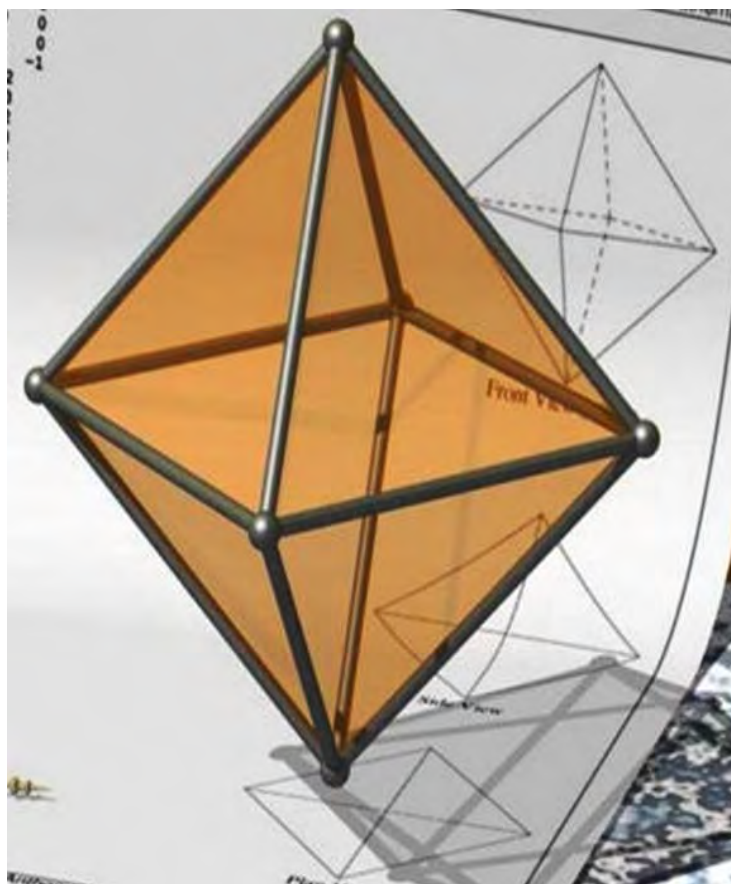


Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Вологодская государственная
молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина»

Инженерный факультет

Кафедра энергетических средств и технического сервиса

Геометрическое черчение



Вологда-Молочное
2022

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Вологодская государственная
молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина»

Инженерный факультет

Кафедра энергетических средств и технического сервиса

Геометрическое черчение

Учебно-методическое пособие для
подготовки бакалавров по направлениям:
35.03.06 «Агроинженерия»,
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»,
27.03.01 «Стандартизация и метрология»,
19.03.03 «Продукты питания животного происхождения»,
35.03.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих
производств,
35.03.01 «Лесное дело»

Вологда-Молочное
2022

УДК 744:681.3.07
ББК 22.151.3 р 30

С о с т а в и т е л и :

доцент кафедры энергетических средств и технического сервиса
Н.И. Кузнецова,
старший преподаватель
кафедры энергетических средств и технического сервиса
С.В. Гайдидей

Р е ц е н з е н т ы –

доцент кафедры энергетических средств и технического сервиса
А.Л. Бирюков,
доцент кафедры технические системы в агробизнесе
В.Ю. Ивановская

Геометрическое черчение. Учебно-методическое пособие/
Сост. Н.И. Кузнецова, С.В. Гайдидей. – Вологда – Молочное: ИЦ
ВГМХА, 2022. – 52 с.

Учебно-методическое пособие составлено в соответствии с требованиями к уровню подготовки бакалавра по циклу «Общепрофессиональные дисциплины». Цель данного пособия – углубленное изучение основных правил выполнения чертежей в соответствии с ГОСТами ЕСКД, оказание помощи при проведении лабораторно-практических работ и организации самостоятельной работы при изучении раздела «Геометрическое черчение» курса «Инженерная графика».

Учебно-методическое пособие предназначено для бакалавров по направлениям: 35.03.06 «Агроинженерия», 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 27.03.01 «Стандартизация и метрология», 19.03.03 «Продукты питания животного происхождения», 35.03.02 Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств, 35.03.01 «Лесное дело».

УДК 744:681.3.07
ББК 22.151.3 р 30

© Н.И. Кузнецова, С.В. Гайдидей.,
© ИЦ ВГМХА, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель учебно-методического пособия по разделу «Геометрическое черчение» – помочь студентам изучить и освоить основные положения ГОСТов ЕСКД по выполнению и графическому оформлению чертежей. Данное учебно-методическое пособие содержит основные сведения и выдержки ГОСТов Единой системы конструкторской документации, необходимые для правильного оформления учебных чертежей и графических материалов курсовых и дипломных проектов, а также исходные данные для учебных заданий.

Настоящее учебно-методическое пособие может использоваться совместно с другой специальной литературой. Поэтому содержание, порядок, а иногда и сами задания могут быть изменены или дополнены другими заданиями.

По разделу «Геометрическое черчение» студенты выполняют три графические работы. Перед каждым заданием приведены: целевое назначение задания, содержание и краткие указания по выполнению задания, а также необходимые теоретические положения.

При оформлении заданий необходимо соблюдать следующие требования:

- Задания выполняются на листах чертежной бумаги формата А3.
- Каждый лист оформляется рамкой и основной надписью согласно ГОСТ 2.104-2006. Содержание, расположение и размеры граф основных надписей, дополнительных граф к ним, а также размеры рамок на чертеже должны соответствовать форме 1.
- Чертежи заданий вычерчиваются в заданном масштабе с учетом наиболее рационального расположения в пределах формата.
- Все надписи, как и отдельные обозначения букв и цифр должны быть выполнены стандартным шрифтом по ГОСТ 2.304-81*.

Варианты заданий приведены в приложениях.

Для точного и правильного выполнения чертежей необходимо перед выполнением каждого задания изучить соответствующие разделы учебного материала и ГОСТов.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНИКЕ ЧЕРЧЕНИЯ

Для качественного выполнения чертежа необходимы определенные материалы и инструменты:

- **чертежная бумага** должна быть достаточно плотной со слегка шероховатой поверхностью марок **В** (высшая с водяными знаками на просвет) и **О № 1** (обыкновенная);

- **чертежные карандаши** выбираются в зависимости от характера работы и сорта бумаги. В техническом черчении применяются карандаши от **2Т(2Н)** до **4Т(4Н)** – для построений и от **ТМ(НВ)** до **2Т(2Н)** – для обводки;

- **резинка чертежная** должна быть мягкая для удаления карандашных линий. Желательно стирать резинкой только в одном направлении. Для стирания некоторых линий расположенных близко друг к другу удобно использовать резинку, срезанную под острым углом;

- **чертежные угольники** можно использовать деревянные и пластмассовые. Деревянные угольники нужно проверять и по необходимости править. Недостатком угольников из пластмассы является их электролизация в процессе работы, что приводит к загрязнению чертежа;

- **циркуль:** желательно иметь разметочный циркуль (измеритель) для откладывания на чертеже повторяющихся размеров и переноса размера с одного места чертежа на другое и циркуль чертежный для проведения окружностей и дуг радиусом не менее 5 мм;

- **кронциркуль падающий** для проведения окружностей и дуг радиусом от 0,5 до 5...7 мм;

- **центрик** для проведения большого числа концентрических окружностей. Он представляет собой кнопку, снабженную тонким острием. В головке кнопки имеется углубление для иглы циркуля;

- **трафареты и шаблоны** для ускорения и облегчения работы при выполнении чертежа. Например, шаблоны для дуг окружностей, для нанесения размерных чисел, для облегчения выполнения штриховки и т. п.

Построение изображения по заданным размерам выполняют в два этапа. Сначала тонкими и четкими линиями, что позволяет при необходимости вносить изменения и исправления в чертеж, а затем чертеж обводят.

Выполнение чертежа начинают с вычерчивания формата, выделения поля чертежа и места для основной надписи.

Рациональная последовательность построений в общем случае такова:

- 1) Вычерчиваются **габаритные очерки изображений**. Это позволяет представить расположение изображений и, кроме того, линии

габаритных очерков можно использовать в качестве баз для отсчета размеров.

2) Проводят, если изображение симметрично, **оси симметрии**, которые тоже используют в качестве баз для отсчета размеров.

3) Отмечают штрихпунктирными линиями **центры окружностей и дуг**.

4) Проводятся **линии контура детали** по определенным размерам. Если протяженность линии точно не известна, то линию проводят с некоторым запасом, а потом лишнее стирают.

5) **Линии одного уровня**, находящиеся на разных изображениях, но относящиеся к одному и тому же элементу изображаемого предмета, следует проводить за одну установку линейки.

6) При проведении линии по линейке или угольнику карандаш нужно вести в плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа или наклонной в сторону от себя с наклоном **70...75°** в сторону движения. **Направления движения карандаша** – слева направо по верхней кромке линейки и снизу вверх по левой кромке.

7) Сначала вычерчивают дуги и только потом прямые, касательные к ним.

8) При построении изображений в масштабе, отличающемся от натурального (1:1), во избежание ошибок все вычисления производить только с натуральными величинами.

После построение чертежа в тонких линиях необходимо выполнить **обводку чертежа**. Назначение обводки состоит в том, чтобы придать чертежу четкость и контрастность, облегчающие чтение чертежа. Эти качества чертежа обеспечиваются, прежде всего, соблюдением толщин линий и их структуры (длины штрихов, промежутков между штрихами и т.п.) в соответствии с ГОСТ 2.303 – 68* в пределах данного чертежа.

Для получения четких линий карандаш нужно вести с достаточным нажимом. Рекомендуется, прямые линии обводить двумя встречными движениями с одной установки линейки, окружности – делая два оборота циркуля. Тонкие линии должны проводиться с большим нажимом. **Все линии обведенного чертежа независимо от их структуры должны иметь одинаковую яркость.**

При обводке чертежа рекомендуется следующая последовательность:

- 1) Обводят все сплошные основные линии толщины s :
дуги и окружности, начиная с дуг малого радиуса;
сопрягающиеся дуги обводят, начиная со средней дуги;
горизонтальные линии;
вертикальные линии;
наклонные линии;
лекальные кривые.

- 2) В той же последовательности обводят все штриховые линии и сплошные тонкие.
- 3) Обводят осевые и центровые линии.
- 4) Наносят стрелки размерных линий.
- 5) Обводят размерные числа и надписи.
- 6) Наносят линии штриховки.

После обводки чертежа обводят рамку и линии основной надписи. Заполняют и подписывают основную надпись в соответствии с ГОСТ 2.104–2006 (рисунок 1).

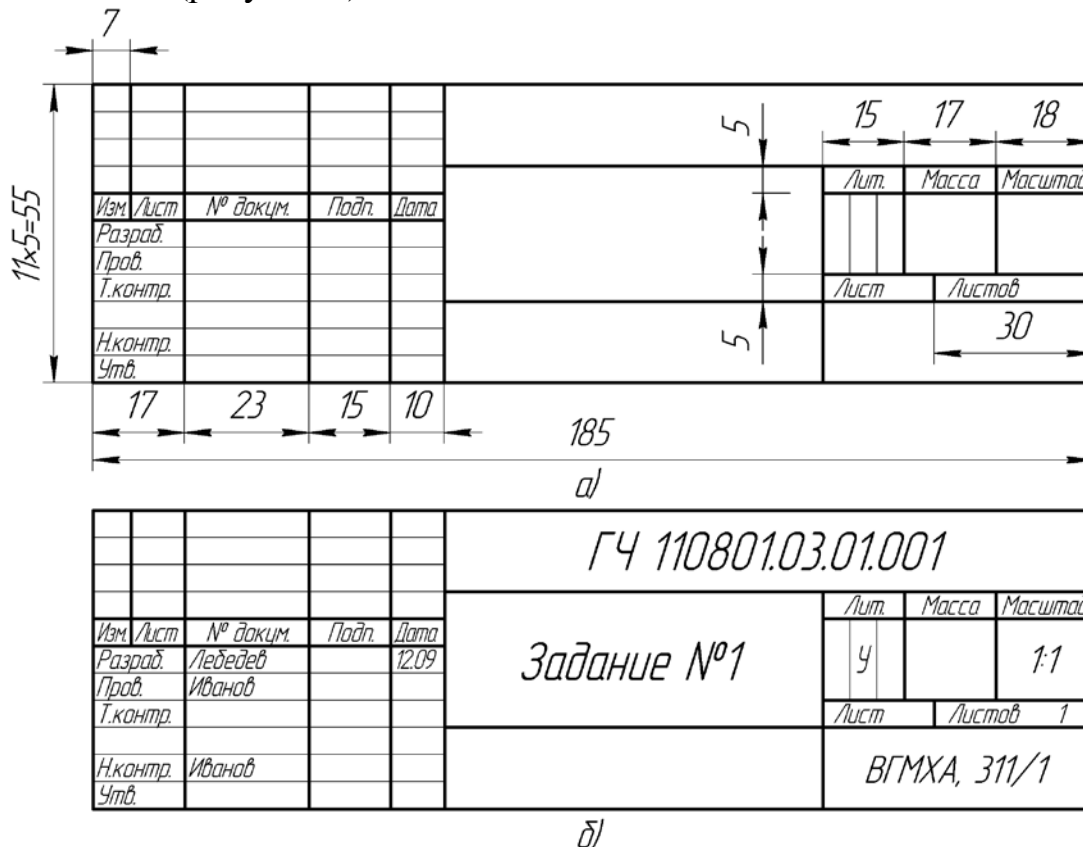


Рисунок 1 – Основная надпись по ГОСТ 2.104-2006:
а) размеры основной надписи; б) пример заполнения.

В основной надписи заполняется графа «Обозначение чертежа». Например, выполненное на рисунке 1, б обозначение **ГЧ 110801.03.01.001** расшифровывается следующим образом:

ГЧ – раздел «Геометрическое черчение»;

110801 – шифр направления (профиля), по которому обучается студент: **110801** – Технические системы в агробизнесе (Машины и оборудование в агробизнесе), **110804** – Технический сервис в агропромышленном комплексе, **260200** – Продукты питания животного происхождения, **151000** – Технологические машины и оборудование;

03 – номер варианта;

01 – номер задания (номер сборочной единицы на сборочном чертеже);

001 – номер листа в задании (номер детали на сборочном чертеже).

ЗАДАНИЕ №1. ЛИНИИ ЧЕРТЕЖА. ШРИФТЫ

Цель работы:

1. Изучение типов линий и приобретение навыков их выполнения в соответствии с ГОСТ 2.303-68.

2. Изучение приемов написания букв и цифр чертежным шрифтом согласно ГОСТ 2.304-81.

Содержание задания:

1. Ознакомившись с ГОСТами 2.303 – 68, в левой части листа, выполнить построение основных типов линий, нанести размеры параметров линий, и названия каждой из них.

2. Изучив ГОСТ 2.304–81, в правой половине листа написать шрифтом 7 и 10 все прописные и строчные буквы русского алфавита, арабские цифры, некоторые знаки, применяемые на чертежах: диаметр, радиус, квадрат, уклон, конусность, процент, номер.

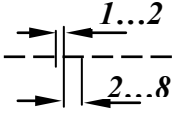
Все задание выполнять шрифтом типа Б с наклоном 75° . Допускается выполнение шрифта без наклона. Для выполнения задания необходимо провести линии, ограничивающие верх и низ каждой строки, сделать разбивку для букв и интервалов между ними в соответствии со стандартом.

Линии (ГОСТ 2.303 – 68). Наименование, начертание, толщина и основные назначения линий приведены в таблице 1.

Толщина сплошной основной линии s должна быть в пределах от $0,5$ до $1,4$ мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Толщина всех остальных линий чертежа зависит от толщины сплошной основной линии. Любая линия должна быть четкой с четко выраженными концами. Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях следует выбирать в зависимости от величины изображения. Штрихи и промежутки между ними должны быть приблизительно одинаковой длины.

Штрихпунктирные линии должны пересекаться в центре и заканчиваться штрихами, выходящими за контур на $2...5$ мм. Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, следует заменять сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм.

Таблица 1 – Линии чертежа (ГОСТ 2.303-68*)

Наименование	Начертание	Толщина линии	Основное назначение
Сплошная толстая основная		$s = 0,5 \dots 1,4$	Линия видимого контура. Линии перехода видимые. Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза).
Сплошная тонкая		от $s/3$ до $s/2$	Линия контура наложенного сечения. Линии размерные и выносные. Линии штриховки. Линии – выноски. Полки линий - выносок и подчеркивание надписей. Линии для изображения пограничных деталей ("обстановка"). Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях. Линии перехода воображаемые. Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях
Сплошная волнистая		от $s/3$ до $s/2$	Линии обрыва. Линии разграничения вида и разреза.
Штриховая		от $s/3$ до $s/2$	Линии невидимого контура. Линии перехода невидимые.
Штрих – пунктирная тонкая		от $s/3$ до $s/2$	Линии осевые и центровые. Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений.
Штрих – пунктирная утолщенная		от $s/2$ до $2s/3$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию. Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью ("наложенная проекция")
Разомкнутая		от s до $1,5s$	Линии сечений.
Сплошная тонкая с изломами		от $s/3$ до $s/2$	Длинные линии обрыва.
Штрих – пунктирная с двумя точками тонкая		от $s/3$ до $s/2$	Линии сгиба на развертках. Линии для изображения частей изделия в крайних или промежуточных положениях. Линии для изображения развертки совмещенной с видом.

Шрифты чертежные (ГОСТ 2.304 – 81*). Все надписи на чертежах следует выполнять шрифтами, установленными ГОСТ 2.304 – 81* «Шрифты чертежные».

Шрифты различают по типам и размерам.

Размер шрифта *h* определяется высотой прописных (заглавных) букв в миллиметрах, измеряемой перпендикулярно к основанию строки. Установлены следующие размеры шрифта: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Применение шрифта размером 1,8 не рекомендуется.

Стандартом установлены два типа шрифта: А и Б. Тип шрифта определяет кратность толщины *d* линии букв размеру шрифта: для типа А – $d=(1/14)h$, для типа Б – $d=(1/10)h$. Шрифты могут быть выполнены без наклона или с наклоном около 75° к основанию строки. Образец начертания букв и цифр на рисунке 2, параметры шрифта Б – в таблице 2.

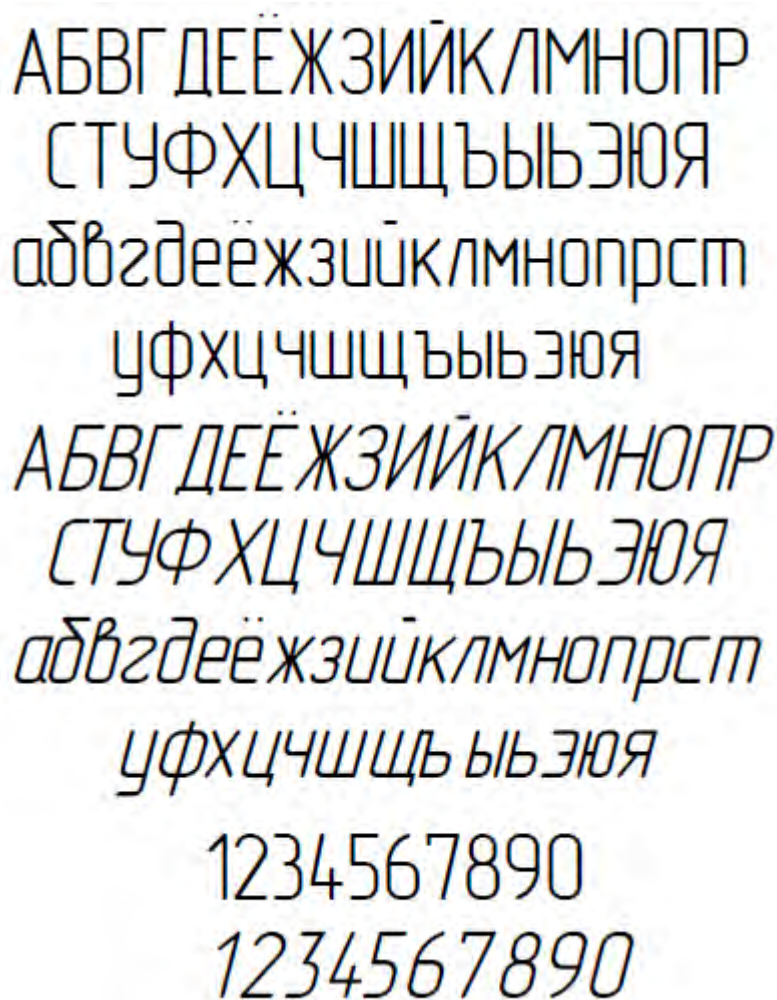


Рисунок 2 – Образец начертания букв и цифр

Таблица 2 – Параметры шрифта типа Б

№ п/п	Параметры шрифта типа Б	Обозначение	Относительный размер		Размер шрифта, мм			
					3,5	5	7	10
1. Прописные буквы и цифры								
1.1.	Высота букв и цифр	<i>h</i>	$(10/10)h$	$10d$	3,5	5,0	7,0	10
1.2	Ширина букв А, Д, М, Х, Ы, Ю	<i>q</i>	$(7/10)h$	$7d$	2,4	3,5	4,9	7,0
1.3	Ширина букв Б, В, И, К, Л, Н, О, П, Р, Т, У, Ц, Ч, Ъ, Э, Я, и цифры 4	<i>q</i>	$(6/10)h$	$6d$	2,1	3,0	4,2	6,0
1.4	Ширина букв Г, Е, З, С и цифр 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 0	<i>q</i>	$(5/10)h$	$5d$	1,7	2,5	3,5	5,0
1.5	Ширина букв Ж, Ф, Ш, Щ	<i>q</i>	$(8/10)h$	$8d$	2,8	4,0	5,6	8,0
1.6	Ширина цифры 1	<i>q</i>	$(3/10)h$	$3d$	1,0	1,5	2,1	3,0
2. Строчные буквы								
2.1	Высота строчных букв кроме б, в, д, р, у, ф	<i>c</i>	$7/10h$	$7d$	2,5	3,5	5,0	7,0
2.2	Высота букв б, в, д, р, у, ф	<i>c</i>	$10/10h$	$10d$	3,5	5,0	7,0	10
2.3	Ширина букв з, с	<i>q</i>	$4/10h$	$4d$	1,4	2,0	2,8	4,0
2.4	Ширина букв а, в, г, д, е, и, й, к, л, н, о, п, р, у, х, ч, ц, ъ, э, я	<i>q</i>	$5/10h$	$5d$	1,7	2,5	3,5	5,0
2.5	Ширина букв м, ъ, ы, ю	<i>q</i>	$6/10h$	$6d$	2,1	3,0	4,2	6,0
2.6	Ширина букв ж, т, ф, ш, щ	<i>q</i>	$7/10h$	$7d$	2,4	3,5	4,9	7,0
3.	Расстояние между буквами и цифрами	<i>a</i>	$2/10h$	$2d$	0,7	1,0	1,4	2,0
4.	Расстояние между основаниями строк	<i>b</i>	$17/10h$	$17d$	6,0	8,5	12	17
5.	Минимальное расстояние между словами	<i>e</i>	$6/10h$	$6d$	2,1	3,0	4,2	6,0
6.	Толщина линий шрифта	<i>d</i>	$1/10h$	d	0,35	0,5	0,7	1,0

ЗАДАНИЕ №2. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ. УКЛОН И КОНУСНОСТЬ

Цель работы:

1. Ознакомление с основными правилами простановки размеров.
2. Изучение и выполнение геометрического построения уклона и конусности.

Содержание задания:

1. Ознакомившись с ГОСТами 2.307 – 68 и 2.306 – 68, в левой части листа, выполнить построение плоской детали в соответствии с вариантами приложения А и нанести размеры. Толщину детали для всех вариантов принять 5 мм.

2. В правой части листа в соответствии с приложением Б выполнить чертеж детали имеющей уклон и конусность. Нанести все необходимые размеры в соответствии с ГОСТами 2.307 – 68 и 2.320-82. **Все дополнительные построения на чертеже необходимо сохранить(!)**.

Знаки вопросов заменить необходимыми условными обозначениями размеров.

Нанесение размеров. ГОСТ 2.307 – 68 “Нанесение размеров и предельных отклонений” устанавливает следующие правила:

- Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями.
- Размерные линии ограничивают по концам стрелками, форма и размеры которых показаны на рисунке 3. Все стрелки на чертеже должны быть примерно одинаковыми.

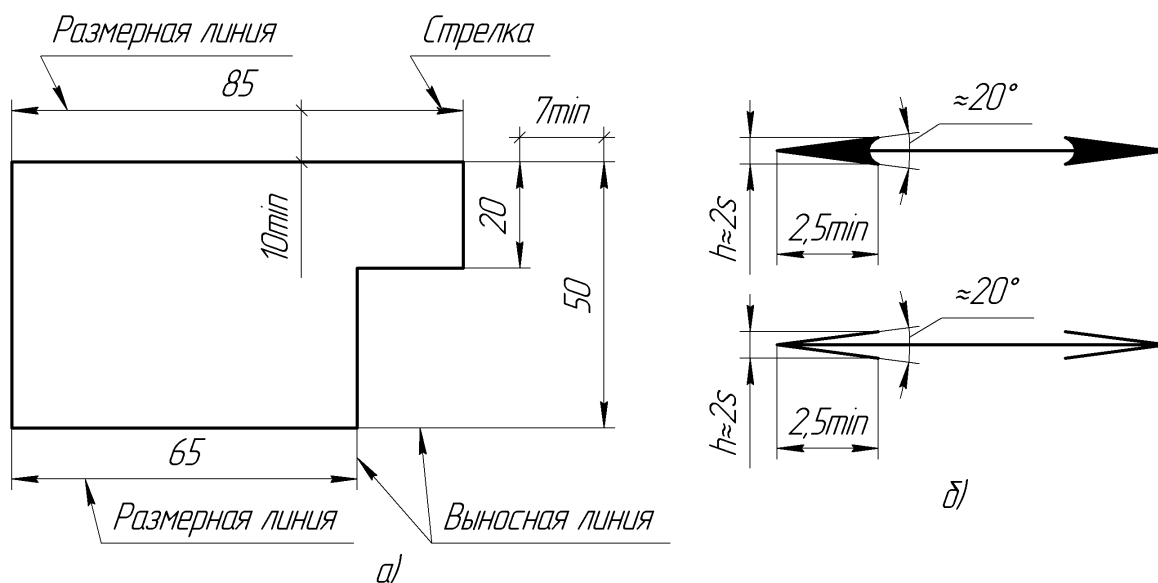


Рисунок 3 – Нанесение размеров:

а) размерные и выносные линии; б) вид размерной стрелки.

- Размерную линию проводят параллельно измеряемому отрезку, а выносные линии – перпендикулярно размерным (рисунок 4, а).

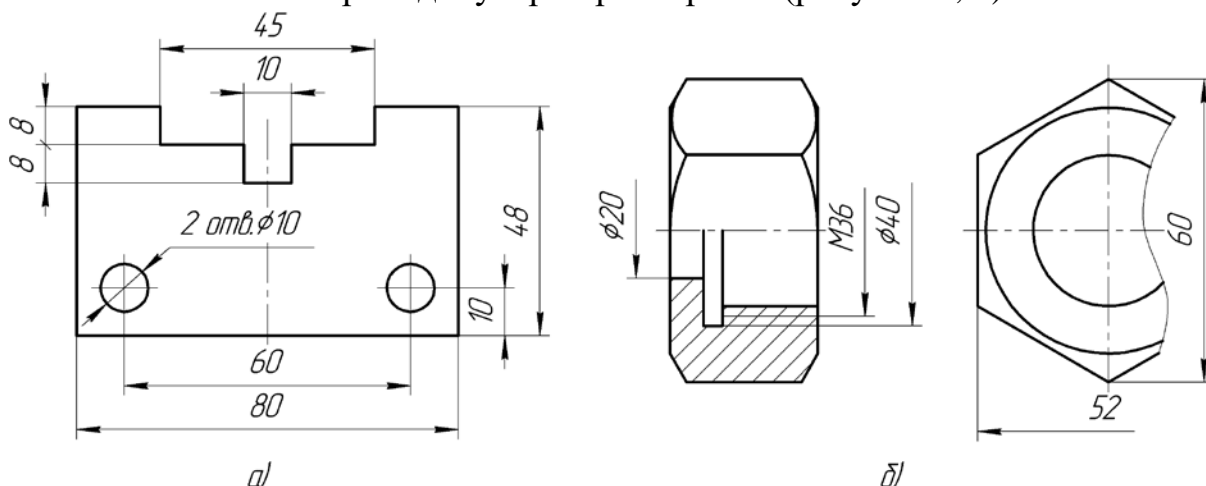


Рисунок 4 – Простановка размеров:

а) простановка линейных размеров; б) обрыв размерных линий.

- Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями должно быть 7 мм, а между размерной линией и линией контура – 10 мм.

- Выносные линии должны выходить за концы сторон размерной линии на 1...5 мм.

- Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения.

- Допускается проводить размерные линии непосредственно к линиям видимого контура, осевым, центровым.

- Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий.

- Не допускается использование линий контура, осевых, центровых и выносных линий в качестве размерных.

- Если вид или разрез симметричного предмета или отдельно симметрично расположенных элементов изображены только до оси симметрии или с обрывом, то размерные линии, относящиеся к этим элементам, проводят тоже с обрывом, а обрыв делают дальше оси или линии обрыва предмета, при этом размерное число указывает полный размер (рисунок 4, б).

- При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (рисунок 5).

- Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок, то их наносят снаружи, как показано на рисунке б.

- При расположении размеров цепочкой стрелки заменяют засечками под углом 45° к размерной линии или четко наносимыми точками (рисунок б).

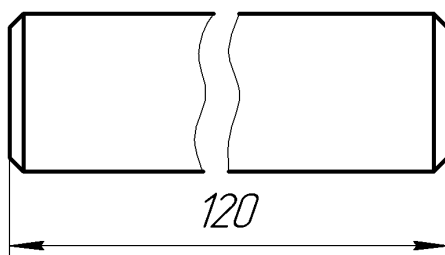


Рисунок 5 – Простановка размера изображения с разрывом

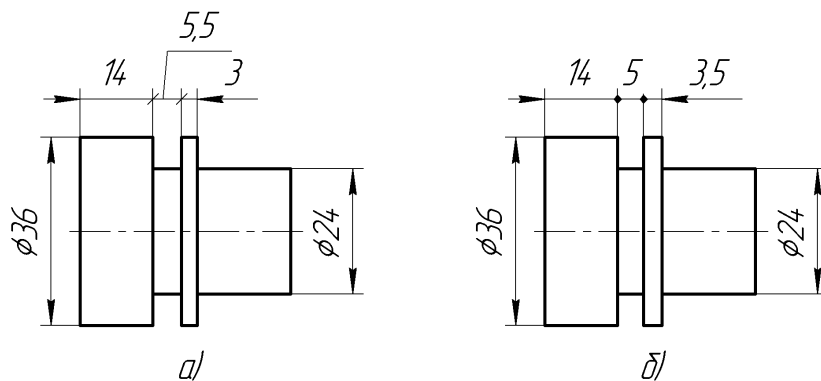


Рисунок 6 – Простановка размеров:
а) на коротких размерных линиях; б) цепочкой.

- Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине, при недостатке места размерное число помещают на полках линий-выносок (рисунок 6, а).
- При нанесении нескольких параллельных размерных линий размерные числа рекомендуется располагать в шахматном порядке.
- Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рисунке 7.

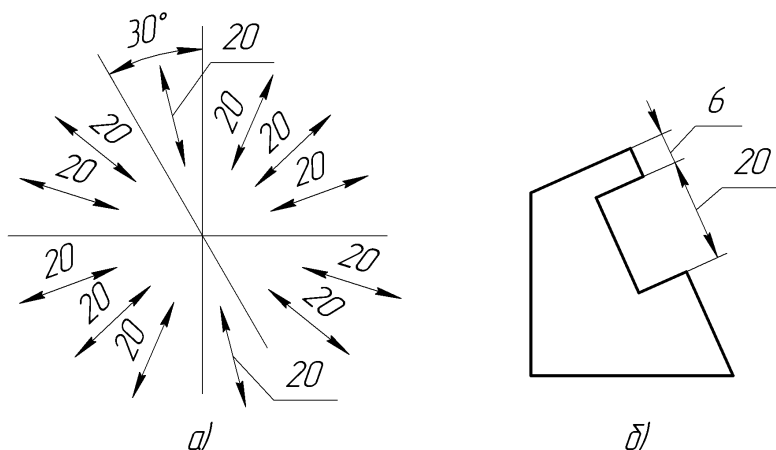


Рисунок 7 – Простановка линейных размеров:
а) под различными углами наклона; б) в зоне 30° .

- Угловые размеры наносят, как показано на рисунке 8.

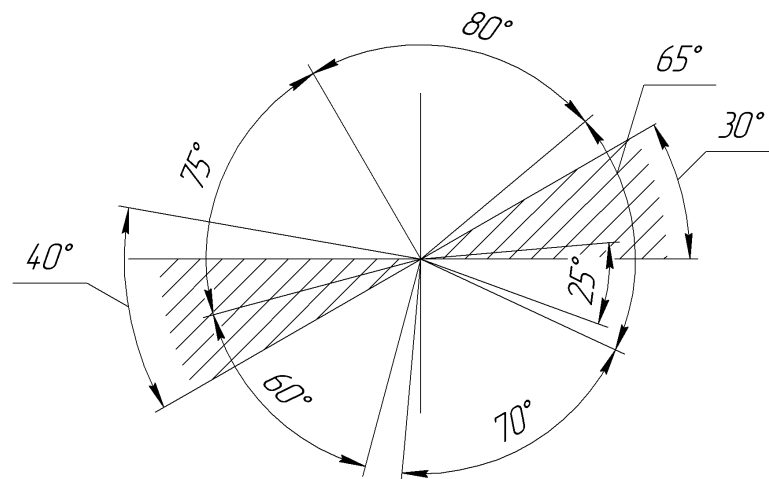


Рисунок 8 – Простановка угловых размеров

- Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу, рекомендуется группировать в одном месте, где форма этого элемента показана наиболее полно, как на рисунке 4, б для размеров 52 и 60.
- При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву **R** и применяют ее в случаях, если на чертеже изображение составляет менее половины окружности.
- Размеры радиусов наружных скруглений наносят, как показано на рисунке 9, а, внутренних скруглений – на рисунке 9, б.

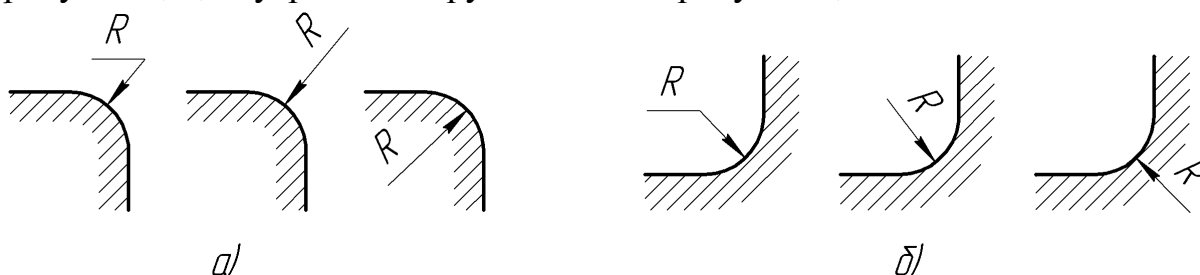


Рисунок 9 – Простановка размеров:
а) наружных радиусов; б) внутренних радиусов.

- При большой величине радиуса, центр дуги которого должен быть закоординирован, допускается приближать его к дуге, в этом случае размерную линию радиуса показывают с изломом под углом 90° (рисунок 10, а).
- Размеры одинаковых радиусов допускается указывать на общей полке (рисунок 10, б).
- Если радиусы скруглений, сгибов и т.п. на всем чертеже одинаковы или какой-либо радиус является преобладающим, то вместо нанесения размеров этих радиусов непосредственно на изображении рекомендуется в технических требованиях делать запись типа: “Радиусы скруглений 4 мм”; “Неуказанные радиусы 5 мм” и т.п.

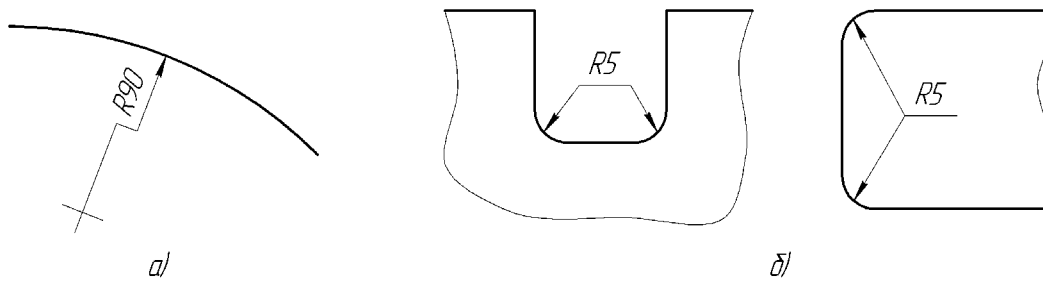


Рисунок 10 – Простановка:

а) размера большого радиуса; б) размеров одинаковых радиусов.

- При указании размера диаметра перед размерным числом наносят знак \varnothing (рисунок 11).

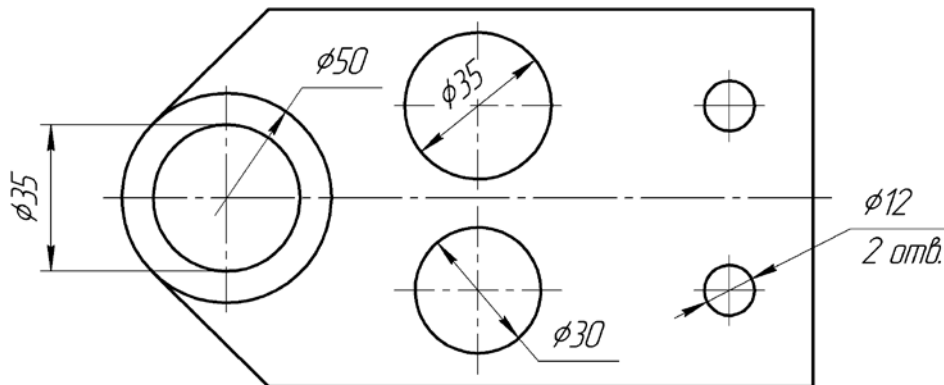


Рисунок 11 – Указание размеров диаметров

- Если на чертеже изображена сфера, то перед размерным числом диаметра (радиуса) допускается писать слово “сфера” или знак \ominus , например, “сфера $\varnothing 15$ ”, $R10$ (рисунок 12).

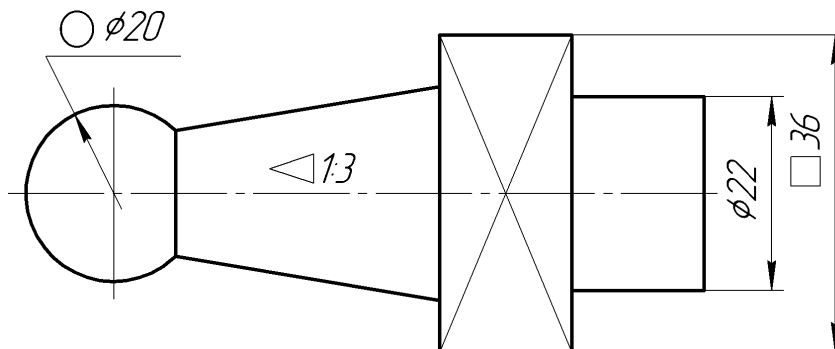


Рисунок 12 – Пример простановки размеров (сфера, конус, квадратная призма, цилиндр)

- При обозначении квадрата используют знак \square (рисунок 12).
- Фаска – это коническое притупление угла между цилиндрической поверхностью детали и торцевой плоскостью. Если фаска выполнена под

углом 45° , то размер указывают в виде произведения высоты конуса фаски на величину угла между образующей конуса и осью детали (рисунок 13).

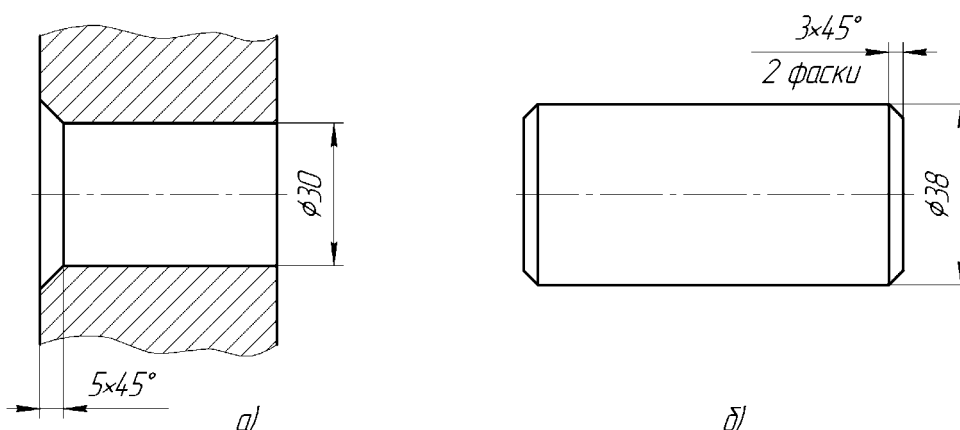


Рисунок 13 – Простановка размеров фасок:
а) в отверстии; б) на стержне.

- Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам: линейными и угловыми размерами (рисунок 14, а, б) или двумя линейными размерами (рисунок 14, в).

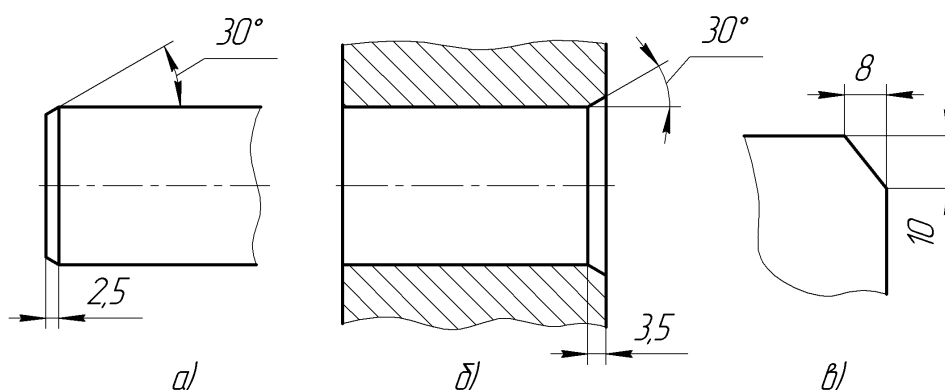


Рисунок 14 – Простановка размеров фасок:
а) на стержне; б) в отверстии; в) призматическая фаска.

- Размеры двух симметрично расположенных элементов изделия (кроме отверстий) наносят один раз без указания их количества, группируя, как правило, эти размеры в одном месте (**R12**, **R8**, **R5**). Количество одинаковых отверстий всегда указывается перед размером (рисунок 15) или под полкой (рисунок 11).

- При нанесении размеров, определяющих расстояние между равномерно расположенными одинаковыми элементами изделия (например, отверстиями), рекомендуется вместо размерных цепей наносить размер между соседними элементами и размер между крайними элементами в виде произведения количества промежутков между элементами на размер промежутка (рисунок 16).

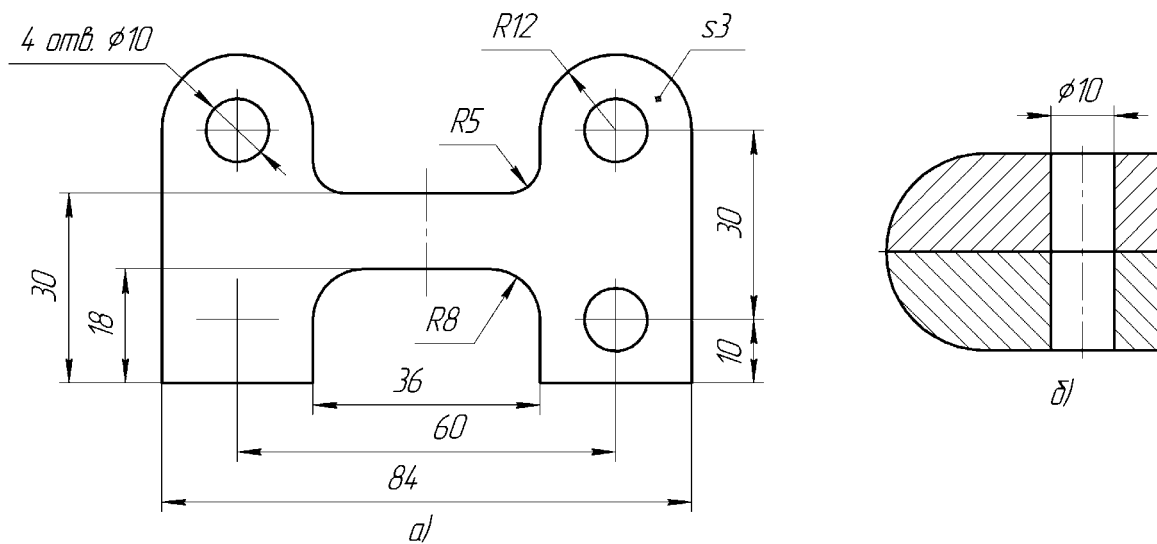


Рисунок 15 – Размеры одинаковых элементов:
а) на виде; б) в разрезе.

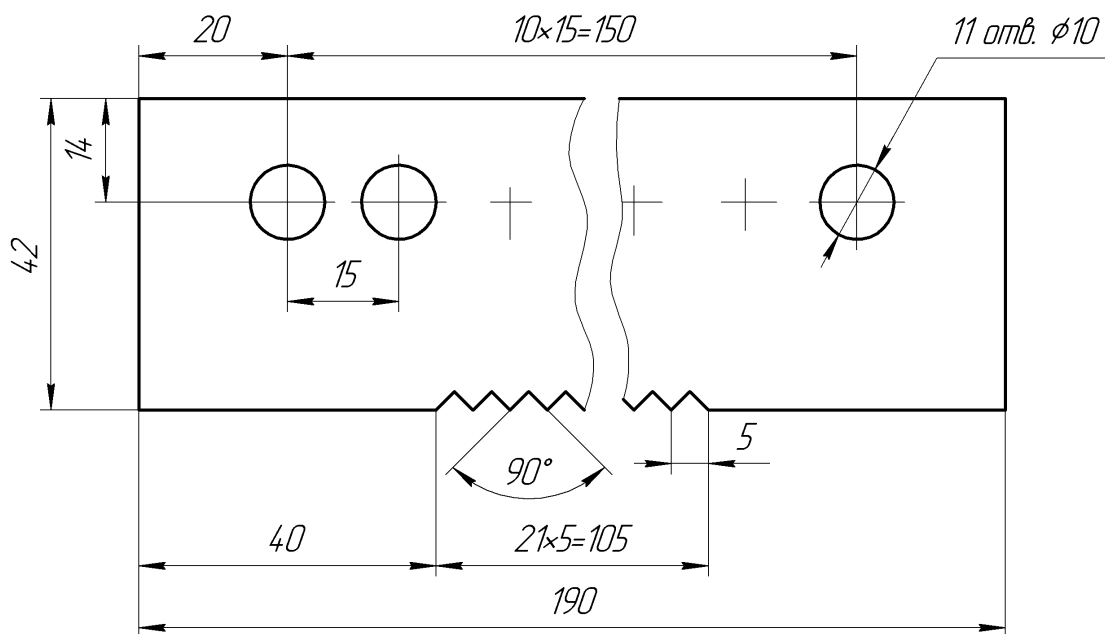


Рисунок 16 – Размеры повторяющихся элементов

- При изображении детали в одной проекции размер ее толщины или длины наносят, как показано на рисунке 17.

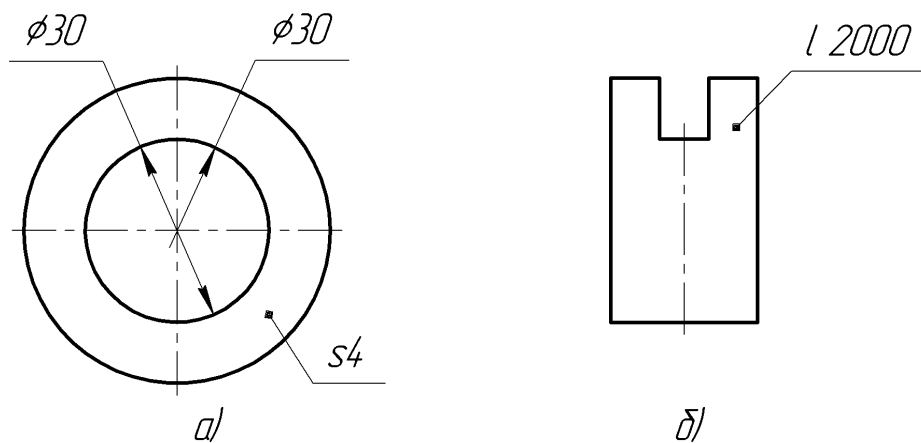


Рисунок 17 – Указание размеров:
а) толщины детали (пластины); б) длины детали.

Уклоны и конусности. Уклоном называют величину, характеризующую наклон одной прямой линии к другой прямой. Уклон выражают простой дробью или в процентах.

Уклон отрезка **BC** относительно отрезка **BA** определяют отношением катетов прямоугольного треугольного треугольника **ABC** (рисунок 18, а), т.е.

$$i = \operatorname{tg} \varphi = \frac{AC}{AB},$$

где φ – угол наклона.

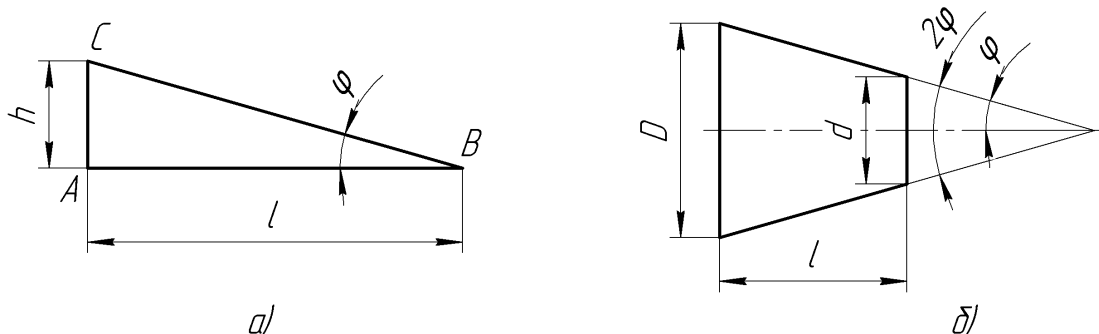


Рисунок 18 – Уклон (а) и конусность (б)

Конусность называется отношение разности диаметров двух поперечных сечений усеченного конуса к расстоянию между ними (рисунок 18, б), т.е.

$$k = \frac{D-d}{l} = 2 \operatorname{tg} \varphi = 2i,$$

учитывая, что $\operatorname{tg} \varphi = i$.

На чертеже уклон поверхности следует указывать непосредственно у изображения поверхности уклона или на полке линии-выноски в виде соотношения или в процентах. Знак уклона \square (острый угол) должен быть направлен в сторону уклона (рисунок 19).



Рисунок 19 – Нанесение уклона

Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак \blacktriangleright (равнобедренный треугольник), острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса и располагается вместе с соотношением над осевой линией или на полке линии-выноски (рисунок 20).

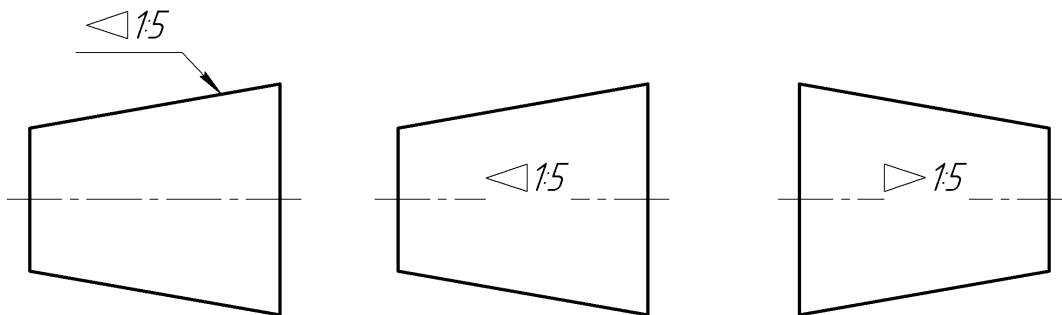


Рисунок 20 – Нанесение конусности

Конусности общего назначения стандартизованы. Их значения определены ГОСТ 8593-81.

Рассмотрим построение уклонов и конусности на примерах.

Пример 1. Построить отрезок BC с величиной уклона к горизонтальной прямой $1:5$. Для этого необходимо от точки A вверх отложить отрезок AC , равный одной единице длины (a), а вправо отложить отрезок AB , равный пяти единицам длины ($5a$). Точки B и C соединяют отрезком BC , которая дает направление искомого уклона (рисунок 21).

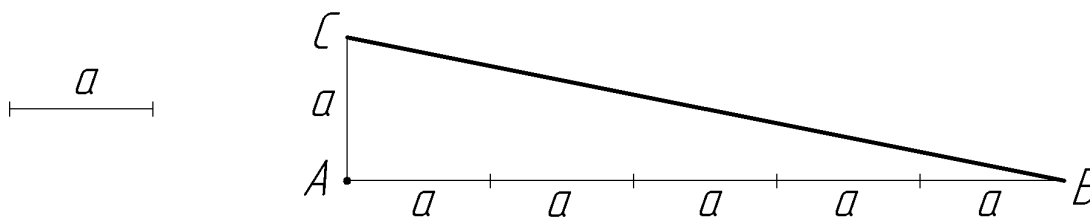


Рисунок 21 – Построение уклона $1:5$

Если уклон задается в процентах, например 10% , то линия уклона строится параллельно гипотенузе прямоугольного треугольника. Длину одного из катетов принимают, равной 100 единицам длины, а другого – 10 . Очевидно, что уклон 10% , и есть уклон $1:10$.

Пример 2. Построить очертание пробки крана, имеющей конусность $1:5$, диаметр $D = BC = 20$ мм и длину $l = 35$ мм.

Первый способ. Из формулы $k = 2i$ находим $i = 1:10$. Отмечаем точки B и C и строим от одной из них, например, в точке B , треугольник BKP так, чтобы $KP:BK = 1:10$ (рисунок 22). Продолжив BP до пересечения с осью конуса, получим вершину конуса S . Точку S соединяем с точкой C . Отложив по оси пробки от BC отрезок $l = 35$ мм, и проведя через конец этого отрезка прямую, перпендикулярную к оси, получим диаметр $d = EF = 13$ мм торца пробки.

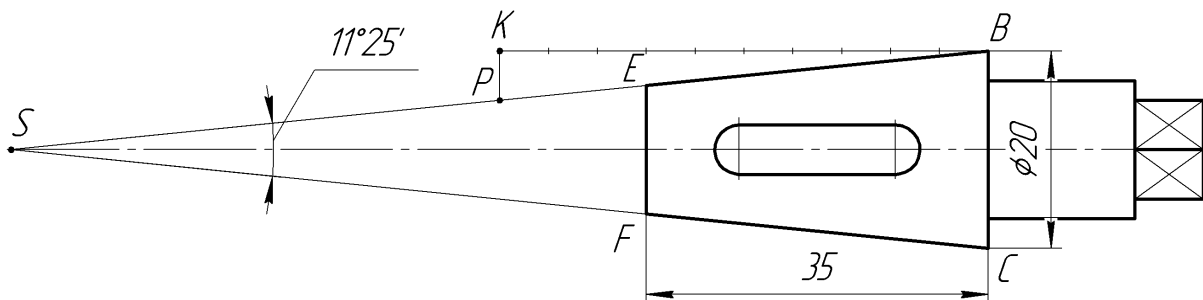


Рисунок 22 – Построение конусности 1:10

Второй способ. Из формулы $k = \frac{D-d}{l}$ находим:

$$d = FE = D - kl = 20 - 35/5 = 13 \text{ мм.}$$

При необходимости, пользуясь таблицей натуральных тригонометрических величин (тангенсов), можно найти величину угла при вершине конуса:

$$\operatorname{tg} \varphi = i = 1:10 = 0,1; \varphi \approx 5^{\circ}41'; 2\varphi \approx 11^{\circ}25'.$$

По ГОСТ 2.320-82. величину и форму конуса определяют нанесением трех из перечисленных размеров

- 1) диаметр большого основания D ;
- 2) диаметр малого основания d ;
- 3) диаметр в заданном поперечном сечении, имеющем заданное осевое положение;
- 4) длина конуса l ;
- 5) угол конуса φ ;
- 6) конусность k .

На чертеже конусность на стержне и в отверстии проставляют по-разному, исходя из технологии изготовления конуса.

На коническом стержне из двух диаметров указывают бóльший, так как для изготовления детали нужно взять заготовку бóльшего диаметра. Малый диаметр не указывают. В отверстии из двух диаметров указывают мёньший, так как для получения конусности нужно сначала просверлить отверстие диаметром, равным малому диаметру, а затем растачивать конусное отверстие.

ЗАДАНИЕ №3. СОПРЯЖЕНИЯ. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Цель работы:

1. Изучение построений сопряжений.
2. Закрепление теоретических знаний по теме курса начертательной геометрии и инженерной графики “Аксонометрия”. Изучение стандарта ГОСТ 2.317-69 «АксонOMETРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ». Практическое применение теоретических знаний при построении изображений в ортогональной изометрии.

Содержание задания:

1. В левой половине листа в масштабе *1:1* по заданным размерам выполнить чертеж детали, содержащей различные случаи сопряжений в очертании контура внешних и внутренних форм. Нанести размеры. Варианты заданий приведены в приложении В. **Сохранить построения точек сопряжения, выполнив их тонкими линиями.**

2. В правой половине листа выполнить:

- построение изометрической проекции куба с построением в каждой грани эллипса. Построение провести с помощью лекала по восьми точкам (большая и малая ось эллипса и четыре точки соприкосновения со сторонами соответствующих ромбов).

- построение эллипса при помощи двух концентрических окружностей (точки соединить при помощи лекала).

- построение четырехцентрового овала по большой и малой осям эллипса.

- построение диметрических проекций окружности на плоскости проекций π_1, π_2, π_3 .

Нанести необходимые размеры. Диаметр окружности взять по вариантам из таблицы 3.

Таблица 3 – Исходные данные для построения аксонометрических проекций окружности

Диаметр окружности <i>D</i> , мм	Номер варианта															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
В изометрии	30	35	35	40	32	30	33	40	40	40	25	35	28	34	42	40
В диметрии	40	45	30	20	33	33	40	35	25	33	30	25	34	40	40	28

Сопряжения. Сопряжение – это плавный переход от одной линии к другой. То есть: касание прямой и дуги окружности, касание двух дуг окружностей. Это и плавный переход от одной линии к другой при

помощи третьей, промежуточной линии. Основными элементами сопряжения являются:

Центр сопряжения – точка, равноудаленная от сопрягаемых линий

Точка сопряжения – точка касания двух сопрягаемых линий (рисунок 23).

Дуга сопряжения – это дуга окружности, с помощью которой выполняется сопряжение

Радиус сопряжения R – это радиус дуги сопряжения.

Способы построения сопряжений основаны на известных положениях школьного курса геометрии:

1) для сопряжения прямой и дуги необходимо, чтобы центр окружности, которой принадлежит дуга, лежал на перпендикуляре, восстановленном к прямой в точке касания (рисунок 23, а);

2) точка сопряжения двух дуг лежит на линии их центров, перпендикулярной к общей касательной этих дуг в точке их касания или сопряжения (рисунок 23, б).

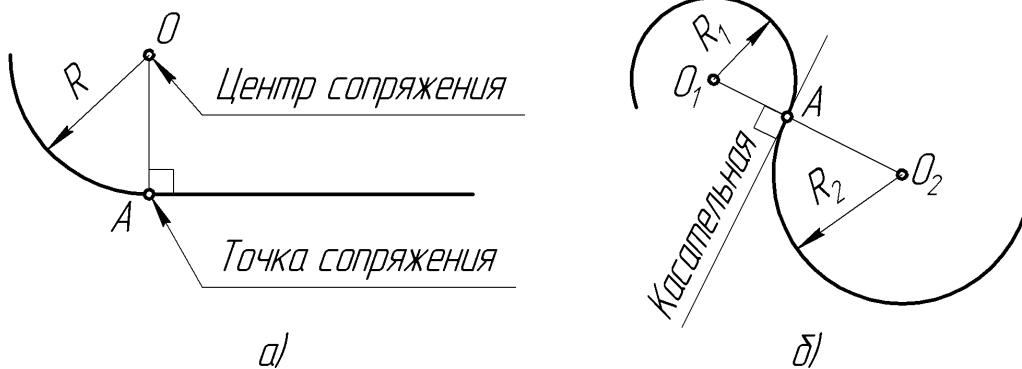


Рисунок 23 – Построение сопряжения:
а) прямой и дуги окружности; б) двух дуг.

Алгоритм решения задач на построение сопряжений двух линий при заданном радиусе сопряжения следующий:

- 1) Построить геометрическое место центров окружности сопряжения для одной из сопрягаемых линий.
- 2) Построить аналогичное геометрическое место центров для второй сопрягаемой линии.
- 3) Точка пересечения построенных геометрических мест является центром сопряжения.
- 4) Определить точку сопряжения на первой из сопрягаемых линий.
- 5) Определить точку сопряжения на второй из сопрягаемых линий.
- 6) В границах между точками сопряжений провести дугу сопряжения.

В практике выполнения чертежей приходится сталкиваться с различными случаями сопряжения. На рисунках 24 – 26 показаны основные виды сопряжений и их построение.

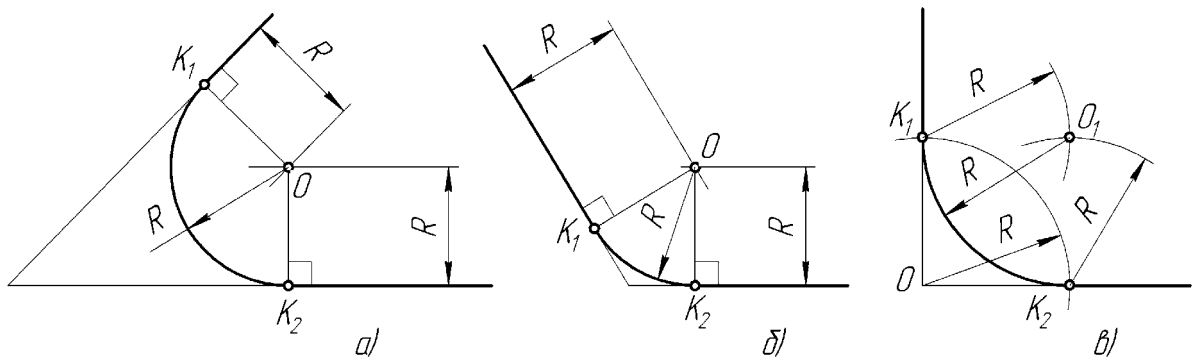


Рисунок 24 – Построение сопряжения двух сторон угла дугой окружности:
 а) острый угол; б) тупой угол; в) прямой угол.

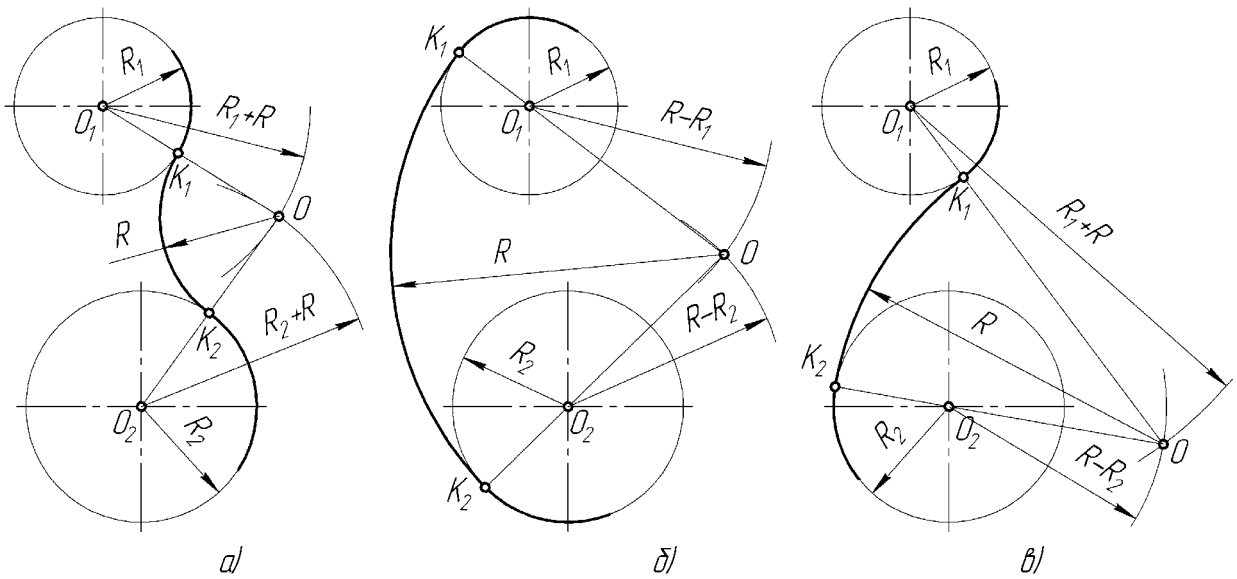


Рисунок 25 – Построение сопряжения двух дуг:
 а) внутреннее сопряжение; б) внешнее сопряжение;
 в) смешанное сопряжение.

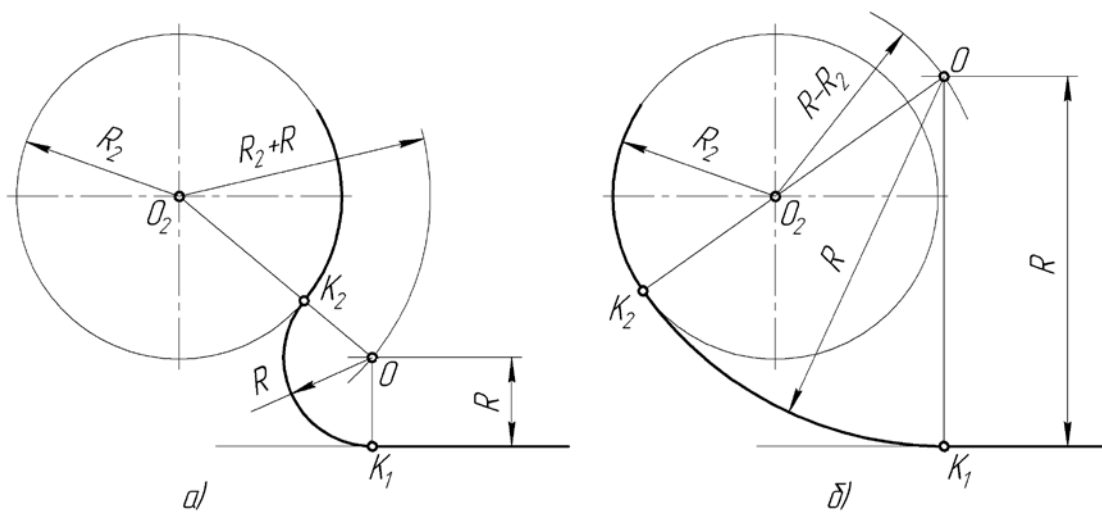


Рисунок 26 – Построение сопряжения дуги окружности и прямой:
 а) с внутренним касанием; б) с внешним касанием.

АксонOMETрические проекции. Для построения наглядных изображений применяют аксонометрическое проецирование, состоящее в том, что данный предмет вместе с системой трех взаимно перпендикулярных осей координат, к которым он отнесен в пространстве, параллельно проецируют на некоторую плоскость, называемую плоскостью аксонометрических проекций (или картинной плоскостью). Проекция на этой плоскости называется аксонометрической или сокращенно аксонометрией. Проекции осей координат, к которым отнесен предмет в пространстве, выполняют роль аксонометрических осей. Так как оси координат наклонены к плоскости аксонометрических проекций, они проецируются на нее с искажением. Выбор вида аксонометрических проекций определяется в зависимости от формы изображаемых предметов.

Наиболее сложной плоской кривой для вычерчивания в аксонометрии является окружность. При аксонометрическом проецировании окружность изображается в виде эллипса. Направление главных осей эллипса зависит от положения плоскости, в которой расположена проецируемая окружность. Если плоскость окружности параллельна плоскости, содержащей две любые аксонометрические оси, то направление осей эллипса определяют по направлению третьей отсутствующей аксонометрической оси: большая ось ей перпендикулярна, а малая параллельна (рисунок 27).

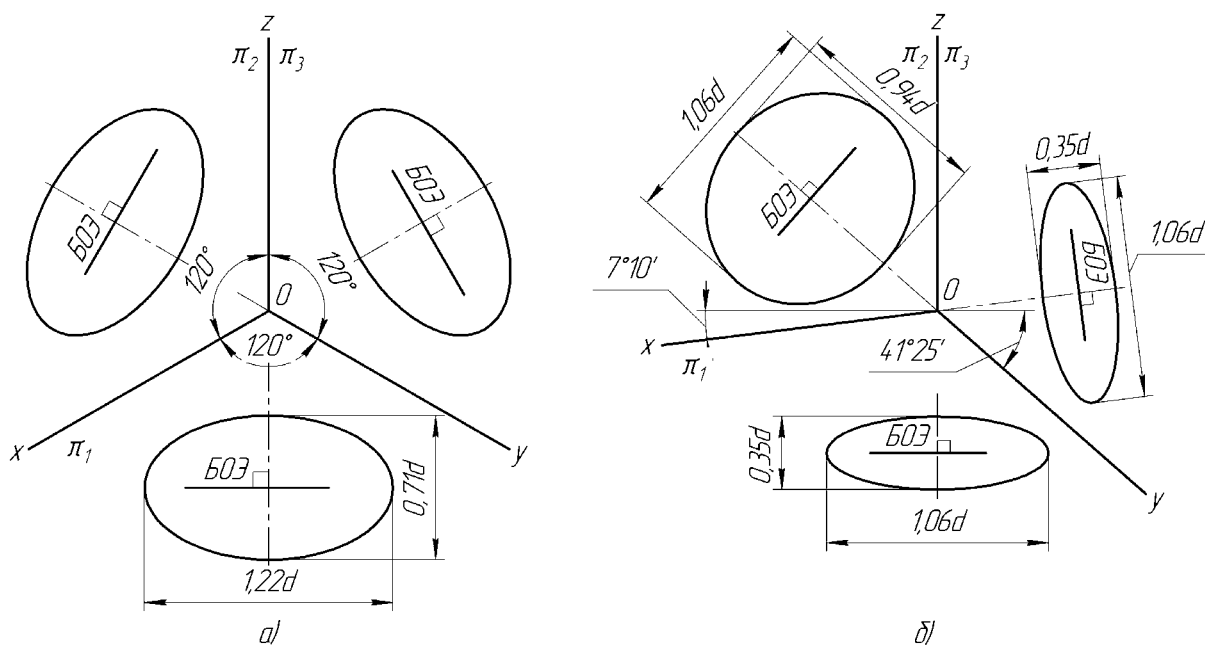


Рисунок 27 – Положение осей эллипсов:
 а) в прямоугольной изометрии; б) в прямоугольной диметрии.

Построение эллипса в начертательной геометрии выполняется при помощи двух концентрических окружностей, проведенных радиусами: a – большая полуось и b – малая полуось (рисунок 28).

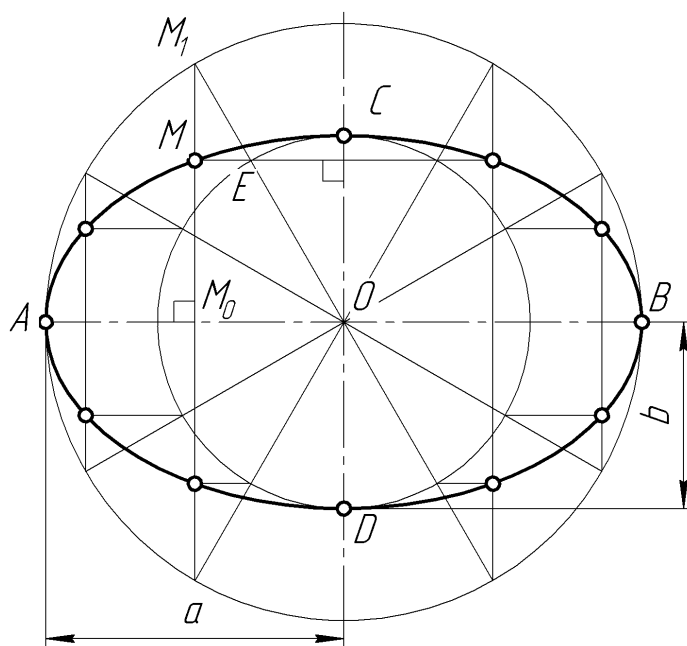


Рисунок 28 – Построение эллипса

Из центра эллипса O проводятся несколько прямых линий, которые делят окружности на некоторое число частей. Из полученных точек проводят перпендикуляры: из точки на окружности большего диаметра опускают перпендикуляр на большую ось эллипса AB , а из точки на окружности меньшего диаметра опускают перпендикуляр на малую ось эллипса CD . При пересечении этих двух перпендикуляров получают точки, принадлежащие эллипсу. Полученные точки соединяют плавной кривой при помощи лекала.

Эллипс симметричен относительно своих осей и относительно центра O , поэтому, построив какую-либо точку эллипса, можно построить еще три точки, симметричные найденной.

В машиностроительном черчении построение эллипсов заменяют четырехцентровым овалом, так как это упрощает вычерчивание (эллипс – лекальная кривая, овал – циркульная кривая)

В аксонометрии, для отображения внутреннего строения детали могут выполняться разрезы. Полные разрезы, как правило, не применяют, так как такие разрезы уменьшают наглядность изображения. Чаще всего вырезают одну четвертую или одну восьмую части детали. При выполнении разрезов секущие плоскости направляют только параллельно координатным плоскостям, а линии штриховки сечений наносят параллельно диагоналям граней куба которые соответственно параллельны плоскостям π_1 , π_2 , π_3 (рисунок 29).

Линии штриховки разрезов и сечений в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (рисунки 29 и 30).

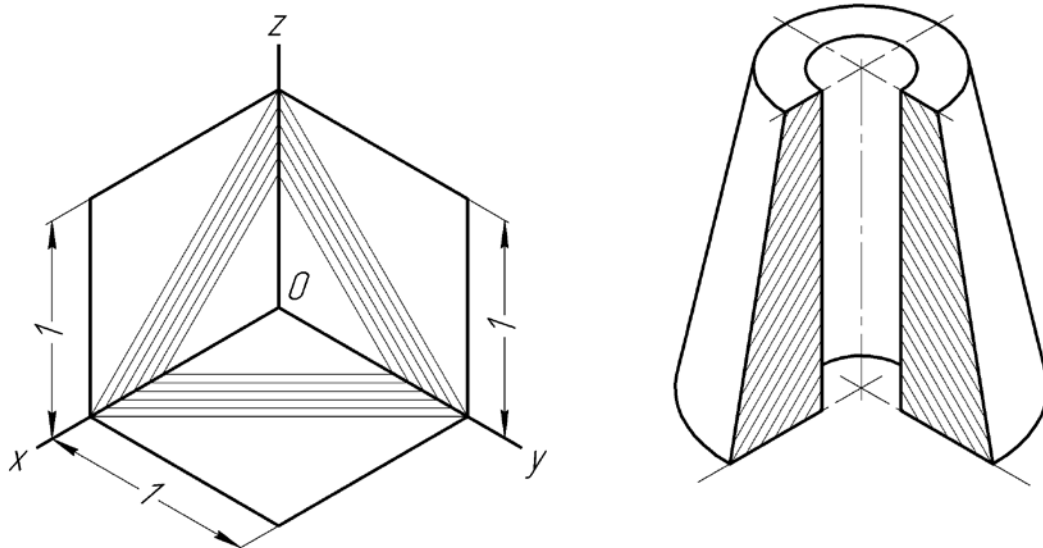


Рисунок 29 – Нанесение линий штриховки разрезов в изометрии

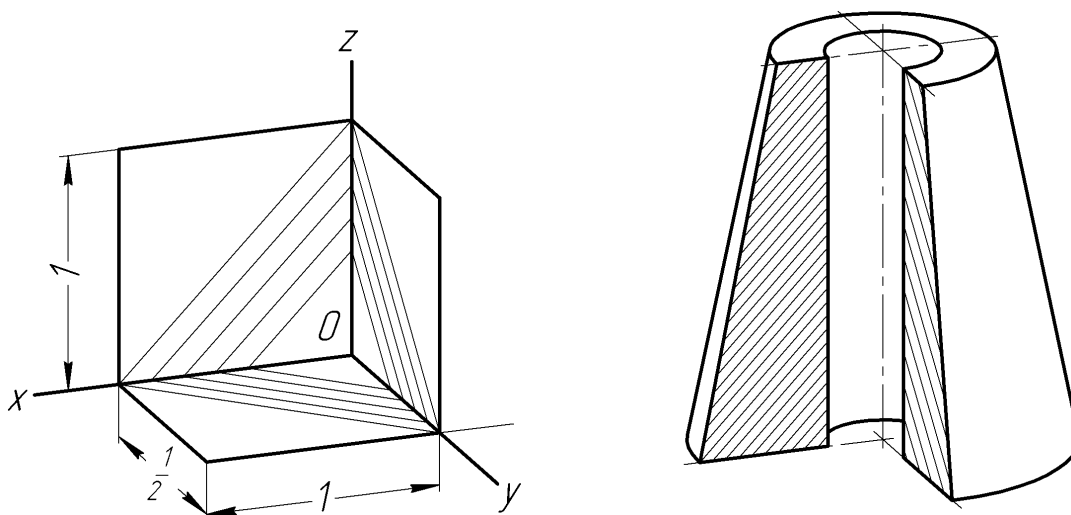


Рисунок 30 – Нанесение линий штриховки разрезов в диметрии

Окружности в прямоугольной изометрической проекции.

Положение осей аксонометрии приведено на рисунке 27, а. Коэффициент искажения по осям x , y , z равен $0,82$. Изометрическую проекцию для упрощения, как правило, выполняют без искажения по осям x , y , z , т.е. приняв коэффициент искажения равным 1 .

Если изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям, то большая ось эллипса равна $1,22$, а малая ось – $0,71$ диаметра окружности. Наиболее наглядно это представлено на примере куба с вписанными в его грани эллипсами (рисунок 31).

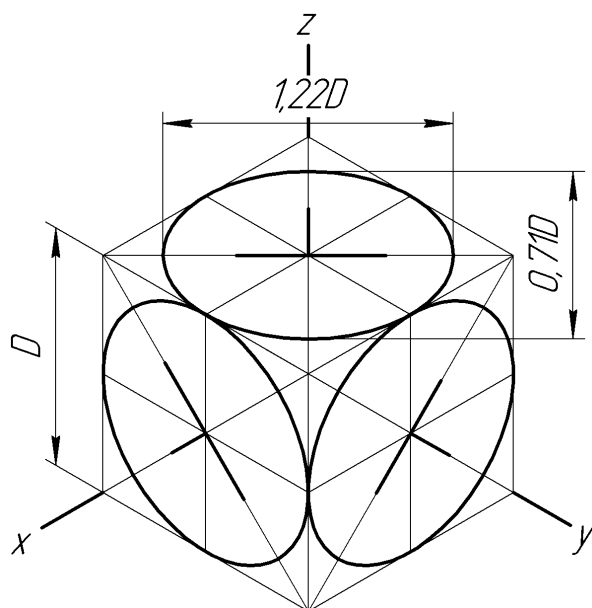


Рисунок 31 – Окружности в прямоугольной изометрии

Построение эллипса может выполняться в виде четырехцентрового овала. Четырехцентровый овал – это плоская, замкнутая кривая образуемая сопряжением двух дуг, проведенных из четырех центров.

На рисунке 32 показан один из способов построения четырехцентрового овала по большой и малой осям эллипса.

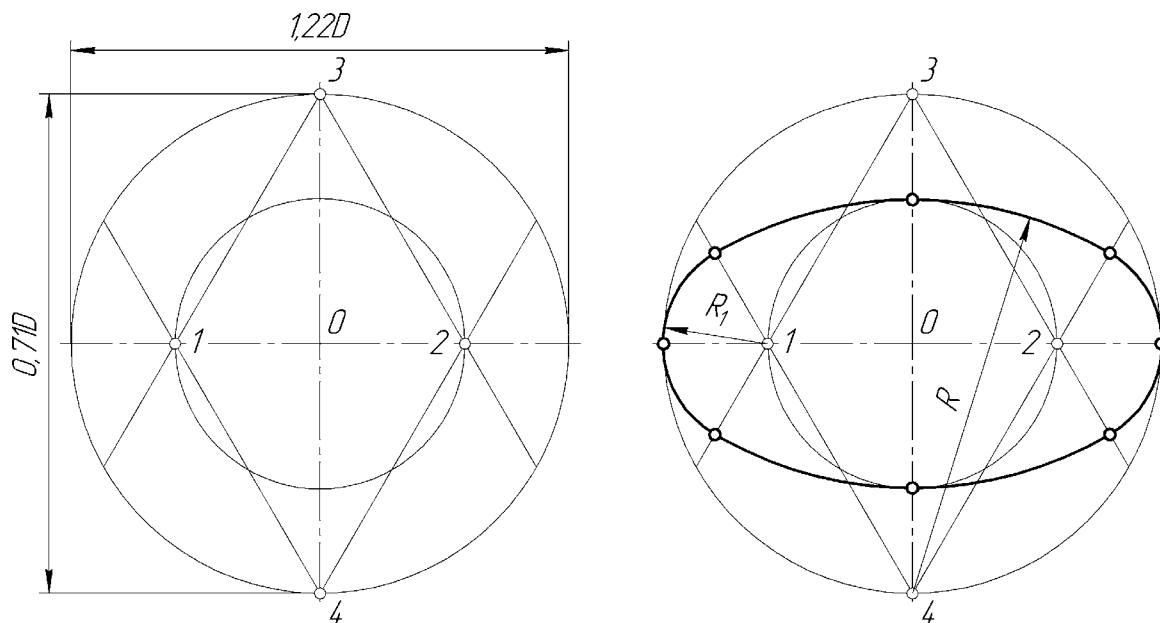


Рисунок 32 – Построение четырехцентрового овала по большой и малой осям эллипса

Наиболее простой, но менее точно передающий форму эллипса способ построения четырехцентрового овала состоит из следующих операций:

- 1) Проводят окружность исходного диаметра (рисунок 33).

- 2) Строят аксонометрические оси, а также указывают направление большой и малой осей овала, заменяющего эллипс.
- 3) Отмечают центры дуг, проведя прямые, соединяющие точки пересечения окружности с осями аксонометрии и с направлением большой оси эллипса.
- 4) Проводят дуги радиусами R и R_1 из четырех центров.

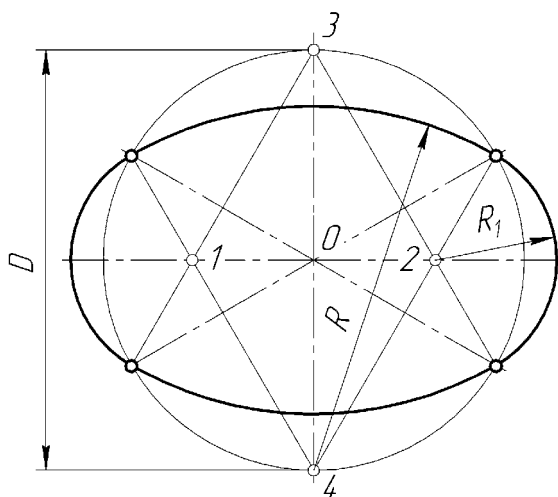


Рисунок 33 – Построение четырехцентрового овала упрощенным способом

Окружности в прямоугольной диметрической проекции.

Положение осей в аксонометрической проекции приведено на рисунке 27, б. Коэффициент искажения по оси y равен $0,47$, а по оси x и z – $0,94$. Диметрическую проекцию, как правило, выполняют без искажения по осям x и z , и с коэффициентом искажения $0,5$ по оси y .

Если диметрическую проекцию выполняют без искажения по осям x и z , то большая ось эллипсов равна $1,06$ диаметра окружности, а малая ось эллипса в плоскости π_2 – $0,95$ и эллипсов в плоскости π_3 и π_1 – $0,35$ диаметра окружности.

На рисунке 34 дано построение диметрической проекции окружности диаметра D , расположенной в плоскости π_2 .

Последовательность выполнения следующая:

- 1) Через центр окружности точку O проводим оси z и x плоскости, содержащей данную окружность. Направление малой оси эллипса совпадает с направлением оси y , направление большой оси эллипса перпендикулярно к оси y , отсутствующей в этой плоскости.

- 2) Проводим окружность исходного диаметра и отмечаем точки ее пересечения с осью x , из которых проводятся горизонтальные прямые до пересечения с большой и малой осями эллипса, полученные точки и являются центрами овала.

3) Из центров **2** и **4** радиусом, равным **R**, проводим первую пару дуг, а из центров **1** и **3** - вторую пару дуг радиусом **R₁**. Границами дуг являются аксонометрические оси.

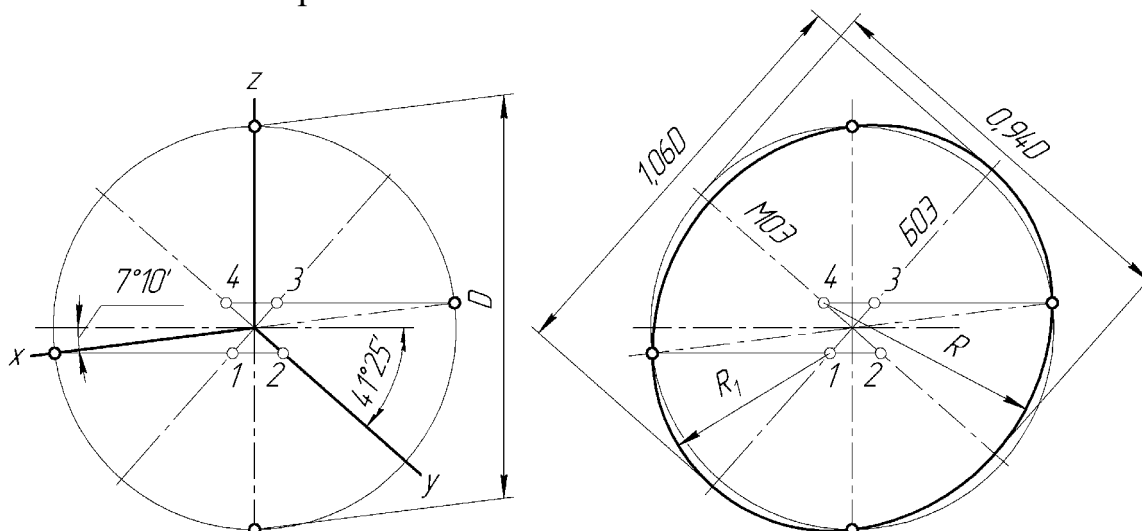


Рисунок 34 – Построение диметрической проекции окружности, находящейся в плоскости π_2

На рисунке 35 дано построение диметрической проекции окружности диаметра **D**, расположенной в плоскости π_1 .

Последовательность выполнения следующая:

1) Через центр окружности проводим аксонометрические оси, прямую, указывающую направление большой оси эллипса, т.е. перпендикулярно отсутствующей оси в заданной плоскости.

2) Проводим окружность исходного диаметра, отмечаем точки пересечения с осью **x** (осью, повернутой относительно большой оси эллипса на угол **7°10'**) и прямой, симметричной ей – точки сопряжения дуг.

3) На прямой, указывающей направление малой оси эллипса, вверх и вниз от центра окружности откладываем отрезки, равные **1,06D**, т.е. большой оси эллипса, получаем два центра дуг большого радиуса.

4) Соединим полученные центры с точками, расположенными на окружности, пересечение проведенных прямых с направлением большой оси эллипса дает еще два центра дуг малого радиуса.

5) Проводим дуги радиусами **R** и **R₁**.

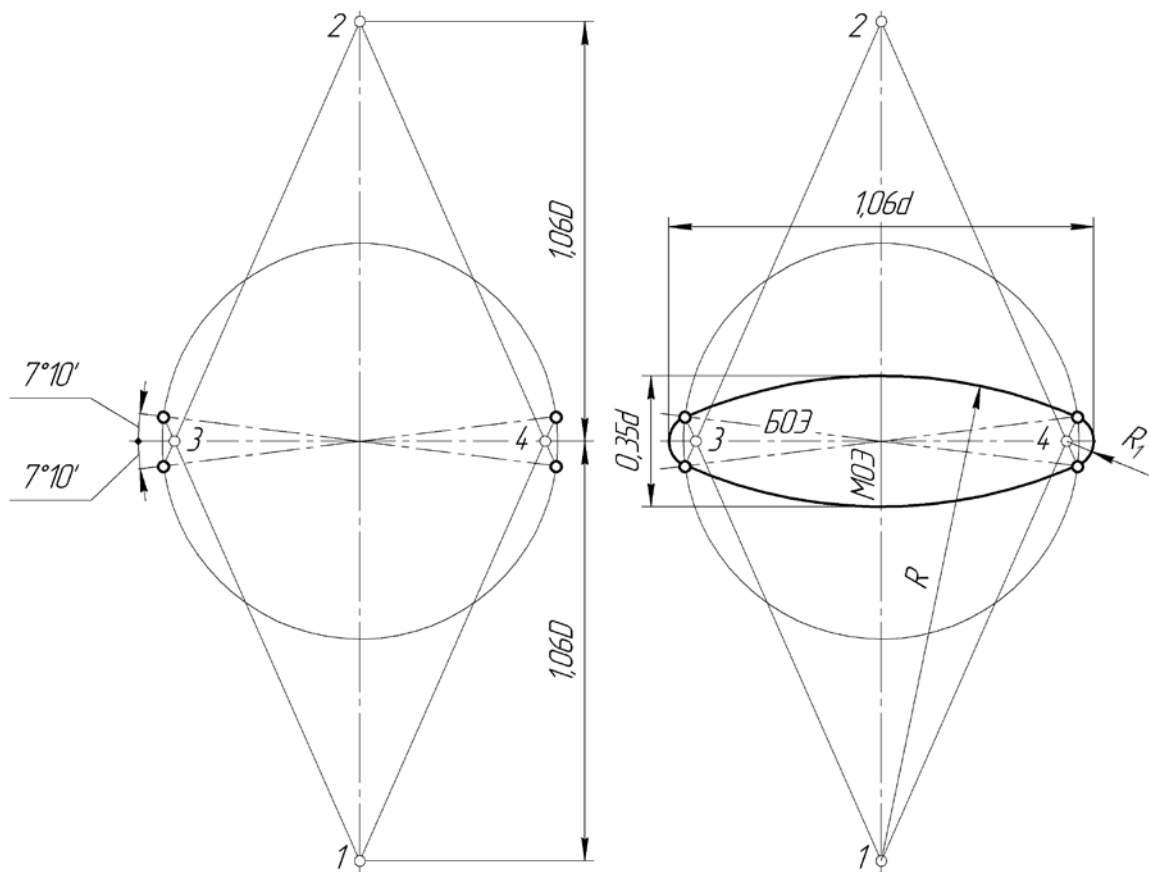


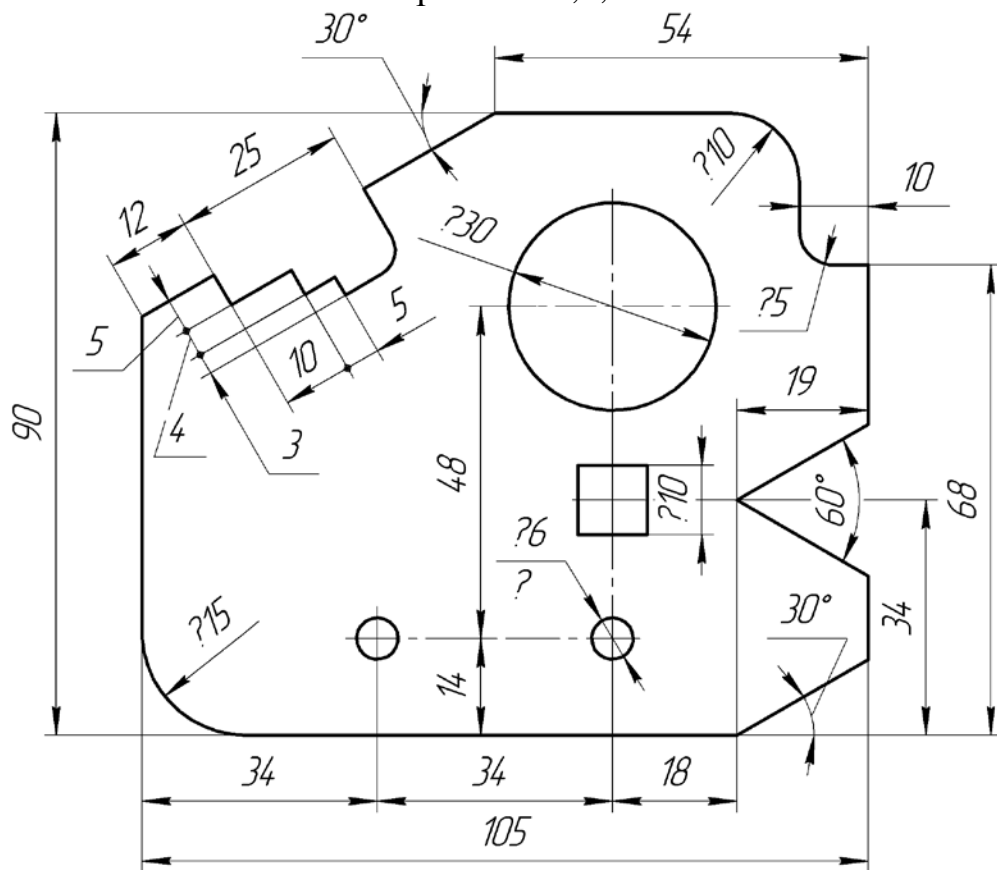
Рисунок 35 – Построение диметрической проекции окружности, находящейся в плоскости π_1

Построения диметрической проекции окружности в плоскости π_3 выполняется аналогично, положение большой оси эллипса (БОЭ) принять, как показано на рисунке 27, б.

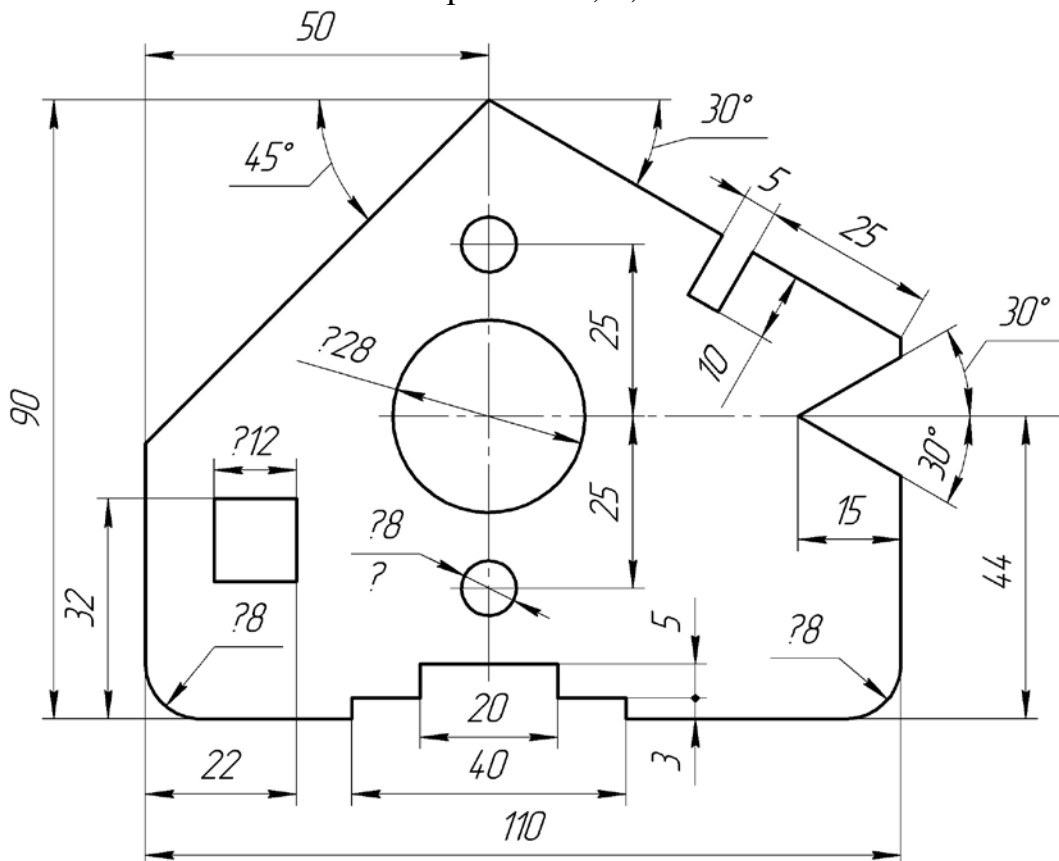
На практике применимы и другие способы построения четырехцентровых овалов, заменяющих эллипсы.

ПРИЛОЖЕНИЯ

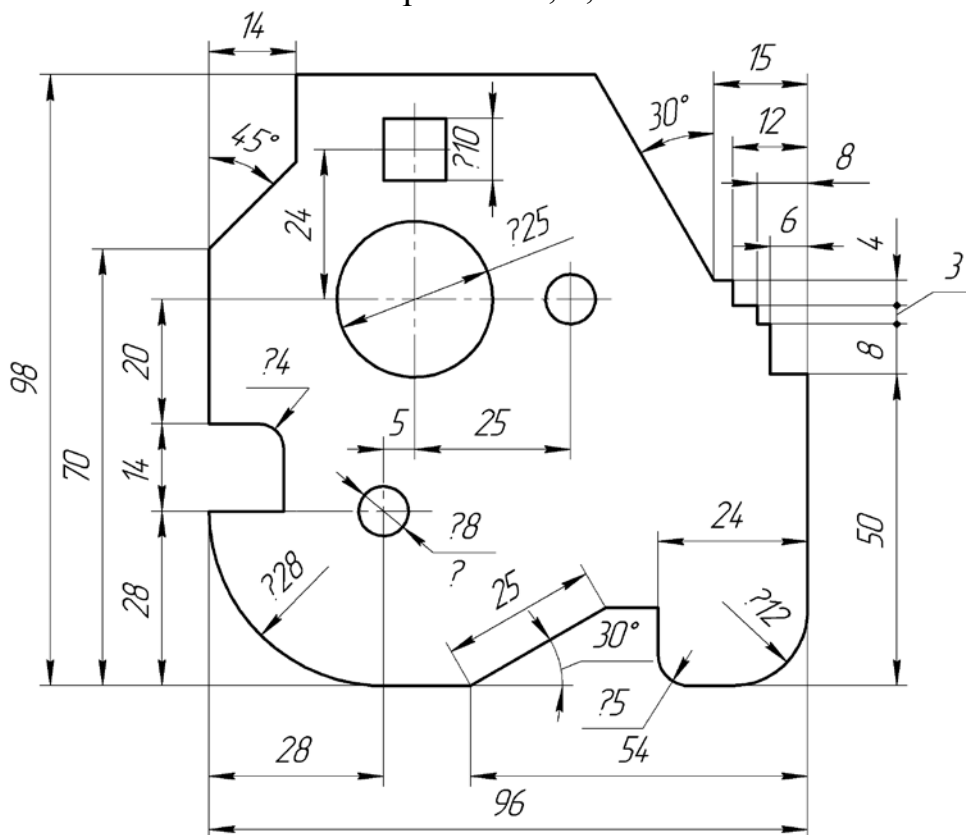
Варианты 1, 2, 3



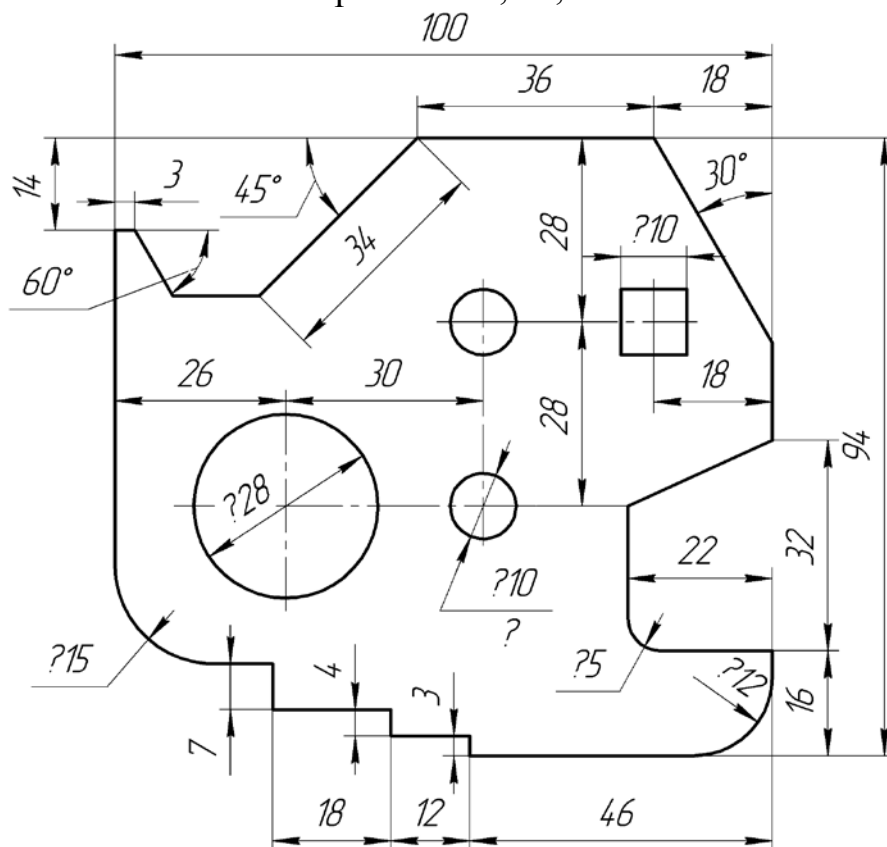
Варианты 4, 5, 6



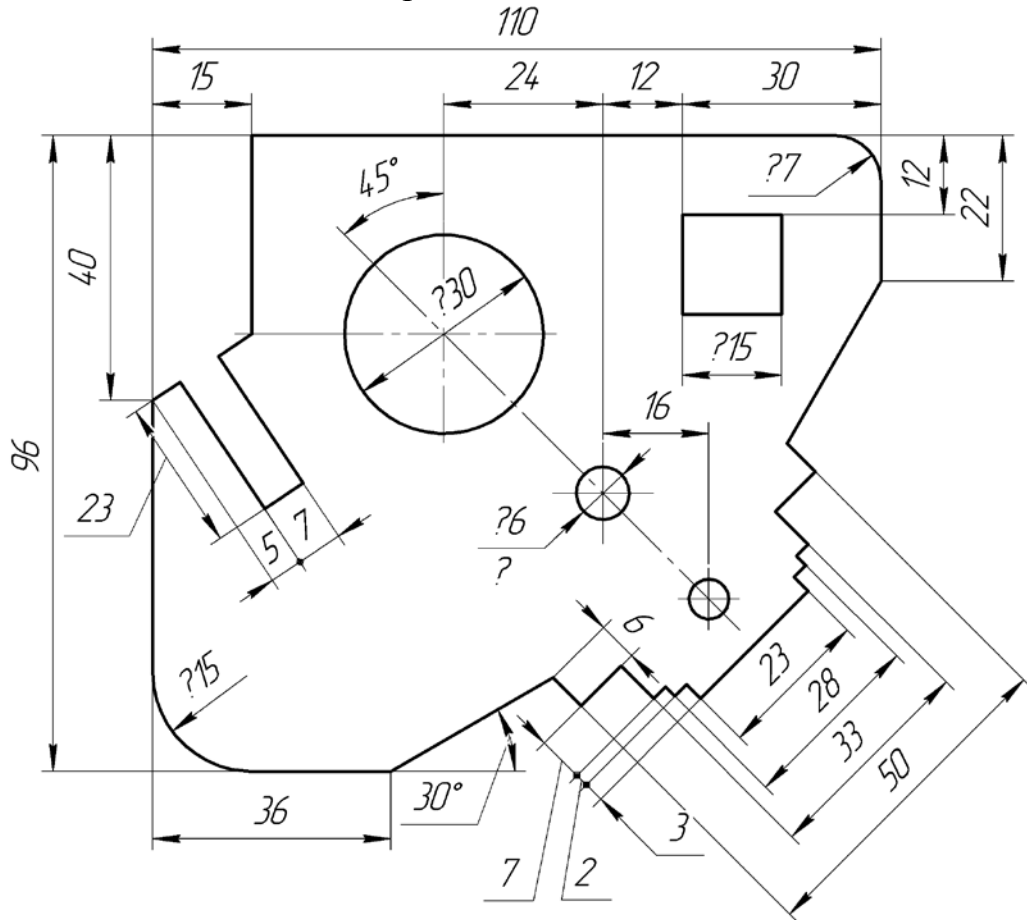
Варианты 7, 8, 9



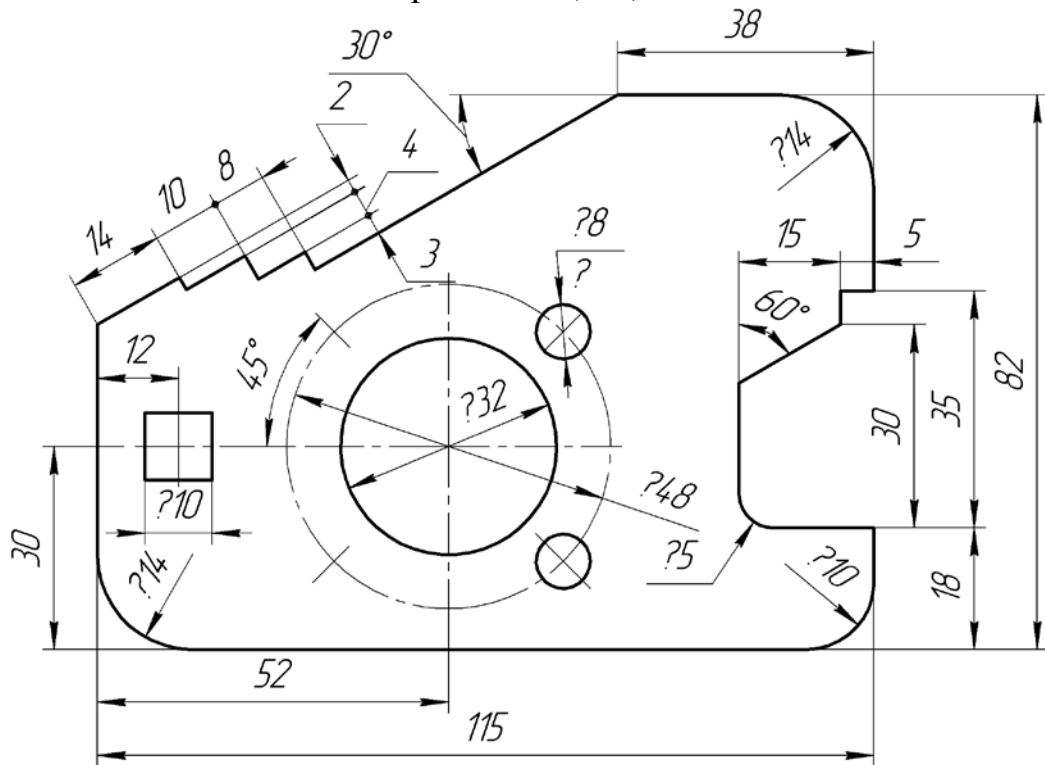
Варианты 10, 11, 12

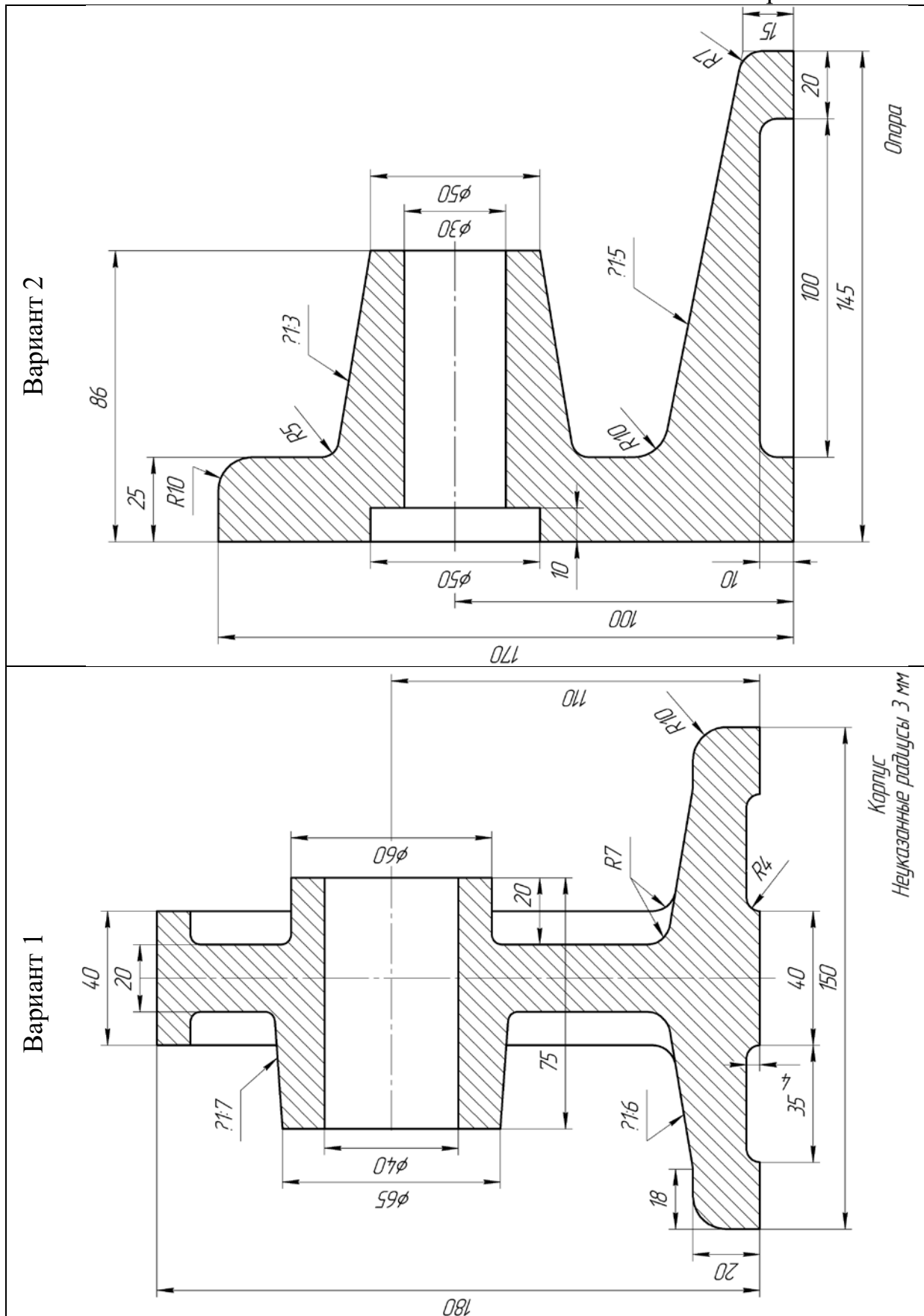


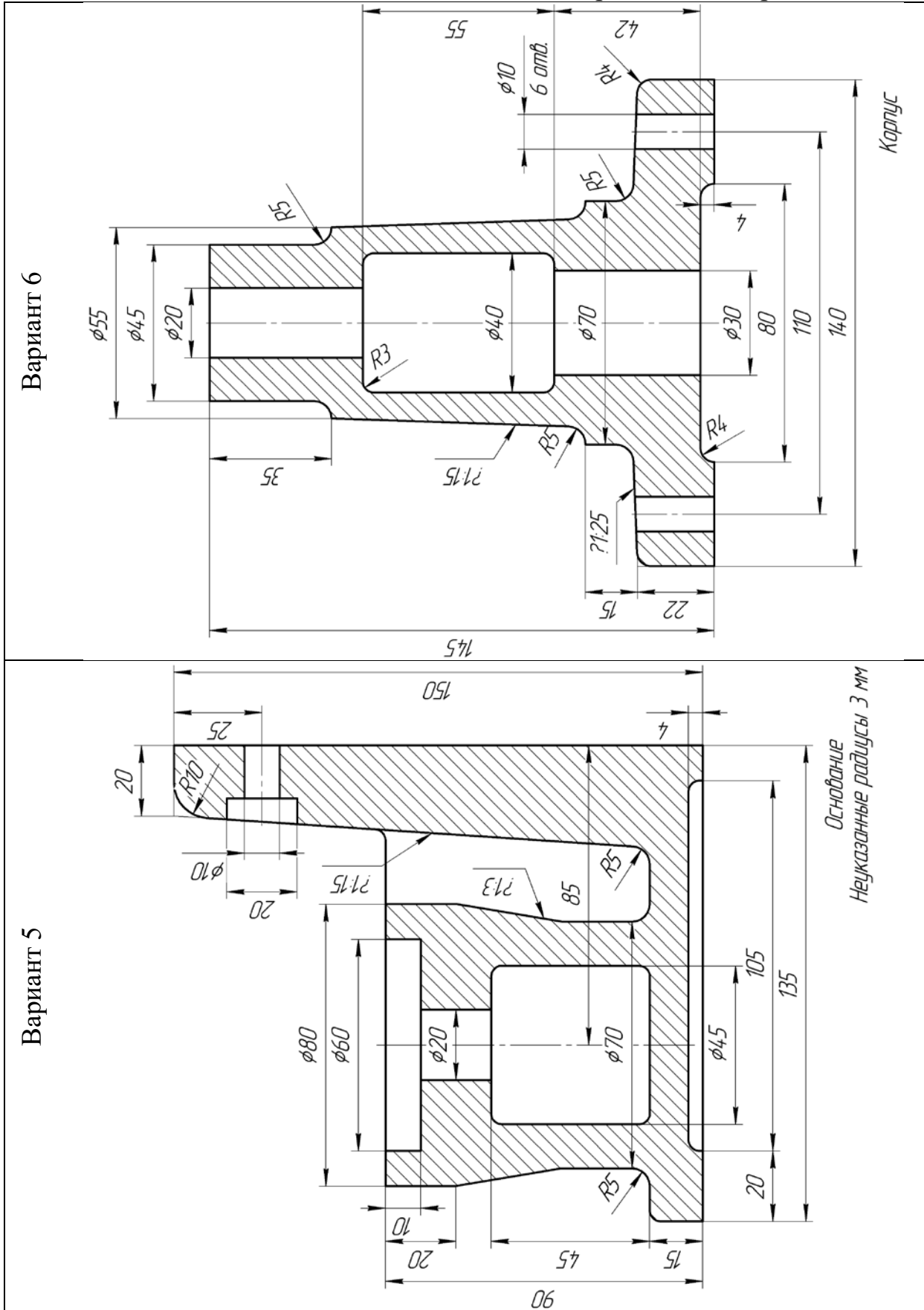
Варианты 13, 14, 15



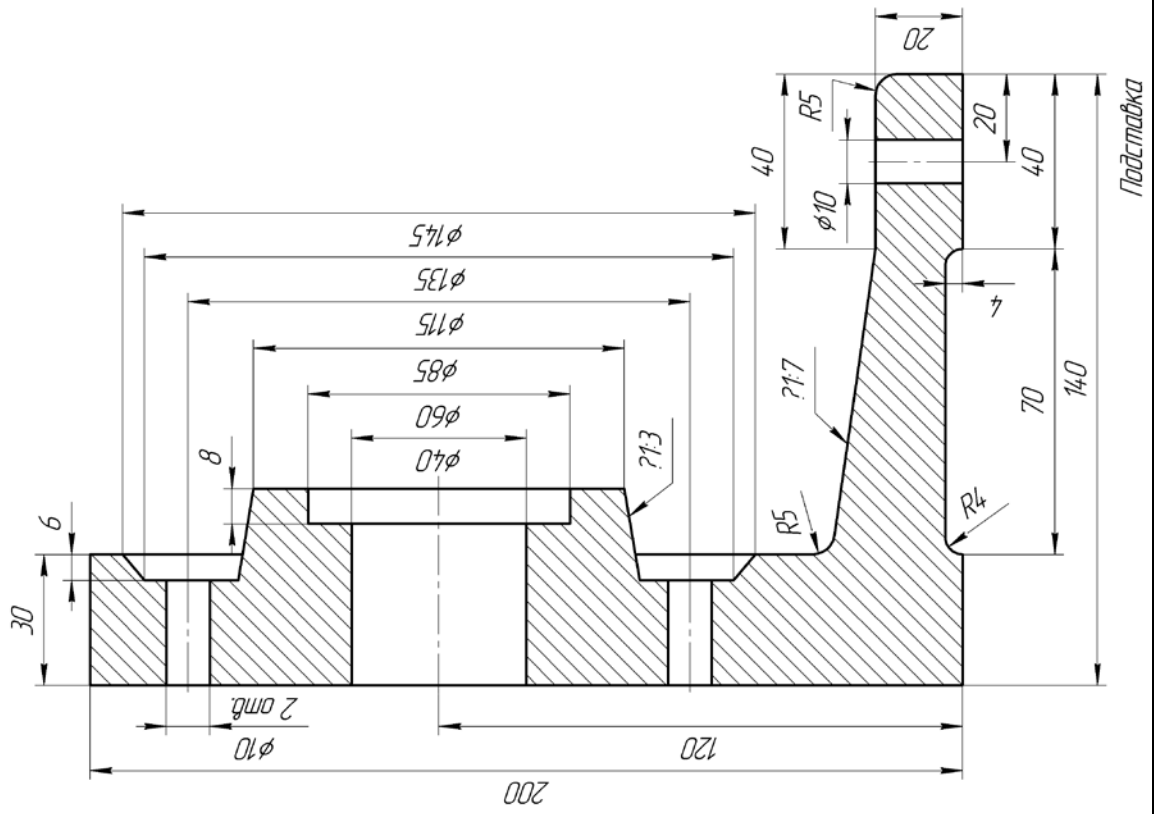
Варианты 16, 17, 18



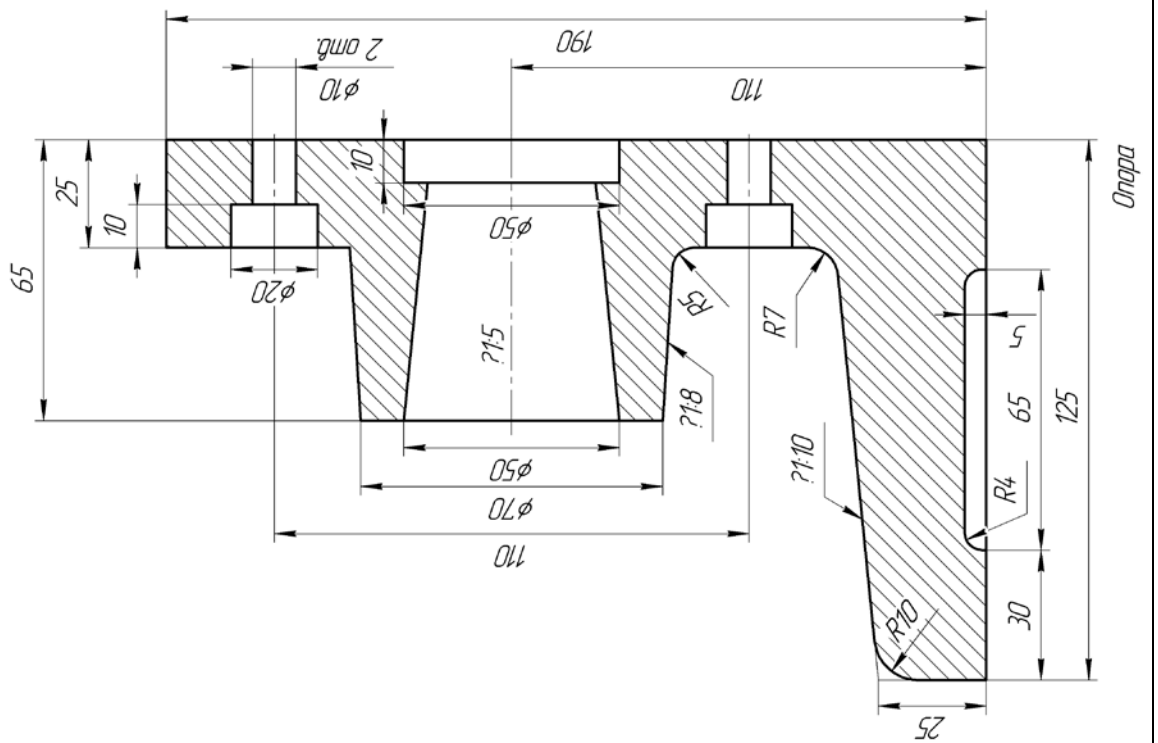




Вариант 8

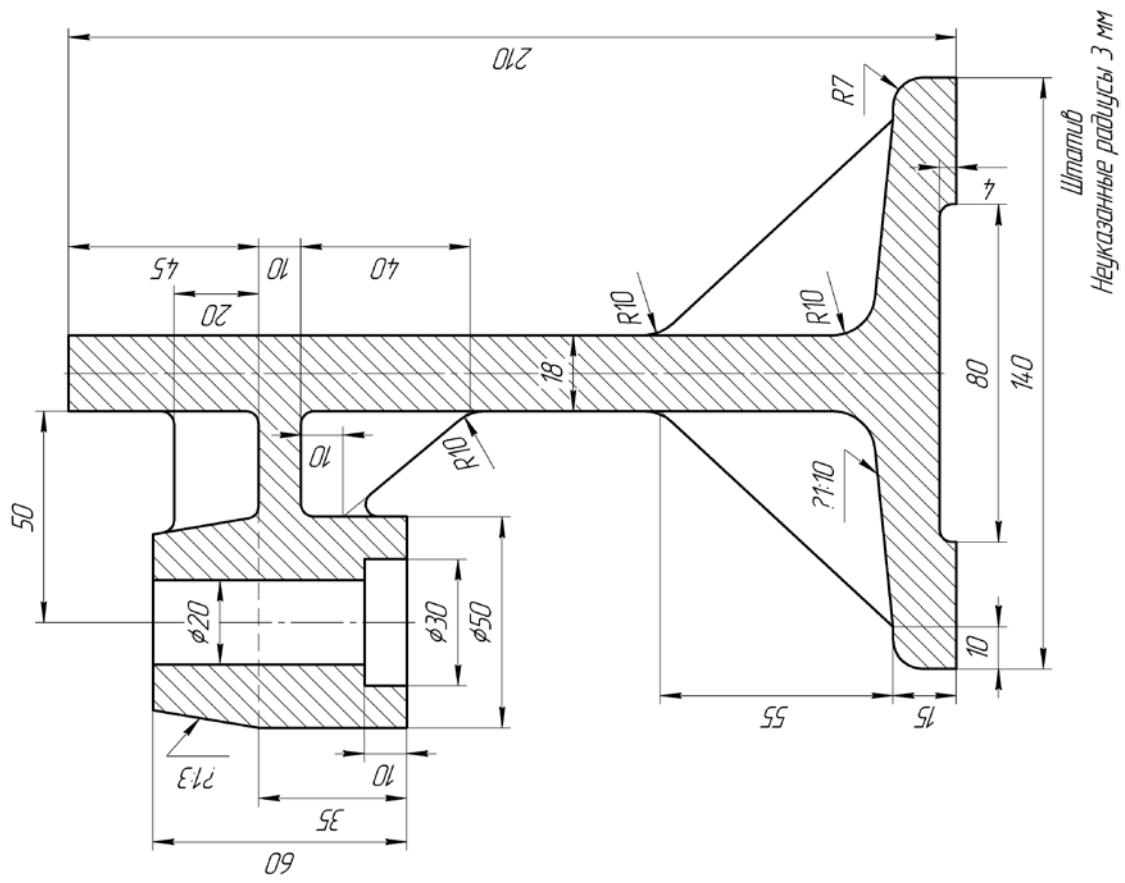


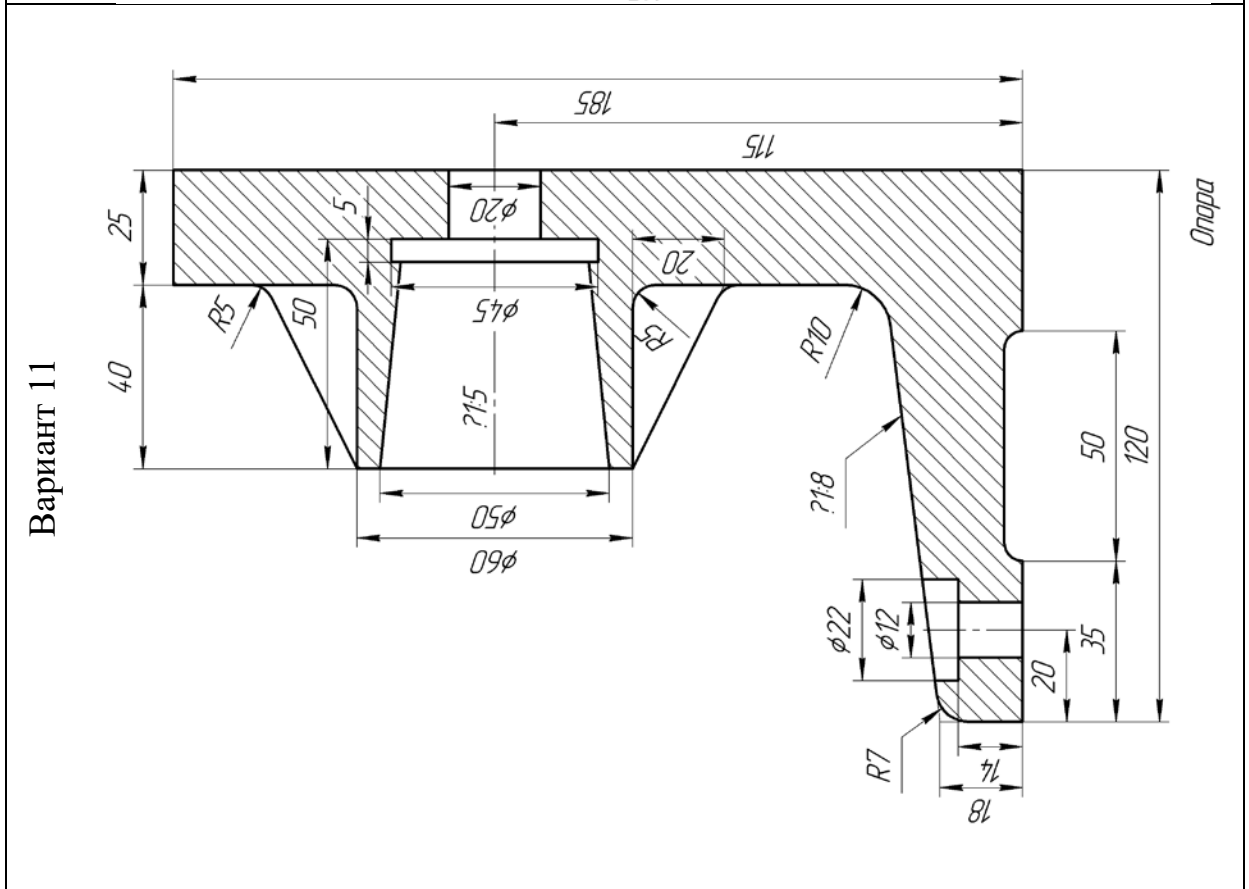
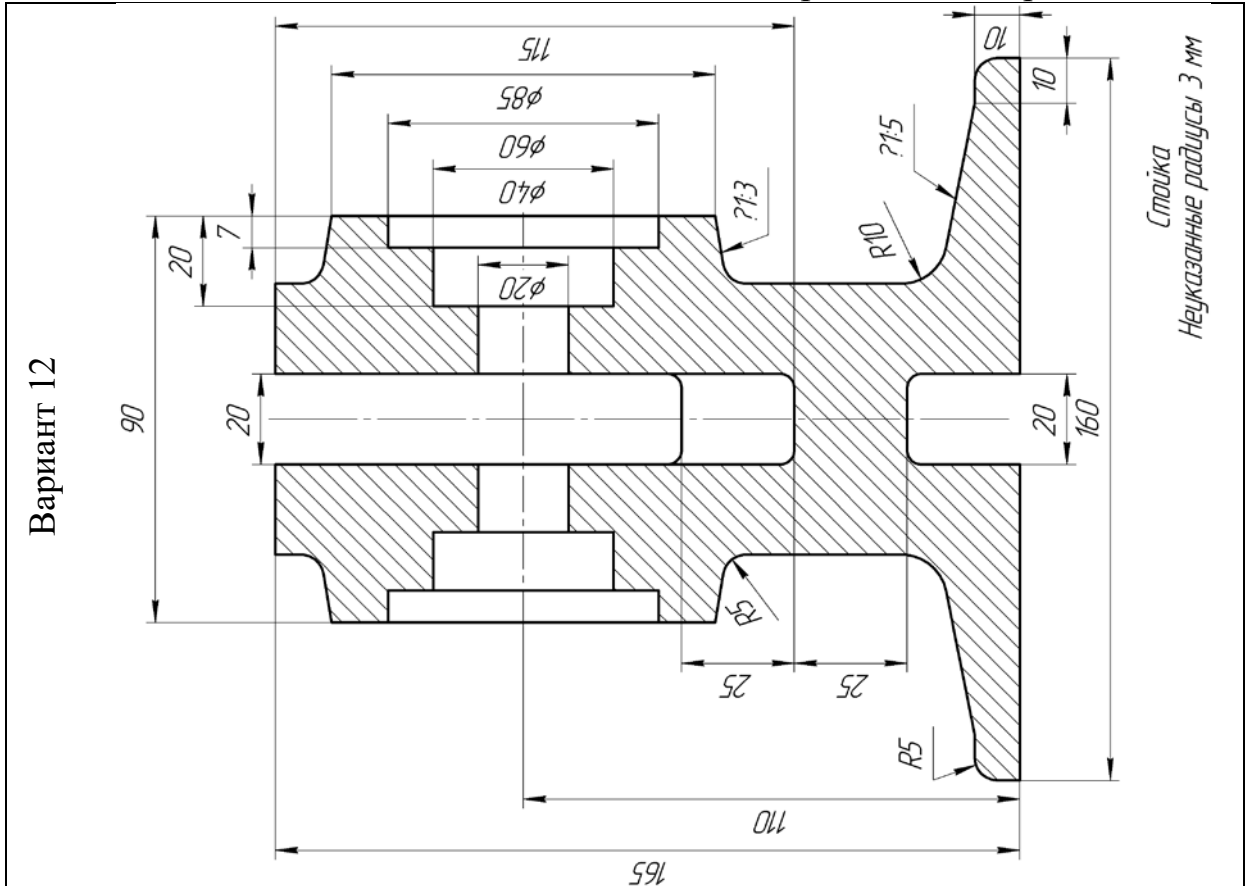
Вариант 7

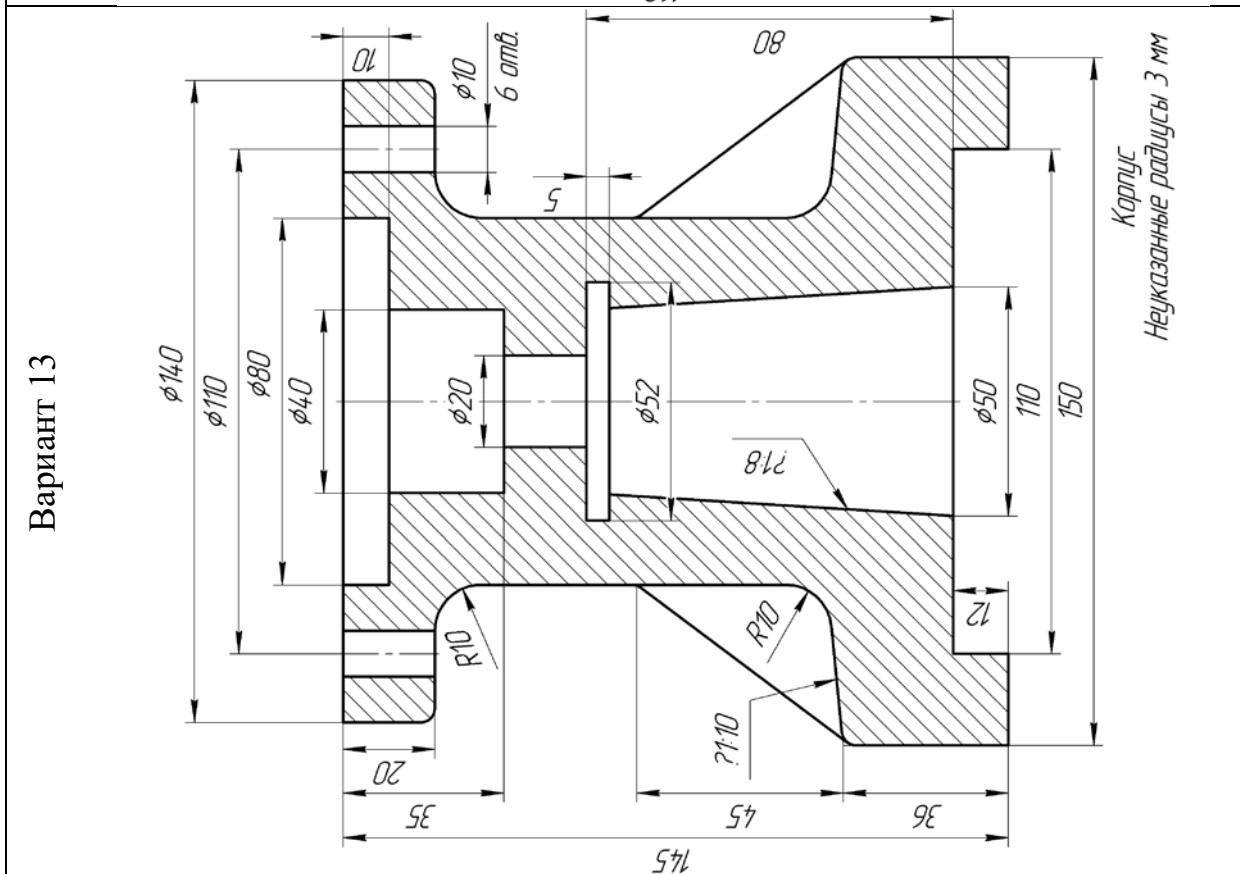
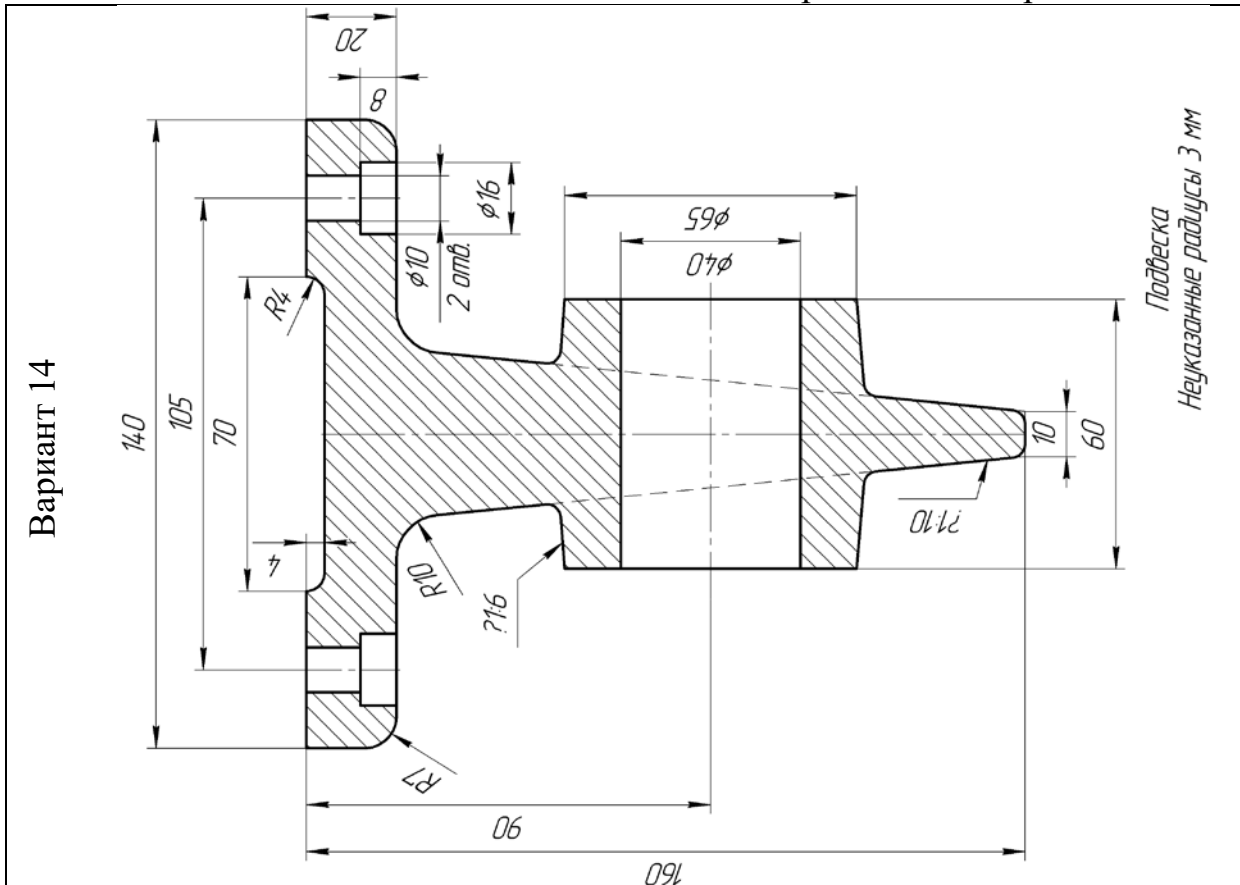


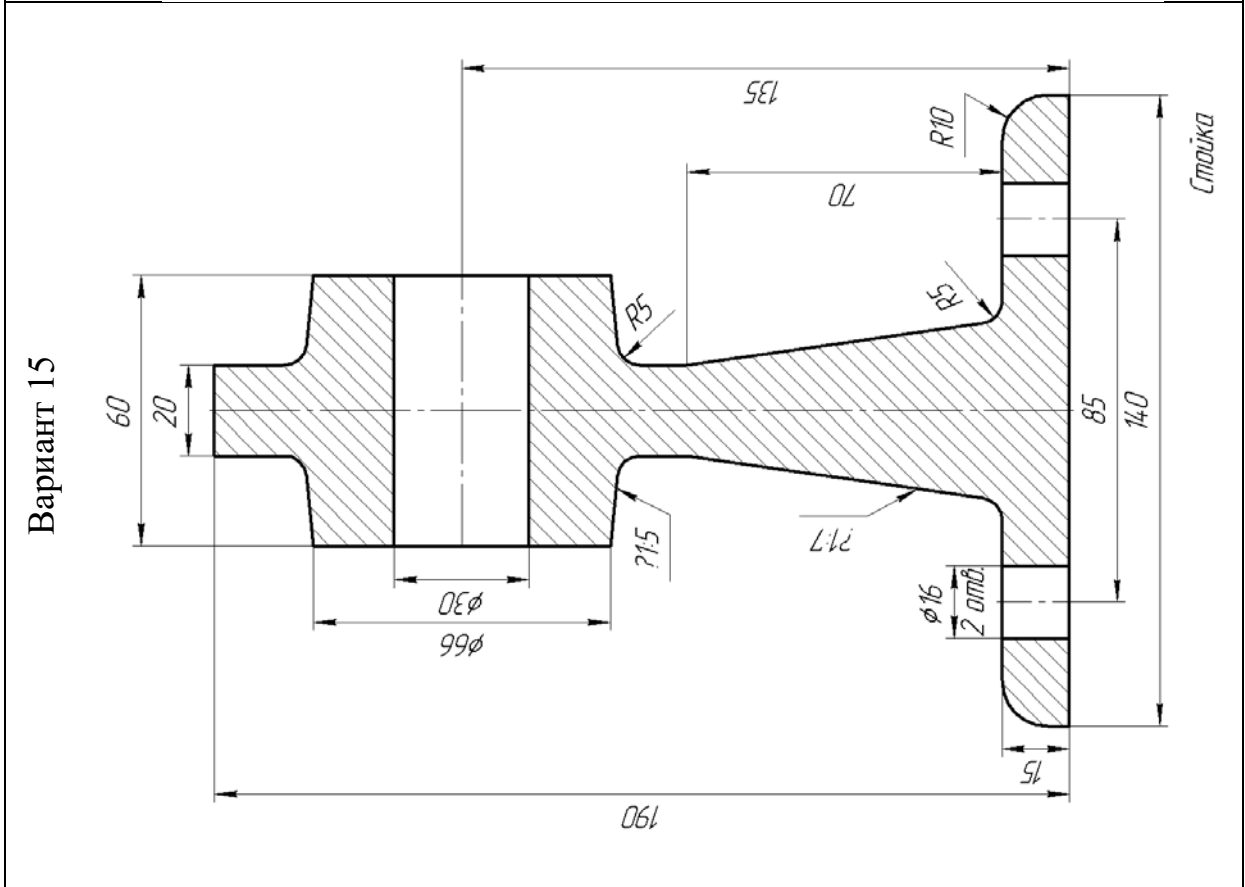
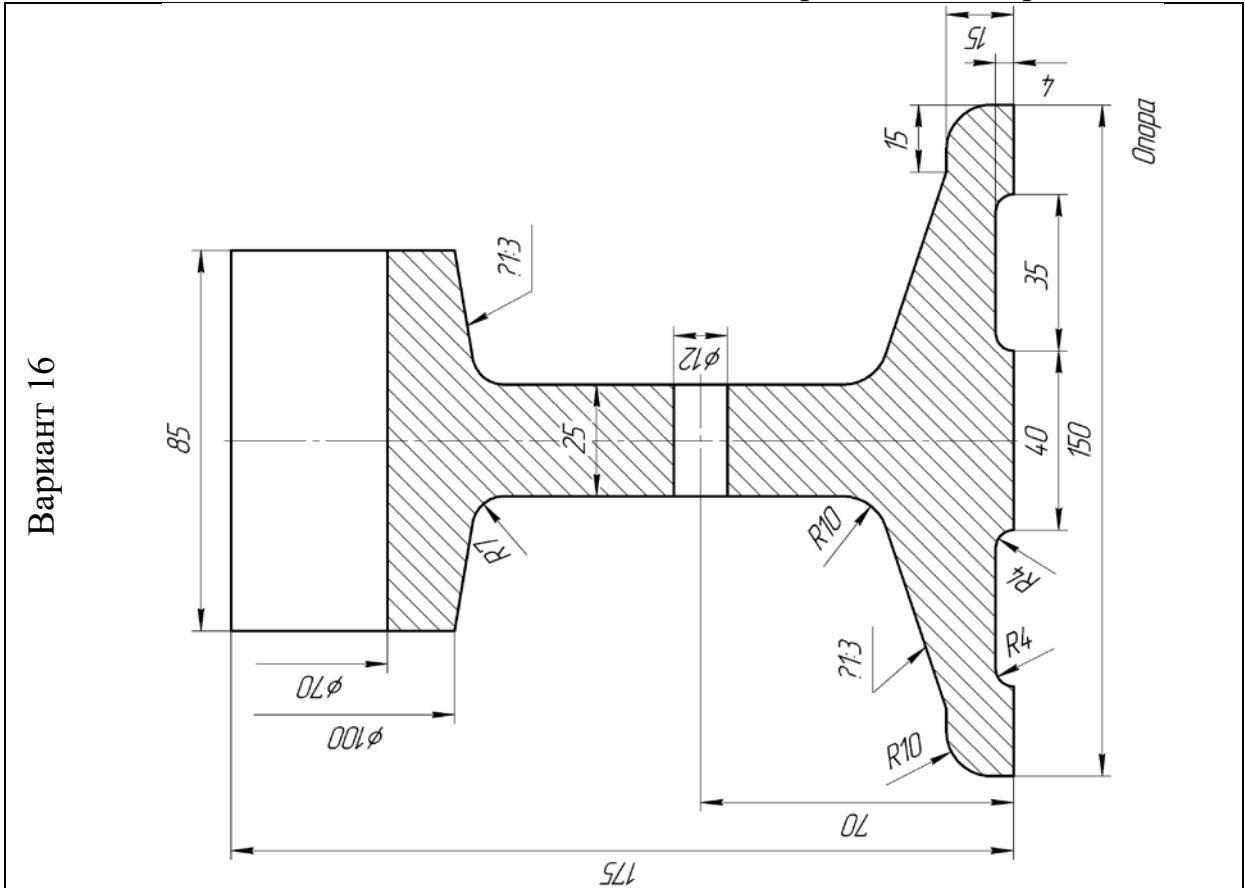
Вариант 10

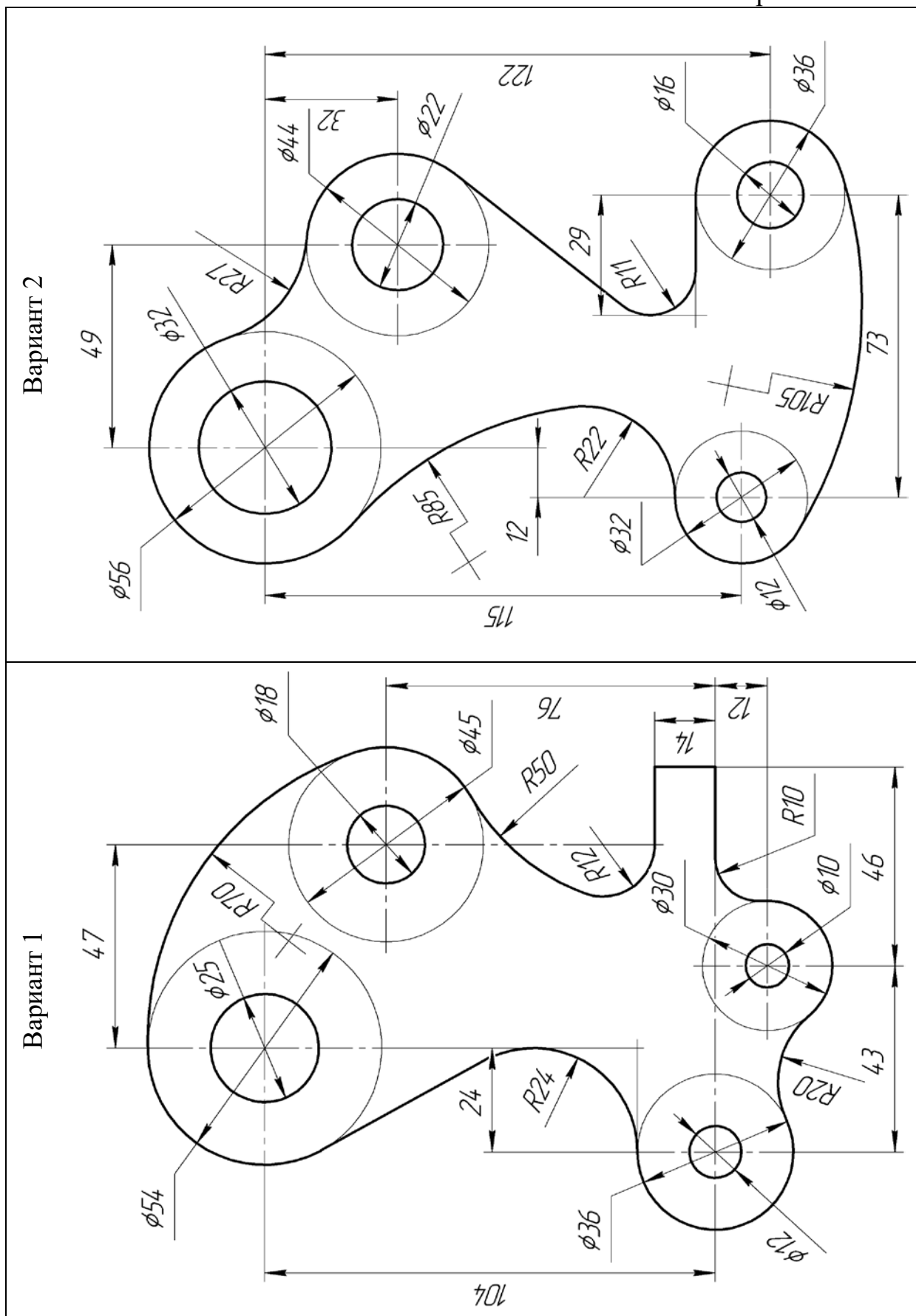
Вариант 9



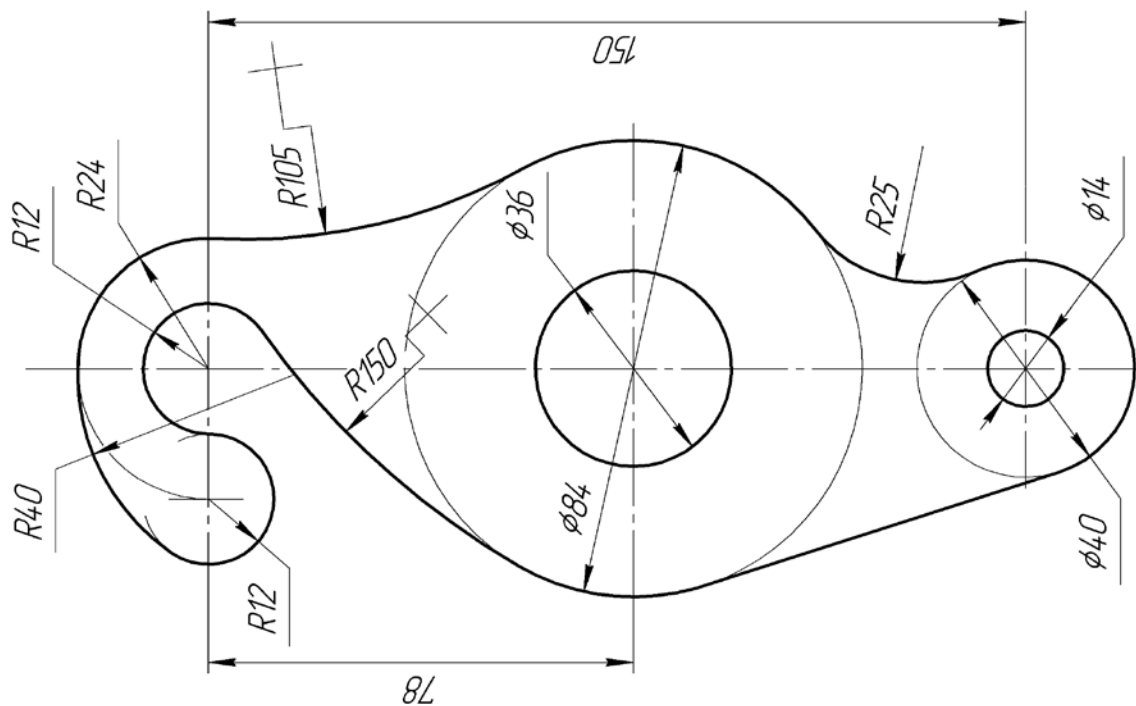




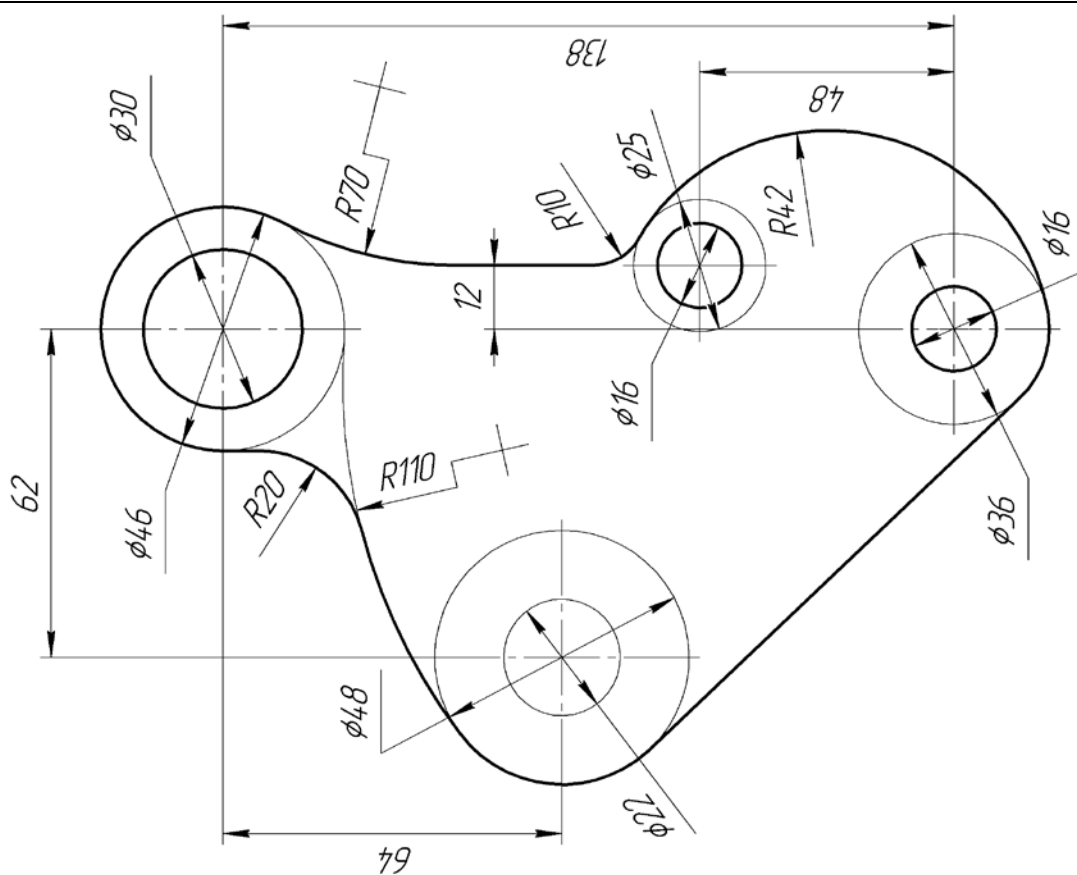


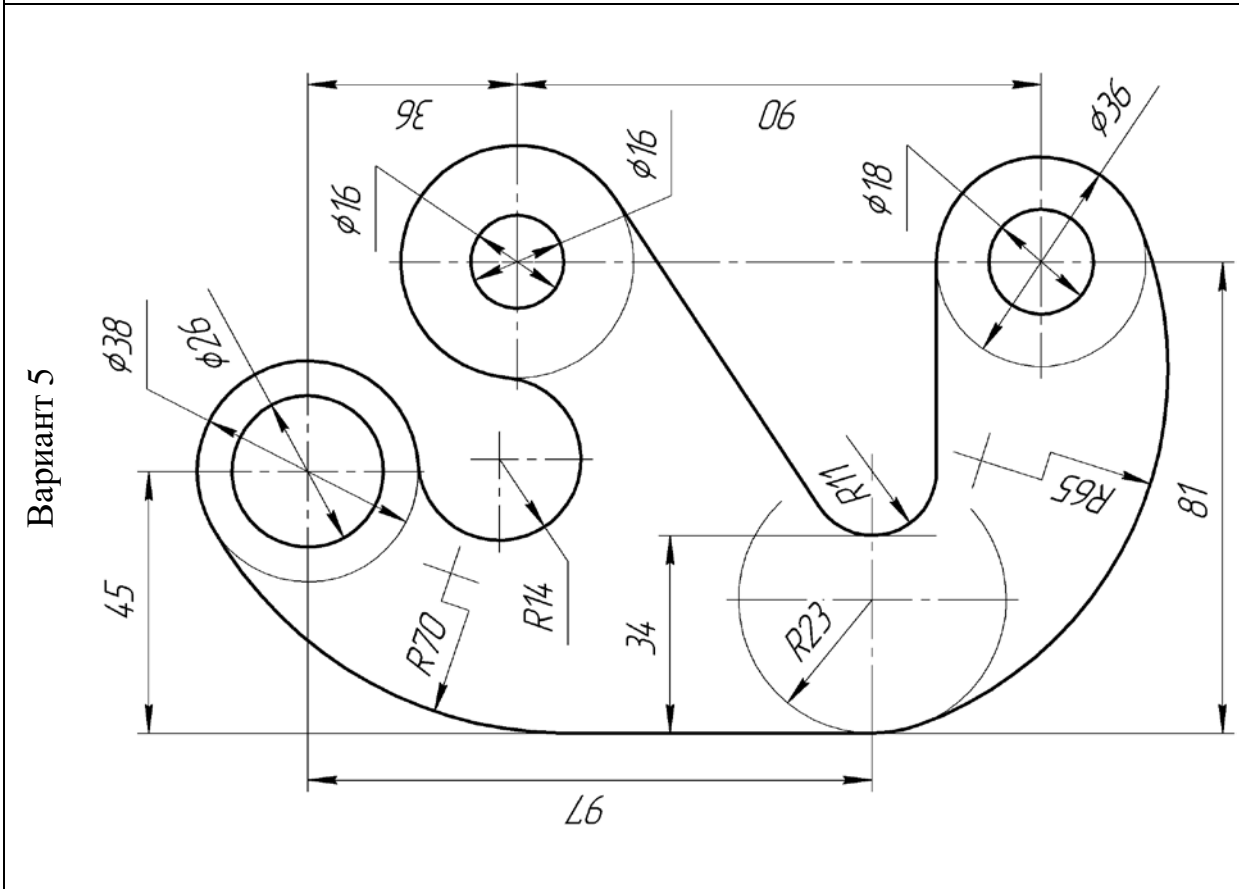
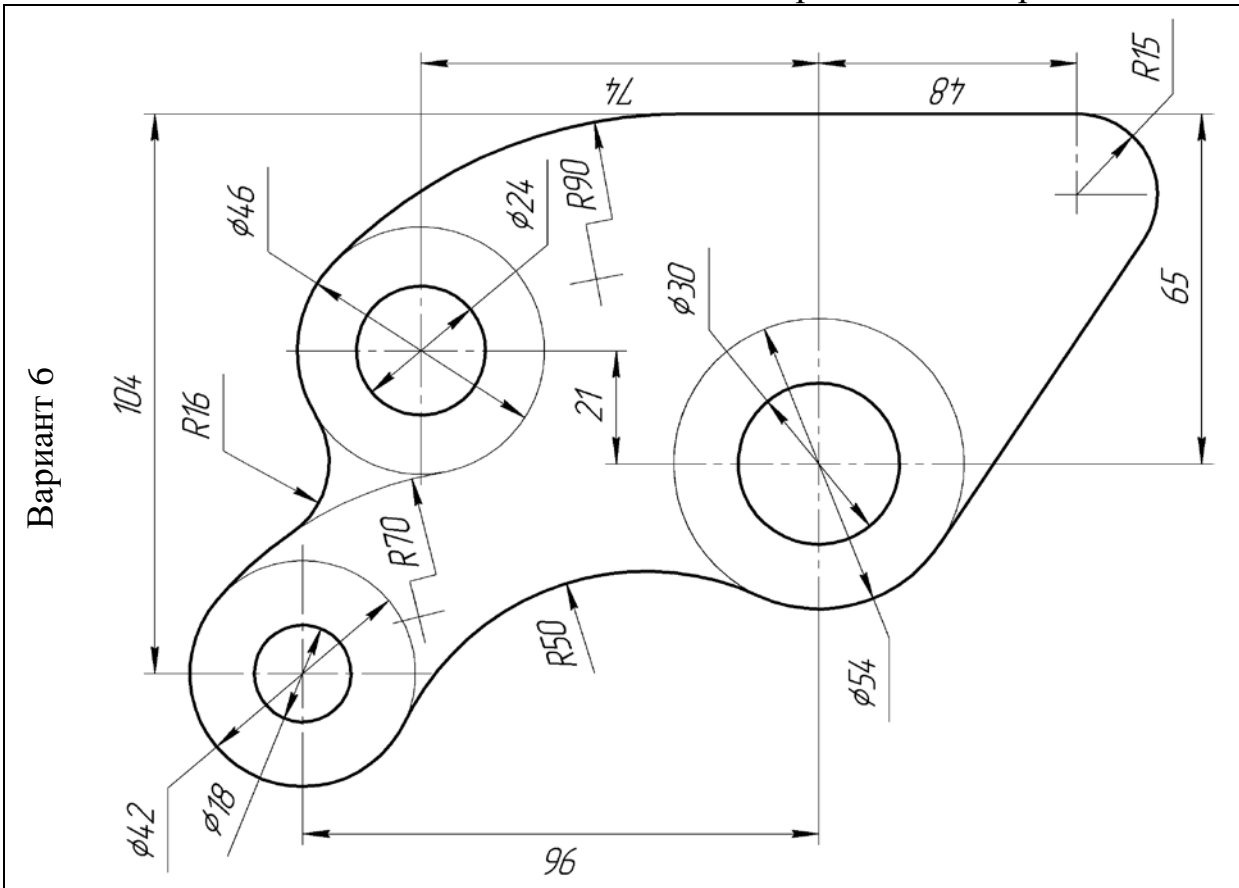


Вариант 4

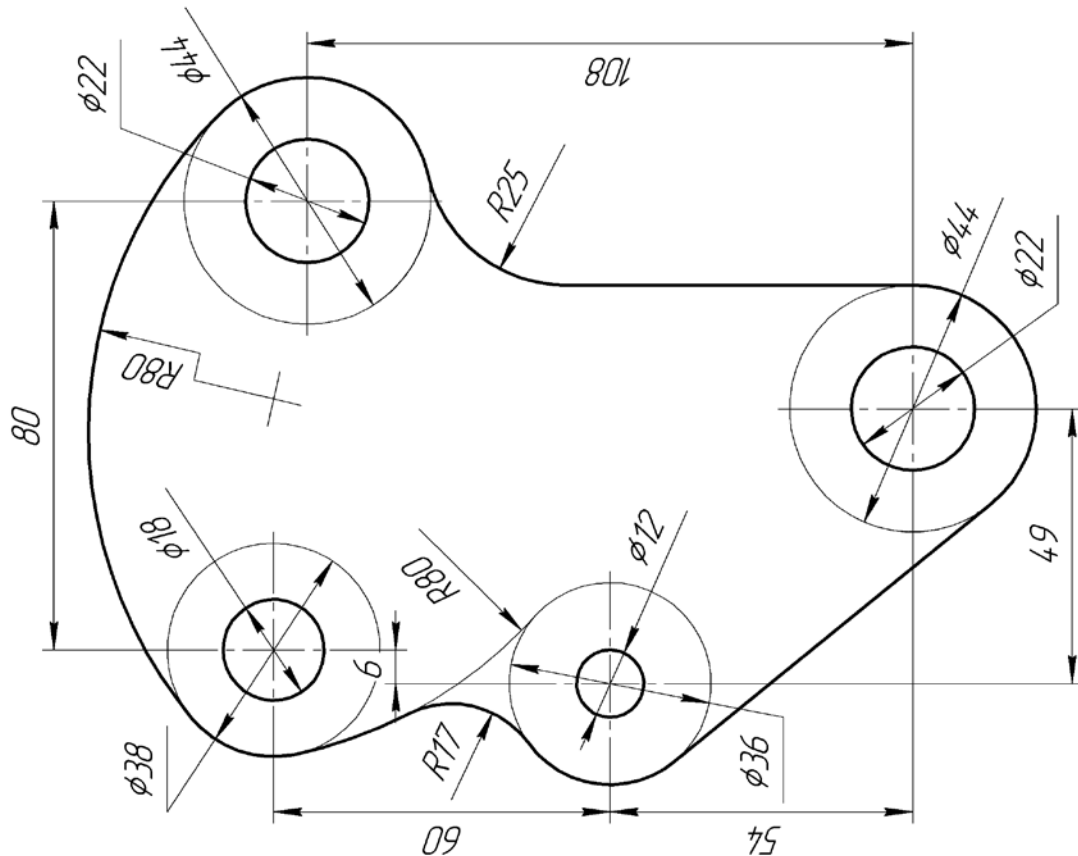


Вариант 3

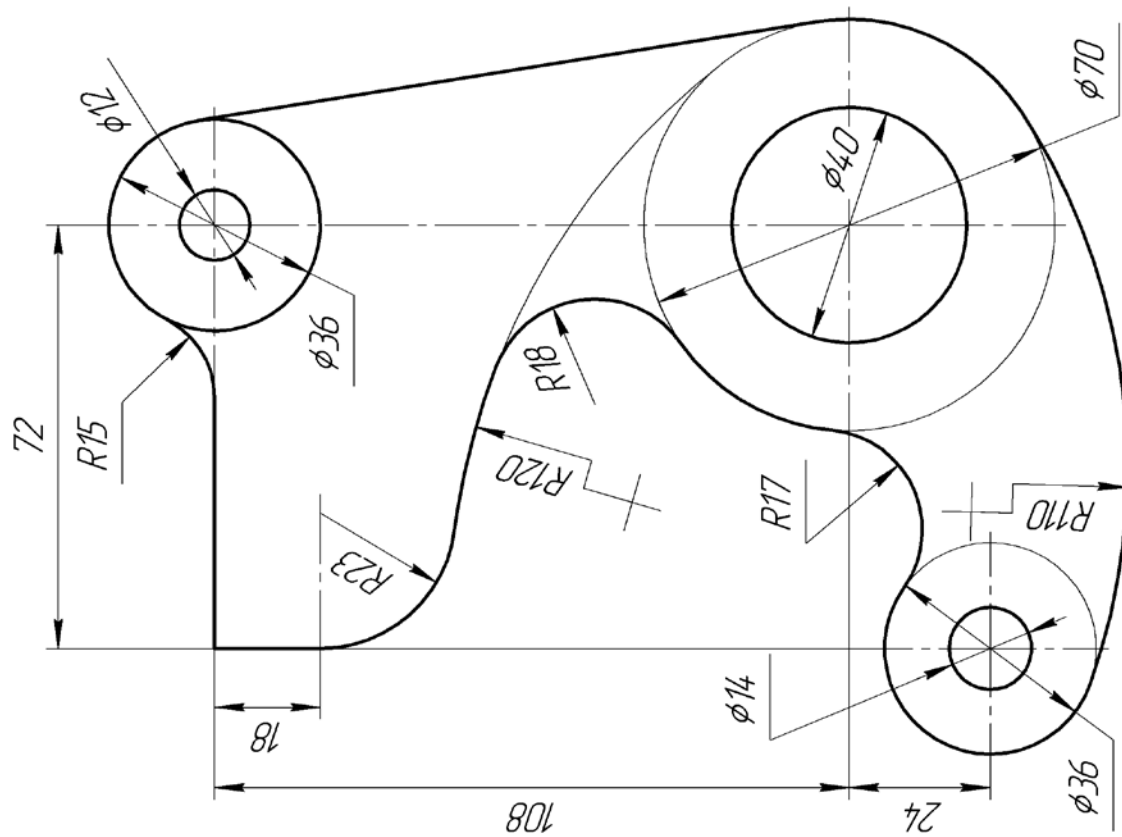


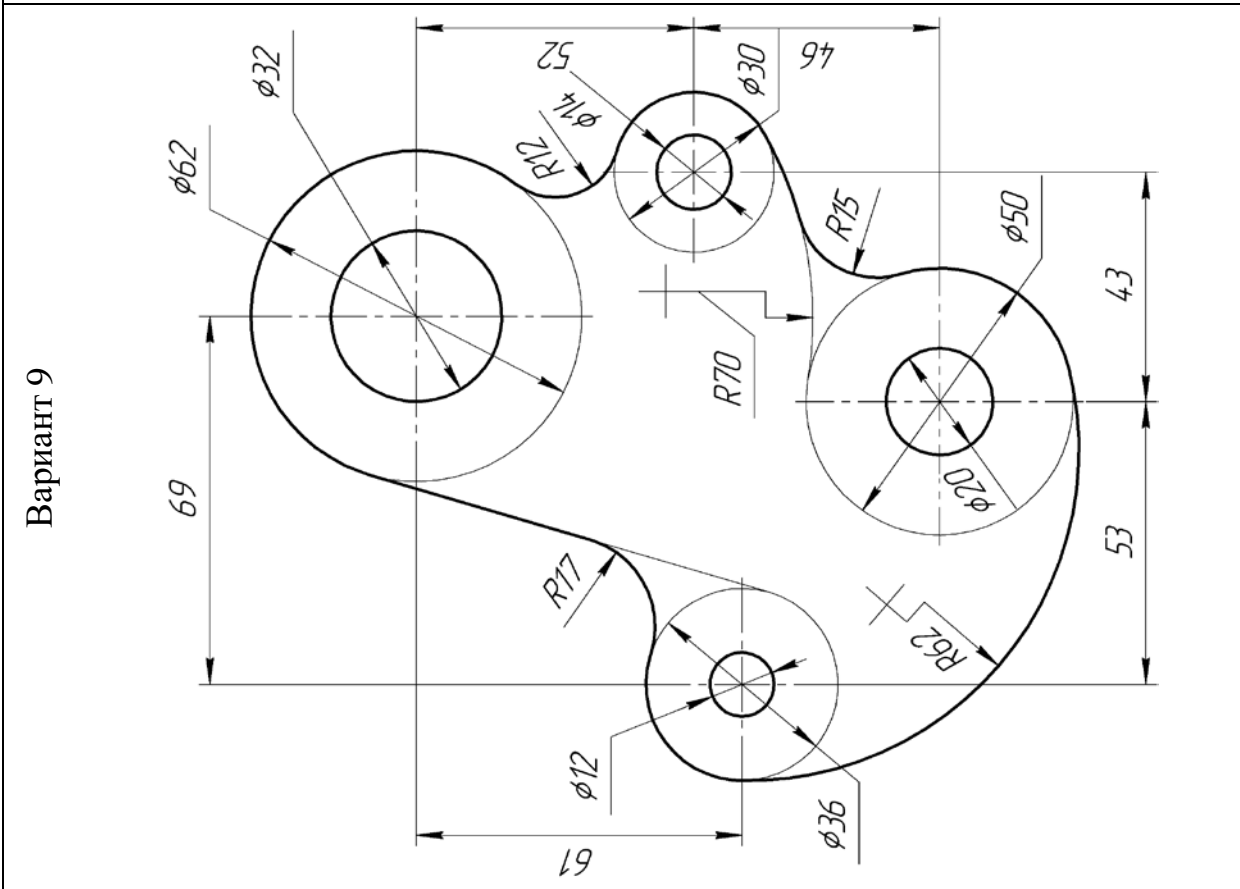
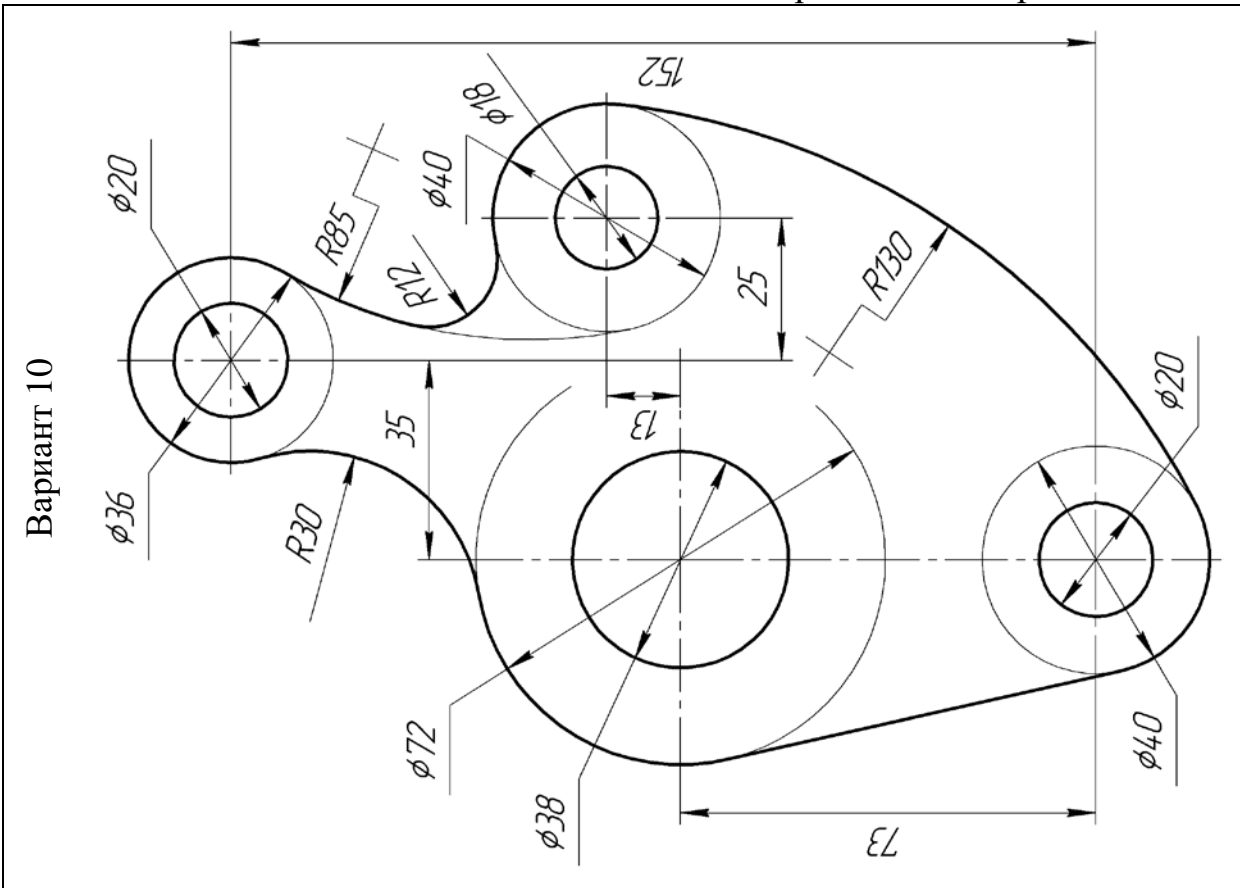


Вариант 8

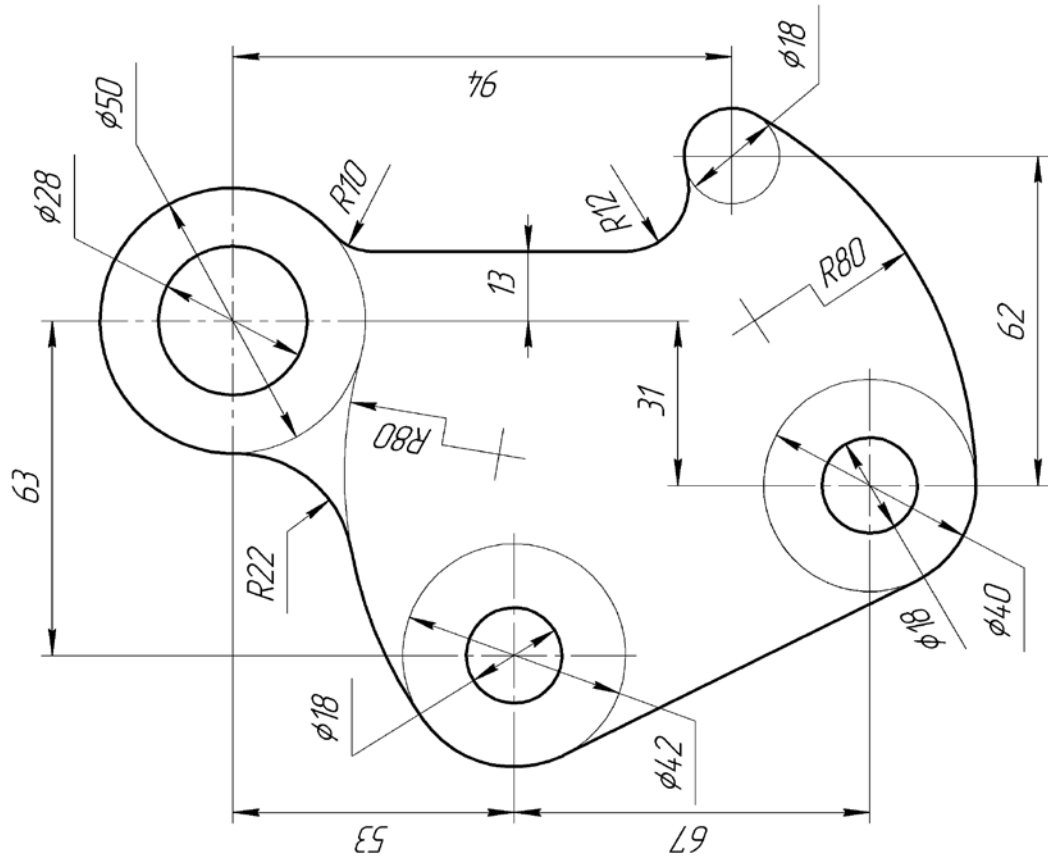


Вариант 7

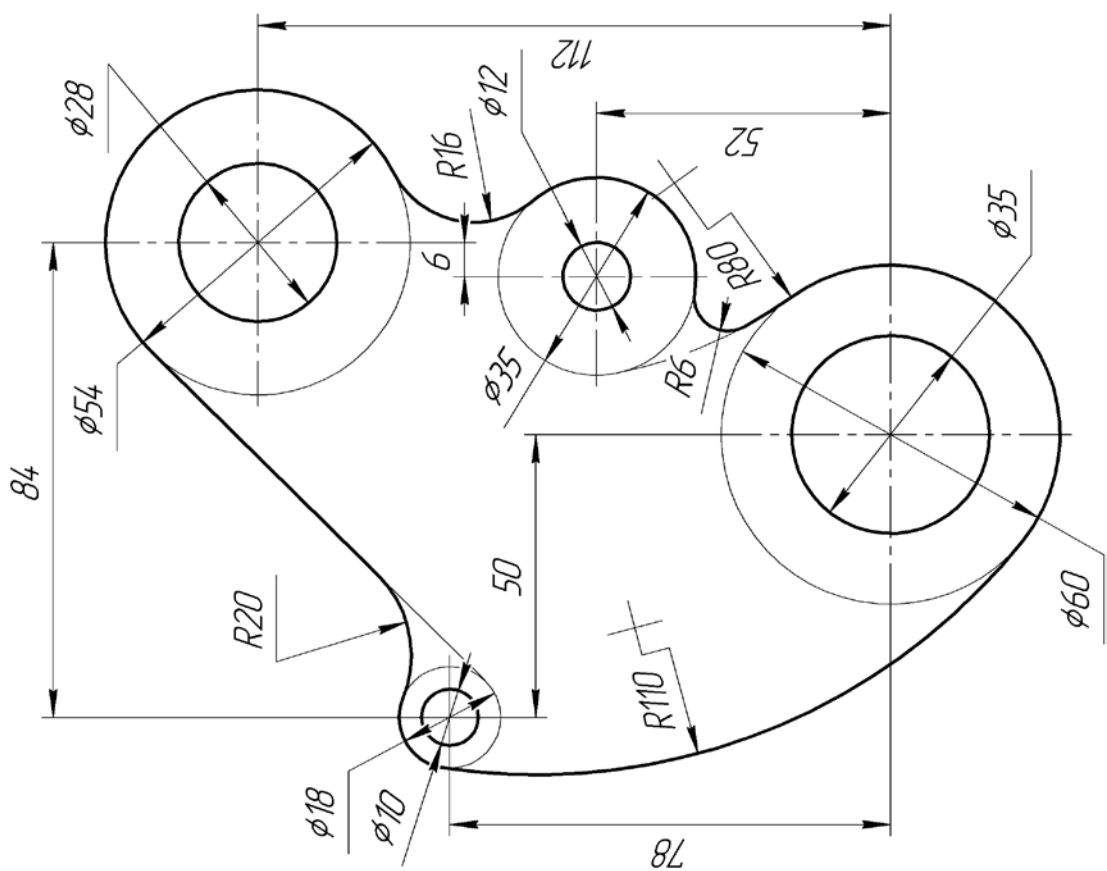


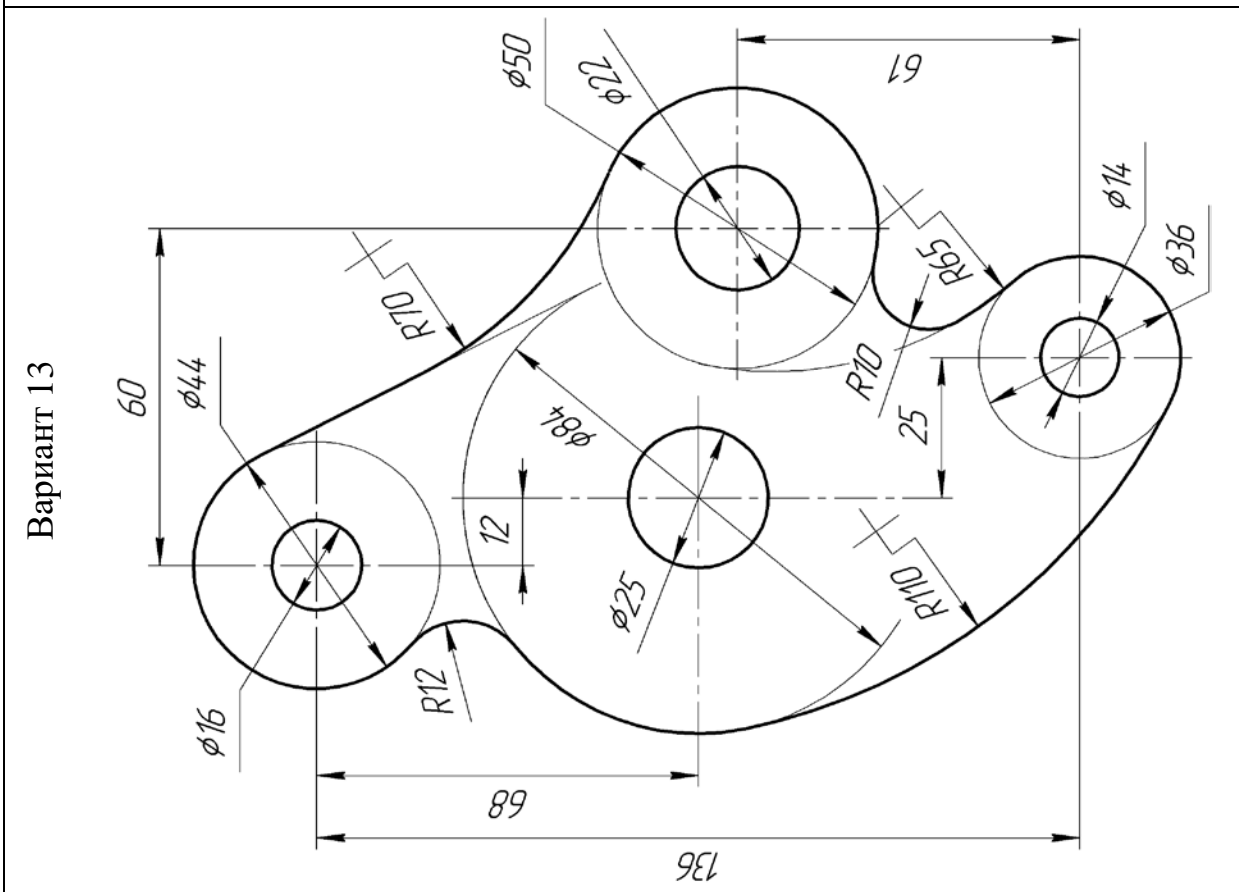
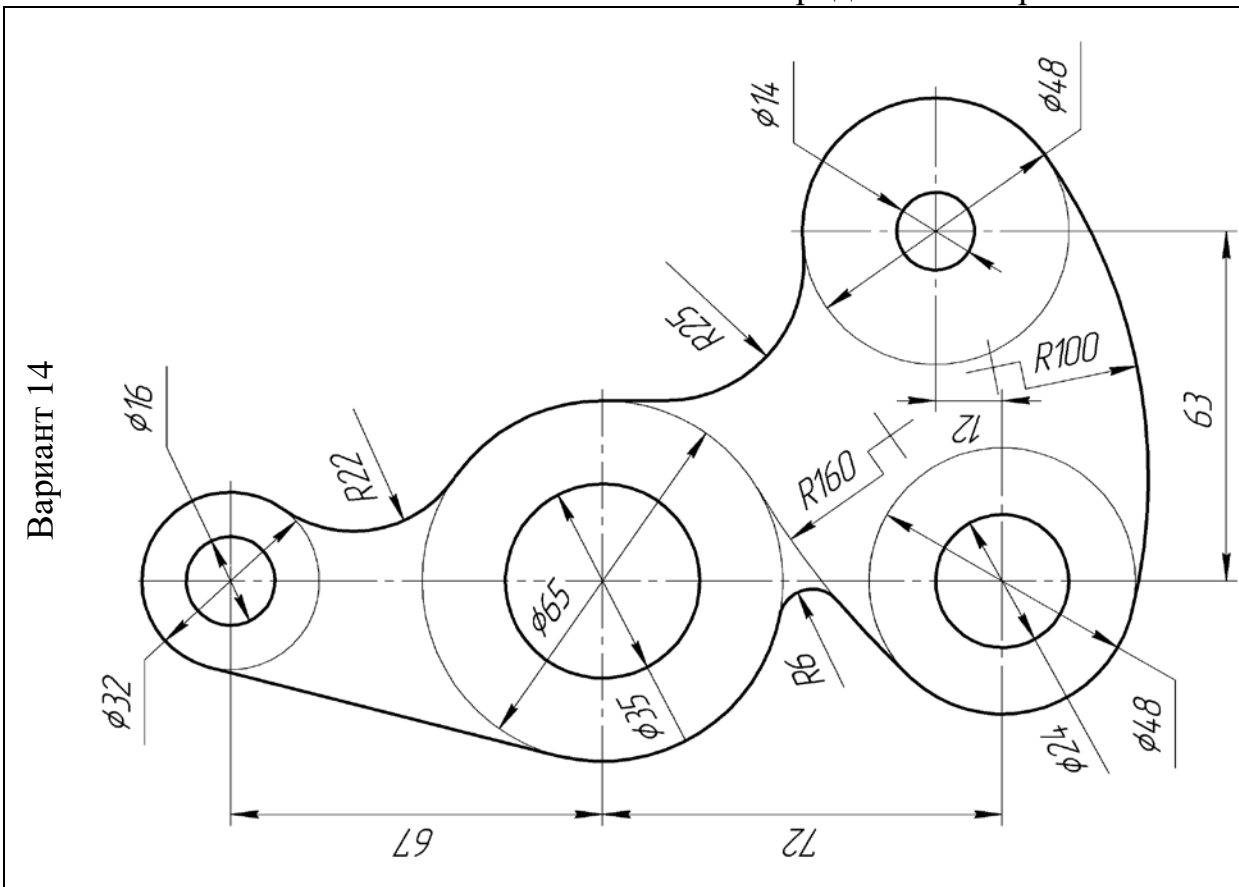


Вариант 12

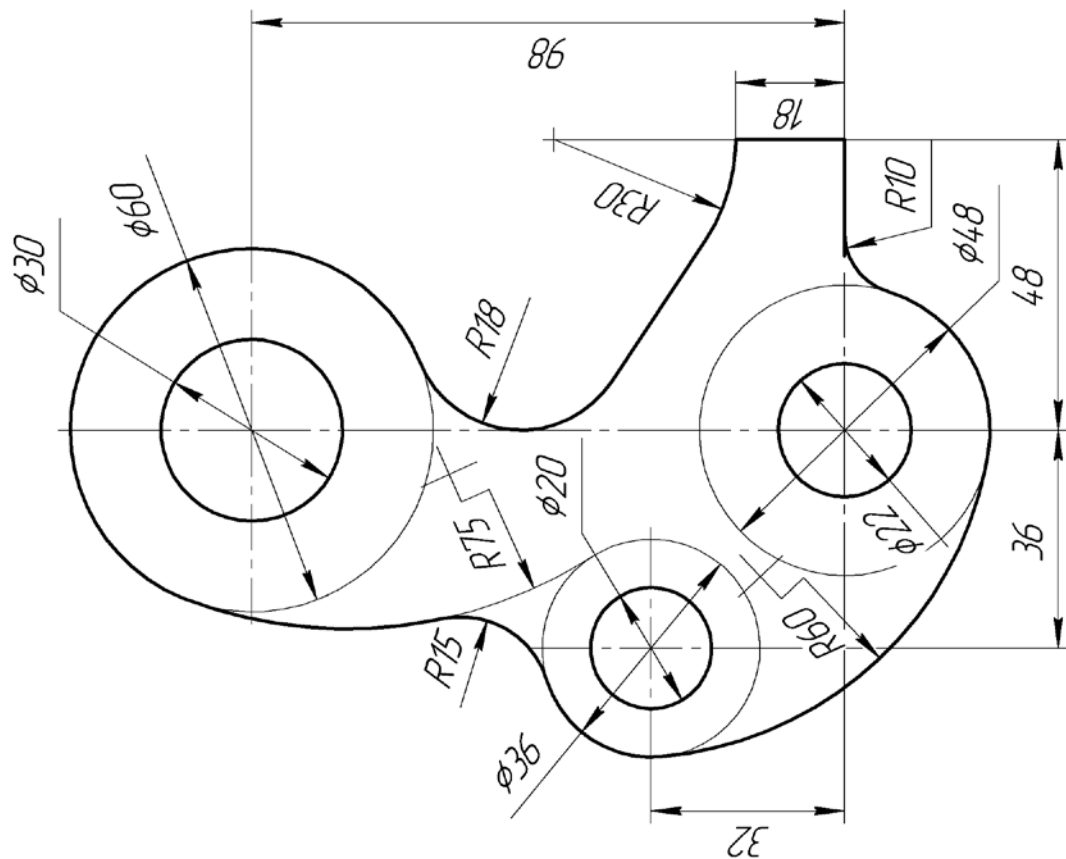


Вариант 11

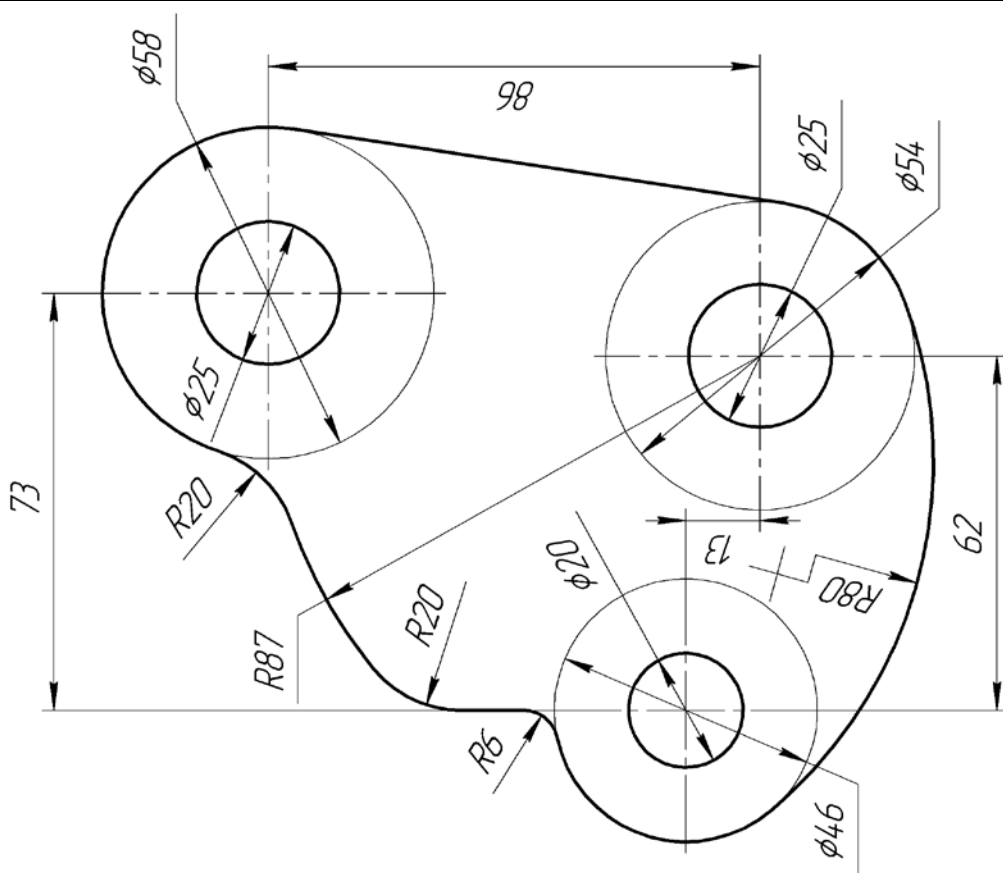




Вариант 16



Вариант 15



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чекмарев А.А. Инженерная графика. Машиностроительное черчение [Электронный ресурс]: учебник / А. А. Чекмарев. - Электрон. дан. - М.: Инфра-М, 2019. - 396 с. - Высшее образование- Бакалавриат). - Внешняя ссылка: <http://znanium.com/go.php?id=983560>.
2. Инженерная графика: учебник / Г.В. Буланже, В.А. Гончарова, И.А. Гущин, Т.С. Молокова. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1006040>.
3. Инженерная графика. Аудиторные задачи и задания. Учебное пособие/ А.А. Чекмарев. – 2 –е изд., исп. - Москва: ИНФРА-М, 2021.- 78 с.- (Высшее образование: Бакалавриат).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНИКЕ ЧЕРЧЕНИЯ.....	5
ЗАДАНИЕ №1. ЛИНИИ ЧЕРТЕЖА. ШРИФТЫ.....	9
ЗАДАНИЕ №2. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ. УКЛОН И КОНУСНОСТЬ	13
ЗАДАНИЕ №3. СОПРЯЖЕНИЯ. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ.....	23
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	33
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	53