

**МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)
ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ИиТТП
Петрова А.В.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-
ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»**

Направление подготовки
23.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль)
***Автоматизированные системы обработки информации и управления в
отраслях транспортно-дорожного комплекса***

Квалификация
Бакалавр

Кафедра: ИиТТП

Чебоксары

Введение

Пособие рассчитано на обучающихся по направлению 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Основные задачи учебной дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика» (НГ):

– изучение методов отображения пространственных объектов на плоскость по их графическим моделям (чертежам), являющимся средством общения людей в их производственной деятельности, и развитие пространственного воображения обучаемых, без которого невозможна никакая творческая деятельность и создание чего-то нового.

Под пространственным воображением здесь подразумевается психологический процесс, заключающийся в способности человека формировать в сознании пространственный образ предмета или явления, который создается воздействием на органы чувств не самого предмета или явления, а его чертежа. Тем самым чертежи дают возможность представить не только существующие, но и воображаемые объекты, отразить впечатления от внешнего мира, передать их органам чувств и сохранить их в памяти.

Решающая роль в усвоении теоретических основ построения чертежей, приобретении навыков их выполнения и чтения, выработке умений синтезировать отдельные изображения объекта в единый пространственный образ и развитии вследствие этого пространственного воображения отводится графическим и расчетно-графическим работам (РГР), выполняемым в процессе

обучения студентами самостоятельно вручную на листе бумаги с помощью простейших чертежных инструментов: карандаша, ластика, циркуля, угольника

и линейки. Именно такая организация учебного процесса позволяет при условии самостоятельных занятий студентов предметом добиться в отведенное для его освоения время желаемых результатов. Организации самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя при выполнении ими РГР по основным разделам учебного курса НГ и посвящено это пособие.

Расчетно-графическая работа 1

Сопряжения

Задача: по заданию (по варианту) выполнить чертеж детали, изображенной в приложении, применив правила построения сопряжений. Указать все размеры.

Контуры большинства предметов и объектов состоят из сочетаний различных линий (прямых, дуг, окружностей), пересекающихся между собой и плавно переходящих одна в другую. Такие плавные переходы называются сопряжением.

Сопряжение – плавный переход одной линии контура изображения к другой

Все сопряжения на чертежах выполняют дугами окружностей заданных размеров. Чтобы построить сопряжение, необходимы следующие элементы: радиус сопряжения, центр сопряжения, точки сопряжения (рисунок 1).

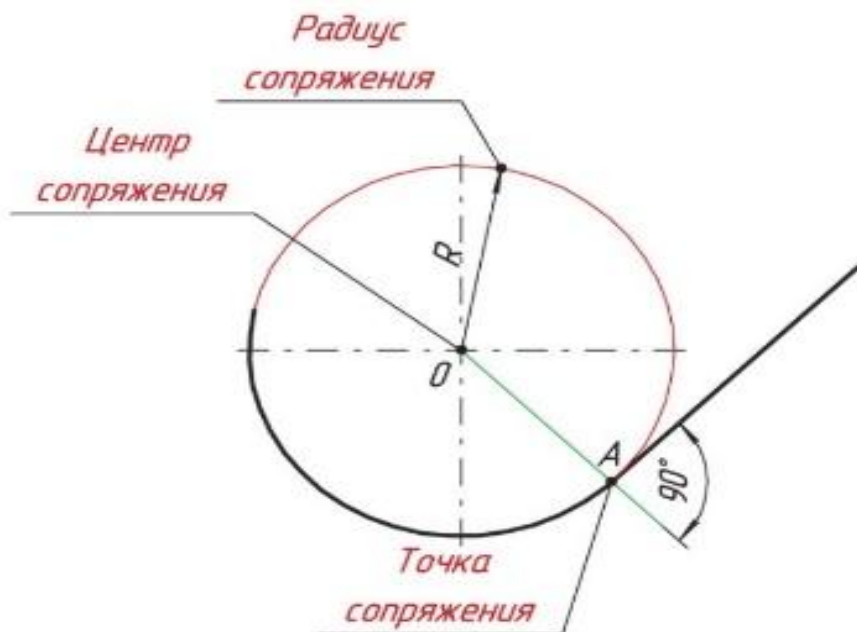


Рисунок 1 – Элементы сопряжения

Центр сопряжения – точка, из которой проводят дугу плавного перехода одной линии к другой.

Радиус сопряжения – радиус дуги сопряжения, с помощью которой происходит сопряжение.

Точка сопряжения – общая точка сопрягаемых линий. В точках сопряжений происходит плавный переход (касание) линий.

Общий алгоритм построения сопряжения

1. Найти центр сопряжения.
2. Найти точку сопряжения.
3. Построить сопряжение.

Способы построения сопряжений

Рассмотрим построение сопряжений различных типов.

Построение сопряжения угла или двух прямых дугой заданного радиуса

Последовательность построения

1. Проводят вспомогательные прямые параллельно заданным, удаленные на расстоянии, равном заданному радиусу R . На пересечении вспомогательных прямых отмечают центр сопряжения O .

2. Из центра сопряжения O опускают перпендикуляры к прямым. Получают точки сопряжения A и B .

3. Из точки O проводят дугу сопряжения заданным радиусом R , соединяя точки сопряжения A и B .

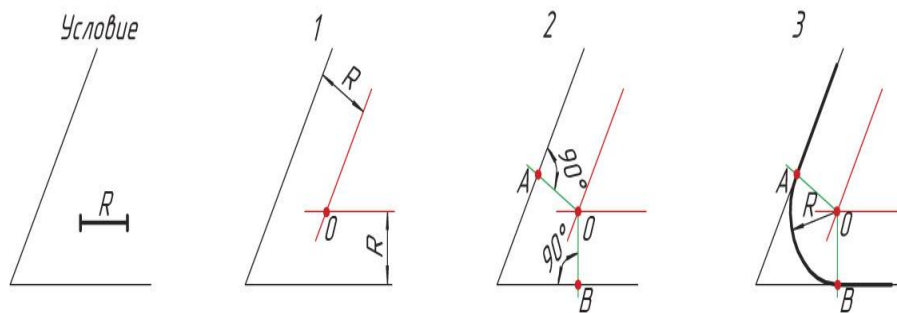


Рисунок 2 – Сопряжения угла или двух прямых дугой заданного радиуса

Построение сопряжения двух параллельных прямых

Последовательность построения

1. На прямой B берут произвольную точку C .

2. В точке C восстанавливают перпендикуляр до пересечения его с прямой A в точке D .

3. Разделив отрезок DC пополам, находят центр сопряжения O .

4. Из центра сопряжения O радиусом сопряжения $R = OD = OC$ проводят дугу, соединяя точки сопряжения D и C .

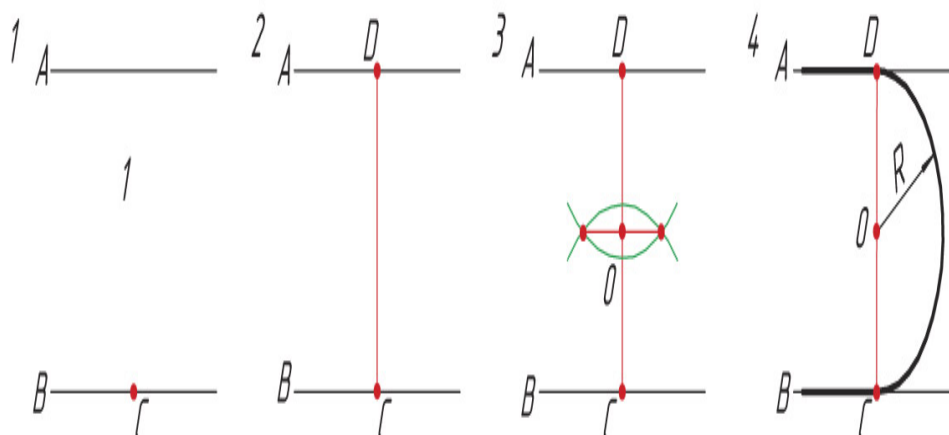


Рисунок 3 – Сопряжения двух параллельных прямых

Сопряжение пересекающихся прямых

Для нахождения центра сопряжения проводят параллельные прямые на расстоянии равной необходимому радиусу.

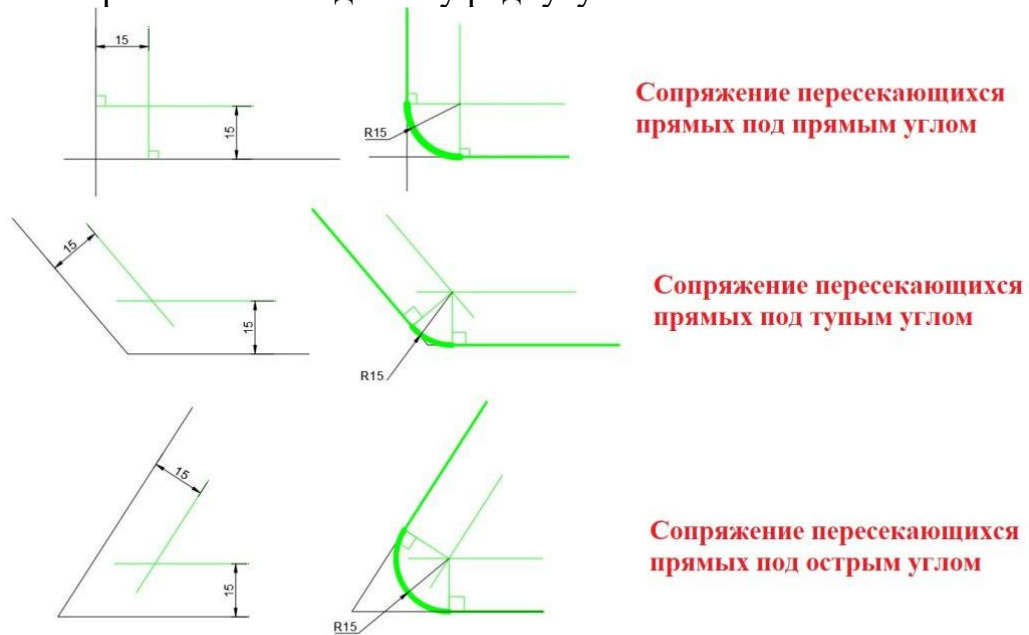


Рисунок 4 – Сопряжение пересекающихся прямых

Последовательность построения

1. Проводят вспомогательные прямые параллельно заданным, удаленные на расстоянии, равном заданному радиусу R . На пересечении вспомогательных прямых отмечают центр сопряжения O .
2. Из центра сопряжения O опускают перпендикуляры к прямым. Получают точки сопряжения A и B .
3. Из точки O проводят дугу сопряжения заданным радиусом R , соединяя точки сопряжения A и B .

Построение сопряжения прямой и окружности

Последовательность построения

1. Проводят вспомогательную прямую, параллельную прямой a и удаленную от нее на расстоянии R_1 .
2. Из центра окружности O проводят вспомогательную дугу радиусом, равным сумме радиусов окружности R и дуги сопряжения R_1 , до пересечения в точке O_1 .
3. Из точки O_1 опускают перпендикуляр до пересечения его с прямой ab в точке B . Соединяют точки O и O_1 . Находят точку сопряжения A .
4. Из центра сопряжения O_1 радиусом сопряжения R_1 проводят дугу сопряжения, соединив точки сопряжения A и B .

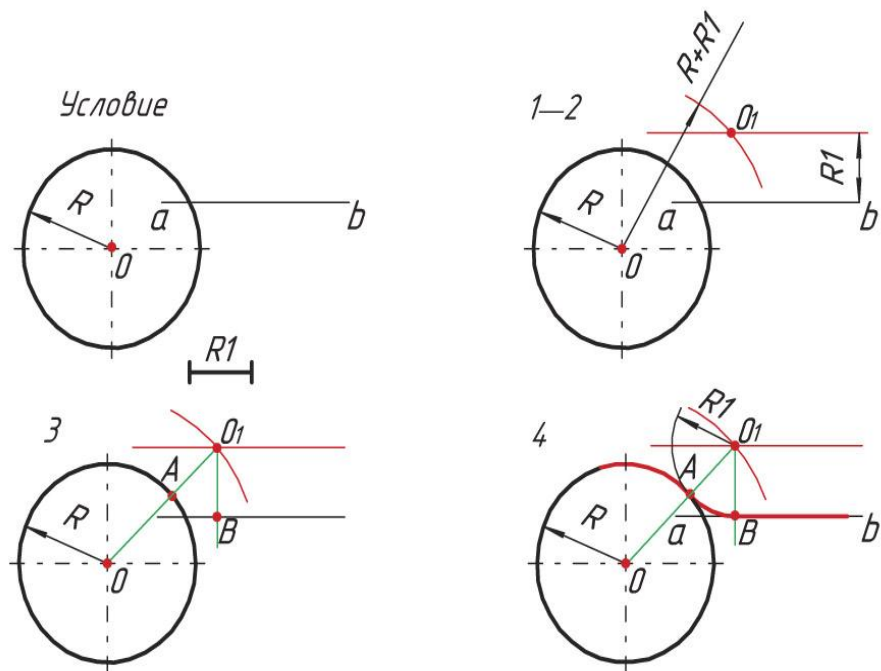


Рисунок 5 – Сопряжения прямой и окружности

Сначала сплошной толстой основной линией обводят дугу сопряжения, затем — дугу окружности и прямую.

Пример. Сопряжение окружности и прямой линии

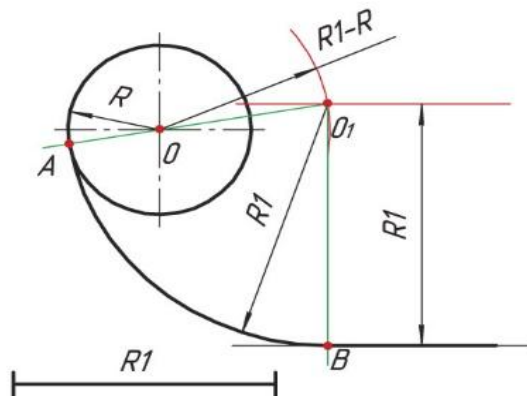


Рисунок 6 – Пример сопряжения прямой и окружности

Построение касательной к окружности из заданной точки

1. Соединяют точку A с центром окружности O.

Полученный отрезок OA делят пополам и получают точку O1.

2. Из точки O1 радиусом R равным O1A строят вспомогательную окружность. Точка пересечения вспомогательной окружности и заданной окружности B является точкой сопряжения.

3. Соединив точки B и A, получим касательную к окружности.

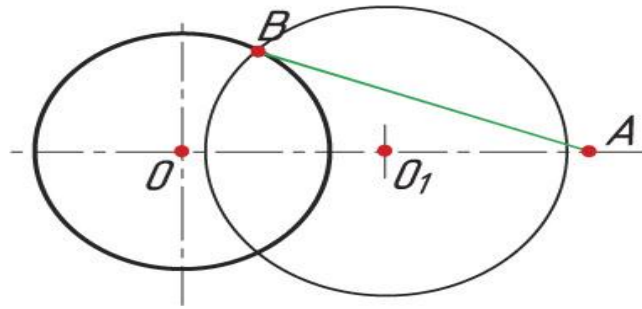


Рисунок 7 – Касательная к окружности

Сопряжение окружностей

Последовательность построения сопряжения по внутреннему контуру

1. Из центра окружностей O_1 и O_2 проводят вспомогательные дуги радиусом, равным сумме радиусов окружностей $R + R_1$ и $R + R_2$.
2. Точку пересечения вспомогательных дуг O соединяют с центром окружностей O_1 и O_2 . Находят точки сопряжения A и B .
3. От центра сопряжения O радиусом сопряжения R проводят дугу сопряжения, соединив точки A и B .

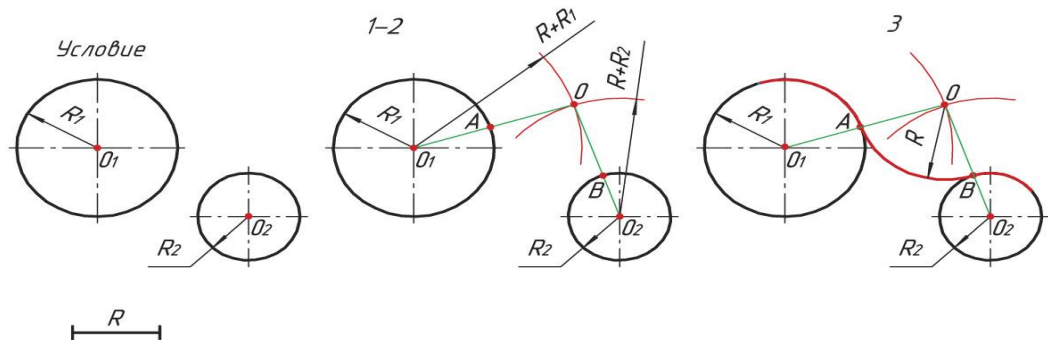


Рисунок 8 – Сопряжения по внутреннему контуру

Внутреннее сопряжение дуг окружностей.

Для нахождения центра сопряжения проводят вспомогательные дуги радиусами равными сумме радиуса сопряжения и радиусов окружностей ($R_{60}=R_{20}+R_{40}$, $R_{50}=R_{20}+R_{30}$).

Где R_{120} радиус сопряжения, R_{40} и R_{30} радиусы окружностей.

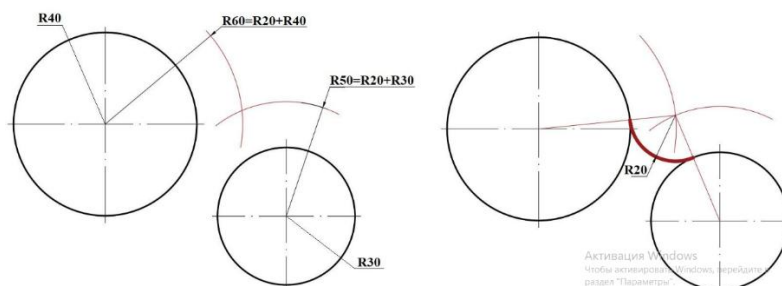


Рисунок 9 – Пример сопряжения по внутреннему контуру

Внешнее сопряжение дуг окружностей

Последовательность построения сопряжения по внешнему контуру схоже с построением сопряжения по внутреннему контуру. Разница состоит лишь в том, что из центров окружностей O_1 и O_2 проводят вспомогательные дуги радиусом, равным разности радиусов окружностей $R - R_1$ и $R - R_2$.

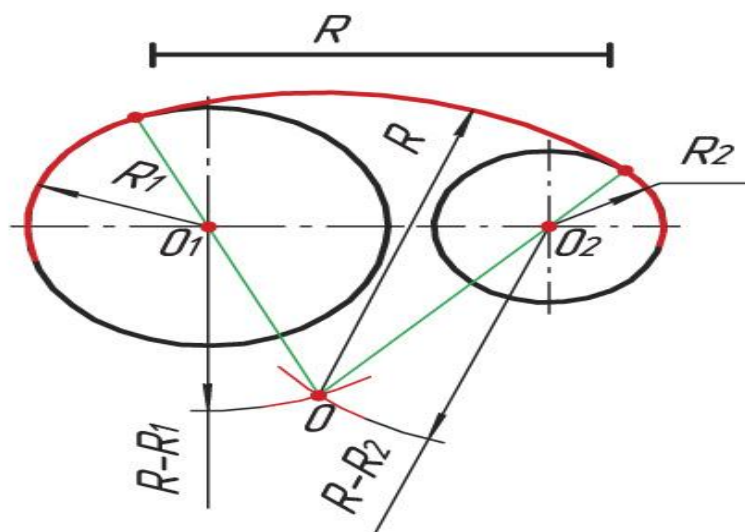


Рисунок 10 – Сопряжения по внешнему контуру

Пример. Внешнее сопряжение дуг окружностей.

Для нахождения центра сопряжения проводят вспомогательные дуги радиусами равными вычитанием радиуса сопряжения и радиусов окружностей ($R_{80}=R_{120}-R_{40}$, $R_{90}=R_{120}-R_{30}$).

Где R_{120} радиус сопряжения, R_{40} и R_{30} радиусы окружностей.

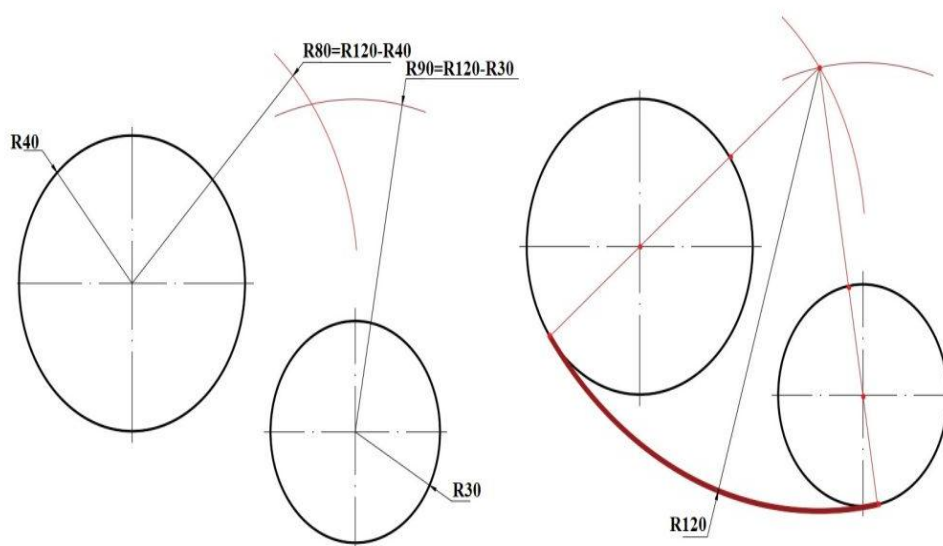


Рисунок 11 – Пример сопряжения по внешнему контуру

Смешанное сопряжение дуг окружностей

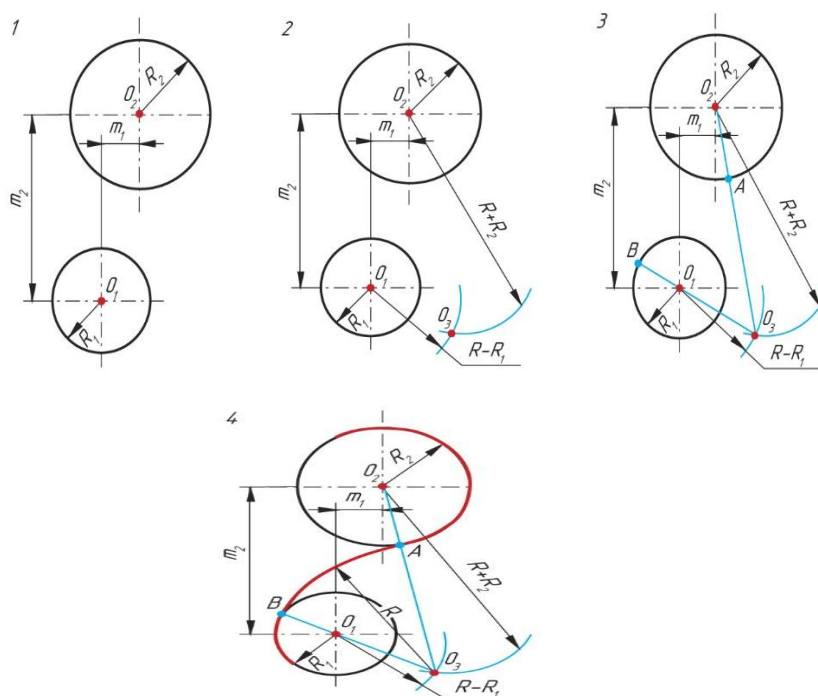


Рисунок 12 – Смешанное сопряжение

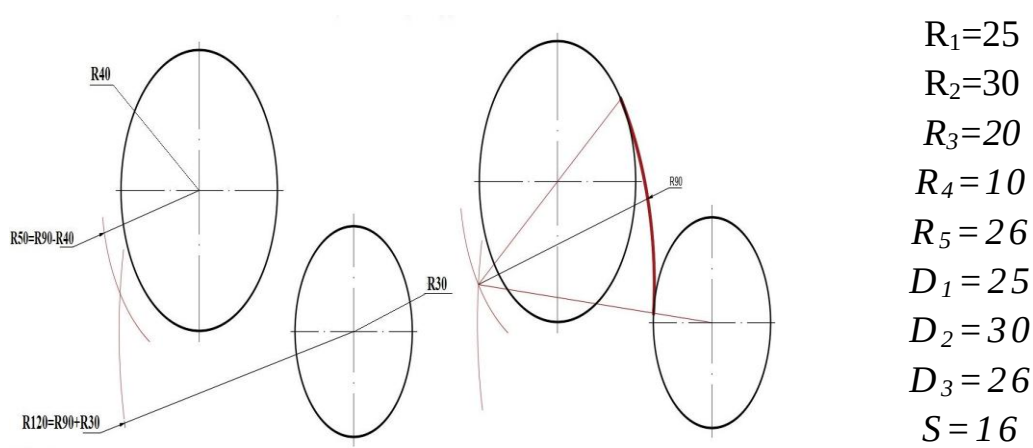


Рисунок 13 – Пример смешанного сопряжения

Пример детали, очертание которой представляет собой сопряжения различного вида.

Вычерчивание детали выполняется в следующей последовательности:

- проводится ось симметрии детали и все центровые линии, определяющие центры O_1, O_2, O_3 по заданным размерам (рисунок 14, а);
- из центров O_1, O_2, O_3 проводятся окружности диаметрами D_1, D_2, D_3 , дуги радиусами R_1, R_2, R_3 и прямые линии параллельно оси симметрии на расстоянии S (рисунок 14, б)
- находятся центры дуг O_4, O_5, O_6 различного вида сопряжений и точки сопряжений (рисунок 14, в);

- обводится контур детали в последовательности: дуги сопряжений, основные окружности и дуги, прямые линии;
- с выполненного чертежа убираются все линии построения и обозначения, наносятся размеры (рисунок 14, г).

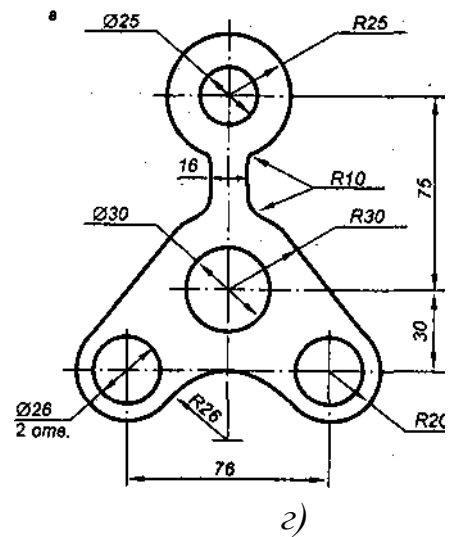
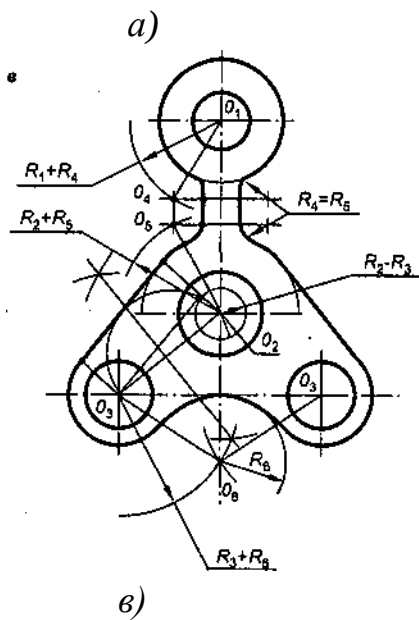
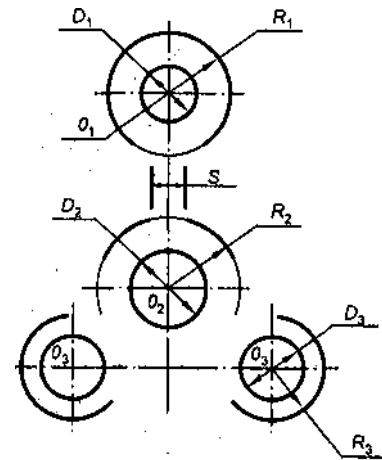
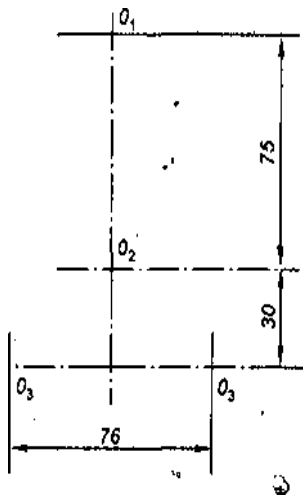


Рисунок 14 – Пример вычерчивания детали с контуром из сопряжений:
а – нанесение осей; б – нанесение окружностей и прямых; в – построение сопряжений; г – нанесение размеров

1

3 отв. $\varnothing 20$

R22

R10

33

52

R11

R120

R22

R142

62

2

R29

R37

$\varnothing 28$

R152

53

65

32

$\varnothing 18$

R160

$\varnothing 28$

R80

R22

R30

3

100

$\varnothing 38$

$\varnothing 14$

3 мм

R8

56

16

R10

R10

R8

50

R20

$\varnothing 30$

R70

$\varnothing 30$

$\varnothing 50$

104

46

4

32

R30

R30

R7

R7

7

65

R10

45°

R16

30°

$\varnothing 16$

R19

5

R8

R10

R20

$\varnothing 70$

$\varnothing 50$

R5

R20

49

6

70

9

R10

$\varnothing 14$

$\varnothing 31$

32

45

$\varnothing 28$

R19

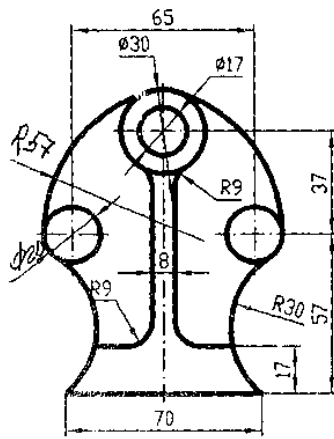
$\varnothing 10$

R34

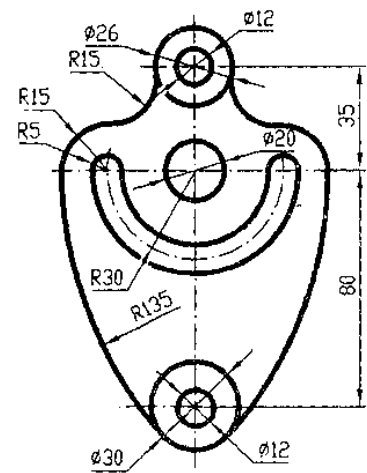
34

R8

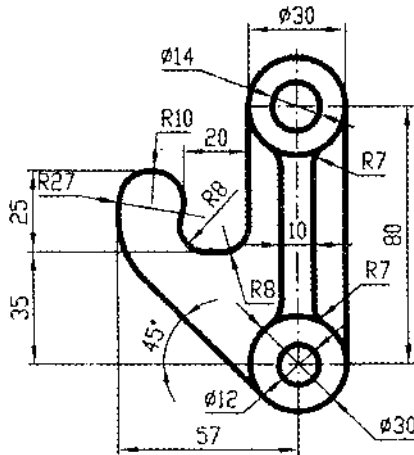
7



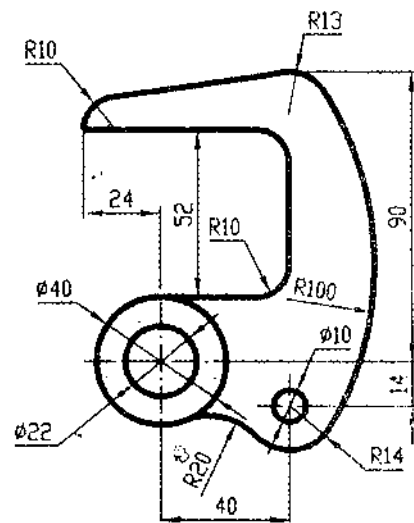
8



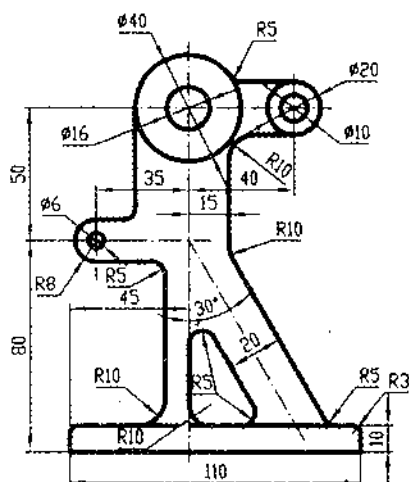
9



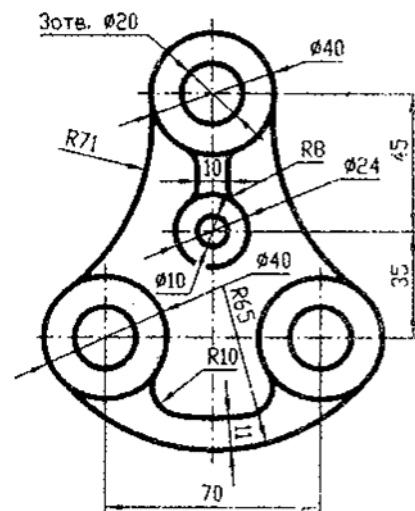
10



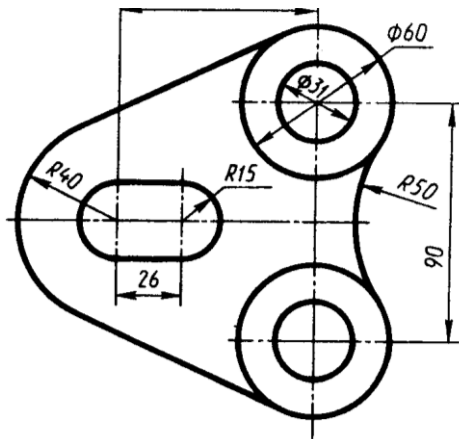
11



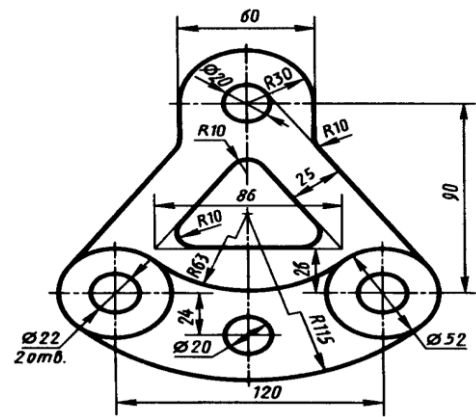
12



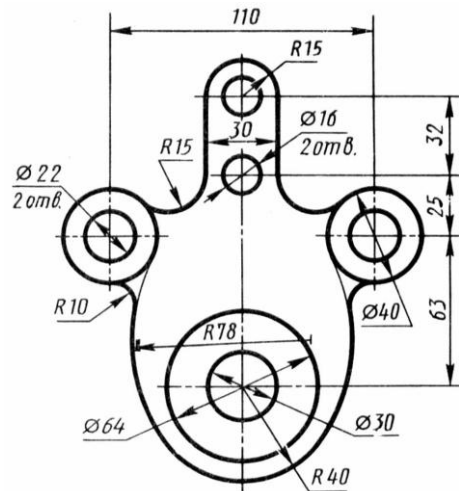
13



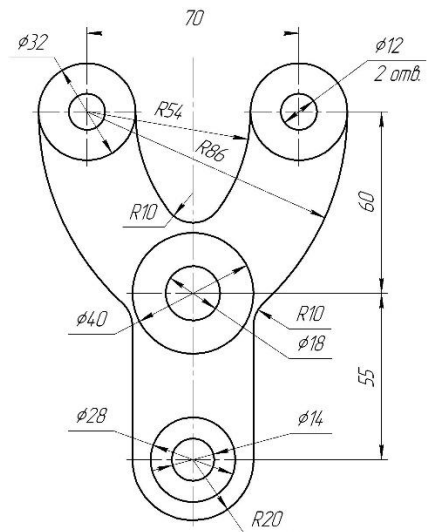
14



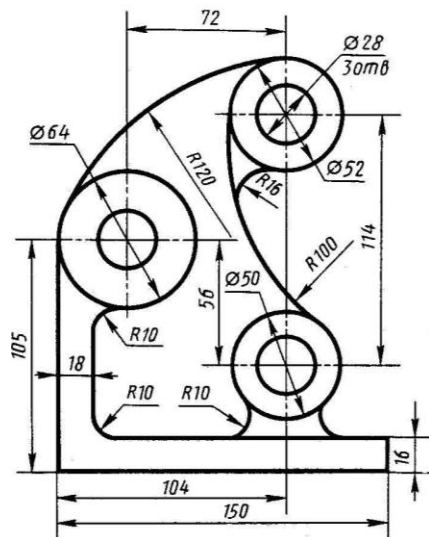
15



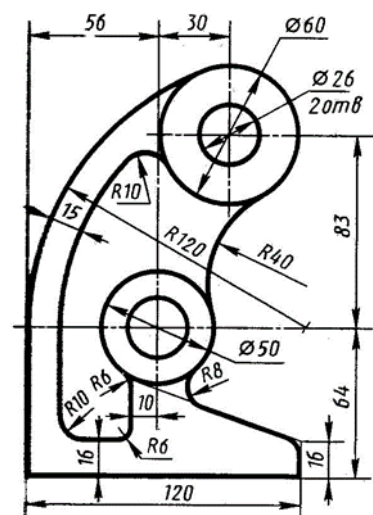
16

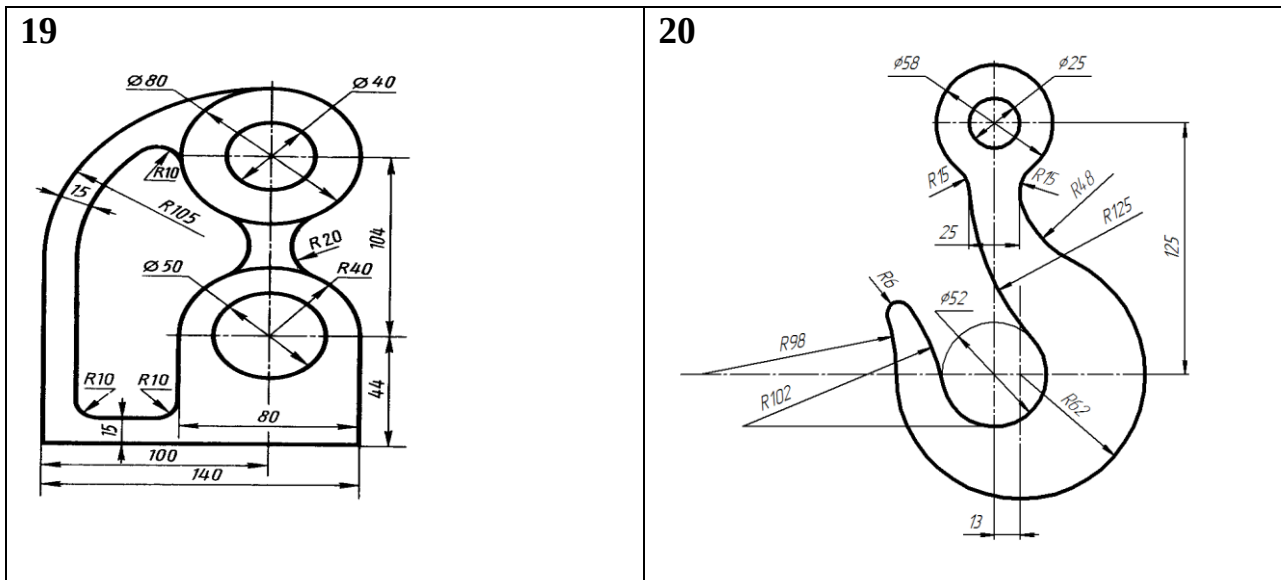


17



18





Расчетно-графическая работа 2

Построения линий пересечения треугольников ABC и DEF

Задача: построить линию пересечения треугольников ABC и DEF, показать их видимость

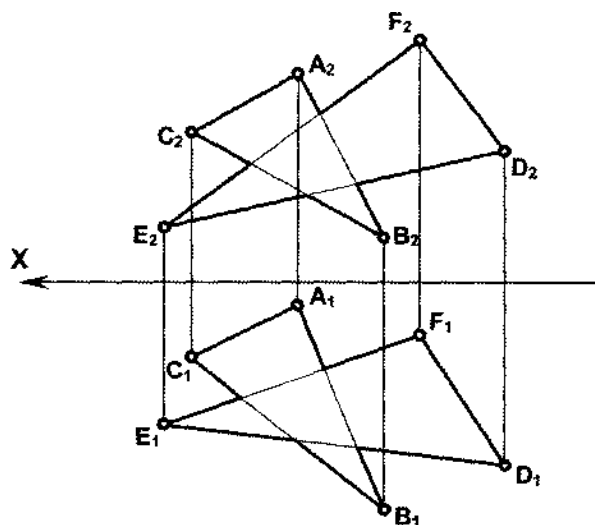


Рисунок 1 – Построение линии пересечения треугольников ABC и DEF

Задачу можно решать различными способами: способом вспомогательных секущих плоскостей, с использованием методов преобразования комплексного чертежа.

Применим простейший способ: найдем две точки, в которых стороны одного треугольника пересекают плоскость второго. Прямая, соединяющая эти точки, и будет линией пересечения треугольников. Наглядное изображение пересечения треугольников показано на рисунке 2.

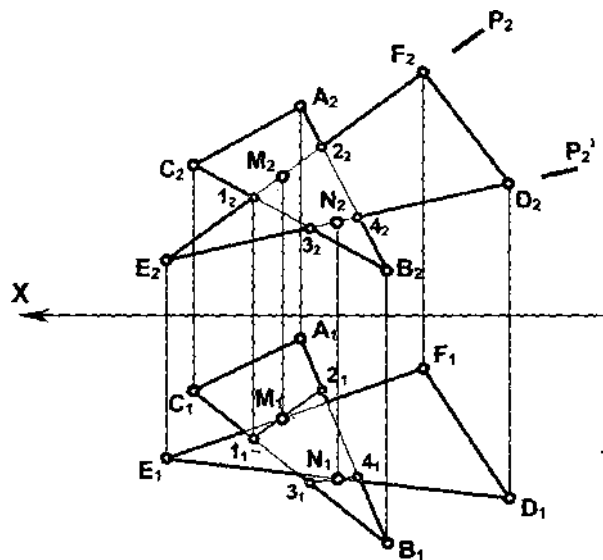


Рисунок 2 – Пересечения треугольников

В первую очередь найдем точку встречи стороны EF треугольника DEF с плоскостью треугольника ABC. Для этого введем вспомогательную фронтально-проецирующую плоскость P , проходящую через прямую EF. Плоскость зададим фрагментом ее фронтального следа P_2 .

Построим проекции линии пересечения вспомогательной плоскости P с плоскостью треугольника ABC. Для чего отметим точки пересечения плоскостью P сторон треугольника ABC (точки **1** и **2**) и соединим их отрезком прямой.

Построения начинаем с фронтальной проекции (строим проекции 1_2 и 2_2). Затем, используя проекционную связь, строим горизонтальные проекции точек **1** и **2**. Отмечаем точку пересечения отрезка 1-2 со стороной EF треугольника DEF. Полученная точка M является точкой встречи отрезка EF с плоскостью треугольника ABC.

Аналогично с использованием вспомогательной плоскости P^1 найдем точку N – точку встречи стороны DE треугольника DEF с плоскостью треугольника ABC (рисунок 3).

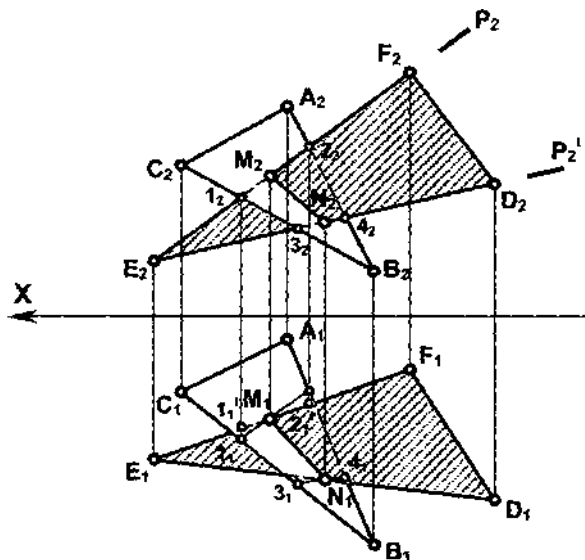


Рисунок 3 – Построения линии пересечения треугольников

Соединив построенные точки **М** и **Н** отрезком прямой, получим линию пересечения заданных треугольников **ABC** и **DEF**.

Для окончательного оформления решения задачи необходимо указать видимость треугольников относительно друг друга.

В рассматриваемом случае вопрос видимости следует решать с использованием метода конкурирующих точек.

Рассмотрим точки, принадлежащие отрезкам **BC** и **EF**, для которых фронтальные проекции совпадают – **1₂** (при этом уберем с чертежа все лишние линии проекционной связи, чтобы избежать чрезмерного «затемнения» чертежа).

Горизонтальная проекция точки (с фронтальной проекцией **1₂**), принадлежащей отрезку **BC-1₁**, располагается дальше от оси **X**, чем проекция точки, принадлежащей отрезку **EF-1₁**. Следовательно, на фронтальной проекции прямая **BC** в точке **1₂** загроживает прямую **EF**.

Анализ расположения в пространстве точек, принадлежащих отрезкам **AB** и **EF**, для которых фронтальные проекции совпадают с **2₂**, позволяют сделать вывод, что в точке **2₂** прямая **EF** загроживает прямую **AB**.

Исходя из сказанного, отмечаем видимость треугольников на фронтальной проекции. Для большей наглядности выделяем видимую часть треугольника **DEF** штриховкой.

Используя аналогичные рассуждения, определяем взаимную видимость треугольников на горизонтальной проекции (рисунок 3).

Задания к расчетно-графической работе №2

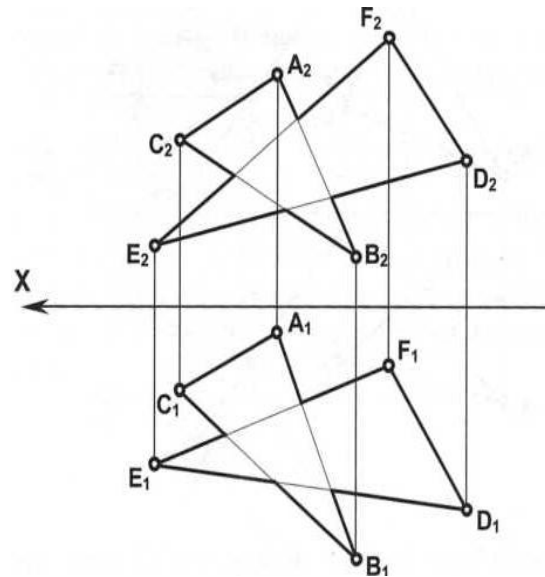


Таблица 1 – Данные к заданию

Вариант	X_A	Y_A	Z_A	X_B	Y_B	Z_B	X_C	Y_C	Z_C	X_D	Y_D	Z_D	X_E	Y_E	Z_E	X_F	Y_F	Z_F
1	130	40	60	90	90	90	20	30	20	70	20	95	0	100	60	140	65	25
2	125	90	10	0	85	50	55	20	80	120	60	50	20	30	70	65	105	15
3	135	45	50	80	80	115	20	10	40	120	0	95	65	85	20	25	45	85
4	0	55	40	50	110	0	120	40	75	10	80	60	80	20	90	110	80	5
5	20	12	90	85	80	23	135	50	85	70	85	110	0	35	20	120	0	52
6	0	50	85	50	105	25	115	8	75	110	65	55	55	0	115	15	70	40
7	115	90	10	52	25	80	0	80	45	65	105	80	130	20	35	10	50	0
8	120	40	75	5	50	0	0	55	40	125	20	55	20	10	40	75	110	110
9	15	10	90	85	80	25	130	50	80	75	85	110	0	30	15	120	0	50

10	120	10	88	52	80	25	0	50	83	70	85	HO	135	35	20	15	0	53
11	20	50	10	83	120	80	135	58	50	68	30	85	0	120	35	120	90	0
12	135	50	80	85	80	25	20	10	90	110	80	5	80	20	90	10	80	60
13	135	80	50	83	25	80	20	90	10	68	110	85	125	55	25	0	90	10
14	50	80	25	120	8	85	0	50	80	70	85	110	135	35	20	15	0	52
15	0	50	80	50	80	25	120	10	88	135	35	20	18	0	53	70	85	110
16	115	8	75	50	105	23	0	50	85	35	50	55	80	85	105	100	0	45
17	130	50	80	85	80	25	15	10	90	0	30	15	75	85	110	120	0	50
17	0	80	45	50	25	80	115	90	9	10	50	0	65	105	80	130	20	35
19	25	50	20	65	115	130	145	20	55	85	130	0	165	115	20	35	0	148
20	20	65	28	165	120	120	125	0	8	55	120	28	170	45	100	35	45	100

Расчетно-графическая работа 3

Проецирование линии пересечения двух поверхностей вращения

Задача: построить линию пересечения конуса с цилиндром.

Способ вспомогательных сфер с постоянным центром. Центром для вспомогательных сфер служит точка O , фронтальная проекция $0''$ которой находится в точке пересечения осей конической и цилиндрической поверхностей. Строится первая секущая плоскость с наименьшим радиусом (определяется по наибольшей ширине из двух фигур под углом 90° градусов).

Вписанная в коническую поверхность сфера (*Сф.1*) дает возможность получить положение действительной оси, центр и вершины гиперболы. Асимптоты получены как диагонали трапеции $5''6''$ и $7''8''$, в которой стороны $5''6''$ и $7''8''$ параллельны образующей цилиндра и касаются окружности «Сф.1».

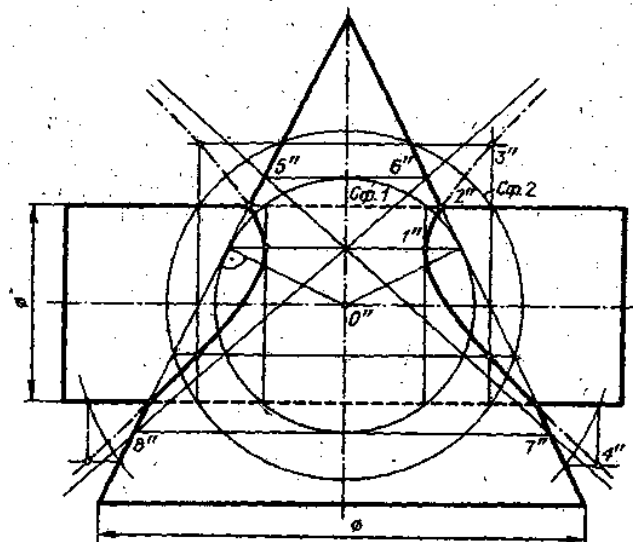


Рисунок 1 – Построение линии пересечения конуса с цилиндром

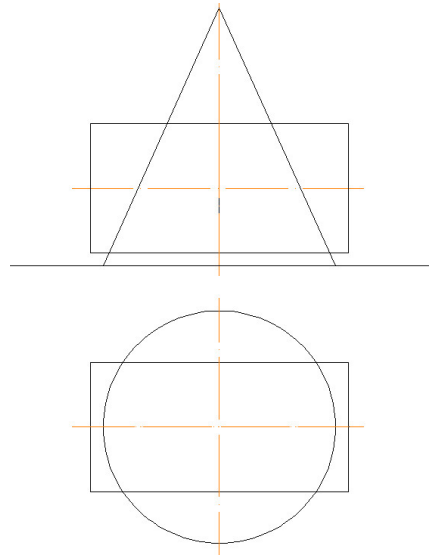
Чертится еще дополнительная окружность, пересекающая конус в четырех точках (их тоже соединяют). В месте пересечения конуса и цилиндра ставится точка.

Радиусы окружностей произвольные, кроме первоначального. Чем больше окружностей, тем точнее выглядит линия пересечения. Чертится дополнительная окружность, которая пересекает конус в двух точках и цилиндр. Точки соединяются и в месте сопряжения указывается необходимая точка.

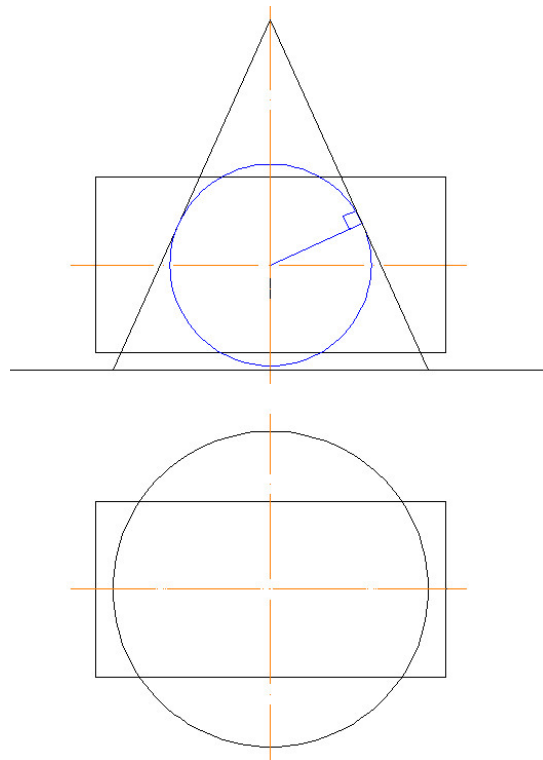
Далее необходимо перенести точки с фронтальной проекций в горизонтальную. Для этого строится окружность в горизонтальном изображении и опускаются прямые до сопряжения с окружностью.

Пошаговое выполнение работы:

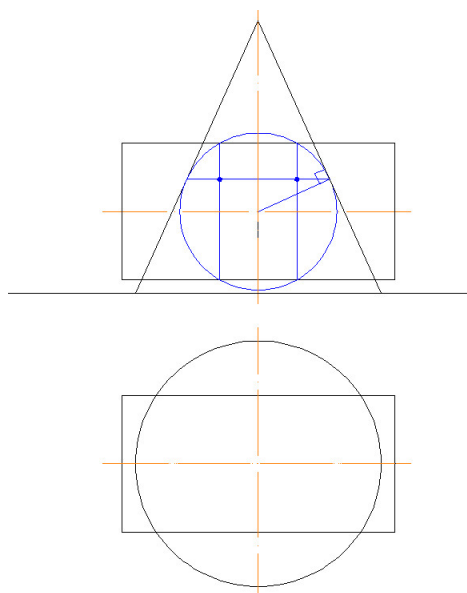
1) Вычерчиваются фигуры в первоначальном виде согласно заданию



2) Строится первая секущая сфера с наименьшим радиусом (определяется по наибольшей ширине из двух фигур по углом 90 градусов)

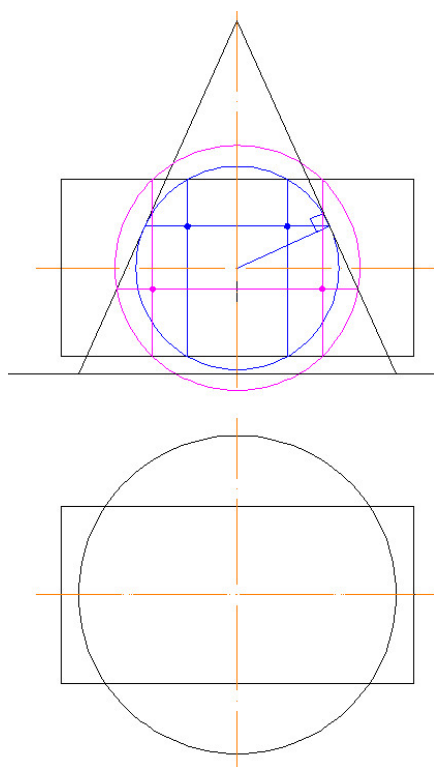


3) Окружность (имеет синий цвет) пересекла обе фигуры в двух точках. Необходимо соединить точки, тем самым образуются прямые, которые пересекаются в точках — это и есть необходимая точка для дальнейшего построения линии пересечения фигур.

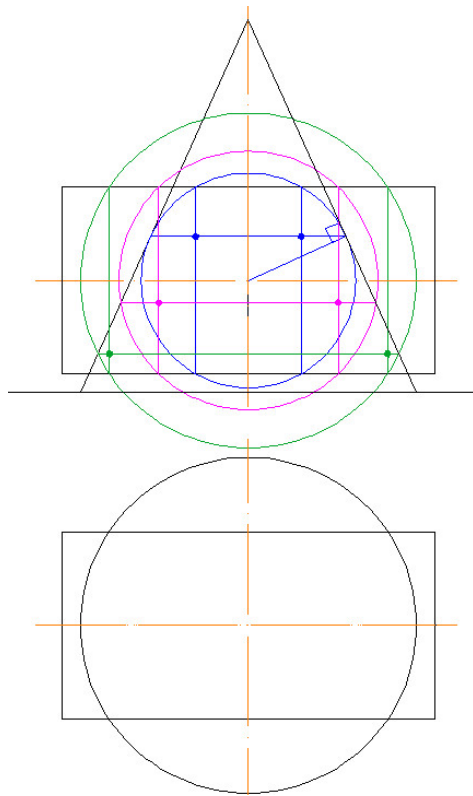


4) Чертится еще дополнительная окружность (обозначено сиреневым цветом), пересекающая конус в двух точках (их необходимо соединяют) и цилиндр в четырех точках (их тоже соединяют). В месте пересечения прямых конуса и цилиндра ставим точки.

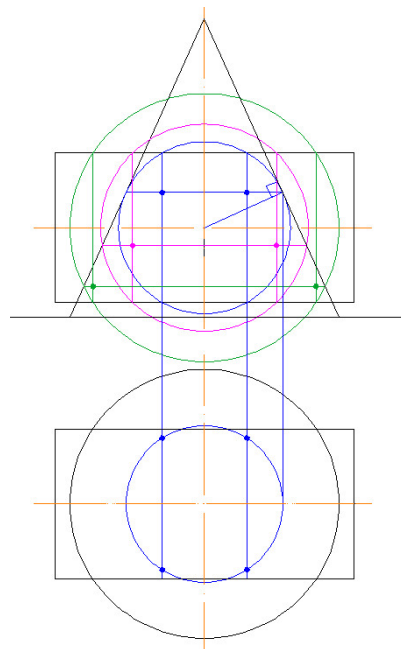
Радиусы окружностей произвольные, кроме первоначального. Чем больше окружностей, тем точнее выглядит линия пересечения.



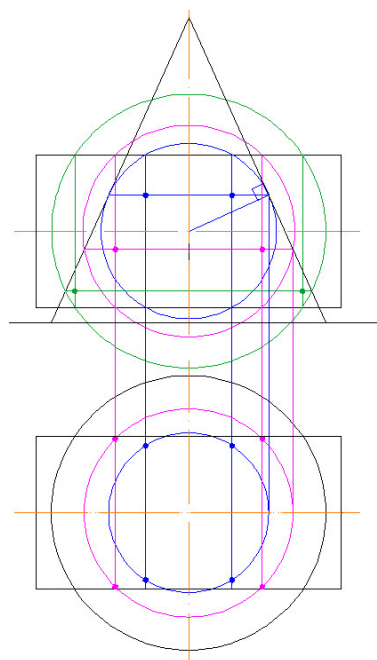
5) Чертится дополнительная окружность (зеленым цветом), которая пересекает конус в двух точках и цилиндр. Точки соединяются и в месте сопряжения указывается необходимая точка.



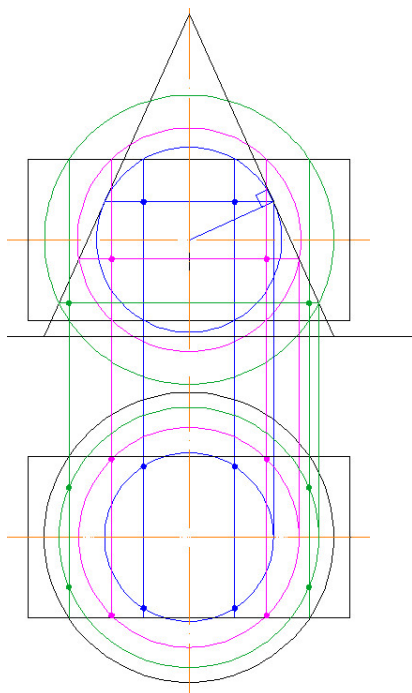
6) Следующим необходимо перенести точки в верхнем изображении в нижний. Для этого строится окружность в нижнем изображении (синим цветом) и опускаются прямые до сопряжения с окружностью.



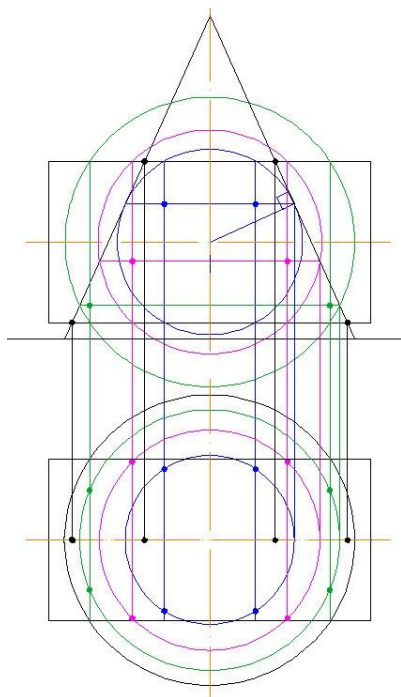
7) Повторяется процесс перенос точек, выполненный в 6 пункте, но теперь с сиреневым цветом.



8) Повторяется процесс переноса точек описанный в 6 пункте (зеленым цветом)

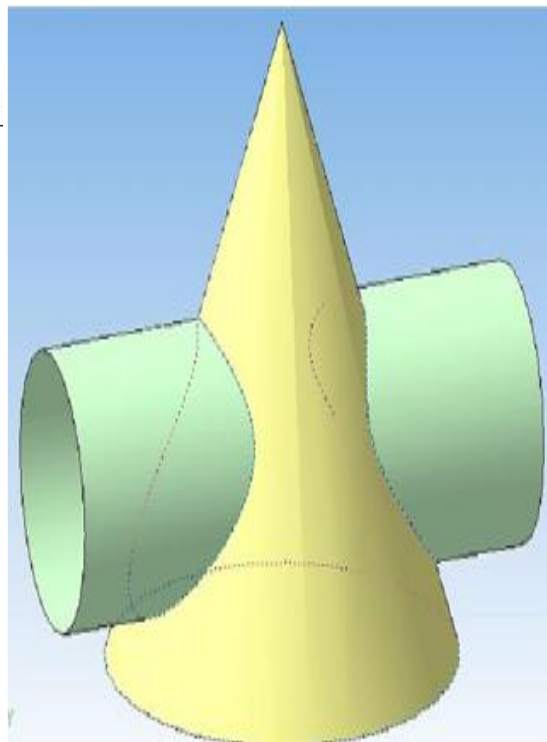
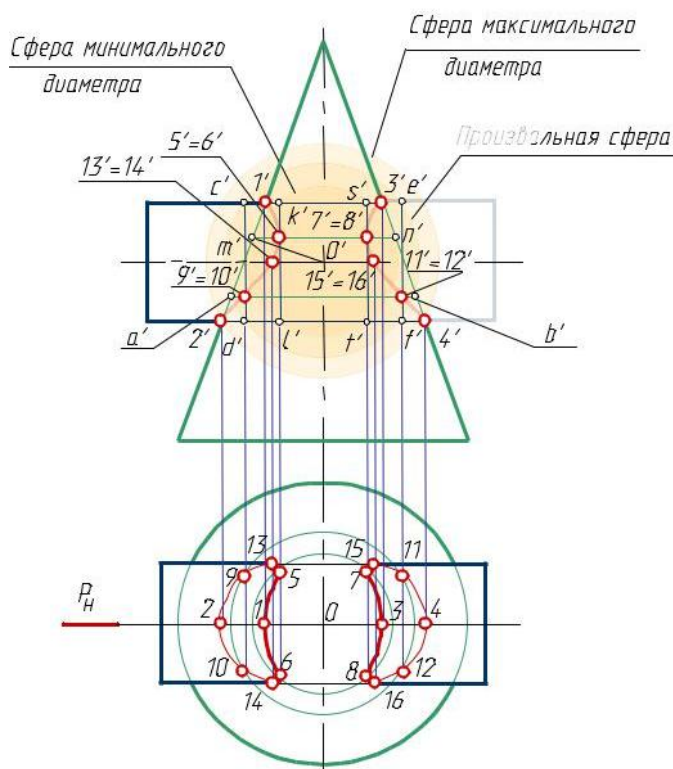


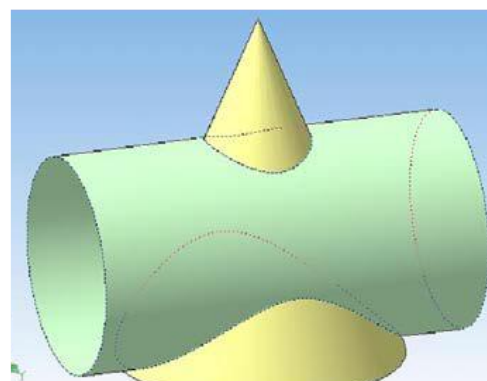
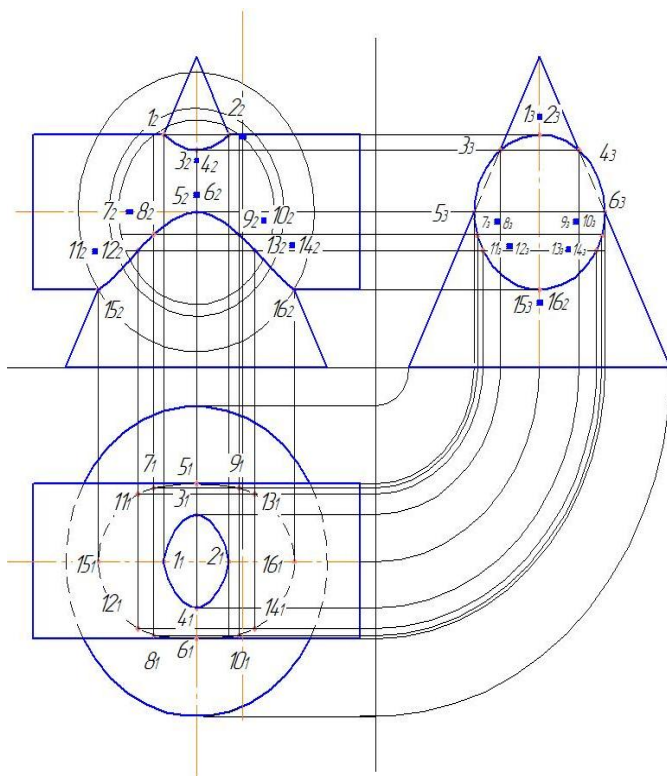
9) Переносятся последние точки, имеющие сопряжения в самых крайних точках сопряжения фигур: в верхней и нижней частях



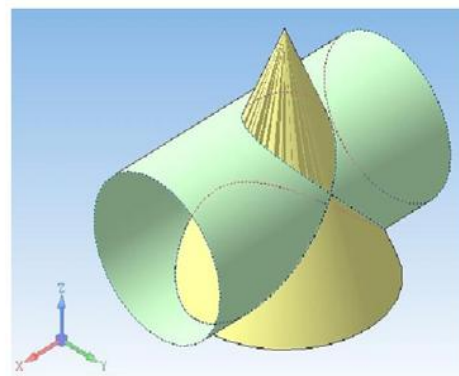
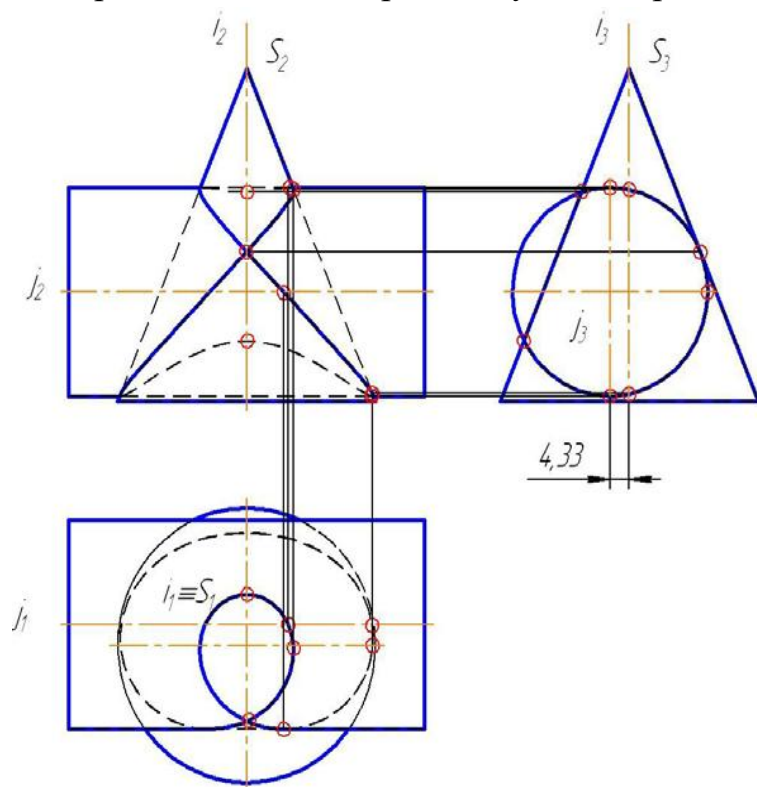
10) Соединяются все точки плавной линией образуя необходимую линию взаимно пересекающихся фигур

Возможные варианты:

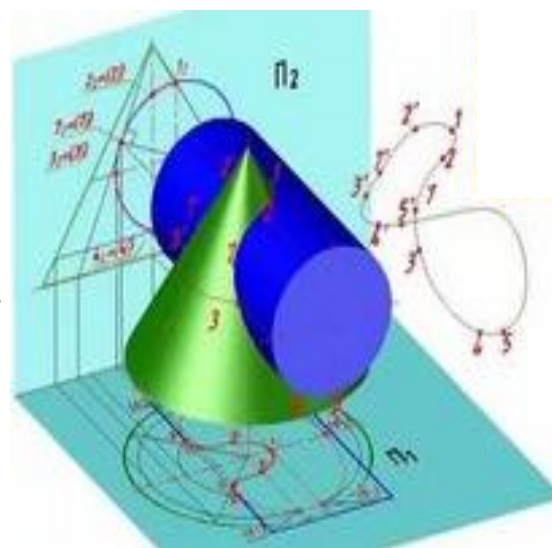
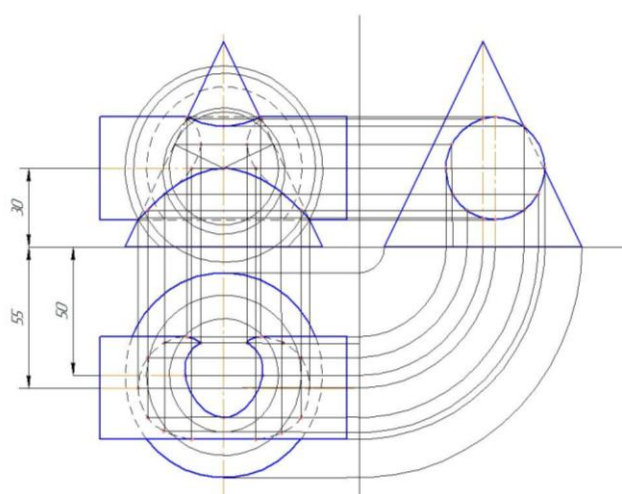
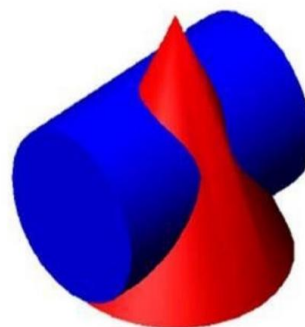
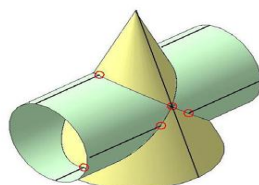
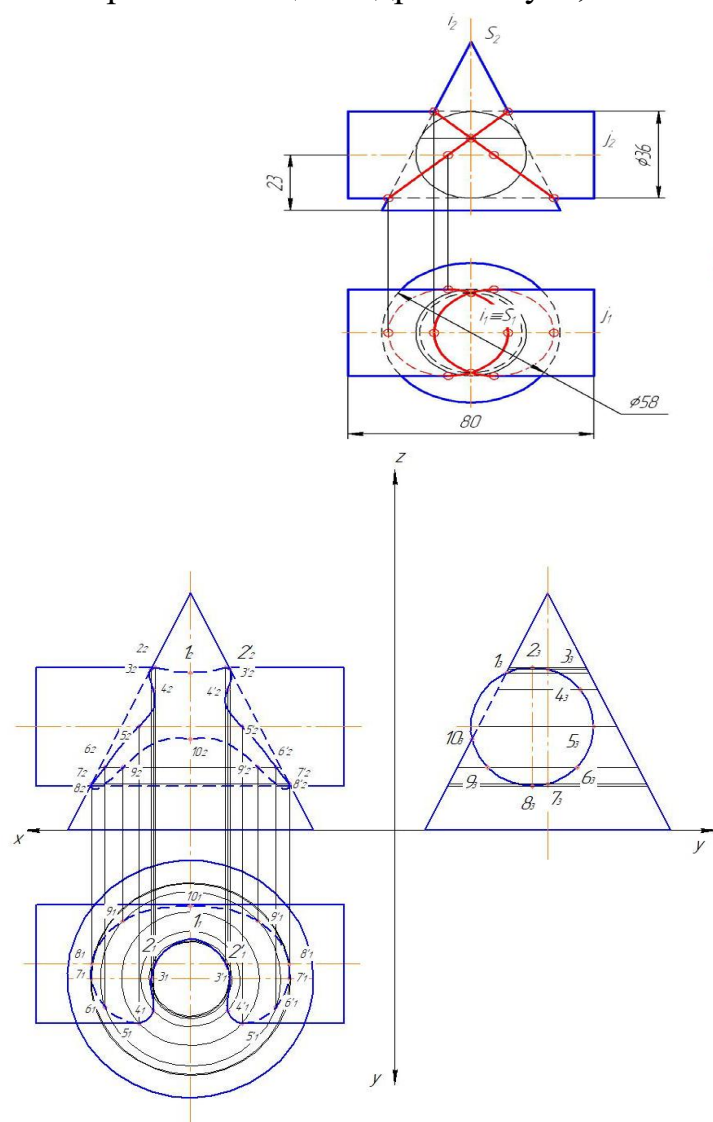




Пересечение цилиндра и конуса со скрещивающимися осями:



Пересечение цилиндра и конуса, описанных вокруг одной сферы



Способ вспомогательных сфер с постоянным центром. Центром для вспомогательных сфер служит точка O , фронтальная проекция $0''$ которой находится в точке пересечения осей конической и цилиндрической поверхностей. Строится первая секущая плоскость с наименьшим радиусом (определяется по наибольшей ширине из двух фигур под углом 90 градусов).

Вписанная в коническую поверхность сфера (*Сф.1*) дает возможность получить положение действительной оси, центр и вершины гиперболы. Асимптоты получены как диагонали трапеции $5''6''$ и $7''8''$, в которой стороны $5''6''$ и $7''8''$ параллельны образующей цилиндра и касаются окружности «Сф.1».

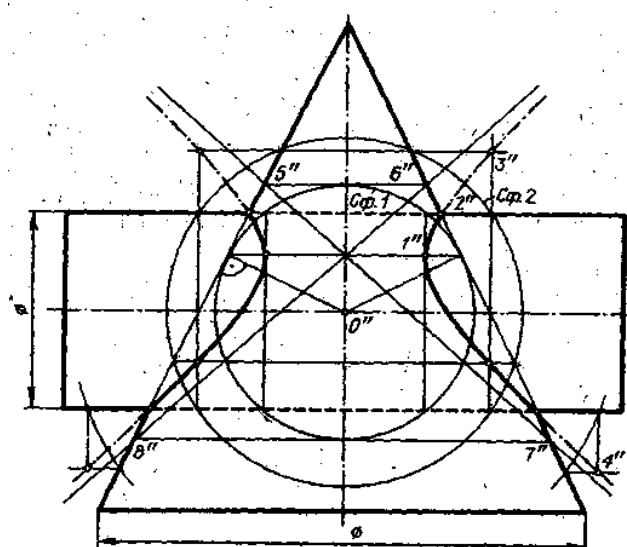


Рисунок 2 – Метод вспомогательных сфер

Чертится еще дополнительная окружность, пересекающая конус в четырех точках (их тоже соединяют). В месте пересечения конуса и цилиндра ставится точка.

Радиусы окружностей произвольные, кроме первоначального. Чем больше окружностей, тем точнее выглядит линия пересечения. Чертится дополнительная окружность, которая пересекает конус в двух точках и цилиндр. Точки соединяются и в месте сопряжения указывается необходимая точка.

Далее необходимо перенести точки с фронтальной проекций в горизонтальную. Для этого строится окружность в горизонтальном изображении и опускаются прямые до сопряжения с окружностью.

Задание: построить линию пересечения прямого кругового конуса с горизонтальным цилиндром. Диаметр основания конуса 80 мм, высота 80 мм. Диаметр основания цилиндра 40 мм, длина 100 мм. Взаимное расположение конуса и цилиндра принять в соответствии с рисунком.

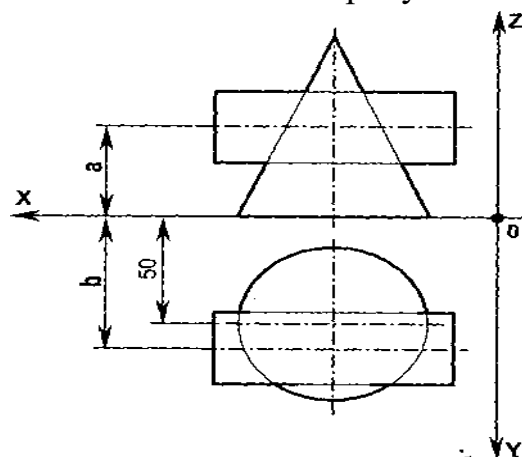
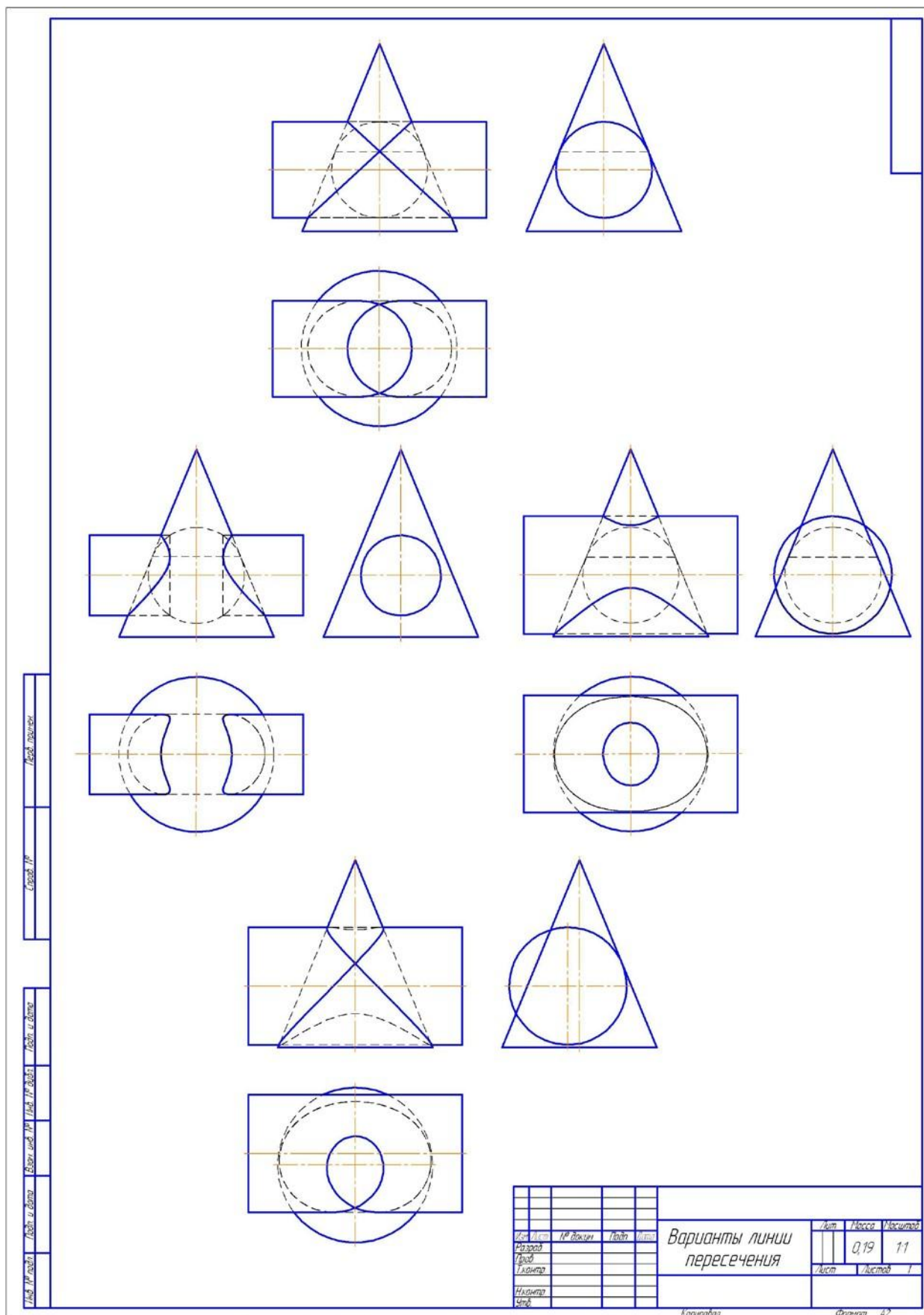


Таблица 1 – Варианты заданий

Варианты	Размеры (мм)	
	a	b
1	20	50
2	25	50
3	25	45
4	25	55
5	30	50
6	30	45
7	30	55
8	35	50
9	35	45
10	35	55
11	40	50
12	40	45
13	40	55
14	45	50
15	45	45
16	45	55
17	20	55
18	50	59
19	20	45
20	55	55



Расчетно-графическая работа 4

Построение аксонометрических изображений

Задача: Построение аксонометрических изображений.

Очень часто в практике проецирования, наряду с изображением предмета в ортогональных проекциях, возникает необходимость в наглядных изображениях. Для построения таких изображений применяют проекции, которые называются аксонометрическими.

Аксонометрические проекции – это наглядные изображения предмета, получаемые параллельным проецированием его на одну плоскость проекции вместе с осями прямоугольных координат, к которым этот предмет отнесен. Аксонометрия - греческое слово, состоящее из двух слов: *axo*н - ось и *metreo* - измеряю. В зависимости от направления проецирующих лучей по отношению к картинной плоскости аксонометрические проекции делятся на прямоугольные и косоугольные.

Стандартные аксонометрические проекции.

ГОСТ 2.317-69 устанавливает правила построения аксонометрических проекций, применяемых на чертежах всех отраслей промышленности и строительства

Для всех видов аксонометрических проекций при построении той или иной детали некоторые положения в построении чертежа будут одинаковыми, а именно:

- любому чертежу в аксонометрической проекции должен предшествовать чертеж, выполненный в ортогональных проекциях;
- все измерения делаются только по осям или параллельно осям;
- все прямые линии, параллельные между собой или параллельные осям симметрии на ортогональном чертеже, остаются параллельными и в аксонометрии;
- ось OZ проецируется всегда вертикально.

В результате проецирования координатные оси в зависимости от угла их наклона к аксонометрической плоскости проекций будут проецироваться с разными коэффициентами искажения. В зависимости от этого будут получаться разные аксонометрические проекции: *изометрия, диметрия и триметрия*.

Прямоугольная изометрия - наиболее распространенный вид аксонометрических проекций благодаря хорошей наглядности изображений и простоте построений.

Координатные оси располагаются по отношению к картинной плоскости с одинаковым наклоном, а направление проецирования прямоугольное. В этом

случае аксонометрические оси OX , OY , OZ проецируются с одинаковым коэффициентом искажения и при этом расположены под углами 120° одна к другой (рисунок 1).

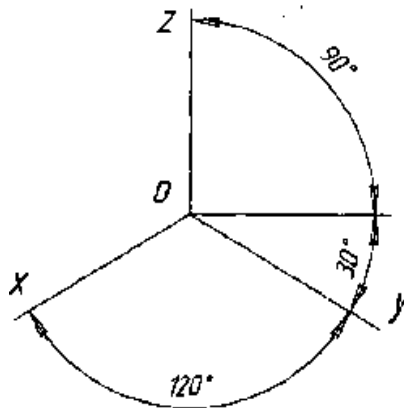


Рисунок 1 – Расположение координатных осей в изометрии

Изображение окружности в изометрии во всех трех плоскостях проекций представляет собой одинаковые по форме эллипсы.

Окружность, расположенная параллельно горизонтальной, фронтальной или профильной плоскостям, проецируется в эллипс, большая ось которого равна $1,22d$, а малая ось – $0,7 Id$, где d – диаметр этой окружности. Направление малой оси эллипса совпадает с направлением аксонометрической оси, перпендикулярной той плоскости проекций, в которой лежит изображаемая окружность, а большую ось эллипса проводят перпендикулярно малой оси.

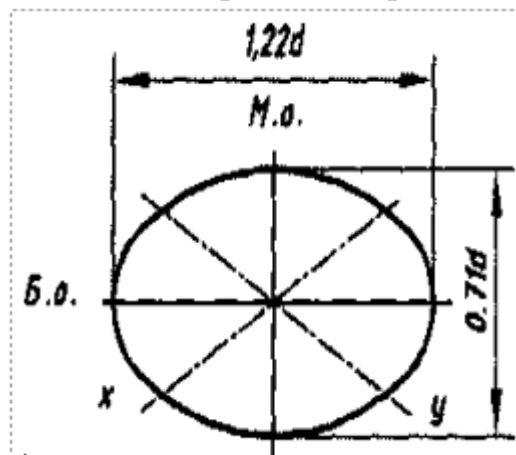


Рисунок 2 – Изображение окружности в изометрии

При построении эллипса, изображающего окружность небольшого диаметра, достаточно построить восемь точек, принадлежащих эллипсу (рисунок 2). Четыре точки являются концами большой и малой осей эллипса. Еще четыре точки расположены на аксонометрических осях, на расстоянии,

равном радиусу изображаемой окружности от центра эллипса

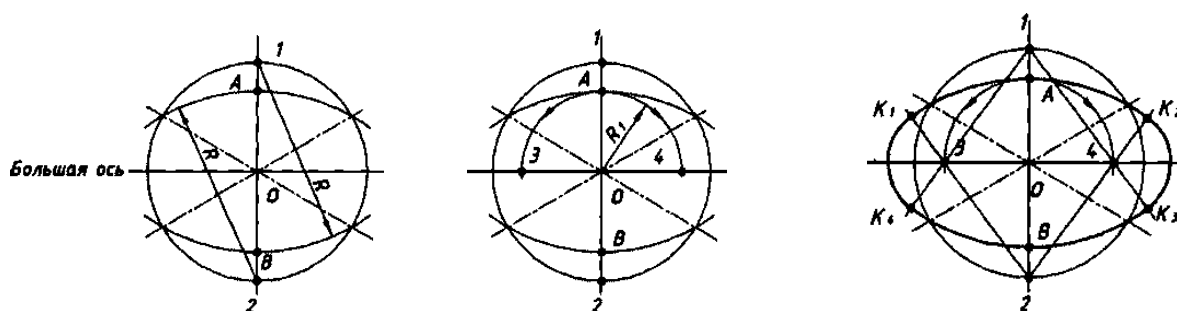


Рисунок 3 – Построение овалов

Замена эллипсов овалом в изометрии применяется для того, чтобы упростить построение. Овал состоит из четырех сопрягающихся дуг: двух больших и двух малых. На рисунке 3 показано построение овала в горизонтальной плоскости. Построение начинают с проведения через центр овала прямых, параллельных осям OX и OY . Затем проводят малую и большую оси овала. Из центра O проводят окружность радиусом, равным радиусу изображаемой окружности. На пересечении этой окружности с вертикальной линией получают точки 1 и 2. Из этих точек проводят большие дуги радиусом R и получают малую ось овала AB . Затем радиусом OA (R_1) делают засечки на большой оси и получают два центра 3 и 4. Точки сопряжения дуг K определяются линиями 2-3, 2-4, 1-3 и 1-4.

Если окружность расположена в плоскости, параллельной плоскости H , то направление малой оси будет совпадать с направлением оси OZ , а большая ось должна быть направлена под углом 90° к этой оси.

Если окружность расположена в плоскости, параллельной плоскости V , то направление малой оси будет совпадать с направлением оси OY , а большая ось должна быть направлена под углом 90° к этой оси.

Если окружность расположена в плоскости, параллельной плоскости W , то направление малой оси будет совпадать с направлением оси OX , а большая ось должна быть направлена под углом 90° к этой оси.

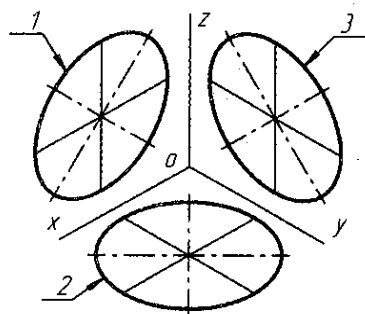


Рисунок 4 – Эллипсы

Построение аксонометрической проекции в изометрии правильного шестигранника показано на рисунке 5.

По оси x вправо и влево от точки O откладывают отрезки, равные стороне шестиугольника. По оси y симметрично точке O откладывают отрезки $s/2$, равные половине расстояния между противоположными сторонами шестиугольника от точек m и n , полученных на оси y , проводят вправо и влево параллельно оси x отрезки, равные половине стороны шестиугольника. Полученные точки соединяют отрезками прямых.

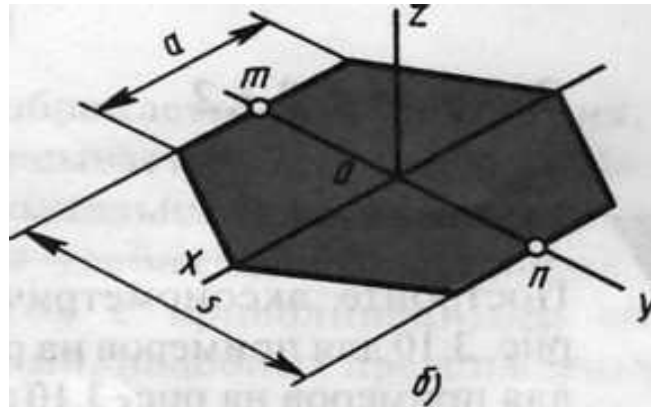


Рисунок 5 – Изометрическая проекция шестигранника

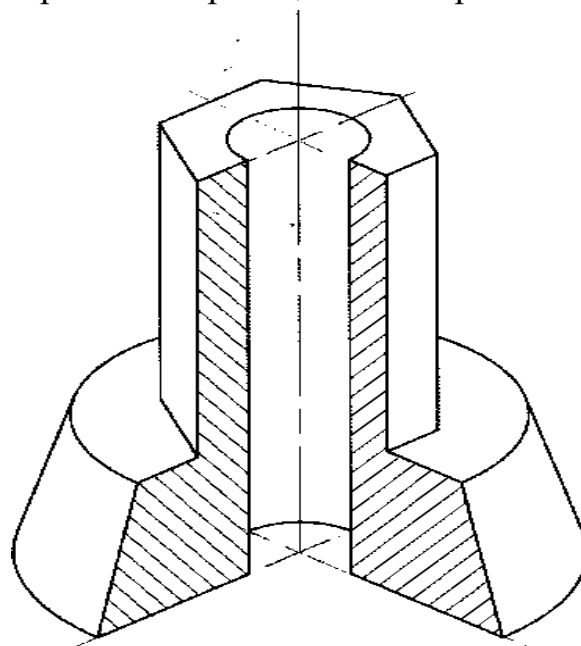
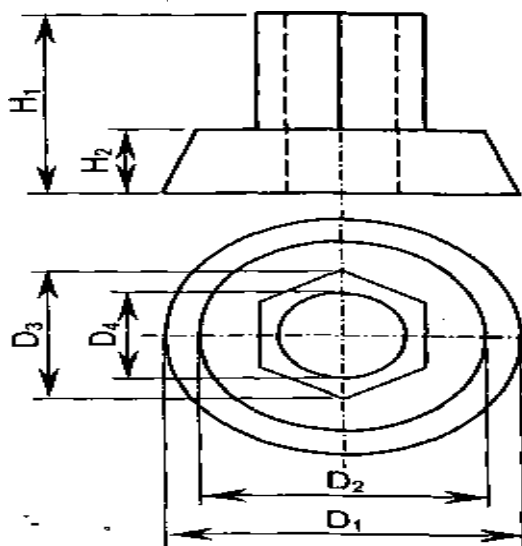


Рисунок 6 – Изометрическая проекция детали с вырезом

Задание

Построить изометрию детали с вырезом четверти. Размеры детали принять в соответствии с указаниями таблицы



Вариант	Размеры, мм					
	H ₁	H ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
1	120	30	140	80	70	40
2	120	40	140	80	70	40
3	120	50	140	80	70	40
4	120	30	80	140	70	40
5	120	40	80	140	70	40
6	120	50	80	140	70	40
7	120	30	120	80	60	30
8	120	40	120	80	60	30
9	120	50	120	80	60	30
10	120	30	80	120	60	30
11	120	40	80	120	60	30
12	120	50	80	120	60	30
13	120	30	100	80	50	25
14	120	40	100	80	50	25
15	120	50	100	80	50	25
16	120	30	80	100	50	25
17	120	40	80	100	50	25
18	120	50	80	100	50	25

Разрезы

Прежде всего нужно внимательно ознакомиться с конструкцией детали и сделать геометрические тела, из которых она состоит.

Основной геометрический элемент детали – шестиугольная правильная призма с цилиндрическим углублением, переходящим в сквозное отверстие диаметром 16 мм. Сверху на призме имеются прорезы высотой 14 мм и шириной 16 мм. Для устойчивости (жесткости) конструкции шестиугольная призма и основание детали (тоже призматической формы) соединены ребрами жесткости, высота которых 30 мм и ширина 10 мм. Основание детали для его дальнейшего крепления имеет сквозные отверстия.

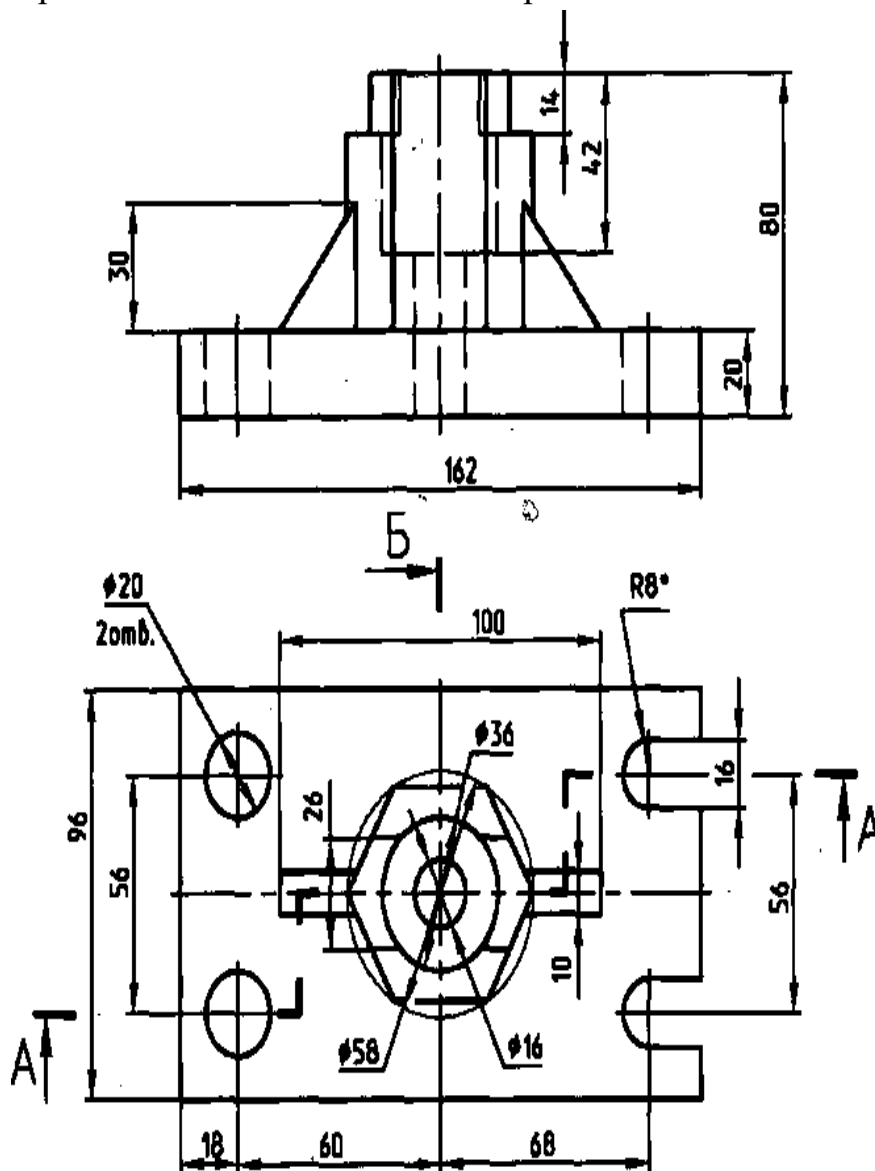


Рисунок 1– Основной геометрический элемент детали

Подготовив формат А3, перечерчиваем по размерам заданные виды. Располагаем виды на расстоянии 30 ... 50 мм друг от друга.

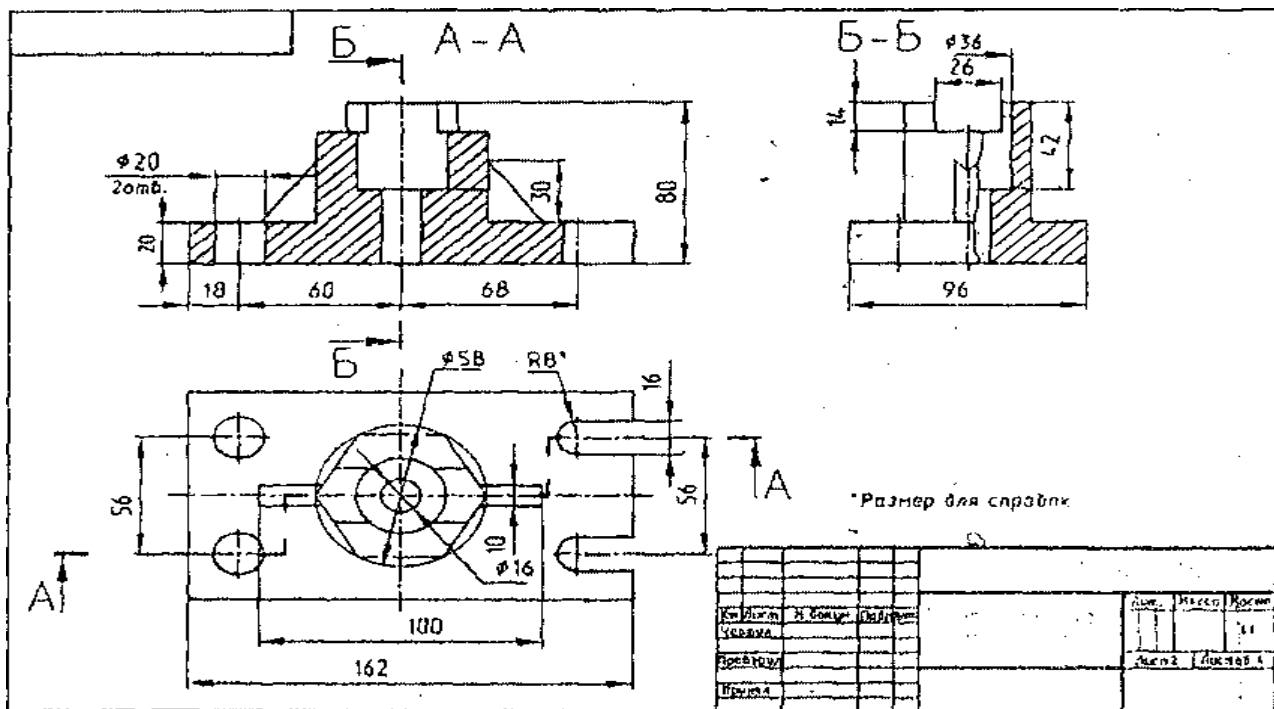
При вычерчивании главного вида необходима точность измерений в построении прорези на призме.

Заданный сложный ступенчатый разрез А-А выполняем на месте главного вида, разрез Б-Б соединяем с видом слева (рисунок 2). При выполнении разреза А-А следует обратить внимание на условность, предусмотренную ГОСТ 2.305-68. Спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки и ребра жесткости и т.п. изображаются не заштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль длинной стороны такой части детали. Обозначение разрезов выполняем по ГОСТ 2.305-68. После обводки чертежа приступаем к простановке размеров.

Кроме того, что размеры нужно задать на трех изображениях, необходимо учесть и некоторые требования ГОСТ 2.307-68, а именно:

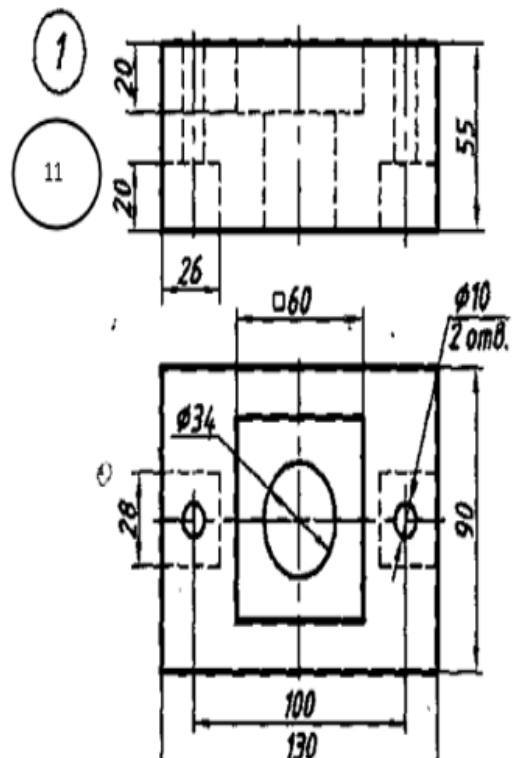
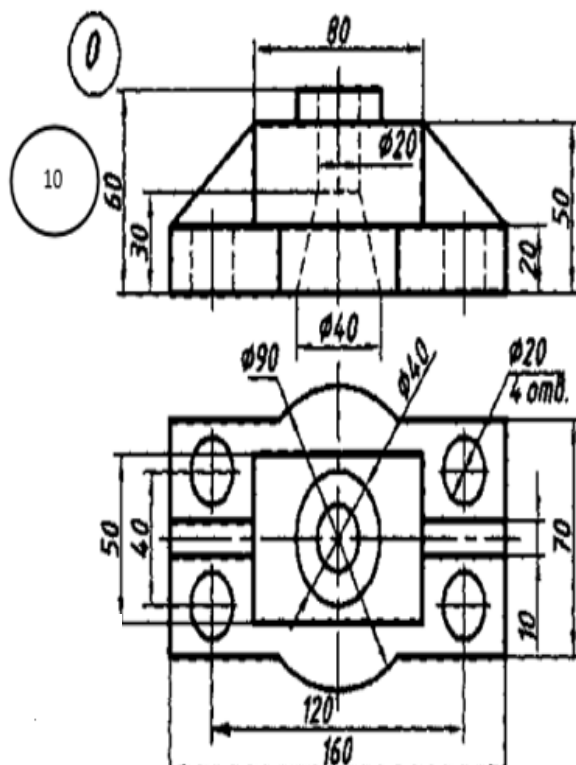
1. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения.
2. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5 мм.
3. У размеров до 12 мм стрелки чертят снаружи.
4. Размерные числа наносят над размерной линией ближе к ее середине.
5. При проведении нескольких параллельных размерных линий, размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке: 100 и 162, Ø 36 и 26 (рисунок 2).
6. Если вид или разрез симметрично расположенных элементов располагают до оси симметрии, то размерные линии проводят с обрывом и обрыв делают дальше оси - Ø 36.
7. Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию и т.п.) рекомендуется группировать в одном месте – 14, 26 (паз на призме).
8. Справочные размеры (размеры со звездочкой) отмечают в технических требованиях над основной надписью (R8*).

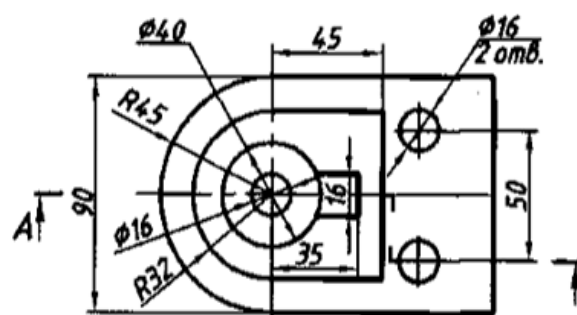
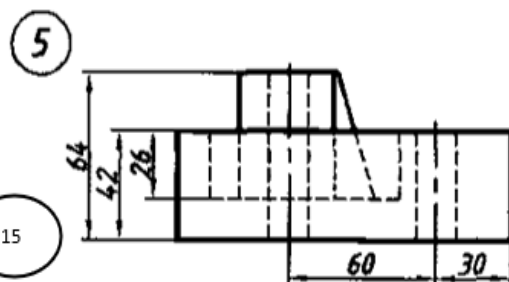
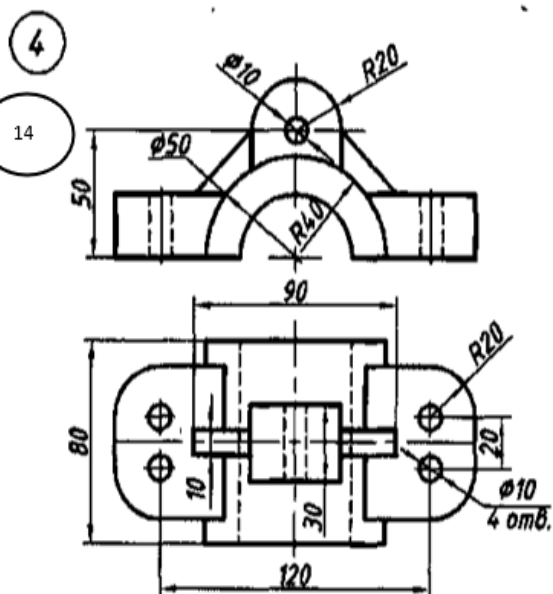
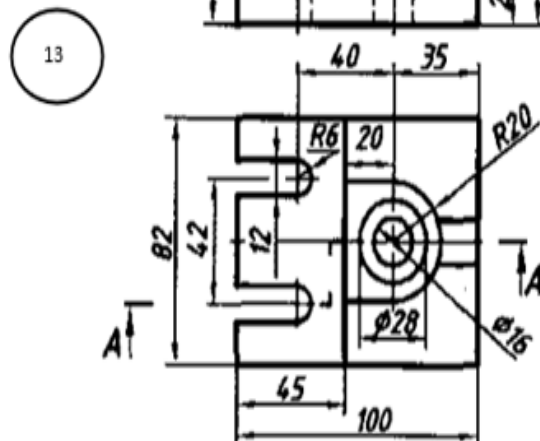
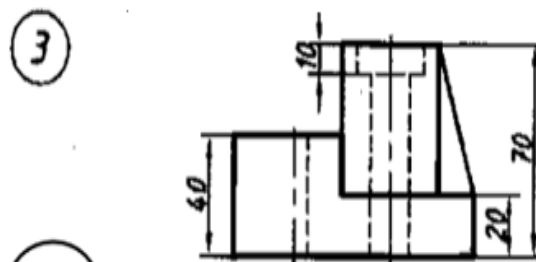
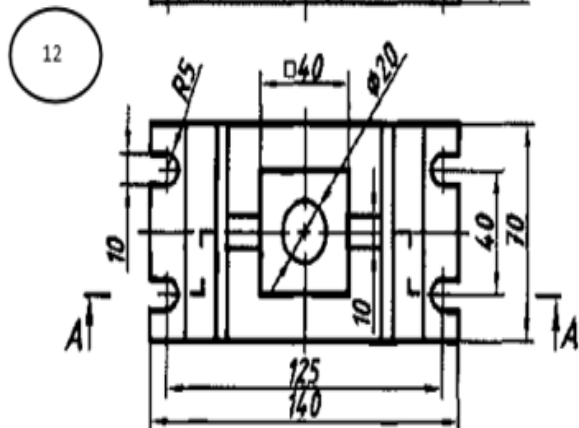
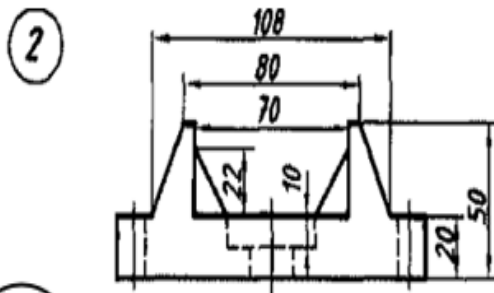
При заполнении основной надписи следует учесть порядковый номер листа и их количество в работе

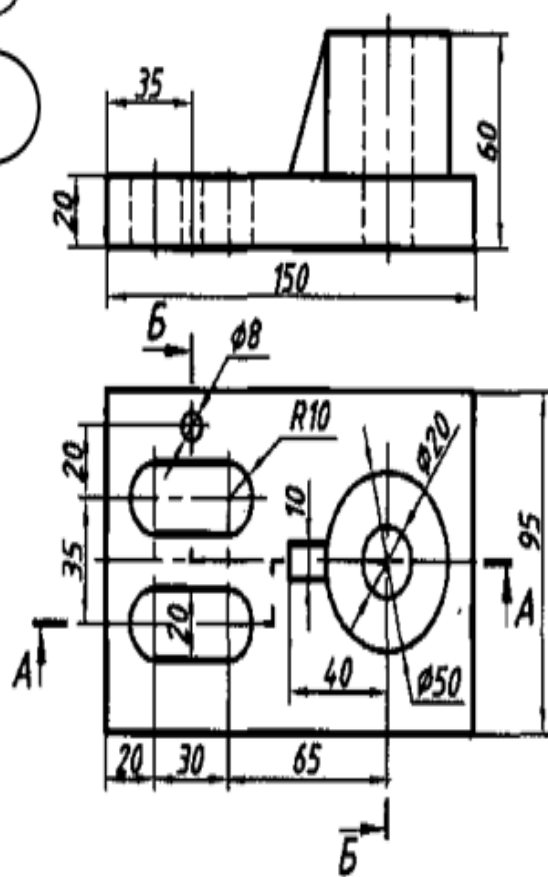
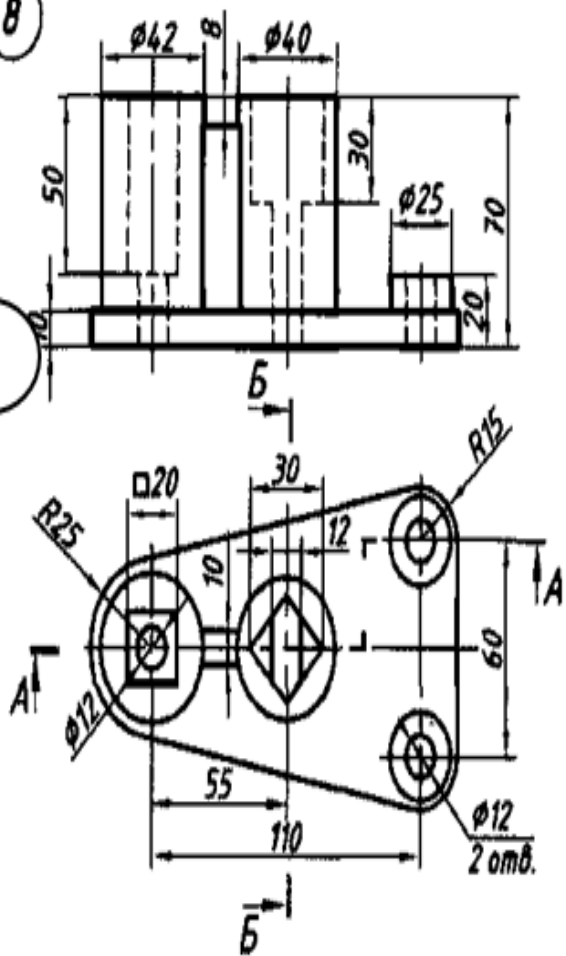
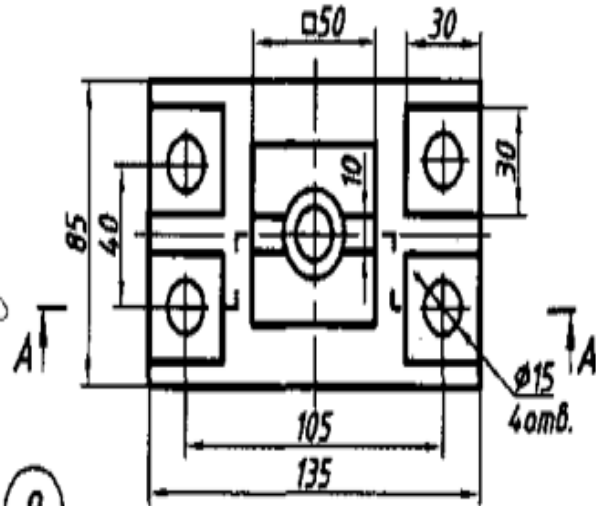
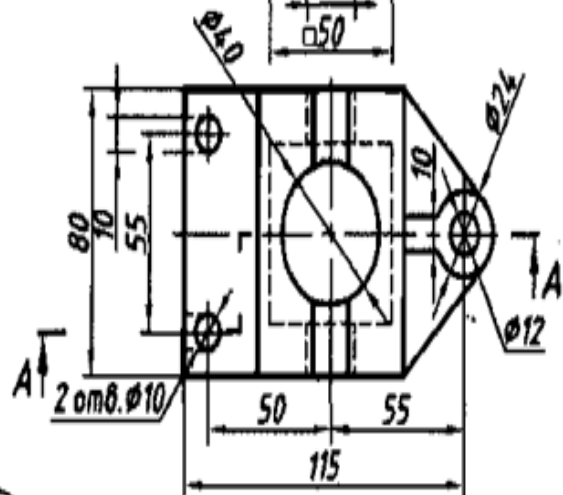
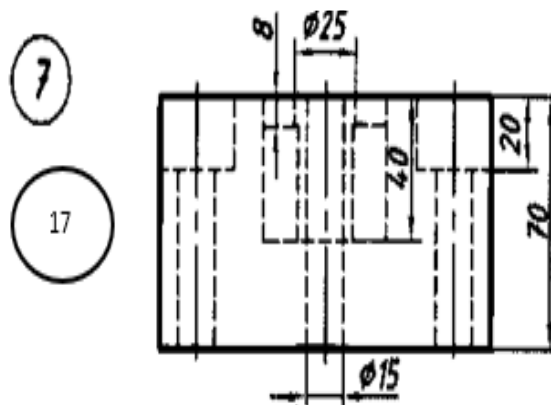
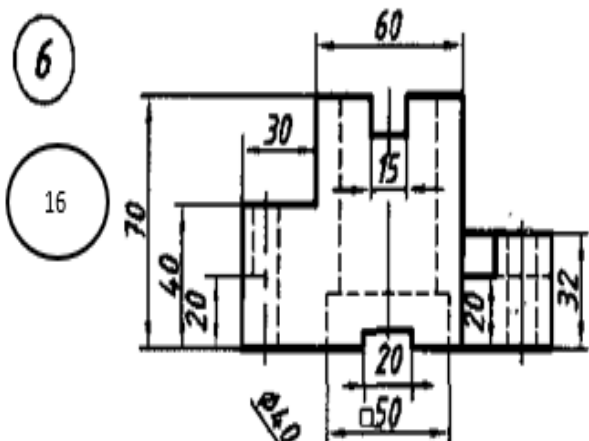


Задания к расчетно-графической работе №5

(сумма двух последних цифр зачетки есть ваш вариант)







Расчетно-графическая работа 6

Резьбовые соединения

Задача: вычерчивание соединения болтом и гайкой

Болт – крепёжное изделие, представляющее собой цилиндрический стержень с шестигранной головкой на одном конце и резьбой для навинчивания гайки на другом. Резьбовой конец стержня имеет фаску под углом 45° . Переход от стержня к головке выполнен по радиусу. Головка имеет фаску под углом 30° .

Эскиз болта должен содержать два изображения – вид спереди, на котором должны быть видны три грани головки, и вид сверху – для выявления формы головки (шестигранной призмы).

Болты с шестигранной головкой (нормальной точности ГОСТ 7798-70)

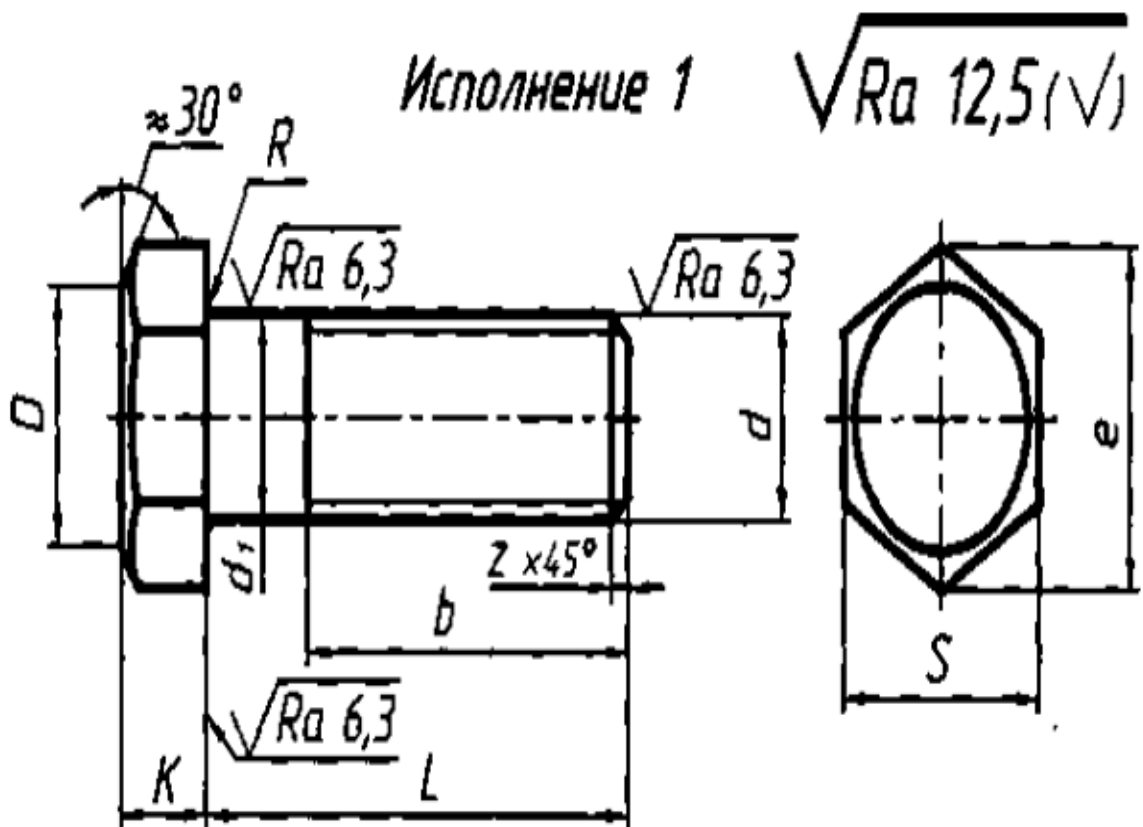


Рисунок 1 – Болты с шестигранной головкой

Таблица 1 – Размеры болтов с шестигранной головкой

Номинальный диаметр резьбы, d мм		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Шаг резьбы <i>P</i>	крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
	мелкий		1	1,25	1,25	1,5		1,5	1,5	1,5	2
Размер под ключ <i>S</i>		10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
Высота головки <i>K</i>		4	5,5	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	13,0	14,0	15,0
Диаметр описанной окружности <i>e</i>		10,9	14,2	18,7	20,9	24,3	26,5	29,5	33,3	35	39,6
Радиус под головкой <i>R</i>		0,25	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8
Диаметр фаски $D = (0,9 \dots 0,95)S$; диаметр стержня $d_1 = d$											
Длина болта <i>L</i> , мм		Длина резьбы, <i>b</i>									
25		18	25	25	25	25	25	25	25		
30		18	22	30	30	30	30	30	30	30	30
35		18	22	26	30	35	35	35	35	35	35
40		18	22	26	30	34	40	40	40	40	40
45		18	22	26	30	34	38	45	45	45	45
50		18	22	26	30	34	38	42	50	50	50
55		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
60		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
65		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
70		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
75		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55
80		18	22	26	30	34	38	42	46	50	55

Гайка представляет собой призму или цилиндр со сквозным (иногда глухим) резьбовым отверстием для навинчивания на болт или шпильку. По своей форме гайки бывают шестигранные, квадратные, круглые, гайки-барашки и др. Шестигранные гайки подразделяются на обыкновенные, прорезные и корончатые; нормальные, низкие, высокие и особо высокие; с одной и двумя фасками. Наибольшее применение в машиностроении имеют обыкновенные шестигранные гайки нормальной точности (ГОСТ 5915-70).

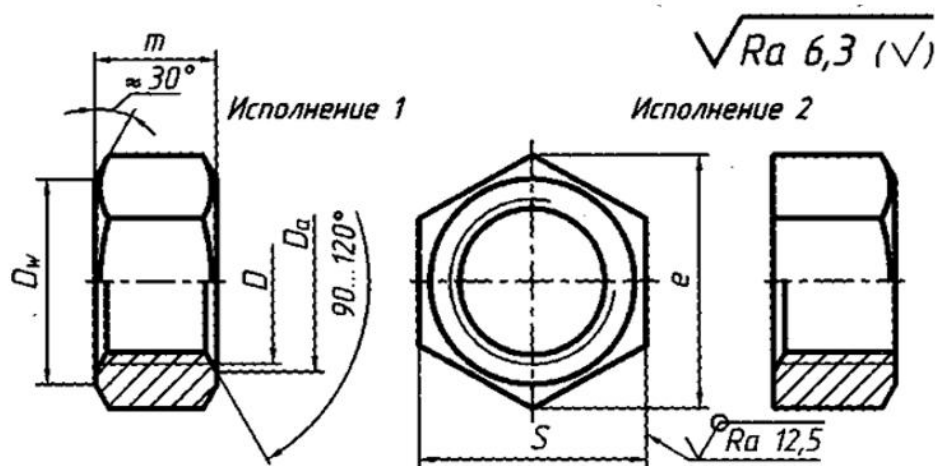


Рисунок 2 – Гайки шестигранные нормальной точности (ГОСТ 5915-70)

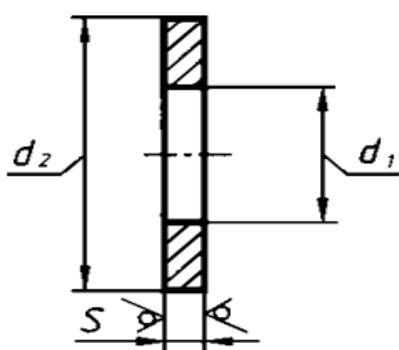
Таблица 2 – Размеры гайки шестигранной

Номинальный диаметр резьбы, D мм	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Шаг резьбы P	крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	3
	мелкий		1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	2
Размер под ключ S	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
Диаметр описанной окружности e	10,9	14,2	18,7	20,9	24,3	26,5	29,5	33,3	35	39,6
Высота m	5	6,5	8,0	10,0	11,0	13,0	15,0	16,0	18,0	19,0
Диаметр фаски $D_{w\min}$	9	11,7	15,5	17,2	20,1	22,0	24,8	27,7	29,5	33,2
Диаметр фаски $D_a\min$	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Диаметр фаски $D_a\max$	6,75	8,75	10,8	13,0	15,1	17,3	19,4	21,6	23,8	25,9

Шайбы

Шайбы, которые подкладываются под гайку в соединениях болтом и шпилькой, бывают круглые, квадратные, пружинные, стопорные и др. Они предохраняют поверхность детали, соприкасающуюся с ней, от износа и повреждений при завинчивании гайки, увеличивают опорную поверхность. Пружинные (ГОСТ 6402-70) и стопорные шайбы (ГОСТ 10461-81 ... ГОСТ 10464-81) предохраняют гайки от самоотвинчивания и применяются в тех случаях, когда соединение подвергается переменным нагрузкам и вибрации. Размеры круглых шайб ГОСТ 11371-78 даны в табл.3 Шайбы изготавливаются двух исполнений: 1- без скоса кромок, 2- со скосом одной или двух кромок.

Исполнение 1



Исполнение 2

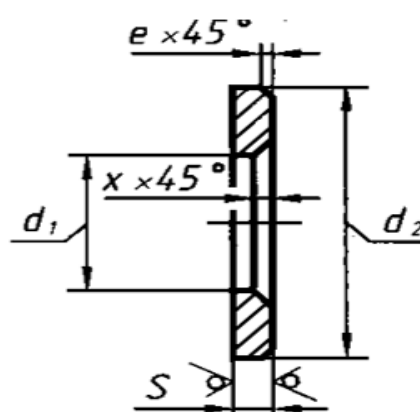


Рисунок 3 – Шайбы

Таблица 3 – Размеры шайб

Диаметр резьбы крепежной детали, мм	Наружный диаметр шайбы d_2 , мм	Внутренний диаметр шайбы d_1 , мм	Толщина шайбы S , мм	Фаска наружная e , мм		Фаска X , мм
				не менее	не более	не менее
6	12,5	6,4	1,6	0,40	0,80	0,80
8	17	8,4	1,6	0,40	0,80	0,80
10	21	10,5	2,0	0,50	1,00	1,00
12	24	13,0	2,5	0,60	1,25	1,25
14	28	15,0	2,5	0,60	1,25	1,25
16	30	17,0	3,0	0,75	1,50	1,50
18	34	19,0	3,0	0,75	1,50	1,50
20	37	21,0	3,0	0,75	1,50	1,50
22	39	23,0	3,0	0,75	1,50	1,50
24	44	25,0	4,0	1,00	2,00	1,50
27	50	28,0	4,0	1,00	2,00	1,50

Соединение деталей болтом. Болтовое соединение состоит из соединяемых деталей с отверстием под болт, болта, гайки и шайбы. Длина болта l подсчитывается по формуле:

$$l = m + n + s + H + k, \quad (1)$$

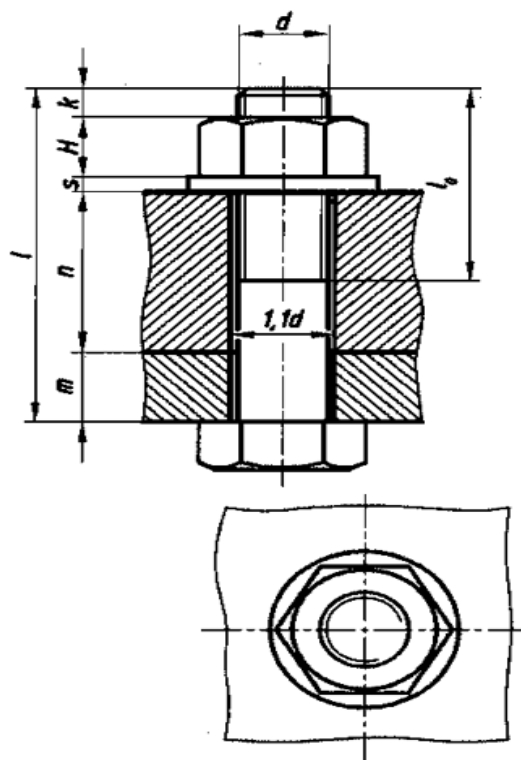
где m и n – толщина соединяемых деталей, в мм;

s – толщина шайбы, в мм;

H – высота гайки, в мм;

k – длина свободно выступающего над гайкой конца болта, в мм.

Длина свободного конца принимается равной $0,3d$, где d – диаметр резьбы. Размеры болта, гайки и шайбы берутся из таблиц (смотри таблицы 1...3) Диаметр сквозного отверстия в соединяемых деталях принимается равным $1,1d$. После подсчета длина болта округляется до ближайшего значения по стандарту.



Индивидуальные задания по вариантам для соединения болтом с составлением спецификации

№ варианта	Соединение деталей болтом (ГОСТ 7798-70*)				
	Диаметр резьбы d	Толщина деталей		Гайка ГОСТ 5915-70*	Шайба ГОСТ 11371-78*
		n	m	исполнение	
0; 10	8	10	14	1	2
1; 11	10	12	18	2	1
2; 12	12	15	25	1	2
3; 13	14	20	30	2	1
4; 14	16	15	35	1	2
5; 15	18	25	35	2	1
6; 16	20	15	20	1	2
7; 17	22	20	25	2	1
8; 18	24	25	30	1	2
9; 19	27	20	35	2	1

Таблица 4 – Резьба метрическая цилиндрическая (ГОСТ 24705-2004, ГОСТ 8724-2002)

Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы		Внутренний диаметр резьбы	Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы		Внутренний диаметр резьбы
	крупный	мелкий			крупный	мелкий	
d			d₁ = D₁	d			d₁ = D₁
2,5	0,45		2,013	16	2,0		13,835
		0,35	2,121			1,5	14,376
3	0,50		2,459			1,0	14,917
		0,35	2,621			0,75	15,188
4	0,70		3,242			0,5	15,459
		0,5	3,459	18	2,5		15,294
5	0,8		4,131			2,0	15,835
		0,5	4,459			1,5	16,376
6	1,00		4,918			1,0	16,917
		0,75	5,188			0,75	17,188
		0,5	5,459			0,5	17,495
8	1,25		6,647	20	2,5		17,294
		1,0	6,917			2,0	17,835
		0,75	7,188			1,5	18,376
		0,5	7,459			1,0	18,917
10	1,5	1,25	8,647			0,75	19,188
		1,0	8,917			0,5	19,459
		0,75	9,188	22	2,5		19,294
		0,5	9,459			2,0	19,835
12	1,75		10,106			1,5	20,376
		1,5	10,376			1,0	20,917
		1,25	10,647			0,75	21,188
		1,0	10,917			0,5	21,459
		0,75	11,188	24	3,0		20,752
		0,5	11,459			2,0	21,835
14	2,0		11,835			1,5	22,376
		1,5	7,376			1,0	22,917
		1,25	7,648			0,75	23,188
		1,0	7,917				
		0,75	13,188				

Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы		Внутренний диаметр резьбы	Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы		Внутренний диаметр резьбы
d	крупный	мелкий	$d_1 = D_1$	d	крупный	мелкий	$d_1 = D_1$
27	3,0		23,752	45	4,5		40,129
		2,0	24,835-			3,0	41,752
		1,5	25,376			2,0	42,835
		1,0	25,917			1,5	43,376
		0,75	26,188			1,0	43,918
30	3,5		28,211	48	5,0		42,587
		3,0	26,752			3,0	44,752
		2,0	27,835			2,0	45,835
		1,5	28,376			1,5	46,376
		1,0	28,918			1,0	46,918
		0,75	29,188	52	5,0		46,587
33	3,5		29,211			3,0	48,752
		3,0	29,752			2,0	49,835
		2,0	30,835			1,5	50,376
		1,5	31,376			1,0	50,918
		1,0	31,918	56	5,5		50,046
		0,75	32,188			3,0	52,752
36	4,0		31,670			2,0	53,835
		3,0	32,752			1,5	54,376
		2,0	33,835			1,0	54,918
		1,5	34,376	60	5,5		54,046
		1,0	34,918			3,0	56,752
39	4,0		34,670			2,0	57,835
		3,0	35,752			1,5	58,376
		2,0	36,835			1,0	58,918
		1,5	37,376	64	6,0		57,505
		1,0	37,918			3,0	60,752
42	4,5		37,129			2,0	61,835
		3,0	38,752			1,5	62,376
		2,0	39,835			1,0	62,918
		1,5	40,376				

Расчетно-графическая работа 7

Зубчатые передачи

Задача: рассчитать и вычертить сборочный чертёж цилиндрической зубчатой передачи

Теоретическая часть

Основные параметры зубчатых колес

- *делительными окружностями пары зубчатых колес* называются соприкасающиеся окружности, условно проведенные из центров колес, и перекатывающиеся одна по другой без скольжения. Делительные окружности колес, находящихся в зацеплении, являются сопряженными. На чертежах делительную окружность выполняют штрихпунктирной линией, а ее диаметр обозначают буквой d ;

- *модуль зубчатого зацепления m* – это часть диаметра делительной окружности зубчатого колеса, приходящаяся на один зуб, т. е. $m = d/z$. Значение модулей для всех передач - величина стандартизированная;

- *диаметр окружности вершин зубьев d_a* , - диаметр окружности, описывающей вершины головок зубьев;

- *диаметр окружности впадин зубьев d_f* - диаметр окружности, описывающей основания ножек зубьев;

- *высота делительной ножки зуба h_a* - расстояние между делительной окружностью колеса и окружностью, описывающей основания ножек (впадин) зубьев;

- *высота зуба h* - расстояние между окружностями вершин и впадин зубьев цилиндрического зубчатого колеса h ;

- *окружной шаг зубьев P_t* - расстояние (мм) между одноименными профильными поверхностями соседних зубьев. Шаг зубьев равен длине делительной окружности, разделенной на число зубьев колеса z .

Таблица 1 – Формулы для расчета элементов цилиндрической зубчатой передачи

Параметр	Шестерня	Зубчатое колесо
Высота головки зуба	$h_a = m$	$h_a = m$
Высота ножки зуба	$h_f = 1,25m$	$h_f = 1,25m$
Высота зуба	$h = 2,25m$	$h = 2,25m$
Диаметр делительной окружности	$d_1 = mz_1$	$d_2 = mz_2$
Межосевое расстояние	$a_w = (d_1 + d_2)/2$	$a_w = (d_1 + d_2)/2$
Диаметр окружности вершин	$d_{a1} = m(z_1 + 2)$	$d_{a2} = m(z_2 + 2)$
Диаметр окружности впадин	$d_{f1} = (z_1 - 2,5) m$	$d_{f2} = (z_2 - 2,5) m$
Ширина зубчатого венца	$b = 8m$	$b = 8m$
Диаметр ступицы	$d_{c1} = 1,6D_1$	$d_{c2} = 1,6D_2$
Длина ступицы	$l_{c1} = 1,1b$	$l_{c2} = 1,1b$
Толщина обода зубчатого венца	$\delta_1 = 2,25m$	
Толщина диска	-	$\delta_2 = 1/3b$
Размер шпонок и шпоночного паза	ГОСТ 23360-78	ГОСТ 23360-78

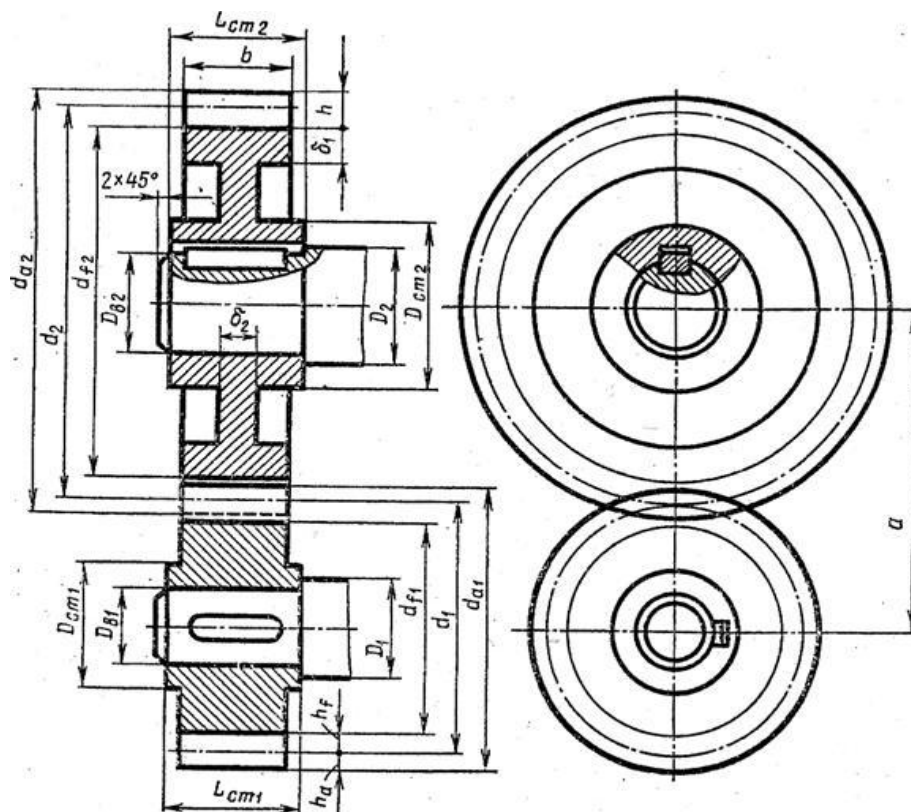


Рисунок 1 – Зубчатое зацеплен

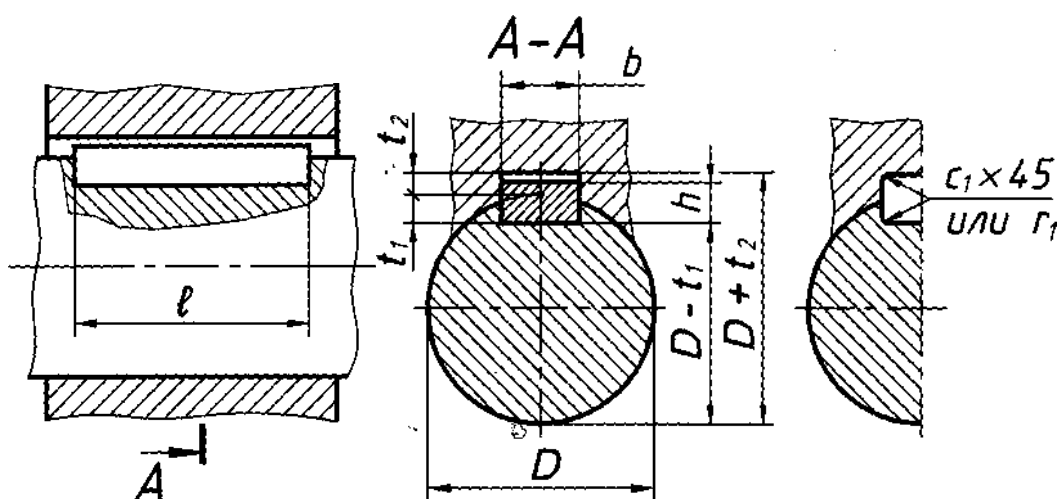


Рисунок 2 – Шпоночное соединение

Таблица 2 – Размеры призматических шпонок и шпоночных пазов (ГОСТ 23360-78), мм

Диаметр вала D	Шпонка			Шпоночный паз		
	b	h	c или r	вал t_1	втулка t_2	c или r
Св.6 до 8	2	2	0,16...0,25	1,2	1,0	0,008...0,16
Св.8 до 10	3	3		1,8	1,4	
Св.10 до 12	4	4		2,5	1,8	
Св.12 до 17	5	5	0,25...0,4	3,0	2,3	0,16...0,25
Св.17 до 22	6	6		3,5	2,8	
Св. 22 до 30	8	7		4,0	3,3	
Св.30 до 38	10	8	0,4...0,6	5,0	3,3	0,25...0,4
Св. 38 до 44	12	8		5,0	3,3	
Св. 44 до 50	14	9		5,5	3,8	
Св. 50 до 58	16	10		6,0	4,3	
Св. 58 до 65	18	11		7,0	4,4	

Длины шпонок должны выбираться из ряда: 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63.

Таблица 3 – Варианты для задания

№ варианта	m	z ₁	z ₂	D ₁	D ₂	№ варианта	m	z ₁	z ₂	D ₁	D ₂
1	5	20	25	25	25	11	4	16	35	20	30
2	4	20	40	25	30	12	5	16	30	25	32
3	5	15	32	25	35	13	4	20	32	22	30
4	3	25	40	20	25	14	5	16	30	25	36
5	4	25	35	25	32	15	4	15	35	20	25
6	4	20	34	22	25	16	5	18	35	24	30
7	5	18	30	25	32	17	4	20	34	22	25
8	4	15	35	20	30	18	4	25	35	25	32
9	4	18	30	22	25	19	5	18	30	25	32
10	4	20	36	22	30	20	3	25	40	20	25

При выполнении чертежей цилиндрических зубчатых колес руководствоваться ГОСТ 2.403.

Заключение

Начертательная геометрия является базовым направлением в подготовке студентов инженерных специальностей. При изучении начертательной геометрии студенты приобретают теоретические знания, графические навыки и умения, необходимые для разработки и оформления конструкторской документации. Кроме этого, изучение начертательной геометрии стимулирует развитие пространственного мышления, воображения, инженерной интуиции, изобретательства, то есть тех качеств, которые, несомненно, являются важными в инженерной деятельности.

В процессе изучения дисциплины «Начертательная геометрия» студенты должны освоить понятийный аппарат начертательной геометрии, научиться по плоским изображениям (проециям) получать представление о пространственном расположении объектов, научиться строить сечения и развертки различных поверхностей, приобрести графические навыки выполнения чертежей. Графические умения и навыки студенты приобретают на практических занятиях под руководством преподавателя или в ходе самостоятельной работы по начертательной геометрии.

Таким образом, выполнения студентами расчетно-графических работ будет способствовать приобретению знаний, умений и навыков, необходимых для успешной сдачи экзамена.