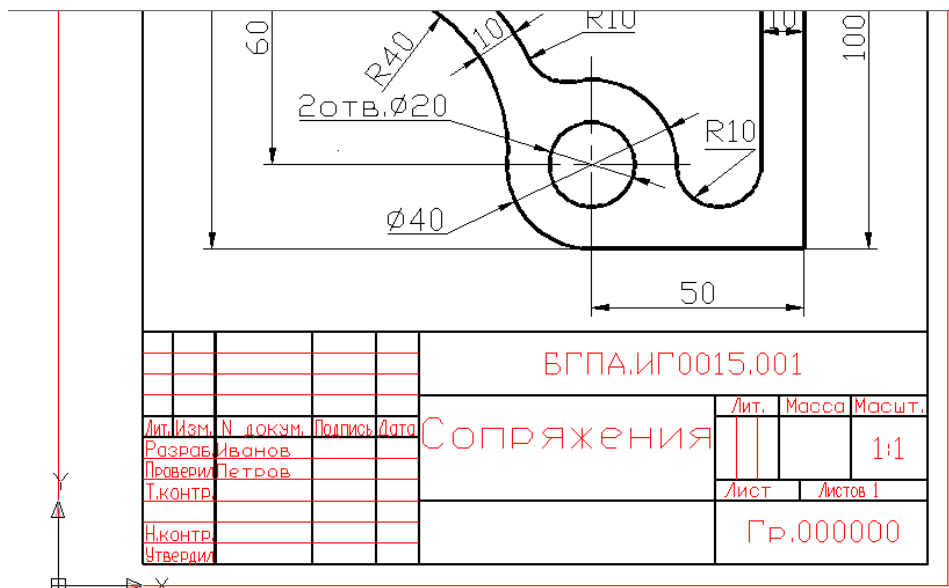
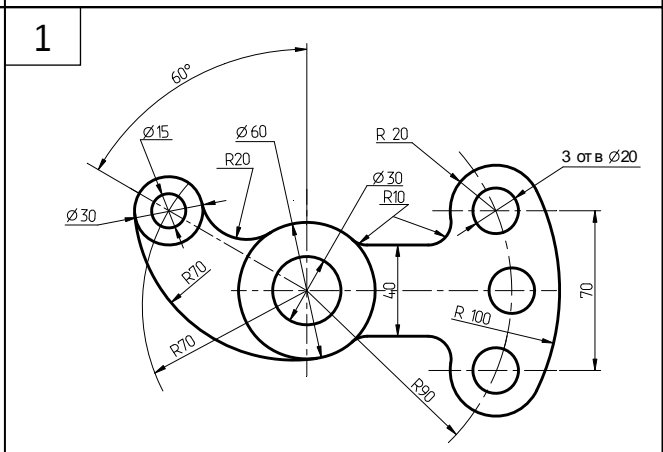
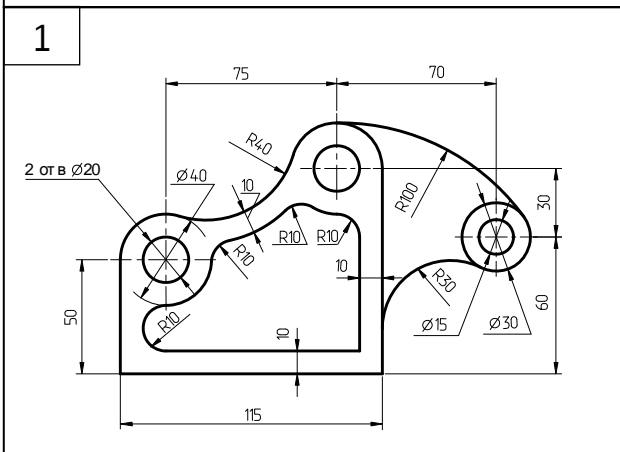
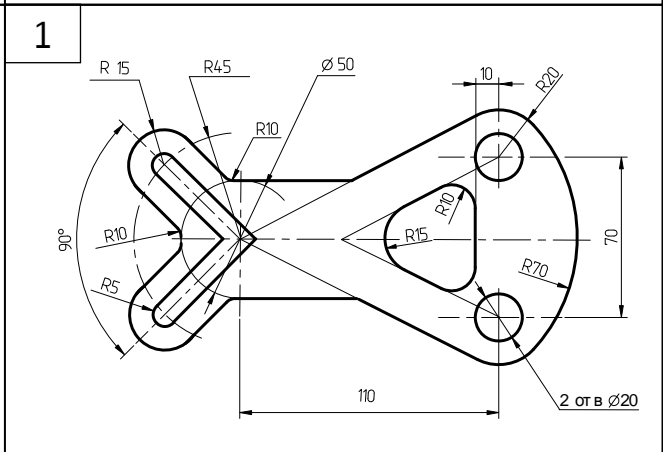
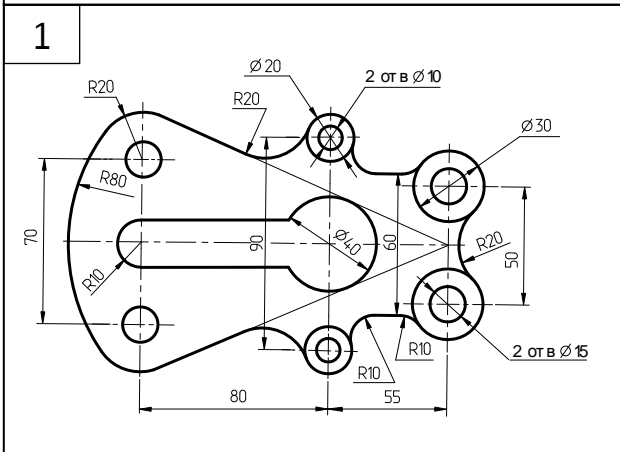
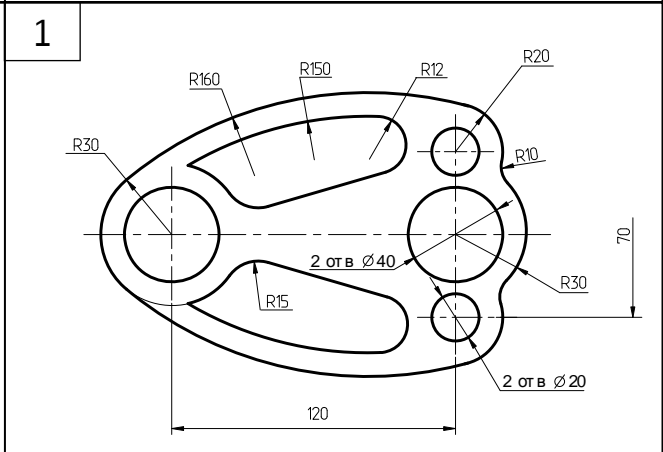
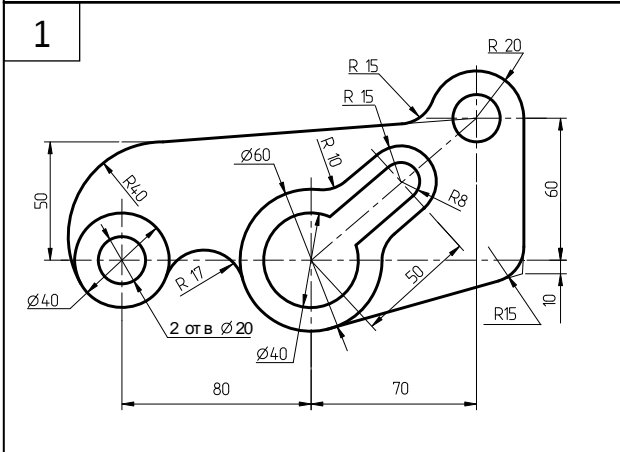
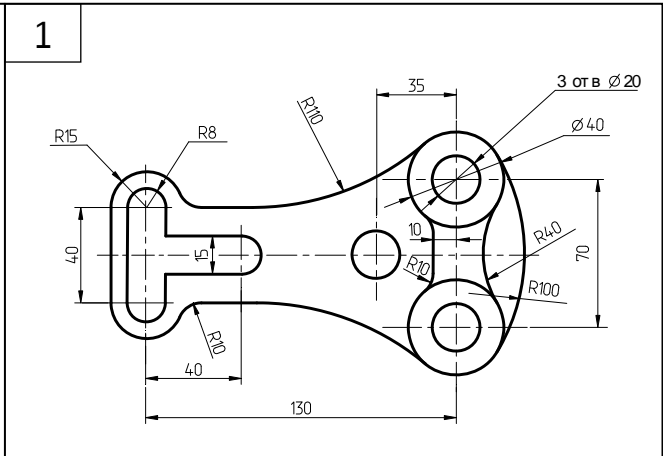
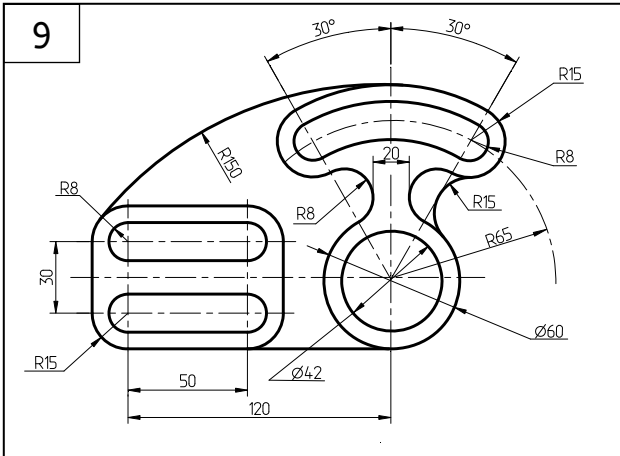


Рис. 19

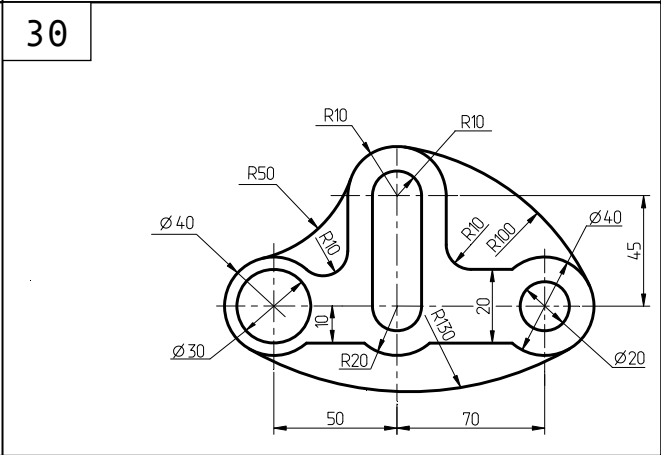
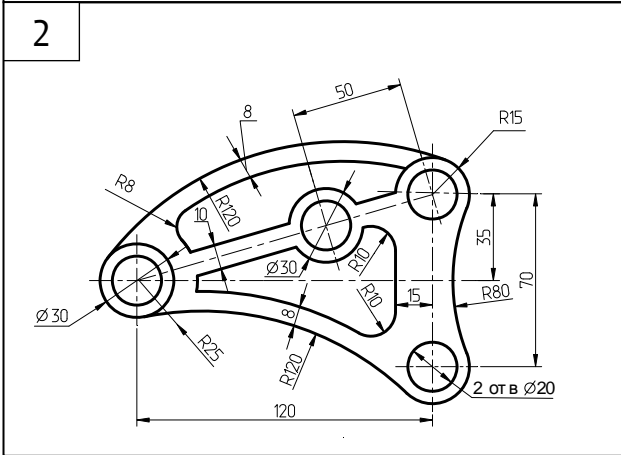
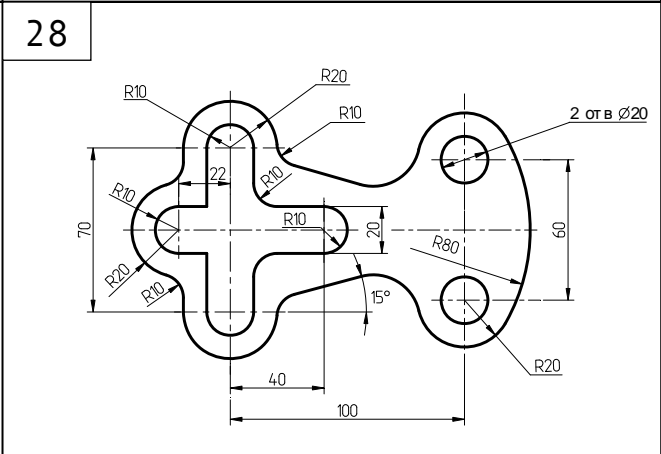
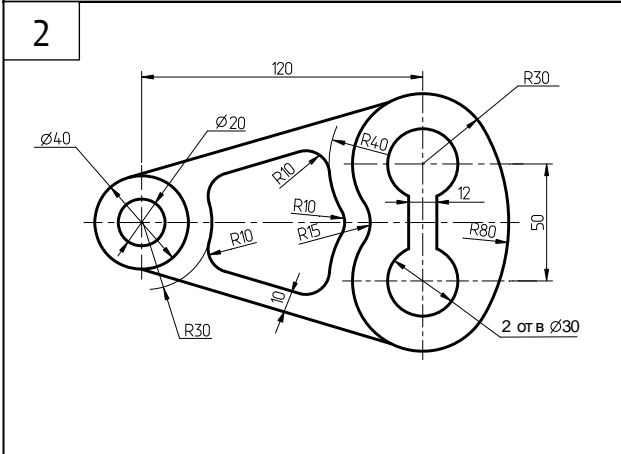
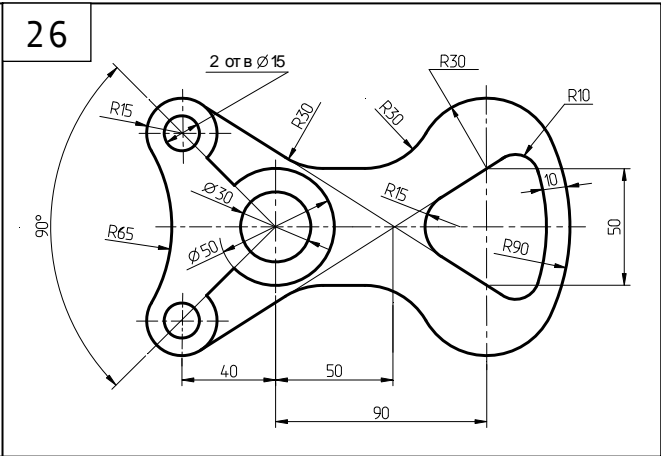
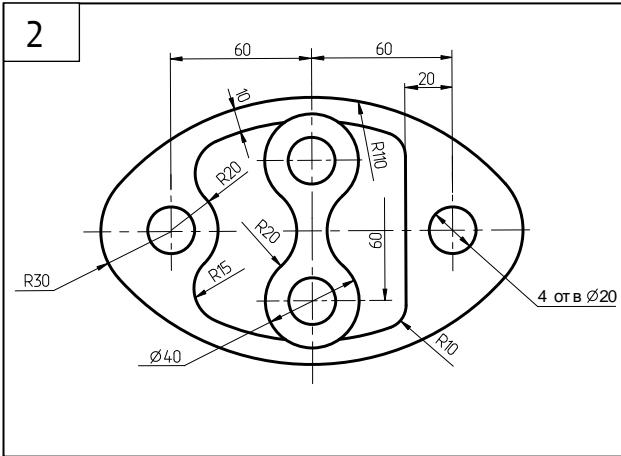


Задания для упражнений

<p>1</p>	<p>2</p>
<p>3</p>	<p>4</p>
<p>5</p>	<p>6</p>
<p>7</p>	<p>8</p>

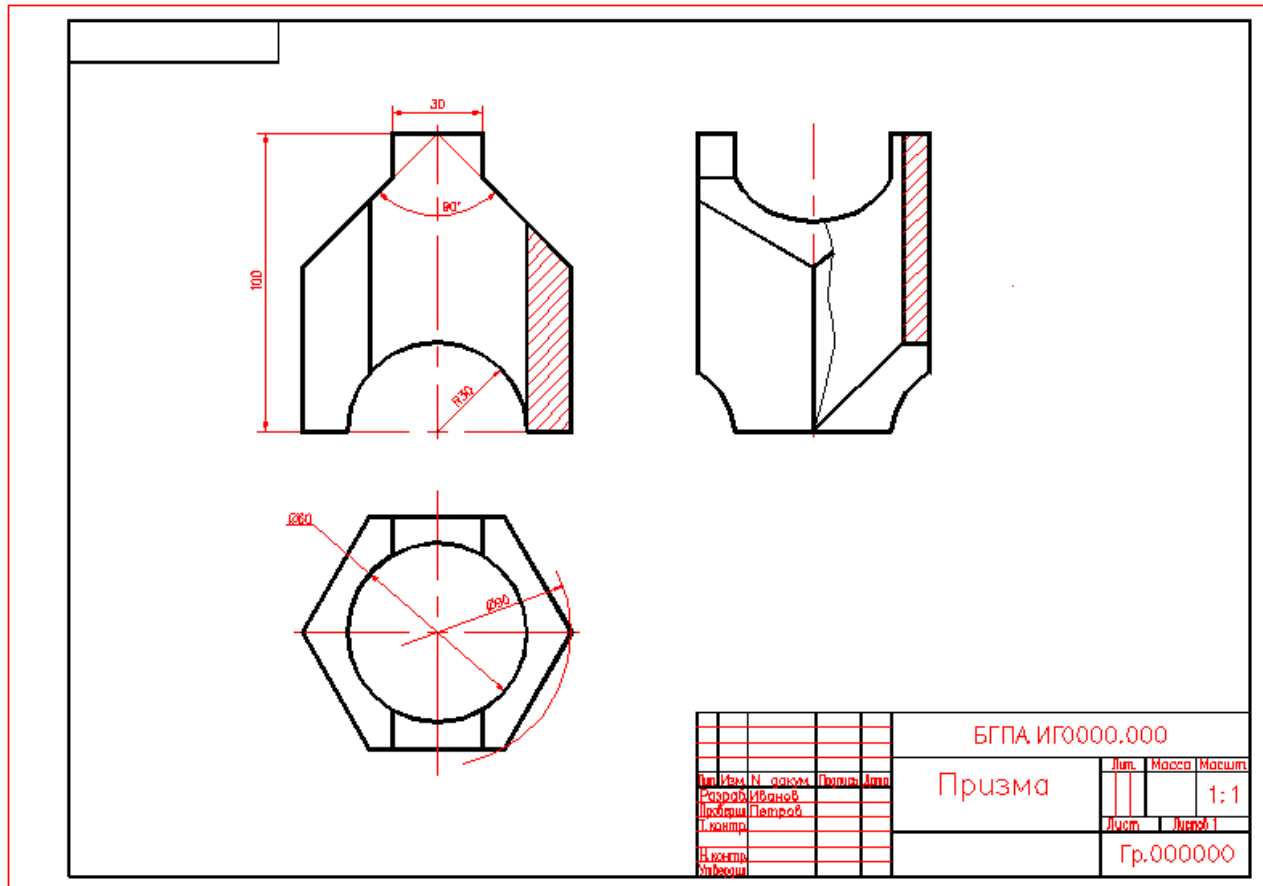






## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

### Построение проекционных чертежей



#### Цель работы:

- сформировать у студентов представления и первоначальные навыки построения на ПК (персональных компьютерах) проекционных чертежей.

#### Задачи:

- ознакомить студентов с возможностями построения на ПК комплексных проекционных чертежей;
- освоить методику, особенности и преимущества компьютерных методов создания проекционных чертежей;
- закрепить знания, полученные в предыдущих лабораторных работах и развить умения и навыки практического выполнения на ПК чертежей различных деталей и изделий.

## 4.1. Введение

Современные тенденции развития мировой науки, техники и технологии предполагают повышение уровней комплексной автоматизации на всех этапах создания новых изделий - проектирования, производства и управления за счет использования информационных технологий (ИТ). Преимущества применения ИТ очевидны на всех этапах человеческой деятельности, но их начало должно лежать прежде всего в интеллектуальной сфере.

Безусловно, творческая деятельность любого специалиста не может быть заменена работой компьютера, однако, общеизвестно, что любой, даже высокоинтеллектуальный труд, содержит массу часто повторяющихся, трудоемких рутинных процедур. Именно здесь, в первую очередь, где они дают максимальный эффект, необходимо использовать помощь ИТ.

Общеизвестно, что инженерная деятельность максимально связана с документацией, в первую очередь конструкторской. Традиционно используемые чертежи, и чертежи, выполненные на ПК, зачастую почти ничем не отличаются. То есть, вся используемая информация представлена в виде проекционного комплексного чертежа и предназначена для использования в производстве.

Разработка традиционного чертежа регламентирована стандартами ЕСКД и основана на традиционной технологии вычерчивания, без учета возможностей компьютерного геометро-графического моделирования. Такая технология исходит из построения двух, трех и более проекций изделия, простановки размеров, допусков, значений шероховатости поверхности, условностей, текстовых пояснений и др.

Компьютерное геометро-графическое моделирование основано на построении, (не вычерчивании) точной проекционной или трехмерной модели, основанием для которой являются исходные параметры, полученные на основании расчетов и геометрических законов. Необходимые геометрические параметры, в том числе размеры для изготовления деталей по такой модели могут быть извлечены из численного и графического описания модели в любом сочетании. Однако, возможно построение чертежа по традиционной технологии, но с применением геометрически точного компьютерного построения проекций.

Лабораторная работа знакомит студентов с основами построения проекционных чертежей на персональных ЭВМ в пределах возможностей системы компьютерного моделирования "Автокад".

В работе рассматриваются основные методы построения компьютерных чертежей, традиционно выполняемых построением чертежными инструментами на бумаге. Описана методика создания чертежей на конкретном примере, с подробными пояснениями и рекомендациями.



## 4.2. Порядок выполнения работы

Выполнению работы по построению конкретного комплексного проекционного чертежа с использованием компьютерной моделирующей системы Автокад, должно предшествовать предварительное изучение студентами базовых возможностей выполнения построений и редактирования. Ознакомившись с интерфейсом системы, структурой различных меню, особенностями ввода команд и данных, использованием возможных режимов, влияющих на процесс создания чертежа, методами управления отображением, управлением системами координат, можно приступить к построению чертежа.

Рекомендуется сначала всей группой выполнить построение одного чертежа, рассмотренного ниже под руководством преподавателя, а затем каждому студенту выполнить свой вариант самостоятельно.

Итак, рассмотрим поэтапное построение чертежа призмы. Заметим, что последовательность действий при построении чертежа не является жестко фиксированной, однако, в целях формирования единой методики, рекомендуется первый пример выполнить в предлагаемой последовательности и в соответствии с указанными этапами.

## 4.3. Построение чертежа

После загрузки системы, на экране ПК появляется рабочее поле для создания модели, интерфейс пользователя (система меню) и приглашение к работе – “Команда:” в текстовом окне. На начальном этапе освоения методов работы с системой, рекомендуется использовать для ввода команд стандартное меню (вторая строка сверху).

Перед началом построений следует установить (проверить) установленные единицы и пределы создания и отображения пространства чертежа.

Раздел меню – “Формат”

Команда: Единицы

В диалоговом окне установить (выбрать) используемые единицы ввода расстояний – миллиметры, углы – десятичные и их точность.

Далее установить пределы используемого пространства чертежа

Команда: Лимиты

Левый нижний угол: 0,0

Правый верхний угол: 420,297

Наконец, необходимо установить отображение пределов на экране.

Раздел меню – “Вид”

Команда: Зуммирование – Все

Приступаем к построению осевых линий. Проверяем, включен ли режим ортогонального черчения.

Меню режимов. Режим ОРТО должен быть включен (кнопка утоплена).

Далее:

Раздел меню – Рисование

Команда: Отрезок

Первая точка: указывается на экране произвольно, примерно как на рис. 1.

Следующая точка: см. рис.1. Завершаем построение – Enter

Строим вторую осевую

Enter

Первая точка: указывается на экране произвольно, примерно как на рис. 1.

Следующая точка: см. рис.1.

Завершаем построение – Enter

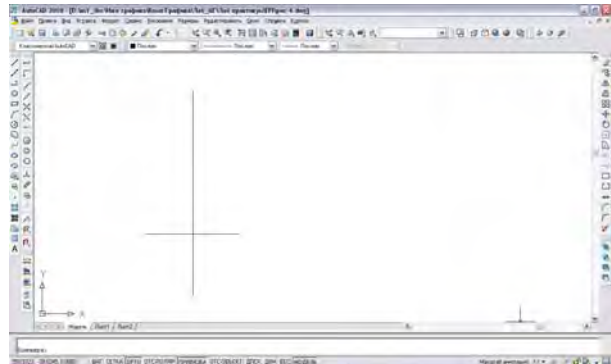


Рис. 1

#### 4.3.1. Построение очерка горизонтальной проекции

Поскольку в основании вычерчиваемой призмы лежит правильный шестиугольник, строим его

Раздел меню “Рисование”

Команда: Многоугольник

Число сторон: 6 Enter

Укажите центр многоугольника: указать

(с привязкой) точку пересечения осей

горизонтальной проекции

Задайте опцию размещения: В Enter

Радиус окружности: 45 Enter

См. рис. 2.

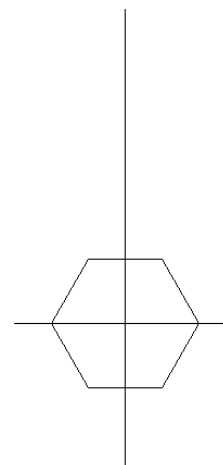


Рис. 2

#### 4.3.2. Построение фронтального очерка

Горизонтальный очерк определяется фронтальным очерком и линиями проекционной связи

Раздел меню “Рисование”

Команда: Отрезок

Первая точка: указать (с привязкой), при включенном режиме ОРТО, левую верхнюю угловую точку многоугольника

Следующая точка: указать точку произвольно выше, как показано на рис. 3,

Enter. Повторить команду: Enter

Первая точка: указать (с привязкой), при включенном режиме ОРТО, правую верхнюю угловую точку многоугольника

Следующая точка: указать точку произвольно выше, как показано на рис. 3,

Enter. Повторить команду: Enter

Первая точка: указать точку произвольно, при включенном режиме ОРТО, как показано на рис. 3

Следующая точка: указать точку произвольно правее, как показано на рис. 3.

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Подобие

Укажите расстояние смещения: 100

Выберите объект для смещения: выбрать нижний отрезок фронтального очерка

Сторона смещения: указать точку курсором выше.

См. рис. 3.

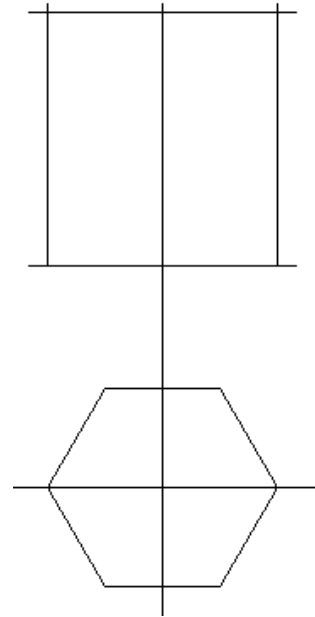


Рис. 3

#### 4.3.3. Завершение построения горизонтальной проекции

В пересечении осей строим окружность заданного радиуса

Раздел меню “Рисование”

Команда: Круг > Центр, диаметр

Центр круга: указать (с привязкой) точку пересечения осей

Диаметр круга: 60

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Подобие

Укажите расстояние смещения: 15

Выберите объект для смещения: указать вертикальную ось

Укажите точку, определяющую сторону смещения: указать (произвольно) курсором точку правее оси

Выберите объект для смещения: указать еще раз вертикальную ось

Укажите точку, определяющую сторону смещения: указать (произвольно) курсором точку левее оси, Enter.

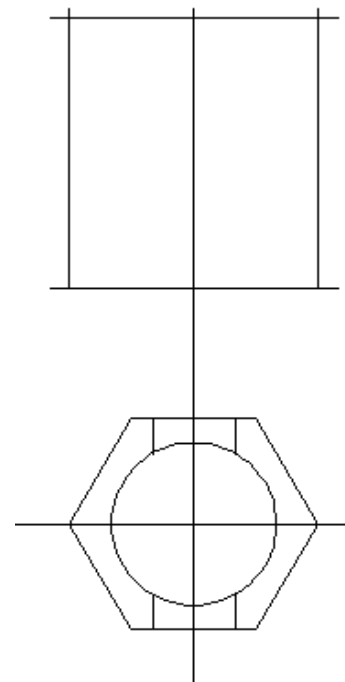


Рис. 4

Обрезаем лишние линии

Раздел меню “Редактировать”

Команда: обрезать

Выберите объекты: указать шестиугольник и окружность, Enter

Выберите обрезаемый объект: указать ненужные линии снаружи шестиугольника и внутри окружности, Enter. См. рис. 4.

#### 4.3.4. Построение фронтальной проекции

Строим окружность R30

Раздел меню “Рисование”

Команда: Круг > Центр, радиус

Центр круга: укажите (с привязкой) точку пересечения осей

Радиус круга: 30, Enter

Строим скосы под углом  $90^\circ$

Раздел меню “Рисование”

Команда: Отрезок

Первая точка: указать (с привязкой) точку пересечения

вертикальной оси с верхней очерковой линией

Следующая точка: @50<-45 Enter

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Зеркало

Выберите объекты: указать линию скоса, Enter

Первая точка оси отражения: указать (с привязкой) точку на вертикальной оси

Вторая точка оси отражения: указать (с привязкой) вторую точку на той же оси

Удалить исходные объекты? (Н): Н Enter

См. рис. 5.

Строим выступ шириной 30мм

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Подобие

Укажите расстояние смещения: 15 Enter

Выберите объект для смещения: указать вертикальную ось

Укажите точку, определяющую сторону смещения: указать (произвольно) точку, правее оси

Выберите объект для смещения: указать еще раз вертикальную ось

Укажите точку, определяющую сторону смещения: указать (произвольно) точку, левее оси, Enter. См. рис. 6.

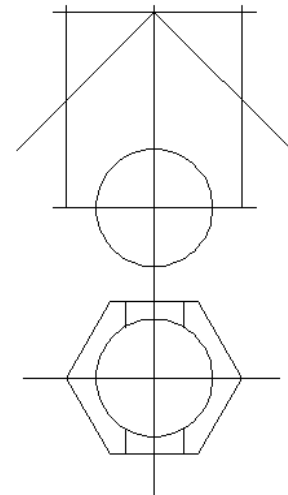


Рис. 5

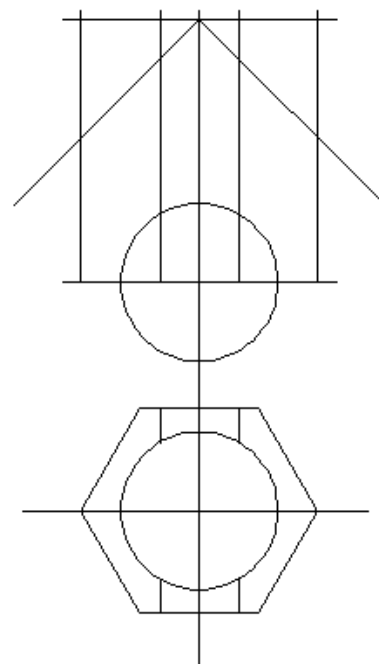


Рис. 6

Обрезаем лишние линии на фронтальной проекции

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Обрезать

Выберите объекты (режущие кромки): В (все) Enter  
Enter

Выберите обрезаемый объект: указать ненужные концы отрезков, Enter

См. рис. 7.

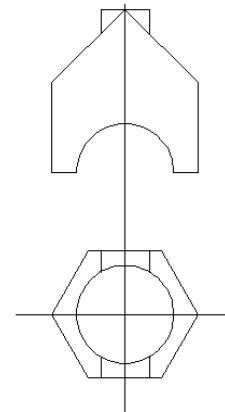


Рис. 7

Достраиваем недостающие проекции ребер призмы

Раздел меню “Рисование”

Команда: Отрезок

Первая точка: указать (с привязкой) левый верхний угол призмы на горизонтальной проекции

Следующая точка: указать точку

(при включенном режиме ОРТО) выше фронтальной проекции, Enter

Повторить команду и аналогично построить симметрично второе ребро. Обрезать лишние концы линий. См.рис. 8.

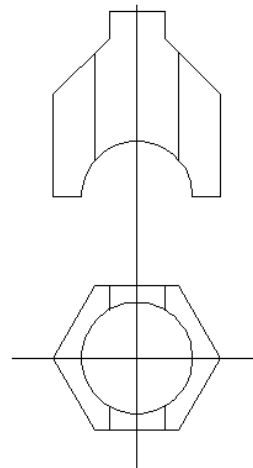


Рис. 8

#### 4.3.5. Построение профильной проекции\*

Для удобства дальнейших построений, переносим горизонтальную проекцию призмы вверх, максимально приближая ее к фронтальной проекции.

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Перенести

Выберите объекты: с помощью рамки (секущей рамки) выберите все линии горизонтальной проекции, Enter

Базовая точка: укажите произвольно точку

Вторая точка: с помощью динамического отслеживания перемещения, при включенном режиме ОРТО, укажите конечную точку вектора смещения.

\*При отсутствии необходимости строить профильную проекцию, - этот этап пропустить.

Строим постоянную прямую для переноса координат Y точек с горизонтальной проекции на фронтальную

Раздел меню “Рисование”  
Команда: Отрезок

Первая точка: указать (с привязкой) правый нижний угол призмы на фронтальной проекции

Следующая точка: @150<-45 Enter

См. рис. 9.

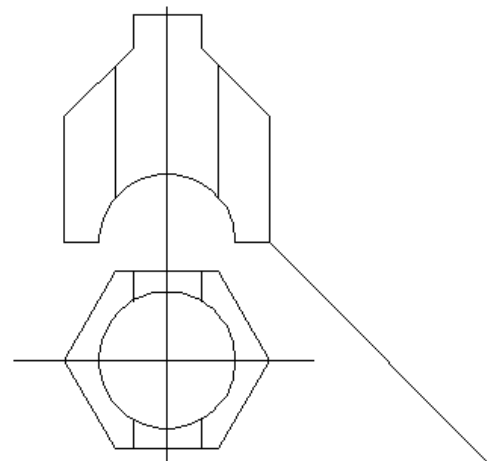


Рис. 9

Построение профильной проекции начинаем с вертикальной оси

Раздел меню “Рисование”

Команда: Отрезок

Первая точка: указать (с привязкой) правую конечную точку оси горизонтальной проекции

Следующая точка: указать (произвольно), при включенном режиме ОРТО, точку правее постоянной прямой (пересечь ее), Enter

Повторить команду и из точки пересечения последнего отрезка с постоянной прямой провести (при включенном режиме ОРТО) вертикальную ось выше фронтального очерка. См.рис. 10.

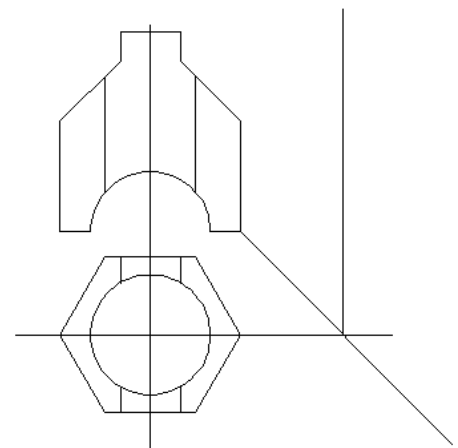


Рис. 10

Аналогично, пересекаем отрезками постоянную прямую из крайних правых (верхних) точек на очерковых линиях, при включенном режиме ОРТО, пересекаем постоянную прямую, а затем из точек пересечения отрезков с постоянной прямой проводим вертикальные отрезки выше фронтального очерка. Горизонтальные очерковые линии проводим также с использованием привязки из крайних правых (верхних) точек фронтального очерка пересекая правую вертикальную очерковую линию.

См. рис. 11.

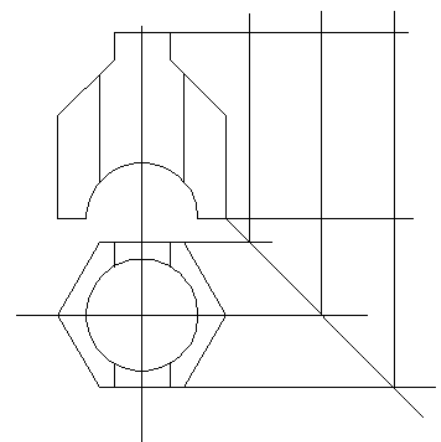


Рис. 11

Обрезав и удалив лишние концы отрезков и отрезки, получим очерковые линии профильной проекции для дальнейших построений. См. рис.12.

Далее, определив опорные точки на фронтальной и горизонтальной проекциях, строим их на профильной проекции в той же последовательности как и при построении очерковых линий.

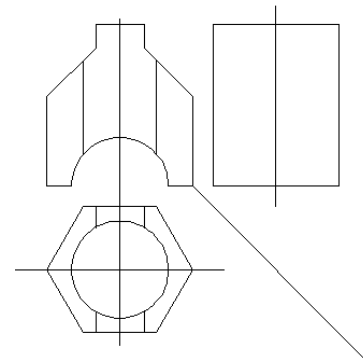


Рис. 12

Для удобства выполнения построений, опорные точки рекомендуется отмечать отдельным цветом, например, красным и отображать рисунком. Раздел меню "Формат"

Команда: Отображение точек... > в диалоговом окне выбрать рисунок и установить масштаб отображения (размер точки). См. рис. 13.

Построения рекомендуется выполнять с учетом оформления разрезов. Вспомогательные линии и точки удаляем.

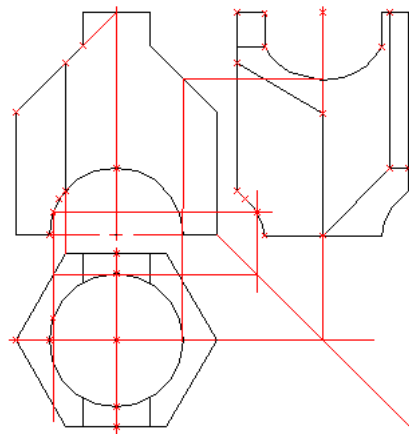


Рис. 13

#### 4.4. Выполнение разрезов

Для удобства чтения чертежа, простановки размеров, сокращения количества изображений (видов, разрезов, сечений), совмещаем полученные проекции (виды) с разрезами - фронтальным и профильным.

Поскольку секущие плоскости совпадают с плоскостями симметрии на обеих проекциях, разрезы не обозначаем.

Выполняем штриховку областей

Раздел меню "Рисование"

Команда: Штриховка... > в диалоговом окне выбираем тип штриховки (ANSI31), угол (0), масштаб (25), указываем способ выбора контура (точки выбора)

Выберите внутреннюю точку: указать точку внутри контуров штриховки, Ok

См. рис. 14.

Ребро призмы в профильной проекции необходимо оставить на стороне вида, отделив его тонкой волнистой линией.

Раздел меню “Рисование”

Команда: Сплайн

Первая точка: укажите (с привязкой) нижнюю конечную точку ребра

Следующая точка: укажите (произвольно) точку выше и немного правее

Следующая точка: укажите еще точку выше и немного левее

Следующая точка: укажите еще точку выше и немного правее

Следующая точка: укажите еще точку выше и немного левее с привязкой к линии эллипса, Enter (3 раза)

Линию ребра наклонного среза необходимо отобразить зеркально

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Зеркало

Выберите объекты: выбрать наклонное ребро среза призмы, Enter

Первая точка оси отражения: указать (с привязкой) точку на оси

Вторая точка: указать (с привязкой) вторую точку на оси

Удалить исходные объекты? <N>: Enter

Обрезать линию относительно линии обрыва. См. рис. 15.

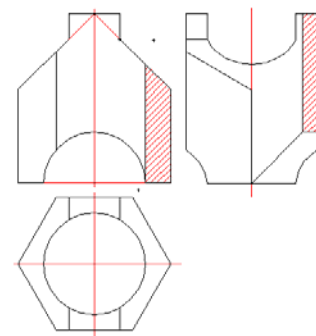


Рис. 14

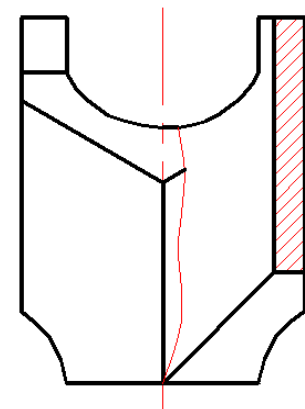


Рис. 15

#### 4.5. Оформление чертежа

На этом этапе редактируем типы линий, цвет, создаем слои и размещаем объекты, устанавливаем толщины линий, проставляем размеры, допуски, шероховатость поверхностей, вставляем текст (при необходимости)

Раздел меню “Формат”

Команда: Типы линий... > в диалоговом окне загружаем нужные типы линий (осевая), Ok

Для редактирования свойств объектов удобнее пользоваться соответствующей панелью инструментов “Свойства”. Выбрав осевые линии, необходимо в панели найти типы линий и указать новый (осевые).

Толщины линий также удобно изменять с помощью панели “Свойства”,



окно “Веса линий”. Выбрав контурные линии, их толщину устанавливаем выбором необходимой толщины. Отображение толщины линий можно включить в строке режимов черчения (нижняя строка), кнопка “Вес”.

Перед простановкой размеров, проекции необходимо “раздвинуть” используя команду “Перенести”, при включенном режиме ОРТО.

Далее проставляем размеры в полуавтоматическом режиме  
Раздел меню (Команда) “Размеры” > Линейный

Начало первой выносной линии: указать (с привязкой) левый верхний угол фронтальной проекции призмы

Начало второй выносной линии: указать (с привязкой) правый верхний угол фронтальной проекции призмы

Положение размерной линии: указать точку выше фронтальной проекции (примерно наполовину ширины выступа)

При необходимости, следует настроить размерный стиль для установки параметров размерных примитивов в соответствии с требованиями ЕСКД

Раздел меню (Команда:) Размеры > Размерные стили...> в диалоговом окне установить (редактировать) текущие параметры

Далее проставить все необходимые размеры. См. рис. 16.

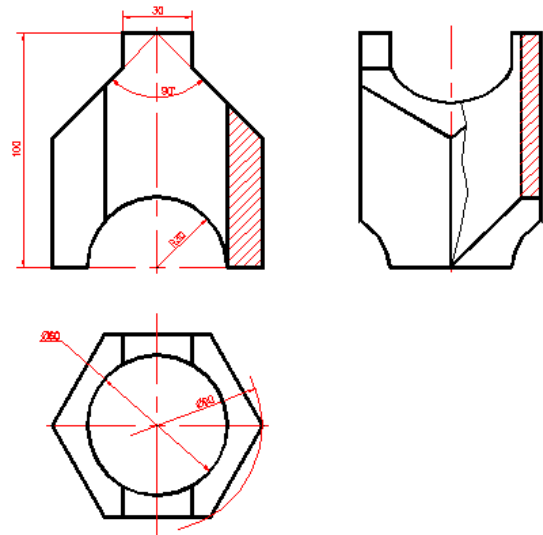


Рис. 16

#### 4.6. Вставка формата

Формат чертежа с основной надписью вставляем как блок

Раздел меню “Вставка”

Команда: Блок...> в диалоговом окне нажать вкладку “Обзор” найти файл “Формат А3” > нажать кнопки “Открыть”, “Расчлениить”, “Точка вставки”, “Указать на экране”, Точка вставки: 0,0 Enter, Угол поворота: 0 Enter

См. рис17.

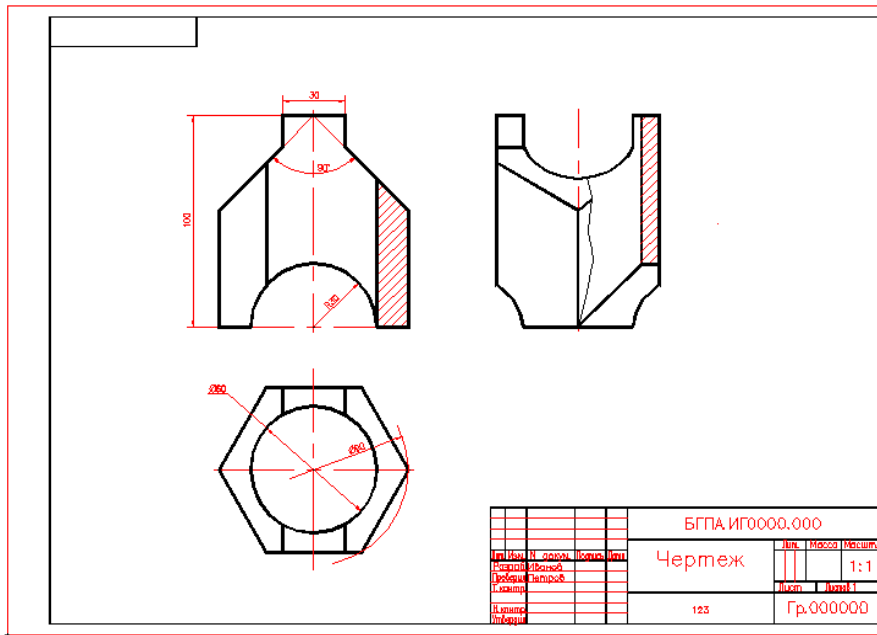


Рис. 17

#### 4.7. Заполнение основной надписи

Для оформления основной надписи чертежа рекомендуется использовать команду “Редактировать” (меню “Редакт” > “Объекты” > “Текст”). См. рис. 18.

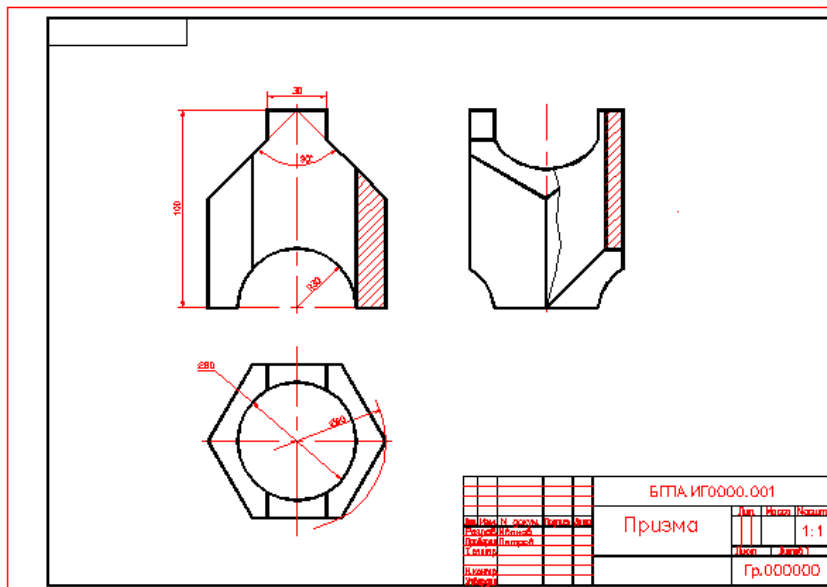


Рис. 18

### *Сохранение чертежа*

Для сохранения чертежа используем команду “Сохранить как...” (меню “Файл”). Чертеж сохраняем в файле:

D:/Студенты/№группы/Фамилия/Чертеж\_№варианта

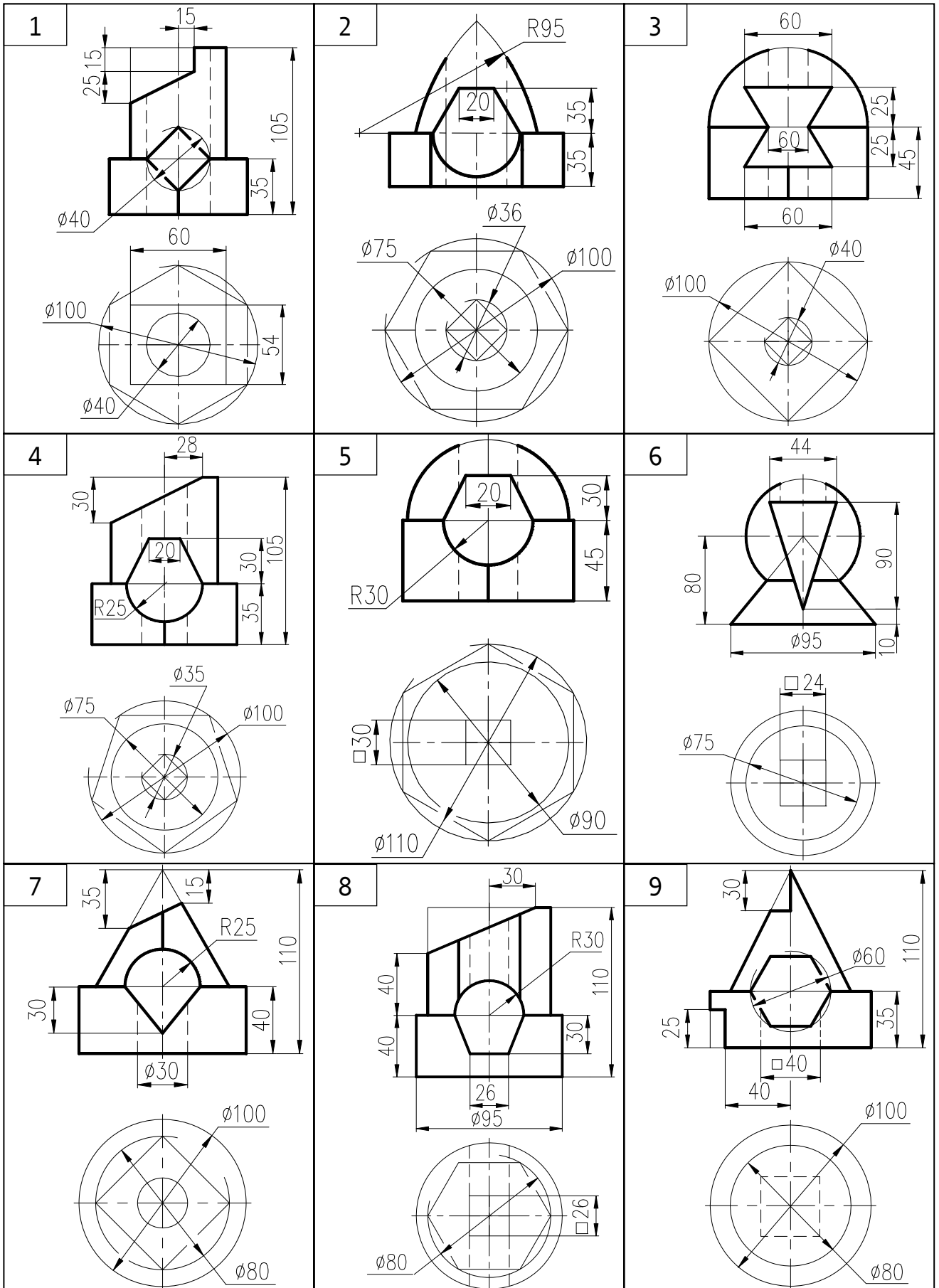
### **4.8. Выводы. Варианты заданий**

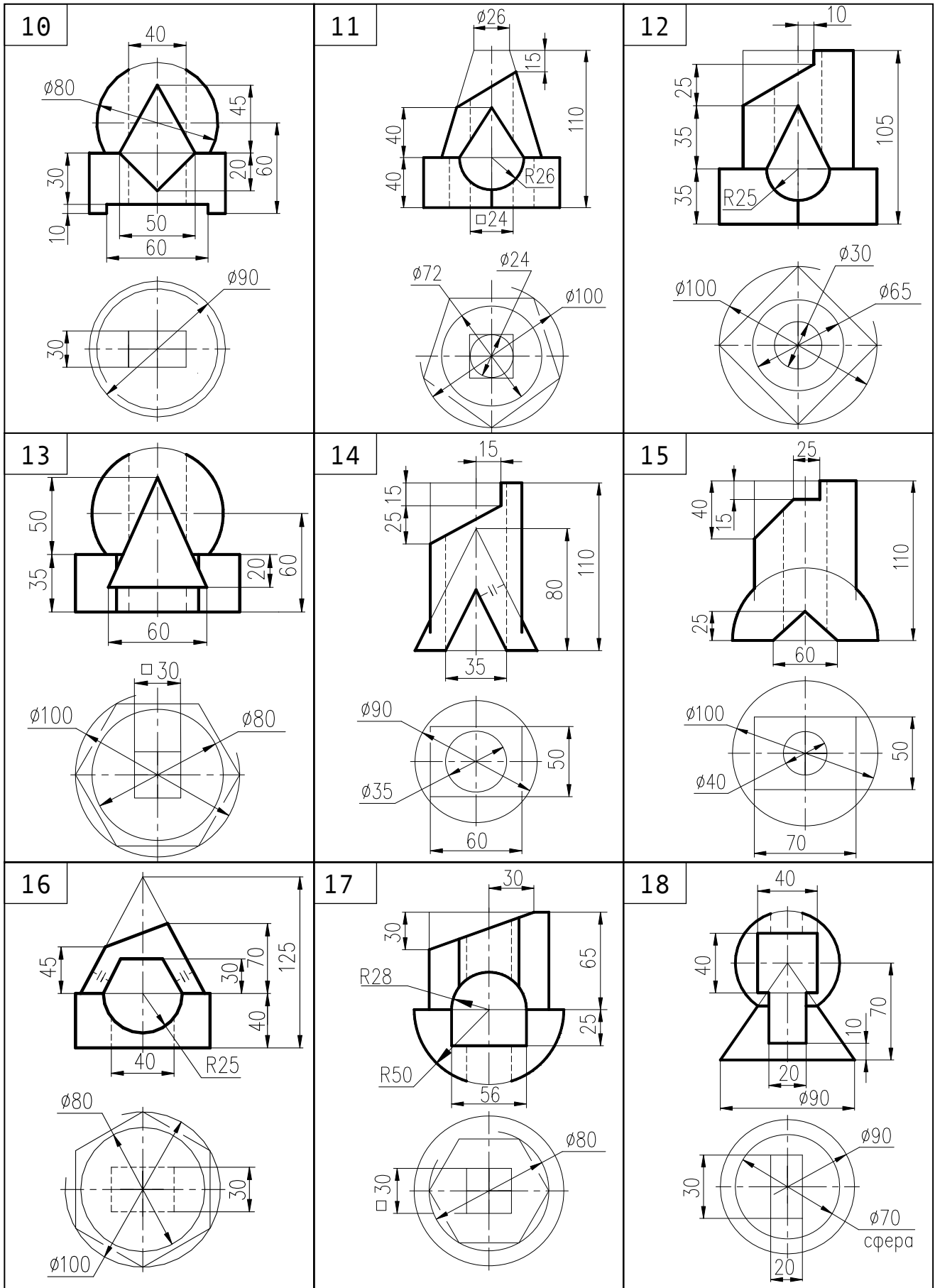
В результате выполнения работы студенты овладевают методикой построения чертежей на ПК, приобретают навыки практической работы.

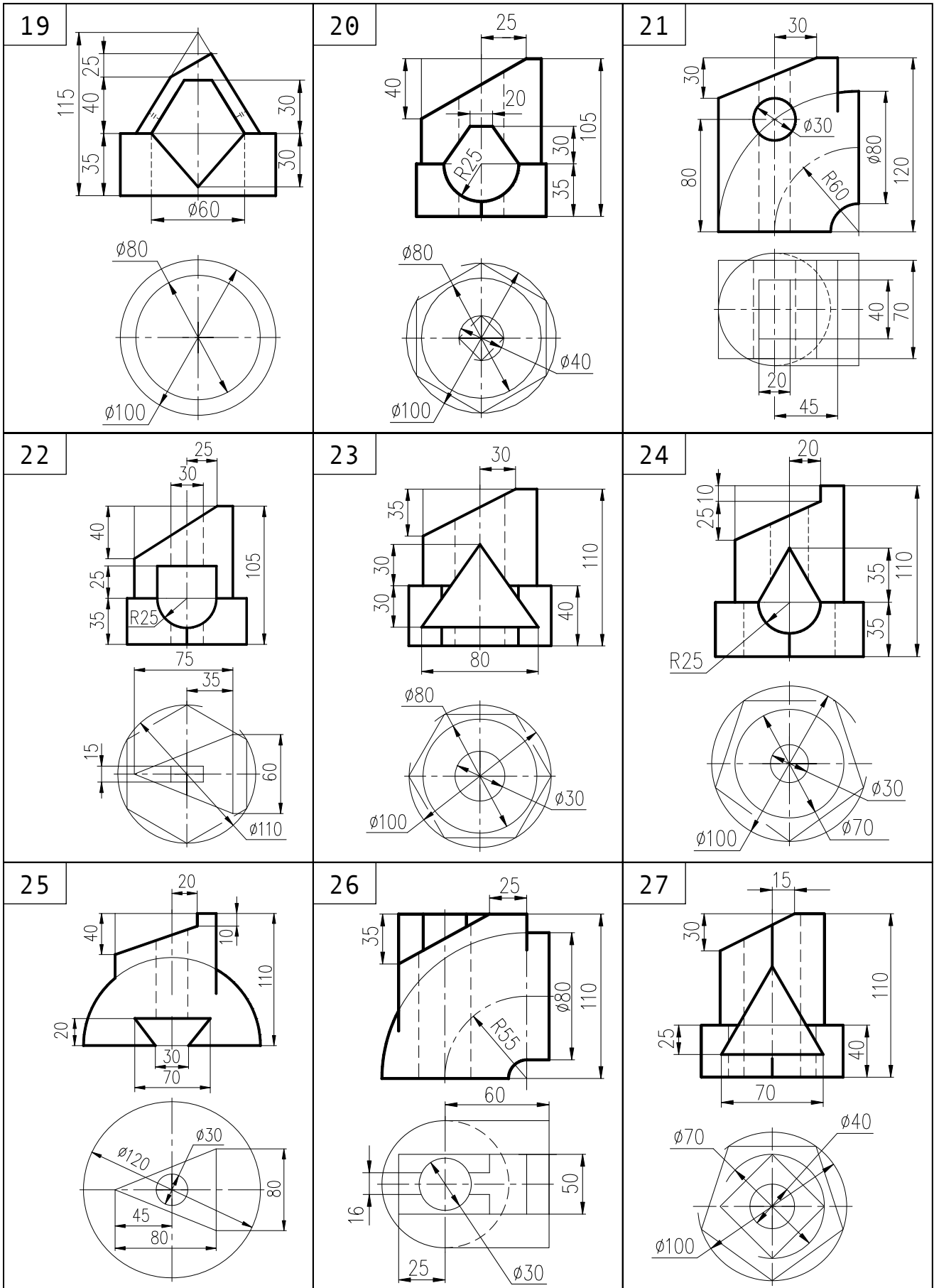
После освоения методики построения чертежа всей группой на рассмотренном примере, для закрепления полученных знаний, рекомендуется каждому студенту самостоятельно построить свой вариант. Варианты можно использовать из сборника графических заданий: Л.С. Шабека, Е.И. Белякова Технические формы. –Минск, БНТУ, 1990. 72с. Для удобства приведены в Приложении 4.

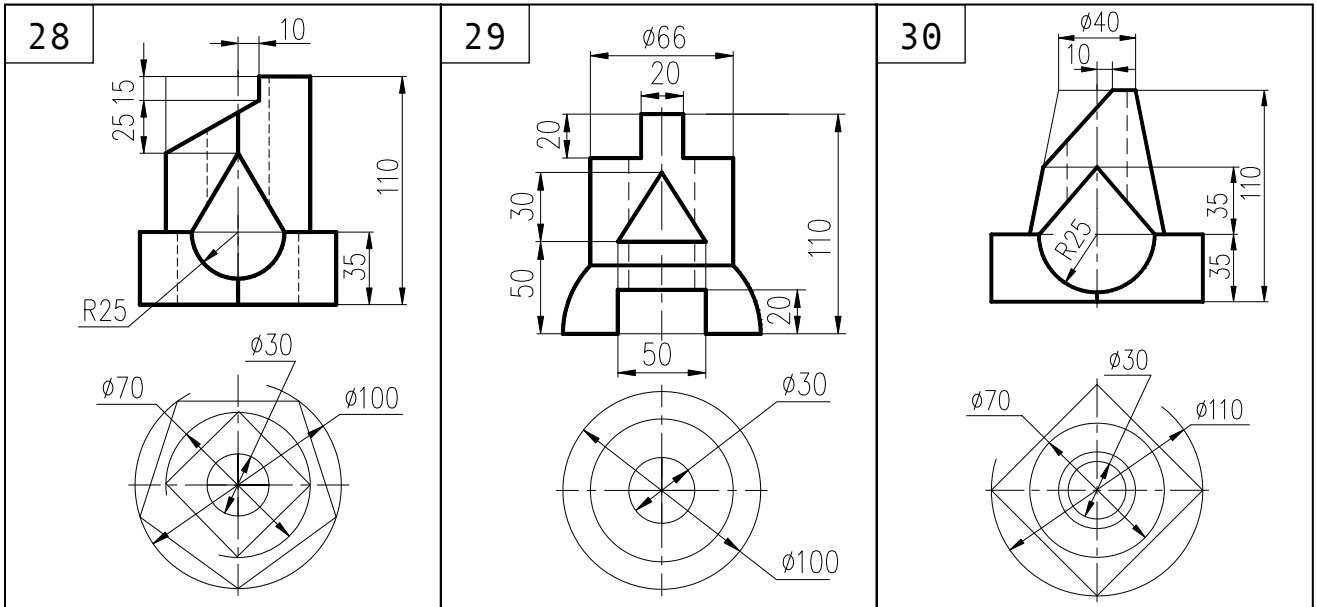
## Приложение 4

## Варианты заданий



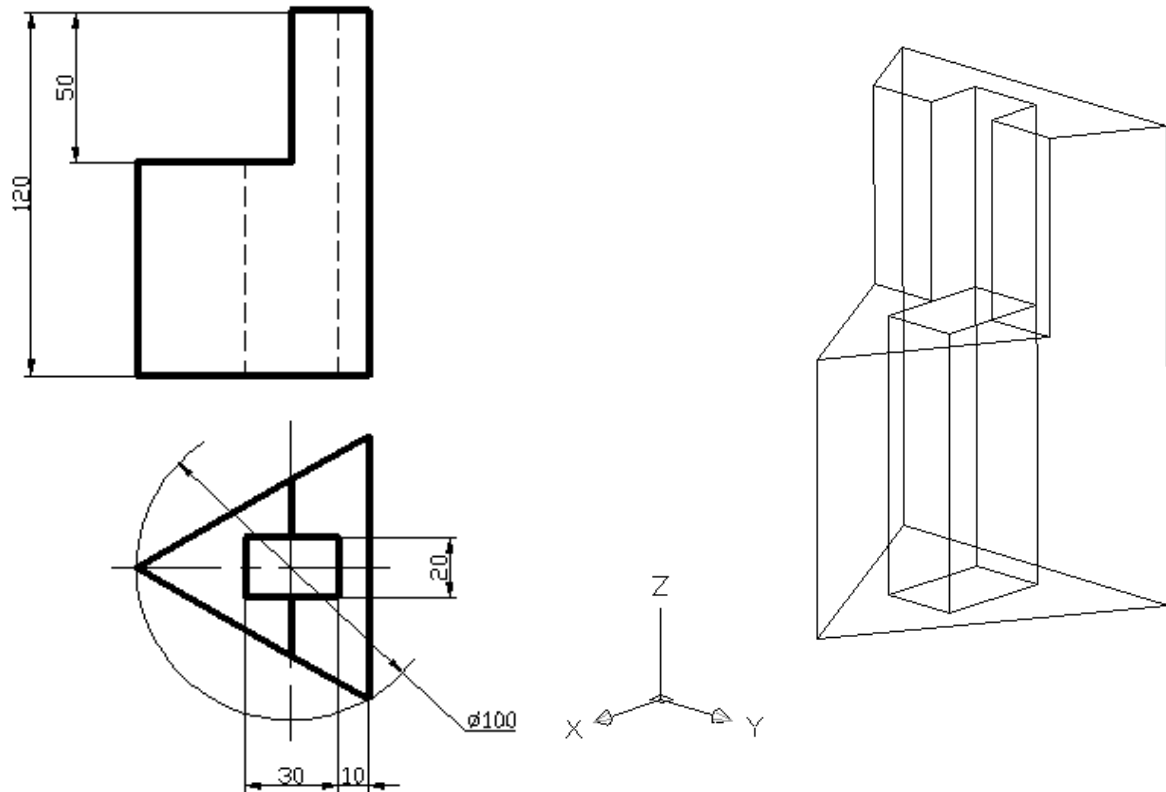






## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

### Построение трехмерных каркасных моделей



#### Цель работы:

- сформировать у студентов представления и первоначальные навыки построения на ПК (персональных компьютерах) трехмерных каркасных геометро-графических моделей комбинированных геометрических тел, образованных пересечением простых геометрических тел.

#### Задачи:

- ознакомить студентов с возможностями построения на ПК трехмерных Каркасных геометро-графических моделей комбинированных геометрических тел;
- освоить методику, особенности и преимущества компьютерных методов создания моделей проектируемых изделий на примере построения трехмерных каркасных моделей;
- закрепить знания, полученные в предыдущих лабораторных работах и развить умения и навыки практического выполнения на ПК трехмерных моделей комбинированных геометрических тел.



## 5.1. Введение

Современные тенденции развития мировой науки, техники и технологии предполагают повышение уровней комплексной автоматизации на всех этапах создания новых изделий - проектирования, производства и управления за счет использования информационных технологий (ИТ). Преимущества применения ИТ очевидны на всех этапах человеческой деятельности, но их начало должно лежать прежде всего в интеллектуальной сфере.

Безусловно, творческая деятельность любого специалиста не может быть заменена работой компьютера, однако, общеизвестно, что любой, даже высокоинтеллектуальный труд, содержит массу часто повторяющихся, трудоемких рутинных процедур. Именно здесь, в первую очередь, где они дают максимальный эффект, необходимо использовать помощь ИТ.

Общеизвестно, что инженерная деятельность максимально связана с документацией, в первую очередь конструкторской. Традиционно используемые чертежи, и чертежи, выполненные на ПК, информационно мало чем отличаются. Информация представлена в виде проекционных изображений и необходимых пояснений, условных знаков, обозначений.

Другое дело компьютерная геометро-графическая модель, содержащая информационно-графическое, виртуально-операциональное, образно-знаковое, позиционно-полное и метрически определенное описание объекта моделирования, созданное в памяти ЭВМ и отображающееся на ее экране с помощью соответствующей компьютерной моделирующей системы.

При этом, под компьютерно-графическим моделированием понимается процесс построения, анализа, преобразований и управления отображением на экране ЭВМ модели объекта, с целью решения геометрических задач, обеспечивающий оптимальный уровень автоматизации, при достижении требуемой универсальности применения”.

Разработка традиционного чертежа регламентирована стандартами ЕСКД и основана на традиционной технологии вычерчивания, без учета возможностей компьютерного геометро-графического моделирования. Такая технология исходит из невозможности построения точной модели как плоской, так и (тем более!) пространственной. Отсюда необходимость разработки чертежа как минимум в двух проекциях, простановки размеров, допусков, значений шероховатости поверхности, условностей, текстовых пояснений и др.

Компьютерное геометро-графическое моделирование основано на построении, а не вычерчивании точной модели, основанием для которой являются исходные параметры, полученные на основании расчетов и геометрических законов. Необходимые геометрические параметры, в том числе размеры для изготовления деталей по такой модели могут быть извлечены из численного и графического описания модели в любом сочетании, что дает возможность не учитывать конкретной технологии.

К сожалению, сегодня не существует еще нормативных документов, регламентирующих разработку документации в такой форме. Это будущее в развитии методов проектирования, но его необходимость уже очевидна, т.к. вслед за совершенствованием методов проектирования следует комплексное совершенствование методов изготовления изделий и управления производством (технологии, основанные на использовании оборудования с программным управлением, автоматизированные системы контроля и управления и т.п.).

Лабораторная работа знакомит студентов с основами компьютерного трехмерного геометро-графического моделирования на персональных компьютерах в пределах возможностей системы компьютерного моделирования "Автокад".

В работе рассматриваются основные методы построения компьютерных моделей трехмерных каркасных геометро-графических моделей (ГГМ) комбинированных геометрических тел, традиционно выполняемых в виде проекционных комплексных чертежей. Описана методика создания таких моделей на конкретном примере, с подробными пояснениями и рекомендациями,

## **5.2. Порядок выполнения работы**

Выполнению работы по построению трехмерной модели комбинированного геометрического тела, с использованием компьютерной моделирующей системы (используется Автокад), должно предшествовать предварительное изучение, или хотя бы ознакомление студентов с базовыми возможностями выполнения построений и редактирования. Ознакомившись с интерфейсом системы, структурой различных меню, особенностями ввода команд и данных, использованием возможных режимов, влияющих на процесс создания модели, методами управления отображением, управлением системами координат, можно приступать к построению модели.

Рекомендуется сначала всей группой выполнить построение одного комбинированного геометрического тела, рассмотренного ниже под руководством преподавателя, а затем каждому студенту выполнить свой вариант самостоятельно.

Итак, рассмотрим поэтапное построение модели трехмерного комбинированного геометрического тела, приведенного на обложке по его чертежу.

Заметим, что последовательность действий при построении модели не является жестко фиксированной, однако, в целях формирования единой методики, рекомендуется рассмотренный пример выполнить в предлагаемой последовательности и в соответствии с указанными ниже этапами.

### 5.3. Построение модели

После загрузки системы, на экране ПК появляется рабочее поле для создания модели, интерфейс пользователя (система меню) и приглашение к работе – “Команда:” в текстовом окне. На начальном этапе освоения методов работы с системой, рекомендуется использовать для ввода команд стандартное меню (вторая строка сверху).

Перед началом построений следует установить (проверить) текущие параметры системы: пространство модели, текущую систему координат, пределы создания и отображения модели.

Раздел меню – “Сервис” > Новая ПСК > МСК

Раздел меню – “Формат”

Команда: Лимиты

Левый нижний угол: 0,0

Правый верхний угол: 420,297

Далее установить отображение пределов на экране. Раздел меню – “Вид”

Команда: Зуммирование – Все

Построения начинаем в текущей горизонтальной плоскости построений Мировой (абсолютной) системы координат.

Приступаем к построению осевых линий. Проверяем, включен ли режим ортогонального черчения. Меню режимов. Режим ОРТО должен быть включен (кнопка утоплена).

Далее: Раздел меню – “Рисование”

Команда: Отрезок

Первая точка: указывается на экране произвольно

Следующая точка: см. рис.1.

Завершаем построение – Enter, повторяем команду – Enter

Первая точка: произвольно

Следующая точка: см. рис.1.

Завершаем построение – Enter, повторяем команду – Enter

Первая точка: указываем объектной привязкой точку пересечения осей

Следующая точка: @0,0,120

Завершаем построение – Enter, см. рис.1а.

Затем, для дальнейших построений, рекомендуется установить отображение координатных осей в виде их аксонометрической проекции на плоскость экрана с помощью

Раздел меню – “Вид” > 3М орбита

или соответствующей пиктограммы в панели инструментов, повернуть курсором оси вместе с пиктограммой отображения координатных осей, удерживая левую клавишу мыши до положения, как показано на рис. 2.

Эта процедура требует определенных навыков управления отображением модели в трехмерном виртуальном пространстве, поэтому рекомендуется ей уделить внимание и время до получения определенных навыков.

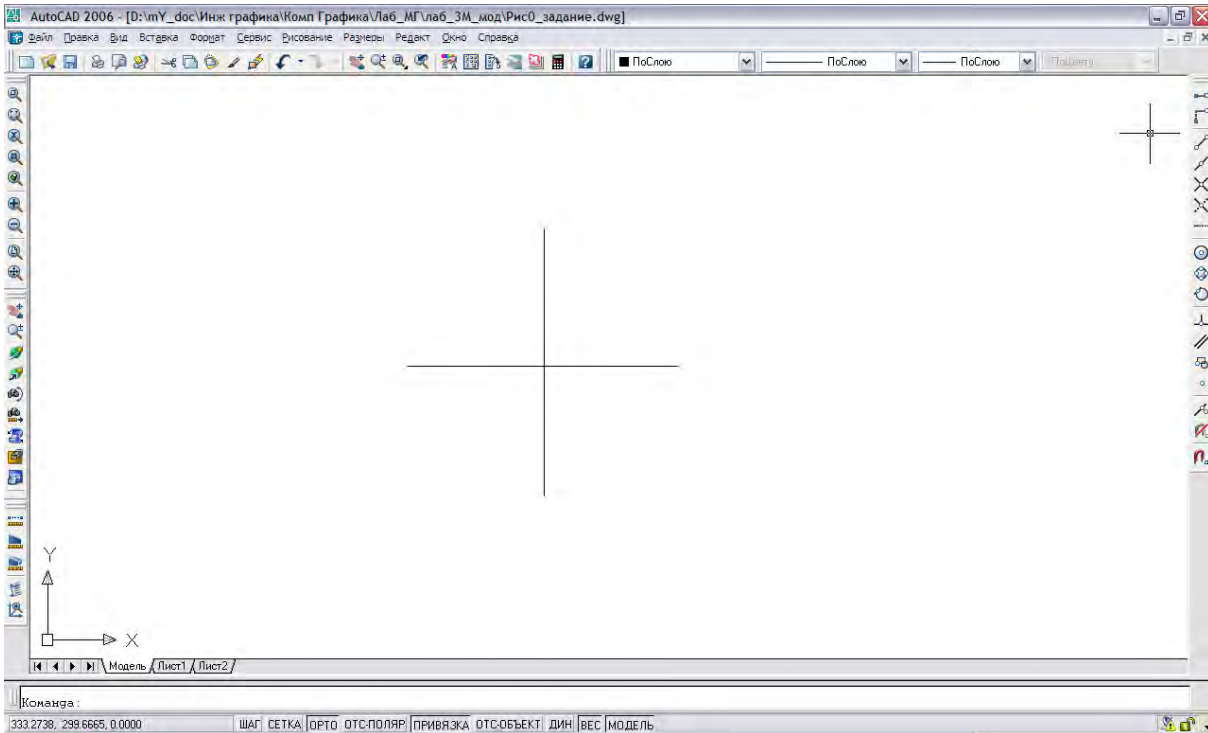


Рис. 1а

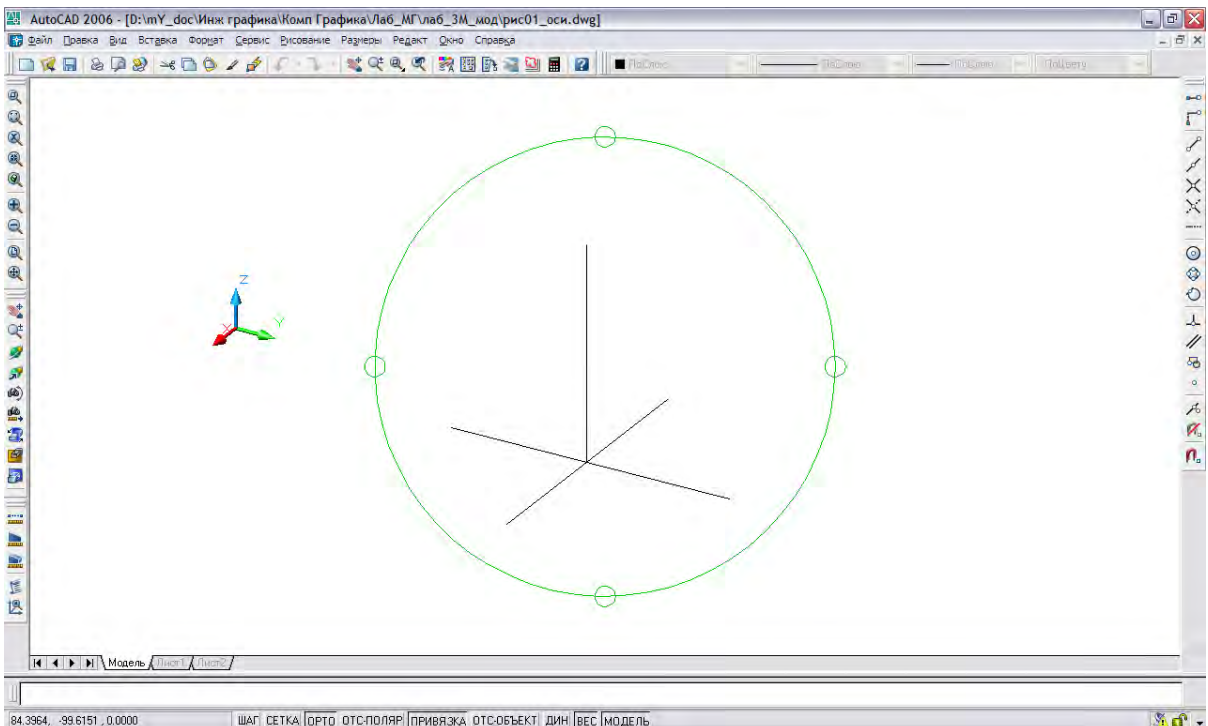


Рис. 1

Дальнейшие построения выполняем в таком отображении. При необходимости, меняем отображение с целью большей наглядности или для удобства выбора объектов и точек объектной привязки.

### 5.3.1. Основание

На этом этапе выполняем построение основания модели, представляющей собой правильный треугольник.

Основание вычерчиваем в плоскости построений ХОУ

Раздел меню “Рисование”

Команда: Многоугольник

Число сторон: 3

Центр многоугольника: указать курсором с использованием объектной

привязки точку пересечения осей

Задайте опцию размещения: В (вписанный)

Радиус окружности: 50

См. рис. 2.

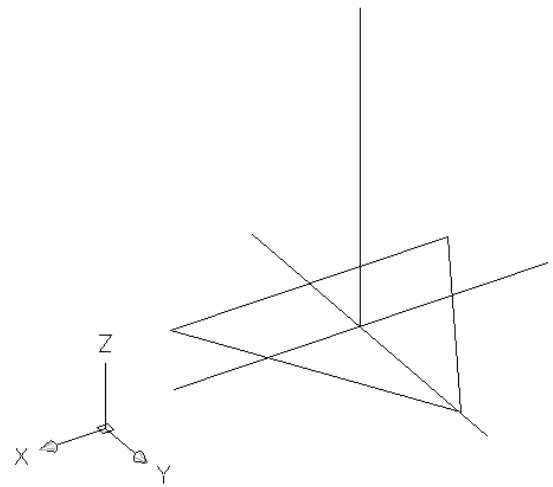


Рис. 2

### 5.3.2. Призма

Переходим к построению трехмерной каркасной модели треугольной призмы.

Вначале изменим ориентацию основания

относительно координатных осей

Раздел меню “Редактирование”

Команда: Повернуть

Выберите объекты: курсором указать треугольник, Enter

Базовая точка: указать (с привязкой)

точку пересечения осей

Угол поворота: -90

Строим верхнее основание призмы

Раздел меню “Редактирование”

Команда: Копировать

Выберите объекты: выбрать треугольник и оси, Enter

Базовая точка: указать курсором

произвольную точку на экране

Вторая точка: @0,0,120 Enter

Строим ребра призмы

Раздел меню “Рисование”

Команда: Отрезок

Первая точка: указать курсором (с привязкой) любую угловую точку треугольника нижнего основания

Следующая точка: указать соответствующую точку верхнего основания, Enter

Аналогично строим остальные два ребра призмы. См. рис. 3.

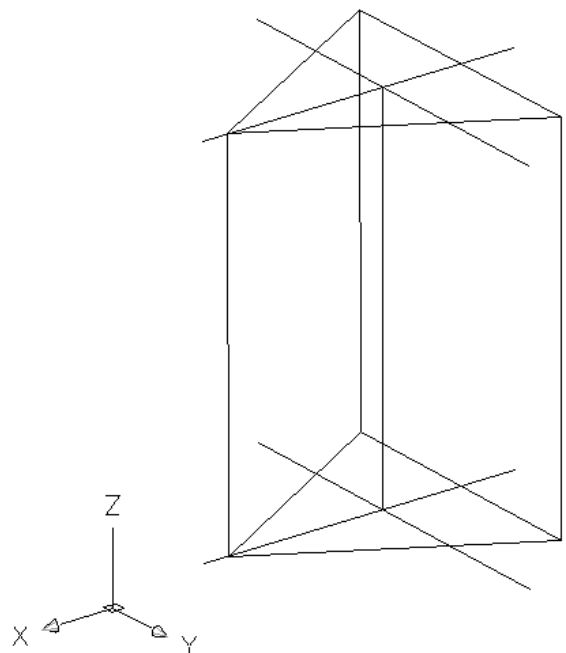


Рис. 3

### 5.3.3. Промежуточное основание

Строим промежуточное основание

Раздел меню “Редактирование”

Команда: Копировать

Выберите объекты: выбрать треугольник и оси верхнего основания, Enter

Базовая точка: указать курсором произвольную точку на экране

Вторая точка: @0,0,-50 Enter

Строим ребра от верхнего к промежуточному основанию

Раздел меню “Рисование”

Команда: Отрезок

Первая точка: указать (с привязкой) точку пересечения боковой стороны верхнего треугольника с осью

Вторая точка: указать (с привязкой)

Соответствующую точку промежуточного основания, Enter

См. рис. 4.

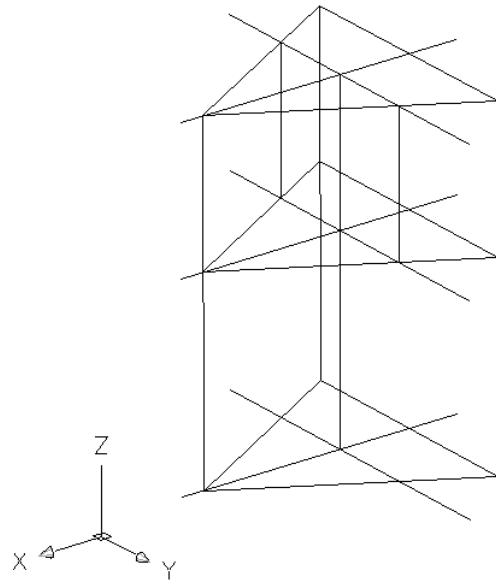


Рис. 4

### 5.3.4. Прямоугольное отверстие

Строим призматическое прямоугольное отверстие внутри треугольной призмы. Начинаем с построения прямоугольника в нижнем основании

Раздел меню “Редактирование”

Команда: Подобие

Укажите расстояние смещения: 15 Enter

Выберите объект для смещения: выбрать Ось в нижнем основании, параллельную оси Y, Enter

Укажите точку, определяющую сторону смещения: указать точку (произвольно)

Выберите объект для смещения: выбрать ту же ось еще раз

Укажите точку, определяющую сторону смещения:

указать точку с другой стороны от оси, Enter

Аналогично строим две другие стороны прямоугольника со смещением второй оси по 10 мм.

Лишние концы отрезков обрезаем. См. рис. 5.

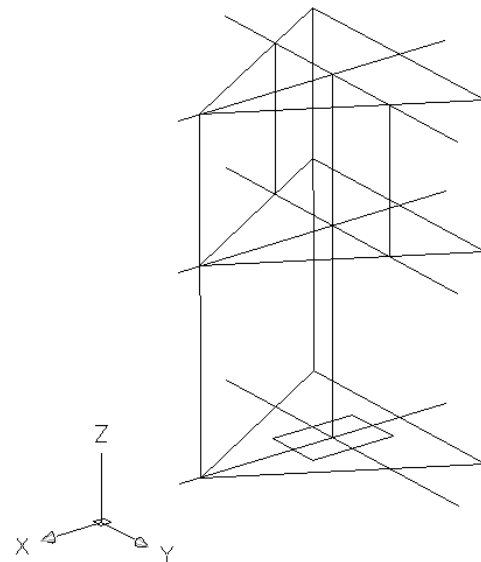


Рис. 5

Копируем нижнее основание прямоугольника  
в верхнее и промежуточные основания  
Раздел меню “Редактирование”  
Команда: Копировать  
Выберите объекты: выбрать отрезки  
прямоугольника, Enter  
Базовая точка: указать курсором произвольную точку на экране  
Вторая точка: @0,0,120 Enter  
Укажите вторую точку: @0,0,70 Enter

Строим ребра прямоугольного отверстия  
Раздел меню “Рисование”  
Команда: Отрезок  
Первая точка: указать (с привязкой) угловую  
точку прямоугольника в нижнем основании  
Вторая точка: указать (с привязкой)  
соответствующую точку верхнего или  
промежуточного основания, Enter

Аналогично строим все ребра. После  
обрезки и удаления всех ненужных отрезков,  
получим законченную модель  
См. рис. 6.

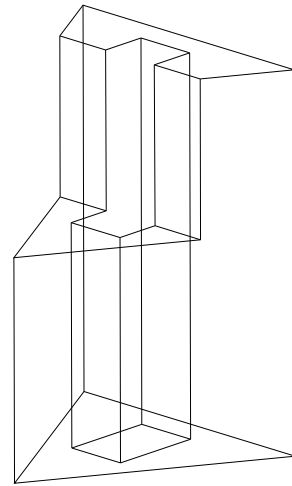


Рис. 6

### ***Сохранение модели***

Для сохранения модели используем команду “Сохранить как...” (меню “Файл”). Чертеж сохраняем в файле:

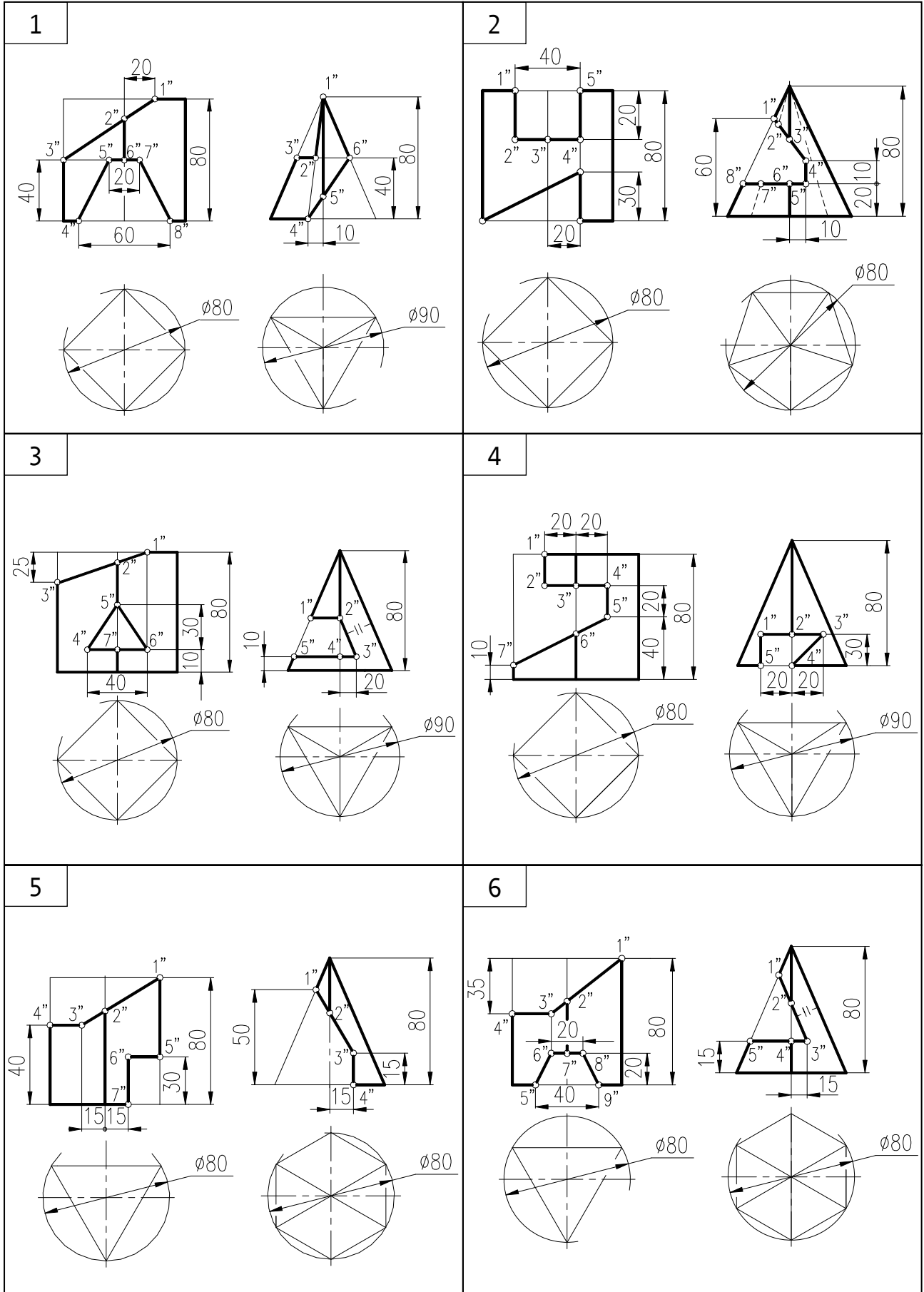
D:/Студенты/№группы/Фамилия/Модель\_№ варианта.

### **5.4. Выводы. Варианты заданий**

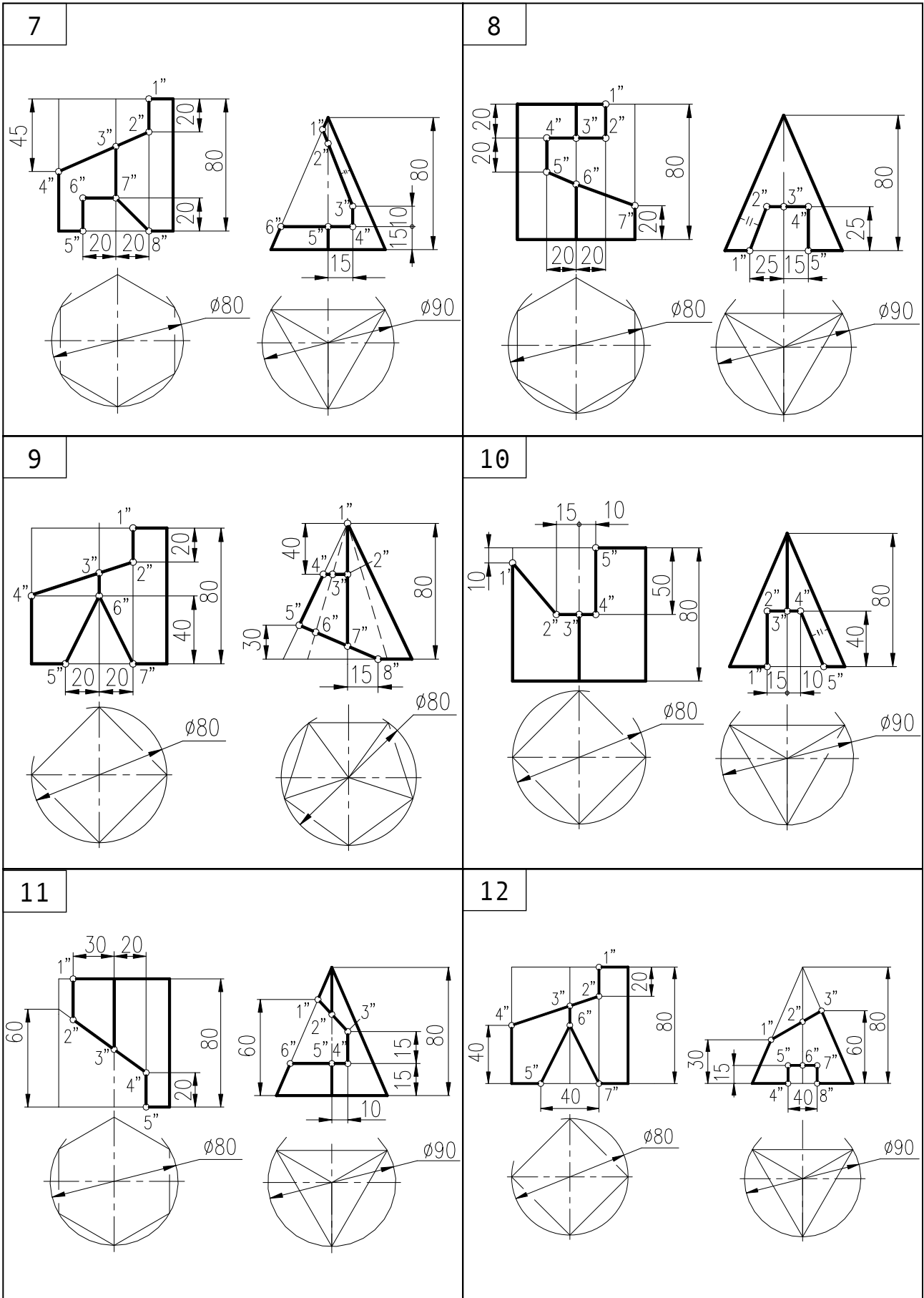
Рассмотренная методика построения трехмерной каркасной модели позволяет на конкретном примере освоить последовательность и принципы создания в виртуальном трехмерном пространстве модели будущей детали, изделия. Каркасная модель может быть удобна для выполнения геометрических расчетов, моделирования абстрактных объектов и др.

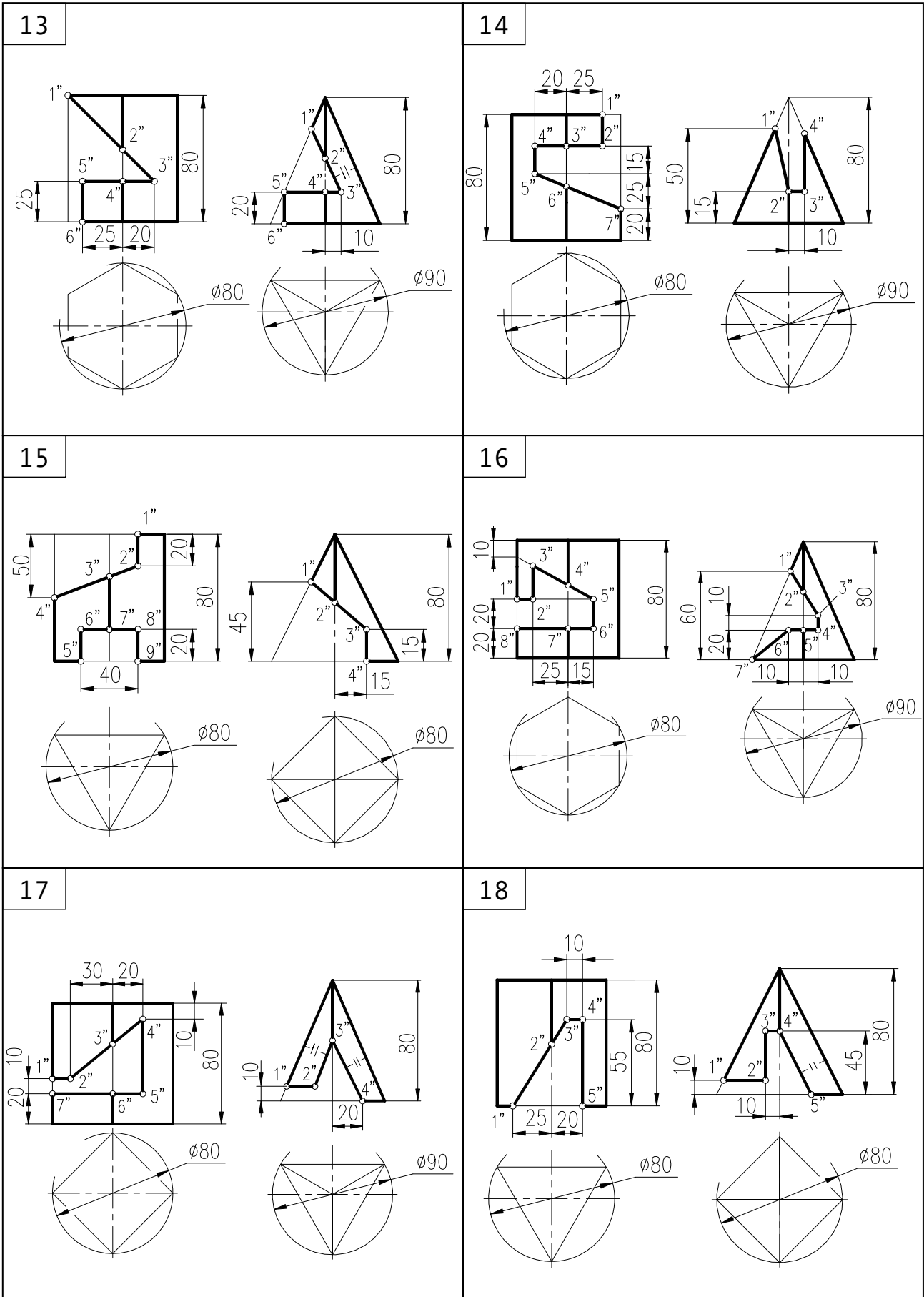
После освоения методики построения модели на рассмотренном примере, для закрепления полученных знаний, рекомендуется каждому студенту самостоятельно построить свой вариант. Варианты можно использовать из сборника графических заданий: П.В. Зеленый, Е.И. Белякова Инженерная графика. Практикум. –Минск, БНТУ, 2011 с.62-66 (для удобства приведены в Приложении 5).

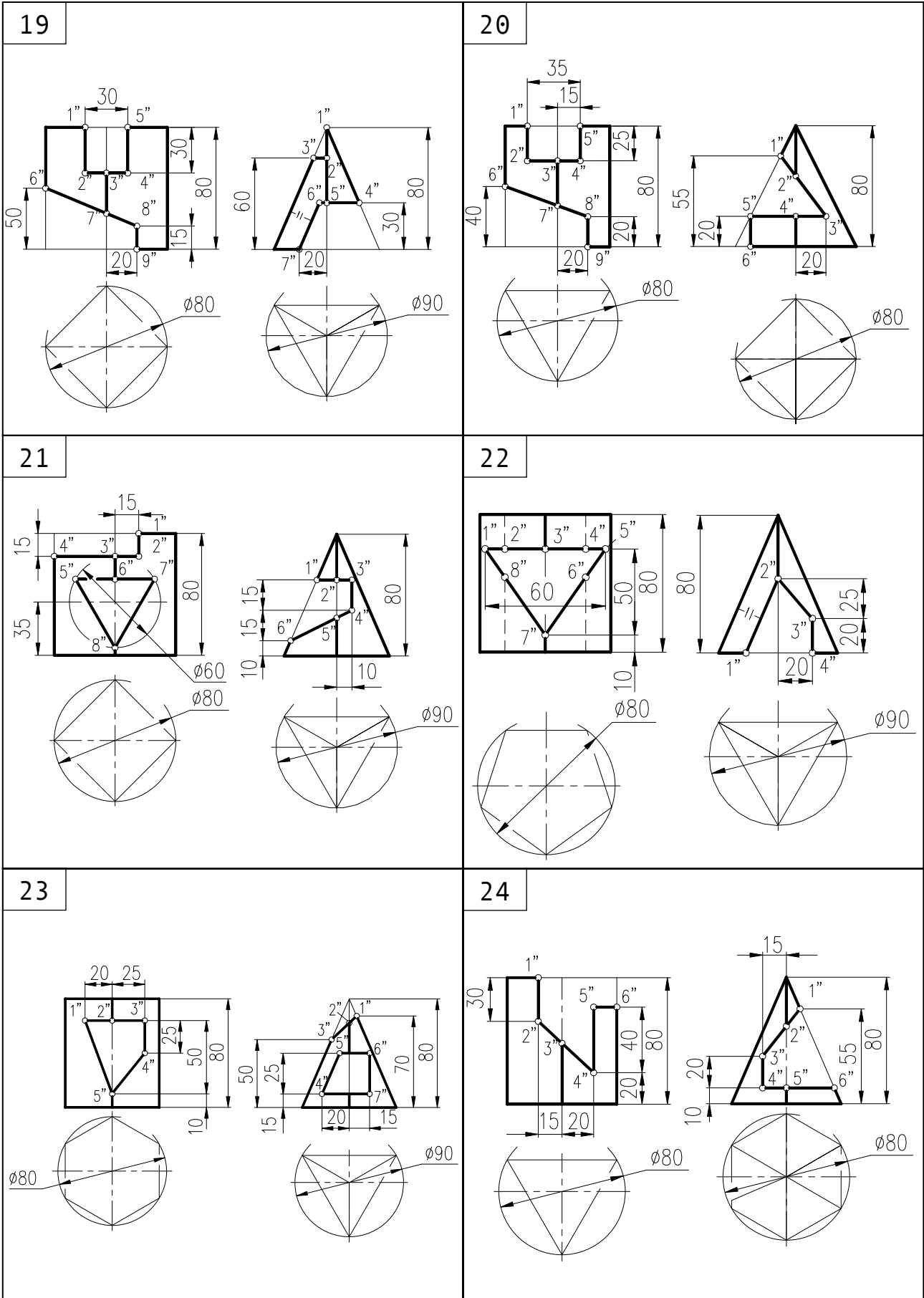
**Варианты заданий**

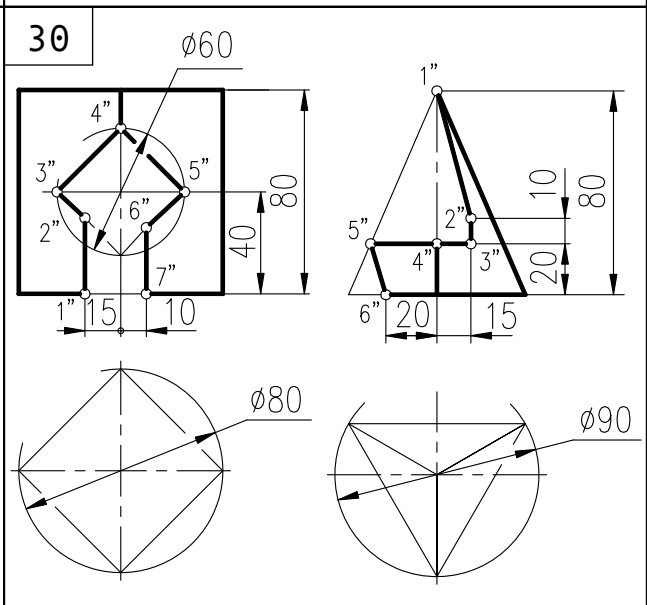
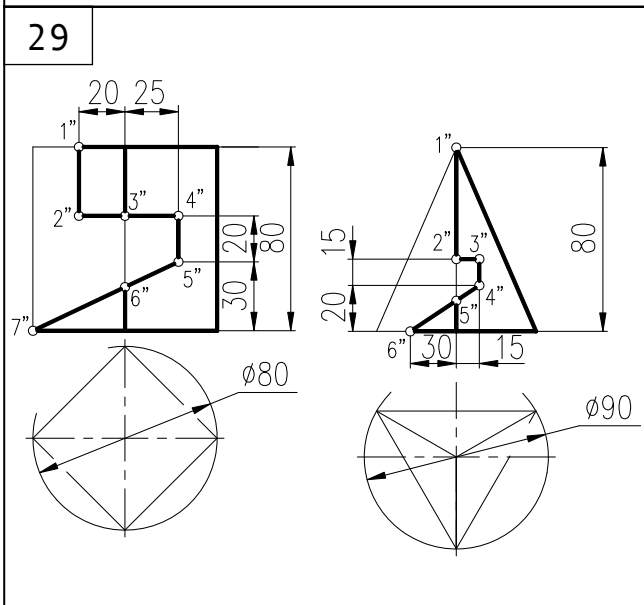
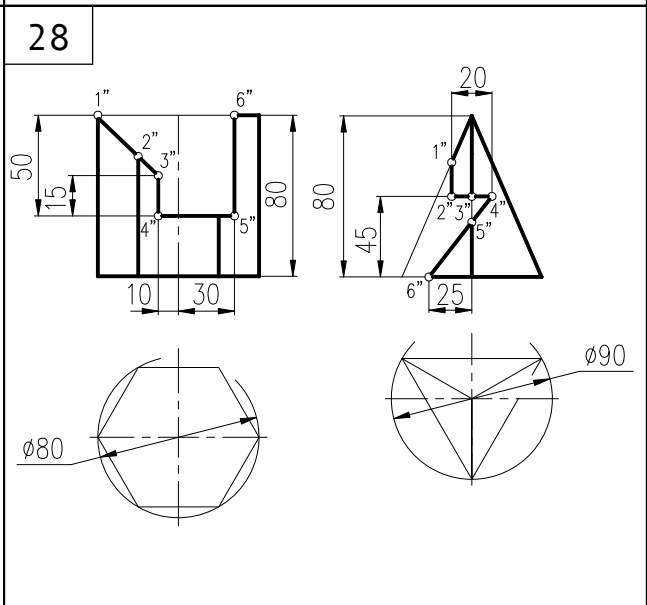
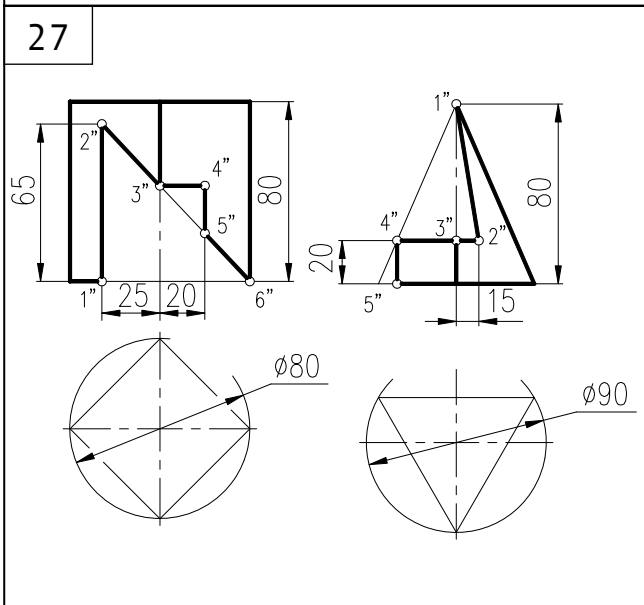
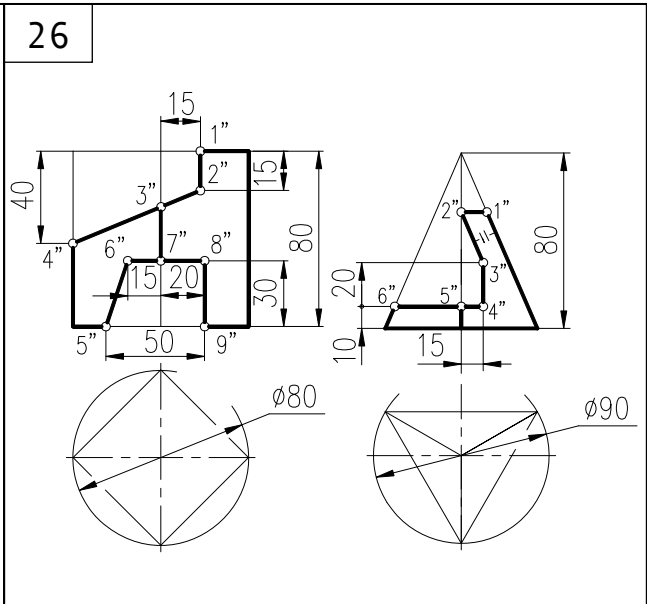
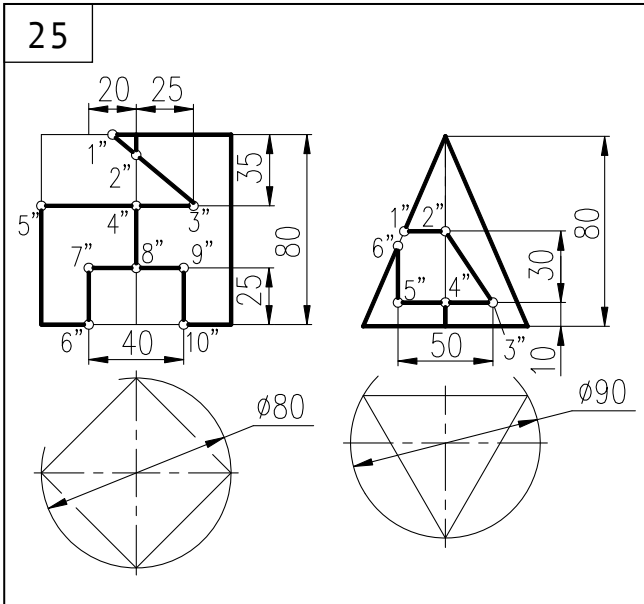






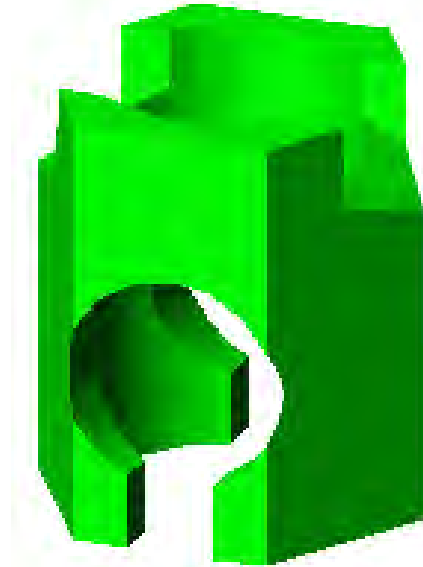
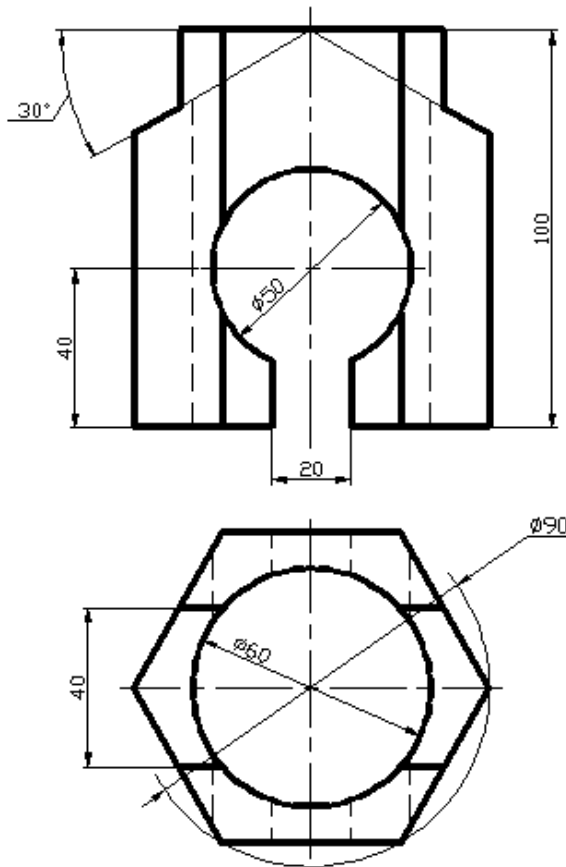






## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### Трехмерное твердотельное моделирование



#### Цель работы:

- сформировать у студентов представления и первоначальные навыки построения на ПК (персональных компьютерах) трехмерных твердотельных геометро-графических моделей комбинированных геометрических тел, образованных пересечением простых геометрических тел.

#### Задачи:

- ознакомить студентов с возможностями построения на ПК трехмерных твердотельных геометро-графических моделей комбинированных геометрических тел;
- освоить методику, особенности и преимущества компьютерных методов создания моделей проектируемых изделий на примере построения трехмерных твердотельных моделей;
- закрепить знания, полученные в предыдущих лабораторных работах и развить умения и навыки практического выполнения на ПК трехмерных моделей комбинированных геометрических тел.

## 6.1. Введение

Современные тенденции развития мировой науки, техники и технологии предполагают повышение уровней комплексной автоматизации на всех этапах создания новых изделий - проектирования, производства и управления за счет использования информационных технологий (ИТ). Преимущества применения ИТ очевидны на всех этапах человеческой деятельности, но их начало должно лежать прежде всего в интеллектуальной сфере.

Безусловно, творческая деятельность любого специалиста не может быть заменена работой компьютера, однако, общеизвестно, что любой, даже высокоинтеллектуальный труд, содержит массу часто повторяющихся, трудоемких рутинных процедур. Именно здесь, в первую очередь, где они дают максимальный эффект, необходимо использовать помощь ИТ.

Общеизвестно, что инженерная деятельность максимально связана с документацией, в первую очередь конструкторской. Традиционно используемые чертежи, и чертежи, выполненные на ПК, зачастую мало чем отличаются. То есть, вся используемая информация – только на бумаге. Такой традиционный подход происходит от неумения видеть разницу между проекционным чертежом со всеми его атрибутами (размерами, допусками, текстовыми пояснениями и техническими требованиями) и виртуальной геометро-графической моделью – описанием в численной форме параметров рассматриваемой детали или изделия.

Разработка традиционного чертежа регламентирована стандартами ЕСКД и основана на традиционной технологии вычерчивания, без учета возможностей компьютерного геометро-графического моделирования. Такая технология исходит из невозможности построения точной модели как плоской, так и (тем более!) пространственной. Отсюда необходимость разработки чертежа как минимум в двух проекциях, простановки размеров, допусков, значений шероховатости поверхности, условностей, текстовых пояснений и др.

Компьютерное геометро-графическое моделирование основано на построении, а не вычерчивании точной модели, основанием для которой являются исходные параметры, полученные на основании расчетов и геометрических законов. Необходимые геометрические параметры, в том числе размеры для изготовления деталей по такой модели могут быть извлечены из численного и графического описания модели в любом сочетании, что дает возможность не учитывать конкретной технологии.

К сожалению, сегодня не существует еще нормативных документов, регламентирующих разработку документации в такой форме. Это будущее в развитии методов проектирования, но его необходимость уже очевидна, т.к. вслед за совершенствованием методов проектирования видно совершенствование методов изготовления и управления производством (технологии, основанные на использовании оборудования с программным управлением, автоматизированные системы контроля и управления и т.п.).

Лабораторная работа знакомит студентов с основами компьютерного

трехмерного твердотельного геометро-графического моделирования на персональных компьютерах в пределах возможностей системы компьютерного моделирования "Автокад".

В работе рассматриваются основные методы построения компьютерных моделей трехмерных твердотельных геометро-графических моделей (ГГМ) комбинированных геометрических тел, традиционно выполняемых в виде проекционных комплексных чертежей. Описана методика создания таких моделей на конкретном примере, с подробными пояснениями и рекомендациями.

## **6.2. Порядок выполнения работы**

Выполнению работы по построению трехмерной модели комбинированного геометрического тела, с использованием компьютерной моделирующей системы Автокад, должно предшествовать предварительное изучение, или хотя бы ознакомление студентов с базовыми возможностями выполнения построений и редактирования. Ознакомившись с интерфейсом системы, структурой различных меню, особенностями ввода команд и данных, использованием возможных режимов, влияющих на процесс создания модели, методами управления отображением, управлением системами координат, можно приступать к построению модели.

Рекомендуется сначала всей группой выполнить построение одного комбинированного геометрического тела, рассмотренного ниже под руководством преподавателя, а затем каждому студенту выполнить свой вариант самостоятельно.

Итак, рассмотрим поэтапное построение модели трехмерного комбинированного геометрического тела, приведенного на обложке по его чертежу.

Заметим, что последовательность действий при построении модели не является жестко фиксированной, однако, в целях формирования единой методики, рекомендуется рассмотренный пример выполнить в предлагаемой последовательности и в соответствии с указанными ниже этапами.

После приобретения некоторого опыта, каждому студенту необходимо выполнить построение своего варианта ГГМ под руководством преподавателя.

## **6.3. Построение модели**

После загрузки системы, на экране ПК появляется рабочее поле для создания модели, интерфейс пользователя (система меню) и приглашение к работе – “Команда:” в текстовом окне. На начальном этапе освоения методов работы с системой, рекомендуется использовать для ввода команд стандартное меню (вторая строка сверху).

Перед началом построений следует установить (проверить) текущие

параметры системы: пространство модели, текущую систему координат, пределы создания и отображения модели.

Раздел меню – “Сервис” > Новая ПСК > МСК

Раздел меню – “Формат”

Команда: Лимиты

Левый нижний угол: 0,0

Правый верхний угол: 420,297

Далее установить отображение пределов на экране. Раздел меню – “Вид”

Команда: Зуммирование – Все

Построения начинаем в текущей горизонтальной плоскости построений Мировой (абсолютной) системы координат.

Приступаем к построению осевых линий. Проверяем, включен ли режим ортогонального черчения. Меню режимов. Режим ОРТО должен быть включен (кнопка утоплена).

Далее - Раздел меню – “Рисование”

Команда: Отрезок

Первая точка: указывается на экране произвольно

Следующая точка: см. рис.1.

Завершаем построение – Enter, повторяем команду – Enter

Первая точка: произвольно

Следующая точка: см. рис.1.

Завершаем построение – Enter, повторяем команду – Enter

Первая точка: указываем объектной привязкой точку пересечения осей

Следующая точка: @0,0,100

Завершаем построение – Enter, см. рис.1а.

Затем, для дальнейших построений, рекомендуется установить отображение координатных осей в виде их аксонометрической проекции на плоскость экрана с помощью

Раздел меню – “Вид” > 3М орбита

или соответствующей пиктограммы в панели инструментов, повернуть курсором оси вместе с пиктограммой отображения координатных осей, удерживая левую клавишу мыши до положения, как показано на рис. 2.

Эта процедура требует определенных навыков управления отображением модели в трехмерном виртуальном пространстве, поэтому рекомендуется ей уделить внимание и время.



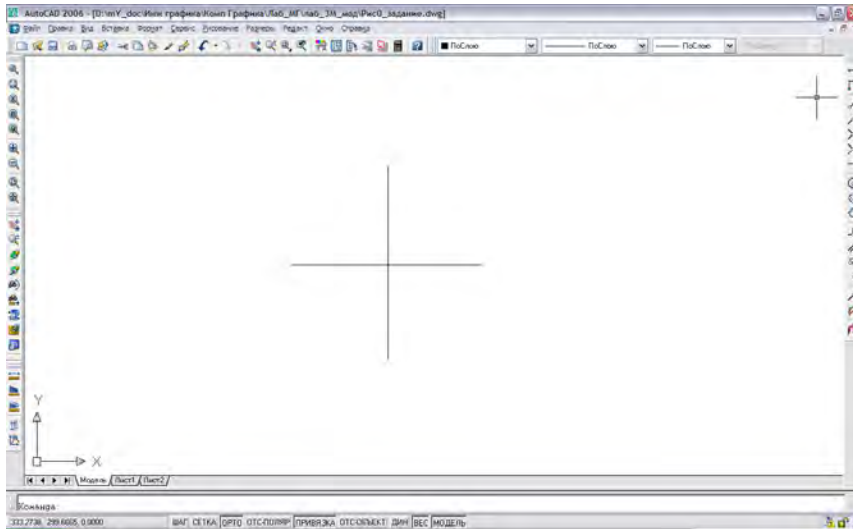


Рис. 1а

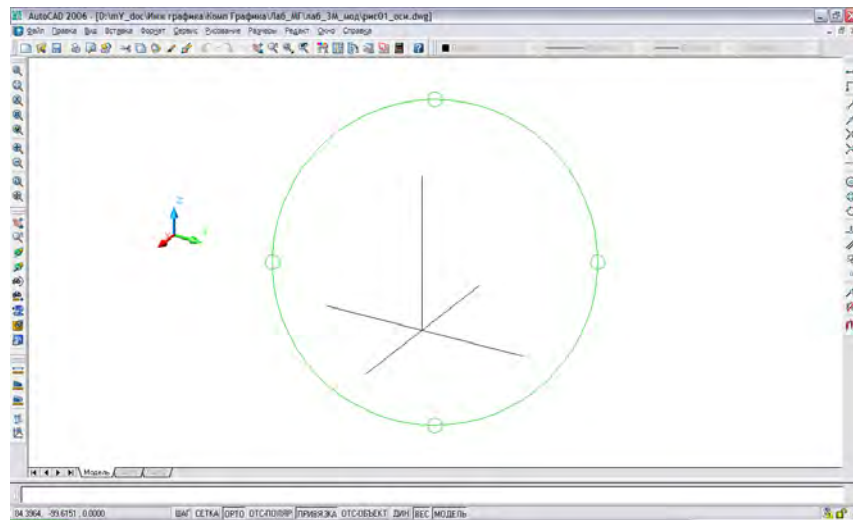


Рис. 1

Дальнейшие построения выполняем в таком отображении. При необходимости, меняем отображение с целью большей наглядности или для удобства выбора объектов и точек объектной привязки.

### 6.3.1. Основание

На этом этапе выполняем построение основания модели, представляющей собой шестигранник.

Основание вычерчиваем в плоскости построений ХОУ

Раздел меню “Рисование”

Команда: Многоугольник

Число сторон: 6

Центр многоугольника: указать курсором с использованием объектной привязки точку пересечения осей

Задайте опцию размещения: В (вписанный)

Радиус окружности: 45 См. рис. 2.

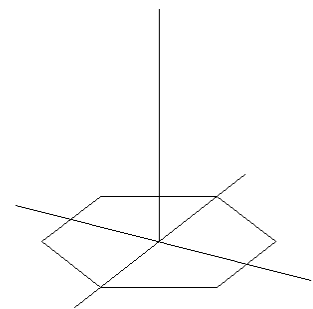
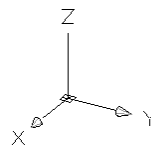


Рис. 2

### 6.3.2 Призма

Переходим к построению трехмерной твердотельной шестигранной призмы

Раздел меню “Рисование” > Тела >

Команда: Выдавить

Выберите объекты: курсором указать шестиугольник, Enter

Глубина выдавливания: 100

Угол сужения: 0

См. рис. 3.

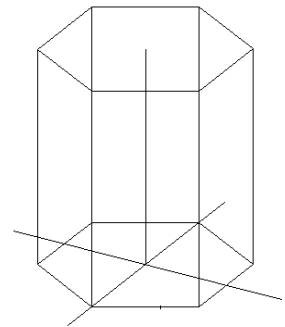
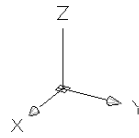


Рис. 3

### 6.3.3. Вертикальный цилиндр

Строим вертикальное цилиндрическое отверстие внутри призмы

Раздел меню “Рисование” > Тела >

Команда: Цилиндр

Центральная точка основания цилиндра: указать курсором, с использованием объектной привязки точку пересечения осей

Радиус основания цилиндра: 30

Высота цилиндра: 100

См. рис. 4.

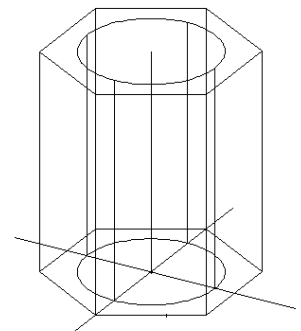
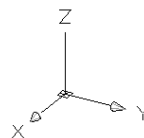


Рис. 4

Для лучшей визуализации модели в дальнейшем, рекомендуется для различных исходных геометрических тел установить различные цвета

Раздел меню “Редакт” или панель инструментов

Команда: Свойства > Цвет

(для отверстия лучше назначить более светлый цвет).

### 6.3.4. Вычитание

Следующим этапом является выполнение Булевой операции вычитания цилиндра из призмы с визуализацией результата

Раздел меню “Редакт” > Редактирование тел >

Команда: Вычитание

Выберите объекты: указать курсором призму (объект, из которого вычитаем)

Enter – завершаем выбор

Выберите объекты: указать курсором цилиндр (вычитаемый объект)

Enter – завершаем выбор

Просматриваем результат

Раздел меню “Вид” > Раскрашивание >

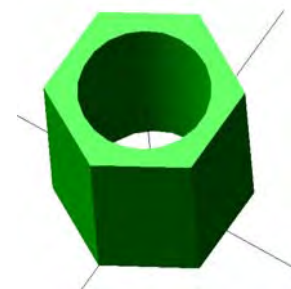


Рис. 5

Команда: По Гуро. См. рис. 5.

### 6.3.5. Горизонтальный цилиндр

Продолжаем построение модели.

Сначала вернемся к каркасному отображению

Раздел меню “Вид” > Раскрашивание >

Команда: 3М каркас

Цилиндр 2 будем строить в плоскости, перпендикулярной вертикальной оси, поэтому вначале необходимо изменить систему координат

Раздел меню “Сервис” > Новая ПСК >

Команда: 3 точки

Новое начало координат: указать курсором, с использованием объектной привязки, точку пересечения осей

Точка на положительном луче оси X: указать конечную точку на оси по направлению оси X

Точка на положительном луче оси Y в

Плоскости XY ПСК: указать конечную точку вертикальной оси модели. См. рис. 6а.

Строим оси цилиндра

Раздел меню “Редакт”

Команда: Подобие

Укажите расстояние смещения: 40

Выберите объект для смещения: указать ось X

Укажите точку, определяющую сторону смещения: указать точку выше оси X

Выберите объект для смещения: Enter

См. рис. 6б.

Строим цилиндр

Раздел меню “Рисование” > Тела

Команда: Цилиндр

Центральная точка основания цилиндра: указать курсором, с использованием объектной привязки, точку пересечения осей основания горизонтального цилиндра

Радиус основания цилиндра: 25

Высота цилиндра: 100

См. рис. 6в.

Центрируем цилиндр относительно модели

Раздел меню “Редакт”

Команда: Перенести

Выберите объекты: указать курсором цилиндр

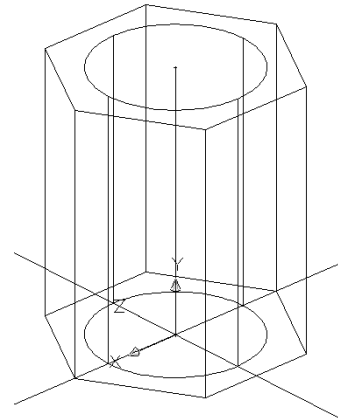


Рис. 6а

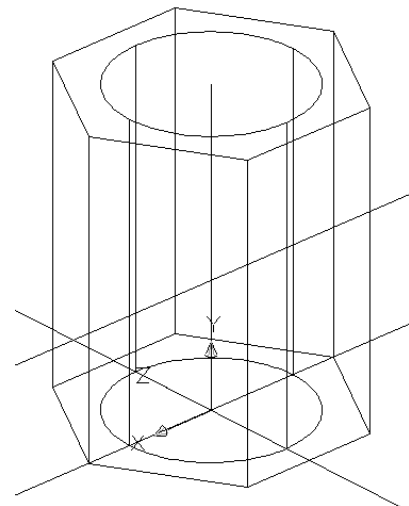


Рис. 6б

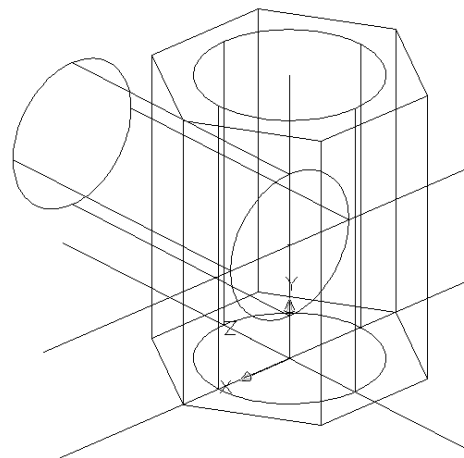


Рис. 6в

Базовая точка: указать курсором произвольную точку на экране

Вторая точка: @0,0,-50

См. рис. 6г.

Вычитаем цилиндр из модели

Раздел меню “Редакт” > Редактирование тел

Команда: Вычитание

Выберите объекты: указать курсором на модель

Выберите объекты: Enter

Выберите объекты: указать курсором на цилиндр

Выберите объекты: Enter

Для удобства дальнейшей работы, удаляем ось основания горизонтального цилиндра

Команда: не вводя команду выбираем ось и

нажимаем клавишу “Del” на клавиатуре

Визуализируем результат

раскрашивания модели

Раздел меню “Вид” > Раскрашивание >

Команда: По Гуро

См. рис.6.

Для продолжения работы вернемся к

Отображению модели в виде трехмерного каркаса

Раздел меню “Вид” > Раскрашивание >

Команда: 3М каркас

Для следующих построений систему координат изменять не будем.

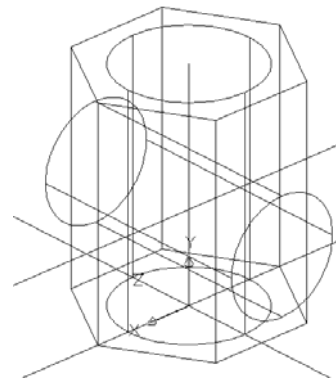


Рис. 6г

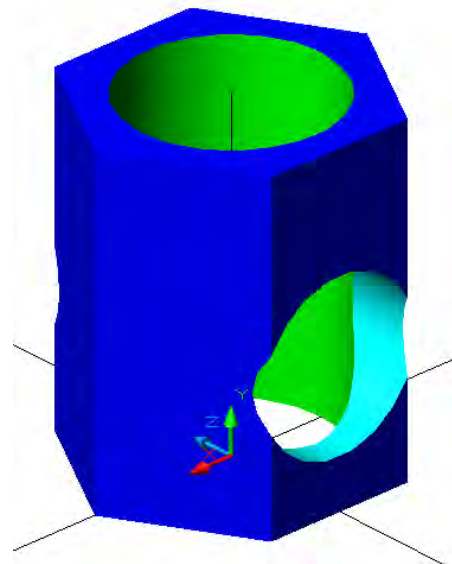


Рис. 6

### 6.3.6. Вертикальный паз

Для построения вертикального паза воспользуемся твердотельным примитивом “Ящик”.

Раздел меню “Рисование” > Тела

Команда: “Ящик”

Угол ящика или [Центр]: Ц

Центр ящика: указать курсором,

с использованием объектной привязки, точку пересечения осей

Угол или [Куб/Длина]: Д

Длина: 20 (размер по X)

Ширина: 80 (размер по Y)

Высота: 100 (размер по Z)

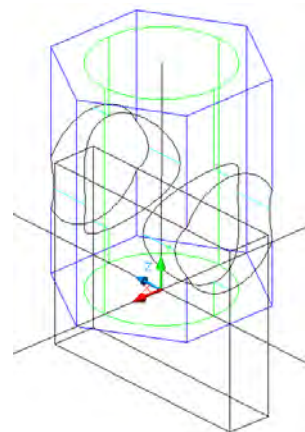


Рис. 7а

См. рис. 7а.

Цвет ящика установим отличающийся от цвета модели

Раздел меню “Редакт” или панель инструментов

Команда: Свойства > Цвет

Для получения паза в модели вычтем из модели построенный внутри нее ящик

Раздел меню “Редакт” > Редактирование тел

Команда: Вычитание

Выберите объекты: указать курсором на модель

Выберите объекты: Enter

Выберите объекты: указать курсором на ящик

Выберите объекты: Enter

Снова визуализируем результат

Раздел меню “Вид” > Раскрашивание >

Команда: По Гуро

См. рис. 7.

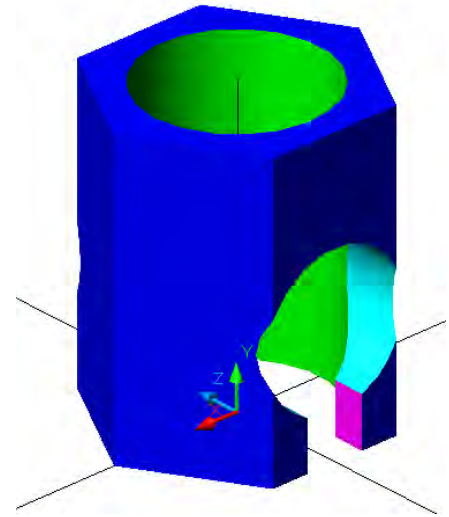


Рис. 7

### 6.3.7. Наклонные пазы

Заключительный этап построения модели – построение наклонных пазов начинаем с возврата к отображению 3-мерного каркаса

Раздел меню “Вид” > Раскрашивание >

Команда: 3М каркас

Во фронтальной плоскости симметрии строим контур, образующий впоследствии наклонный паз

Раздел меню “Рисование”

Команда: Отрезок

Первая точка: указать курсором, с использованием объектной привязки, верхнюю конечную точку вертикальной оси

Следующая точка: @75<-30

Следующая точка: @0,50

Следующая точка: 3 (замкнуть контур)

См.рис. 8а.

Полученный контур преобразуем в область

Раздел меню “Рисование”

Команда: Область

Выберите объекты: указать последовательно курсором последний вычерченный контур

Выберите объекты: Enter

Выдавливаем образованную область на ширину паза

Раздел меню “Рисование” > Тела

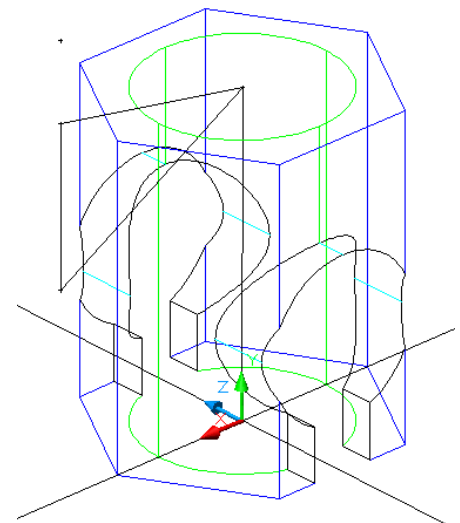


Рис. 8а

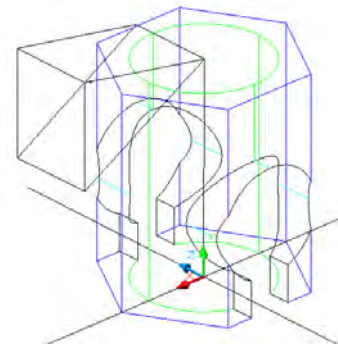


Рис. 8б

Команда: “Выдавить”

Выберите объекты: указать курсором область

Выберите объекты: Enter

Глубина выдавливания: 40

Угол сужения: 0

Центрируем полученное тело относительно плоскости YOZ

Раздел меню “Редакт”

Команда: Перенести

Выберите объекты: указать курсором тело

Базовая точка: указать курсором произвольную точку на экране

Вторая точка: @0,0,-50

См. рис. 8б.

Строим зеркальное отображение тела паза, относительно плоскости XOZ

Раздел меню “Редакт” > 3М операции

Команда: 3М зеркало

Выберите объекты: указать курсором тело

Выберите объекты: Enter

3 точки: указать курсором, с использованием объектной привязки, конечные точки осей YOZ

Удалить исходные объекты?: Н

См. рис. 8в.

Изменив предварительно цвет тел, вычитаем их из модели

Раздел меню “Редакт” > Редактирование тел

Команда: Вычитание

Выберите объекты: указать курсором на модель

Выберите объекты: Enter

Выберите объекты: указать курсором на тела

Выберите объекты: Enter

См. рис. 8г.

Удаляем оси и визуализируем окончательный результат

Раздел меню “Вид” > Раскрашивание >

Команда: По Гуро

См. рис. 8.

Теперь можно убедиться в правильности построений вращая модель в пространстве

Раздел меню “Вид”

Команда: 3М орбита или 3М непрерывная орбита в панели инструментов “3М орбита”. Управление

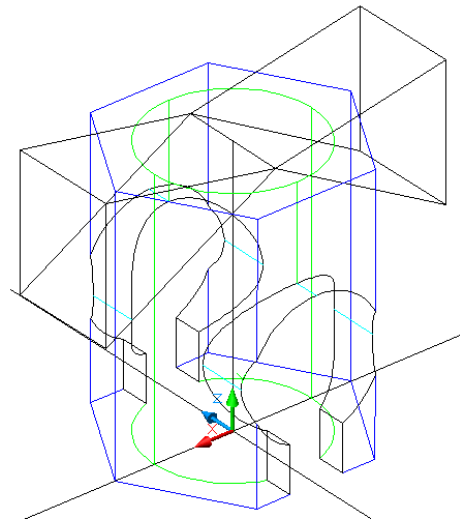


Рис. 8в

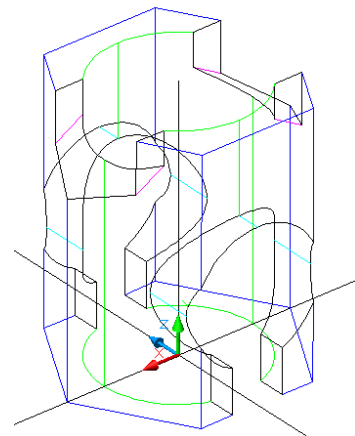


Рис. 8г



Рис. 8



вращением с помощью мыши, удерживая левую клавишу, или толкнуть левой клавишей для непрерывной 3М орбиты. Потренируйтесь.

### 6.3.8. Вырез четверти

Для еще лучшей визуализации можно вычесть четверть модели. Лучше это сделать на копии модели. Копируем модель на свободное место.

Раздел меню “Редакт”

Команда: Копировать

Выберите объекты: указать курсором на модель (ребро), Enter

Базовая точка: указать курсором точку слева от модели

Вторая точка: указать вторую точку как вектор смещения модели вправо, Enter.

См. рис. 9а.

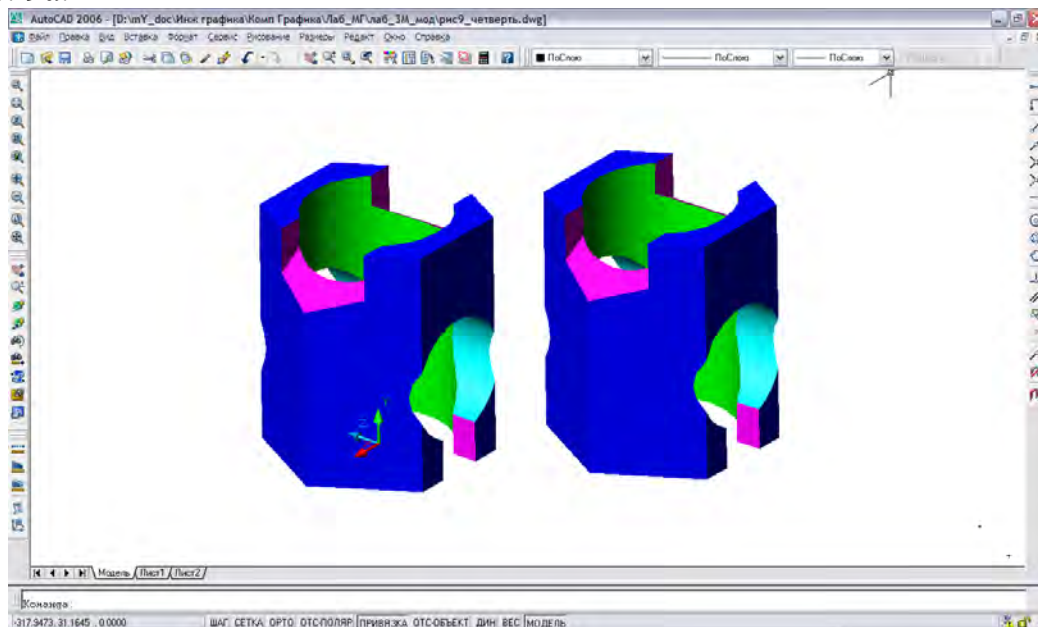


Рис. 9а

Для построения выреза четверти строим куб с углом в начале текущей системы координат

Раздел меню “Рисование” > Тела

Команда: “Ящик”

Угол ящика или [Центр]: 0,0,0

Угол или [Куб/Длина]: К

Длина: 100

Изменим цвет куба на красный и повернем изображение 3М орбитой.

Вычтем куб из модели

Раздел меню “Редакт” > Редактирование тел

Команда: Вычитание

Выберите объекты: указать курсором ребро модели, Enter

Выберите объекты: указать курсором ребро куба, Enter

См. рис. 9.

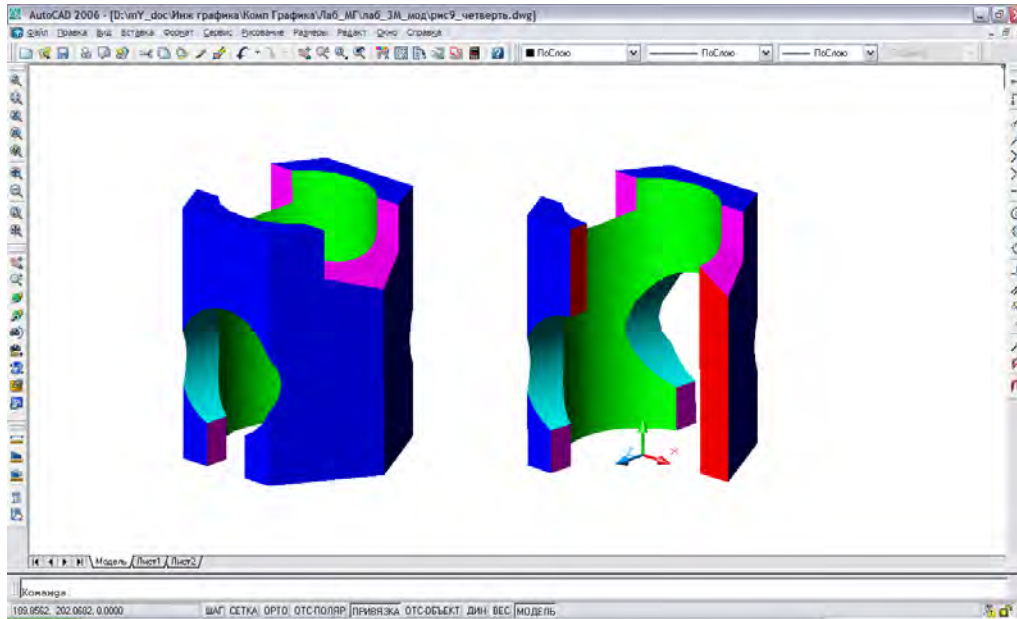


Рис. 9

### 6.3.9. Проекции

Наконец, можно построить совмещенные ортогональные и аксонометрические проекции модели. Для этого, сначала нужно вернуться к исходной мировой (абсолютной) системе координат

Раздел меню “Сервис” > Новая ПСК

Команда : МСК

Пиктограмму отображения систем координат можно отключить

Раздел меню “Вид” > Отображение > Знак ПСК > Вкл убрать

Затем, делим экран на 4 части

Раздел меню: “Вид” > Видовые экраны

Команда: 4В Экрана

Далее, в левом нижнем экране (активизируем его указывая курсором) устанавливаем отображение горизонтальной проекции модели (копии без выреза четверти) и отменяем раскрашивание.

Раздел меню “Вид” > 3М виды > Сверху. См. рис. 10а.



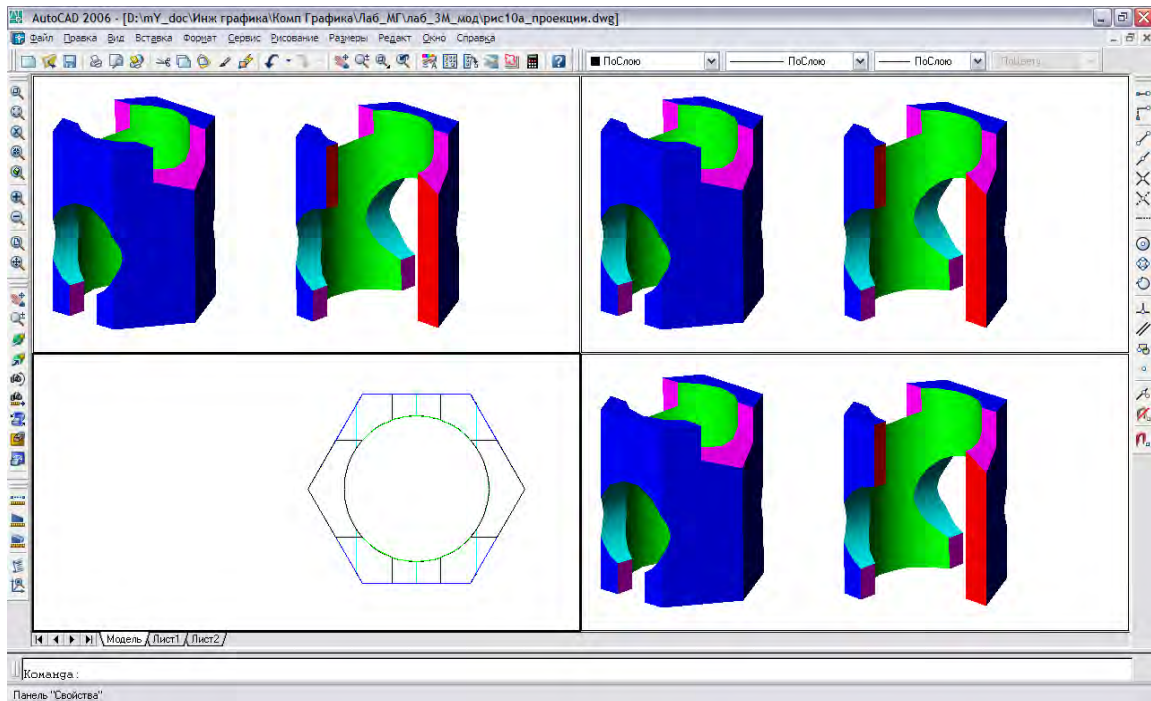


Рис. 10а

Активизируем левое верхнее окно и устанавливаем в нем вид спереди, также предварительно отменяя раскрашивание.

Аналогично в правом верхнем окне устанавливаем вид слева. Изменяя масштаб отображения модели и перемещая ее в пределах экрана, добиваемся соответствия размеров и проекционной связи в разных экранах. Результат см. на рис. 10.

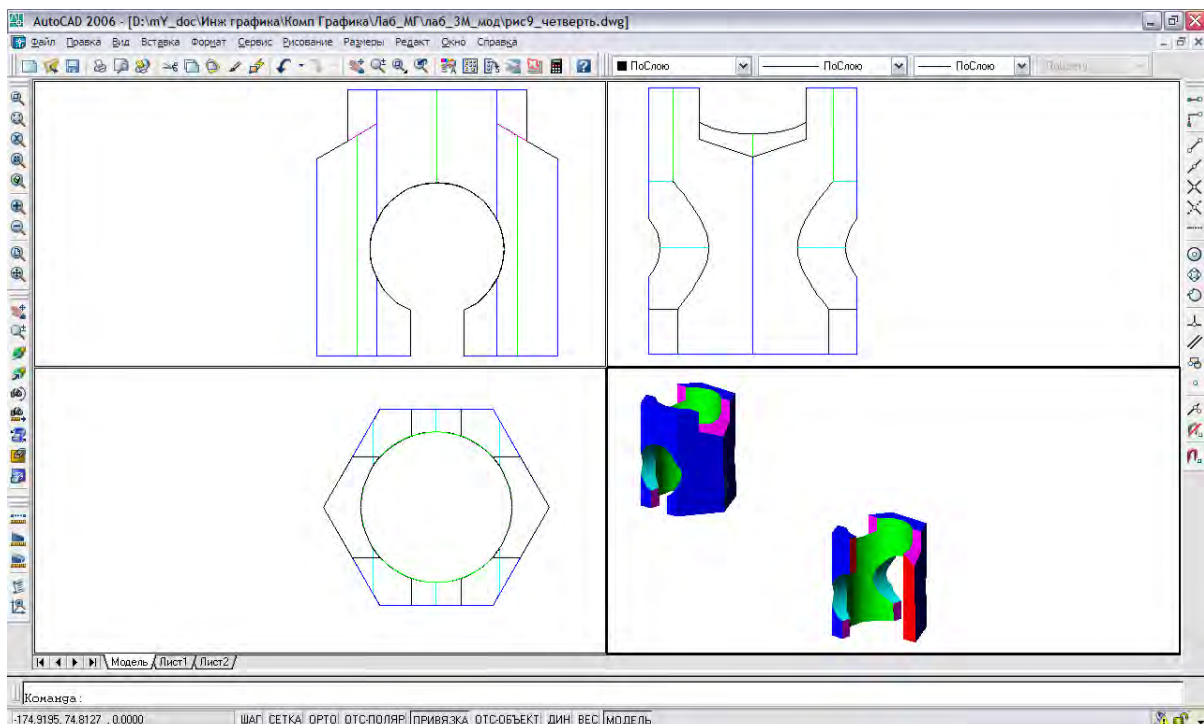


Рис. 10

### ***Сохранение модели***

Для сохранения модели используем команду “Сохранить как...” (меню “Файл”). Чертеж сохраняем в файле:

D:/Студенты/№группы/Фамилия/Модель\_№ варианта с полным отображением.  
См. рис. 10.

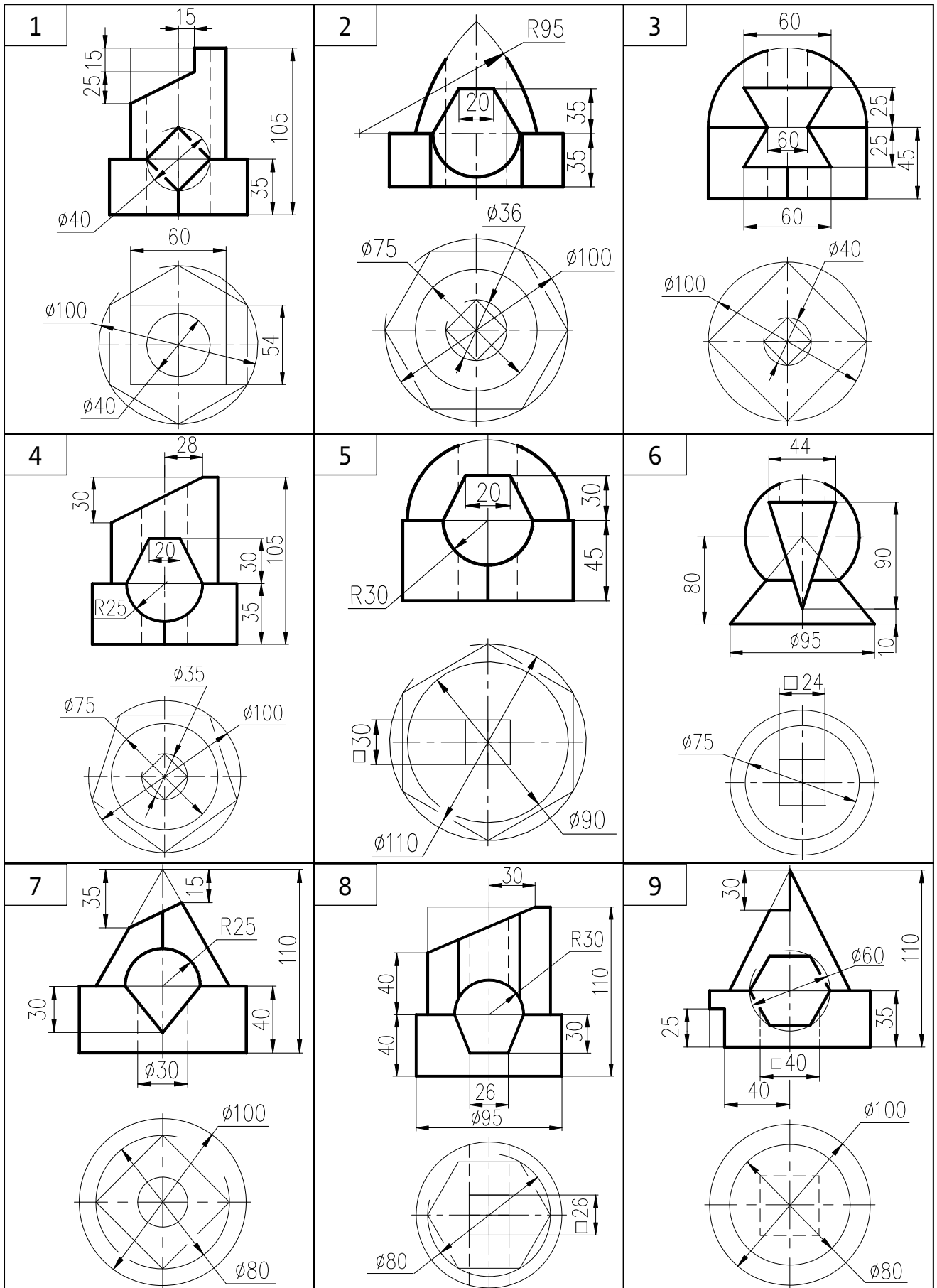
### **6.4. Выводы. Варианты заданий**

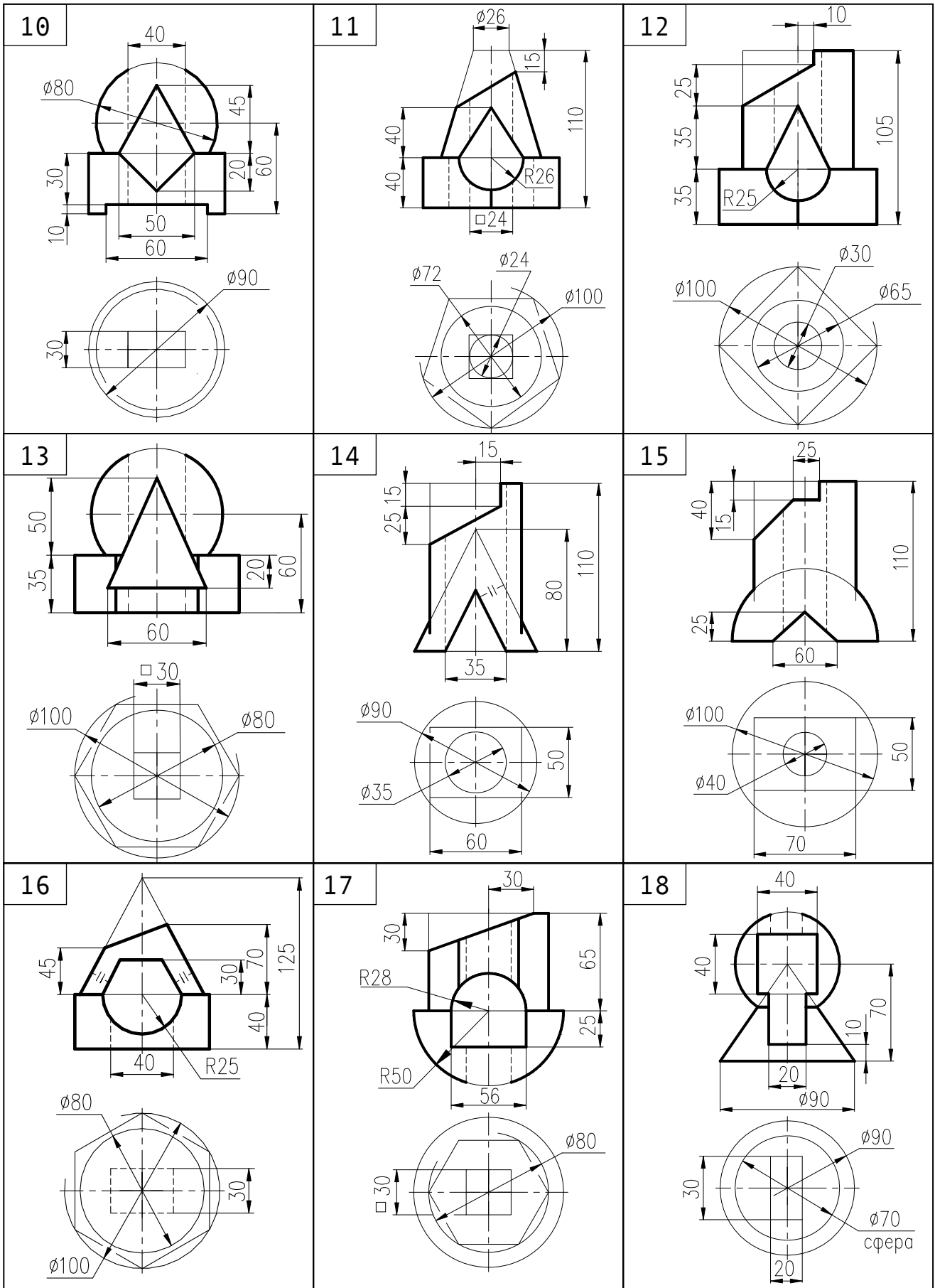
Рассмотренная методика построения трехмерной твердотельной модели позволяет на конкретном примере освоить последовательность и принципы создания в виртуальном трехмерном пространстве модели будущей детали, изделия. В результате построения модели появляются новые возможности оценить полученную конструкцию с точки зрения дизайна, провести инженерный анализ, т.к. модель обладает не только точными геометрическими свойствами, но и данными по массе, моментам инерции и др.

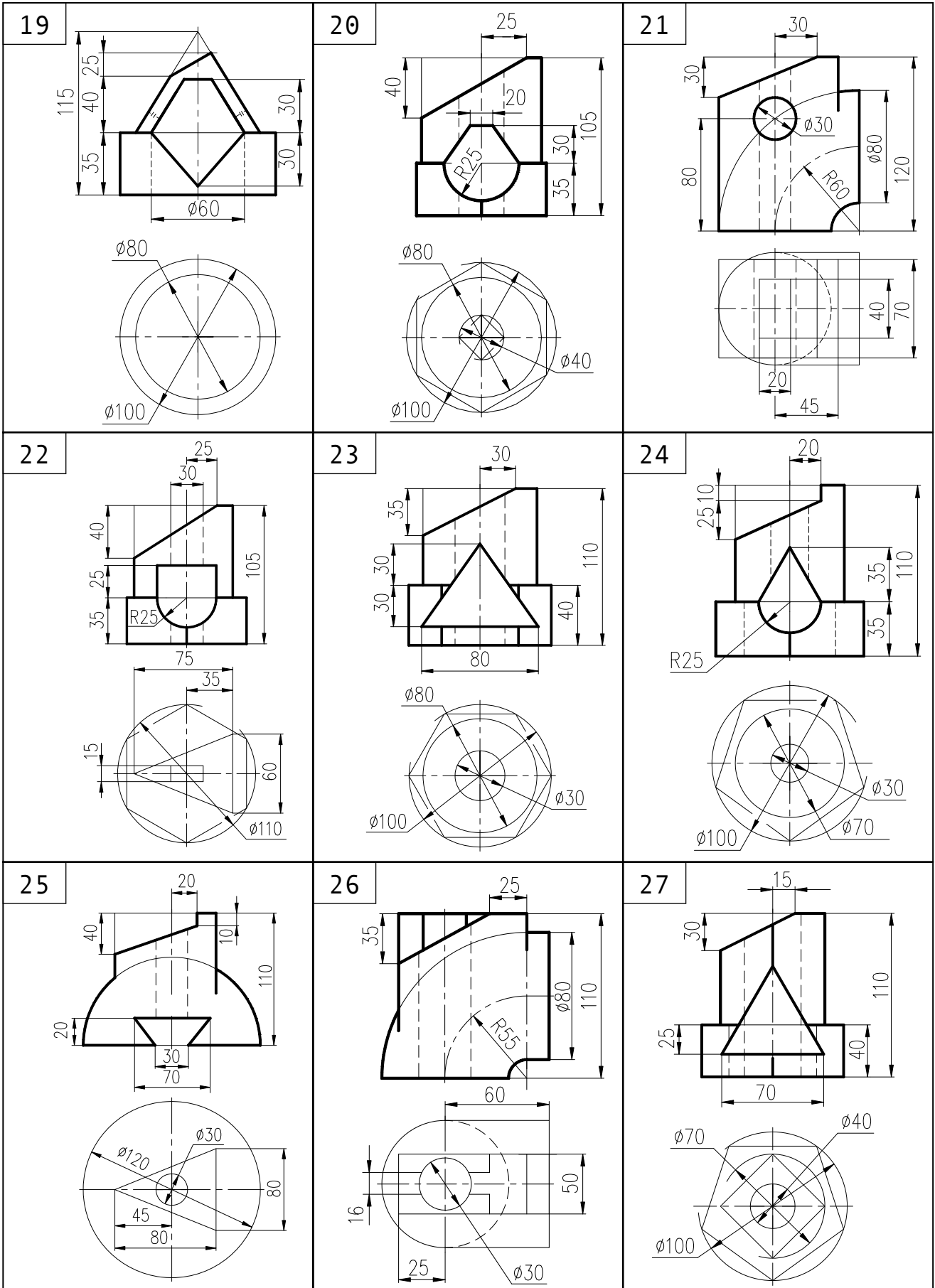
Информационная компьютерная модель может служить основой синтеза управляющей программы к оборудованию с ЧПУ для изготовления детали, управления производством и т.д.

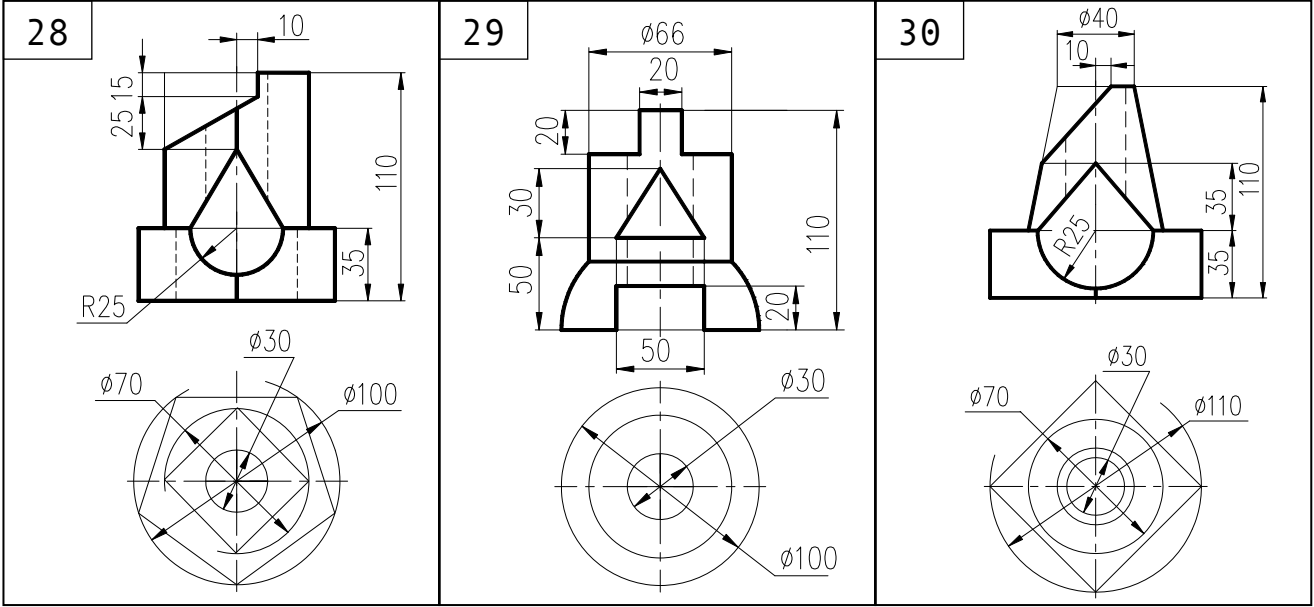
После освоения методики построения модели на рассмотренном примере, для закрепления полученных знаний, рекомендуется каждому студенту самостоятельно построить свой вариант. Варианты заданий рекомендуется взять из сборника: Л.С. Шабека, Е.И.Белякова Технические формы. Задачи для самостоятельной работы студентов по дисциплине “Начертательная геометрия. Инженерная графика”. - Минск, БПИ, 1990. Для удобства задания приведены в Приложении 6.

**Варианты заданий**











## 7.1. Введение

Современные тенденции развития мировой науки, техники и технологии предполагают повышение уровней комплексной автоматизации на всех этапах создания новых изделий - проектирования, производства и управления за счет использования информационных технологий (ИТ). Преимущества применения ИТ очевидны на всех этапах человеческой деятельности, но их начало должно лежать прежде всего в интеллектуальной сфере.

Безусловно, творческая деятельность любого специалиста не может быть заменена работой компьютера, однако, общеизвестно, что любой, даже высокоинтеллектуальный труд, содержит массу часто повторяющихся, трудоемких рутинных процедур. Именно здесь, в первую очередь, где они дают максимальный эффект, необходимо использовать помощь ИТ.

Общеизвестно, что инженерная деятельность максимально связана с документацией, в первую очередь конструкторской. Традиционно создаваемые чертежи, и чертежи, выполненные на ПК, обычно отличаются только используемым инструментом. Технология (методика) их создания практически та же. Однако, при использовании компьютера при разработке традиционного чертежа уже можно воспользоваться рядом преимуществ, которые предоставляются средствами компьютерного моделирования (метрическая точность, эффективность построения, возможность использования геометрических расчетов и др.).

Еще большую эффективность создания (при необходимости) проекционного чертежа предоставляет компьютерное геометро-графическое моделирование основанное на построении точной трехмерной модели будущего изделия, детали, других объектов основанием для создания которых являются исходные параметры, полученные на основании расчетов и геометрических законов. Необходимые геометрические параметры, в том числе размеры для изготовления деталей по такой модели могут быть извлечены из численного и графического описания модели в любом сочетании, что дает возможность не учитывать конкретной технологии.

Сегодня не существует еще объективных условий для полного перехода к "бесбумажным" технологиям производства, поэтому традиционные чертежи еще остаются основным средством коммуникации. Их разработка, однако, может строиться на основе новых информационных технологий создания трехмерных компьютерных моделей, что значительно эффективнее традиционных методов, в том числе с использованием компьютера но по традиционной технологии создания чертежа. Рассмотрению новой технологии построения чертежей деталей, изделий и др. объектов на основе ранее созданной их трехмерной модели и посвящена данная работа.

Лабораторная работа предназначена для освоения студентами возможностей преобразования компьютерной трехмерной геометро-графической модели в проекционный чертеж на персональных компьютерах в пределах возможностей системы компьютерного моделирования "Автокад".



В работе рассматриваются основные методы построения компьютерных чертежей на основе использования ранее построенных трехмерных геометрических моделей (ГГМ) тех же деталей (объектов, изделий, схем и т.п.), Описана методика создания таких чертежей на конкретном примере, с подробными пояснениями и рекомендациями,

## 7.2. Порядок выполнения работы

Выполнению работы по построению чертежа заданного комбинированного геометрического тела, с использованием компьютерной моделирующей системы Автокад, должно предшествовать создание его трехмерной компьютерной геометрической модели.

Используем ранее построенную модель, изображенную на обложке работы.

Рекомендуется сначала всей группой выполнить построение одного чертежа комбинированного геометрического тела, рассмотренного ниже под руководством преподавателя, а затем каждому студенту выполнить свой вариант самостоятельно.

Итак, рассмотрим поэтапное построение чертежа комбинированного геометрического тела, приведенного на обложке по его модели.

Заметим, что последовательность действий при построении чертежа не является жестко фиксированной, однако, в целях формирования единой методики, рекомендуется рассмотренный пример выполнить в предлагаемой последовательности и в соответствии с указанными ниже этапами.

После приобретения опыта построения чертежа по модели, рассмотренного в работе, каждому студенту необходимо выполнить построение своего варианта чертежа под руководством преподавателя или самостоятельно.

## 7.3. Загрузка и изучение модели

Работу начинаем с открытия файла модели комбинированного геометрического тела. См. рис. 1. Файл должен быть заранее скопирован на диск компьютера в соответствующую папку, указанную преподавателем.

После загрузки модели, знакомимся с ее проекциями, наглядным изображением, изучаем форму модели в динамическом режиме:

Раздел меню “Вид”

Команда: Орбита > Свободная орбита > перемещая перекрестье курсора обзора модель со всех сторон, Esc

Для построения чертежа на основе модели, отображаем на экране модель без выреза, в виде каркаса:

Раздел меню “Вид” > Визуальные стили >

Команда: 3D каркас

Устанавливаем (проверяем установку) текущей системы координат:  
 Раздел меню “Сервис” > Новая ПСК >  
 Команда: ПСК: Enter Enter

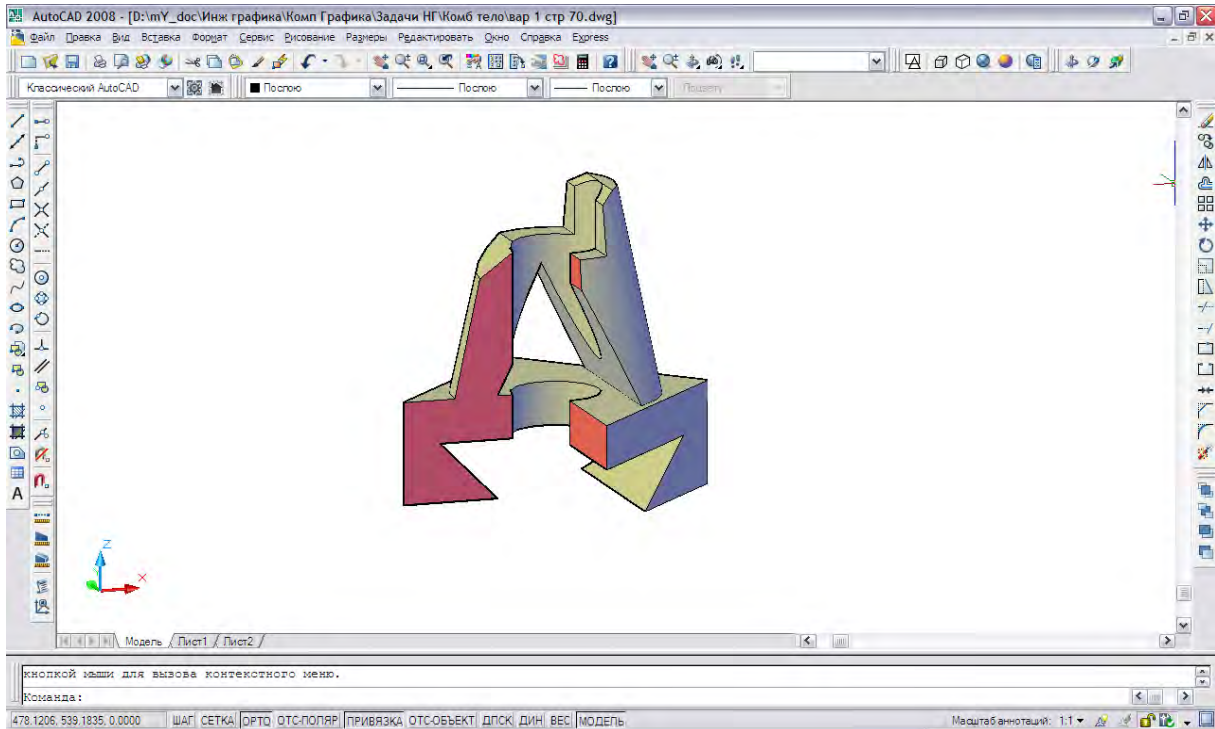


Рис. 1

Отображаем модель в виде проекции на горизонтальную плоскость:  
 Раздел меню “Вид” > 3D виды > Вид в плане > МСК

Удаляем копию модели с вырезом четверти, отображаем установленные пределы чертежа во весь экран:

Раздел меню “Вид” > Зуммирование > Все.

Переносим изображение в левый нижний угол экрана

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Перенести

Выберите объекты: выбрать изображение, Enter

Базовая точка: указать точку правее и выше изображения

Вторая точка: указать точку левее и ниже, отслеживая перемещение. См. рис. 2

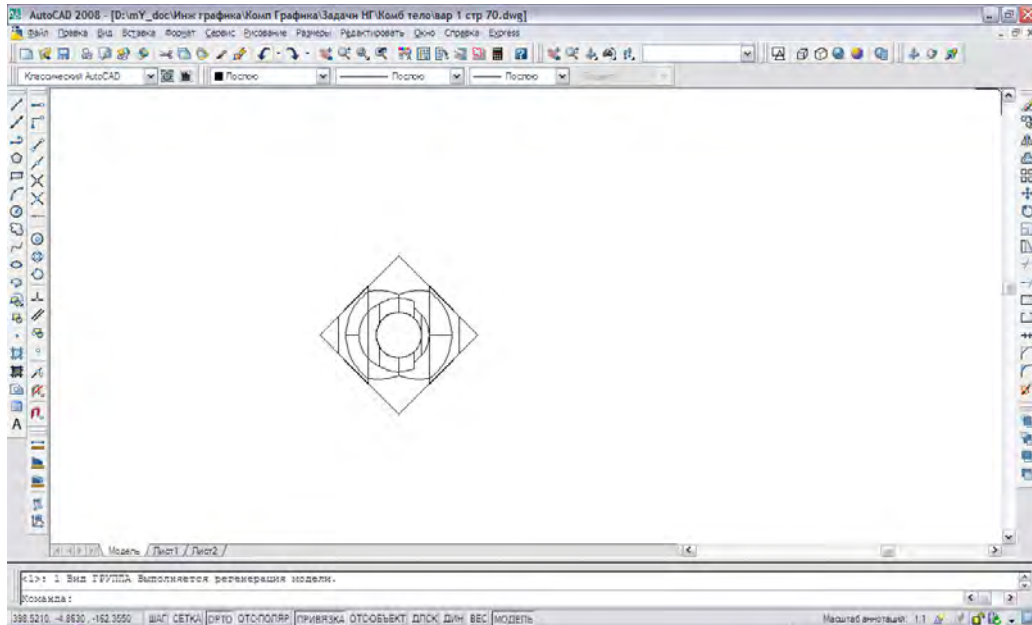


Рис. 2

#### 7.4. Построение проекционного чертежа

Для построения проекций модели выполняем следующие действия:

Раздел меню “Рисование” > Моделирование > Подготовка

Команда: Вид

Задайте опцию: Орто Enter

Укажите сторону видового экрана для проекции:

Строим фронтальную и профильную проекции модели:

Раздел меню “Рисование” Моделирование > Подготовка >

Команда: Вид

Задайте опцию: Орто Enter

Укажите сторону видового экрана для проекции: указать в пространстве листа точку середины нижней стороны видового экрана, как показано на рис. 3

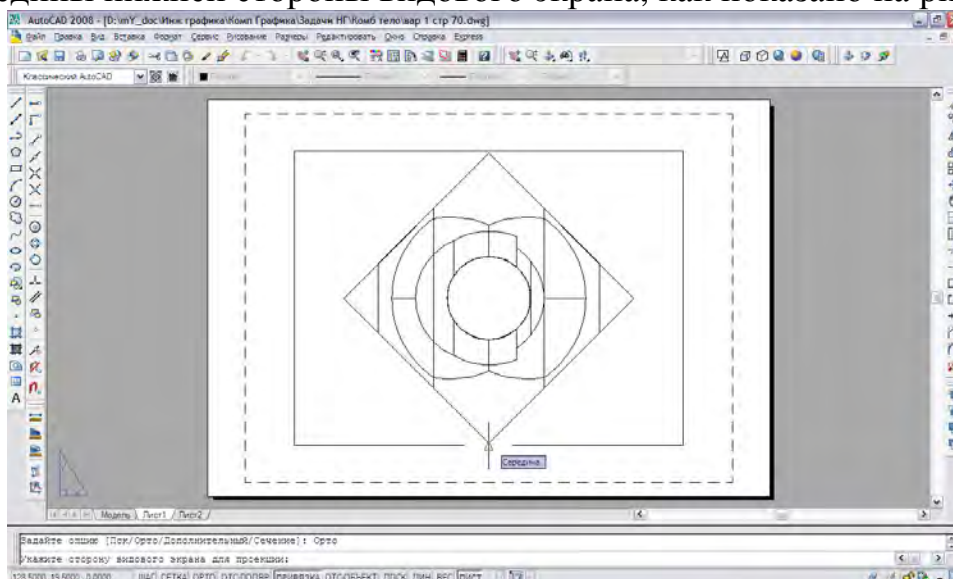


Рис. 3

Центр вида: указать точку центра видового экрана для фронтальной проекции как показано на рис. 4, Enter. (Режим ОРТО отключить).

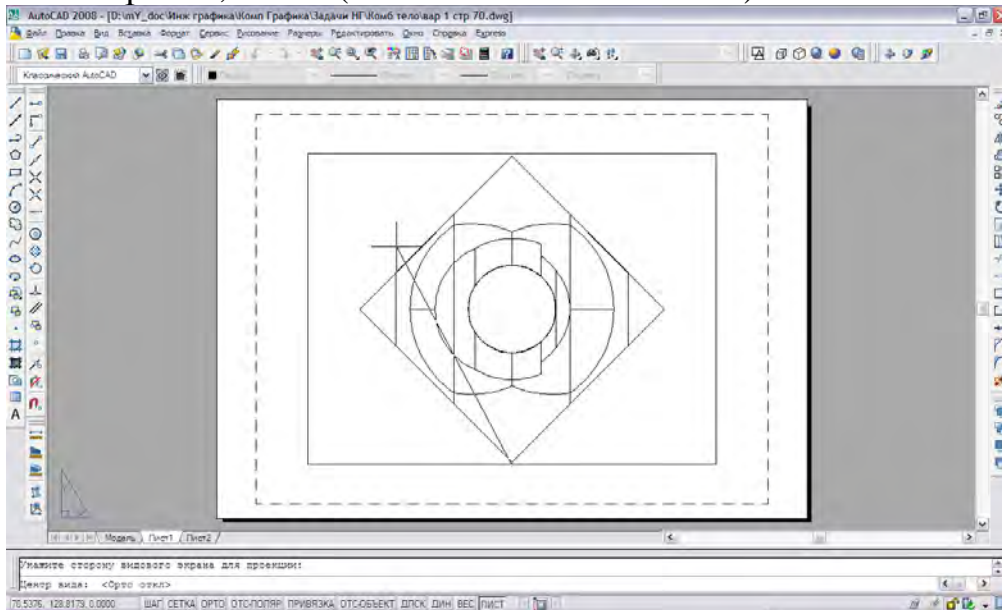


Рис. 4

Первый угол видового экрана: указать точку левее и ниже указанной точки центра видового экрана

Противоположный угол видового экрана: указать точку противоположного угла видового экрана. См. рис. 5.

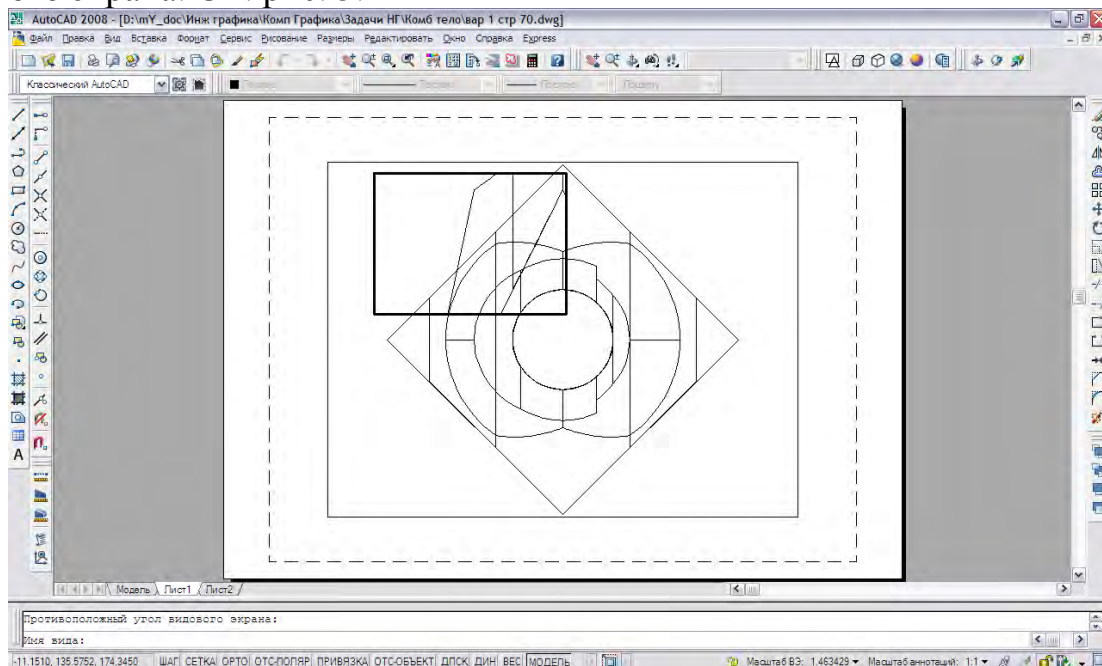


Рис. 5

Имя вида: Спереди Enter

Задайте опцию: Орто Enter

Укажите сторону видового экрана для проекции: указать точку в середине левой стороны полученного видового экрана для построения профильной проекции

Центр вида: указать точку центра видового экрана профильной проекции, Enter.

См. рис. 6.

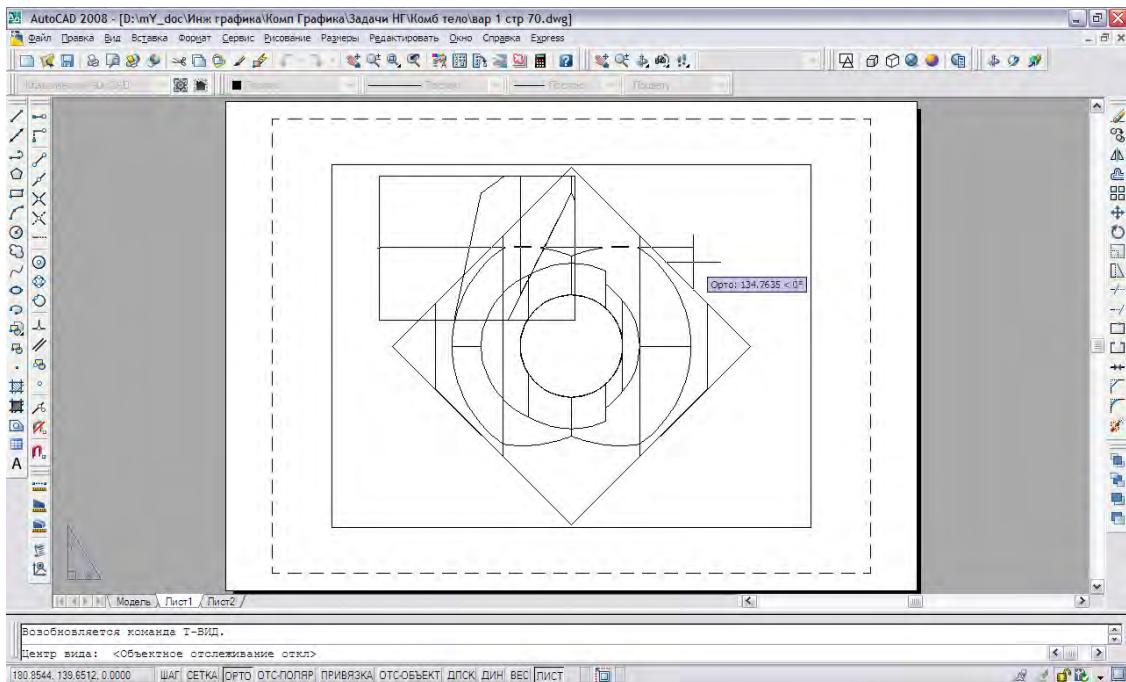


Рис. 6

Первый угол видового экрана: указать точку левее и ниже указанной точки центра видового экрана для профильной проекции

Противоположный угол видового экрана: указать точку противоположного угла видового экрана. См. рис. 7.

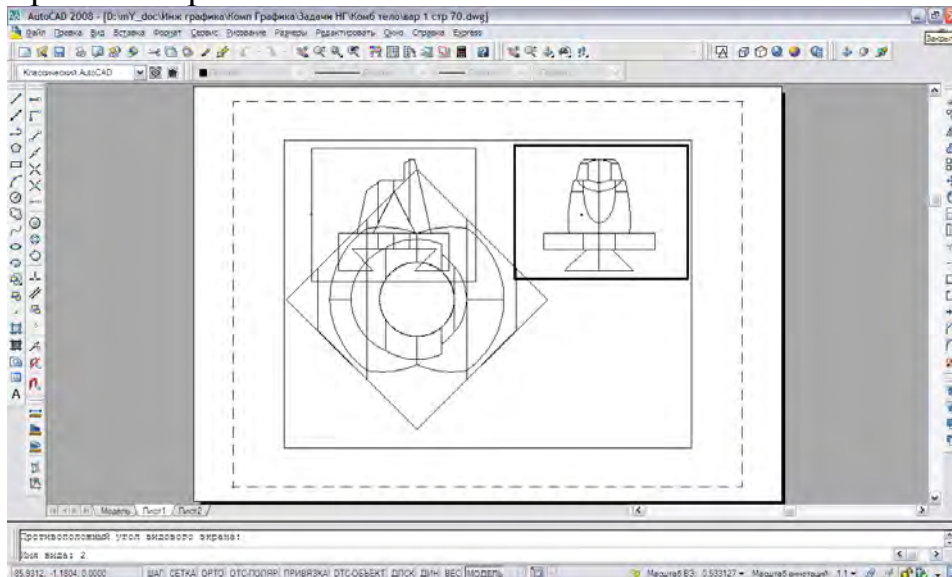


Рис. 7

Имя вида: Слева, Enter

Задайте опцию: Орто Enter

Укажите сторону видового экрана для проекции: указать точку в середине верхней стороны видового экрана фронтальной проекции

Центр вида: указать точку центра видового экрана горизонтальной проекции, Enter.

Первый угол видового экрана: указать точку левее и ниже указанной точки



центра видового экрана для горизонтальной проекции  
 Противоположный угол видового экрана: указать точку противоположного угла  
 видового экрана. См. рис. 8.

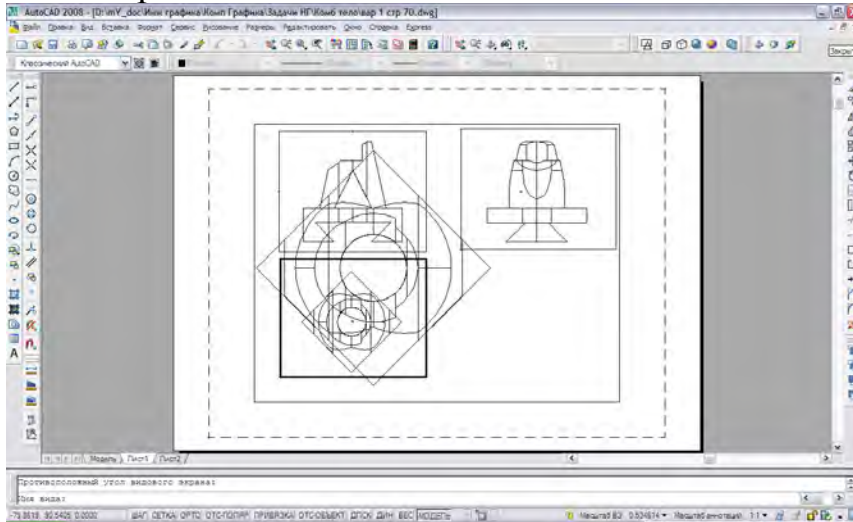


Рис. 8

Имя вида: Сверху Enter Enter

Создаем проекции модели в видовых экранах

Раздел меню “Рисование” Моделирование > Подготовка >

Команда: Чертеж

Выберите видовые экраны для построений...выберите объекты: указать  
 прямоугольник видового окна фронтальной проекции, Enter

Повторить команду для всех видовых экранов.

Удалим изображение модели и для удобства выполнения дальнейших  
 построений, перейдем обратно в пространство модели.

Установим аксонометрическое изображение всех трех проекций на экране  
 с помощью управления видами в пространстве модели

Раздел меню “Вид” > Орбита > Свободная орбита.

См. рис. 9.

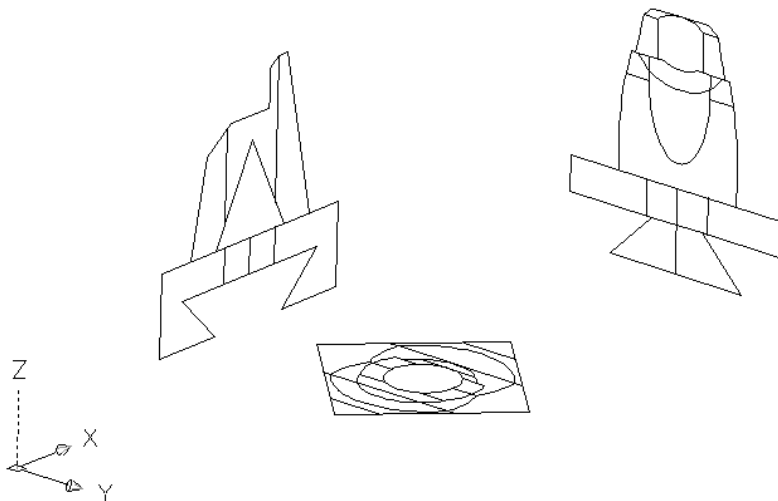


Рис. 9

## 7.5. Формирование чертежа

Полученные проекции расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях. Для оформления чертежа, их необходимо переместить в одну – горизонтальную плоскость. Для этого переустановим систему координат:

Раздел меню “Сервис” > Новая ПСК > 3 точки

Новое начало координат: указать (с привязкой) левую нижнюю угловую точку фронтальной проекции

Точка на положительном луче оси X: указать (с привязкой) правую нижнюю угловую точку фронтальной проекции

Точка на положительном луче оси Y в плоскости XY ПСК: указать (с привязкой) любую точку контура фронтальной проекции выше основания.

Скопируем (вырежем) фронтальную проекцию в буфер памяти

Раздел меню “Правка”

Команда: Вырезать

Выберите объекты: выбрать изображение фронтальной проекции, Enter.

Вернемся в Мировую систему координат:

Раздел меню “Сервис” > Новая ПСК > МСК

Вставим изображение фронтальной проекции в горизонтальную плоскость:

Раздел меню “Правка” > Вставить

Точка вставки: указать в динамическом режиме примерно в проекционной связи точку вставки фронтальной проекции относительно горизонтальной проекции. См. рис. 10.

Аналогично поступим с изображением профильной проекции: сначала установим новую ПСК в плоскости профильной проекции, вырежем изображение, вернемся в МСК и вставим в горизонтальную плоскость изображение профильной проекции примерно в проекционной связи. См. рис. 11

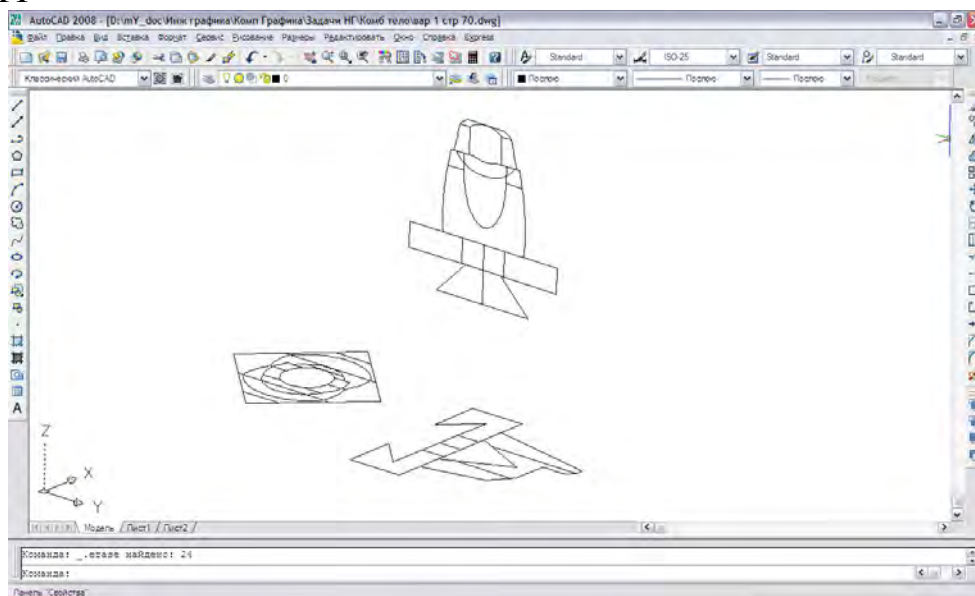


Рис. 10

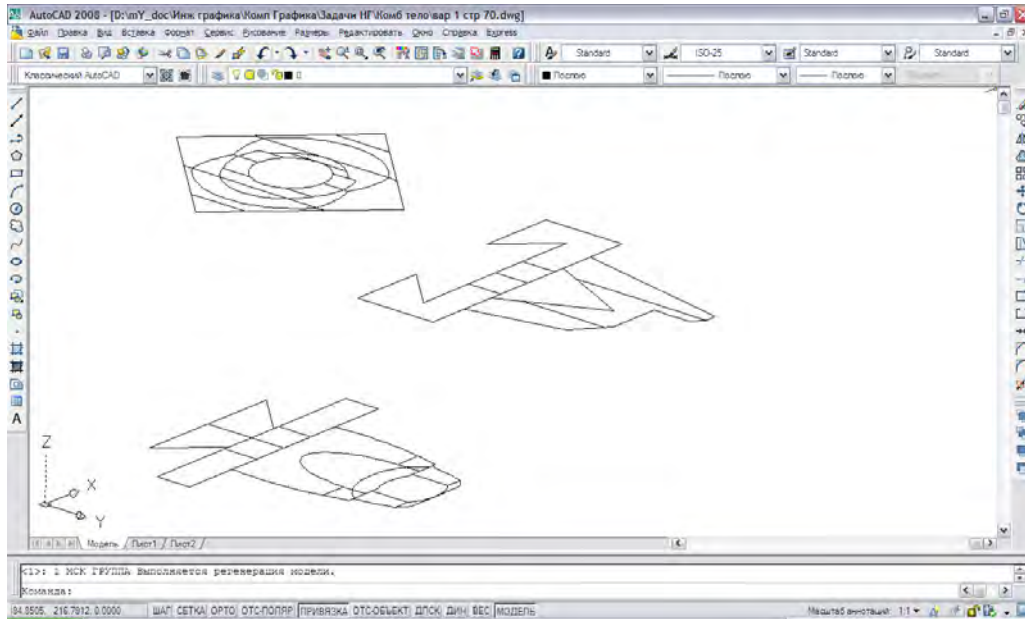


Рис. 11

## 7.6. Оформление чертежа

Вернемся к отображению чертежа ортогонально горизонтальной плоскости проекций

Раздел меню “Вид” > 3D виды > Вид в плане > МСК

Перенесем изображения проекций в проекционную связь, вычертив оси проекций, используя геометрическую привязку. См. рис. 12.

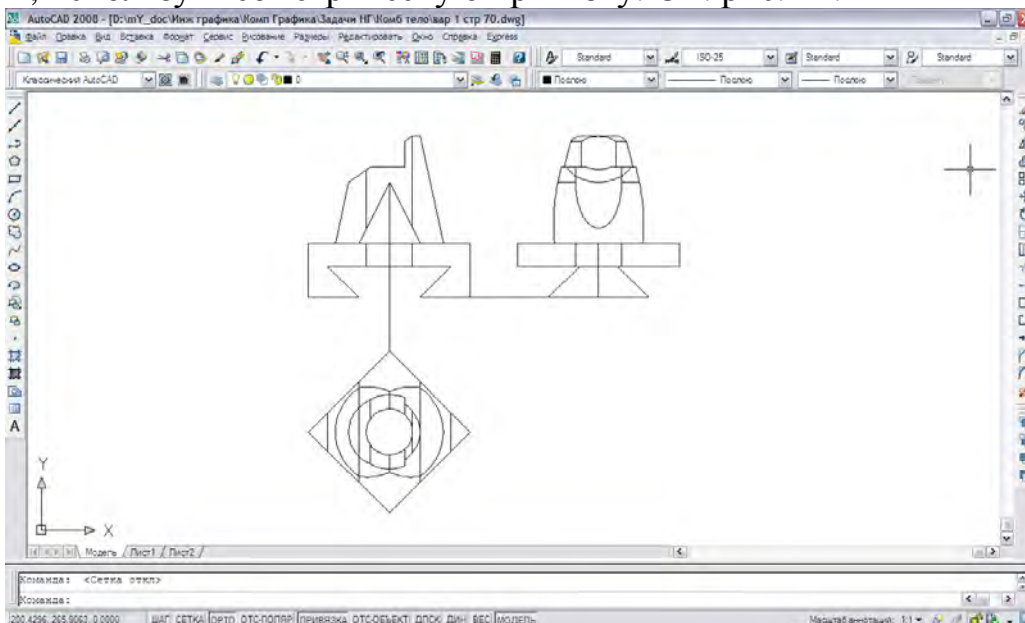


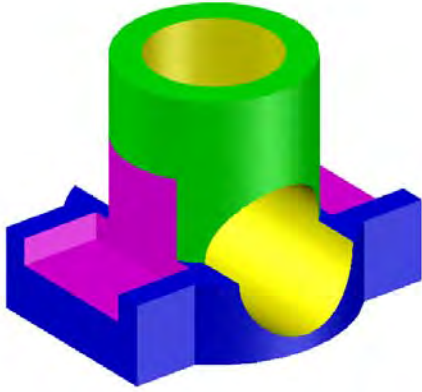
Рис. 12

Далее выполняем необходимые разрезы, проставляем размеры, оформляем осевые линии, задаем толщину контурных линий, вставляем формат, заполняем основную надпись. Готовый чертеж см. на рис. 13.

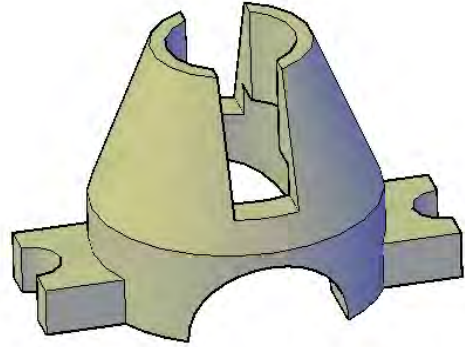




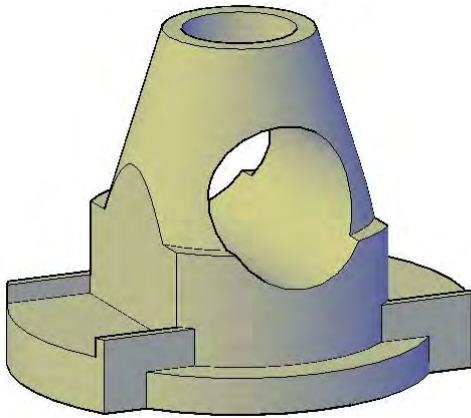
## Варианты заданий



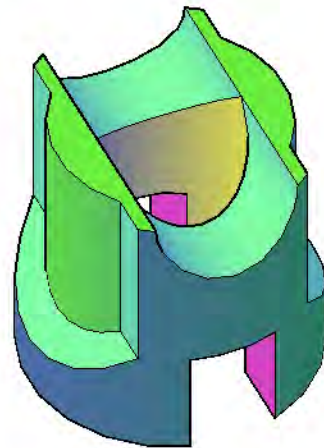
Вар. 1



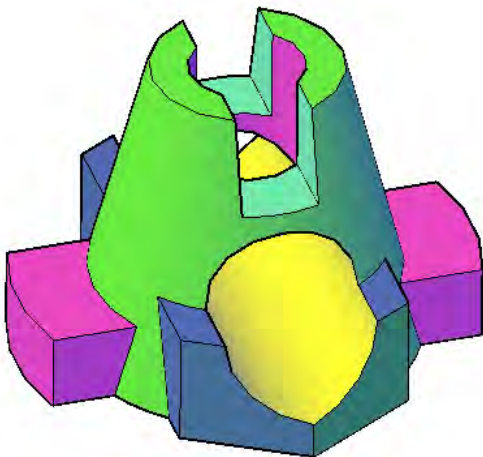
Вар. 2



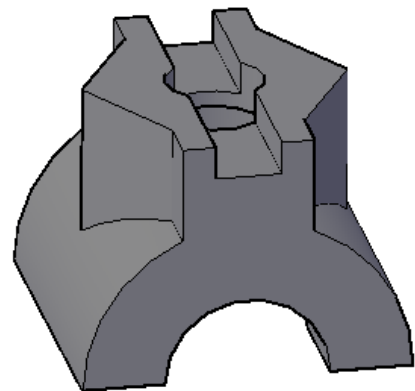
Вар. 3



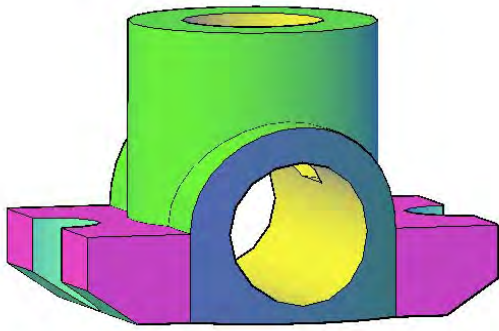
Вар. 4



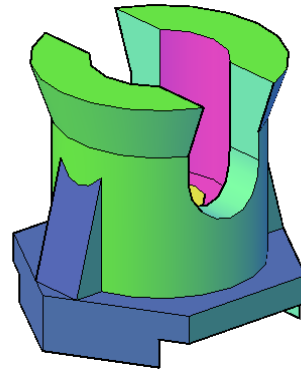
Вар. 5



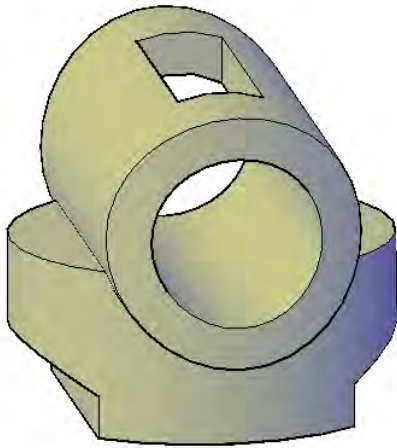
Вар. 6



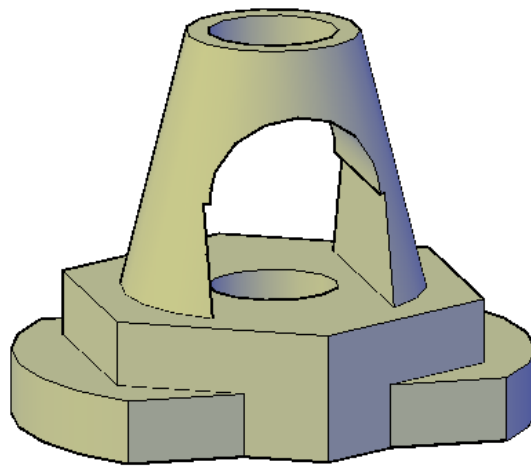
Bap 7



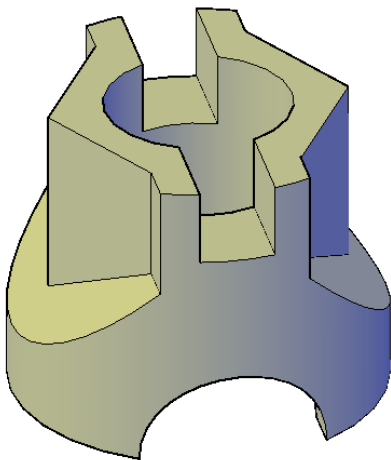
Bap 8



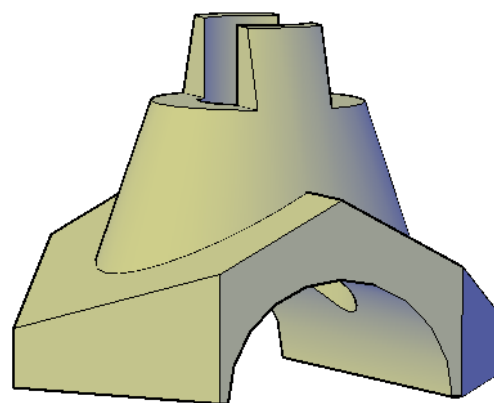
Bap 9



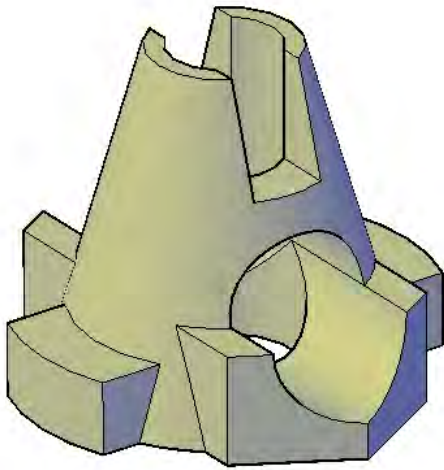
Bap 10



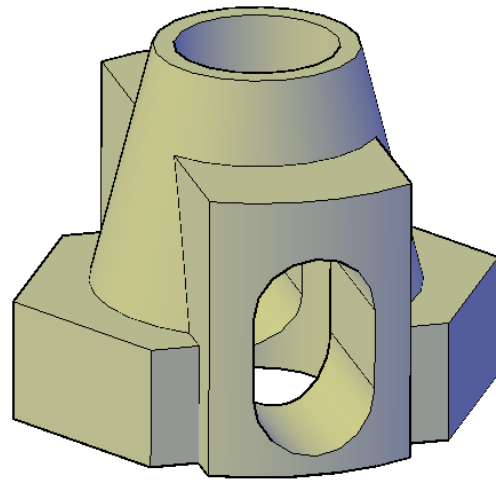
Bap 11



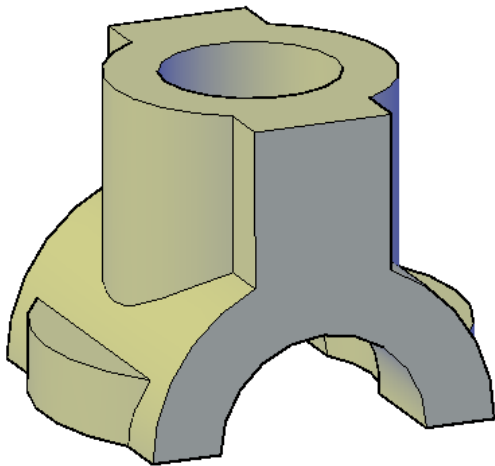
Bap 12



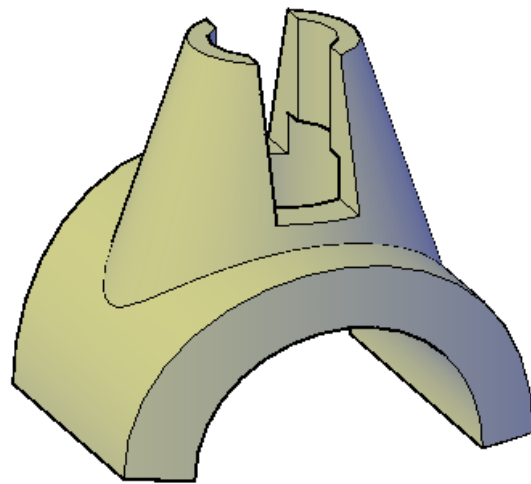
Bap 13



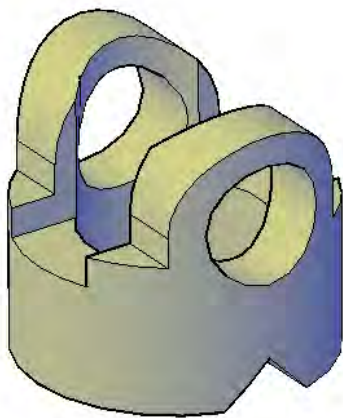
Bap 14



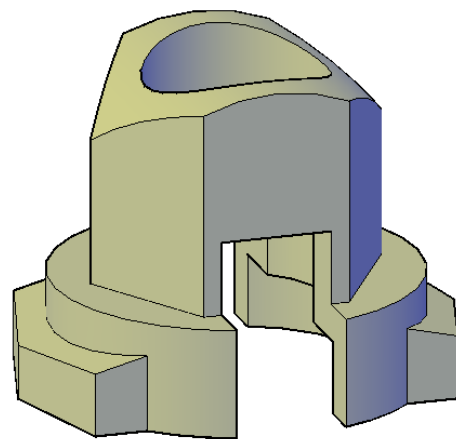
Bap 15



Bap 16



Bap 17



Bap 18

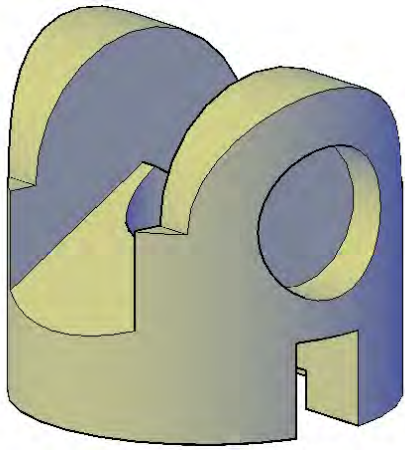


Рис 19

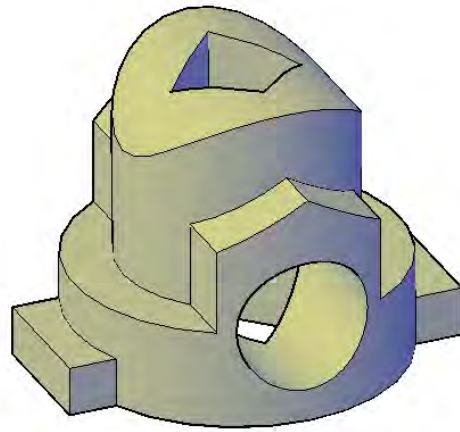


Рис 20

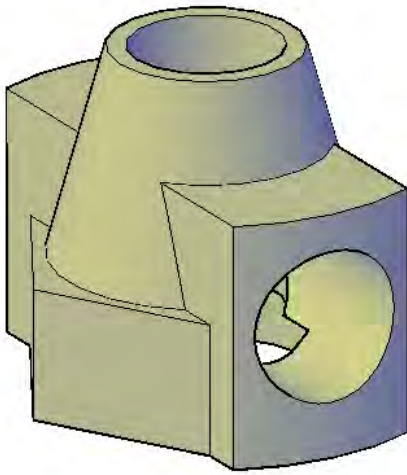


Рис 21

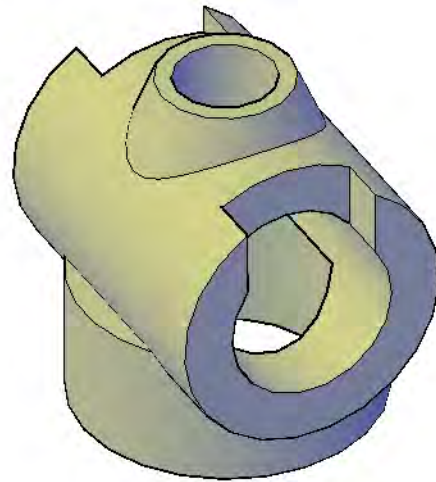
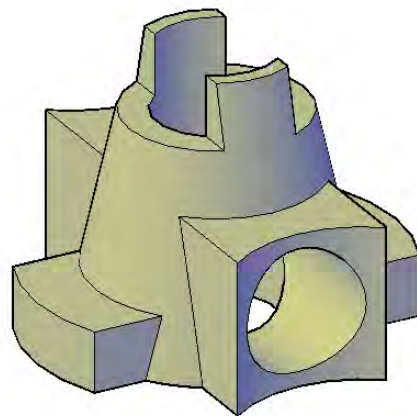


Рис 22



Вар 23



Вар 24



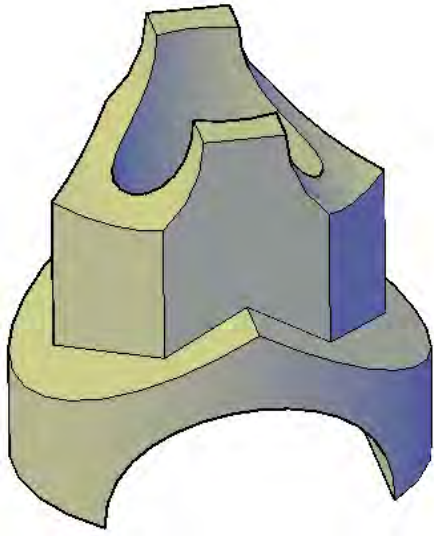


Рис 25

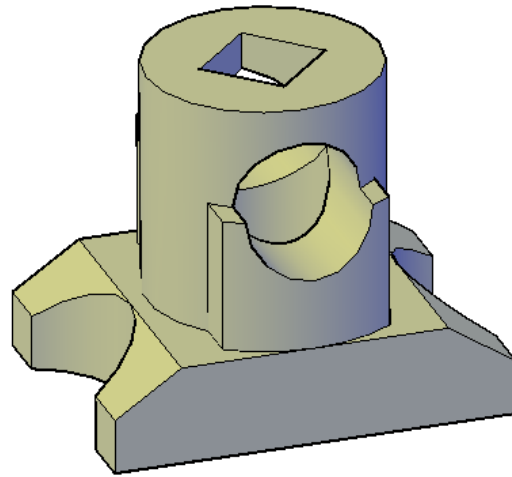


Рис 26

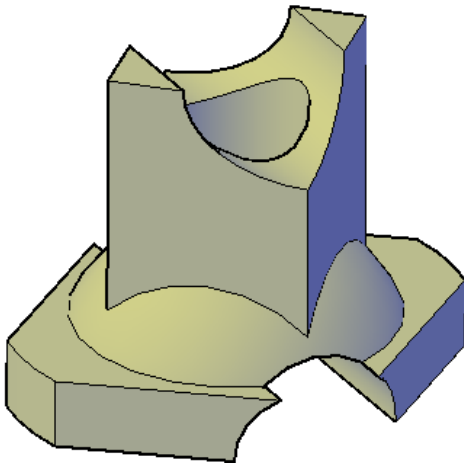


Рис 27

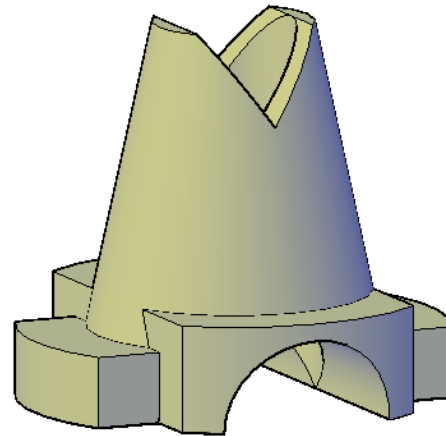


Рис 28

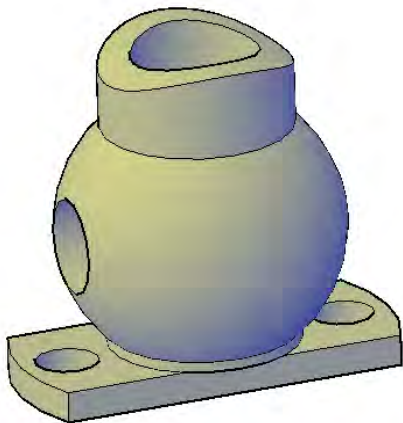


Рис 29

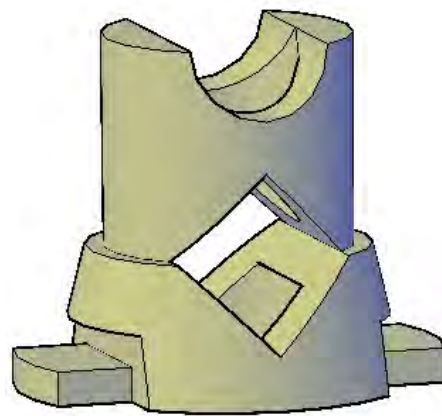
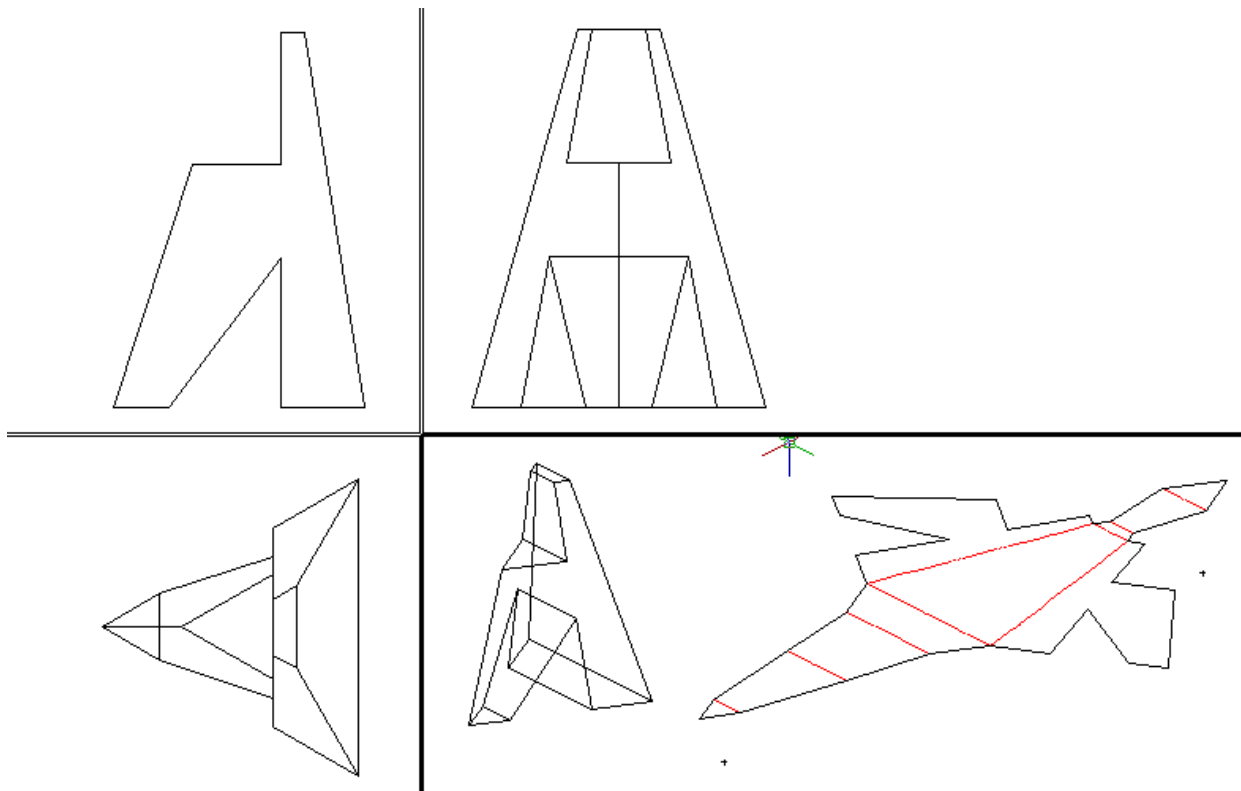


Рис 30

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

### Построение развертки поверхности пирамиды



#### Цель работы:

- сформировать у студентов представления и навыки построения на ПК развертки поверхности гранного геометрического тела на основе построения и преобразований его 3-мерной компьютерной модели, создаваемой в виртуальном трехмерном пространстве.

#### Задачи:

- ознакомить студентов с возможностями построения на ПК 3-мерных геометро-графических моделей гранных геометрических тел;
- освоить методику, особенности компьютерных методов создания 3-мерной модели гранного геометрического тела (пирамиды) и построения развертки его поверхности;
- освоить методику решения задачи построения развертки гранного геометрического тела (пирамиды), используя ее 3-мерную компьютерную геометро-графическую модель;
- закрепить знания, полученные в предыдущих лабораторных работах и развить умения и навыки практического построения и преобразований на ПК точных 3-мерных моделей геометрических тел.

## 8.1. Введение

Традиционная методика построения развертки гранных геометрических тел основана на технологии вычерчивания их плоских проекционных изображений и выполнении последующих преобразований методами начертательной геометрии, с целью определения натуральных величин граней. Для определения натуральных величин граней используются методы замены плоскостей проекций, вращения вокруг линий уровня.

Использование компьютера для повышения точности результатов, снижения трудоемкости решения задачи возможно в нескольких вариантах:

- реализация решения задачи по традиционной методике, т.е. решение задачи в интерактивном режиме работы с системой инженерной компьютерной графики (например в Автокаде, Компасе, многих других системах). При этом точность решения достигается заданной, но трудоемкость, если и снижается, то весьма незначительно. Кроме того, возможность дальнейшего использования построенной для решения задачи плоской проекционной компьютерной модели не очевидна;

- решение задачи на основе построения и преобразований 3-мерной проволочно-каркасной компьютерно-графической модели также в интерактивном режиме, в той же или иной системе инженерной компьютерной графики. Преимуществом такого варианта решения задачи является упрощение процесса создания модели, недостатком – необходимость создания модели только для решения одной задачи;

- использование ранее построенной (например, при проектировании) 3-мерной твердотельной модели и решение на основе этой модели ряда задач, в том числе построение развертки поверхности;

- и, наконец, предельно эффективным в реализации результатов, но наиболее трудоемким в подготовке к реализации и ограниченным в использовании, является вариант автоматического построения развертки на основе разработки специализированной компьютерной программы, например на языке программирования AutoLISP в Автокаде. Трудоемкость подготовительного этапа несравнимо выше предыдущих вариантов, а ограниченность применения заключается в необходимости рассмотрения конкретной (в лучшем случае типовой), хотя и параметрической модели. Этот вариант следует выбирать только в экономически обоснованных случаях.

Таким образом, из анализа рассмотренных вариантов, нетрудно сделать вывод о том, что наиболее оптимальным является третий вариант. Его и рассмотрим более детально.

Лабораторная работа знакомит студентов с методами 3-мерного графического моделирования в пределах возможностей системы компьютерного моделирования на примере построения развертки пирамиды.

В работе рассматривается методика наиболее эффективного построения развертки гранного геометрического тела, традиционно выполняемая с применением методов начертательной геометрии.



## 8.2. Порядок выполнения работы

Выполнению работы по построению развертки пирамиды на основе ее 3-мерной модели, с использованием компьютерной моделирующей системы Автокад, должно предшествовать предварительное изучение студентами базовых возможностей выполнения построений и редактирования 3-мерных твердотельных компьютерных геометро-графических моделей.

После изучения методики построения 3-мерных твердотельных моделей, рекомендуется сначала всей группой выполнить построение развертки поверхности одного варианта пирамиды, рассмотренного ниже под руководством преподавателя, а затем каждому студенту выполнить свой вариант самостоятельно.

Поскольку ранее построенной рассматриваемой модели пирамиды может не оказаться в нашем распоряжении, а также в целях закрепления навыков студентов в построении 3-мерных твердотельных моделей в Автокаде, начнем с построения модели, изображенной на обложке по ее чертежу (см. рис. 1).

Заметим, что последовательность действий при построении модели не является жестко фиксированной, однако, в целях формирования единой методики, рекомендуется рассмотренный пример выполнить в предлагаемой последовательности и в соответствии с указанными ниже этапами.

После приобретения некоторого опыта, каждому студенту необходимо выполнить построение своего варианта модели под руководством преподавателя или самостоятельно.

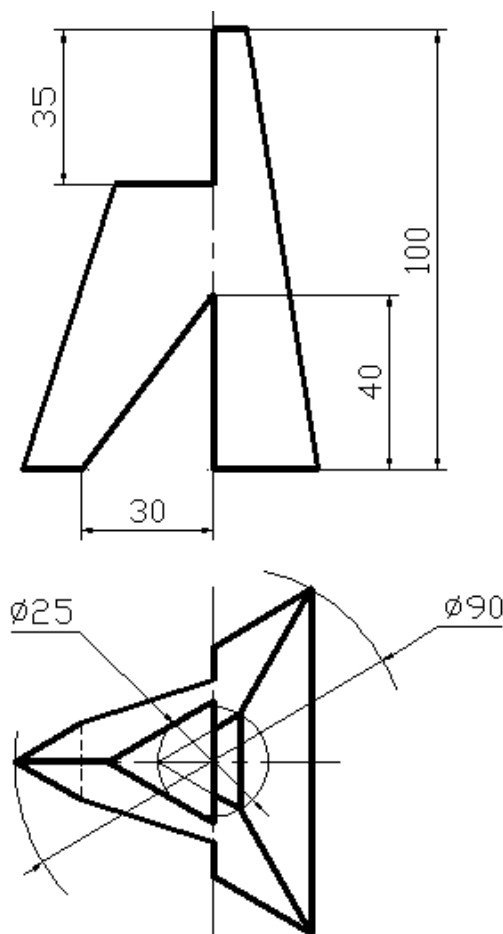


Рис. 1 Чертеж пирамиды (задание)

### 8.3. Построение модели пирамиды

После загрузки системы, на экране ПК появляется рабочее поле для создания модели, интерфейс пользователя (система меню) и приглашение к работе – “Команда:” в текстовом окне. На начальном этапе освоения методов работы с системой, рекомендуется использовать для ввода команд стандартное меню (вторая строка сверху).

Перед началом построений следует установить (проверить) текущие параметры системы: пространство модели, текущую систему координат, пределы создания и отображения модели.

Раздел меню – “Сервис”>Новая ПСК >МСК

Раздел меню – “Формат”

Команда: Лимиты

Левый нижний угол: 0,0

Правый верхний угол: 420,297

Далее установить отображение пределов на экране. Раздел меню – “Вид”

Команда: Зуммирование – Все

Построения начинаем в текущей горизонтальной плоскости построений Мировой (абсолютной) системы координат.

Приступаем к построению осевых линий. Проверяем, включен ли режим

ортогонального черчения. Меню режимов. Режим ОРТО должен быть включен (кнопка утоплена).

Далее - Раздел меню – “Рисование”

Команда: Отрезок

Первая точка: указывается на экране произвольно

Следующая точка: см. рис.1.

Завершаем построение – Enter, повторяем команду – Enter

Первая точка: произвольно

Следующая точка: см. рис.1.

Завершаем построение – Enter, повторяем команду – Enter

Первая точка: указываем объектной привязкой точку пересечения осей

Следующая точка: @0,0,100

Завершаем построение – Enter, см. рис.1а.

Затем, для дальнейших построений, рекомендуется установить отображение координатных осей в виде их аксонометрической проекции на плоскость экрана с помощью

Раздел меню – “Вид”> 3М орбита

или соответствующей пиктограммы в панели инструментов, повернуть курсором оси вместе с пиктограммой отображения координатных осей, удерживая левую клавишу мыши до положения, как показано на рис. 2.

Эта процедура требует определенных навыков управления отображением модели в трехмерном виртуальном пространстве, поэтому рекомендуется ей уделить внимание и время до получения определенных навыков.

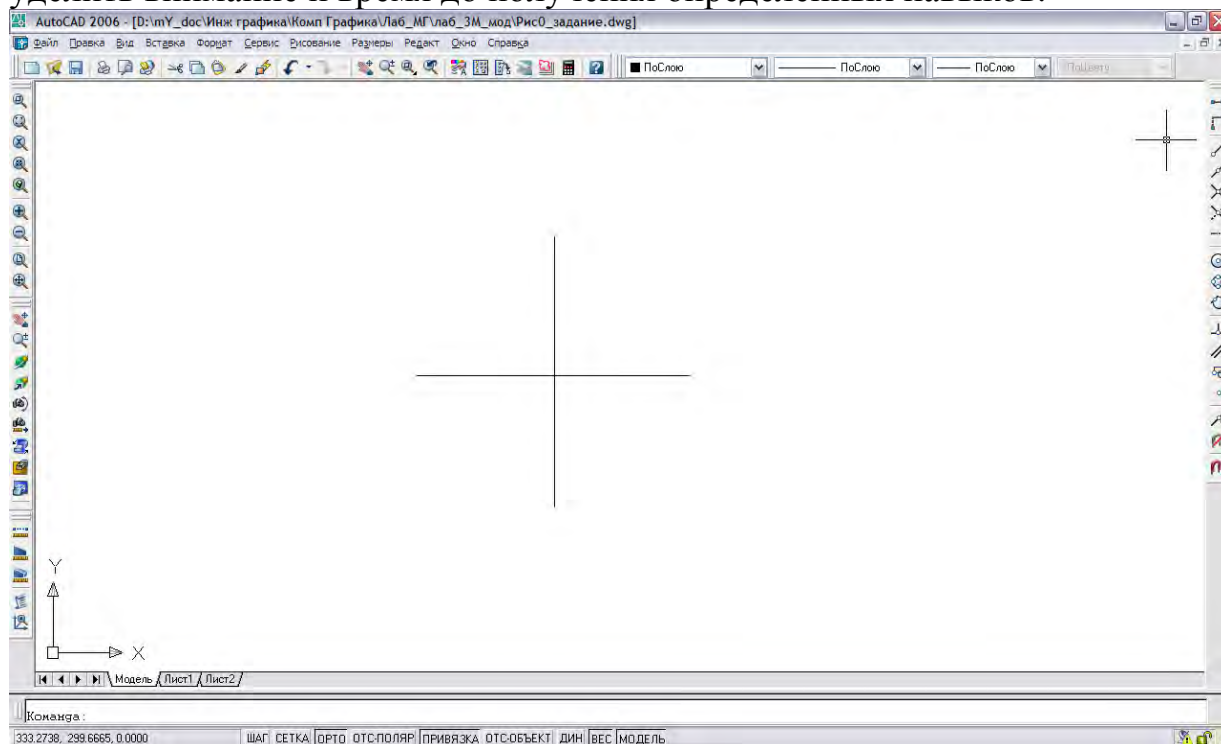


Рис. 2

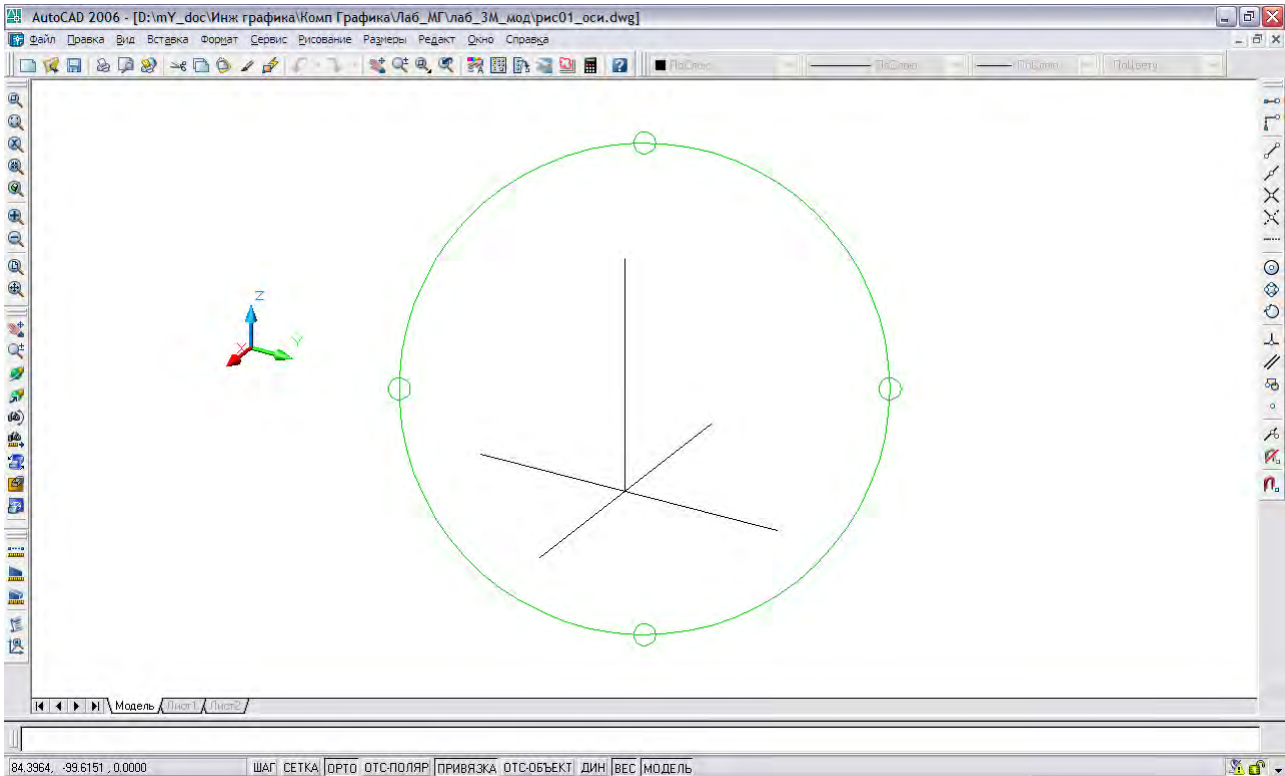


Рис. 3

Дальнейшие построения выполняем в таком отображении. При необходимости, меняем отображение с целью большей наглядности или для удобства выбора объектов и точек объектной привязки.

### 8.3.1. Построение исходной пирамиды

Раздел меню “Рисование”>

Моделирование >

Команда:

ПИРАМИДА

4 сторон Описанный

Центральная точка основания или

[Кромка/Стороны]: с

Число сторон <4>: 3

Центральная точка основания или

[Кромка/Стороны]: указать с привязкой

точку пересечения осей

Радиус основания или [Вписанный]: в

Радиус основания или [Описанный]: 45

Высота или [2Точки/Конечная точка оси/

Радиус верхнего основания]: р

Радиус верхнего основания <0>: 12.5

Высота или [2Точки/Конечная точка оси]: 100

См. рис. 4.

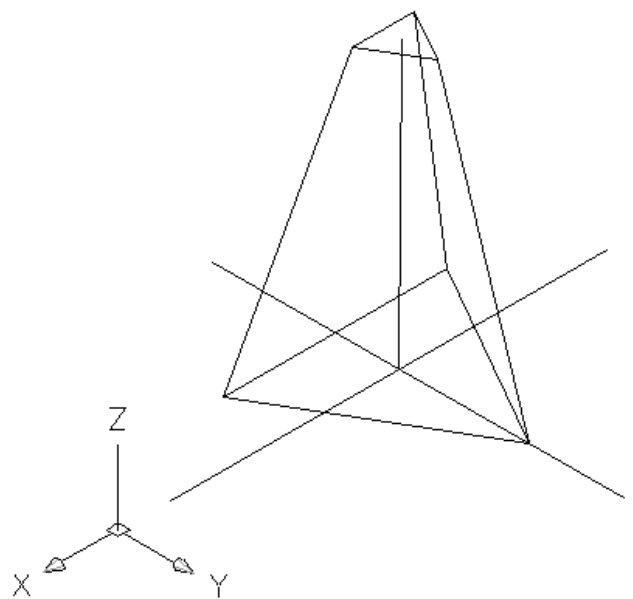


Рис.4

### 8.3.2. Изменение ориентации модели

Поворачиваем пирамиду относительно координатных осей.

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Повернуть

Выберите объекты: указать курсором

Пирамиду Enter

Базовая точка: указать с привязкой точку пересечения осей

Угол поворота или [Копия/Опорный угол] <0>: -90

См. рис. 5

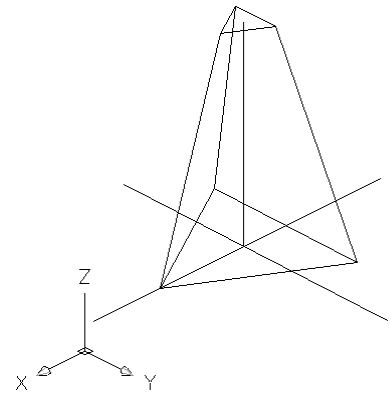


Рис. 5

### 8.3.3. Изменение системы координат

Устанавливаем систему координат так, чтобы плоскость построений XOY совпадала с вертикальной плоскостью.

Раздел меню “Сервис” > Новая ПСК >

Команда: ПСК > 3 точки

Новое начало координат <0,0,0>: указать курсором с привязкой точку пересечения осей основания пирамиды

Точка на положительном луче оси X: указать курсором с привязкой конечную точку оси основания пирамиды, совпадающую с отрицательным направлением оси X

Точка на положительном луче оси Y в плоскости XY ПСК: указать с привязкой конечную точку вертикальной оси пирамиды.

См. рис. 6.

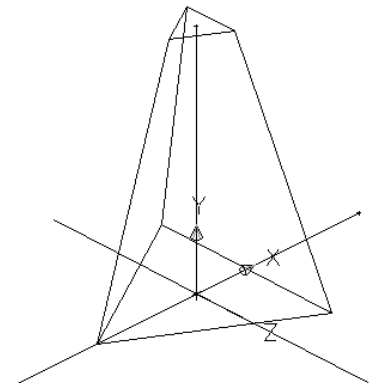


Рис. 6

### 8.3.4. Формирование контуров вырезов

В текущей плоскости построений XOY строим контуры выреза в пирамиде.

Раздел меню “Рисование”

Команда: Полилиния

Начальная точка: указать с привязкой точку пересечения осей (начала координат)

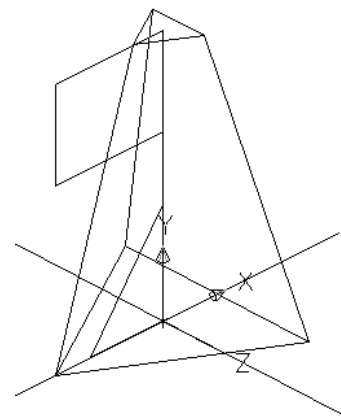
Следующая точка: -30,0

Следующая точка: 0,40

Следующая точка: 3 (замкнуть)

Строим второй контур.

Раздел меню “Рисование”



Команда: Полилиния

Начальная точка: указать с привязкой  
конечную точку вертикальной оси

Следующая точка: @0,-35

Следующая точка: @-45,0

Следующая точка: @0,35

Следующая точка: 3 (замкнуть)

См. рис. 7.

### 8.3.5. Выдавливание тел вырезов

Выдавливаем построенные контуры  
вырезов для формирования вырезаемых  
объемов.

Раздел меню “Рисование” > Моделирование >

Команда: Выдавить

Выберите объект для выдавливания:

выбрать два последних построенных контура,  
Enter

Высота выдавливания: 100, Enter

Центрируем построенные объемы,  
относительно пирамиды

Раздел меню “Редактировать” >

Команда: Перенести

Выберите объекты: указать курсором  
последние построенные объемы, Enter

Базовая точка: указать курсором

Произвольную точку в области построений

Вторая точка: @0,0,-50 Enter. См. рис. 8.

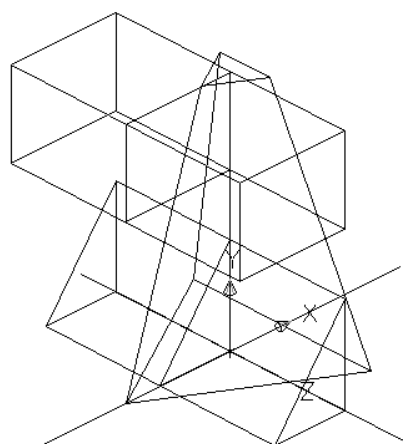


Рис. 8

### 8.3.6. Вычитание объемов вырезов

Раздел меню “Редактировать” >  
“Редактирование тела”

Команда: Вычитание

Выберите объекты: указать курсором пирамиду,  
Enter

Выберите объекты: указать курсором последние  
построенные объемы, Enter

Удаляем осевые линии

Выбираем курсором осевые линии, нажимаем  
клавишу “Del”. Модель построена.

См. рис. 9.

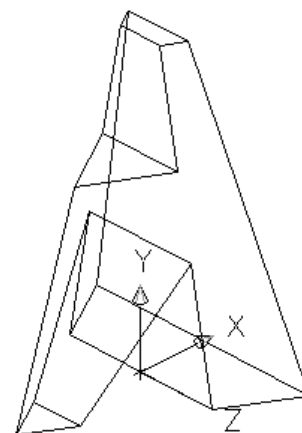


Рис. 9

## 8.4. Построение развертки поверхности пирамиды

### 8.4.1. Возврат к абсолютной (мировой) системе координат

и начало построения развертки

Раздел меню “Сервис” > Новая ПСК >

Команда: МСК

Раздел меню “Вид” > Отображение >

Знак ПСК > Начало

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Расчленить

Выберите объекты: указать курсором на пирамиду, Enter

Команда: Копировать

Выберите объекты: выбрать курсором больший контур нижнего основания пирамиды, Enter

Базовая точка: указать точку внутри контура

Укажите вторую точку: указать точку правее на свободном месте.

См. рис.10.

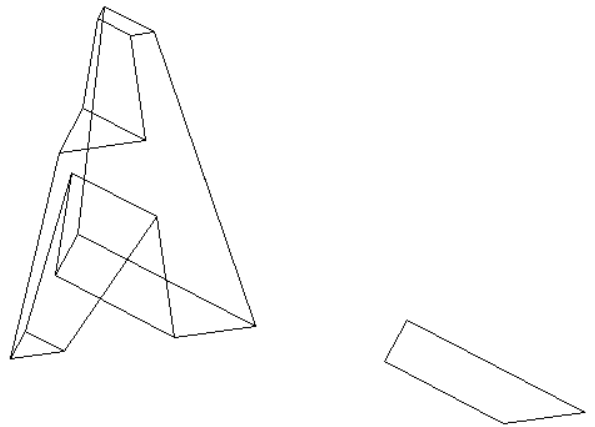


Рис. 10

### 8.4.2. Копирование задней грани в плоскость развертки

Совмещаем плоскость ХОУ текущей системы координат с задней гранью пирамиды

Раздел меню “Сервис” > Новая ПСК >

Команда: 3 точки

Новое начало координат <0,0,0>: указать с привязкой левый нижний угол задней грани

Точка на положительном луче оси X: указать правый нижний угол задней грани

Точка на положительном луче оси Y в плоскости ХУПСК: указать левый верхний угол задней грани

Далее копируем заднюю грань в буфер памяти

Раздел меню “Правка”

Команда: Копировать с базовой точкой

Базовая точка: указать левый нижний угол задней грани

Выберите объекты: выбрать заднюю грань, Enter

Вернуться в мировую систему координат

Раздел меню “Сервис” > Новая ПСК >

Команда: МСК

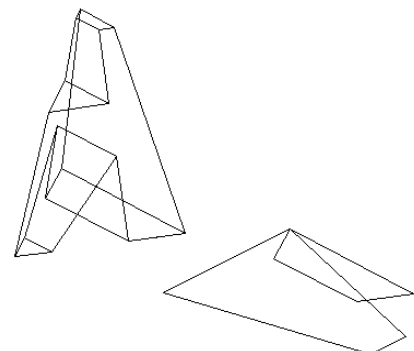


Рис. 11

Вставить заднюю грань в плоскость развертки  
 Раздел меню “Правка”  
 Команда: Вставить  
 Точка вставки: указать левый верхний угол основания пирамиды на развертке.  
 См. рис. 11.

### 8.4.3. Совмещение граней в развертке

Поворачиваем заднюю грань пирамиды в плоскости развертки  
 Раздел меню “Редактировать”  
 Команда: Повернуть  
 Выберите объекты: выбрать скопированную заднюю грань пирамиды в плоскости развертки, Enter  
 Базовая точка: указать точку поворота грани  
 Угол поворота: указать правый верхний угол основания пирамиды на развертке.  
 См. рис. 12.

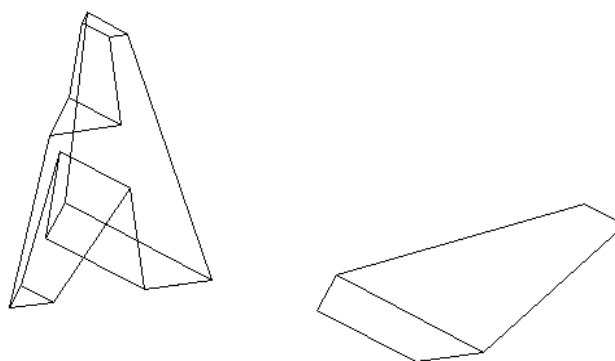


Рис. 12

### 8.4.4. Копирование и совмещение

#### всех граней пирамиды в цельную развертку

Действуя аналогично этапам 9 и 10 в отношении каждой грани пирамиды, последовательно, получим полную развертку пирамиды. См. рис. 13.

Для построения симметричной второй боковой грани пирамиды рекомендуется использовать команду “Зеркало”. Части верхнего и промежуточного оснований рекомендуется скопировать на развертку и также воспользоваться командой “Зеркало”, но с удалением скопированной грани при построении зеркального отображения.

При повороте скопированных граней пирамиды в плоскости развертки, при необходимости, следует воспользоваться опцией “Опорный угол” команды “Повернуть”.

После построения полной развертки целесообразно проанализировать возможность наиболее рационального расположения граней, проверив полученные результаты из условия минимальной площади описанного прямоугольника (или периметра развертки).



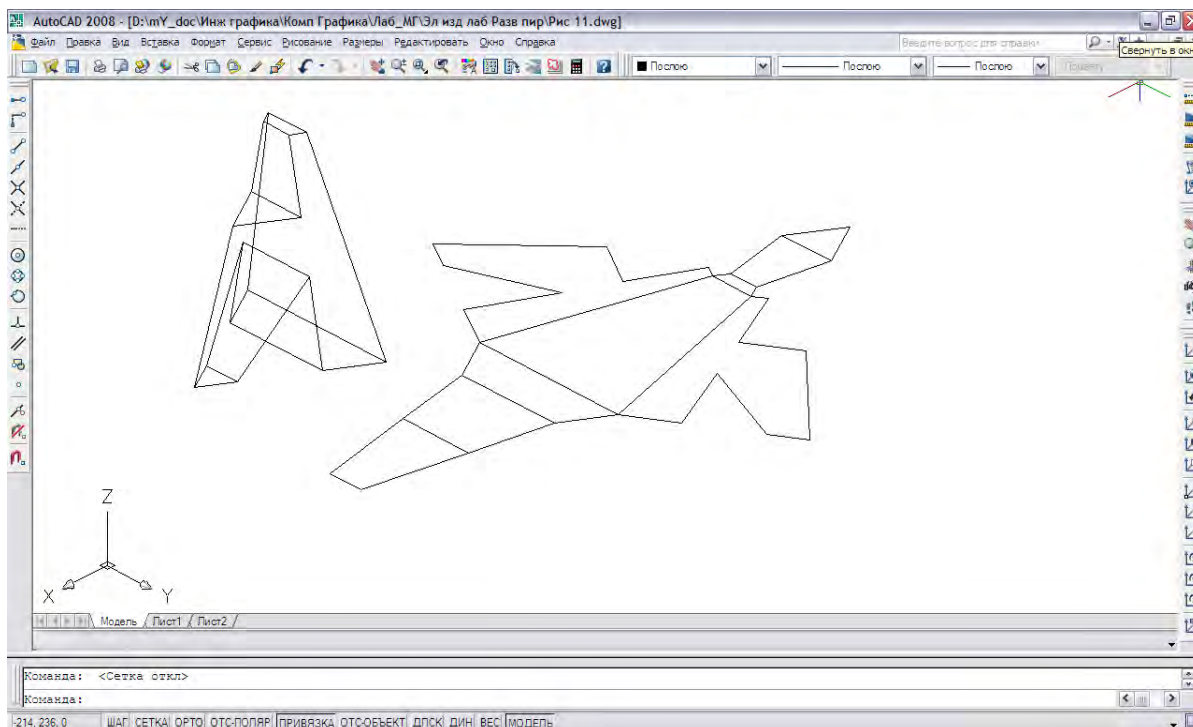


Рис. 13

### ***Сохранение чертежа***

Для сохранения модели используем команду “Сохранить как...” (меню “Файл”). Чертеж сохраняем в файле: Студенты/№группы/Фамилия/Модель\_№ варианта с полным отображением.

### **8.5. Выводы. Варианты заданий**

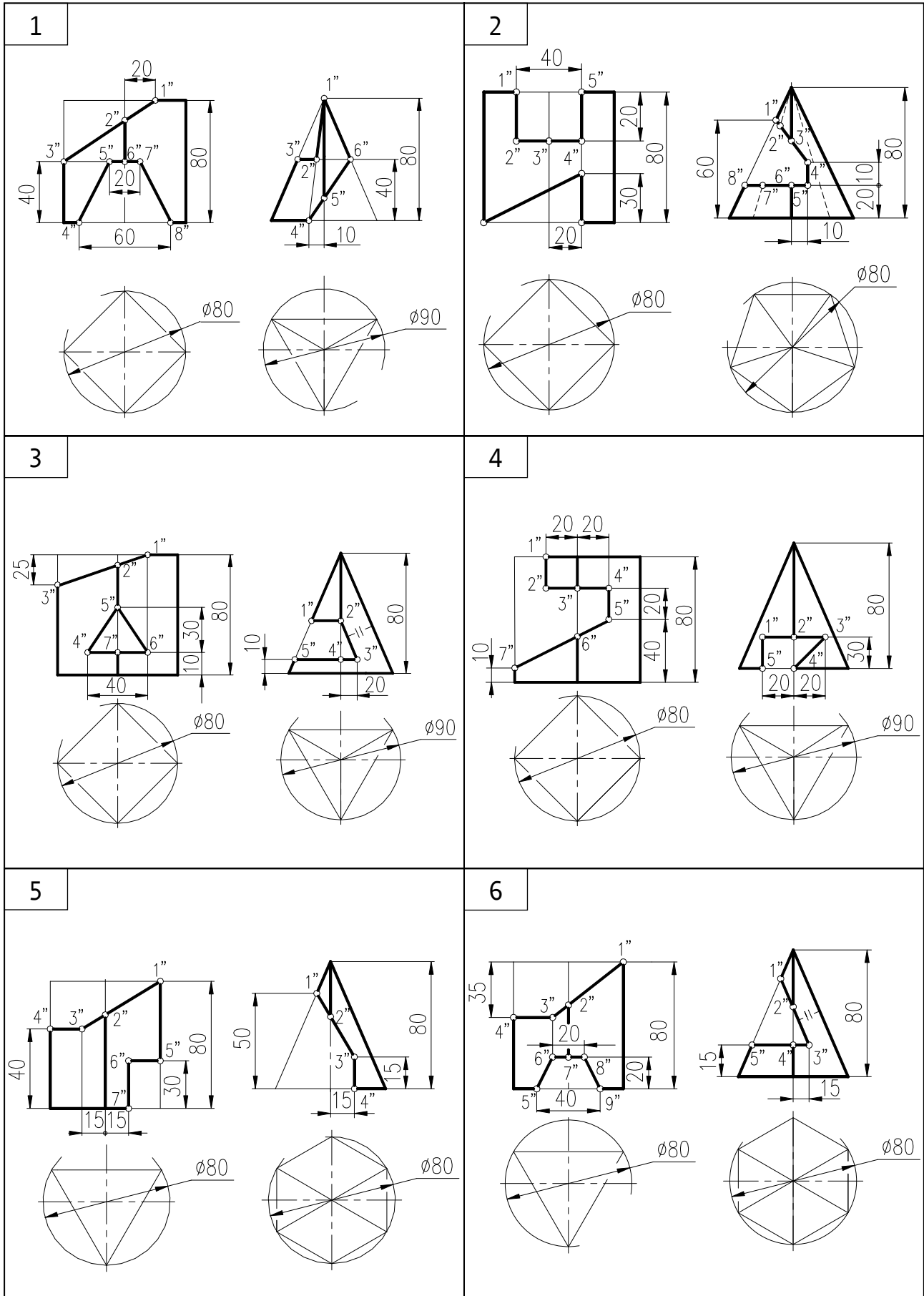
Рассмотренная методика построения трехмерной твердотельной модели позволяет на конкретном примере освоить последовательность и принципы создания в виртуальном трехмерном пространстве модели будущей детали, изделия. В результате построения модели появляются новые возможности оценить полученную конструкцию с точки зрения дизайна, провести инженерный анализ, т.к. модель обладает не только точными геометрическими свойствами, но и данными по массе, моментам инерции и др.

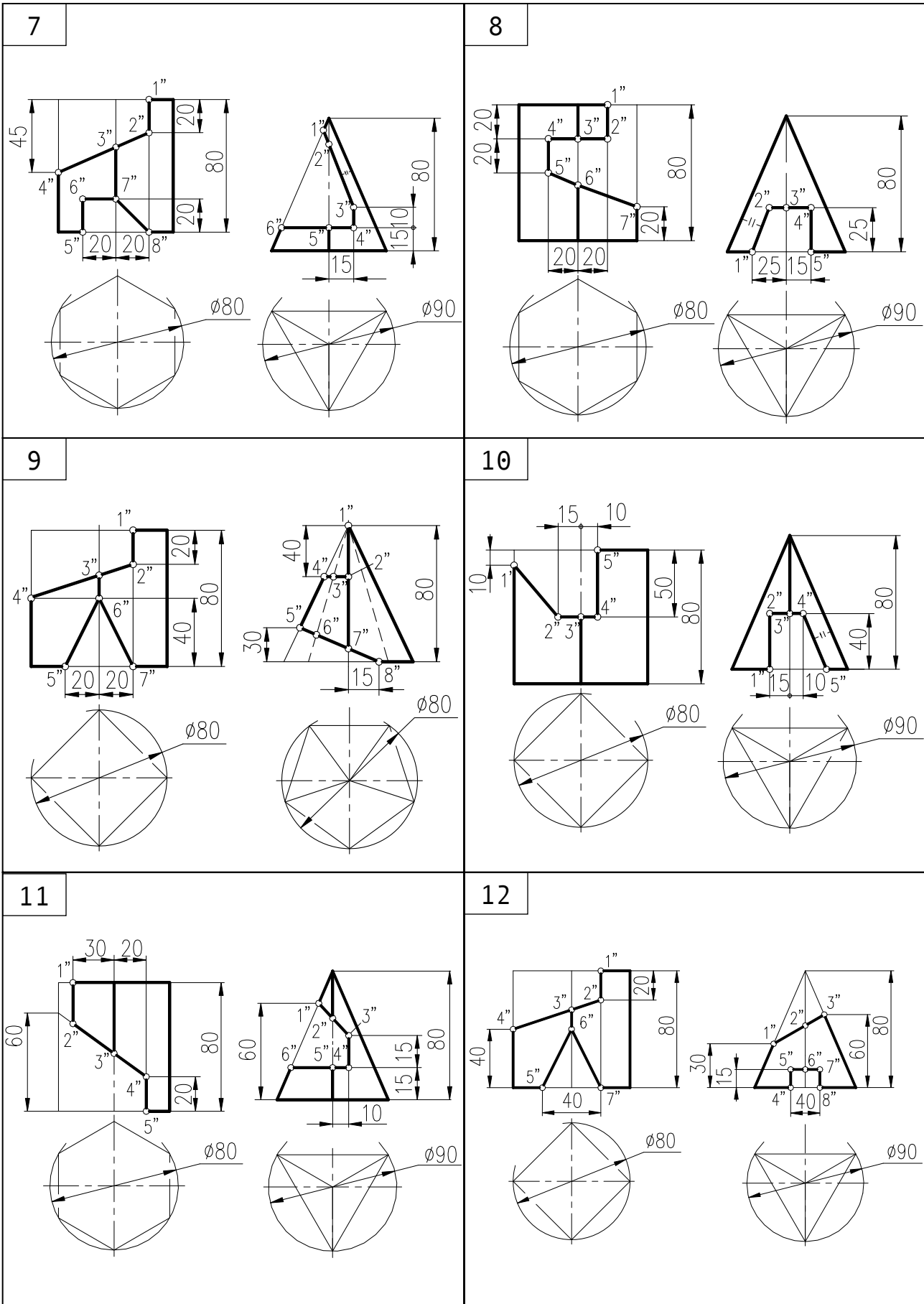
Информационная компьютерная модель может служить основой синтеза управляющей программы к оборудованию с ЧПУ для изготовления детали, управления производством и т.д.

После освоения методики построения модели на рассмотренном примере, для закрепления полученных знаний, рекомендуется каждому студенту самостоятельно построить свой вариант. Варианты заданий рекомендуется взять из учебного пособия: П.В. Зеленый, Е.И.Белякова. Инженерная графика. Практикум. - Минск, Новое знание, 2011. С. 62-66. Для удобства приведены в Приложении 8.

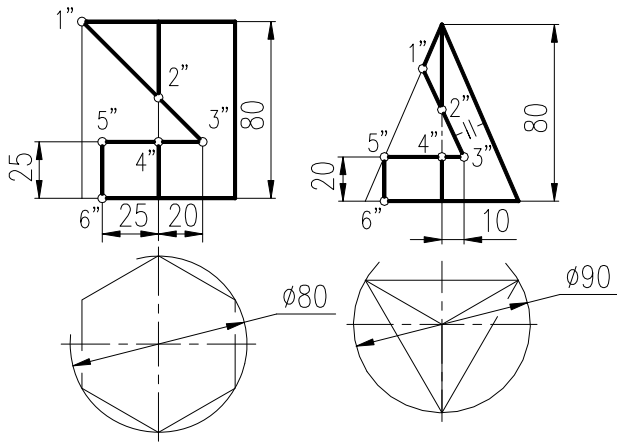
Приложение 8

Варианты заданий

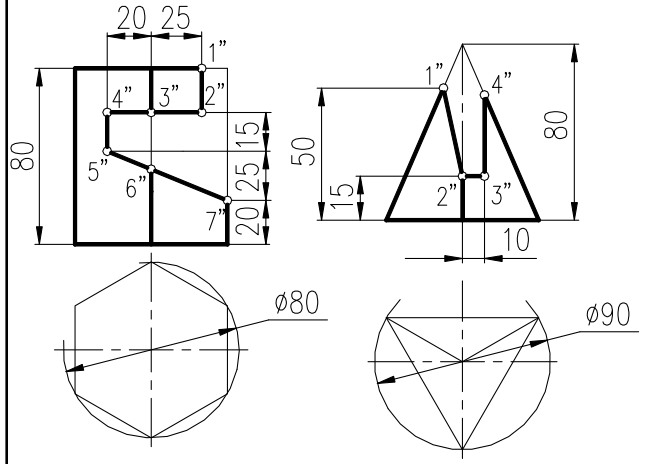




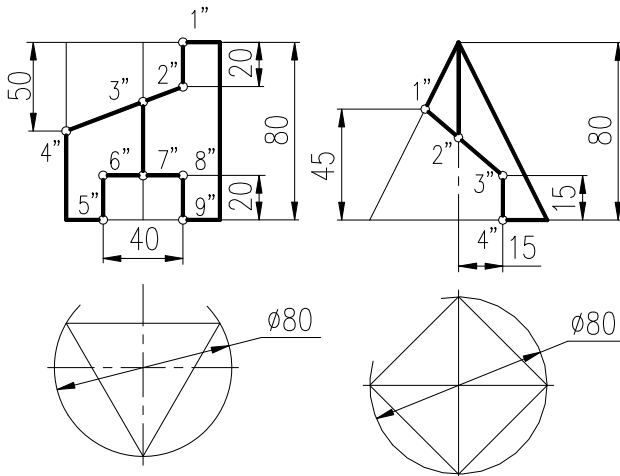
13



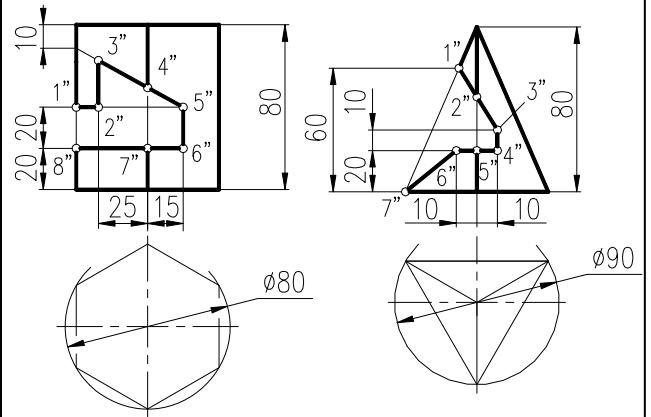
14



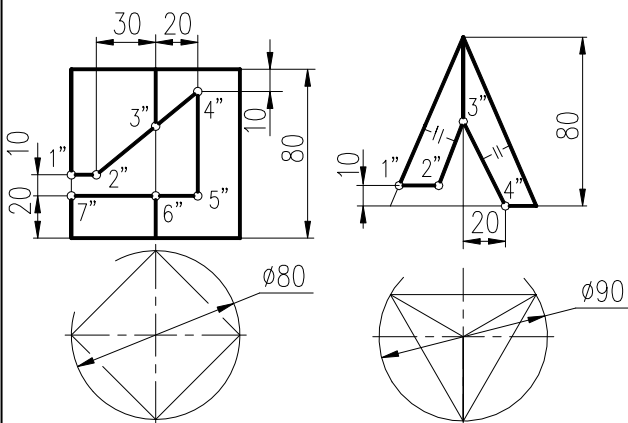
15



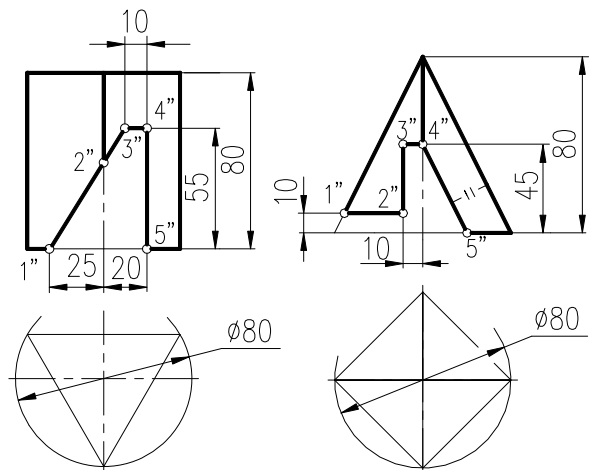
16

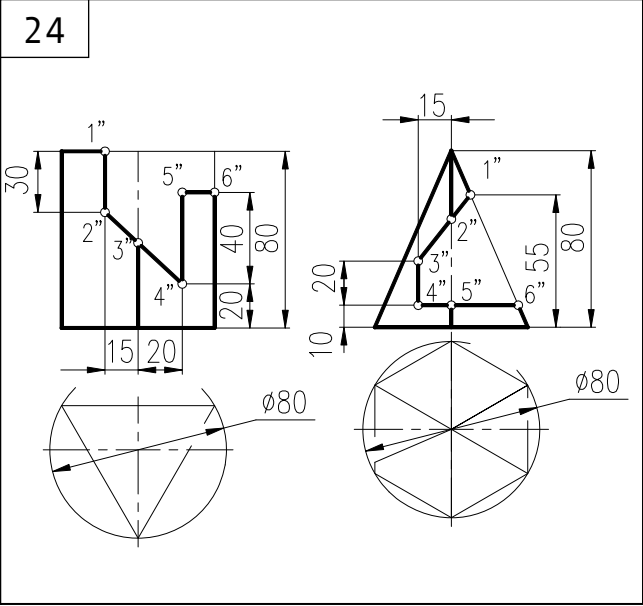
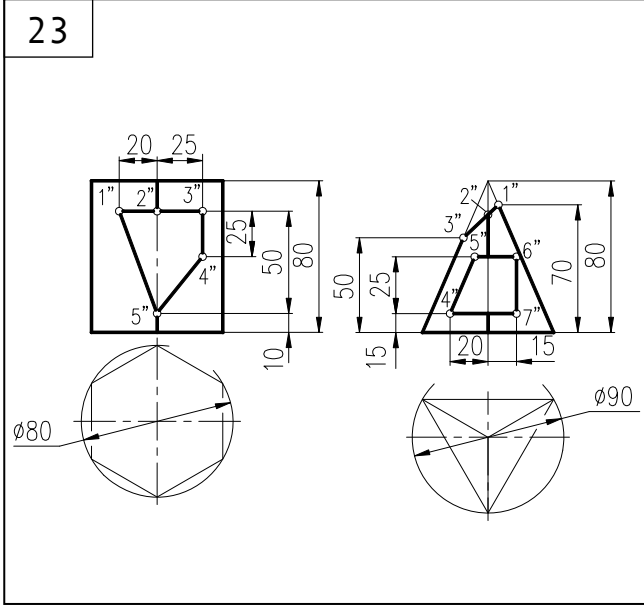
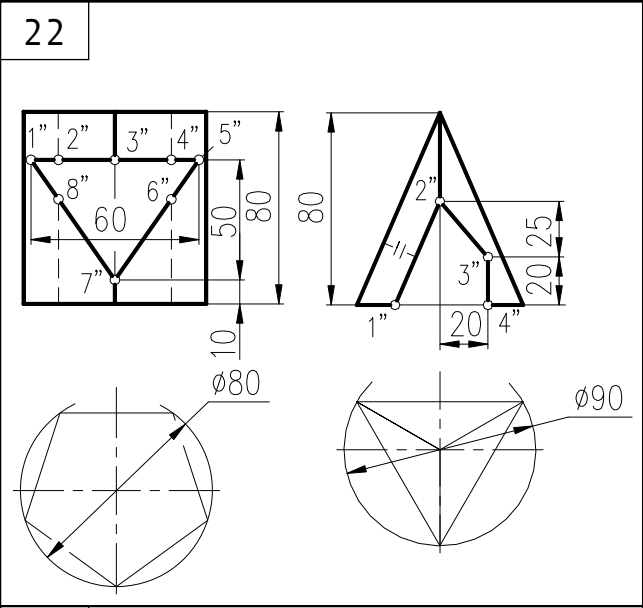
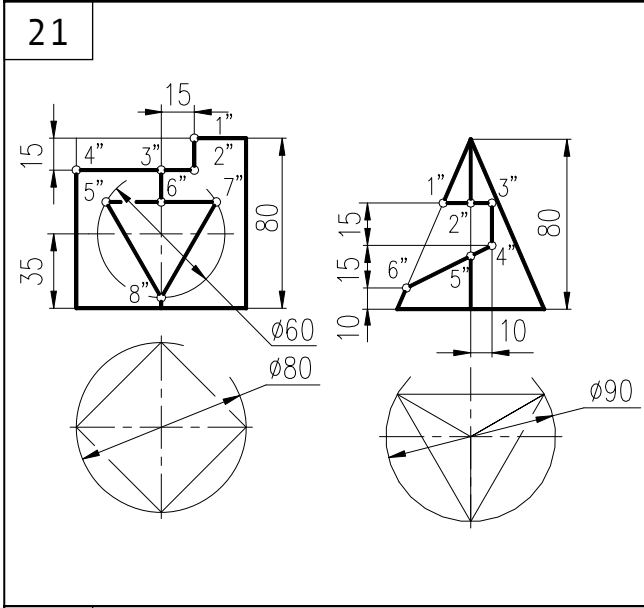
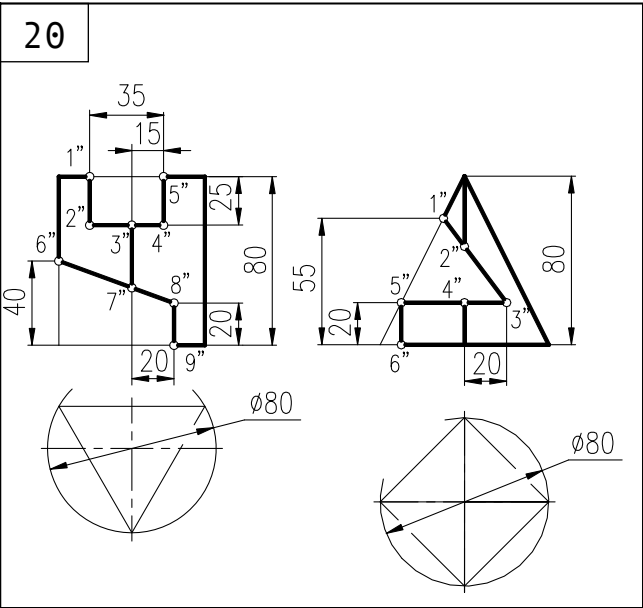
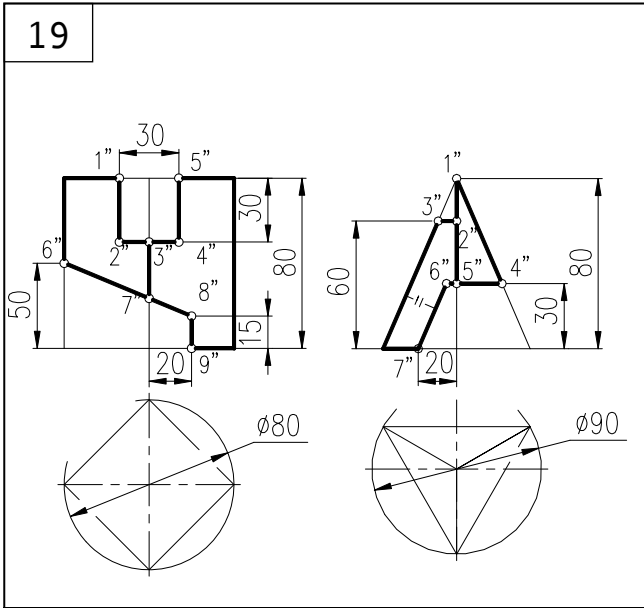


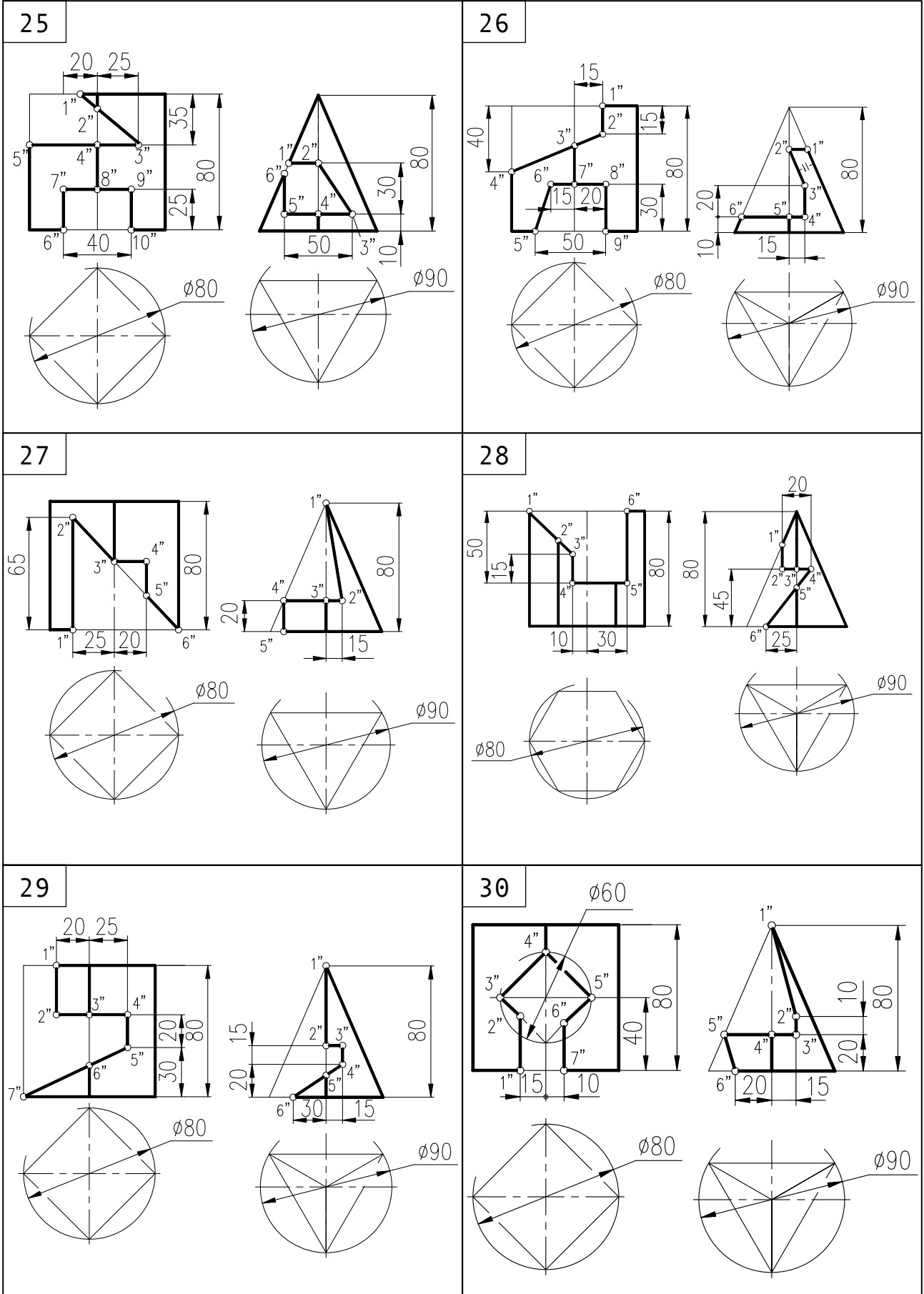
17



18

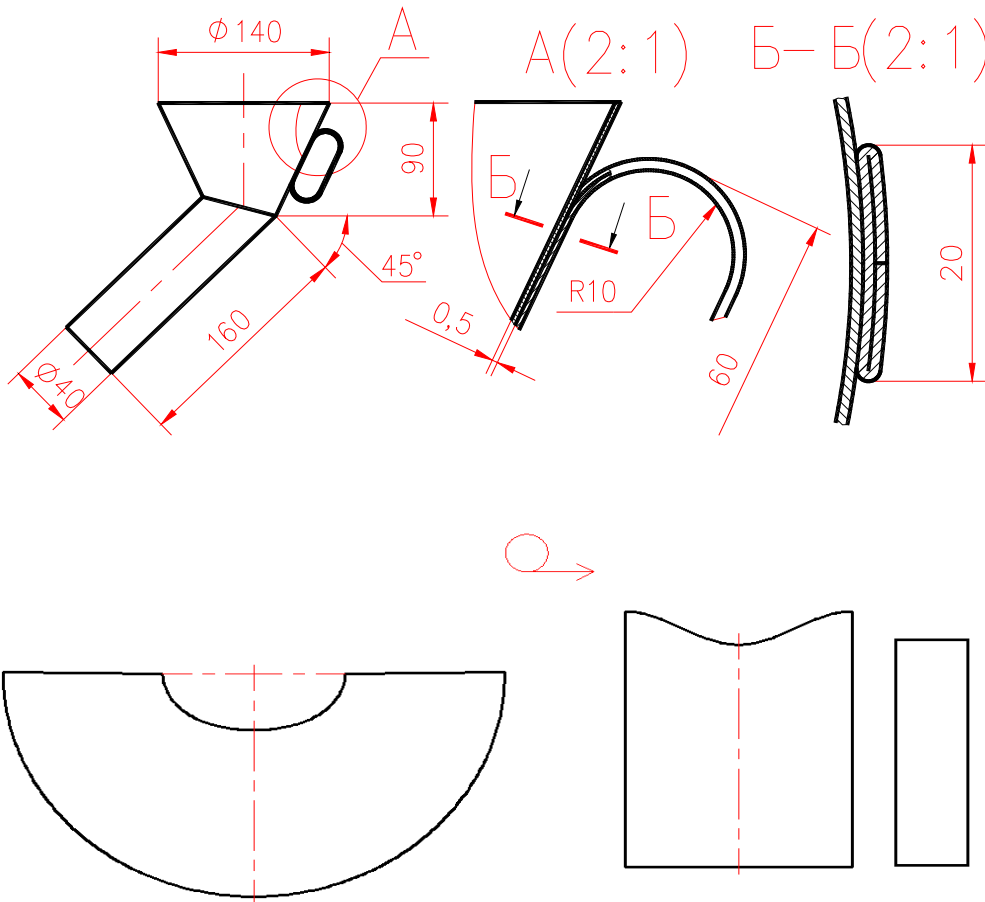






## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

### Построение развертки цилиндрических и конических поверхностей



#### Цель работы:

- сформировать у студентов представления и навыки построения на ПК (персональных компьютерах) разверток поверхностей, состоящих из фрагментов цилиндрических и конических поверхностей на основе использования специальных программ, разработанных в среде Автокад на языке AutoLISP.

#### Задачи:

- ознакомить студентов с возможностями использования специальных параметрических программ построения на ПК в среде Автокад разверток усеченных цилиндрических и конических поверхностей;
- освоить методику и особенности компьютерных методов построения развертки поверхности на примере воронки на основе использования параметрических программ на ПК в среде Автокад;
- закрепить знания, полученные в предыдущих лабораторных работах и развить умения и навыки практического построения и преобразований точных моделей на ПК.

## 9.1. Введение

Традиционная методика построения развертки цилиндрических и конических поверхностей основана на графоаналитических методах. Для определения длины дуги, определяющей основание боковой поверхности, используется формула  $L=\pi d$ . Конфигурация кривых линий определяется дискретными точками по расстояниям их на поверхности от выбранных баз.

Использование компьютера для повышения точности результатов, снижения трудоемкости решения задачи возможно в нескольких вариантах:

- реализация решения задачи по традиционной методике, т.е. решение задачи в интерактивном режиме работы с системой инженерной компьютерной графики (в Автокаде, Компасе, многих других системах);

- решение задачи на основе построения и преобразований 3-мерной проволочно-каркасной компьютерно-графической модели также в интерактивном режиме в системе инженерной компьютерной графики. Преимуществом такого варианта решения задачи является упрощение процесса создания модели, недостатком – необходимость создания модели только для решения одной задачи.;

- использование ранее построенной (например, при проектировании) 3-мерной твердотельной модели и решение на основе этой модели ряда задач, в том числе построение развертки поверхности. Трудоемкость решения при использовании этого и предыдущих способов снижается незначительно;

- и, наконец, предельно эффективным в реализации результатов, но наиболее трудоемким в подготовке к реализации и ограниченным в использовании, является вариант автоматического построения развертки на основе разработки специализированной компьютерной программы, например на языке программирования AutoLISP в Автокаде. Трудоемкость подготовительного этапа, при этом, несравнимо выше предыдущих вариантов, а ограниченность применения заключается в необходимости рассмотрения конкретной (в лучшем случае типовой), хотя и параметрической модели. Этот вариант следует выбирать только в экономически обоснованных случаях. Учитывая, что задачи рассматриваемого типа встречаются достаточно часто, а программы автоматического построения разверток типовых фрагментов разработаны как параметрические, создание и использование таких программ можно считать эффективным.

Лабораторная работа знакомит студентов с методами использования специальных программ, разработанных на внутреннем (встроенном в Автокад) языке программирования AutoLISP при построении разверток криволинейных поверхностей, состоящих из усеченных цилиндров и конусов на персональном компьютере в пределах возможностей системы компьютерного моделирования "Автокад" на примере построения развертки воронки.

В работе рассматривается методика использования программ построения разверток поверхностей, наиболее часто встречающихся в практике (цилиндров и конусов, в том числе усеченных плоскостями, различным образом



ориентированные относительно осей и образующих поверхности), традиционно выполняемых с применением методов начертательной геометрии.

Методика подробно изложена в работе на конкретном примере построения развертки воронки. Может быть использована для построения развертки воздуховодов и других изделий, состоящих из фрагментов цилиндрических и конических поверхностей в различном сочетании.

## 9.2. Порядок выполнения работы

Выполнению работы должно предшествовать предварительное изучение студентами возможностей и условий использования специальных программ автоматического построения фрагментов разверток поверхностей цилиндра и конуса для построения полной развертки поверхности изделия. См. рис. 1.

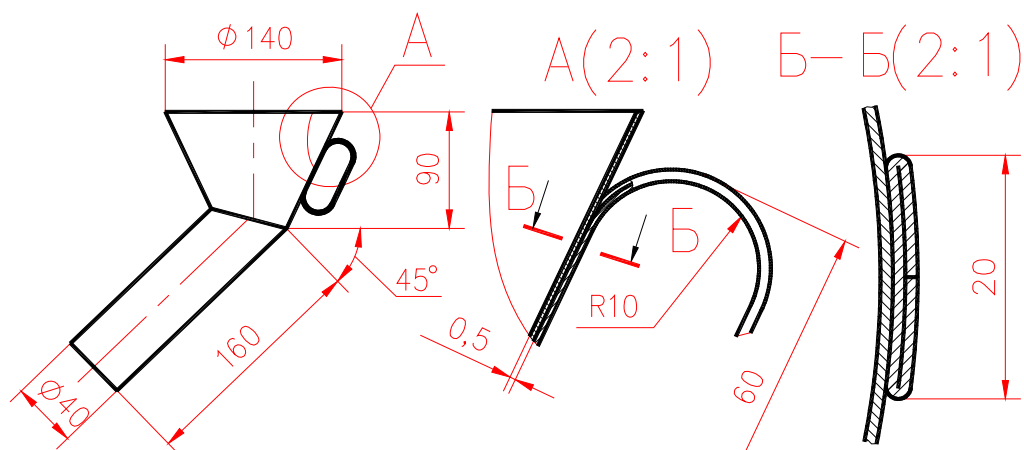


Рис. 1 Эскиз задания

После ознакомления с программами построения фрагментов поверхностей, рекомендуется сначала всей группой выполнить построение развертки поверхности одного варианта воронки, рассмотренного ниже, под руководством преподавателя, а затем каждому студенту выполнить свой вариант самостоятельно.

## 9.3. Ознакомление с программами

Программы автоматического построения разверток поверхностей цилиндров и конусов разработаны как специальные программы на языке программирования AutoLISP, внутреннем языке, встроенном в Автокад.

Программы разработаны по модульному принципу, на основе алгоритмов графоаналитических методов построения полных разверток поверхностей цилиндра и конуса (цельных и усеченных плоскостями, различным образом ориентированными относительно осей).

Программы являются параметрическими, т.е. предназначены для

выполнения расчетов и построений разверток цилиндров и конусов по заданным параметрам любых размеров и соотношений в пределах типовых схем. На рис. 2 - 5 показаны различные типовые схемы расчета и построения разверток поверхностей цилиндра, конуса и их частей.

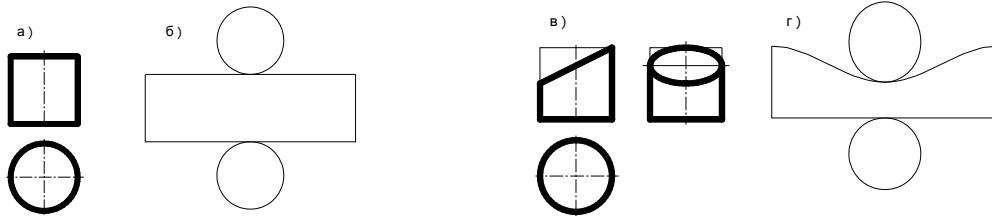


Рис. 2 Схемы построения развертки цилиндра  
 а) – цельный цилиндр, б) – развертка цельного цилиндра,  
 в) – усеченный цилиндр, г) – развертка усеченного цилиндра

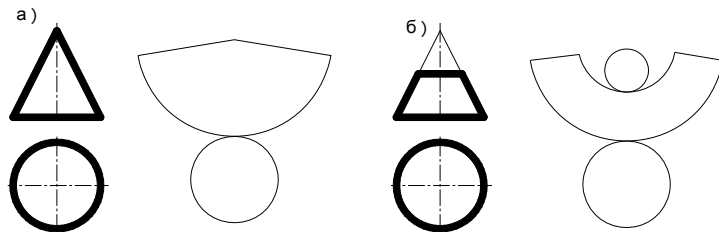


Рис. 3 Схемы построения развертки конуса  
 а) – цельный конус и его развертка, б) – конус усеченный плоскостью,  
 параллельной основанию и его развертка

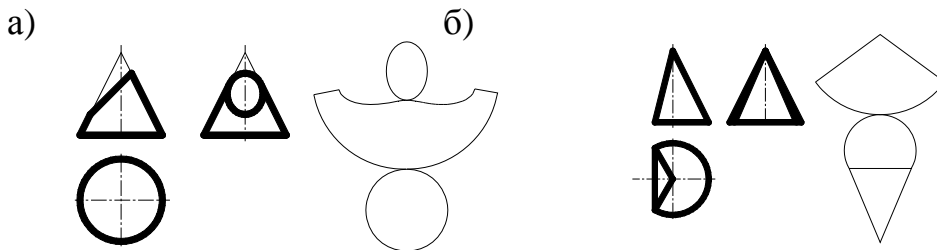


Рис. 4 Схема построения развертки конуса,  
 а) - усеченного плоскостью общего положения,  
 б) – усеченного плоскостью, проходящей через вершину

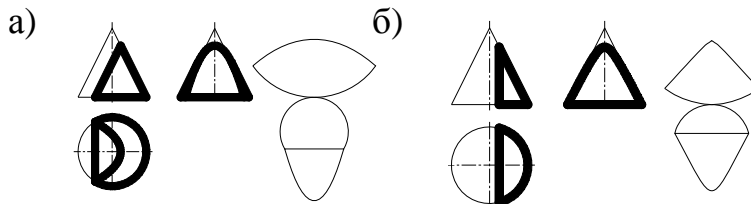


Рис. 5 Схема построения развертки конуса,  
 а) - усеченного плоскостью, параллельной образующей,  
 б) - усеченного плоскостью, параллельной оси

### Пример текста программы построения развертки цилиндра:

```

;-----
; Программа построения развертки части цилиндра, отсеченного плоскостью
; общего положения
;-----
(vmon)
(defun razvcil (d h h1 c)
  (setq p6 (polar c 0.0 (/ (* pi d) 2))
        p1 (polar c 0.0 (/ (* pi d) 12))
        p2 (polar p1 0.0 (/ (* pi d) 12))
        p3 (polar p2 0.0 (/ (* pi d) 12))
        p4 (polar p3 0.0 (/ (* pi d) 12))
        p5 (polar p4 0.0 (/ (* pi d) 12))
        kc (polar c (/ pi 2) h1)
        k1 (polar p1 (/ pi 2) (+ h1 (/ (* (- h h1) (- 2 (sqrt 3))) 4)))
        k2 (polar p2 (/ pi 2) (+ h1 (/ (- h h1) 4)))
        k3 (polar p3 (/ pi 2) (+ h1 (/ (- h h1) 2)))
        k4 (polar p4 (/ pi 2) (+ h1 (/ (* (/ (- h h1) 3) 4)))
        k5 (polar p5 (/ pi 2) (+ h1 (/ (* (- h h1) (+ 2 (sqrt 3))) 4)))
        k6 (polar p6 (/ pi 2) h)
        o1 (polar kc (/ pi 2) (sqrt (+ (* d d) (* (- h h1) (- h h1))))))
        o (polar o1 0.0 (/ (sqrt (+ (* d d) (* (- h h1) (- h h1)))) 2))
        o2 (polar o 0.0 (/ d 2)) l (distance o o2)
  )
  (command "МАРКЕР" "ОТКЛ"
    "_LINE" c p6 k6 "" "_MIRROR" "C" c k6 "" c kc ""
    "_PLINE" k6 k5 k4 k3 k2 k1 kc "")
  (setq e1 (entlast))
  (command "_MIRROR" e1 "" c kc ""
    "_PEDIT" e1 "Д" "П" "" "СГ" ""
    "_CIRCLE" "2Т" c (polar c (/ (* 3 pi) 2) d)
    "_ELLIPSE" kc o1 l
    "_ZOOM" "Г"
    "МАРКЕР" "ВКЛ"
    "_SETVAR" "cmdecho" "1")
  (setq c nil h1 nil h nil d nil)
  (princ "\nOk!")
  (princ)
  )
  (defun c:razvcil () (command "_SETVAR" "cmdecho" "0"))
  (setq d (getdist
    "\nДиаметр цилиндра или первая точка для задания диаметра расстоянием: ")
        h (getdist "\nНаибольшая высота цилиндра или первая точка: ")
        h1 (getdist "\nНаименьшая высота цилиндра или первая точка: ")
        d (float d) h (float h) h1 (float h1))
  (setq c (getpoint "\nТочка привязки середины основания развертки боковой поверхности: "))
  (razvcil d h h1 c))

```

Для использования специальных программ расчета и построения развертки, в соответствии с выбранной схемой, необходимо убедиться в наличии этих программ в компьютере. Имена файлов программ:

RAZVCIL.LSP – программа построения полной развертки цилиндра

RAZVKON.LSP – программа построения полной развертки конуса и его частей, отсеченных плоскостями.

После запуска программы “razvcil” нужно ввести параметры в ответ на запросы в командной строке.

После запуска программы “razvkon” на экране появляется слайд с изображением рисунков и номеров расчетных схем, см. рис. 6.

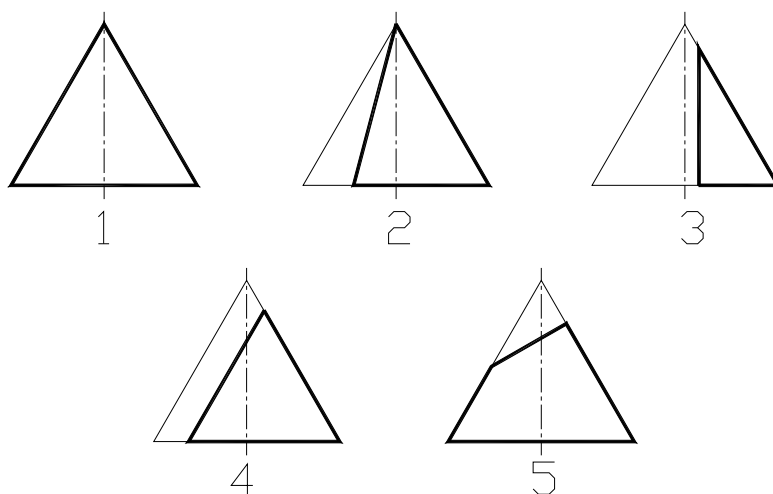


Рис. 6 Расчетные схемы для построения развертки фрагментов поверхности конуса

Из представленных схем нужно выбрать соответствующую и ввести ее номер для продолжения ввода параметров. Схема на рис. 3б реализуется по варианту 5.

Рекомендуется ознакомиться с каждой подпрограммой (построить развертку по каждой из предложенных схем).

#### 9.4. Построение развертки воронки

Построение развертки воронки можно выполнять как по ее трехмерной модели, так и по чертежу (расчетной схеме), см. рис. 7. Если расчетная схема выполнена точно по размерам, указанным на чертеже, в масштабе 1:1 можно вводить параметры указывая узловые точки с использованием геометрической привязки, в противном случае их следует вводить с клавиатуры.

Для построения развертки, как сказано выше, построим расчетную схему по указанным размерам в масштабе 1:1 и добавим некоторые расчетные размеры, необходимые для программы. Мысленно разбиваем схему воронки на фрагменты поверхностей типовых геометрических тел. Как видим, она состоит из усеченного конуса и цилиндра.

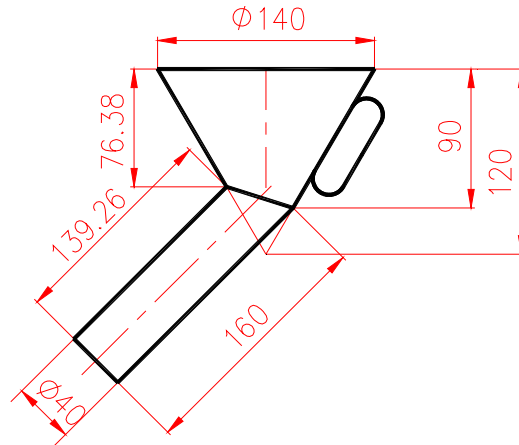


Рис. 7 Расчетная схема воронки

#### 9.4.1. Строим развертку конуса

Загружаем программу построения развертки конуса

Команда: (load "C:/Program Files/AutoCAD 2008/Support/razvkon.lsp")

Запускаем программу

Команда: razvkon

Выберите расчетную схему и введите номер: 5

Диаметр основания исходного конуса или первая точка для задания диаметра расстоянием: 140 Enter

Высота исходного конуса или первая точка: 120 Enter

Наибольшая высота усеченного конуса или первая точка: 90 Enter

Наименьшая высота усеченного конуса или первая точка: 76.38 Enter

Точка привязки вершины развертки усеченного конуса: указать точку на свободном месте чертежа. Результат см. рис. 8.

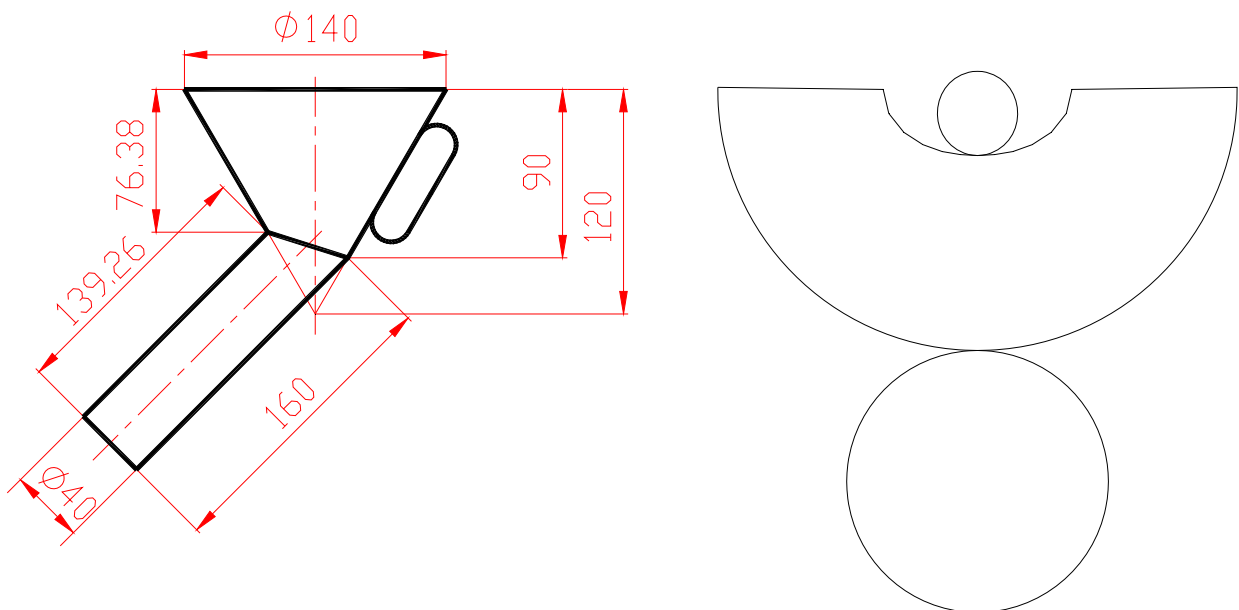


Рис. 8 Полная развертка конической части воронки

Поскольку нам нужна только развертка боковой поверхности, окружность и эллипс удаляем.

#### 9.4.2. Строим развертку цилиндра

Загружаем программу построения развертки конуса

Команда: (load "C:/Program Files/AutoCAD 2008/Support/razvcil.lsp")

Запускаем программу

Команда: razvcil

Диаметр цилиндра или первая точка для задания диаметра расстоянием: 40  
Enter

Наибольшая высота цилиндра или первая точка: 160 Enter

Наименьшая высота цилиндра или первая точка: 139.26 Enter

Точка привязки середины основания развертки боковой поверхности: указать точку на свободном месте чертежа

См. рис. 7.

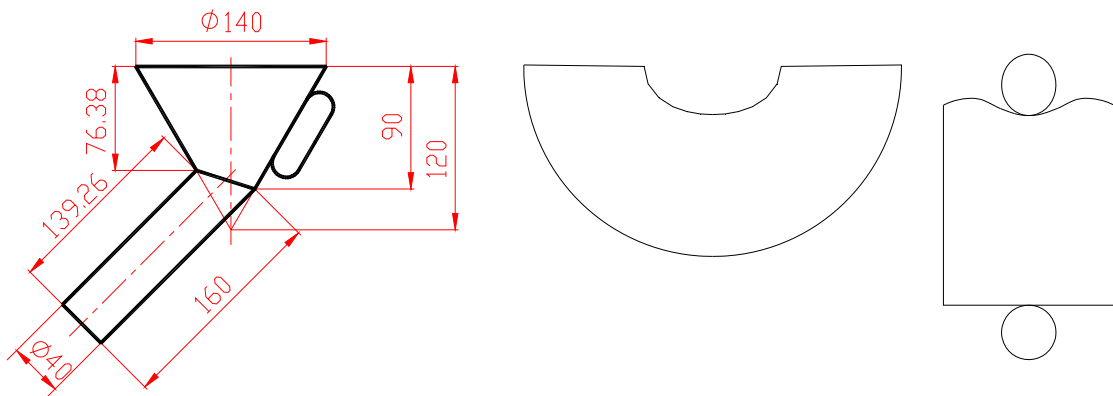


Рис. 7 Добавление полной развертки цилиндрической части воронки

Поскольку нам нужна только развертка боковой поверхности, окружность и эллипс удаляем.

#### 9.4.3. Развертка ручки

Расчетную схему для расчета и построения развертки ручки строим исходя из чертежа. Размеры развертки определяются по нейтральному слою (средней линии) согнутого листового материала (рис. 8). Расчетные линии рекомендуется построить в виде полилиний.

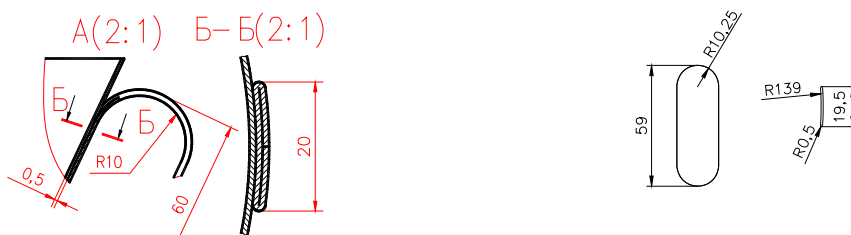


Рис. 8 Эскиз и расчетная схема развертки ручки

Построение расчетной схемы выполняем в масштабе 1:1. После построения запрашиваем длину

Раздел меню “Сервис” > Сведения

Команда: Площадь

Первая угловая точка или [...]: O Enter

Выберите объекты: выбрать первую линию

Результат расчета смотрим в командной строке: Периметр = 141.40

Аналогично запрашиваем длину второй линии. Периметр = 40.17

Как видно из эскиза воронки, заготовка ручки – прямоугольной формы.

### 9.5. Оформление развертки

Итак, мы построили геометро-графические модели всех фрагментов воронки, геометрические параметры которых определены и могут быть заданы в любом сочетании, в зависимости от технологии их изготовления. Например, при вырезании заготовок из листового материала лучом лазера с автоматическим программным управлением оборудования, чертеж не требуется. Описания фрагментов модели могут быть переданы прямо из компьютера. Для визуализации, или изготовления воронки по другой технологии, можно предоставить шаблоны, или чертежи, например в таком виде, как показано на рис. 9.

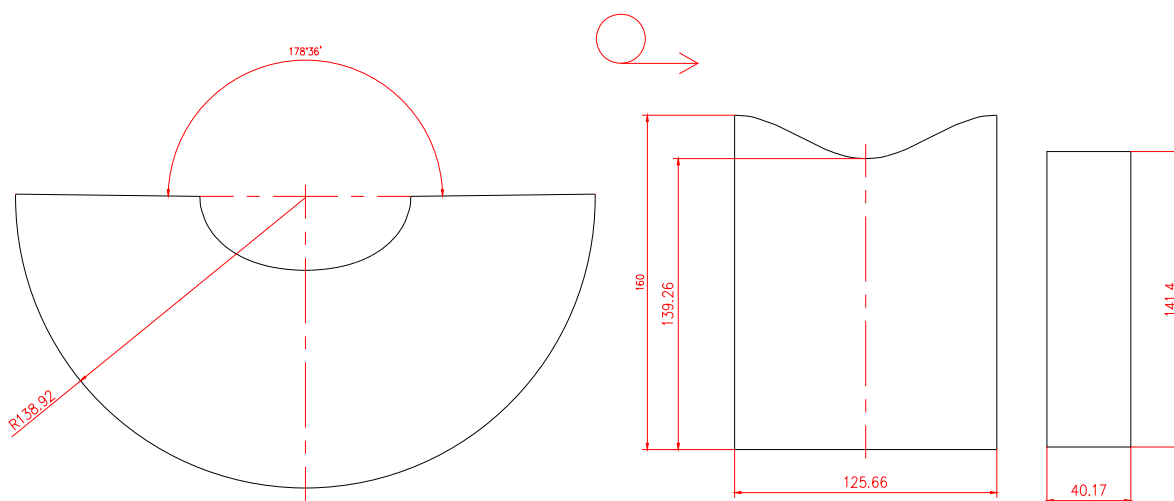


Рис. 9 Основные выходные параметры развертки воронки

#### *Сохранение модели*

Для сохранения модели используем команду

“Сохранить как...” (меню “Файл”). Чертеж сохраняем в файле:

D:/Студенты/№группы/Фамилия/Модель...№ варианта.

## **9.6. Выводы. Варианты заданий**

Рассмотренная методика построения развертки воронки позволяет на конкретном примере освоить последовательность и принципы использования специальных программ для решения задач построения развертки изделия из листового материала, имеющего сложную геометрическую форму, состоящую из фрагментов цилиндрической и конической форм.

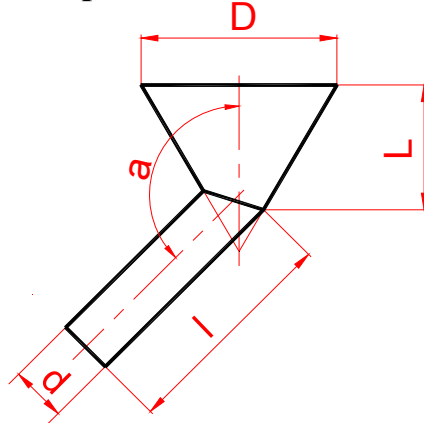
Для закрепления методики решения подобных задач, каждому студенту предлагается самостоятельно построить развертку воздуховода по своему варианту, аналогично рассмотренному примеру. Варианты приведены в Приложении 9.



## Приложение 9

**Задание.** Построить, с использованием специальных программ, развертку воздуховода по схеме и размерам, приведенным ниже:

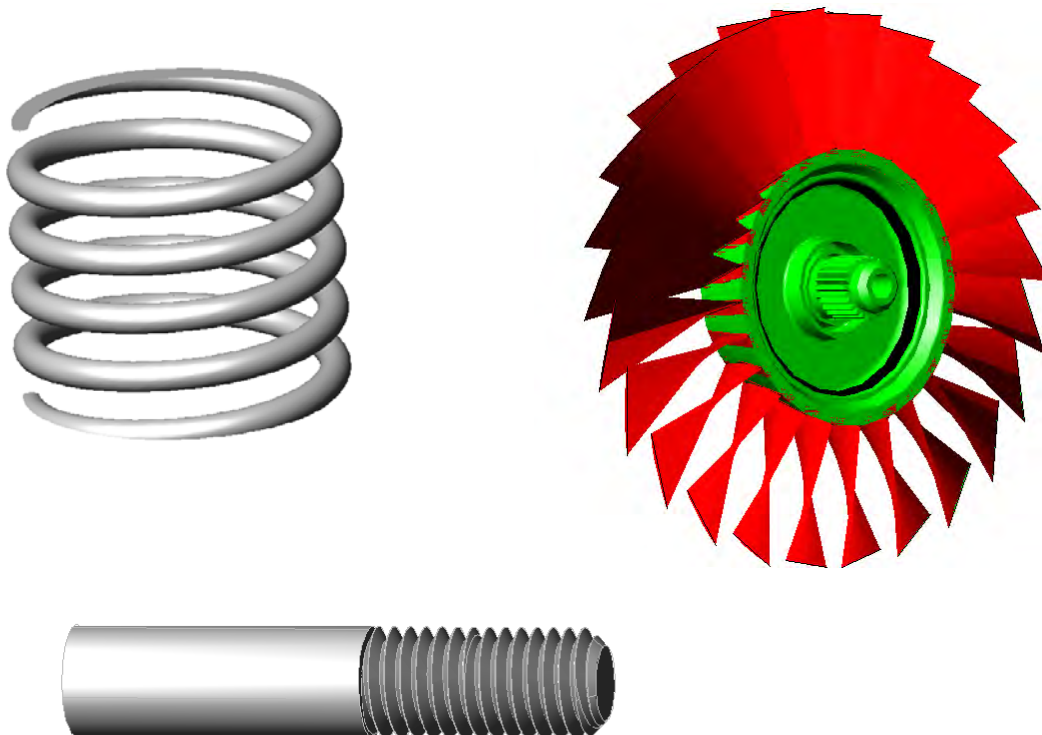
## Варианты заданий



№ вар-та	D, мм	L, мм	d, мм	l, мм	a, градусы
1	100	80	30	150	120
2	150	100	40	180	135
3	180	120	60	200	150
4	200	150	80	250	120
5	250	200	100	300	135
6	100	70	30	150	150
7	150	90	40	180	120
8	180	110	60	200	135
9	200	140	80	250	150
10	250	170	100	300	120
11	100	80	30	150	135
12	150	100	40	180	150
13	180	110	60	200	120
14	200	140	80	250	135
15	250	180	100	300	150
16	100	60	30	150	120
17	150	80	40	180	135
18	180	100	60	200	150
19	200	160	80	250	120
20	250	170	100	300	135
21	100	70	30	150	150
22	150	100	40	180	120
23	180	120	60	200	135
24	200	170	80	250	150
25	250	180	100	300	150

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

### Моделирование винтовых изделий



#### Цель работы:

- сформировать у студентов представления и первоначальные навыки построения на ПК (персональных компьютерах) трехмерных твердотельных геометро-графических моделей винтовых изделий (витых пружин, резьбовых стержней, лопастей гребных винтов, вентиляторов, турбин, шнеков, и т. п.).

#### Задачи:

- ознакомить студентов с возможностями построения на ПК трехмерных твердотельных геометро-графических моделей винтовых изделий;
- освоить методику, особенности и преимущества компьютерных методов создания моделей проектируемых изделий на примере построения витой пружины, стержня с резьбой;
- закрепить знания, полученные в предыдущих лабораторных работах и развить умения и навыки практического выполнения на ПК трехмерных моделей различных винтовых и резьбовых изделий.

## 10.1. Введение

Современные тенденции развития мировой науки, техники и технологии предполагают повышение уровней комплексной автоматизации на всех этапах создания новых изделий: проектирования, производства и управления за счет использования информационных технологий (ИТ). Преимущества применения ИТ очевидны на всех этапах человеческой деятельности, но их начало должно лежать прежде всего в интеллектуальной сфере.

Безусловно, творческая деятельность любого специалиста не может быть заменена работой компьютера, однако, общеизвестно, что любой, даже высокоинтеллектуальный труд, содержит массу часто повторяющихся, трудоемких рутинных процедур. Именно здесь, в первую очередь, где они дают максимальный эффект, необходимо использовать помощь ИТ.

Общеизвестно, что инженерная деятельность максимально связана с документацией, в первую очередь конструкторской. Традиционно используемые чертежи, и чертежи, выполненные на ПК, зачастую мало чем отличаются. То есть, вся используемая информация представлена на бумаге. Такой традиционный подход исторически был обусловлен отсутствием возможности создания проекта (модели) будущего изделия в виде документа, носящего коммуникативную функцию, иначе как на бумажном носителе информации. Использование микрофильмирования документации, а затем компьютерного автоматического проектирования по традиционной технологии (на основе проекционных чертежей) существенного прогресса не принесли.

Другое дело автоматизированное проектирование на основе трехмерного компьютерного геометро-графического моделирования, создания виртуальной модели – описания в численной форме параметров рассматриваемой детали или изделия с возможностью фотореалистического отображения, анимации, обработки, хранения и передачи наиболее полной информации об изделии по всему производственному циклу подготовки, изготовления, управления и эксплуатации, использующим сегодня автоматизированные технологии.

Компьютерное геометро-графическое моделирование основано на построении, а не вычерчивании точной модели, основанием для которой являются исходные параметры, полученные на основании расчетов и геометрических законов. Необходимые геометрические параметры, в том числе размеры для изготовления деталей по такой модели могут быть извлечены из численного и графического описания модели в любом сочетании, что дает возможность не учитывать конкретной технологии.

К сожалению, сегодня не существует еще в полной мере нормативных документов, регламентирующих разработку документации в такой форме. Это будущее в развитии методов проектирования, но его необходимость уже очевидна, т.к. совершенствование методов проектирования предполагает совершенствование методов изготовления и управления производством (технологии, основанные на использовании оборудования с программным управлением, автоматизированные системы контроля, управления и т.п.).

Лабораторная работа знакомит студентов с основами компьютерного трехмерного твердотельного геометрико-графического моделирования винтовых изделий на персональных компьютерах в пределах возможностей системы компьютерного моделирования "Автокад".

В работе рассматриваются основные методы построения компьютерных моделей трехмерных твердотельных геометрико-графических моделей (ГГМ) винтовых изделий, традиционно выполняемых в виде проекционных комплексных чертежей. Описана методика создания таких моделей на конкретном примере, с подробными пояснениями и рекомендациями.

## **10.2. Порядок выполнения работы**

Выполнению работы по построению трехмерной твердотельной модели винтового изделия, с использованием компьютерной моделирующей системы Автокад, должно предшествовать предварительное изучение, или хотя бы ознакомление студентов с базовыми возможностями выполнения построений и редактирования трехмерных твердотельных моделей на ПК.

Ознакомившись с интерфейсом системы, структурой различных меню, особенностями ввода команд и данных, использованием возможных режимов, влияющих на процесс создания модели, методами управления отображением, управлением системами координат, можно приступать к построению модели.

Рекомендуется сначала всей группой выполнить построение одной модели, рассмотренной ниже под руководством преподавателя, а затем каждому студенту выполнить свой вариант самостоятельно.

Итак, рассмотрим поэтапное построение трехмерной, твердотельной модели витой пружины, приведенной на обложке.

Заметим, что последовательность действий при построении модели не является жестко фиксированной, однако, в целях формирования единой методики, рекомендуется рассмотренный пример выполнить в предлагаемой последовательности и в соответствии с указанными ниже этапами.

После приобретения некоторого опыта, каждому студенту необходимо выполнить построение своего варианта модели под руководством преподавателя.

## **10.3. Построение модели винтовой пружины**

### **10.3.1. Осевые линии**

После загрузки системы, на экране ПК появляется рабочее поле для создания модели, интерфейс пользователя (система меню) и приглашение к работе – "Команда:" в текстовом окне. На начальном этапе освоения методов работы с системой, рекомендуется использовать для ввода команд стандартное меню (вторая строка сверху).

Перед началом построений следует установить (проверить) текущие параметры системы: пространство модели, текущую систему координат,

пределы создания и отображения модели.

Раздел меню – “Сервис” > Новая ПСК > МСК

Раздел меню – “Формат”

Команда: Лимиты

Левый нижний угол: 0,0

Правый верхний угол: 420,297

Далее установить отображение пределов на экране. Раздел меню – “Вид”

Команда: Зуммирование – Все

Построения начинаем в текущей горизонтальной плоскости построений Мировой (абсолютной) системы координат.

Приступаем к построению осевых линий. Проверяем, включен ли режим ортогонального черчения. Меню режимов. Режим ОРТО должен быть включен (кнопка утоплена).

Далее - Раздел меню – “Рисование”

Команда: Отрезок

Первая точка: указывается на экране произвольно

Следующая точка: см. рис.1.

Завершаем построение – Enter, повторяем команду – Enter

Первая точка: произвольно

Следующая точка: см. рис.1.

Завершаем построение – Enter, повторяем команду – Enter

Первая точка: указываем объектной привязкой точку пересечения осей

Следующая точка: @0,0,110

Завершаем построение – Enter, см. рис.1а.

Затем, для дальнейших построений, рекомендуется установить отображение координатных осей в виде их аксонометрической проекции на плоскость экрана с помощью

Раздел меню – “Вид” > 3М орбита

или соответствующей пиктограммы в панели инструментов, повернуть курсором оси вместе с пиктограммой отображения координатных осей, удерживая левую клавишу мыши до положения, как показано на рис. 1.

Эта процедура требует определенных навыков управления отображением модели в трехмерном виртуальном пространстве, поэтому рекомендуется ей уделить внимание и время для получения определенных навыков.

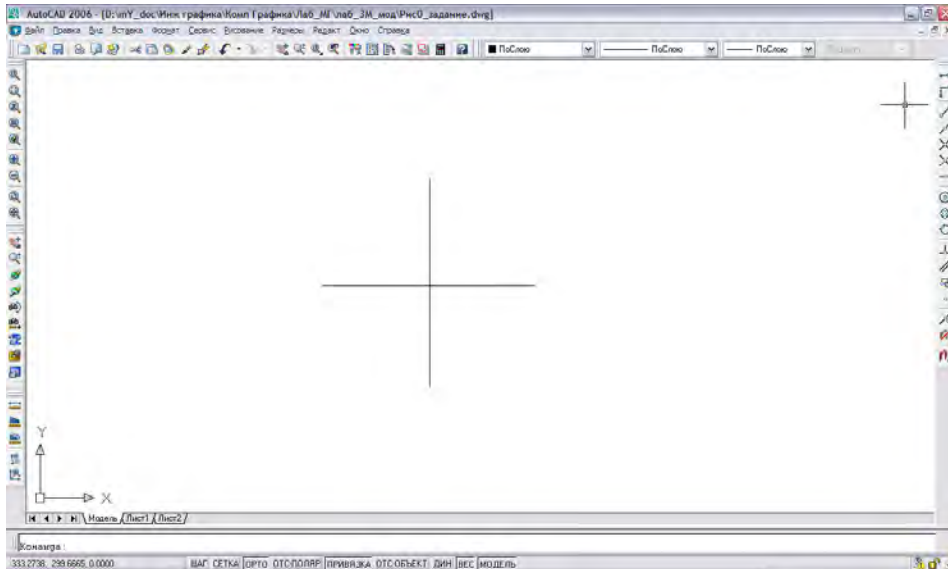


Рис. 1а

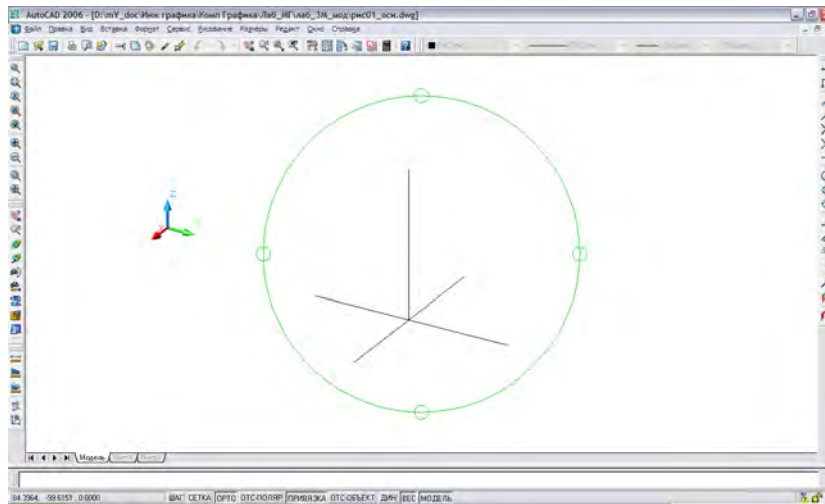


Рис. 1

Дальнейшие построения выполняем в таком отображении. При необходимости, меняем отображение с целью большей наглядности или для удобства выбора объектов и точек объектной привязки.

### 10.3.2. Построение винтовой линии

Раздел меню “Рисование”

Команда: Спираль

Центральная точка основания: курсором (с привязкой) указать точку пересечения осей

Радиус основания: 50 Enter

Радиус верхнего основания: 50 Enter

Высота спирали или [Конечная точка оси/

Витки/высота витка/Закручивание]: с

Расстояние между витками: 20 Enter

Высота спирали: 110 Enter

См. рис. 2.

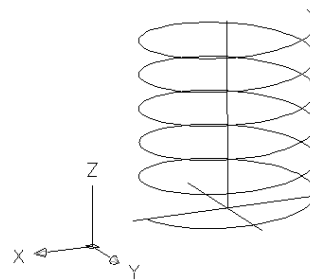


Рис. 2

### 10.3.3. Построение пружины

Строим сечение пружины в вертикальной плоскости, предварительно изменив систему координат

Раздел меню “Сервис” > Новая ПСК

Команда: 3 точки

Новое начало координат: указать курсором (с привязкой) точку пересечения осей

Точка на положительном луче оси X: указать (с привязкой) конечную точку оси, противоположную направлению оси X

Точка на положительном луче оси Y: указать (с привязкой) конечную точку вертикальной оси

Раздел меню “Рисование”

Команда: Круг > Центр, радиус

Центр круга: указать (с привязкой) нижнюю конечную точку винтовой линии

Радиус круга: 5

См. рис. 3.

Строим пружину

Раздел меню “Рисование” > Моделирование

Команда: Сдвиг

Выберите объекты для сдвига: указать круг, Enter

Выберите траекторию сдвига или [ВЫравнивание/Базовая точка/Масштаб/Закручивание]: Ы Enter

Перед сдвигом установить объект сдвига

Перпендикулярно траектории: Д Enter

Выберите траекторию сдвига: указать винтовую линию

См. рис. 4.

Для лучшей визуализации модели, рекомендуется изменить цвет и визуальный стиль

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Свойства > Цвет

(для пружины лучше назначить серый цвет)

Раздел меню “Вид” > Визуальные стили

Команда: Реалистичный. См. рис. 5.

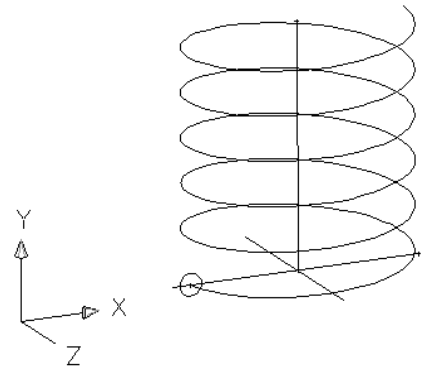


Рис. 3

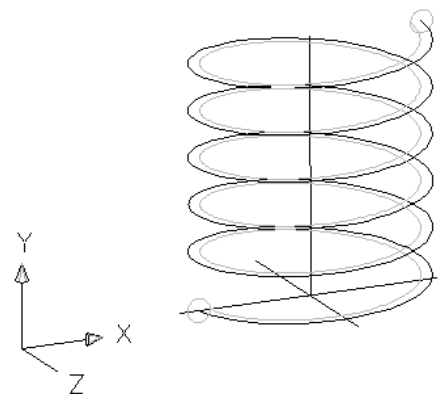


Рис. 4

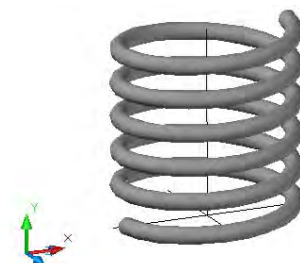


Рис. 5

### 10.3.4. Подрезка торцов

Следующим этапом является выполнение срезов по торцам пружины.

Оси основания (плоскость среза) перенесем выше на 3 мм

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Перенести

Выберите объекты: выбрать горизонтальные оси основания, Enter

Базовая точка: указать точку произвольно

Вторая точка: @0,2.5,0

Команда: Разрез (ввести с клавиатуры)

Выберите объекты для разрезания: выбрать курсором пружину, Enter

Выберите объекты для разрезания: Enter – завершаем выбор

Начальная точка режущей плоскости: указать (с привязкой) точку пересечения осей

Вторая точка на плоскости: указать конечную точку горизонтальной оси

Укажите точку с нужной стороны: указать верхнюю точку вертикальной оси

Аналогично выполняем срез верхнего торца.

Переносим горизонтальные оси в верхний конец вертикальной оси

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Перенести

Выберите объекты: выбрать горизонтальные оси, Enter

Базовая точка: указать (с привязкой) точку пересечения осей

Вторая точка: указать (с привязкой) конечную точку вертикальной оси

Команда: Перенести

Выберите объекты: выбрать горизонтальные оси, Enter

Базовая точка: указать произвольную точку

Вторая точка: @0,-3,0

Команда: Разрез (ввести с клавиатуры)

Выберите объекты для разрезания: выбрать курсором пружину, Enter

Выберите объекты для разрезания: Enter – завершаем выбор

Начальная точка режущей плоскости: указать (с привязкой) точку пересечения осей

Вторая точка на плоскости: указать конечную точку горизонтальной оси

Укажите точку с нужной стороны: указать нижнюю точку вертикальной оси.

Результат см. рис. 6.

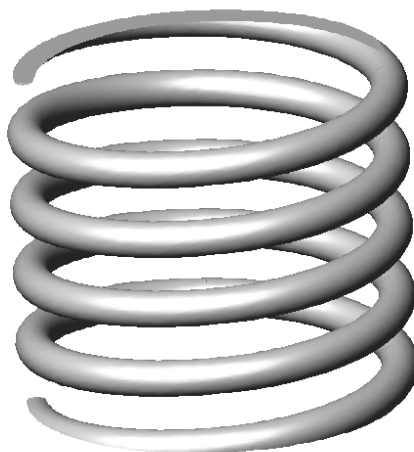


Рис. 6



### ***Сохранение модели пружины***

Модель сохраняем с полным отображением

Раздел меню “Файл”

Команда: Сохранить как

Чертеж сохраняем в файле:

D:/Студенты/№группы/Фамилия/Модель\_№ варианта

## **10.4. Построение модели стержня с резьбой**

### **10.4.1. Оси стержня (см. п. 3.1.)**

### **10.4.2. Стержень**

Раздел меню “Рисование” > Моделирование

Команда: Цилиндр

Центр основания: указать (с привязкой) точку пересечения осей

Радиус основания: 4.9 Enter

Высота: 30 Enter

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Фаска

Выберите первый отрезок или [...]: Д Enter

Первая длина фаски: 1 Enter

Вторая длина фаски: 1 Enter

Выберите первый отрезок или [...]: О Enter

Режим обрезки: С Enter

Выберите первый отрезок или [...]: указать

окружность нижнего основания цилиндра

Задайте опцию выбора поверхности: Enter

Длина фаски для базовой поверхности: Enter

Длина фаски для другой поверхности: Enter

Выберите ребро: указать окружность нижнего

основания цилиндра, Enter

См. рис. 7.

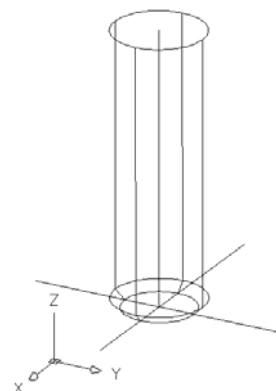


Рис. 7

### **10.4.3. Построение контура профиля резьбы**

Для удобства построений, скопируем оси стержня на свободное место

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Копировать

Выберите объекты: выбрать осевые линии, Enter

Базовая точка: указать точку произвольно, левее осей

Вторая точка: указать точку правее, отслеживая перемещение осей на свободное место

Устанавливаем новую систему координат

Раздел меню “Сервис” > Новая ПСК

Команда: 3 точки

Новое начало координат: указать курсором (с привязкой) точку пересечения осей

Точка на положительном луче оси X: указать (с привязкой) верхнюю точку вертикальной оси

Точка на положительном луче оси Y: указать (с привязкой) левый нижний конец горизонтальной оси

Раздел меню “Рисование”

Команда: Многоугольник

Число сторон: 3 Enter

Укажите центр многоугольника или

[Сторона]: C

Первая конечная точка стороны: -0.74,0

Вторая конечная точка стороны: 0.74,0

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Перенести

Выберите объекты: выбрать треугольник

Базовая точка: 0,0

Вторая точка: 0,5

См. рис. 8.

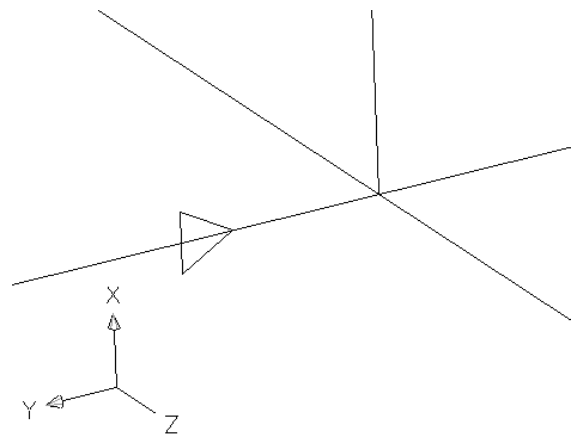


Рис. 8

#### 10.4.4. Построение винтовой линии

Выполняем вспомогательное построение

Раздел меню “Рисование”

Команда: Круг > 3 точки

Первая точка круга: указать (с привязкой) угловую точку треугольника

Вторая точка круга: указать (с привязкой) вторую угловую точку треугольника

Третья точка круга: указать (с привязкой) третью угловую точку треугольника

Возвращаем Мировую систему координат

Раздел меню “Сервис” > Новая ПСК

Команда: МСК

Строим винтовую линию

Раздел меню “Рисование”

Команда: Спираль

Центральная точка основания: курсором (с привязкой) указать точку пересечения осей

Радиус основания: указать (с привязкой) точку центра описанного около треугольника круга

Радиус верхнего основания: Enter

Высота спирали или [Конечная точка оси/  
Витки/высота витка/Закручивание]: с  
Расстояние между витками: 1.5 Enter  
Высота спирали: 1.5 Enter  
Вспомогательное построение круга  
можно удалить (выбрать круг  
и нажать клавишу “Del”)  
См. рис. 9.

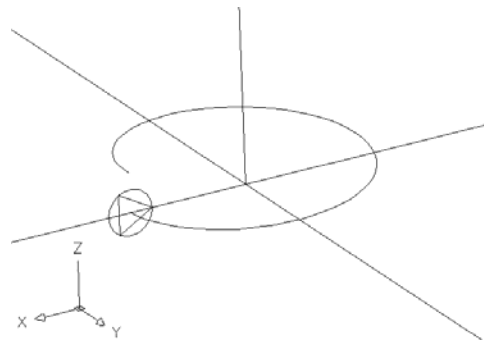


Рис. 9

#### 10.4.5. Построение модели витка резьбы

Раздел меню “Рисование” > Моделирование

Команда: Сдвиг

Выберите объекты для сдвига: указать  
треугольник, Enter

Выберите траекторию сдвига или [выравнивание/  
Базовая точка/Масштаб/Закручивание]: Ы Enter

Перед сдвигом установить объект сдвига  
перпендикулярно траектории: Д Enter

Выберите траекторию сдвига: указать винтовую  
линию

См.рис. 10.

Строим нужное количество витков

Раздел меню “Редактировать” > 3D операции

Команда: 3D массив

Выберите объекты: выбрать модель витка резьбы

Тип массива: П Enter

Число рядов: 1 Enter

Число столбцов: 1 Enter

Число этажей: 15 Enter

Расстояние между этажами: 1.5 Enter

Объединяем все витки в одну модель

Раздел меню “Редактировать” >

Редактирование тела

Команда: Объединение

Выберите объекты: выбрать (рамкой) все  
витки,

Enter. См. рис. 11.

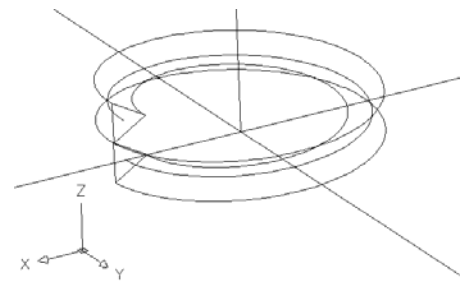


Рис.10

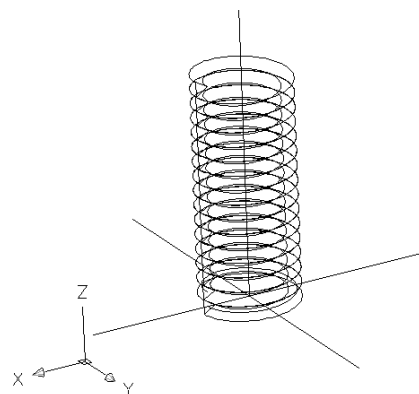


Рис. 11

#### 10.4.6. Завершение построения

Совмещаем модель стержня с моделью резьбы и вычитаем вторую из  
первой

Раздел меню “Редактировать”

Команда: Перенести

Выберите объекты: выбрать модель резьбы,  
Enter

Базовая точка: указать (с привязкой) точку  
пересечения осей в модели резьбы

Вторая точка: указать точку пересечения осей  
в модели стержня

Оси и винтовую линию модели резьбы  
можно удалить, далее

Раздел меню “Редактировать” >

Редактирование тела

Команда: Вычитание

Выберите объекты: выбрать модель стержня, Enter

Выберите объекты: выбрать модель резьбы, Enter

Оси можно удалить. См. рис. 12.

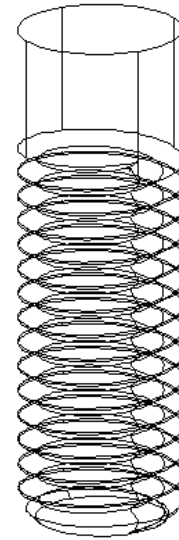


Рис. 12

#### 10.4.7. Визуализация модели

Для лучшей визуализации построенной модели изменим ее цвет,  
визуальный стиль и ориентацию на экране

Раздел меню “Редактировать” > Свойства

Команда: Цвет Enter

Новый цвет: 254 Enter

Раздел меню “Вид” > Визуальные стили > Реалистичный

Раздел меню “Вид” > Орбита > Свободная орбита См. рис. 13.

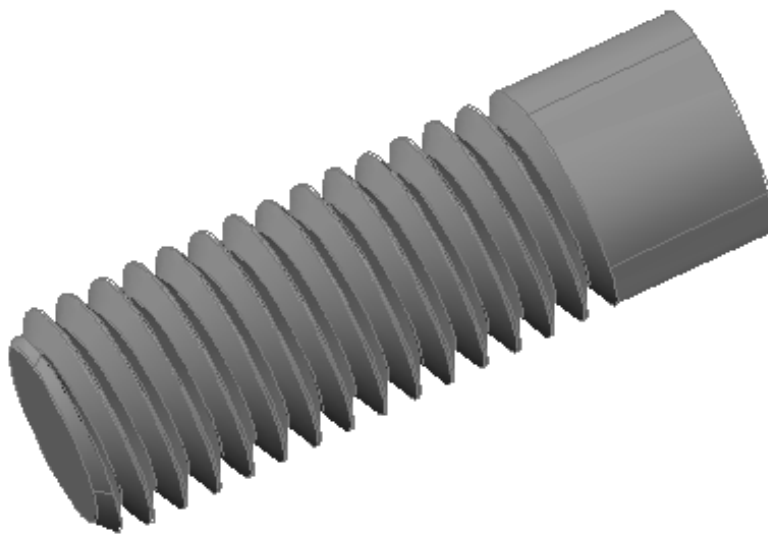


Рис. 13

### ***Сохранение модели стержня с резьбой***

Модель сохраняем с полным отображением

Раздел меню “Файл”

Команда: Сохранить как

Чертеж сохраняем в файле:

D:/Студенты/№группы/Фамилия/Модель\_№ варианта

### **10.5. Выводы. Варианты заданий**

Рассмотренная методика построения трехмерных твердотельных моделей винтовых изделий позволяет на конкретных примерах освоить последовательность и принципы создания в виртуальном трехмерном пространстве моделей будущих винтовых деталей, изделий. В результате построения моделей появляются новые возможности оценить полученную конструкцию с точки зрения дизайна, провести инженерный анализ, т.к. модель обладает не только точными геометрическими параметрами, но и данными по массе, моментам инерции и другим параметрам и свойствам.

Информационная компьютерная модель может служить основой синтеза управляющей программы к оборудованию с ЧПУ для изготовления детали, управления производством и т.д.

После освоения методики построения моделей винтовых изделий на рассмотренных примерах, для закрепления полученных знаний и приобретения навыков, рекомендуется каждому студенту самостоятельно построить свой вариант. Варианты приведены в Приложении 10.

## Приложение 10

**Задания**

Варианты 1-7 - построить трехмерную модель винтовой цилиндрической пружины круглого сечения с подрезанными торцами и следующими параметрами:

№ варианта	Диаметр проволоки, мм	Наружный диаметр пружины, мм	Высота пружины, мм
1	2	15	20
2	3	20	30
3	5	50	100
4	8	100	150
5	10	120	200
6	12	150	300
7	15	180	500

Варианты 8-14 – построить трехмерную модель винтовой конической пружины круглого сечения с подрезанными торцами и следующими параметрами:

№ варианта	Диаметр проволоки, мм	Наружный диаметр нижнего основания, мм	Наружный диаметр верхнего основания, мм	Высота пружины, мм
8	2	15	8	20
9	3	20	10	30
10	5	50	20	100
11	8	100	50	150
12	10	120	70	200
13	12	150	100	300
14	15	180	120	500

Варианты 15-21 – построить трехмерную модель винтовой цилиндрической пружины квадратного сечения с подрезанными торцами и следующими параметрами:

№ варианта	Сечение, мм	Наружный диаметр пружины, мм	Высота пружины, мм
15	2x2	15	20
16	4x4	20	30
17	6x6	50	100
18	8x8	100	150
19	10x10	120	200
20	12x12	150	300
21	15x15	180	500

Варианты 22-28 – построить трехмерную модель винтовой конической пружины квадратного сечения с подрезанными торцами и следующими параметрами:

№ варианта	Диаметр проволоки, мм	Наружный диаметр нижнего основания, мм	Наружный диаметр верхнего основания, мм	Высота пружины, мм
22	2x2	15	8	20
23	3	20	10	30
24	5	50	20	100
25	8	100	50	150
26	10	120	70	200
27	12	150	100	300
28	15	180	120	500

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Бабенко М.М. AutoCAD 2010 / М.М. Бабенко. – М.: АСТ, 2010. – 447с.
2. Жарков Н.В. Эффективный самоучитель AutoCAD 2009 / Н.В. Жарков. – М.: Русская редакция, 2009. – 508 с.
3. Зоммер Вернер. AutoCAD 2007. Руководство чертежника, конструктора, архитектора. – М.: Бином, 2007. – 816 с.
4. Иванов В.П., Батраков А.С. Трехмерная компьютерная графика. – М.: Радио и связь, 1995. – с.
5. Климачева Т.Н. AutoCAD 2007. Русская версия / Т.Н. Климачева. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 488 с.
6. Левковец Л.Б. Самоучитель AutoCAD 2010 / Л.Б. Левковец. – СПб.: ВHV, 2009. – 651 с.
7. Полещук Н.Н. AutoCAD 2007. 2D/3D – моделирование / Н.Н. Полещук. – М.: Русская редакция, 2007. – 416 с.
8. Полещук Н.Н. AutoCAD: разработка приложений, настройка и адаптация / Н.Н. Полещук. – М.: Феникс, 2006. – 992 с.
9. Полещук Н.Н. AutoCAD 2011 / Н.Н. Полещук. – СПб.:ВHV, 2011. –752 с.
10. Соколова Т.Ю. AutoCAD 2009 для студента. Самоучитель / Т.Ю. Соколова. – СПб.: Питер, 2008. – 384 с.
11. Хейфец А.Л. 3D-технологии построения чертежа. AutoCAD / А.Л. Хейфец, А.Н. Логиновский, И.Н. Буторина. – СПб.:ВHV, 2007. – 256 с.
12. Эббот Дэн. AutoCAD: секреты, которые должен знать каждый пользователь. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008.- 640 с.
13. Шабека Л.С., Сторожилов А.И., Белякова Е.И. Построение трехмерных графических моделей на ПЭВМ по дисциплине "Начертательная геометрия. Инженерная графика" -Минск: БГПА, 1996. – 60 с.

### Дополнительная литература

14. Погорелов В.В. AutoCAD 2008 на примерах / В.В. Погорелов. – СПб.: ВHV, 2008/ - 256 с.
15. Чеботарева И.Б. AutoCAD 2010 на практике / Чеботарева И.Б. – М.: Феникс, 2010. – 160 с.
16. Кудрявцев Е.М. AutoLISP. Основы программирования в AutoCAD 2000 –М.: ДМК Пресс 2000. – 416с