

Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация)  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
университет гражданской авиации»

## **КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА**

Методические указания по изучению дисциплины  
и выполнению контрольной работы  
для студентов специальности 25.05.05 Эксплуатация воздушных судов и  
организация воздушного движения (специализация «Организация технического  
обслуживания и ремонта воздушных судов») заочной формы обучения

Санкт-Петербург  
2019

Одобрено и рекомендовано к изданию  
Учебно-методическим советом Университета

Ш 87(03)

**«Компьютерная графика»:** Методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы /Университет ГА. С.-Петербург, 2019.

Разработаны на основе рабочих программ для ФГОС ВО поколения 3+ по темам дисциплины **«Компьютерная графика»**.

В методических указаниях представлены: структура курса, задания для контрольной работы и рекомендации по их выполнению.

Предназначены для студентов заочного факультета, обучающихся по специальности 25.05.05 «Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения» (специализация «Организация технического обслуживания и ремонта воздушных судов»).

Табл. 1, библи. 11 назв., прилож. 2.

Составители: А.В. Гаврилова, канд. техн. наук доц.

А.Б. Байрамов, канд. техн. наук доц.

Рецензент: Р.Р. Муксимова, канд. техн. наук доц.

### **Общие методические указания**

Целями освоения дисциплины «Компьютерная графика» являются формирование пространственного и конструктивно-геометрического мышления, способствовать формированию и совершенствованию навыков компьютерного конструирования, а также навыков необходимых для выполнения и чтения чертежей различного назначения, выполненных с помощью возможностей современного программного обеспечения для инженеров.

Для достижения поставленных целей в рамках дисциплины решаются следующие задачи:

- развитие способностей к анализу и синтезу пространственных форм и отношений на основе графических моделей пространства;
- освоение приемов построения и решения задач в виде объектов различных геометрических форм, чертежей технических деталей, а также соответствующих технических процессов и зависимостей;
- освоение требований ЕСКД;
- формирование и совершенствования навыков выполнения чертежей и 3D моделей на компьютере.

Курс «Компьютерная графика» базируется на школьных курсах геометрии и черчения, на курсе «Начертательной геометрии и инженерной графики», изучаемом студентами на предыдущих курсах обучения. Дисциплина основывается на нормативных документах и государственных стандартах «Единой системы конструкторской документации (ЕСКД)».

Для изучения дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки:

- знание основных понятий, методов проецирования, правил построения чертежа;
- умение выполнять простейшие геометрические построения;
- представлять форму предметов и их взаимное положение в пространстве;

- первоначальные навыки работы на компьютере.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- возможности современных систем автоматизированного проектирования;
- общие методы построения и чтения чертежей;
- методы решения прикладных инженерно-геометрических задач;
- правила оформления конструкторской документации.

Уметь:

- выполнять эскизирование, детализацию, сборочные чертежи, твердотельные (трехмерные) модели с применением компьютерной графики;
- разрабатывать производственно-техническую документацию;
- использовать информационные технологии при проектировании и разработке, модернизации и модификации воздушных судов и объектов авиационной инфраструктуры;
- разрабатывать проектную и рабочую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с применением средств компьютерной графики;
- использовать элементы инженерной графики в профессиональной деятельности.

Владеть:

- навыками выполнения проектно-конструкторской документации с использованием современных средств автоматизированного проектирования;
- навыками пространственного представления и конструктивно-геометрического мышления;
- фундаментальными инженерно-геометрическими знаниями, позволяющими успешно изучать общетехнические и специальные дисциплины;
- навыками оформления конструкторской документации и представления в объемном виде геометрического объекта по его проекциям.

- навыками твердотельного (трехмерного) моделирования геометрических объектов в среде автоматизированного проектирования.

В процессе обучения дисциплине «Компьютерная графика» студенты всех специальностей выполняют одну контрольную работу и сдают зачёт (или зачёт с оценкой, в соответствие с учебным планом).

### **Структура курса**

Самостоятельно изучая дисциплину, рекомендуется придерживаться следующей последовательности:

#### **Тема 1. Основные параметры чертежа**

Формат, масштаб, линии, оформление чертежа, шрифты, основные надписи и пр.

#### **Тема 2. Основы САПР**

Основные понятия и определения САПР. Классификация. Основные функции CAD, CAE, CAM – систем. Примеры мировых производителей САПР. Комплексные системы САПР, основанные на управлении жизненными циклами изделий – PLM-системы.

#### **Тема 3. Основные приёмы рисования и редактирования чертежа**

Виды программ. Интерфейс программ. Приёмы рисования: построение линий, построение окружностей, нанесение размеров, нанесение надписей. Режимы редактирования изображений: копирование, масштабирование, поворот, изменение типа линий, и пр. Практическая работа по построению изображения плоской детали (типа прокладка).

#### **Тема 4. Основные приёмы твёрдотельного (трёхмерного) моделирования**

Методы твердотельного (трёхмерного) моделирования: построение эскиза, операции вращения, выдавливания, массив, фаска, формирование отверстий и пр. Практическая работа по построению объемного изображения детали.

### **Тема 5. Построение сечений и разрезов по ЕСКД**

Виды сечений и разрезов, методы изображения их на листе чертежа. Практическая работа по построению разреза (сечения) заданной детали. Нанесение штриховки, оформление чертежа.

### **Тема 6. Основные виды соединений. Резьбовые соединения. Соединения деталей**

Разъемные и неразъемные соединения, их изображение на чертеже. Виды резьб. Изображение и обозначение резьбы. Крепежные детали. Изображения условные и упрощенные крепежных деталей. Практическая работа по выполнению резьбового (болтового или шпилечного) соединения с необходимыми разрезами.

### **Тема 7. Сборочный чертеж. Составление спецификации**

Виды конструкторских документов. Понятие сборочного чертежа. Спецификации. Практическая работа по оформлению выполненного ранее чертежа резьбового соединения и спецификации к нему.

### **Литература**

1. AutoCAD 2010. Официальный учебный курс- М.: ДМК Пресс, 2010. – 694с.
2. Большаков, В.П., Бочков, А.Л., Сергеев, А.А. 3D-моделирование в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, T-Flex: учебный курс (+ DVD-ROM) / В.П. Большаков, А.Л. Бочков, А.А. Сергеев. - СПб.: Издательство: Питер, 2010. – 336 с.
3. Большаков, В.П., Бочков, А.Л. Основы 3D-моделирования. Изучаем работу в AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor. Сборки. Учебный курс. Рекомендовано УМО в области радиотехники, электронной, биомедицинской техники и автоматизации.) / В.П. Большаков, А.Л. Бочков. - СПб.: Издательство: Питер, 2011. – 304 с.
4. Большаков, В.П., Бочков, А.Л., Лячек Ю.Т. Твёрдотельное моделирование деталей в CAD-системах: AutoCAD, Компас-3D, SolidWorks, Inventor, Creo. Учебный курс. Рекомендовано УМО в области радиотехники,

электронной, биомедицинской техники и автоматизации.) / В.П. Большаков, А.Л. Бочков, Лячек Ю.Т. - СПб.: Издательство: Питер, 2010. – 480 с.

5. Погорелов В.И. AutoCAD 2010. Самое необходимое- СПб.: БХВ\_Петербург, 2009. – 400 с.

6. Уваров А.С. Инженерная графика для конструкторов в AutoCAD-М.: ДМК Пресс, 2009. – 360 с.

7. Хейфец А.Л. Инженерная компьютерная графика. AutoCAD : учеб. пособие: рек. Мин. обр. РФ/ А. Л. Хейфец. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007. –316с.

8. Чекмарев А.А. Инженерная графика. Машиностроительное черчение: Учебник. – М.: ИНФРА – М., 2010. – 396 с.

9. Начертательная геометрия и инженерная графика. Методические указания и контрольные задания. СПб: Издательство СПб ГУГА, 2008.– 51с.

10. Электронный курс «Основы AutoCAD», сост. Бочков А.Л., СПб, 2012. Режим доступа <http://cadinstructor.org/course/>.

11. Электронный учебник «Конструкторские документы и правила их оформления». Сост. Вольхин К.А. Новосибирск, 2004. Режим доступа <http://ng.sibstrin.ru/wolchin/umm/eskd/eskd/GOST/index.htm>.

### **Методические указания по выполнению контрольной работы**

Контрольная работа включает в себя выполнение четырех заданий. Все работы выполняются в масштабе 1:1, формат листа выбирается студентом самостоятельно.

Для выполнения контрольной работы необходимо использовать программу AutoCAD или КОМПАС. В случае отсутствия доступа к указанной программе, каждый пользователь может скачать учебную версию (студенческую) на официальном сайте разработчика и службы поддержки пользователей.

Выполненные практические (контрольные) задания представляются преподавателю на проверку до начала или во время экзаменационной сессии в бумажном (распечатанном) варианте и на электронном носителе (с

разрешением .dwg (AutoCAD) или .cdw (КОМПАС)). Промежуточное тестирование по разделам курса не предусмотрено. По результатам рецензирования каждой работы студент получает отметку о допуске к зачёту (экзамену). Студент, не выполнивший контрольные задания, к зачёту (экзамену) не допускается.

В заданиях 2-4 содержится «**Дополнительное задание** (для повышения рейтинга)» - это часть **необязательная** к выполнению в контрольной работе, и **требуется только от обучающихся, претендующих на рейтинг «А» или оценку «отлично».**

### **Задание для самостоятельной работы №1:**

1. Изучить интерфейс программы (краткая информация представлена в Приложении 1).
2. Оформить рамку и основную надпись на чертеже.
3. Изучить способы построения геометрических объектов на листе чертежа (точка, отрезок (в том числе заданной длины и угла наклона), прямая (в том числе параллельная и перпендикулярная заданной), кривая (в том числе эллипс, окружность)).
4. Изучить приёмы редактирования элементов чертежа (масштабирование, копирование, массив, «зеркало» (симметрия), удаление и т.д.).
5. Изучить способы нанесения размеров на чертеже (линейные, угловые, с автоматической и ручной простановкой размера).
6. Выполнить чертеж плоской пластины по индивидуальному заданию.

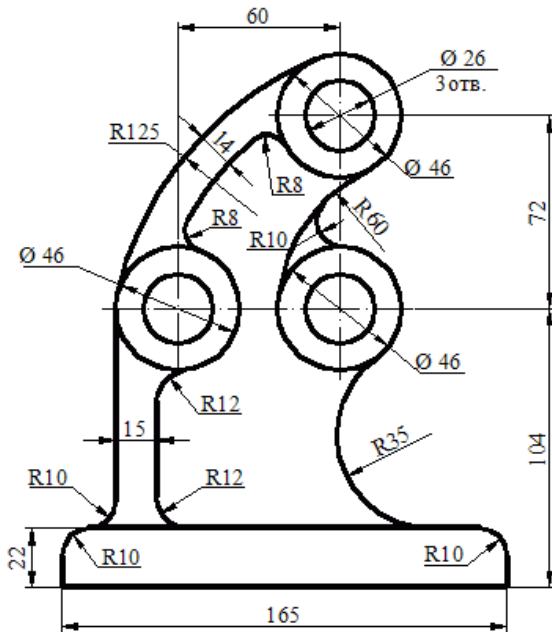
**Вариант задания принять по сумме двух последних цифр номера зачетной книжки.**

Пример выполнения задания представлен на рис. 1.

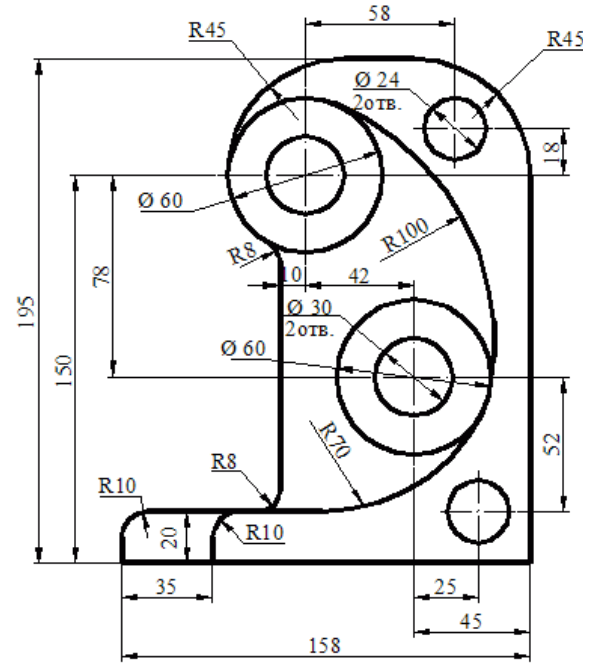


# Варианты заданий к задаче 1

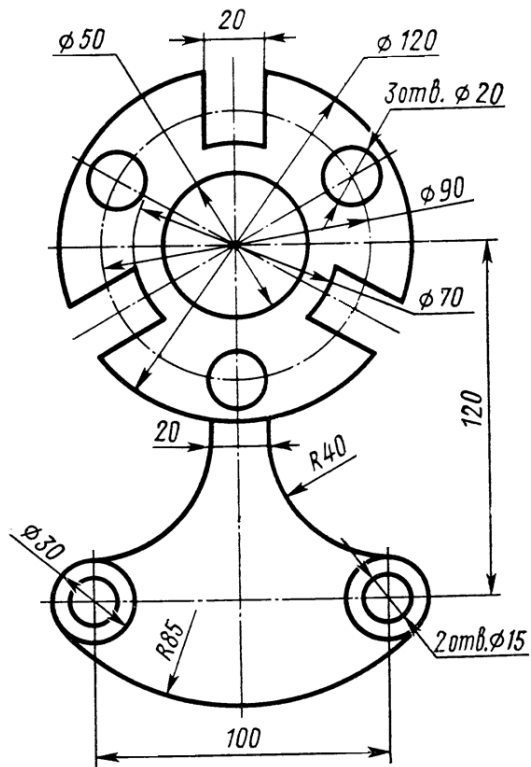
1



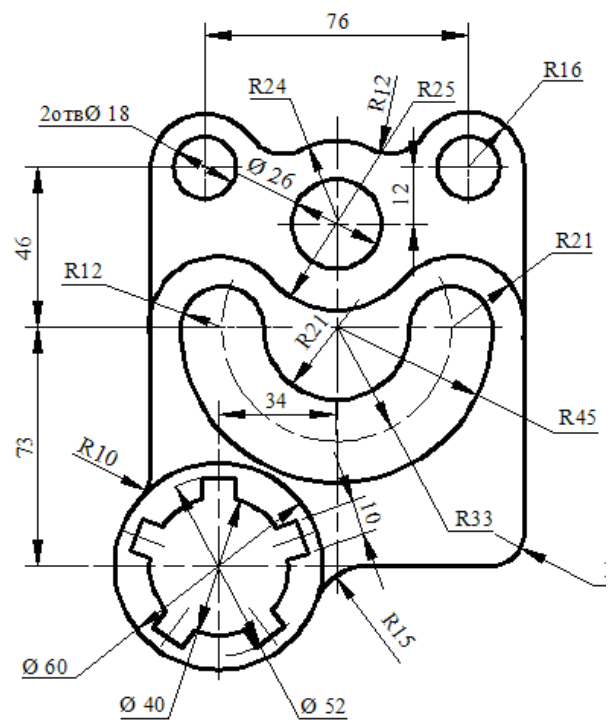
2



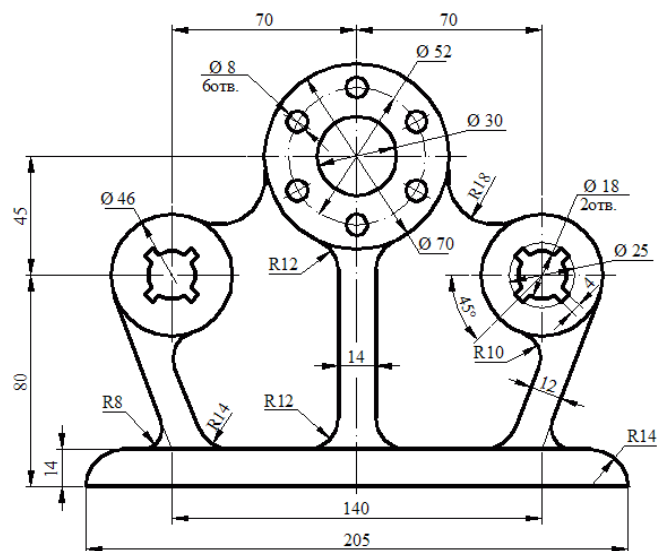
3



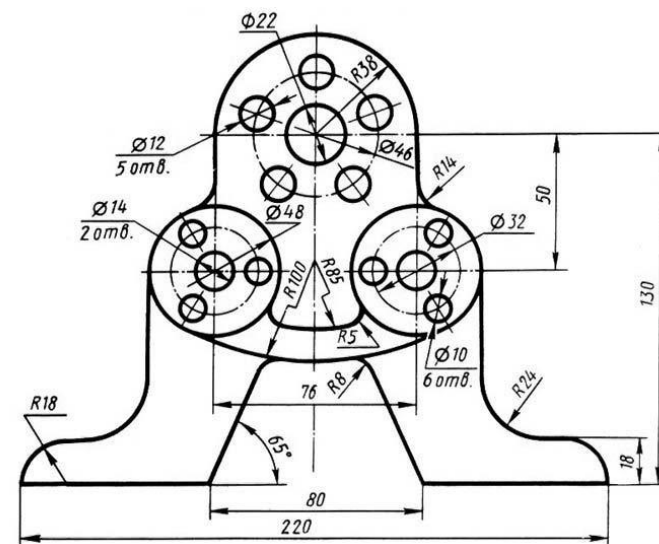
4



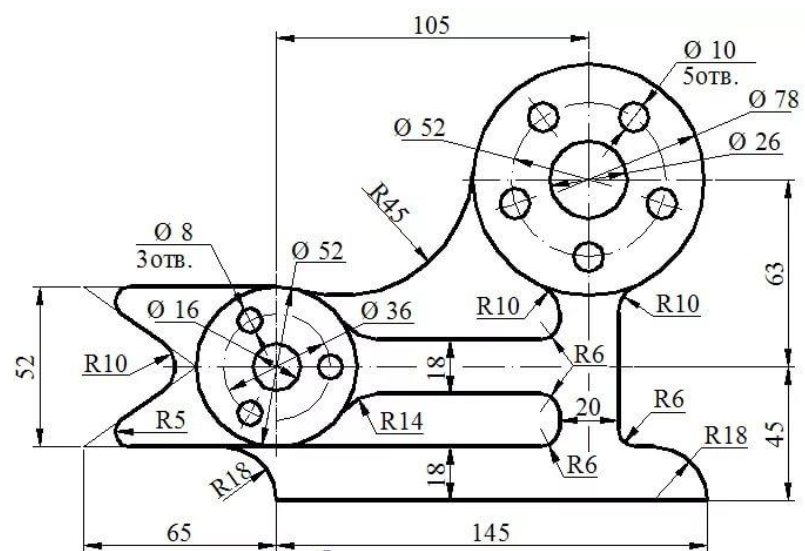
5



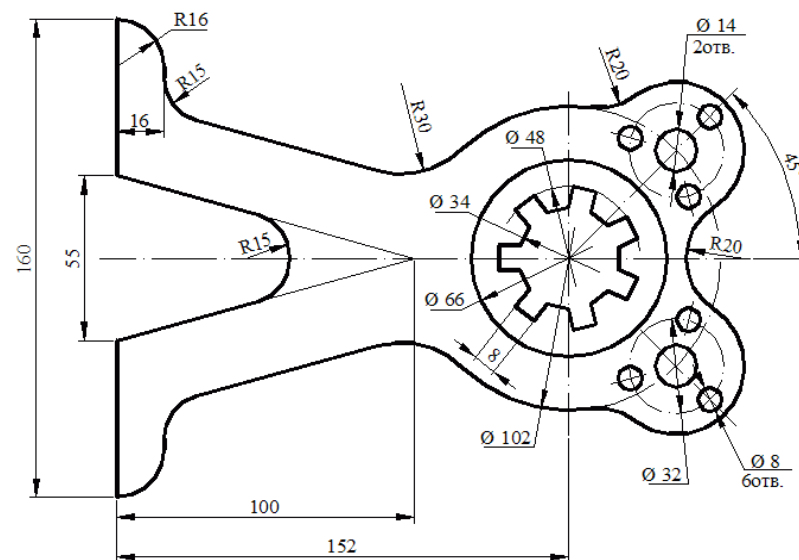
6



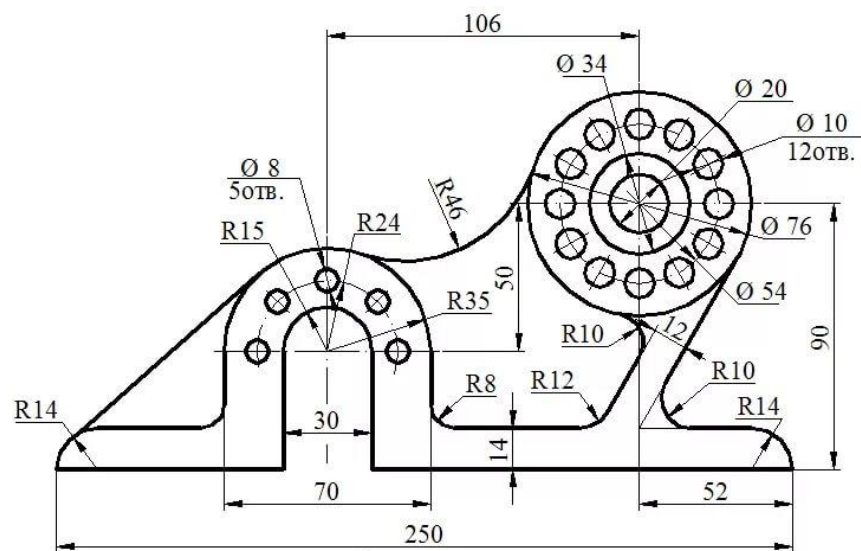
7



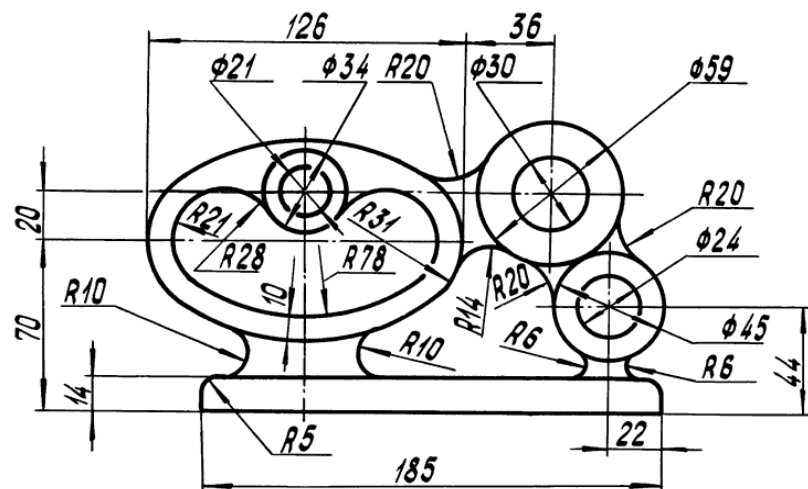
8



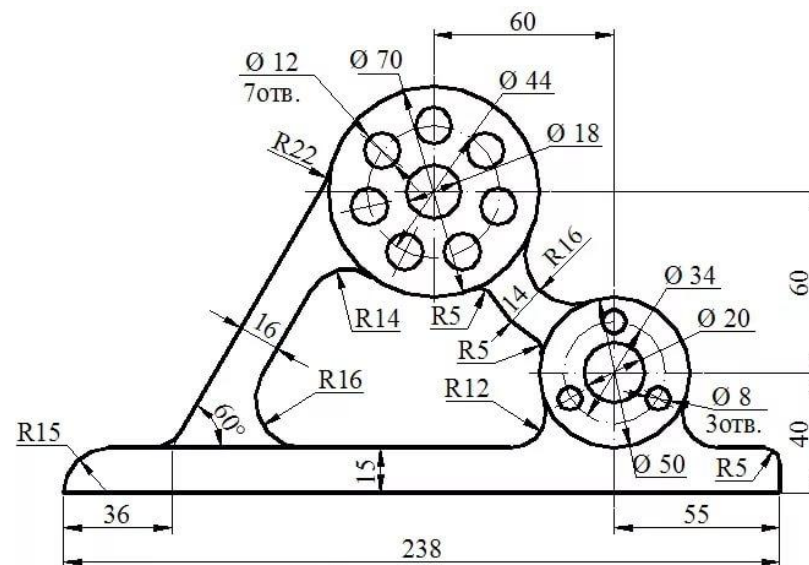
9



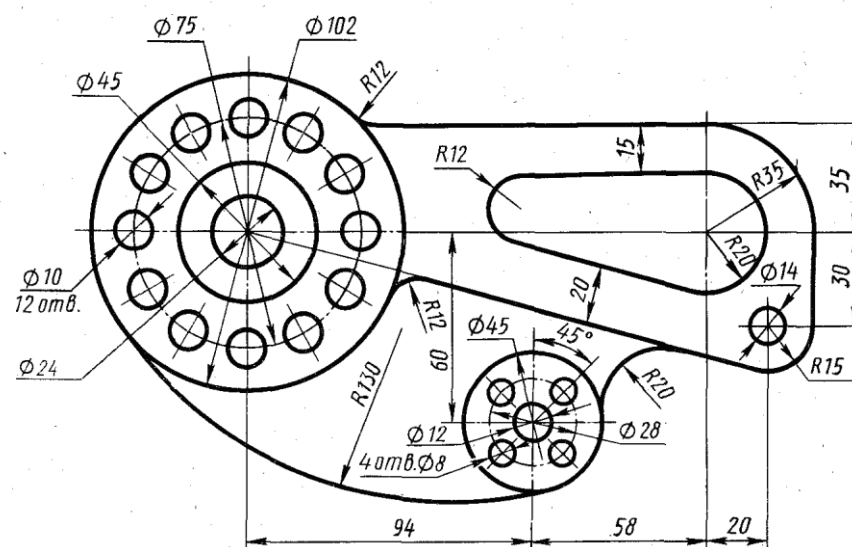
11



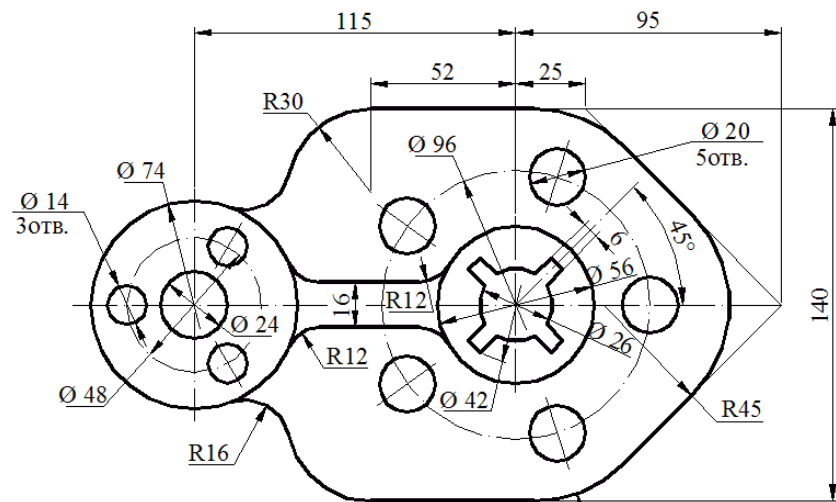
10



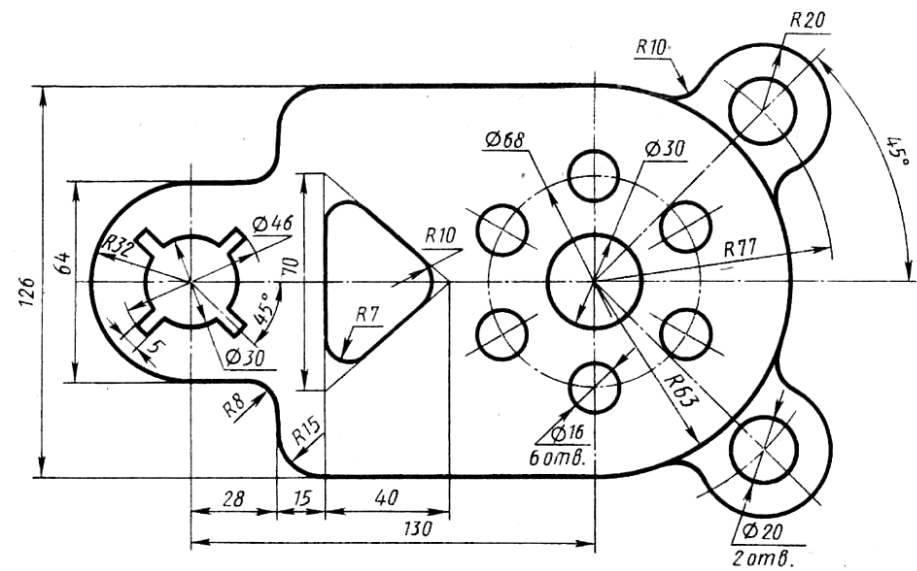
12



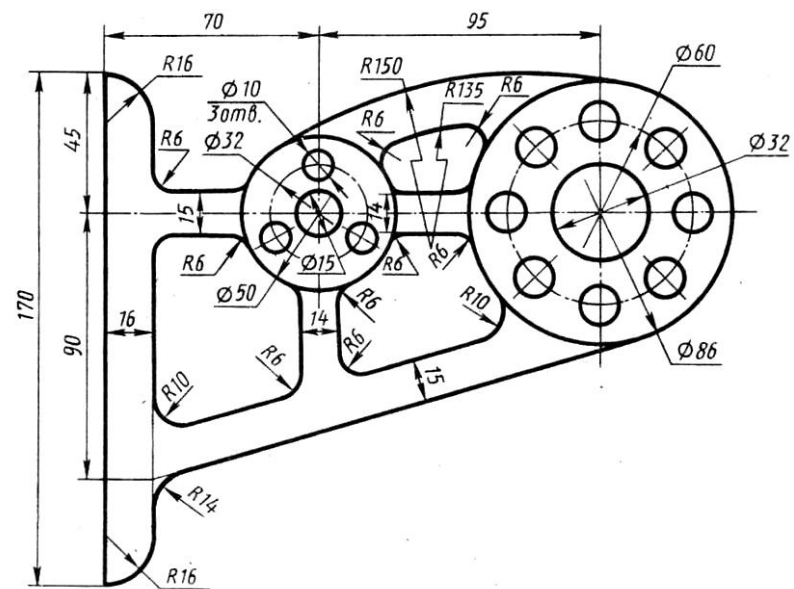
13



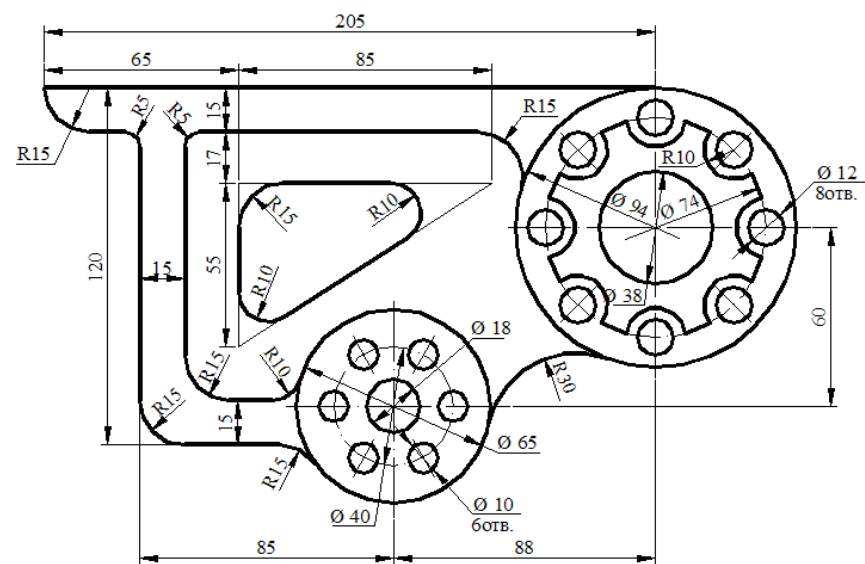
14



15



16



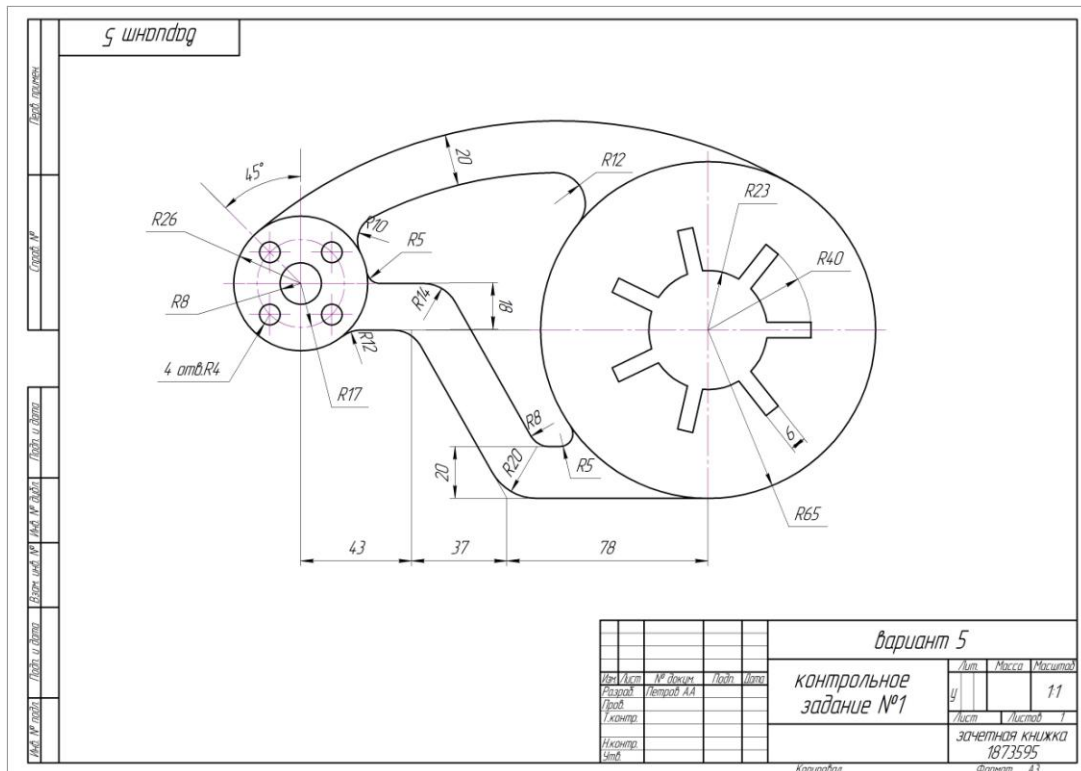
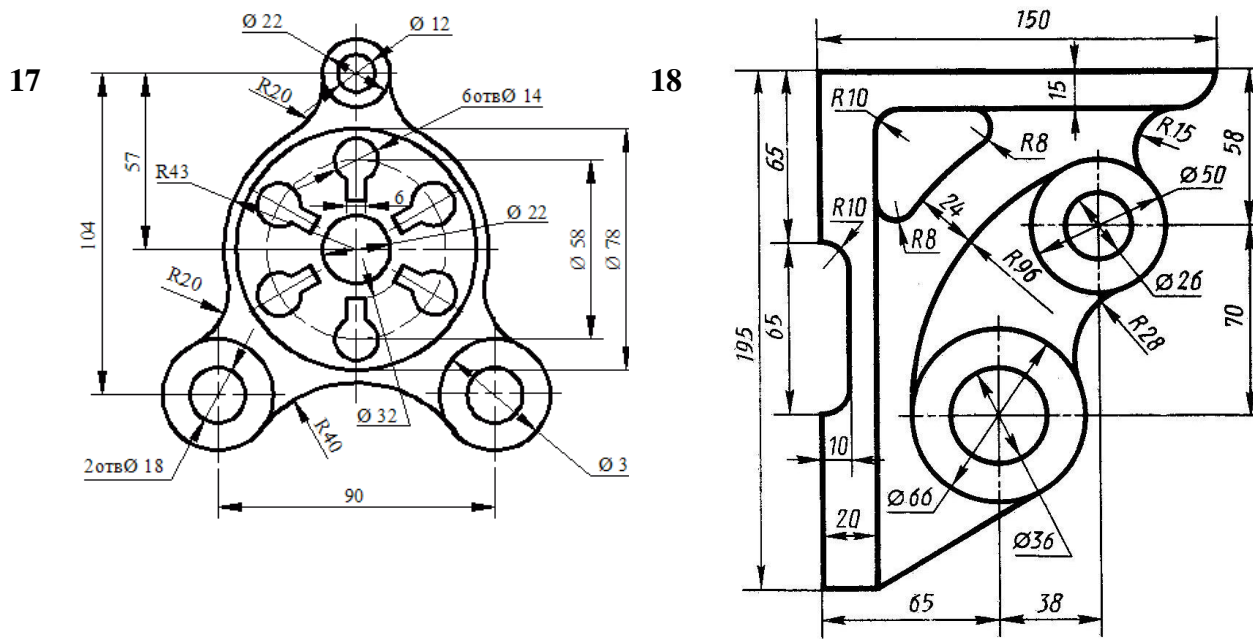


Рис. 1. Пример выполнения задания №1

## Задание для самостоятельной работы №2:

1. Изучить приёмы твёрдотельного (трёхмерного) моделирования: построение эскиза, операции вращение, выдавливание и пр. (краткая информация представлена в Приложении 2).

2. Построить твердотельную (трёхмерную) модель геометрического тела по индивидуальному заданию. **Вариант задания принять по предпоследней цифре номера зачетной книжки.**

3. Выполнить три вида (три проекции) геометрического тела по построенной модели с указанием всех необходимых размеров.

4. Дополнительное задание (для повышения рейтинга): выполнить сечение заданного геометрического тела плоскостью на 3D модели и плоском чертеже детали.

Пример выполнения задания представлен на рис. 2

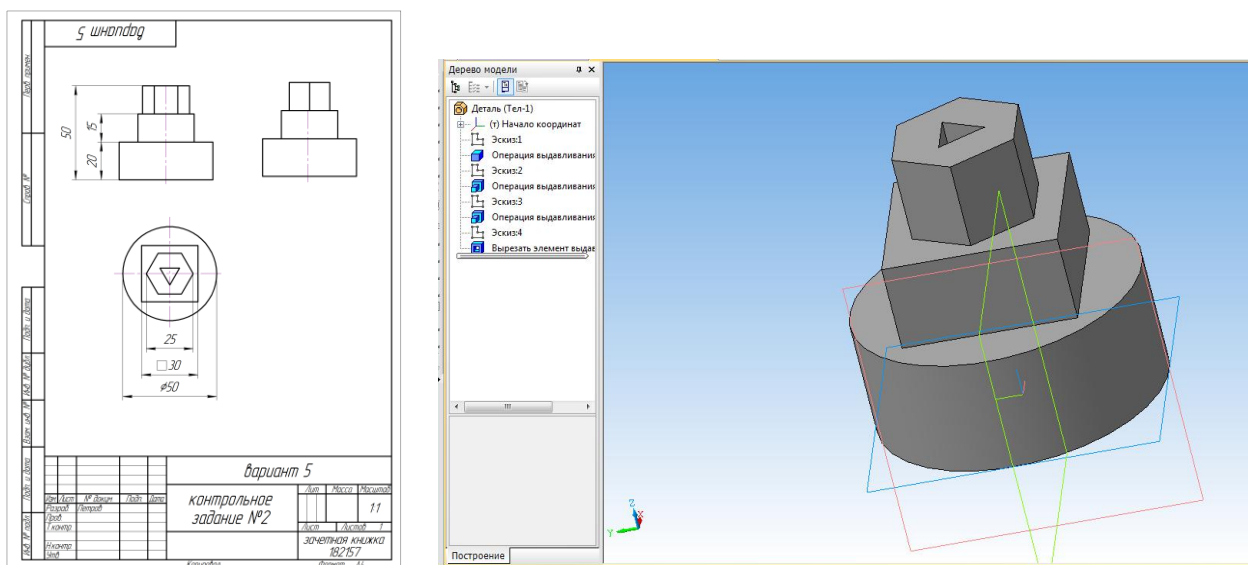
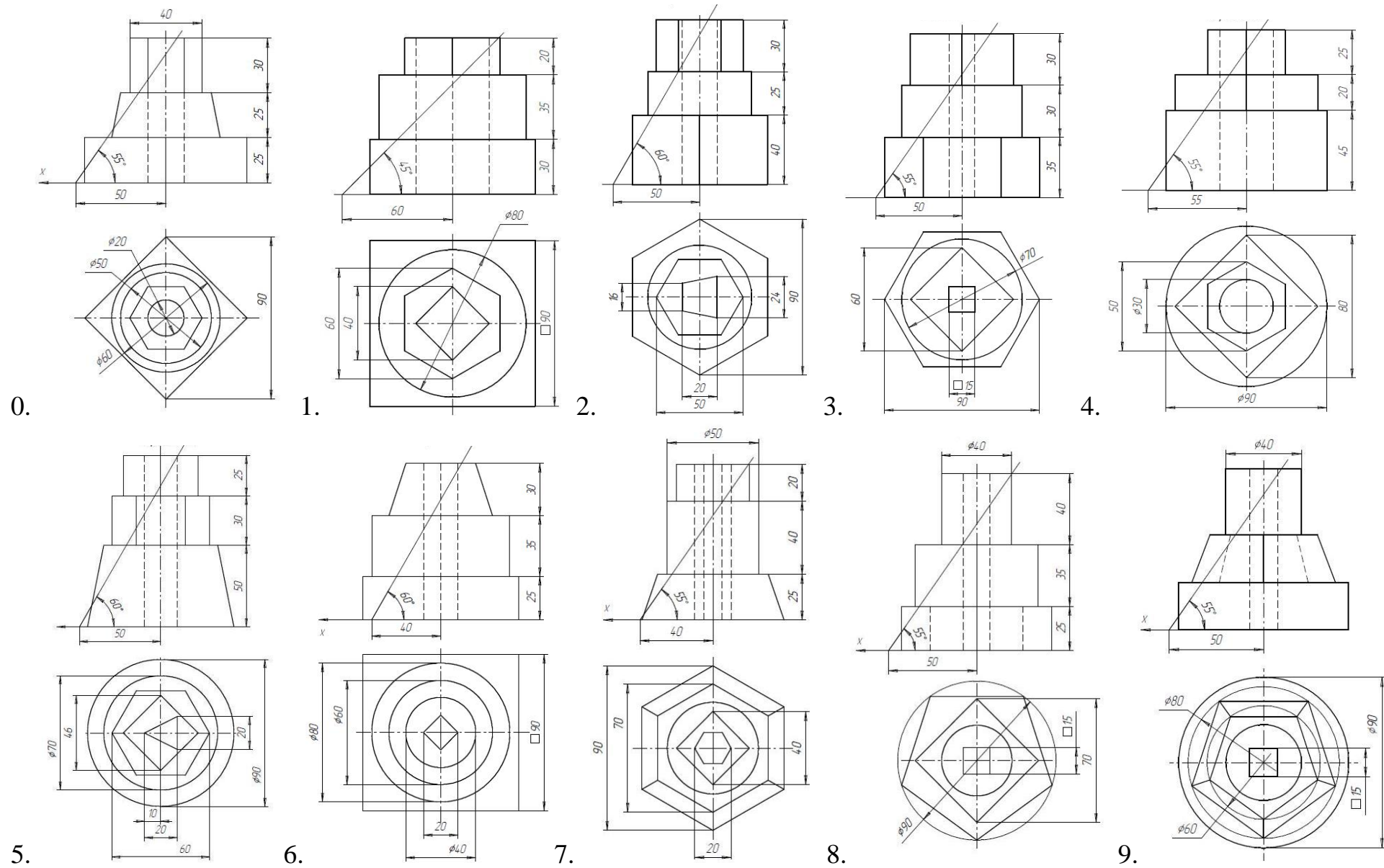


Рис. 2. Пример выполнения задания №2



## Варианты заданий к задаче 2

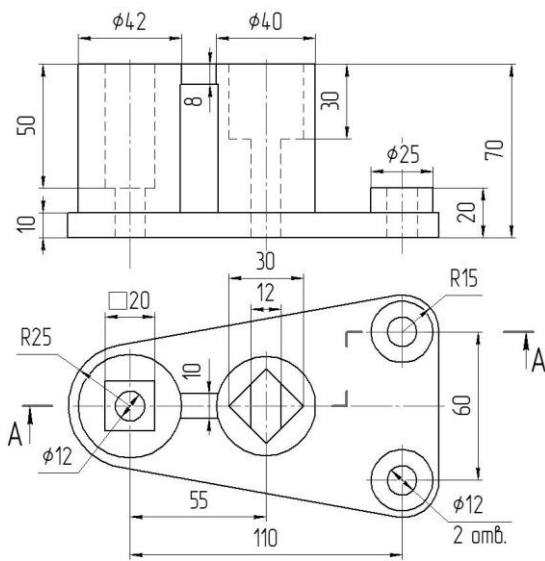


### Задание для самостоятельной работы №3:

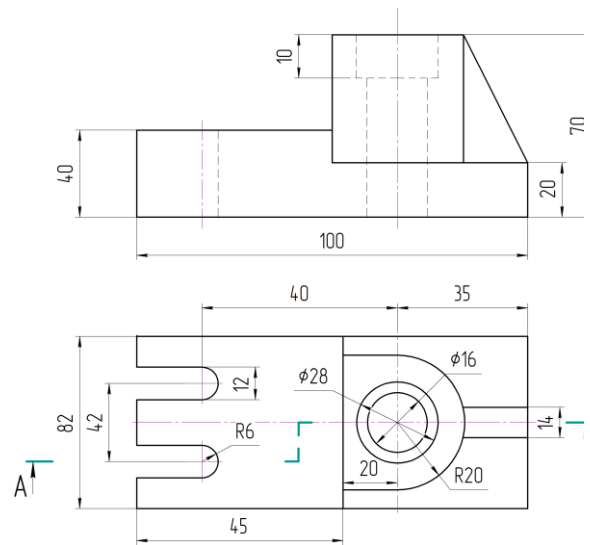
1. Изучить приёмы построения разрезов и сечение на чертежах деталей.
2. Построить чертеж детали со ступенчатым разрезом по индивидуальному заданию. **Вариант задания принять по последней цифре номера зачетной книжки.**
3. Нанести все необходимые размеры.
4. Дополнительное задание (для повышения рейтинга): построить 3D модель заданной детали

#### Варианты заданий к задаче 3

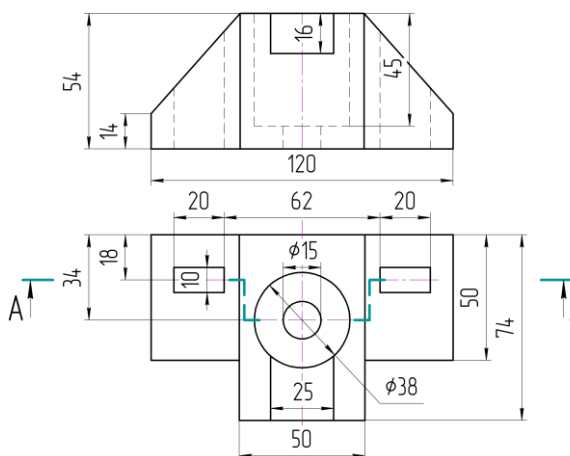
1



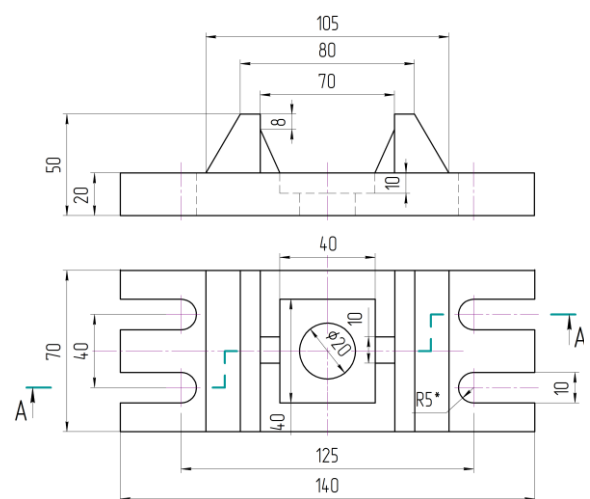
2



3

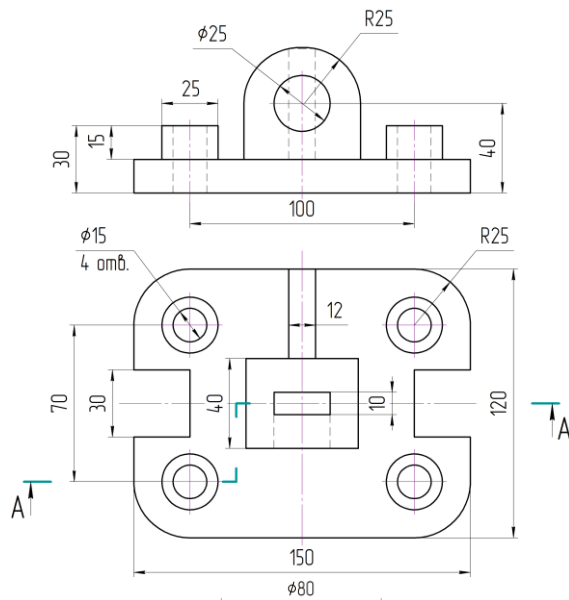


4

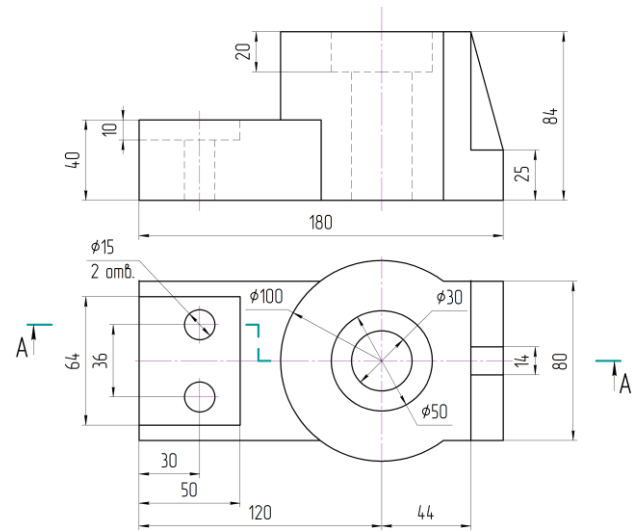




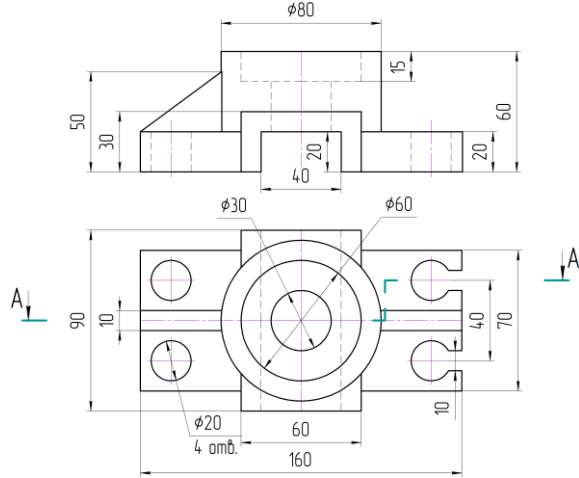
5



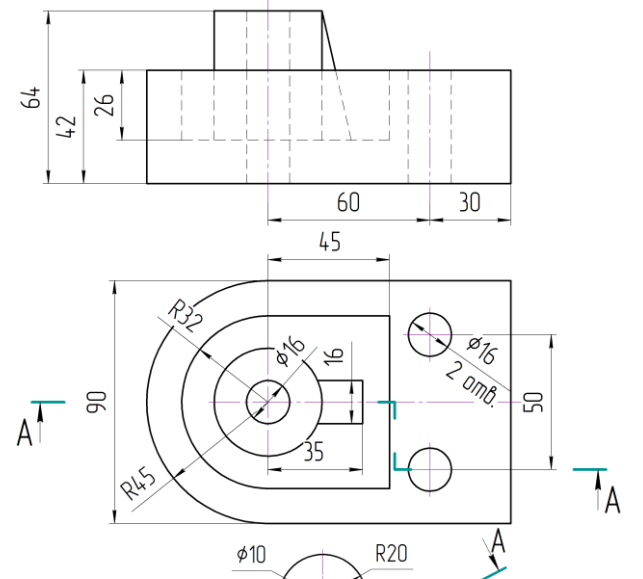
6



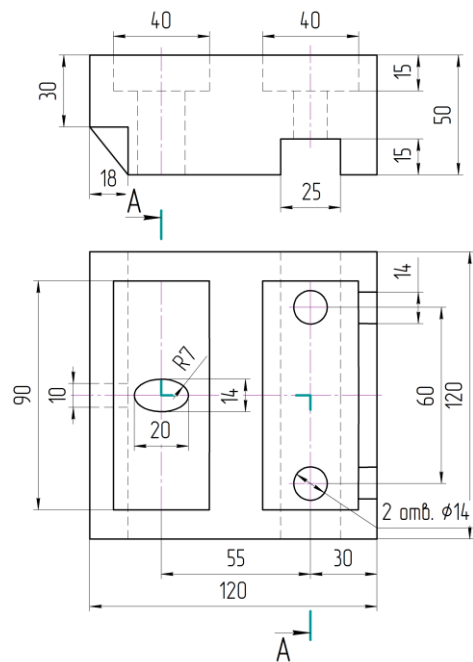
7



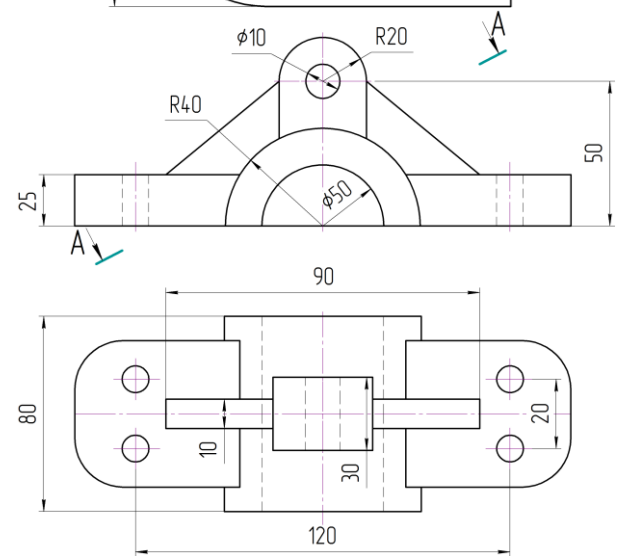
8



9



0



Пример выполнения задания представлен на рис. 3

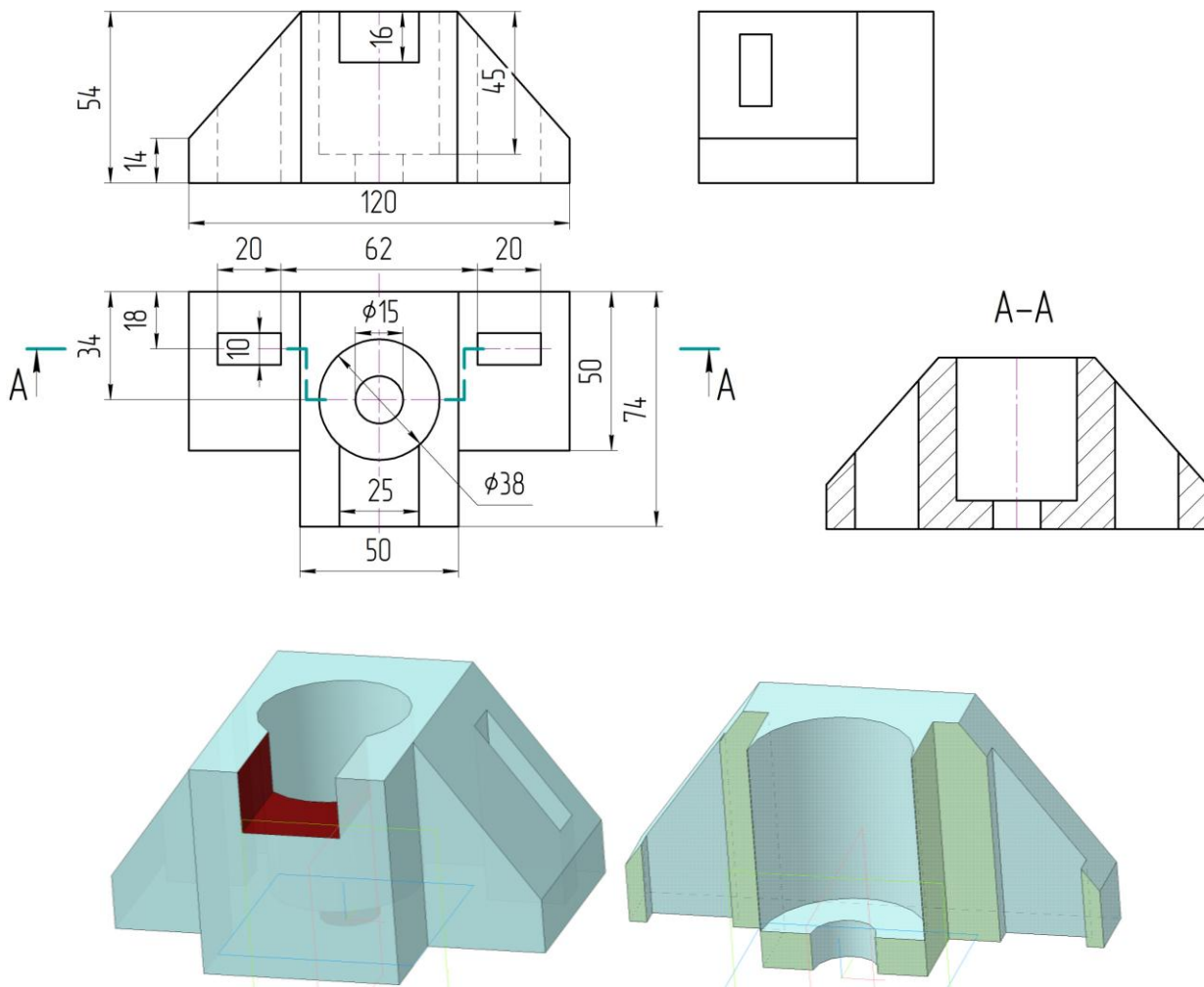


Рис. 3 . Пример выполнения задания №3

#### Задание для самостоятельной работы №4:

1. Повторить материал по выполнению сборочных чертежей, составлению спецификаций, правила вычерчивания резьбовых деталей и соединений из курса «Инженерная графика».

2. Выполнить две проекции резьбового соединения с необходимыми разрезами по индивидуальному заданию. **Вариант задания принять по сумме двух последних цифр номера зачетной книжки.**

3. Указать необходимые для изготовления соединения размеры. Размеры элементов крепежных деталей принять по ГОСТ. Указанный на схеме размер  $d$  принять равным диаметру резьбы крепежной детали; размер  $d_0 = d + 2\text{мм}$ ; (недостающими в исходных данных размерами задаться самостоятельно).

4. Обозначить позиции и составить спецификацию на сборочный чертеж.

5. Дополнительное задание (для повышения рейтинга): Выполнить 3D модель построенного соединения.

Исходные данные приведены в табл. 1 .

Таблица 1.

Варианты заданий к задаче 4

Номер варианта	Номер схемы	Вид соединения	Размер резьбы крепежной детали
0	10	шпилечное	М 20
1	1	болтовое	М 16
2	2	болтовое	М 24
3	3	болтовое	М 22
4	4	болтовое	М 20
5	5	шпилечное	М 22
6	6	болтовое	М 22
7	7	болтовое	М 12
8	8	шпилечное	М 16
9	9	болтовое	М 20
10	10	болтовое	М 18
11	11	болтовое	М 16
12	12	шпилечное	М 14
13	9	болтовое	М 12
14	2	болтовое	М 22
15	8	болтовое	М 18
16	3	болтовое	М 18
17	7	болтовое	М 16
18	5	болтовое	М 14

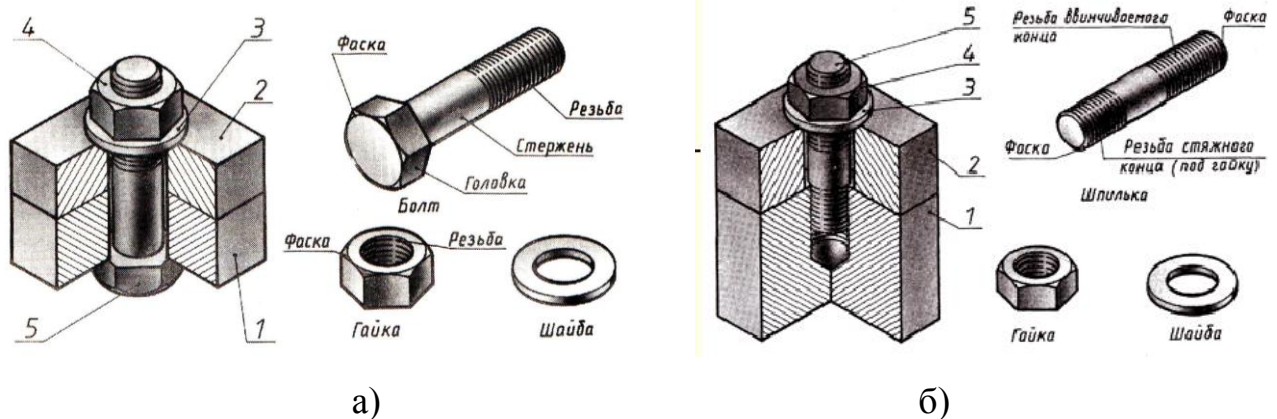
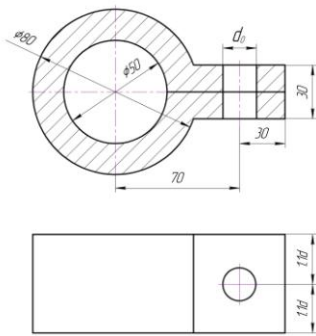


Рис. 4. Детали болтового (а) и шпилечного (б) соединений

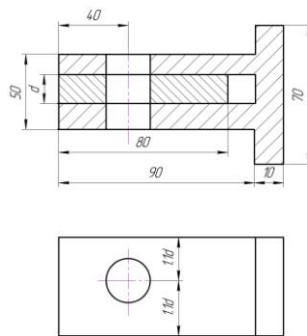
Пример выполнения задания представлен на рис.5

## Схемы соединяемых деталей к задаче 4

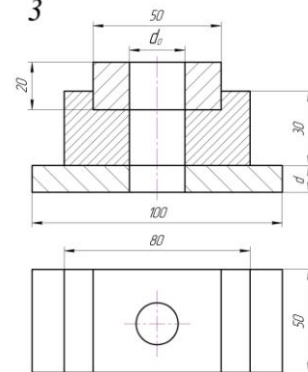
1



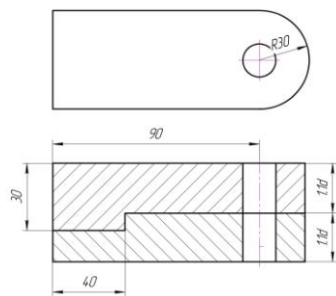
2



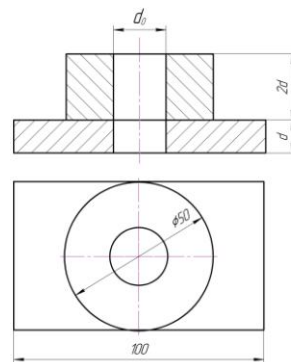
3



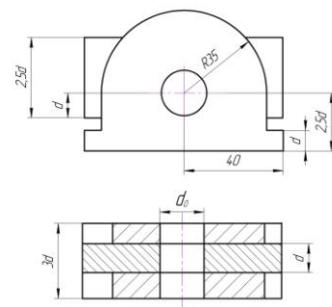
4



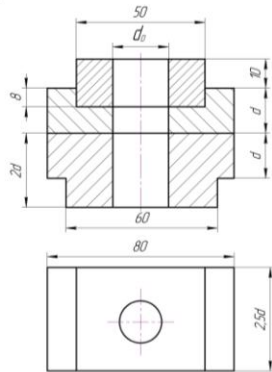
5



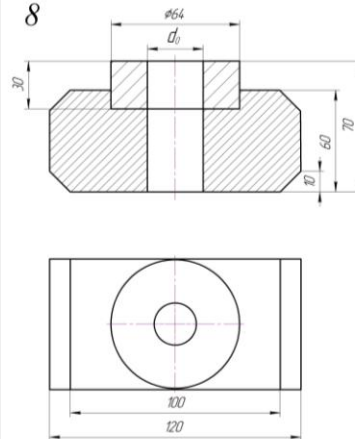
6



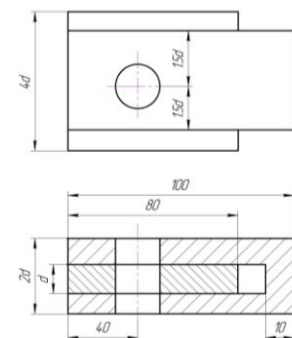
7



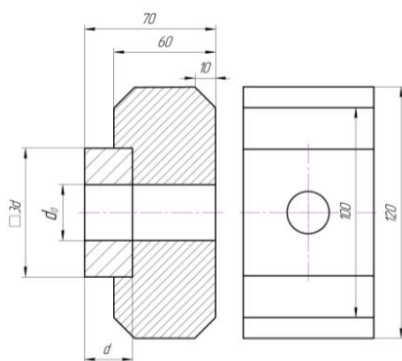
8



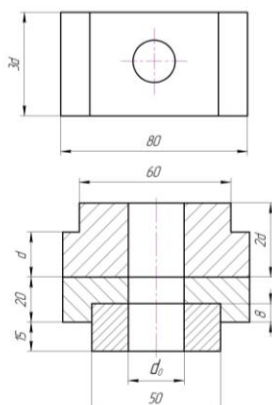
9



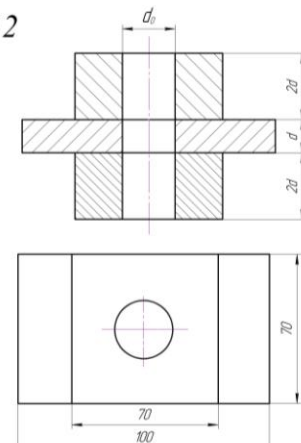
10



11



12



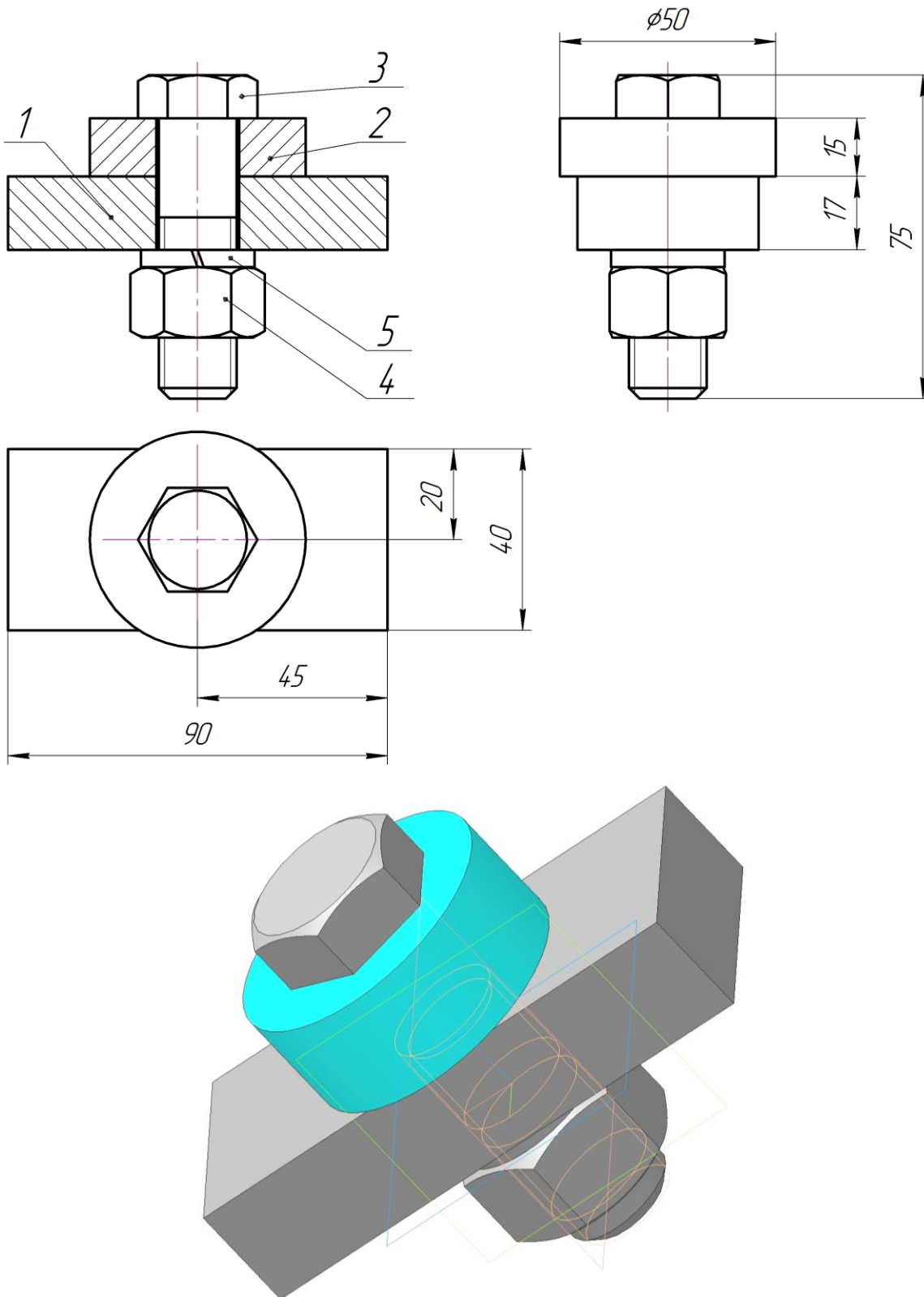


Рис. 5. Пример выполнения задания №4

### **Задание для самостоятельной работы №5:**

Выполнить 3D модель авиационного узла по указанию преподавателя.

Обозначить позиции и составить спецификацию на сборочный чертеж.



# 1. Анализируем сборочный чертеж авиационного узла (клапан) рис.6

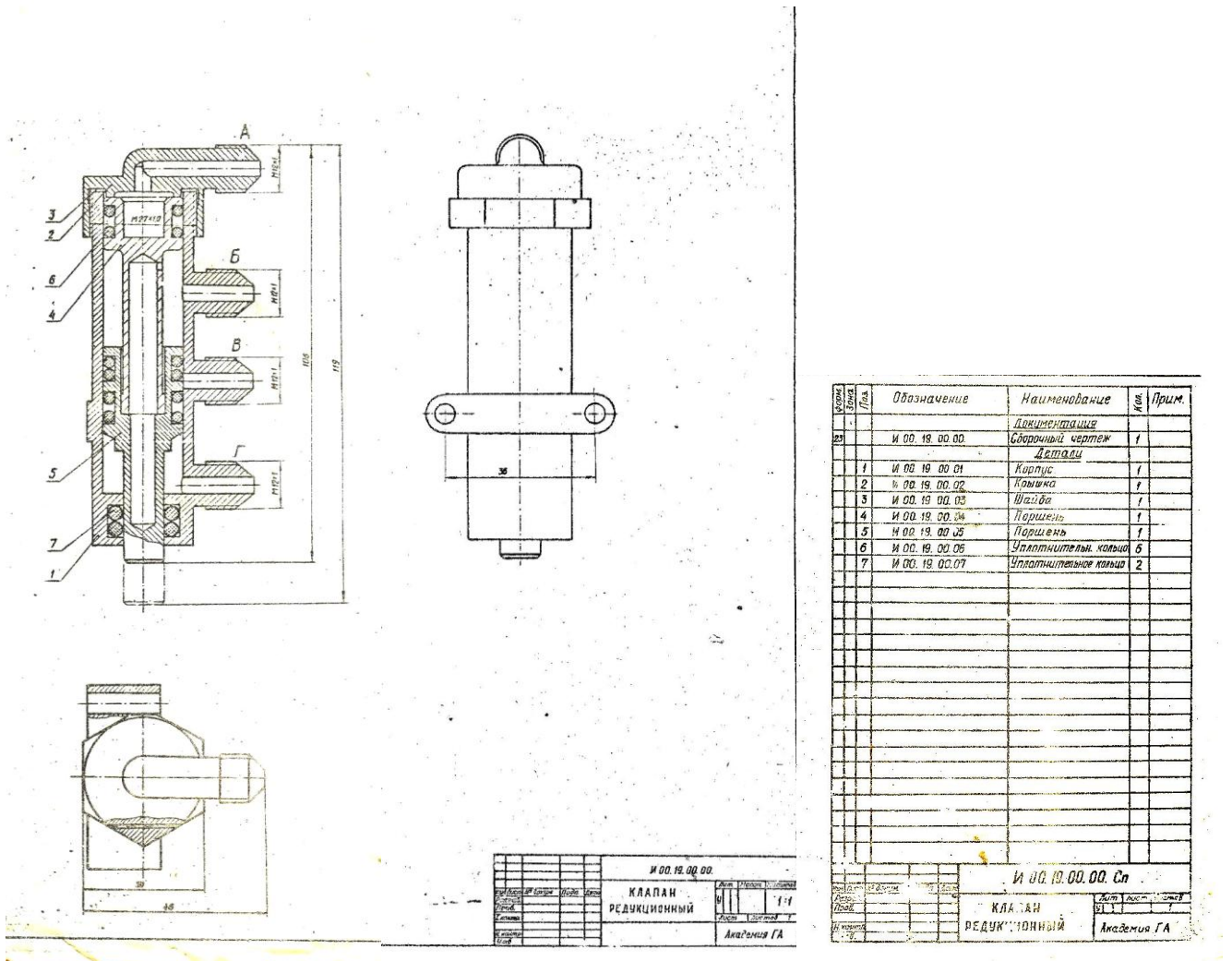
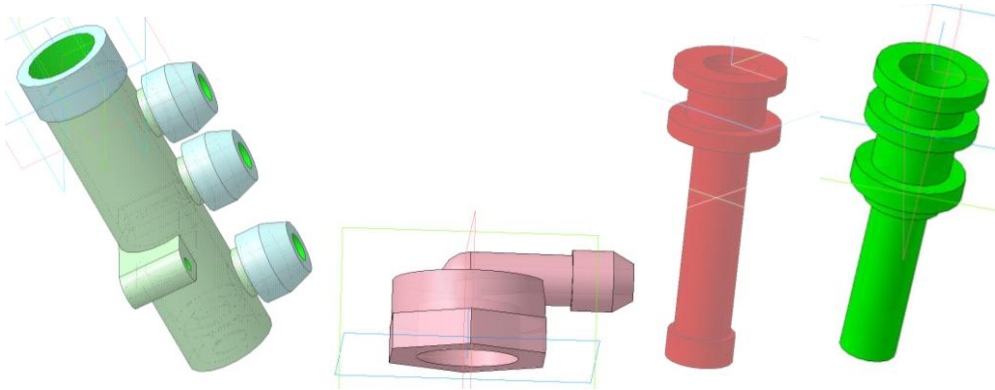
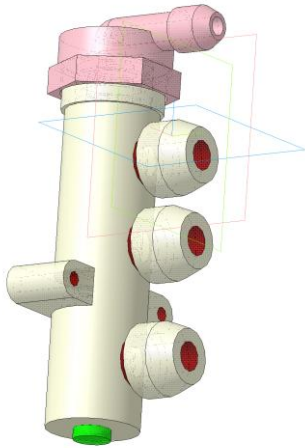


Рис. 6. Пример сборочного чертежа (клапан редукционный)

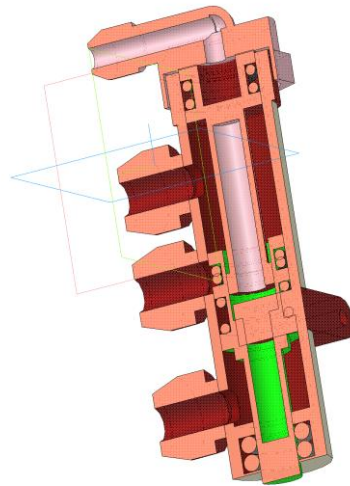
2. Выполнены 3D модели всех деталей спецификации (деталь поз.1, деталь поз.2.... деталь поз.5 и прочие)



3. Выполнена сборка клапана (рис.7а) и разрез сборочной единицы (рис. 7б)



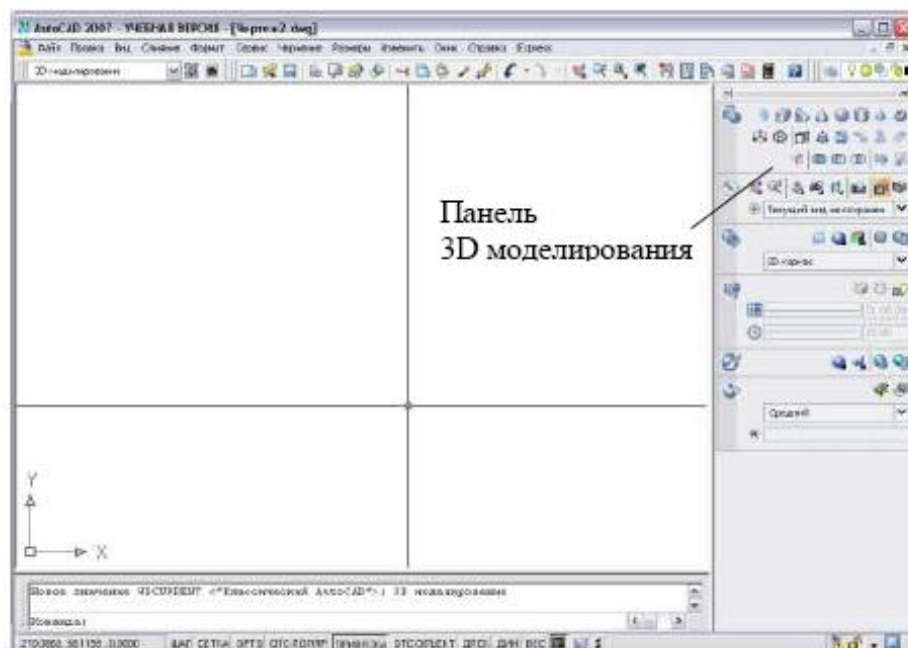
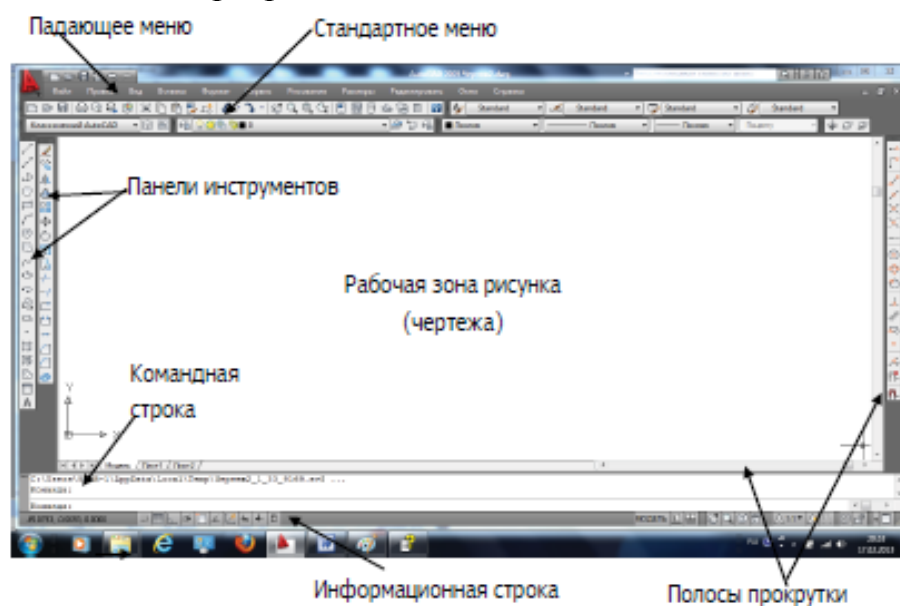
а)



б)

Рис. 7. 3D модель клапана редукционного: а) в сборе; б) разрез

### Главное окно программы AutoCAD:



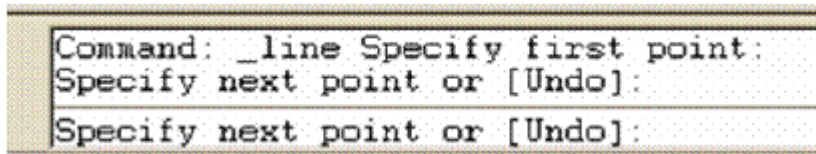
1. Стандартная панель инструментов, с вкладками «копировать», «вырезать», «масштаб» и т.д.;
2. Панель 3D моделирования;
3. Строка свойств объектов, где указаны список слоев, цвет объекта, тип линии и пр.





4. Панель инструментов, на которой собраны кнопки команд рисования и редактирования чертежа

5. Командная строка, в которой записываются пользователем с клавиатуры команды и параметры



6. Строка состояния, на которой указано текущее положение курсора мыши в относительных единицах.

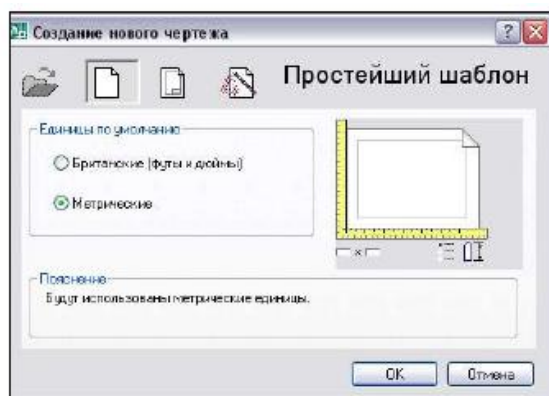
AutoCAD имеет более 700 команд и опций (с полным перечнем можно ознакомиться в режиме *справки*) для использования которых можно использовать следующие способы ввода:

- выбор на панели инструментов;
- выбор из ниспадающего меню;
- выбор из контекстного меню;
- выбор из экранного меню;
- ввод команды с помощью клавиатуры;
- вызов команды с помощью диалогового окна.

## Основные приёмы рисования и редактирования в AutoCAD

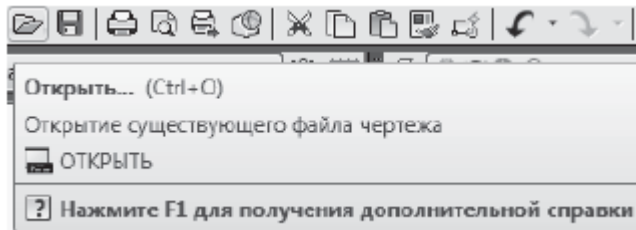
### Создание нового чертежа

Для создания чертежа необходимо в меню *файл* выбрать команду *Создать*. При этом пользователь может быстро создать новый рисунок на основе простейшего шаблона или создать рисунок на основе одного из имеющихся шаблонов.








При необходимости указать *Метрическую* систему единиц. Размер листа чертежа при этом по умолчанию устанавливается 420x290 миллиметров.



Открытие чертежа позволяет выбрать и открыть имеющийся (ранее созданный) чертеж. Для этого в меню *файл* выбрать команду *Открыть* и выбрать требуемый файл чертежа.



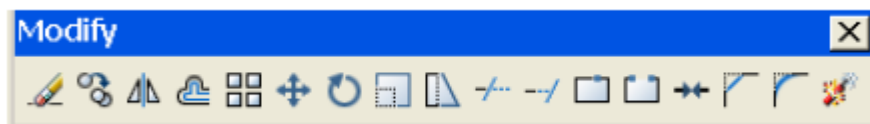
**Основные команды рисования** представлены на панели *Рисование* (*Draw*):














С помощью данных кнопок можно построить прямую  или кривую  линию , многоугольник, прямоугольник , дугу, окружность , эллипс и пр. Геометрические параметры вводимых объектов задаются пользователем с помощью клавиатуры в командной строке.

Кроме того на данной инструментальной панели представлены кнопки для ввода текста , построения таблиц и штриховки элементов чертежа .









Для редактирования графических объектов удобно пользоваться панелью инструментов, представленной на рисунке ниже:





С помощью данной панели можно убрать лишние линии , , скопировать объект , масштабировать , построить симметрично  или создать массив объектов , построить фаски  или скругление углов , достроить линию до пересечения с другой , переместить  или повернуть объект .

Команды простановки размеров находятся в меню *Размеры (Dimensions)*



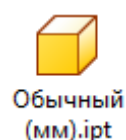
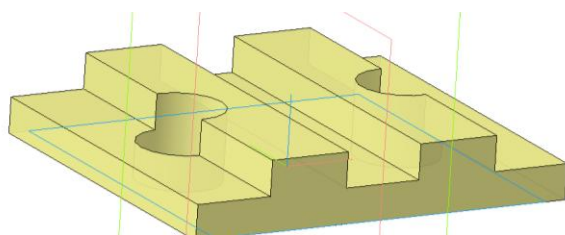
С помощью данной панели можно установить: линейный размер , параллельный размер , угловой , радиальный  и диаметральный  размеры, размерную цепь , базовый размер , выноски и пояснительные надписи .

**Создание блоков** – объединение нескольких простых элементов в один целый. Для формирования блока используется команда  (*Блок – block*) при вызове которой необходимо ввести имя формируемого блока, начальную точку и указать все элементы, которые будут в него входить. В дальнейшей работе блок будет восприниматься AutoCAD как один объект, его можно сохранить для использования в других документах или разбить обратно на составляющие командой  (*Расчленить – EXPLODE*). Таким образом можно, например, создать таблицу основной надписи чертежа и использовать её на всех листах, создаваемых в AutoCAD.

### Формирование слоев

Для вычерчивания сложных деталей, либо сборочных чертежей с большим количеством деталей удобно пользоваться «слоями», при этом на различные слои можно разделить как все детали по одной, так и группу деталей. Для каждого слоя можно назначить свой цвет линий, можно сделать объекты слоя невидимыми или заблокированными для корректировки. Количество слоев в программе для удобства пользователя не ограничено. При начале работы в программе по умолчанию установлен нулевой слой. Для создания нового слоя необходимо воспользоваться *менеджером слоев (layer manager)* или вызвать команду *Слой (Layer)* из меню *Формат (Format)*.

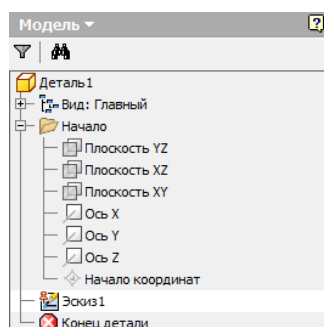
Создание трехмерной модели детали:



Создайте новый документ – Деталь.

Выберите в **Окне браузера** плоскость **XY**. Создайте эскиз, нажав

кнопку  .

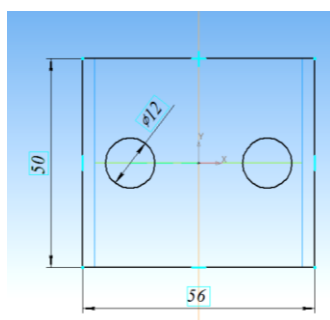


При необходимости, нажмите кнопку на панели навигации **Вид на объект**



, в результате чего, плоскость эскиза станет параллельной плоскости экрана монитора.

Постройте эскиз согласно рисунку.



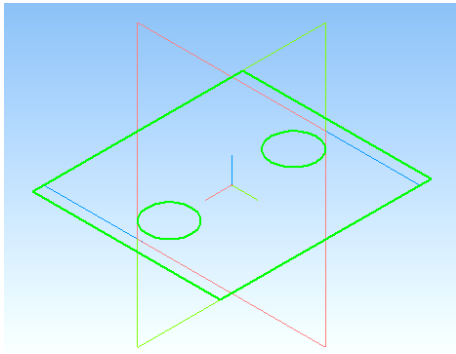
Выйдите из режима построения эскиза  .

Нажмите **F6** для перехода в изометрическое отображение.

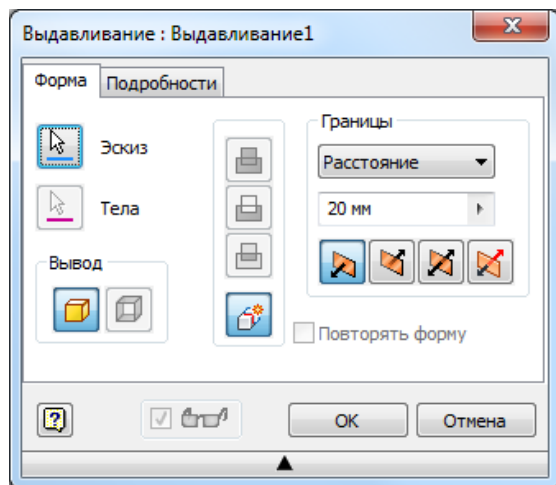
Для создания модели на основе построенного эскиза выберите команду

**Выдавливание**  .

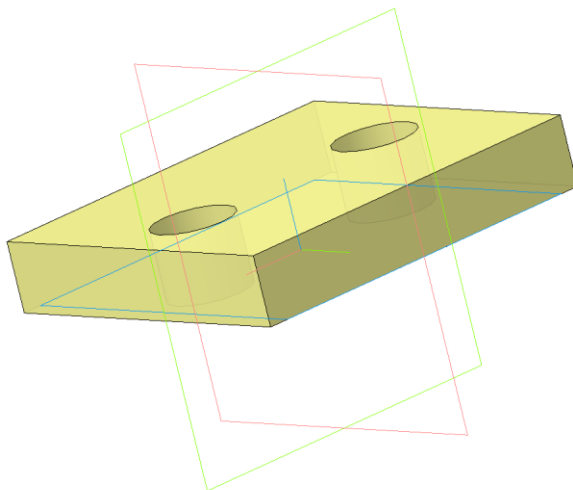
Нажмите кнопку **Эскиз** в диалоговом окне (если она отжата) и выберите внутреннюю область эскиза.



В диалоговом окне команды задайте величину выдавливания **20 мм** и направление выдавливания.



Результат построения:



Выберите в **Окне браузера** плоскость **YZ**. Нажмите кнопку **Вид на объект**

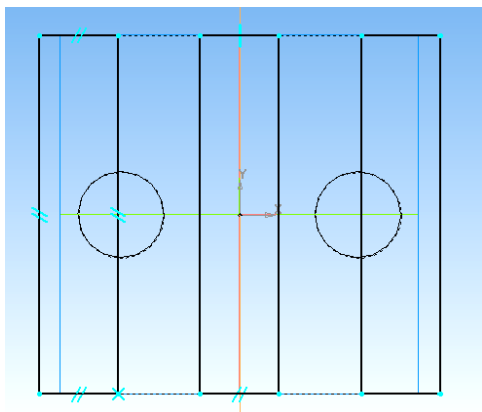


. Выберите команду построения эскиза



Создайте эскиз согласно приведенному рисунку, используя команду

построения прямоугольника



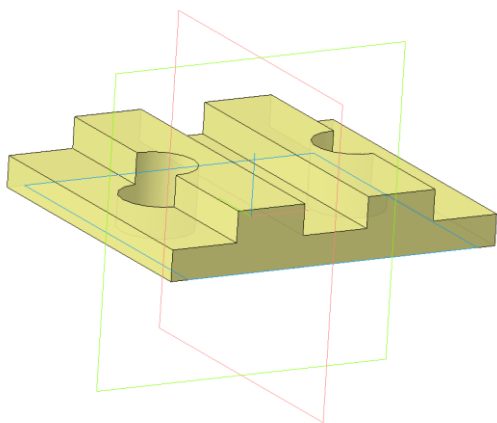
Выйдите из режима создания эскиза.

Выберите команду **Выдавливание**



Укажите глубину выдавливания. Обратите внимание, что элементы **вычитаются** из модели!

В итоге получим требуемую модель.



Редактор и корректор  
Технический редактор Е.А. Балясникова  
Подписано к печати 25.09.2019. Форма бумаги 60х90  $\frac{1}{16}$ .  
Тираж 100. Уч.-изд.л. 8,0. Усл.печ.л. 8,0. С 53. Заказ  
Тип. Университета ГА. 196210. С.-Петербург. Ул.Пилотов, дом 38.