

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА ПРАКТИКУМ

*Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по химико-технологическим специальностям*

Минск 2021

УДК 744.4+004.92(075.8)
ББК 30.11я73
И62

Авторы:

*Г. И. Касперов, В. А. Бобрович, С. Э. Бобровский,
Б. В. Войтеховский, В. И. Гиль, В. С. Исаченков*

Рецензенты:

кафедра «Инженерная графика строительного профиля»
Белорусского национального технического университета
(заведующий кафедрой кандидат технических наук,
доцент *И. М. Шуберт*);

кафедра «Инженерная графика» Белорусско-Российского
университета (кандидат технических наук,
доцент *Н. Н. Гобралев*; заведующий кафедрой
кандидат технических наук, доцент *А. Ю. Поляков*)

Инженерная и машинная графика. Практикум : учеб.
И62 пособие для студентов химико-технологических специальностей / Г. И. Касперов [и др.]. – Минск : БГТУ, 2021. – 167 с.
ISBN 978-985-530-853-0.

Учебное пособие содержит основные понятия, методические указания, примеры выполнения индивидуальных графических заданий, необходимые при проведении практических занятий и подготовке студентов к дифференцированному зачету по дисциплине «Инженерная и машинная графика».

Предназначено для студентов химико-технологических специальностей.

УДК 744.4+004.92(075.8)
ББК 30.11я73

ISBN 978-985-530-853-0 © УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная концепция высшего профессионального образования и различные изменения, происходящие во всех сферах общества, ставят проблему поиска и использования эффективных технологий обучения будущих специалистов с инженерным образованием. Подготовку специалистов инженерно-технического профиля в учреждениях высшего образования обеспечивает изучение дисциплины «Инженерная и машинная графика», которая является первой общетехнической дисциплиной, дающей теоретические знания и практические умения, необходимые для успешного освоения на старших курсах последующих технических дисциплин.

Инженерная и машинная графика – одна из дисциплин учебных планов, составляющих основу инженерной подготовки по многим техническим специальностям. Изучение этой дисциплины базируется на школьном курсе черчения и геометрии. Однако в учреждениях среднего образования сократилось количество часов, отводимых на изучение математики вообще и геометрии в частности. В учреждениях высшего образования учебная и учебно-методическая литература разрабатывается применительно к специальностям с максимальным количеством учебных часов, что не всегда удобно для использования студентами технологических специальностей, имеющих меньшее количество учебных часов.

В связи с этим возникла необходимость в совершенствовании учебно-методического обеспечения дисциплины «Инженерная и машинная графика», а именно в составлении данного учебного пособия для студентов химико-технологических специальностей. Изложение материала в учебном пособии базируется на положениях Государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), действующих в настоящее время в Республике Беларусь. Последовательность изложения материала в учебном пособии и его содержание соответствуют образовательному стандарту для химико-технологических специальностей.

В учебном пособии приведен теоретический материал с обязательным графическим сопровождением и методическими указаниями по выполнению графических индивидуальных заданий

по разделам «Основы начертательной геометрии» и «Основы проекционного черчения». Для каждой учебной темы, в разрезе которой выполняется графическое задание, приводятся примеры их выполнения. Каждое графическое задание представлено в тридцати двух вариантах. Приобретенные знания по данным разделам дисциплины обеспечивают формирование базовых навыков и умений для выполнения чертежей и эскизов раздела «Основы машиностроительного черчения», поэтому материал, изложенный в учебном пособии актуален с практической точки зрения.

Учебное пособие может быть полезным для лиц, самостоятельно изучающих дисциплину «Инженерная и машинная графика», а также для учащихся учреждений общего среднего и среднего специального образования.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

В практикуме приведены теоретические основы, примеры выполнения и варианты одиннадцати индивидуальных графических заданий, которые в полном объеме охватывают изучаемый по дисциплине «Инженерная и машинная графика» материал студентами химико-технологических специальностей.

В первом и втором заданиях подробно с необходимыми теоретическими пояснениями рассмотрены вопросы построения точек и линий, расположенных на поверхностях многогранников и поверхностях вращения.

В третьем, четвертом и пятом заданиях изложены особенности и принципы построения проекций поверхностей многогранников и поверхностей вращения, рассеченных плоскостями частного положения (фронтально- и профильно-проецирующими и плоскостями уровня), рассмотрена последовательность построения разверток боковых поверхностей призмы, пирамиды, цилиндра и конуса, рассеченных плоскостями частного положения, а также построения аксонометрических проекций перечисленных геометрических фигур.

В шестом задании рассмотрены построения по наглядному изображению (аксонометрической проекции) трех основных видов детали с рекомендациями по их рациональному размещению на формате чертежа, требованиями по определению главного вида детали, пояснениями по нанесению размеров.

В седьмом задании дан пример построения линий перехода на поверхностях вращения, имеющих двойное проникание.

В заданиях восемь и девять теоретически обоснованы правила выполнения простых и сложных разрезов, рассмотрены возможные варианты их вычерчивания.

В задании десять теоретически и практически с учетом требований, установленных ГОСТ 2.317–2011, рассмотрены примеры выполнения аксонометрических проекций деталей.

В одиннадцатом задании на примере вычерчивания вала рассмотрены изображения сечений, выносных элементов и местных разрезов.

Перед выполнением индивидуальных графических заданий необходимо, прежде всего, ознакомиться с их содержанием, проработать теоретически материал по конкретному заданию.

Определить при выполнении заданий:

- № 1, 2, 3 и 7 расположение проекций геометрической фигуры на плоскостях проекций;
- № 7, 8 и 9 расположение главного вида, вида сверху и вида слева;
- масштаб вычерчивания, имея в виду, что изображениями должно быть занято не менее 75% поля формата.

Для рационального расположения проекций (видов) на чертеже целесообразно предварительно тонкими линиями вычертить в виде прямоугольников фронтальную проекцию, или главный вид (длина и высота детали), горизонтальную проекцию, или вид сверху (длина и ширина детали), и профильную проекцию, или вид слева (ширина и высота детали). Затем в прямоугольниках начертить тонкими линиями соответствующие изображения и нанести размеры. Чертеж проверить, видимые линии контура и сечений обозначить основной сплошной толстой линией.

Примечание. При выполнении чертежей применять правила нанесения размеров, изложенных в пособии [9], а не в приложениях 1–8 данного издания.

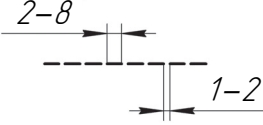
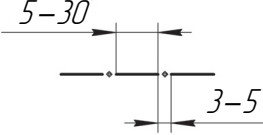
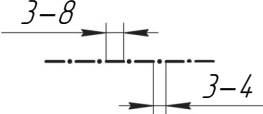
1.1. Линии

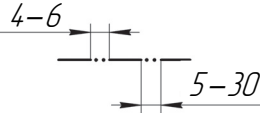
На чертежах применяют начертания и назначение линий (ГОСТ 2.303–68), приведенные в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Наименование	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Начертание	Основное назначение
Сплошная толстая основная	s		Линии видимого контура Линии контура вынесенного сечения Линии контура сечения, входящего в состав разреза

Продолжение табл. 1.1

Наименование	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Начертание	Основное назначение
Сплошная тонкая	От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$		Линии контура наложенного сечения Линии размерные и выносные Линии штриховки Линии-выноски Полки линий-выносок Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях Линии перехода воображаемые
Сплошная волнистая	От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$		Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза
Штриховая	От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$		Линии невидимого контура Линии перехода невидимые
Штрихпунктирная тонкая	От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$		Линии осевые, центровые и др. Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений
Штрихпунктирная утолщенная	От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$		Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»)
Разомкнутая	От s до $1,5s$		Линии сечений
Сплошная тонкая с изломами	От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$		Длинные линии обрыва

Наименование	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Начертание	Основное назначение
Штрихпунктирная с двумя точками тонкая	От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$		Линии сгиба на развертках Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях

Толщина сплошной толстой основной линии (s) стандартизирована от 0,7 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Для учебных целей целесообразно применять $s = 0,8-1,0$ мм.

Штрихи штрихпунктирных линий должны выходить за контурные линии изображений на 2–5 мм (рис. 1.1). Штрихи и линии, промежутки между ними должны быть приблизительно одинаковой длины в пределах одного чертежа. Штрихпунктирные линии должны пересекаться и заканчиваться штрихами.

Центр окружности изображают пересечением штрихов, а не пунктиров. Если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм, в качестве центровых применяются сплошные тонкие линии (рис. 1.1, б).

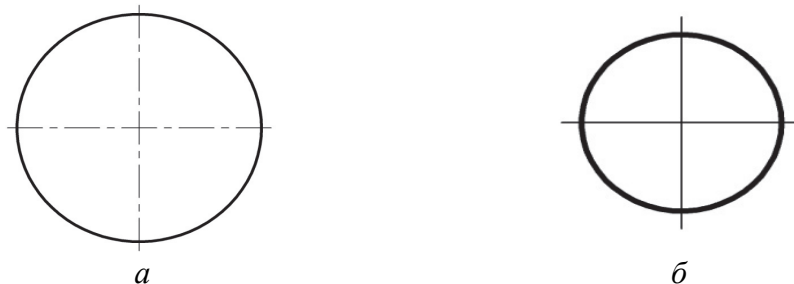


Рис. 1.1

1.2. Форматы

Форматом чертежа (ГОСТ 2.301–68) или другого документа называется размер листа этого документа, определяемый размерами внешней рамки. За основной принят формат с размерами 1189×841 мм, а также меньшие форматы, получаемые делением

предыдущего формата на две равные части линией, параллельной меньшей стороне. Размеры сторон основных форматов и их обозначение приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Обозначение формата	A0	A1	A2	A3	A4
Размер сторон формата, мм	1189×841	594×841	594×420	297×420	297×210

Поле формата, на котором размещают изображение детали, графические построения или текст, ограничивают рамкой. Рамку проводят на расстоянии 5 мм от верхней, нижней и правой стороны формата и на расстоянии 20 мм от левой стороны. Поле шириной 20 мм слева предназначено для подшивки чертежей (рис. 1.2).

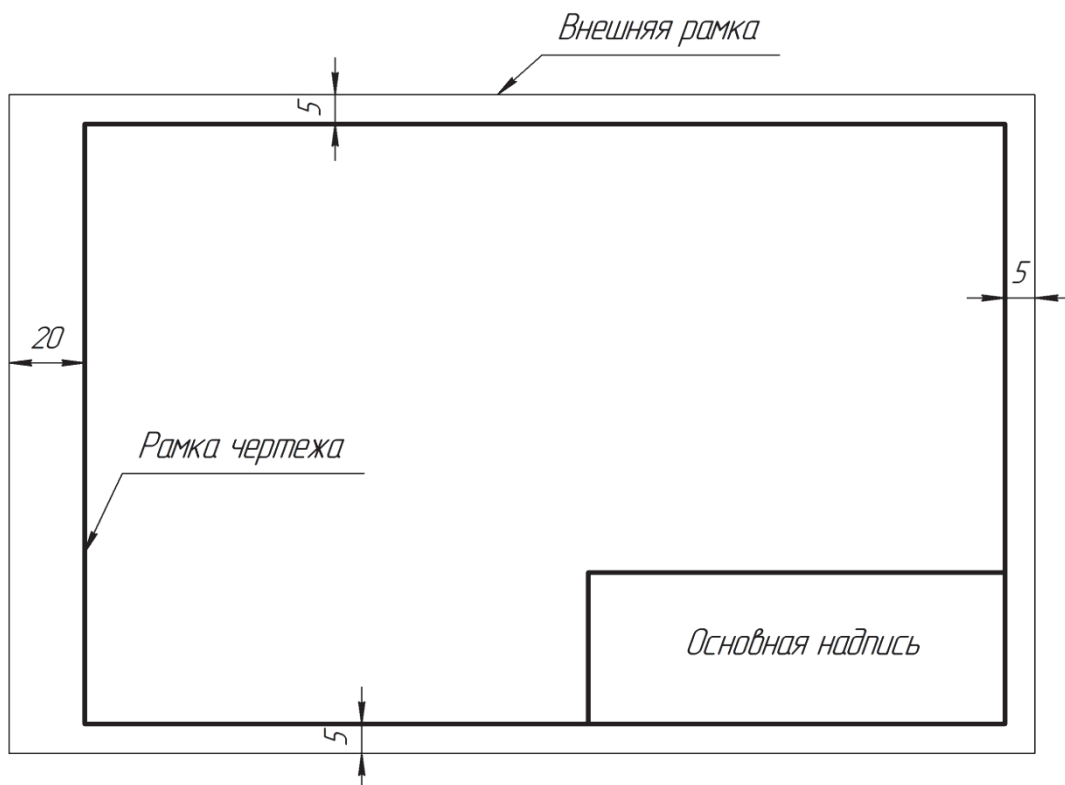


Рис. 1.2

На чертеже в правом нижнем углу располагают основную надпись (рис. 1.3). На листах формата А4 основную надпись располагают в обязательном порядке вдоль короткой стороны листа.

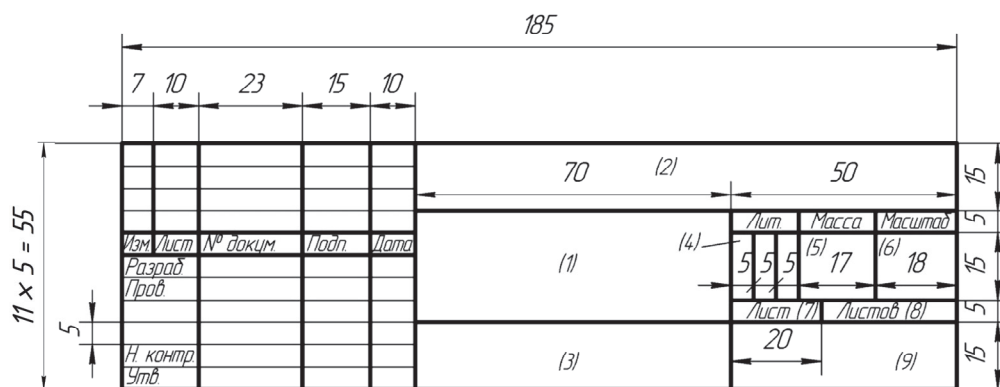


Рис. 1.3

Рекомендуется следующее заполнение граф основной надписи, применительно к условиям образовательного процесса в учреждениях высшего образования (рис. 1.3):

- графа 1 – наименование изделия (например, **Вал**);
- графа 2 – обозначение технического документа (например, **БГТУ 010203.004**);
- графа 3 – обозначение материала, данную графу заполняют только для чертежей деталей (например, **Сталь 20 ГОСТ 1050–2013**);
- графа 4 – литера, присвоенная данному документу по ГОСТ 2.103–68 (графу заполняют последовательно, начиная с крайней левой клетки, например, литера **О** означает опытный проект, **Э** – эскизный проект, **У** – учебный чертеж); при этом заметим, что литера **У** стандартом не предусмотрена, но широко используется в технических учреждениях высшего образования;
- графа 5 – масса изделия (например, **0,7 кг**);
- графа 6 – масштаб основных изображений предмета на чертеже (например, **1:1**); наносится в соответствии с ГОСТ 2.302–68;
- графа 7 – порядковый номер листа (например, **1**, а если чертеж выполнен на одном листе, то графа не заполняется);
- графа 8 – общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе);
- графа 9 – наименование специальности и номер учебной группы.

1.3. Масштабы

Масштабом чертежа называют отношение линейных размеров изображения объекта на чертеже к действительным размерам объекта.

В зависимости от сложности и величины изображаемых объектов масштабы согласно ГОСТ 2.302–68 выбирают из следующего ряда.

Масштабы уменьшения: 1:2, 1:2,5, 1:4, 1:5, 1:10, 1:20, 1:25, 1:40, 1:50, 1:75, 1:100, 1:200, 1:400, 1:500, 1:800, 1:1000

Натуральная величина: 1:1

Масштабы увеличения: 2:1, 2,5:1, 4:1, 5:1, 10:1, 20:1, 40:1, 50:1, 100:1

Масштаб, изображенный на чертеже, записывают в соответствующей графе основной надписи по типу **1:1**, **2:1** и т. д.

Масштаб изображения, отличающийся от указанного в основной надписи, помещают непосредственно над изображением, например **A(2:1)**, **B–B(4:1)**.

1.4. Шрифты чертежные

На всех чертежах и других технических документах применяют стандартные шрифты русского, латинского и греческого алфавитов, арабские и римские цифры и специальные значки.

Размер шрифта характеризуется высотой (h) в миллиметрах. Установлены следующие его размеры (ГОСТ 2.304–81 «Шрифты чертежные»): 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

Размер шрифта – величина, определяемая высотой прописных букв в миллиметрах. Она измеряется перпендикулярно к основанию строки. Высота строчных букв s определяется из отношения их высоты к размеру шрифта h .

Установлены следующие типы шрифта (рис. 1.4):

Тип А без наклона с толщиной линии $d = 1/14h$;

Тип А с наклоном около 75° с толщиной линии $d = 1/14h$;

Тип Б без наклона с толщиной линии $d = 1/10h$;

Тип Б с наклоном около 75° с толщиной линии $d = 1/10h$.

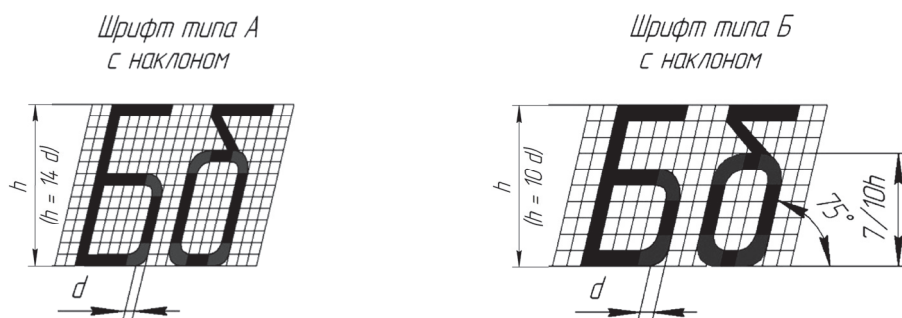


Рис. 1.4

Начертание букв и цифр шрифтом типа Б с наклоном около 75° и параметры, их характеризующие, приведены на рис. 1.5.

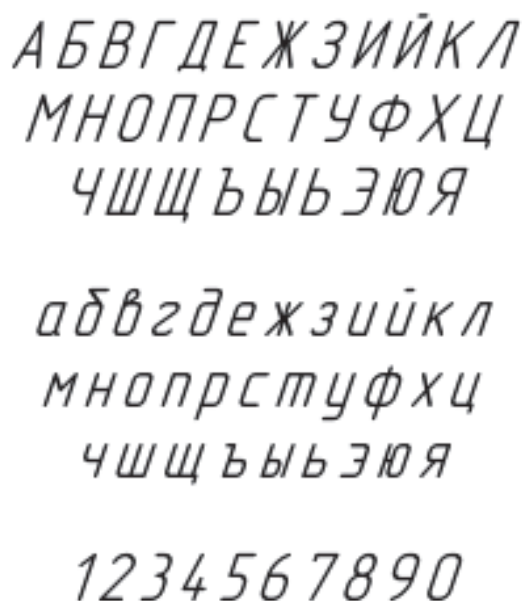


Рис. 1.5

1.5. Нанесение размеров

Основанием для определения величины изображенного изделия и его элементов служат размеры. Правила нанесения размеров на чертежах установлены ГОСТ 2.307–2011. Пропуск или ошибка хотя бы в одном из размеров делают чертеж непригодным к использованию, так как определять пропущенные или ошибочные размеры путем обмера соответствующих мест на чертеже не допускается. Поэтому нанесение размеров одна из наиболее ответственных стадий при выполнении чертежа. В этой операции принято различать: **задание размеров** – какие размеры и с какой точностью необходимо задать на чертеже, чтобы изображенное на нем изделие возможно было изготовить, и **нанесение размеров** – как следует расположить их на чертеже. Задание размеров зависит от многих факторов – конструктивных, прочностных, технологических и др.

Нанесению размеров на чертеже предшествует выбор баз изделия, от которых они наносятся (рис. 1.6). При этом под базой понимается поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования, т. е. придания заготовке

или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

В зависимости от назначения различают следующие виды баз:

- технологическую, используемую для определения положения заготовки или изделия при изготовлении или ремонте (рис. 1.6, а);
- конструкторскую, применяемую для определения положения детали или сборочной единицы в изделии (рис. 1.6, б);
- измерительную, используемую для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения (рис. 1.6, в).

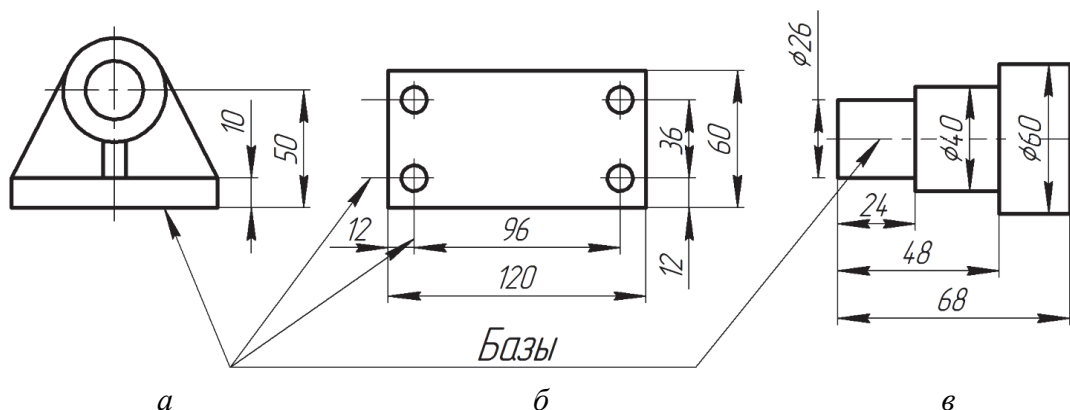


Рис. 1.6

Установлено два способа нанесения размеров от баз:

- координатный – нанесение размеров от одной, основной базы (рис. 1.7) или от нескольких баз (рис. 1.8, а). При этом способе не происходит накопления погрешности от размера к размеру;
- цепной – при котором размеры наносят цепочкой (один за другим), при этом цепочка не замыкается (рис. 1.8, б).

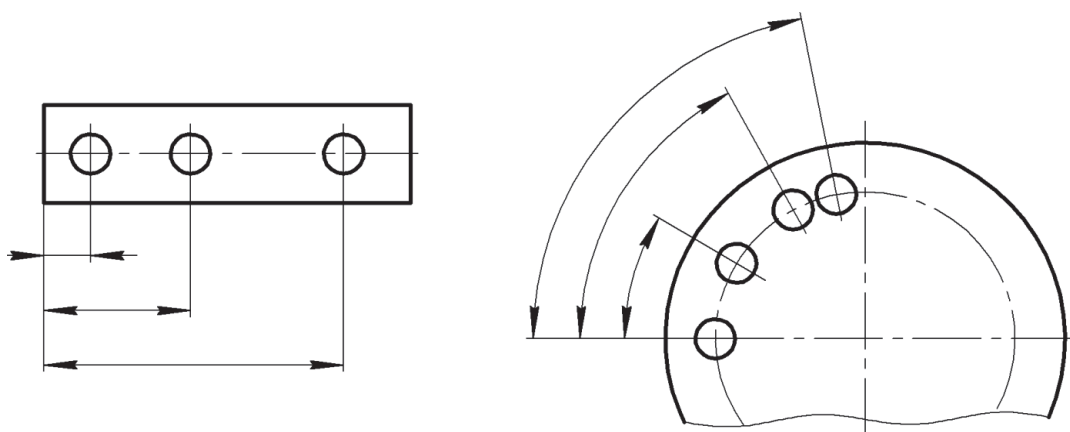


Рис. 1.7

Размеры на чертежах указывают размерными числами, выносными и размерными линиями. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

Размеры на чертежах не допускается наносить в виде замкнутой цепи, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный.

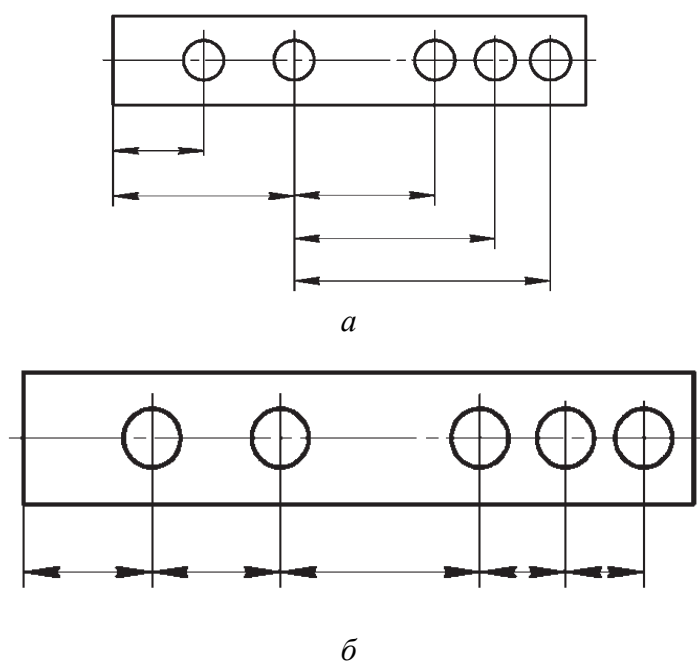


Рис. 1.8

При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии – перпендикулярно размерным.

Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные в качестве размерных.

Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах, без указания единицы измерения.

Минимальное расстояние между размерной линией и линией контура должно быть 10 мм, а между параллельными размерными линиями – 7 мм (рис. 1.9). Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий. Размерные числа наносятся над размерной линией параллельно ей с просветом 0,5–1,5 мм, по возможности ближе к середине (рис. 1.10). Предпочтительнее размерные линии и размерные числа наносить вне контура изображения.

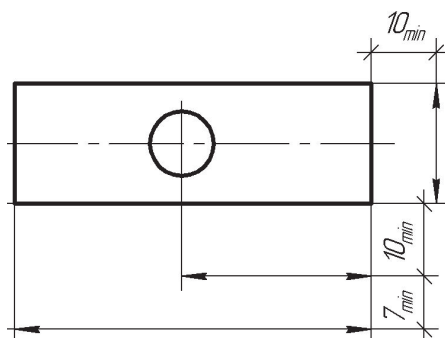


Рис. 1.9

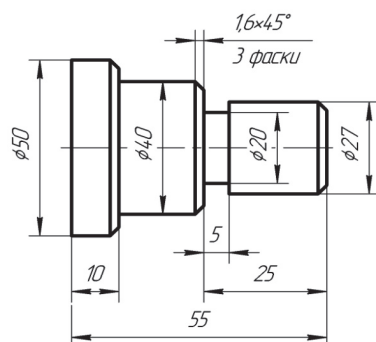


Рис. 1.10

Форма стрелки и примерное соотношение ее элементов показаны на рис. 1.11.



Рис. 1.11

Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1–5 мм.

1.6. Деление окружности на равные части

Деление окружности на три и шесть равных частей. Чтобы разделить окружность радиуса R на три равные части (рис. 1.12, а), достаточно из любой точки окружности, например A , провести дугу радиусом R . Пересечение дуги с окружностью дает две искомые точки 2 и 3, а третья точка 1 будет находиться на оси окружности, проведенной из точки A . Деление окружности радиуса R на шесть равных частей приведено на рис. 1.12, б.

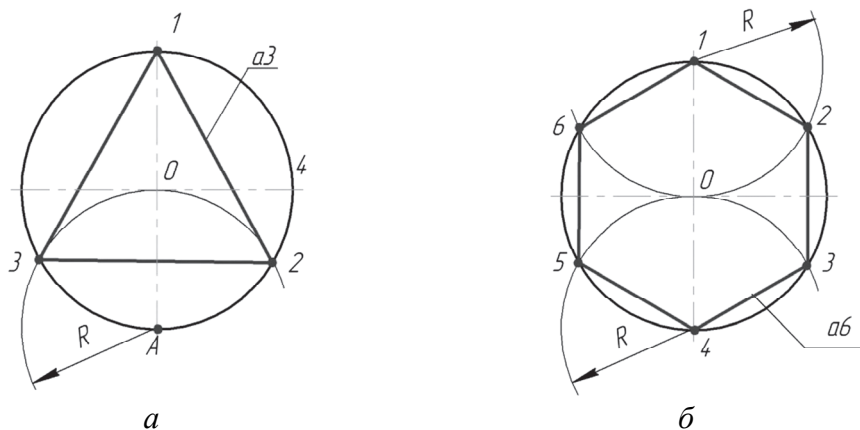


Рис. 1.12

Деление окружности на четыре и восемь равных частей. Два взаимно перпендикулярных диаметра окружности делят ее на четыре равные части (рис. 1.13, *а*). Две четверти окружности делим пополам с помощью засечек дугами радиуса R . Проведя прямые через точки пересечения дуг и центр O , разделим окружность на четыре равные части. Деление окружности радиуса R на восемь равных частей показано на рис. 1.13, *б*.

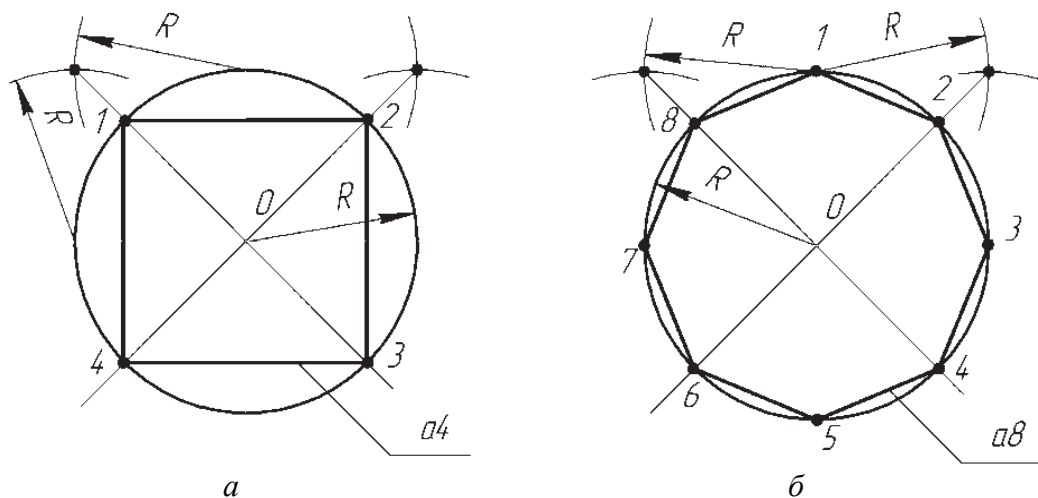


Рис. 1.13

Деление окружности на пять и семь равных частей. Чтобы разделить окружность на пять равных частей (рис. 1.14, *а*) из точки A радиусом R , равным радиусу данной окружности, проводят дугу, которая пересечет окружность в точке n . Из точки n опускают перпендикуляр на осевую линию, получают точку c . Радиусом R_1 , равным расстоянию от точки c до точки l , проводят

дугу, которая пересечет горизонтальную осевую линию в точке m . Из точки 1 радиусом R_2 , равным расстоянию от точки 1 до точки m , проводят дугу, пересекающую окружность в точке 2 . Точки $3, 4$ и 5 находят, откладывая циркулем отрезки, равные $m1$. Соединив точки $1, 2, 3, 4, 5$ по замкнутому контуру, получают вписанный в окружность правильный пятиугольник.

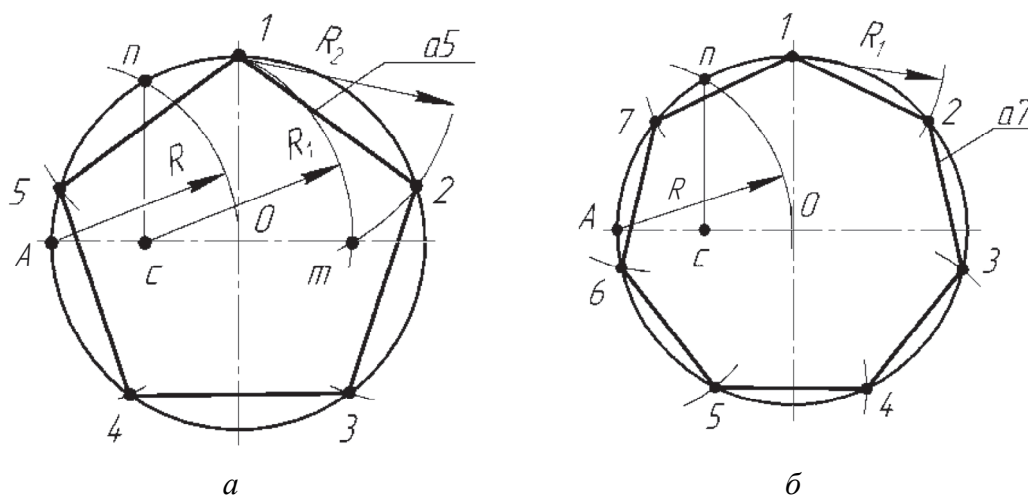


Рис. 1.14

Деление окружности на семь равных частей показано на рисунке 1.14, б. Из точки A проводится вспомогательная дуга радиусом R , равным радиусу данной окружности, которая пересечет окружность в точке n . Из точки n опускают перпендикуляр на горизонтальную осевую линию. Из точки 1 радиусом, равным отрезку nc , делают по окружности семь засечек и получают семь искоемых точек.

2. ТОЧКА И ЛИНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ МНОГОГРАННИКА

Условие графического задания № 1. Построить недостающие проекции точек и линий на заданных поверхностях многогранников. Варианты заданий см. в приложении 1.

2.1. Образование гранной поверхности

Гранная поверхность – это линейчатая поверхность, образованная перемещением прямолинейной образующей (l) по ломаной направляющей ($ABCD$) (рис. 2.1). При этом, если образующая при перемещении параллельна некоторому направлению N , образуется *призматическая поверхность* (рис. 2.1, а), когда одна точка образующей неподвижна, то образуется *пирамидальная поверхность* (рис. 2.1, б).

Элементами гранных поверхностей являются:

вершина S – точка пересечения образующих для пирамидальных поверхностей, для призматических она находится в бесконечности;

грань – часть плоскости, ограниченная одним участком направляющей AB , BC , CD и крайними положениями образующей относительно этого участка;

ребро – линия пересечения смежных граней.

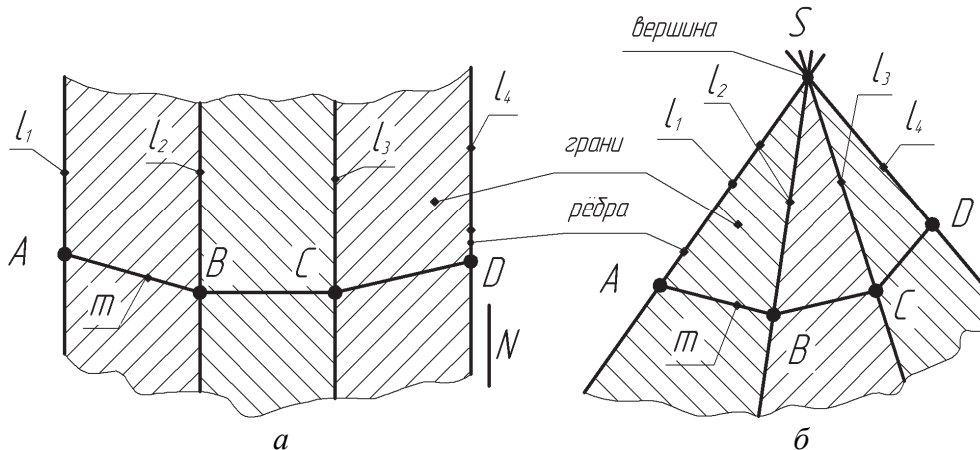


Рис. 2.1

Замкнутые гранные поверхности, образованные некоторым числом граней (более трех), называются многогранниками.

Призма – геометрическая фигура, ограниченная призматической поверхностью и двумя параллельными плоскостями. При этом призматическая поверхность называется боковой поверхностью, а параллельные плоскости – верхним и нижним основаниями (рис. 2.2, а).

Пирамида – геометрическая фигура, ограниченная пирамидальной поверхностью и плоскостью, пересекающей все образующие. При этом пирамидальная поверхность называется боковой поверхностью, а плоскость – нижним основанием (рис. 2.2, б).

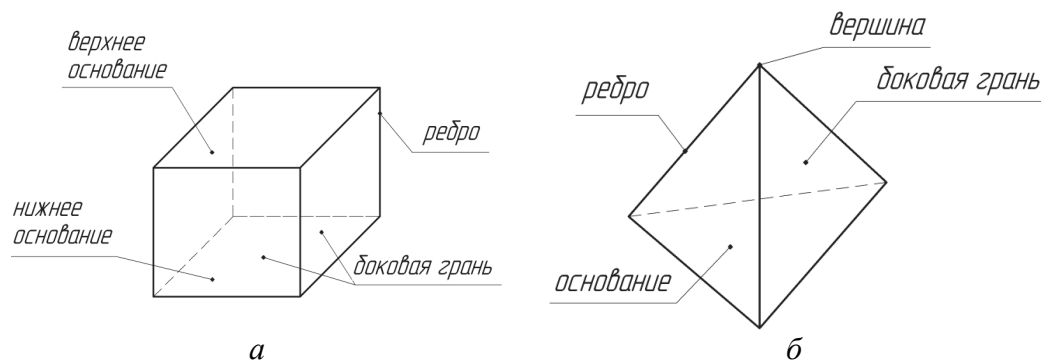


Рис. 2.2

2.2. Ортогональные проекции призмы и пирамиды

Грани призм и пирамид ограничиваются ребрами, являющимися прямолинейными отрезками, пересекающимися между собой. Поэтому построение чертежей данных многогранников сводится к построению проекций точек (вершин) и отрезков прямых – ребер.

На рис. 2.3 представлен комплексный чертеж призмы и пирамиды, который задается проекциями ее вершин и ребер с учетом их видимости.

Любую точку на гранной поверхности можно построить с помощью координаты Y_A (рис. 2.3, а), Y_C (рис. 2.3, б), с помощью образующей, проходящей через эту точку, и координаты Y_D (рис. 2.3, в) или с помощью линии, которая параллельна стороне основания, проходящей через данную точку и координаты Y_F (рис. 2.3, г).

Пример выполнения задания № 1 приведен на рис. 2.4 и 2.5.

При выполнении задания необходимо иметь в виду, что точки, лежащие на гранной поверхности, при проецировании на плоскости проекций находятся на проекциях граней (на рис. 2.4 точки 3 и 7) или ребер (на рис. 2.4 точки 1, 2, 4, 5, 6).

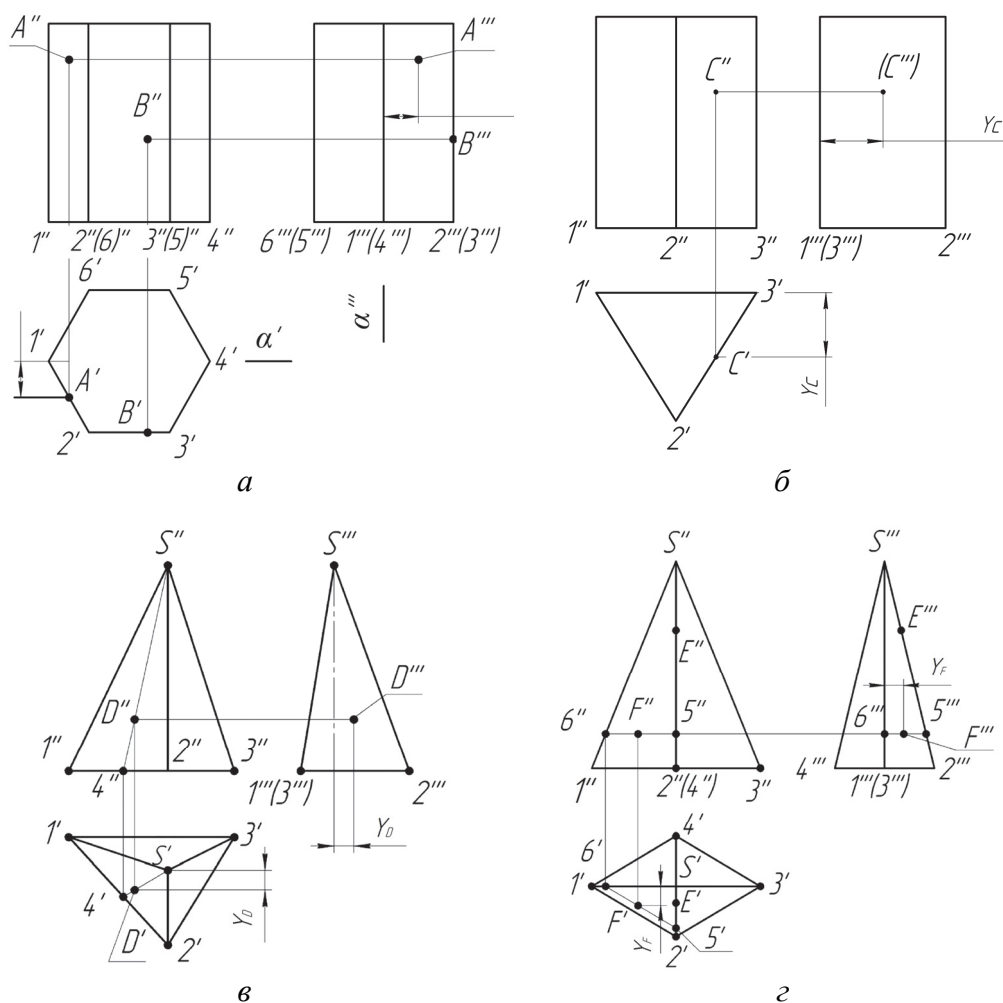


Рис. 2.3

При определении проекций точек, принадлежащих призматической поверхности (рис. 2.4), горизонтальные проекции находятся на основании призмы, а профильные – на пересечении линий связи с профильными проекциями соответствующих ребер (граней), которым принадлежат точки.

При нахождении проекций точек (рис. 2.4) необходимо учитывать, что все видимые на фронтальной проекции точки лежат ниже горизонтальной оси на горизонтальной плоскости проекций (проекции точек $1'$, $2'$, $3'$, $4'$ и $5'$), а все невидимые на фронтальной проекции точки лежат выше этой оси (проекции точек $6'$ и $7'$). Все видимые проекции точек на профильной проекции лежат левее вертикальной оси на горизонтальной плоскости проекций (проекции точек $1'''$ и $2'''$), а невидимые – правее этой оси (проекции точек $3'''$, $4'''$, $5'''$, $6'''$ и $7'''$).

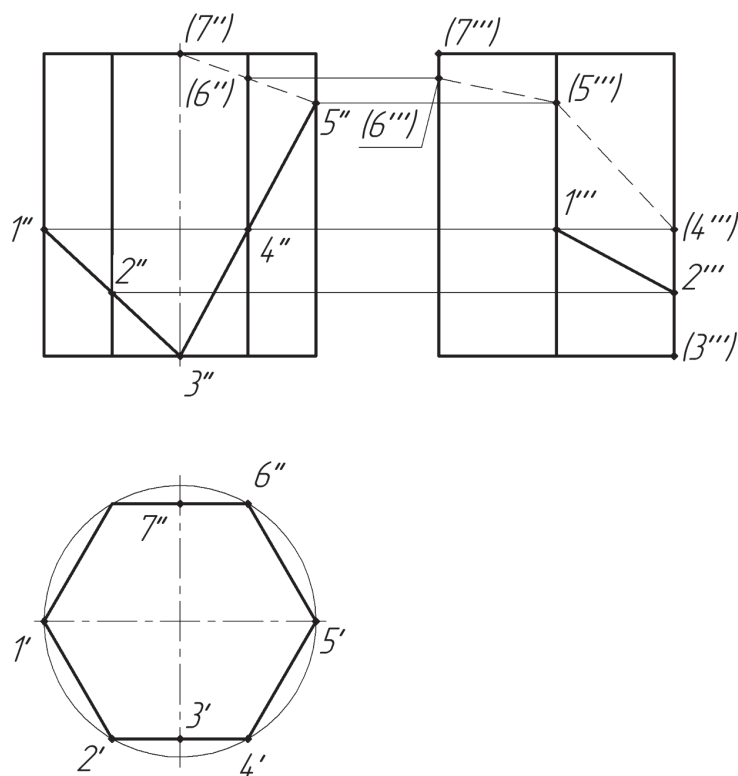


Рис. 2.4

Нахождение проекций точек, лежащих на поверхности пирамиды (рис. 2.5), осуществляется двумя способами:

1. При помощи образующей, проведенной через вершины пирамиды и точку.

В приведенном примере на рис. 2.5 по данному способу найдем горизонтальную проекцию точки I . Через фронтальные проекции вершины S (S'') и точки I (I'') проведена образующая $S''I''$ до пересечения с основанием пирамиды в точке A'' . По вертикальной линии связи находится горизонтальная проекция точки A (A'). Фронтальная проекция точки I'' видима, поэтому линия связи проведена до пересечения с видимой стороной основания пирамиды.

Соединяем прямой линией проекции точек A' и S' , а затем из проекции I'' проводим линию связи до пересечения с прямой $A'S'$. В точке пересечения прямой $A'S'$ и линии связи находится горизонтальная проекция I' .

2. При помощи горизонтальной плоскости уровня, проведенной через точку.

В примере (рис. 2.5) таким образом построена горизонтальная проекция точки I' . Горизонтальная плоскость уровня f (обозначена

следом f'') проведена через фронтальную проекцию точки $1''$ и пересекает фронтальную проекцию ребра призмы в точке B'' . Из точки B'' проводим вертикальную линию связи до пересечения с горизонтальной проекцией ребра в точке B' . Из точки B' проводим линию, параллельную основанию, до пересечения с вертикальной линией связи, проведенной из фронтальной проекции $1''$. В точке пересечения этих линий находится горизонтальная проекция $1'$.

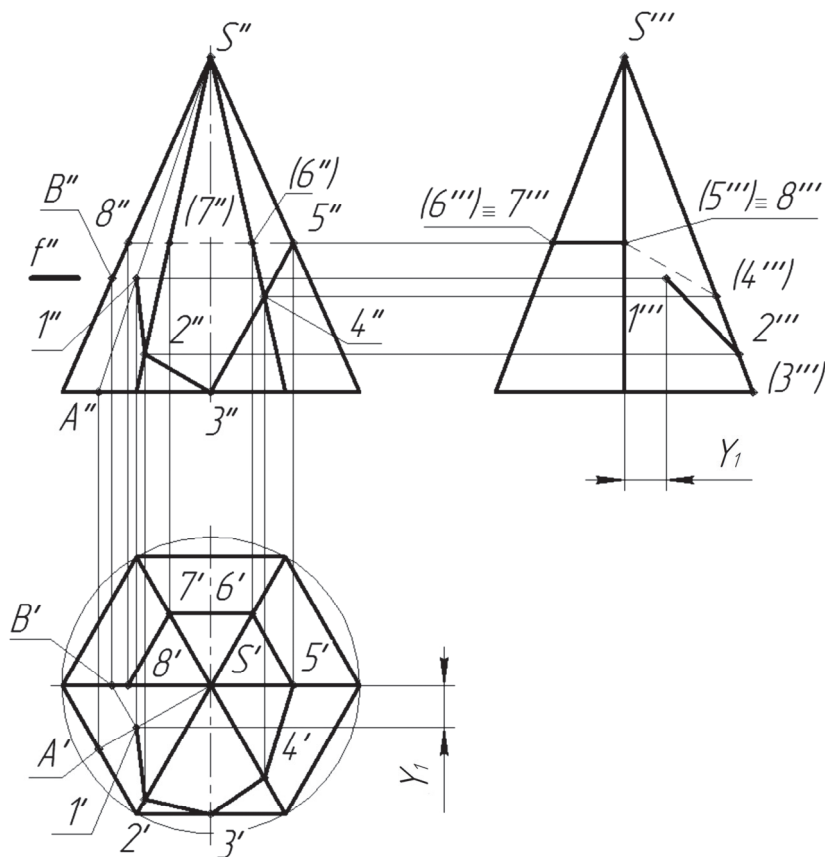


Рис. 2.5

Соединив последовательно одноименные проекции точек прямыми линиями, получим проекции отрезков прямых на фронтальной и горизонтальной плоскостях проекций.

Профильные проекции точек и отрезков прямых находим с использованием линий связи и постоянной Монжа (или координаты Y).

3. ТОЧКА И ЛИНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ

Условие графического задания № 2. Построить недостающие проекции точек и линий на заданных поверхностях вращения. Варианты заданий см. в приложении 2.

3.1. Образование поверхности вращения

Поверхности вращения – поверхности, образованные вращением линии (образующей) вокруг прямой (оси вращения i).

При образовании поверхности вращения (рис. 3.1) любая точка образующей описывает в пространстве окружность. Эти окружности называют **параллелями**. Плоскости параллелей всегда перпендикулярны к оси вращения. Параллель наименьшего диаметра называется **горлом**, а наибольшего – **экватором**. Линии пересечения поверхности вращения с плоскостью, проходящей через ось вращения i , называются **меридианами**. Меридиан, расположенный в плоскости, параллельной π_2 , называется **главным**. В поверхности вращения все меридианы равны между собой.

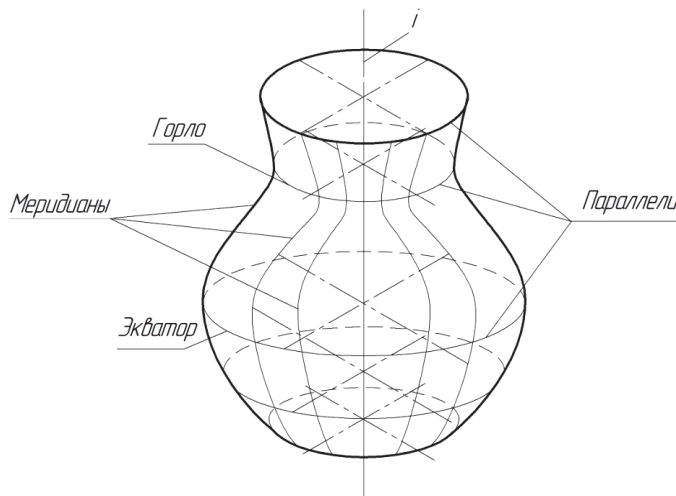


Рис. 3.1

Если у поверхности вращения образующая – прямая линия, то получаем линейчатую поверхность вращения, например коническую, а если кривая, то нелинейчатую, например сферу.

Цилиндрическая поверхность вращения (рис. 3.2, а) – поверхность, образованная вращением прямолинейной образующей

вокруг параллельной ей прямой – оси i . Все точки образующей l (например, точка A) описывают окружности (параллели), равные окружностям оснований цилиндра.

Коническая поверхность вращения (рис. 3.2, б) – поверхность, образованная вращением прямолинейной образующей вокруг пересекающейся с ней прямой – оси i . Все точки образующей l описывают окружности различных радиусов (для точки A – радиус R_a). Величина радиуса изменяется от нуля до радиуса основания конуса.

Сфера (рис. 3.2, в) – поверхность, образованная вращением окружности вокруг ее диаметра. Точки образующей окружности описывают окружности переменных радиусов. Точка A описывает параллель наибольшего радиуса (экватор). Для сферы экватор и меридианы – равные между собой окружности.

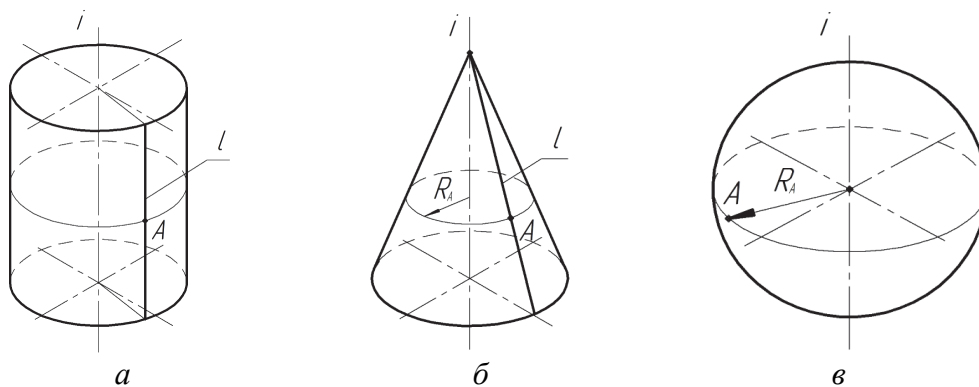


Рис. 3.2

3.2. Точки и линии на поверхности вращения

Для нахождения недостающей проекции точки, принадлежащей поверхности вращения, необходимо построить какую-либо линию на заданной поверхности, проходящую через заданную проекцию точки, построить проекцию вспомогательной линии, а затем построить искомую проекцию точки. В качестве таких линий могут быть выбраны образующие, параллели, меридианы и др.

В ряде случаев, если поверхность тела проецирующая, т. е. перпендикулярна к одной из плоскостей проекций, отсутствующие на чертеже проекции точек могут быть найдены без дополнительных построений.

Рассмотрим примеры построения точек, расположенных на цилиндре, конусе и сфере.

Все точки, расположенные на поверхности цилиндра (рис. 3.3, а), на горизонтальной проекции поверхности распределяются по основанию (окружности) цилиндра. Горизонтальные проекции точек строим с учетом видимости, проводя из фронтальных проекций точек вертикальные линии связи до пересечения с окружностью (горизонтальной проекцией цилиндра). Профильные проекции точек определяем, откладывая по горизонтальным линиям связи соответствующие координаты Y , измеренные в горизонтальной плоскости проекций.

При нахождении проекций точек, расположенных на поверхности конуса, необходимо пользоваться одним из рассмотренных ниже способов.

Способ образующих. Проводим из вершины конуса образующую через проекцию точки $2''$ до ее пересечения с основанием конуса на фронтальной проекции точки $3''$ (рис. 3.3, б). Затем с учетом видимости находим горизонтальную проекцию точки $3'$ в месте пересечения вертикальной линии связи с основанием конуса на горизонтальной проекции. Через проекции вершины S' и точки $3'$ проводим горизонтальную проекцию образующей $S'3'$. Из точки $2''$ проводим вертикальную линию связи до пересечения с образующей $S'3'$. Точка пересечения $2'$ линии связи с проекцией образующей $S'3'$ и будет искомой точкой.

Способ плоскостей уровня. В зависимости от вида поверхности (конус – рис. 3.3, в или сфера – рис. 3.3, г) в сечении ее плоскостью частного положения образуется окружность. Проекция искомой точки лежит на окружности (учитывается видимость точки).

Рассмотрим пример нахождения горизонтальной проекции точки 2 для конуса и точки 1 для сферы.

При пересечении конуса (рис. 3.3, в) и сферы (рис. 3.3, г) плоскостями уровня α в сечении образуются окружности. Радиус окружности равен расстоянию от оси конуса или сферы до точки пересечения следа плоскости α с образующей. На горизонтальной проекции поверхностей указанным радиусом проводится дуга (вычерчивать всю окружность нет необходимости) выше или ниже горизонтальной оси (с учетом видимости точек). Из фронтальных проекций точки $2''$ проводятся вертикальные линии связи до пересечения с дугами. Точка пересечения дуги и линии связи и будет искомой проекцией $2'$. Невидимые проекции точек заключены в круглые скобки ($2'$ на конусе, $1'$ и $3'''$ на сфере).

Прямые линии, проведенные на одной из проекций поверхности вращения, на других проекциях превращаются в кривые линии. Для их построения обычно используются промежуточные точки (чем их больше, тем точнее будут построены проекции). Найденные проекции точек соединяются с помощью лекала плавными линиями.

При нахождении проекций точек на сфере используется только метод секущих плоскостей уровня.

Необходимо обратить внимание, что профильные проекции линий, лежащих на поверхности цилиндра, а также горизонтальные и профильные проекции линий, лежащих на поверхности конуса и сферы – кривые линии. Поэтому при построении проекций линий на фронтальной проекции фиксируются опорные точки, лежащие на образующих и оси вращения, затем задаются промежуточные точки (в количестве не менее четырех).

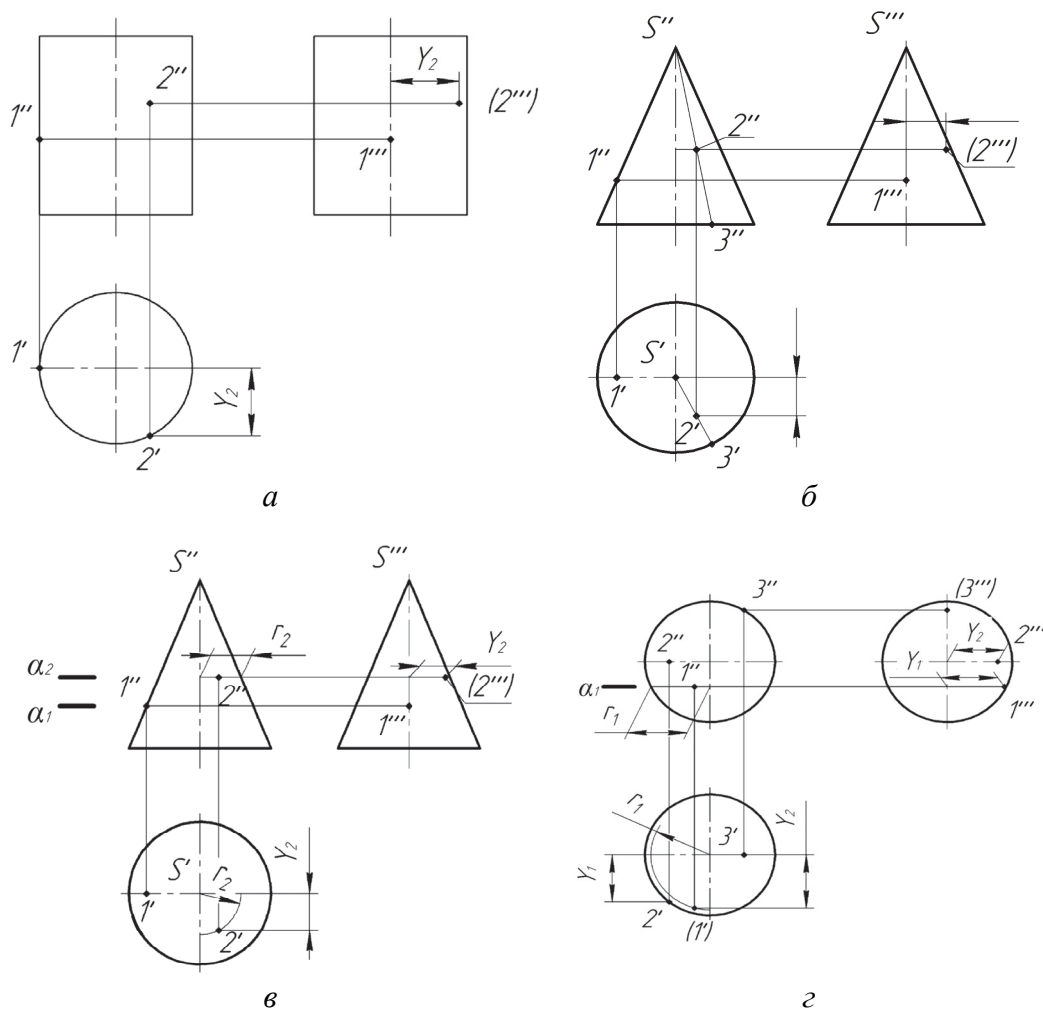


Рис. 3.3

Примеры выполнения задания № 2 приведены на рисунках 3.4–3.6.

На горизонтальной проекции цилиндрической поверхности (рис. 3.4) проекции точек расположены на окружности (так как боковая поверхность перпендикулярна основанию). Нахождение горизонтальных и профильных проекций точек отражено на рис. 3.3, *а*.

На конической поверхности (рис. 3.5) горизонтальные проекции точек построены с использованием образующих (рис. 2.3, *б*) или секущих плоскостей уровня (рис. 2.3, *в*).

На сферической поверхности (рис. 3.6) горизонтальные проекции точек построены с помощью секущих плоскостей уровня (рис. 2.3, *г*).

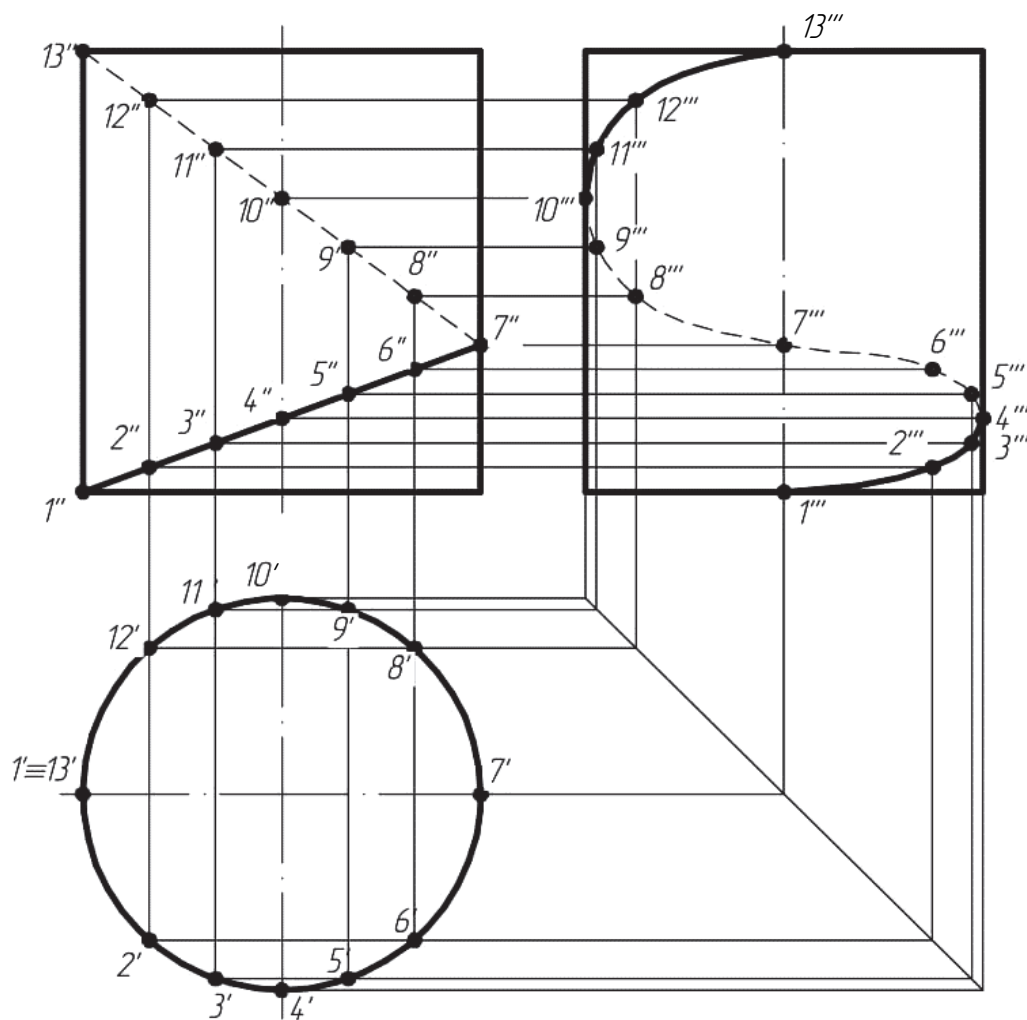


Рис. 3.4

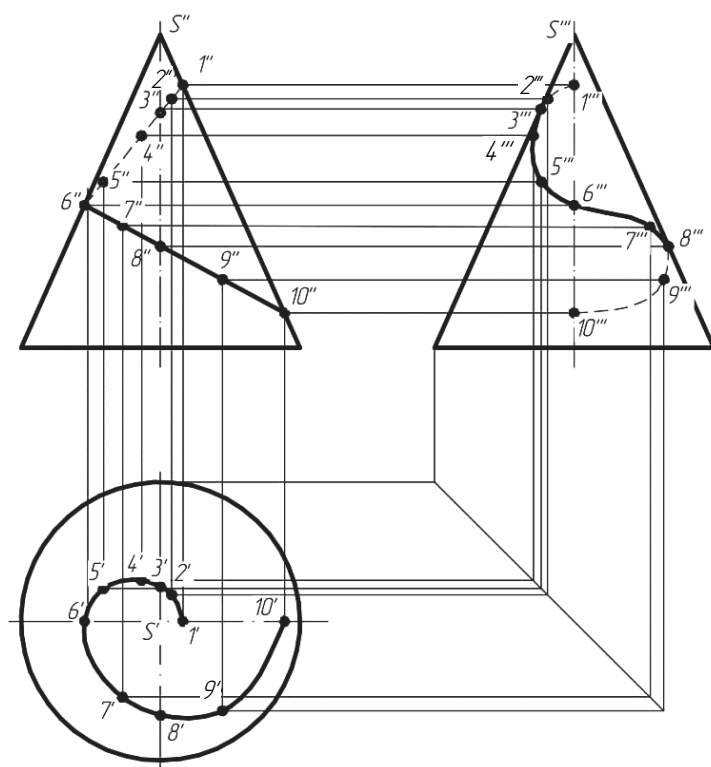


Рис. 3.5

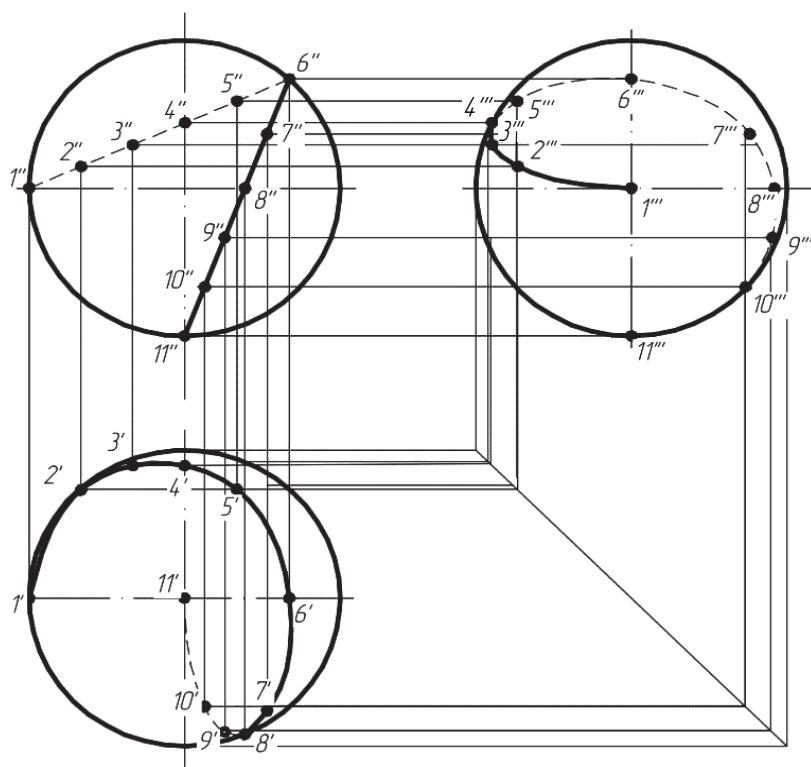


Рис. 3.6

4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛОСКОСТЯМИ ЧАСТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ

Условие графического задания № 3. Построить недостающие сечения заданной поверхности плоскостями частного положения. Варианты заданий см. в приложении 3.

4.1. Пересечение гранных поверхностей плоскостью

В сечении поверхности плоскостью получается линия, которую строят по отдельным точкам. В общем случае строят точки пересечения образующих поверхности с секущей плоскостью, т. е. находят точки пересечения прямой с плоскостью. Для построения линии пересечения поверхности с плоскостью применяют вспомогательные плоскости. При подборе вспомогательных секущих плоскостей надо стремиться к упрощению построений, т. е. целесообразно применять в качестве вспомогательных плоскостей плоскости частного положения или общего, дающие простые сечения.

При пересечении гранной поверхности плоскостью в сечении образуется плоская замкнутая фигура – плоский многоугольник. Вершинами этого многоугольника являются точки пересечения ребер многогранника с секущей плоскостью, а сторонами – линии пересечения граней многогранника с секущей плоскостью.

На рис. 4.1 показана пирамида, рассеченная фронтально-проецирующими плоскостями. Необходимо построить проекции сечений на горизонтальной и профильной плоскостях проекции.

Обозначим на фронтальной проекции точки пересечения секущих плоскостей с ребрами пирамиды $1''$, $2''$, $4''$ и $5''$. Проекцию точки пересечения плоскостей между собой обозначим $3''$.

Горизонтальные проекции точек $1'$ и $5'$ находим, проводя вертикальные линии связи до пересечения с проекциями ребер, которым данные точки принадлежат. Горизонтальные проекции точек $2'$ и $4'$ находим после построения профильных проекций $2'''$ и $4'''$. Затем измеряем в профильной плоскости проекций координату Y для соответствующих точек и откладываем данную координату по горизонтальной проекции ребра от проекции вершины пирамиды. Горизонтальную проекцию точки 3 находим путем проведения образующей через S'' и проекцию точки $3''$.

Профильные проекции точек $1'''$, $3'''$ и $5'''$ находим с использованием координаты Y для соответствующих точек, измеряя их в горизонтальной плоскости проекций и откладывая по горизонтальным линиям связи в профильной плоскости проекций (пример построения показан для проекции точки 3). Соединив найденные проекции точек на горизонтальной и профильной проекциях прямыми линиями, получим проекции искомых сечений.

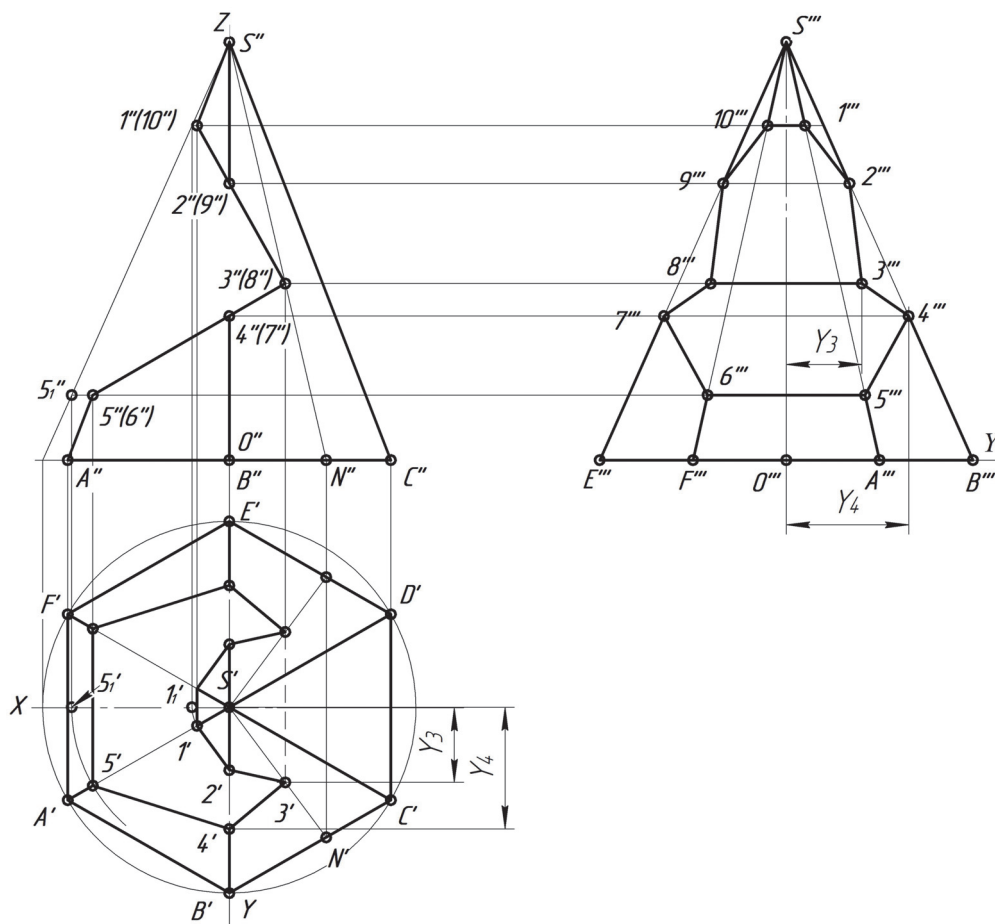


Рис. 4.1

На рис. 4.2 представлена трехгранная призма, рассеченная профильными плоскостями уровня (точки 1, 2, 3, 4), фронтально-проецирующей плоскостью (точки 2 и 3), а также горизонтальной плоскостью уровня (точки 4 и 5). Необходимо построить горизонтальную и профильную проекции призмы.

Так как грани призмы перпендикулярны горизонтальной плоскости проекций, все точки, лежащие на поверхности этих граней, располагаются на сторонах горизонтальной проекции основания

призмы. Горизонтальные проекции точек определяются в точках пересечения вертикальных линий связи с соответствующими проекциями граней.

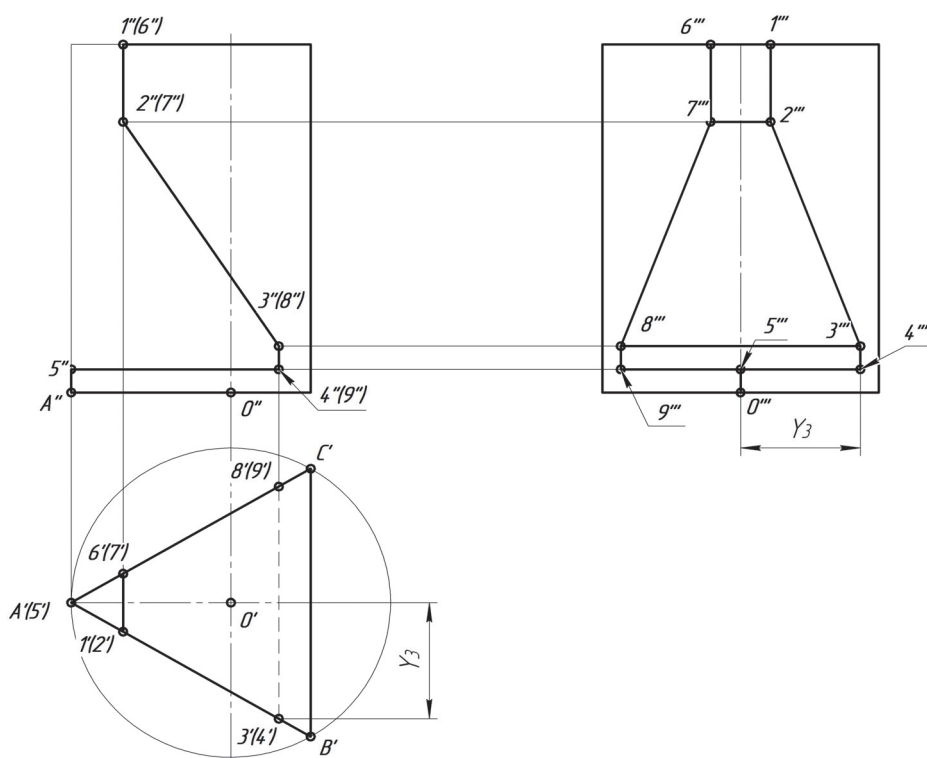


Рис. 4.2

Профильные проекции точек находят с использованием координаты Y для соответствующих точек, измеряя их в горизонтальной плоскости проекций и откладывая по горизонтальным линиям связи в профильной плоскости проекций (пример построения показан для проекции точки 3).

4.2. Пересечение поверхностей вращения плоскостью

Основным способом построения точек линии пересечения поверхности вращения с плоскостью является способ вспомогательных секущих плоскостей, пересекающих данную поверхность по некоторым линиям, которые должны быть графически простыми – прямыми или окружностями. Точки пересечения этих линий, являясь общими для поверхности вращения и секущей плоскости, будут точками искомой линии пересечения.

4.2.1. Пересечение цилиндрической поверхности плоскостью. Вид линии пересечения цилиндрической поверхности плоскостью частного положения зависит от положения секущей плоскости относительно оси вращения. При пересечении прямого кругового цилиндра плоскостью частного положения P в сечении образуется:

- **прямоугольник**, если секущая плоскость параллельна оси цилиндра (рис. 4.3, а);
- **окружность**, если секущая плоскость перпендикулярна к оси цилиндра (рис. 4.3, б);
- **эллипс**, если секущая плоскость наклонена к оси цилиндра (рис. 4.3, в).

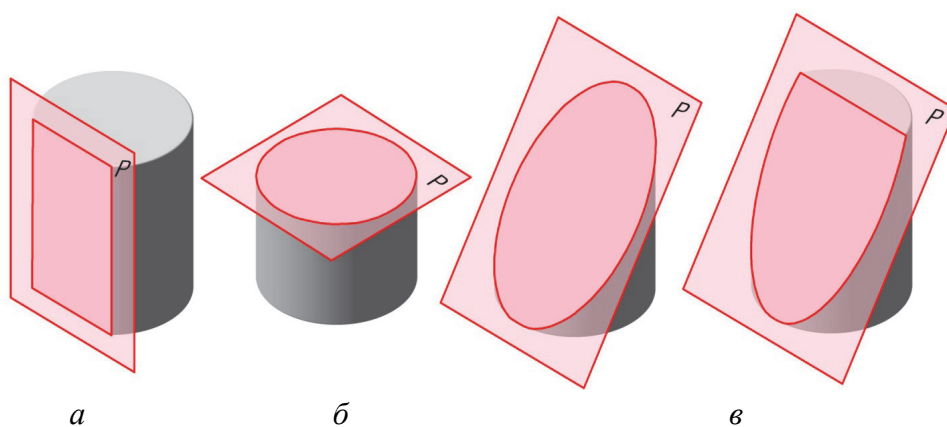


Рис. 4.3

На рис. 4.4 представлен комплексный чертеж цилиндра, рас-сеченного тремя плоскостями частного положения – горизонтальной плоскостью уровня, фронтально-проецирующей и профильной плоскостью уровня.

Во фронтальной плоскости проекций намечаем опорные точки $1''$, $2''$, $4''$, $6''$ и $7''$. Учитывая, что на участке $2''$, $4''$, $6''$ линии сечения поверхности цилиндра фронтально-проецирующей плоскостью представляют части эллипса, необходимо для их точного построения использовать кроме опорных и промежуточные точки $3''$ и $5''$. Горизонтальные проекции точек находим при помощи вертикальных линий связи в точках их пересечения с окружностью основания цилиндра (видимые – ниже горизонтальной оси симметрии, невидимые – выше).

Профильные проекции точек находятся с использованием координаты Y для соответствующих точек, измеряя их в горизонтальной

плоскости проекций и откладывая по горизонтальным линиям связи в профильной плоскости проекций (пример построения показан для проекции точки b).

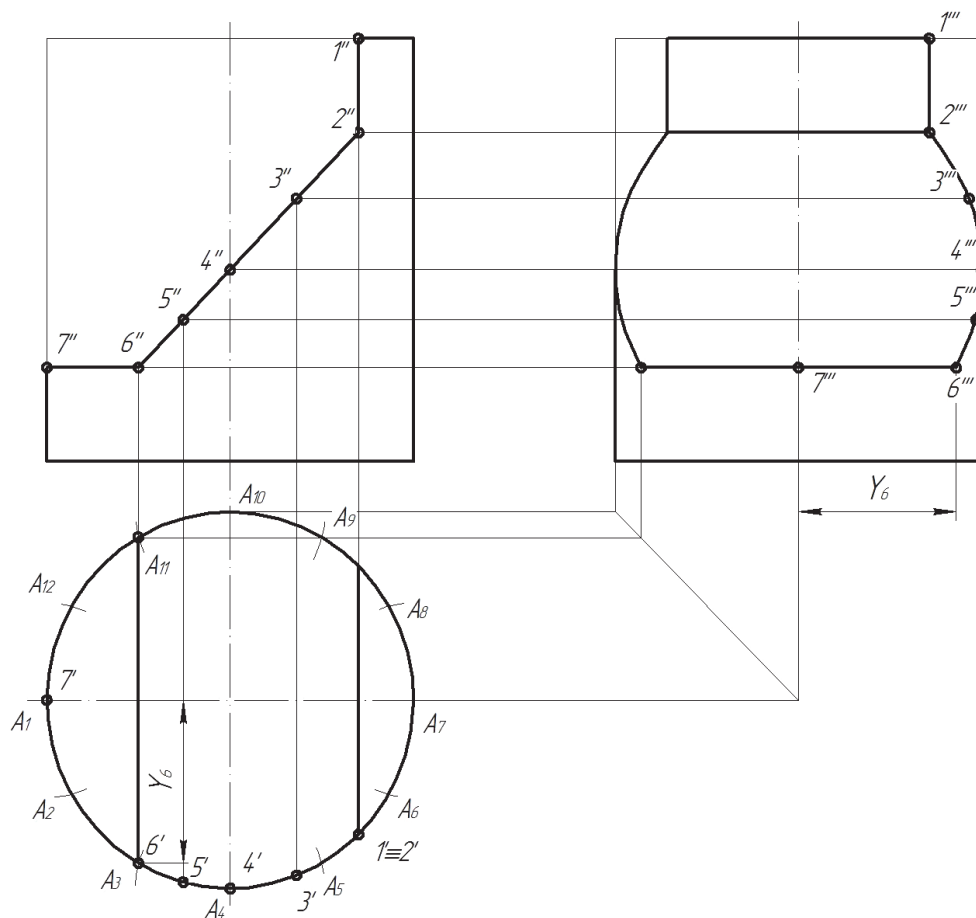


Рис. 4.4

4.2.2. Пересечение конической поверхности плоскостью.

При пересечении прямого кругового конуса плоскостью P в сечении получают различные линии:

- **окружность**, если секущая плоскость перпендикулярна к оси конуса (рис. 4.5, а);
- **эллипс**, если секущая плоскость наклонена к оси и пересекает образующие конуса (рис. 4.5, б);
- **треугольник**, если секущая плоскость проходит через вершину конуса (рис. 4.5, в);
- **парабола**, если секущая плоскость параллельна одной из образующих (рис. 4.5, г);
- **гипербола**, если секущая плоскость параллельна двум образующим (рис. 4.5, д).

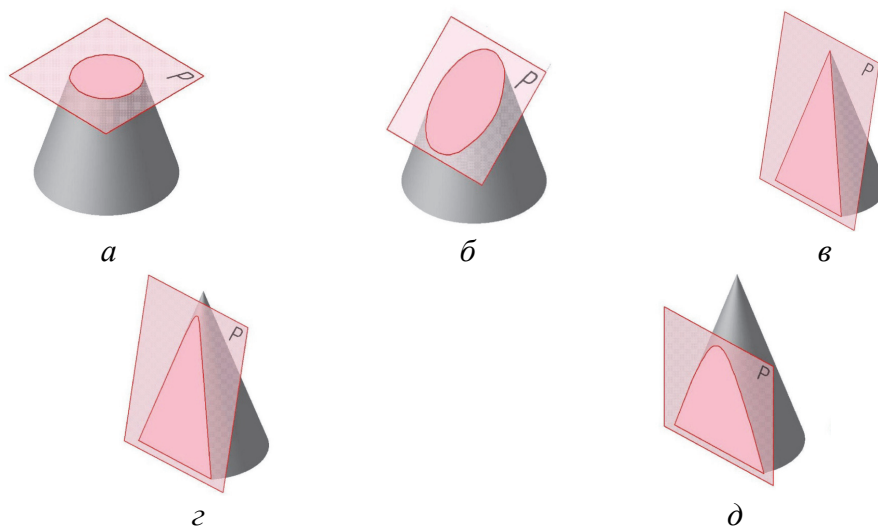


Рис. 4.5

На рис. 4.6 представлен конус, рассеченный тремя плоскостями частного положения – горизонтальной и профильной плоскостями уровня и фронтально-проецирующей плоскостью.

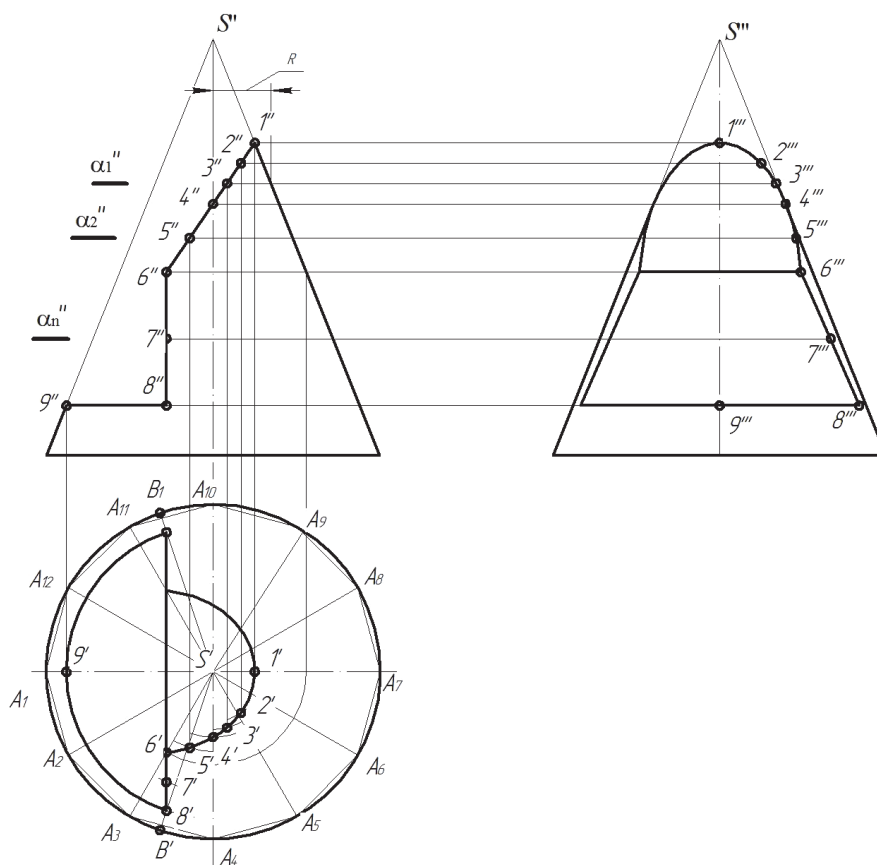


Рис. 4.6

Во фронтальной плоскости проекций намечаем опорные точки $1''$, $3''$, $6''$, $8''$ и $9''$. На участке $1'' - 6''$ и $6'' - 8''$ для точного построения линии необходимо использовать и промежуточные точки $2''$, $4''$ и $7''$.

Точки 1 и 9 лежат на очерковых образующих конуса, и их горизонтальные проекции находят с помощью вертикальных линий связи. Горизонтальные проекции точек $2'$, $3'$, $4'$, $5'$, $6'$, $7'$ и $8'$ находят с помощью секущих горизонтальных плоскостей уровня, проведенных через фронтальные проекции этих точек. При рассечении конуса плоскостью уровня в сечении образуется окружность, радиус которой равен расстоянию от оси вращения конуса до точки пересечения следа плоскости с очерковой образующей конуса. В горизонтальной проекции выполняются засечки радиусами окружностей сечения, и на каждую из них из соответствующей фронтальной проекции точки проводится вертикальная линия связи.

Профильные проекции точек находят с использованием координаты Y для соответствующих точек, измеряя их в горизонтальной плоскости проекций и откладывая по горизонтальным линиям связи в профильной плоскости проекций (пример построения показан для проекции точки 8).

5. РАЗВЕРТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР

Условие графического задания № 4. Построить развертку боковой поверхности геометрической фигуры, приведенной в графическом задании № 3.

5.1. Построение развертки боковой поверхности пирамиды

Для построения развертки боковой поверхности пирамиды (рис. 5.1) выбирается в произвольном месте формата точка S_0 , из которой радиусом, равным действительному размеру ребра пирамиды (на профильной проекции ребра $B'''S'''$ и $E'''S'''$), проводим дугу. Разрезание боковой поверхности выполняется по ребру AS . Выбираем на дуге произвольную точку A и откладываем от нее последовательно шесть сторон шестигранника (проекции $A'B'$). Полученные точки $A_0, B_0, C_0, D_0, E_0, F_0$ и еще раз A_0 соединяются с точкой S_0 тонкими линиями. Для построения выреза на развертке необходимо определить действительное удаление точек 1, 2, 3, 4 и 5 от вершины S . Для точек 2 и 5 это размеры отрезка $S'''2'''$ и $S'''4'''$ (рис. 4.1). Точки 1 и 5, лежащие на ребре AS , и точка 3, лежащая на образующей SN , не могут быть перенесены на развертку, так как ребро AS и образующая SN проецируются на плоскости проекций с искажением. Действительное расстояние данных точек от вершины определяют способом вращения ребра AS и образующей SN вокруг горизонтально-проецирующей прямой (пример приведен для точек 1 и 5).

Соединив построенные точки $S_0, 1_0, 2_0, 3_0, 4_0, 5_0$ и A_0 , получим развертку боковой поверхности пирамиды.

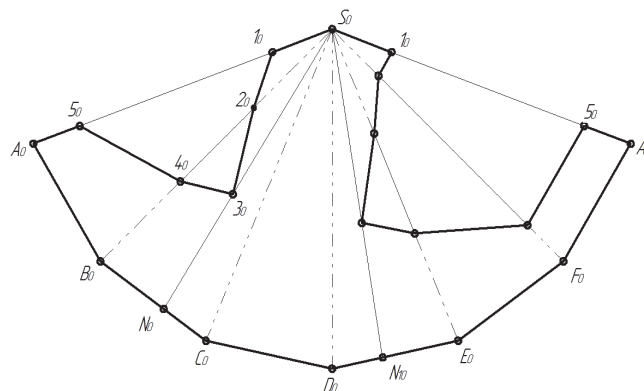


Рис. 5.1

5.2. Построение развертки боковой поверхности призмы

Развертка боковой поверхности призмы (рис. 4.2) – это прямоугольник с высотой, равной высоте призмы, и длиной, равной длине трех сторон треугольника (AB , BC и CA). Разрезание боковой поверхности выполняем по ребру A . Из точек A_0 , B_0 и C_0 (рис. 5.2) проводят вертикальные тонкие линии, на которых откладывается высота ребер призмы. Полученные точки соединяются тонкой линией. Далее находится положение точек 1, 2, 3, 4 и 5 на развертке. Точка 5 лежит на ребре A на высоте, равной длине отрезка $A''5''$ на фронтальной проекции. Точки 4 и 9 лежат на той же высоте от основания призмы на расстоянии, равном $4'B'$ и $9'C'$ от ребер B и C . Положение точек 3 и 8 на развертке определяют аналогично 4 и 9 с учетом высоты, равной расстоянию от основания призмы до точек $3''$ и $8''$ соответственно.

Точки 1 и 6 лежат на верхней линии развертки на расстоянии $A'I'$ и $A'6'$ от ребра A . Положение точек 2 и 7 на развертке определяют аналогично 1 и 6, с учетом высоты, равной расстоянию от основания призмы до $2''$ и $7''$. Соединив найденные точки, получим развертку боковой поверхности призмы.

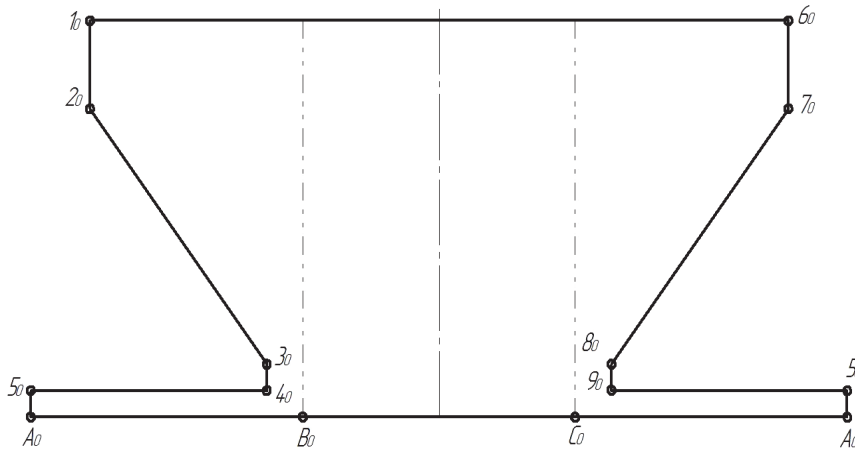


Рис. 5.2

5.3. Построение развертки боковой поверхности цилиндра

Для построения развертки боковой поверхности цилиндра с вырезом (рис. 4.4) основание цилиндра (окружность) делим на 12 равных частей. На горизонтальной линии (рис. 5.3) откладываем

двенадцать отрезков, равных расстоянию между двумя смежными точками, на которые разделена окружность. Из построенных точек на развертке проводим тонкие вертикальные линии, высота которых принимается равной высоте цилиндра. На соответствующих вертикальных линиях откладываем отрезки, равные высоте каждой точки $1, 2, \dots, 7$ от основания цилиндра.

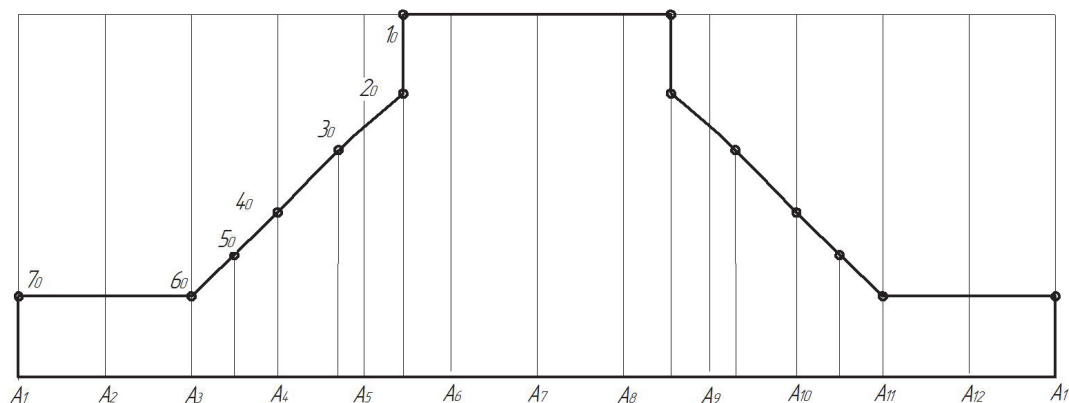


Рис. 5.3

Если горизонтальная проекция искомой точки не совпадает с точкой A , то определяется ее расстояние от ближайшей базовой точки, которое переносится на горизонтальную линию развертки (точки $1, 2$ и 5). Из полученных засечек проводятся вертикальные линии, на которых откладываются высоты проекций точек $1'', 2''$ и $5''$.

5.4. Построение развертки боковой поверхности конуса

Для построения развертки боковой поверхности конуса с вырезом (рис. 4.6) основание конуса (окружность) делим на 12 равных частей. Выбираем произвольно точку S_0 (рис. 5.4). Из точки S_0 радиусом, равным длине образующей конуса, проводим дугу. Откладываем двенадцать хорд, полученных в результате деления основания конуса на двенадцать равных частей. Полученные точки A_1, A_2, A_3 и т. д. соединяются тонкими линиями с точкой S_0 . Далее переносим точки с горизонтальной и фронтальной проекций конуса (рис. 4.6) на чертеж развертки (рис. 5.4).

Точка 9 лежит на образующей конуса (на развертке на линии S_0A_1) и находится путем отложения на них от точек A отрезков, равных

расстоянию от S'' до точки $9''$ (измеряется на фронтальной проекции по длине образующей).

Для построения точки 8 необходимо на горизонтальной проекции конуса провести прямую линию через вершину конуса S' и проекции точки $8'$ и $8_1'$, найти ее пересечение с основанием конуса (точки B' и B_1'). Далее замеряем расстояния от ближайших точек A_3 и A_{11} до точек B' и B_1' и переносим эти расстояния на развертку. В рассматриваемом случае это отрезки $A_3'B'$ и $A_{11}'B_1'$. Точки B' и B_1' на развертке соединяем прямыми с точкой S_0 . Из точки S_0 радиусом, равным отрезку $S''9''$, проводим дуги до пересечения с линиями $B'S_0$ и $B_1'S_0$. В точках пересечения находим искомые точки 8_0 и 8_1 .

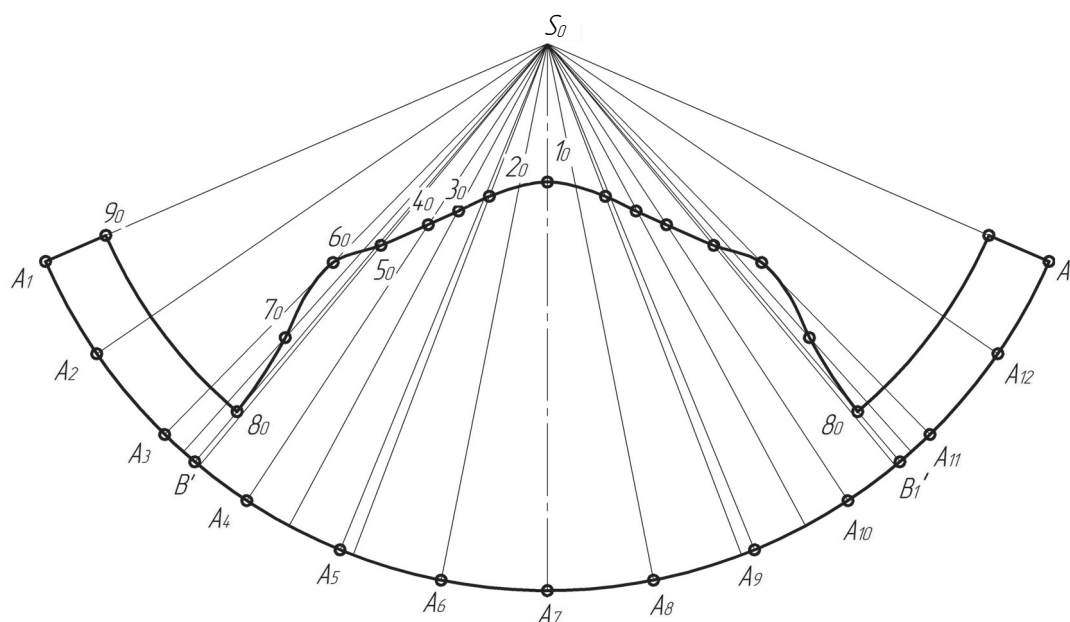


Рис. 5.4

Подобными же способами находится положение других точек на боковой поверхности развертки. Найденные точки соединяются с помощью лекала плавными линиями.

6. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР

Условие графического задания № 5. Построить аксонометрическую проекцию геометрической фигуры, приведенной в графическом задании № 3.

6.1. Прямоугольная изометрическая проекция

Аксонометрические оси в изометрии расположены под углом 120° друг к другу, причем ось oz располагается всегда вертикально.

Положение осей в изометрии показано на рис. 6.1. Графическое построение положения осей в изометрии приведено на рис. 6.2. На рис. 6.3 отражены ортогональная (а) и изометрическая (б) проекции точки А.

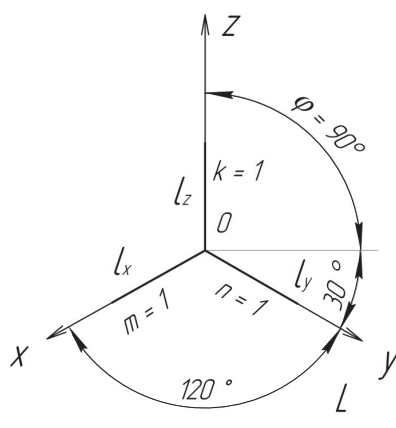


Рис. 6.1

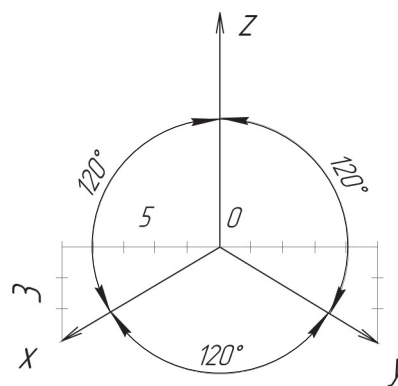


Рис. 6.2

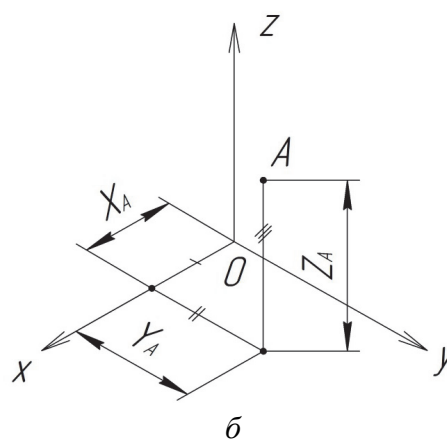
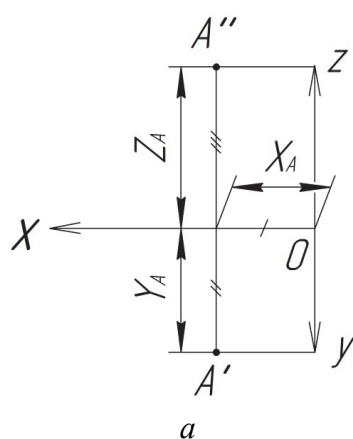


Рис. 6.3

Изометрическое изображение окружности. Окружности в аксонометрии изображаются в виде эллипсов, построение которых упрощается, если определены их оси. В прямоугольной изометрии координатные плоскости xoz , xoy , yoz равно наклонены к плоскости аксонометрических проекций, поэтому эллипсы, являющиеся проекциями окружностей, расположены в координатных плоскостях или плоскостях, им параллельных, будут тоже одинаковыми.

Если действительные коэффициенты искажения заменить приведенными, то большая ось эллипса будет равна $1,22d$, малая – $0,58d \times 1,22 = 0,71d$ (d – диаметр окружности). Проекции окружности на координатные плоскости xoy , xoz , yoz приведены на рис. 6.4.

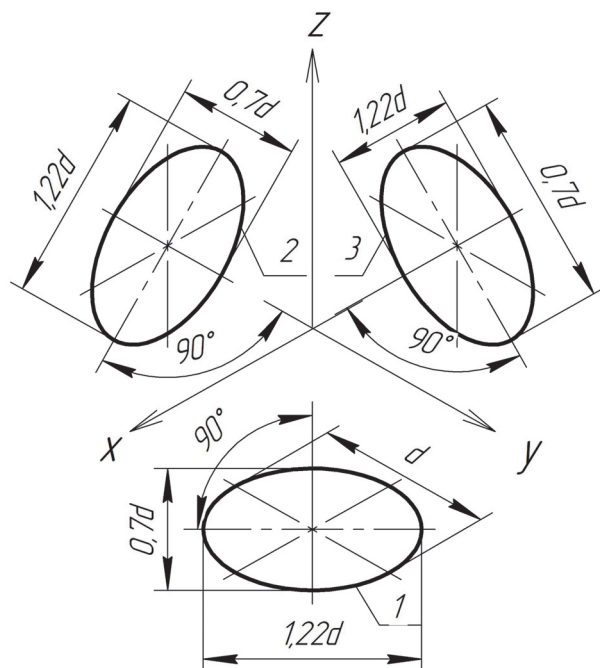


Рис. 6.4

6.2. Прямоугольная диметрическая проекция

Положение аксонометрических осей в прямоугольной диметрии приведено на рис. 6.5. Графическое построение положения аксонометрических осей показано на рис. 6.6.

Диметрическое изображение окружности. В прямоугольной диметрии плоскость аксонометрических проекций равно наклонена к двум координатным плоскостям, поэтому окружности, расположенные в двух координатных плоскостях $zoу$ и xoy (рис. 6.7),

дадут в аксонометрической проекции одинаковые эллипсы. Большая ось $AB = 1,06d$, малая ось $CD = 0,35d$. В плоскости xoz большая ось $AB = 1,06d$, а малая ось $CD = 0,95d$.

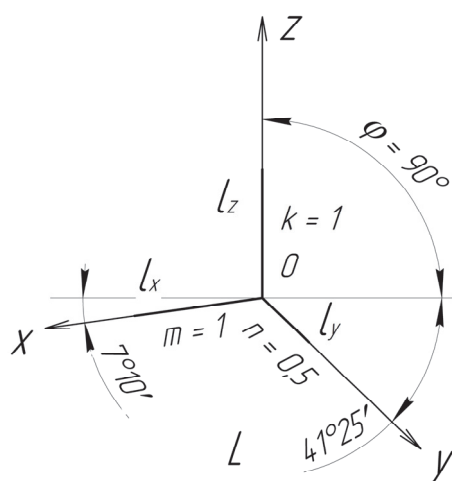


Рис. 6.5

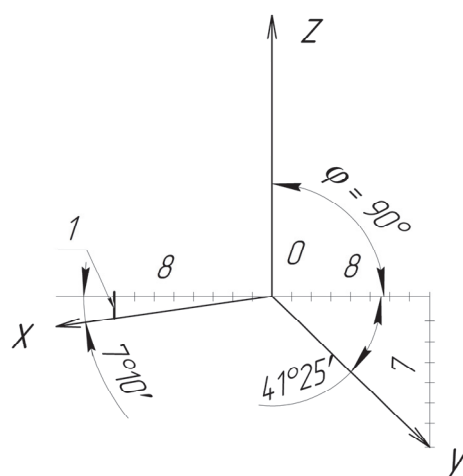


Рис. 6.6

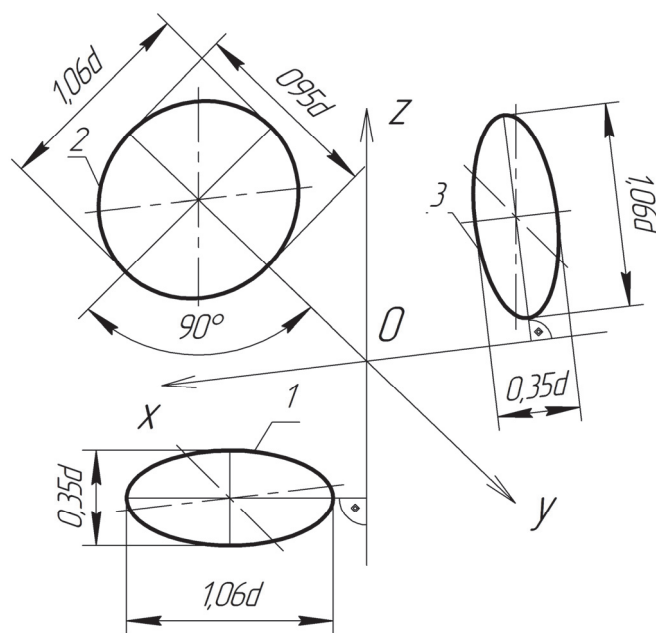


Рис. 6.7

6.3. Аксонометрические проекции многогранников

Аксонометрическая проекция призмы (рис. 6.8) выполняется в изометрической прямоугольной системе координат. На аксонометрическом чертеже ось X совпадает с горизонтальной осью на

горизонтальной проекции призмы (рис. 4.2), ось Y совпадает с вертикальной осью симметрии (на горизонтальной проекции), ось Z с вертикальными размерами на фронтальной и профильной проекциях. Центром координат является точка O пересечения осей X , Y и Z .

АксонOMETрический чертеж выполняется в последовательности. Строятся аксонOMETрические оси координат (рис. 6.8). На оси X и Y переносится с чертежа призмы (рис. 4.2) в тонких линиях основание призмы. На оси Z откладывается размер, равный высоте призмы, и строится верхнее основание призмы. Из точек 1 и 6 верхнего основания проводятся вертикальные линии, на которых откладывается отрезок $1''2''$ (с фронтальной проекции призмы), что позволяет определить положение точек 2 и 7 . Для нахождения точки 5 из вершины A нижнего основания призмы проводится вертикальная линия, на которой откладывается отрезок $A''5''$ (фронтальная проекция призмы).

Далее на оси X (от O вправо) откладывается размер, равный расстоянию от O' до $3'$ и $8'$ (рис. 4.2), и через полученную точку проводится линия, параллельная оси Y , до пересечения со сторонами основания призмы. Из полученных точек проводятся вертикальные линии, на которых откладываются отрезки, равные расстоянию от фронтальной проекции основания призмы до $4''$ и $3''$.

Отмечаются точки 3 , 4 , 8 и 9 на аксонOMETрическом чертеже.

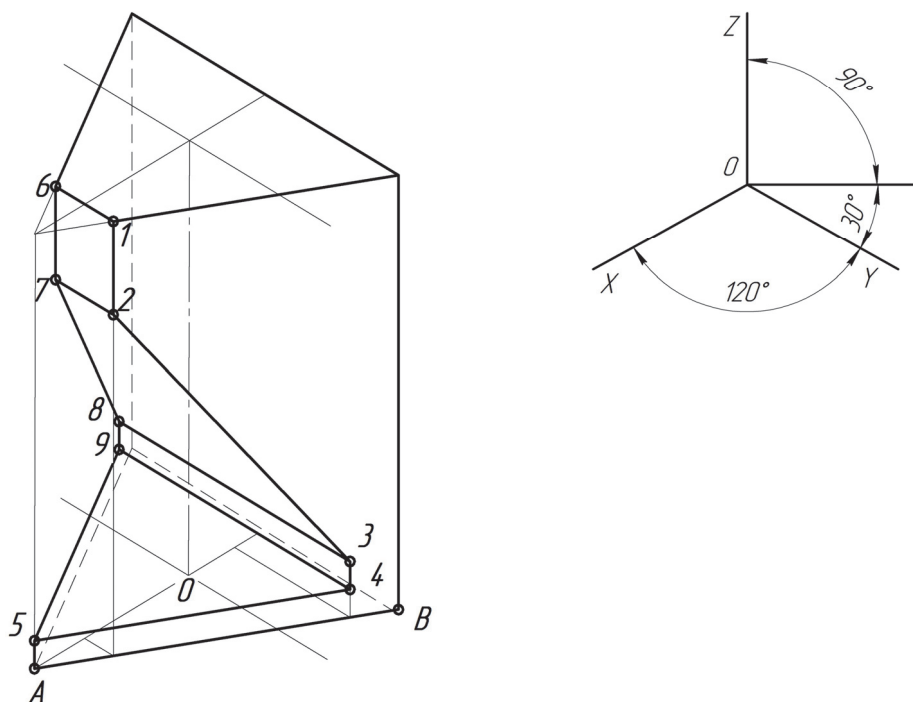


Рис. 6.8

После соединения найденных точек прямыми линиями получается аксонометрический чертеж призмы.

Аксонометрическая проекция пирамиды (рис. 6.9) вычерчивается в следующей последовательности. Вначале переносится ее основание (из рис. 4.1) на аксонометрические оси. Затем из центра основания по оси Z откладывается высота пирамиды, и тонкой линией соединяются вершины основания с вершиной пирамиды.

Для нахождения положения точки 5 на оси X аксонометрического чертежа (рис. 6.9) откладывается отрезок, равный расстоянию от S' до $5'6'$ (рис. 4.1). Через полученную точку проводится линия, параллельная оси Y , и откладываются на ней влево и вправо отрезки, равные половине длины $5'6'$. Из полученных точек проводятся вертикальные линии до пересечения с ребрами SA и SF , и находятся искомые точки.

На ребрах SB и SE лежат точки 4 и 7, которые находятся следующим образом. От точки O по оси Y влево и вправо откладываются отрезки, равные расстоянию от S' до $4'$ и $7'$ (рис. 4.1). Из полученных точек проводятся вертикальные линии до пересечения с ребрами SB и SE .

Точки 3 и 8 находятся по тому же алгоритму, что и точки 5 и 6, с той лишь разницей, что построения проводятся с правой стороны оси Y и от точки O откладываются отрезки, характеризующие положение точки (рис. 4.1). Точки 2 и 9 находятся по алгоритму нахождения точек 4 и 7 с отложением по осям X , Y и Z отрезков, характеризующих положение искомой точки. Точки 1 и 10 лежат на ребрах AS и FS , и их нахождение не вызывает затруднения.

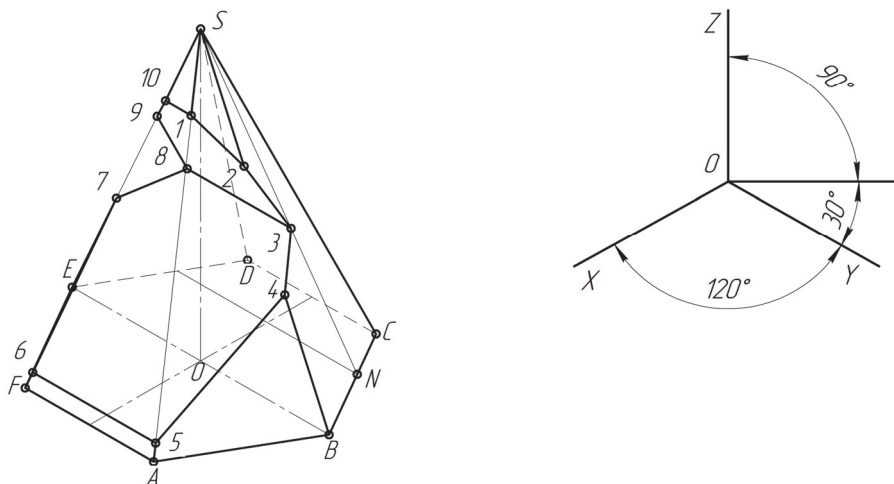


Рис. 6.9

6.4. Аксонометрические проекции поверхностей вращения

Аксонометрическая проекция цилиндра (рис. 6.10) начинается с вычерчивания овала основания цилиндра. Вначале определяются размеры большей ($1,22d$) и малой ($0,71d$) осей овала, где d – диаметр основания цилиндра и направление малой оси. Малая ось всегда параллельна оси, отсутствующей в данной координатной плоскости (в XOY оси Z , в XOZ оси Y , в YOZ оси X). По большой и малой осям графически вычерчивают овал.

Далее из центра овала по оси Z откладывается высота цилиндра и через полученную точку вновь проводятся оси X и Y , большая и малая оси овала и вычерчиваются контуры овала верхнего основания цилиндра.

Затем производится перенос точек с горизонтальной и фронтальной проекций чертежа цилиндра с вырезом (рис. 4.4) на аксонометрические координаты (рис. 6.10).

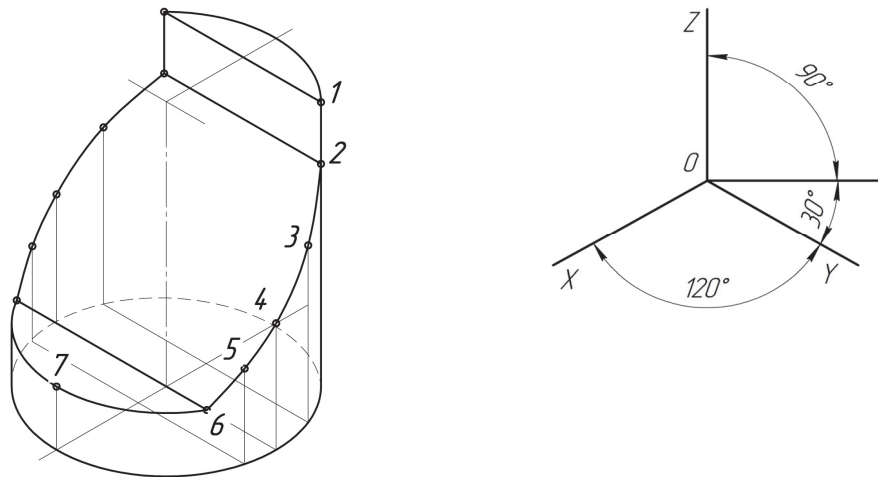


Рис. 6.10

Точка 7, например, принадлежащая овалу и оси X , находится путем проведения через нее вертикальной линии связи и откладывания на ней отрезка, равного расстоянию от основания цилиндра до точки 7'' (на фронтальной проекции цилиндра).

Для нахождения точки 6 на оси X аксонометрического чертежа откладывается отрезок, равный расстоянию от центра окружности основания цилиндра до точки пересечения линии связи точек 6' и 61' с осью X (на горизонтальной проекции цилиндра). Через полученную точку проводится линия, параллельная оси Y , до пересечения с

овалом. Через полученные точки проводятся вертикальные линии, на которых откладываются отрезки, равные расстоянию от основания цилиндра до точки b'' .

Подобным же образом строятся и все остальные точки сечения цилиндра.

АксонOMETрическая проекция конуса (рис 6.11) начинается с вычерчивания овала основания конуса. Способ построения овала основания рассмотрен выше на примере цилиндра. Затем на оси Z из точки пересечения осей X и Y откладывается отрезок, равный высоте конуса. Полученная точка является вершиной конуса. Из нее проводятся касательные линии к овалу.

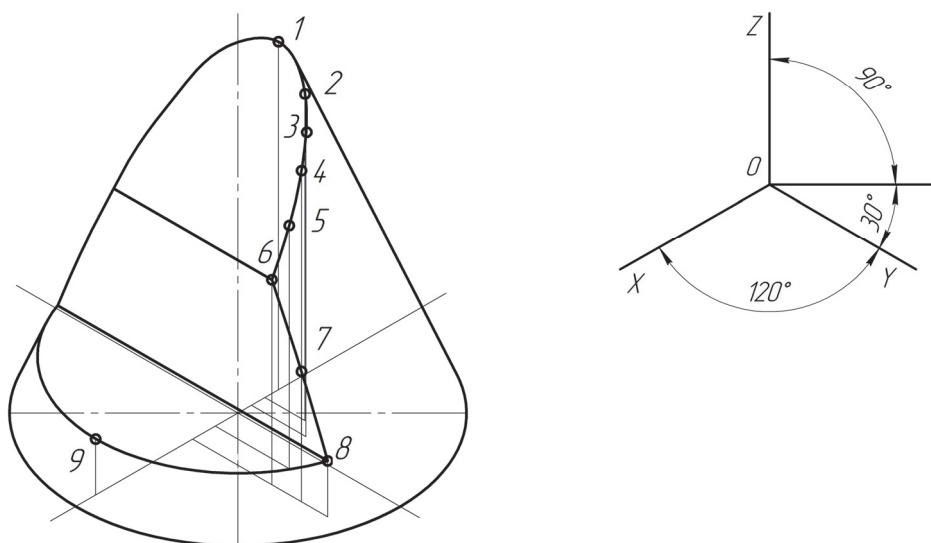


Рис. 6.11

Далее переносятся точки поверхности конуса с вырезом (рис. 4.6) на аксонометрический чертеж (рис 6.11). Для построения точки 9 необходимо расстояние от центра окружности до точки $9'$ перенести на ось X аксонометрических координат, соблюдая расположение относительно оси Y . Из полученной точки проводится вертикальная линия и на ней откладывается отрезок, равный расстоянию по вертикали от основания конуса до фронтальной проекции точки $9''$. Для нахождения точки 8 на оси X аксонометрических координат откладывается отрезок, равный расстоянию от центра до точки пересечения линии связи точек $8'$ и $8_1'$ с осью X на горизонтальной проекции. Через полученную точку проводится отрезок, параллельный оси Y , и на нем откладываются в обе стороны от оси X расстояния до точек $8'$ и $8_1'$. Из полученных точек

проводятся вертикальные линии, на которых откладываются отрезки, равные расстоянию от основания конуса до точки 8''. Подобным же образом переносятся все остальные точки. Затем построенные точки плавно соединяют по лекалу и получают аксонометрический чертеж конуса с вырезом.

6.5. Штриховка в аксонометрии

При выполнении разрезов в аксонометрии штриховка сечения осуществляется линиями, параллельными большим диагоналям квадрата, построенного на аксонометрических осях. Стороной квадрата является отрезок прямой, откладываемый на осях X , Y , Z с учетом коэффициентов искажения. Нанесение линий штриховки сечений в прямоугольной изометрической проекции показано на рис. 6.12, *а*, в прямоугольной диметрической проекции – на рис. 6.12, *б*.

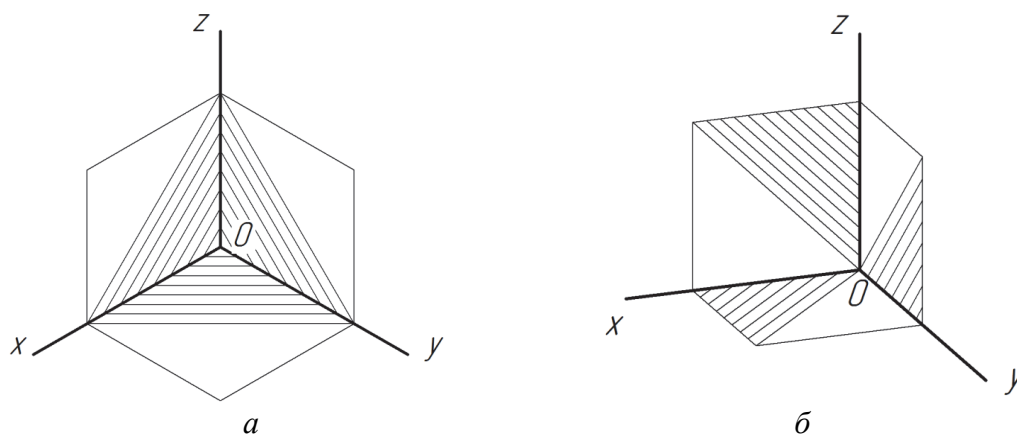


Рис. 6.12

Части предметов, которые попадают в секущую плоскость, заштриховывают. Штриховка для различных секущих плоскостей выполняется в разные стороны.

7. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Условие графического задания № 6. Выполнить чертеж геометрической фигуры с двойным проницанием. Варианты заданий см. в приложении 4.

При построении проекций линий пересечения поверхностей вращения вначале определяются так называемые опорные точки. Это делается без графических построений, например на очерковых образующих поверхностей вращения, отделяющих видимую часть линий перехода от невидимой.

Все остальные точки пересечения называются промежуточными.

В общем случае для построения линий пересечения поверхностей чаще всего используются вспомогательные секущие плоскости или сферические поверхности.

В качестве вспомогательных секущих плоскостей должны быть выбраны такие, которые пересекали бы обе заданные поверхности по простым линиям – прямым или окружностям, причем окружности должны быть расположены в плоскостях, параллельных плоскостям проекций.

На рисунке задана цилиндрическая поверхность, имеющая два отверстия – горизонтальное цилиндрическое и вертикальное коническое.

Нахождение линий пересечения проводится в два этапа. Вначале определяются линии пересечения наружной поверхности цилиндра с горизонтальным отверстием (цилиндром), а затем линии пересечения цилиндрического и конического отверстий.

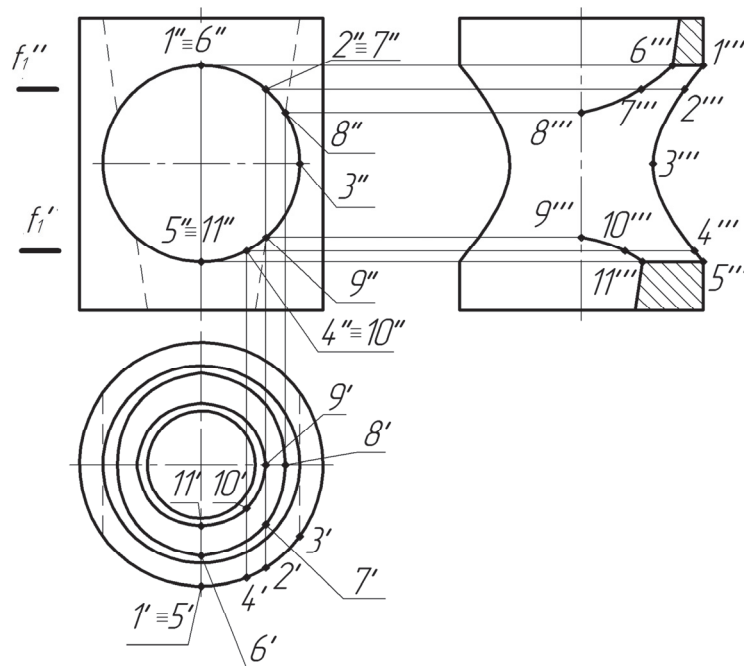
При выполнении первого этапа опорными точками являются точки 1 и 5, а промежуточной – точка 3. При выполнении второго этапа опорные точки – 6 и 11, а промежуточные – 8 и 9.

Количество промежуточных точек должно быть достаточным, чтобы с требуемой точностью построить линии пересечения. На рисунке показаны примеры нахождения двух промежуточных точек 2 и 4 (для наглядности профильная проекция выполнена в варианте совмещенного с видом разреза).

Для нахождения проекций точки 2 проводится горизонтальная секущая плоскость уровня f_2'' , которая рассекает цилиндр по окружности, а горизонтальное отверстие – по образующим. Горизонтальная проекция точки 2 находится на окружности основания

цилиндра ($2'$, $2_1'$), а профильная $2'''$ находится на пересечении линий связи, проведенных из точек $2'$ и $2''$. Таким же образом находятся проекции других промежуточных точек.

Фронтальные и профильные проекции опорных точек 6 и 11 и характерных точек 8 и 9 линий пересечения цилиндрического и конического отверстий очевидны. Горизонтальные проекции этих точек находятся с помощью вертикальных линий связи и засечек, выполняемых радиусами окружностей, образующихся при рассечении конического отверстия горизонтальными плоскостями уровня, проходящими через проекции точек $6''$, $8''$, $9''$ и $11''$.



Промежуточные точки 7 и 10 линии пересечения определяются следующим образом. Вначале определяются их горизонтальные проекции путем проведения вертикальных линий связи и выполнения засечек соответствующими радиусами, а затем по линиям связи с использованием постоянной прямой Монжа находятся профильные проекции. На горизонтальной и профильной проекциях найденные точки соединяются с помощью лекала плавной кривой.

8. ВИД. ОБРАЗОВАНИЕ И ИЗОБРАЖЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖЕ

Условие графического задания № 7. По наглядному изображению детали построить три ее вида, нанести размеры. Варианты заданий см. в приложении 5.

Правила изображения предметов на чертежах установлены ГОСТ 2.305–2008. Изображение предметов выполняется по методу прямоугольного проецирования, при этом предмет располагают между наблюдателем и одной из плоскостей проекций. За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба (рис. 8.1).

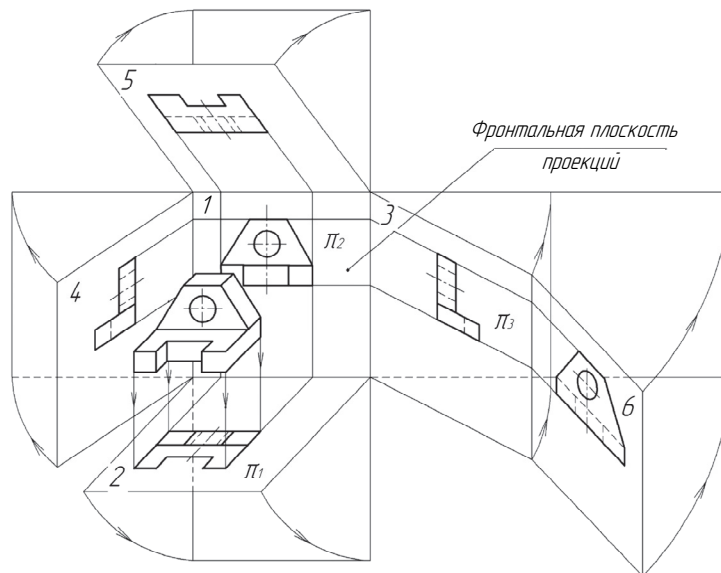


Рис. 8.1

Грани 1, 2, 3 соответствуют фронтальной, горизонтальной и профильной плоскостям проекций. Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размере предмета.

Предметы необходимо изображать в функциональном положении или в положении, удобном для их изготовления.

Изображения в зависимости от содержания разделяют на виды, разрезы, сечения.

Вид – ортогональная проекция обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета, расположенного между ним и плоскостью проекций. ГОСТ 2.305–2008 устанавливает следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций (см. рис. 8.1): 1 – вид спереди (главный вид); 2 – вид сверху; 3 – вид слева; 4 – вид справа; 5 – вид снизу; 6 – вид сзади.

Главным видом называется основной вид предмета на фронтальной плоскости проекций, который дает наиболее полное представление о форме и размерах предмета, относительно которого располагаются основные виды. Для получения такого изображения необходимо соответствующим образом расположить предмет относительно фронтальной плоскости проекций. Остальные основные виды располагаются в проекционной связи так, как они размещены на рис. 8.2. В этом случае названия видов надписывать не следует.

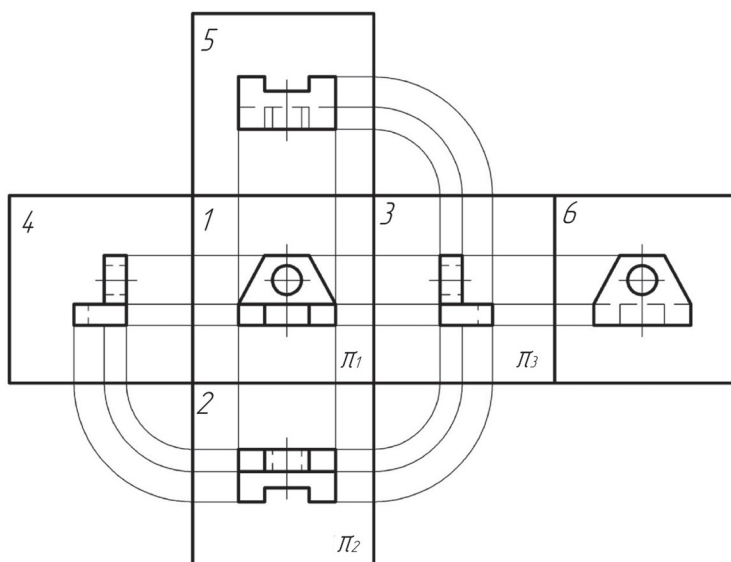


Рис. 8.2

Если на основных видах какая-либо часть предмета изображается с искажением формы и размеров, то применяют **дополнительный вид**, получаемый на плоскости, не параллельной ни одной из основных плоскостей проекций.

Если какой-либо вид не находится в непосредственной проекционной связи с главным изображением, то над этим видом выполняется надпись по типу «Б» (рис. 8.3). Направление проецирования должно быть указано стрелкой, размеры которой приведены на рис. 8.4.

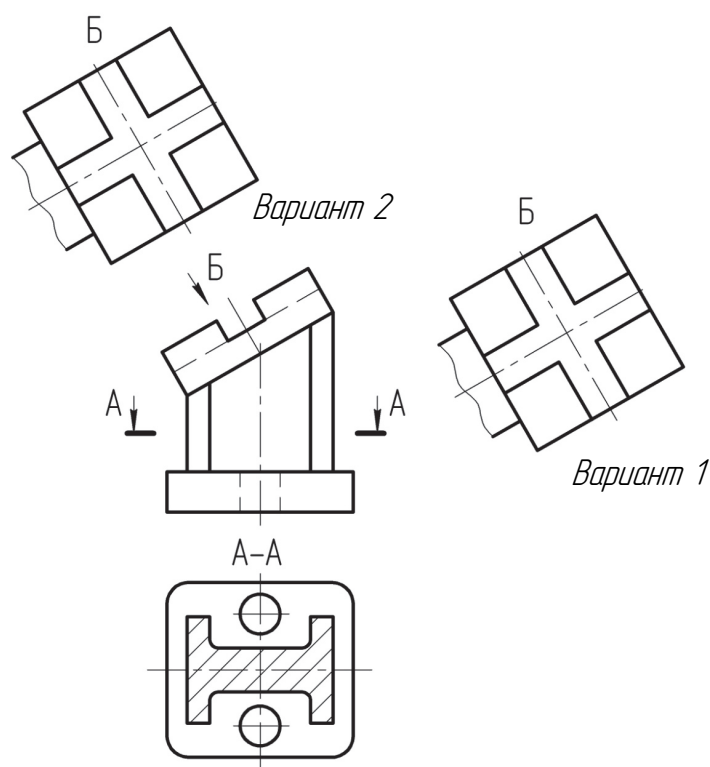


Рис. 8.3

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, то стрелку и надпись над видом не наносят (рис. 8.5).

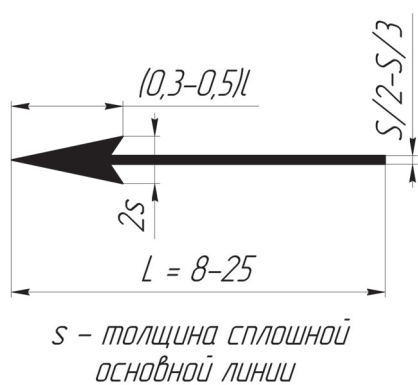


Рис. 8.4

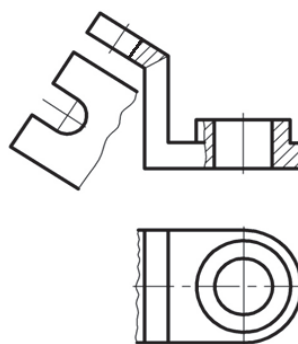


Рис. 8.5

Дополнительный вид допускается поворачивать (рис. 8.6), но сохраняя при этом положение, принятое для данного предмета на главном изображении. При этом к надписи нужно добавлять знаки, заменяющие слова «повернуто» (рис. 8.7, а) и «развернуто» (рис. 8.7, б).

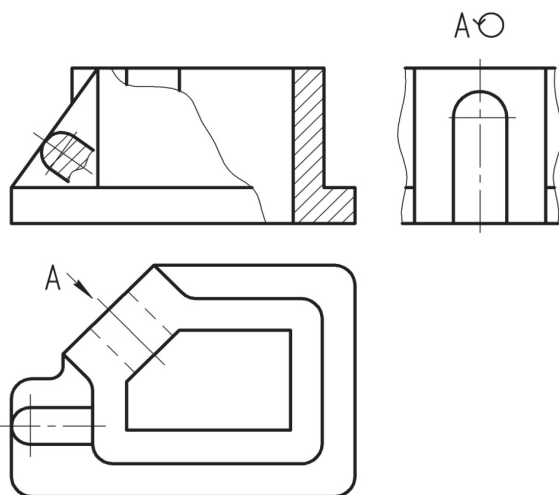


Рис. 8.6

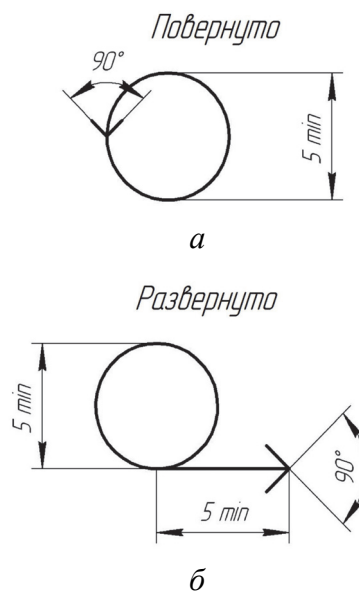


Рис. 8.7

Местным видом называется изображение отдельного ограниченного участка поверхности предмета (рис. 8.8).

Местный вид (рис. 8.8) может быть ограничен линией обрыва (А) или не ограничен (Б). Местный вид вне проекционной связи должен быть обозначен на чертеже подобно дополнительному виду.

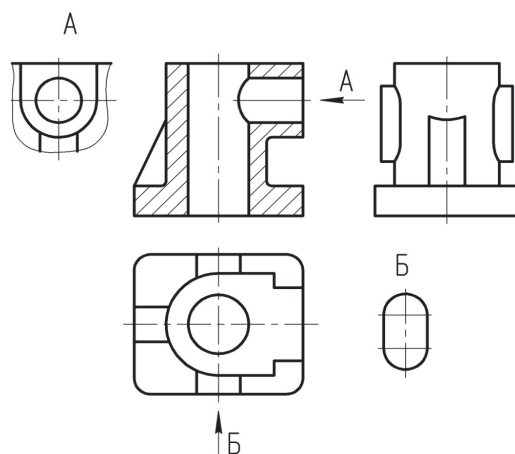


Рис. 8.8

При вычерчивании видов применяют следующие условности и упрощения.

Если вид представляет собой симметричную фигуру, допускается вычерчивать половину изображения или немного более половины с проведением в последнем случае линии обрыва (рис. 8.9).

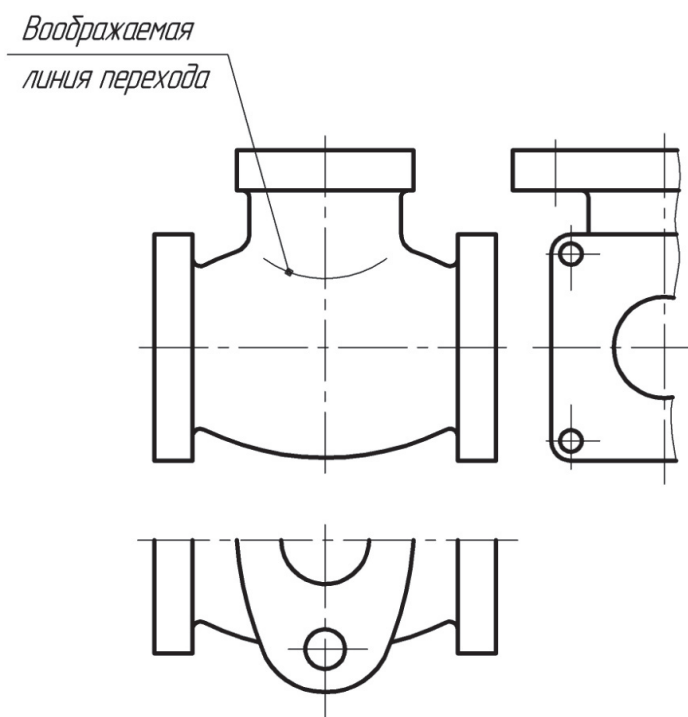


Рис. 8.9

На рис. 8.10 приведено задание по теме «Вид. Образование и изображение на чертеже» (аксонометрическая проекция детали). Пример выполнения чертежа данной детали приведен на рис. 8.11.

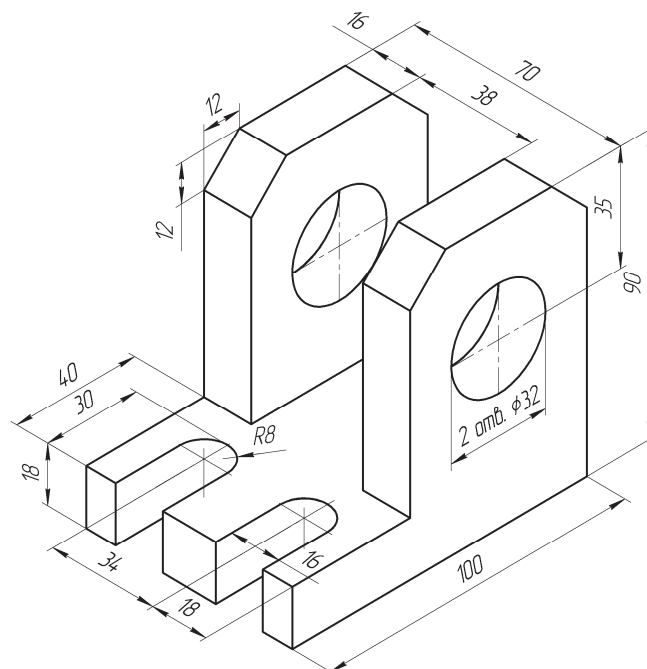


Рис. 8.10

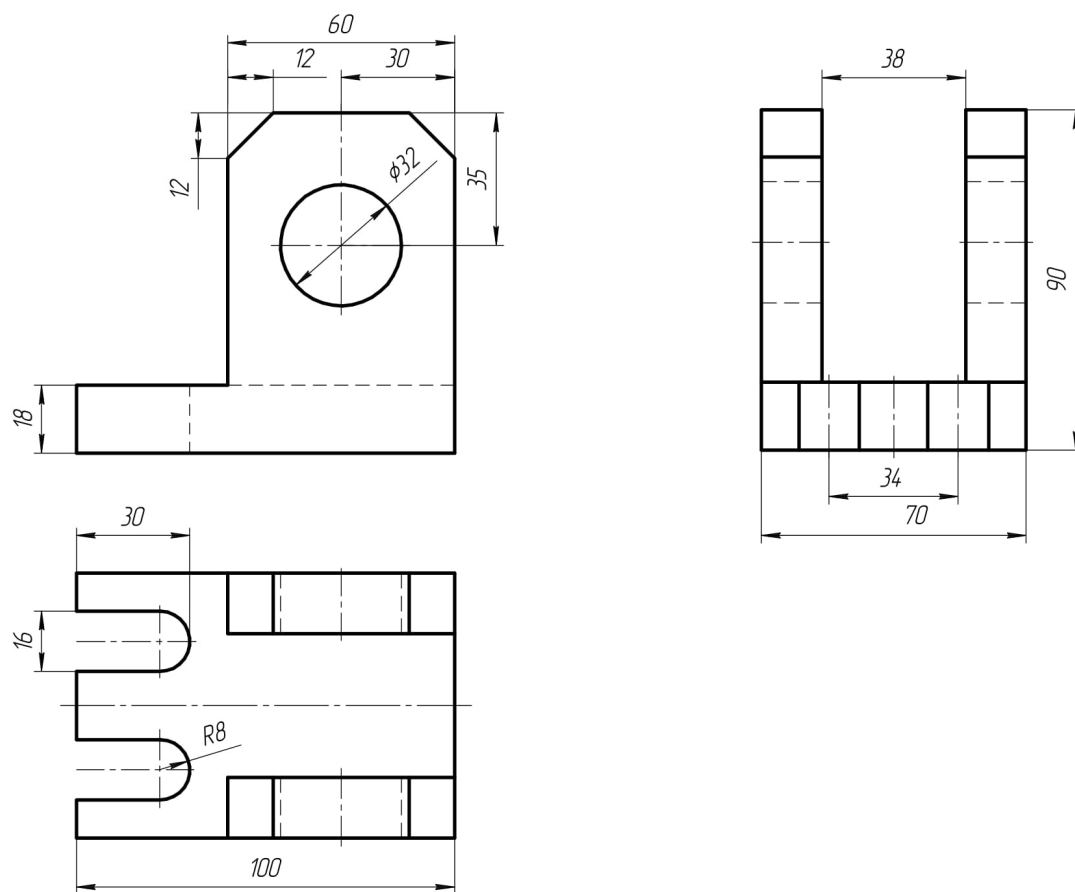


Рис. 8.11

9. ПРОСТОЙ РАЗРЕЗ. ОБРАЗОВАНИЕ И ИЗОБРАЖЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖЕ

Условие графического задания № 8. По двум заданным видам детали построить вид слева, выполнить простые разрезы, нанести размеры. Варианты заданий см. в приложении 6.

Разрезом называется ортогональная проекция предмета, мысленно рассеченного полностью или частично одной либо несколькими плоскостями для выявления его невидимых поверхностей. Разрезы применяют для того, чтобы дать полное представление о внутренних поверхностях предмета. Чтобы выполнить разрез, необходимо (рис. 9.1):

- в нужном месте предмета мысленно провести секущую плоскость, часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, мысленно отбросить;

- оставшуюся часть предмета спроецировать на соответствующую плоскость проекций, изображение выполнить на месте соответствующего вида или на свободном поле чертежа;

- плоскую фигуру, лежащую в секущей плоскости, заштриховать (штриховка выполняется сплошными тонкими линиями, под углом 45° к основной надписи, на расстоянии друг от друга 1–10 мм).

Разрезы разделяют:

- в зависимости от положения секущих плоскостей относительно горизонтальной плоскости проекций π_1 на **горизонтальные** (параллельны π_1 , рис. 9.2), **вертикальные** (перпендикулярны π_1 , рис. 9.3) и **наклонные** (составляют с π_1 угол, отличный от прямого, рис. 9.4);

- по количеству секущих плоскостей на **простые** (в образовании разреза участвует одна секущая плоскость) и **сложные** (при двух и более секущих плоскостях);

- на **местные**, если разрез выполнен секущей плоскостью в отдельном, ограниченном месте предмета.

Разрезы бывают:

- **поперечными**, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета (рис. 9.2);

- **продольными**, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета (рис. 9.3).

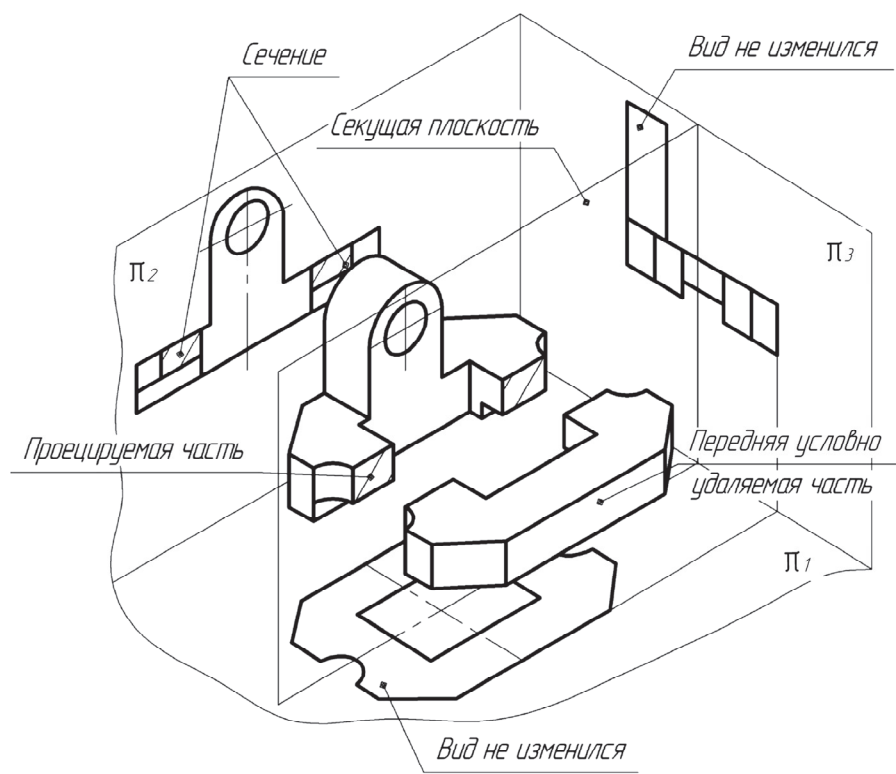


Рис. 9.1

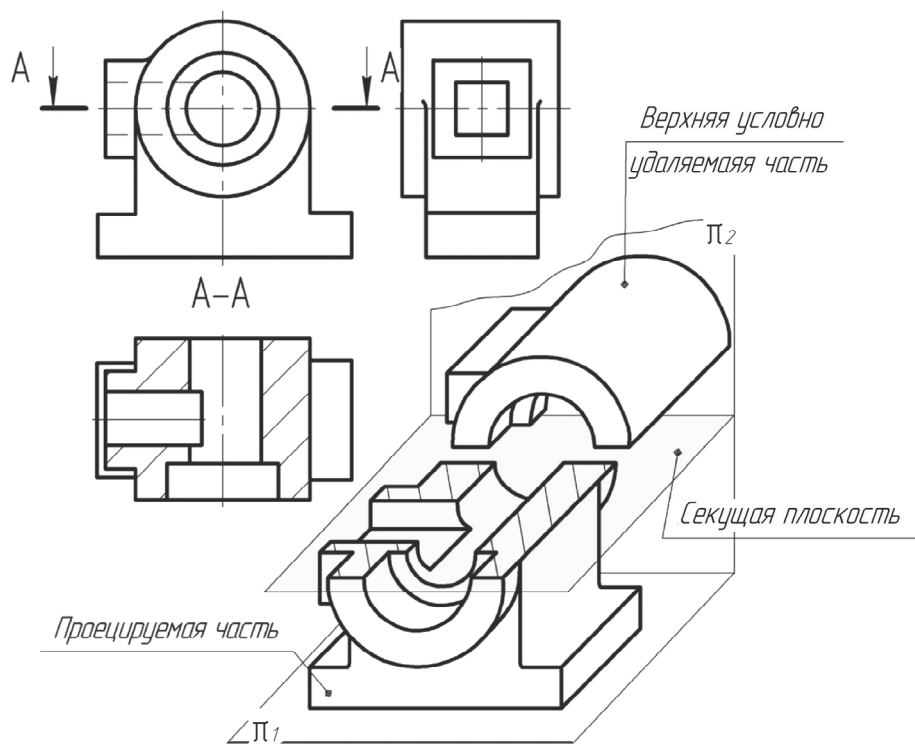


Рис. 9.2

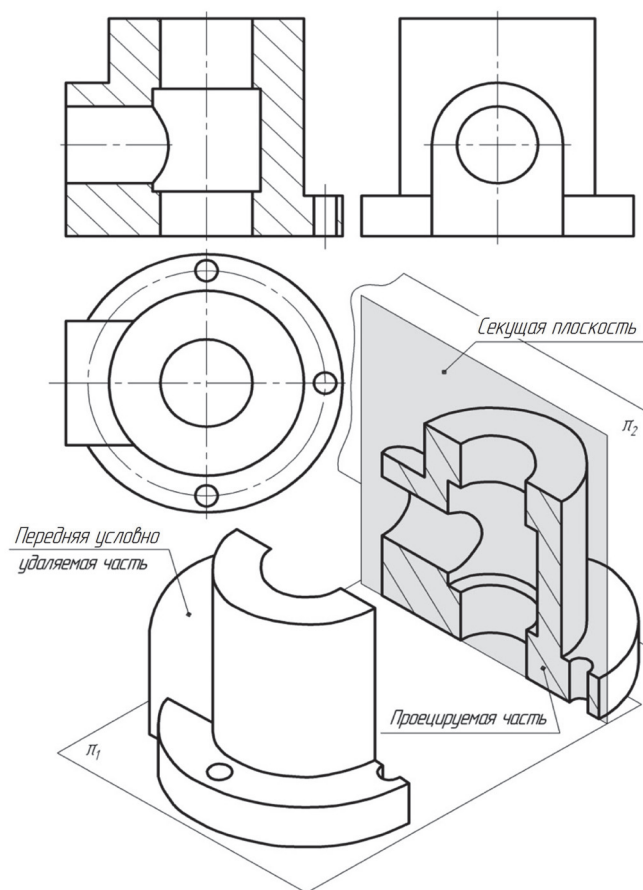


Рис. 9.3

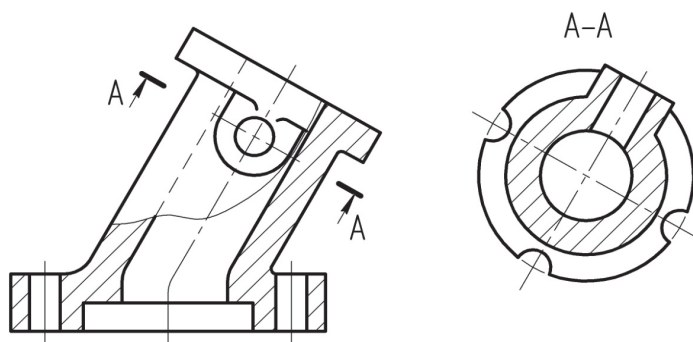


Рис. 9.4

В случае когда секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны таких элементов, как тонкие стенки типа ребер жесткости, спицы маховиков, шкивов и т. д., их показывают незаштрихованными (рис. 9.5, а). Такие детали, как винты, заклепки, шпонки, непустотелые валы при продольном разрезе показывают нерассеченными (рис. 9.5, б), при поперечном – рассеченными.

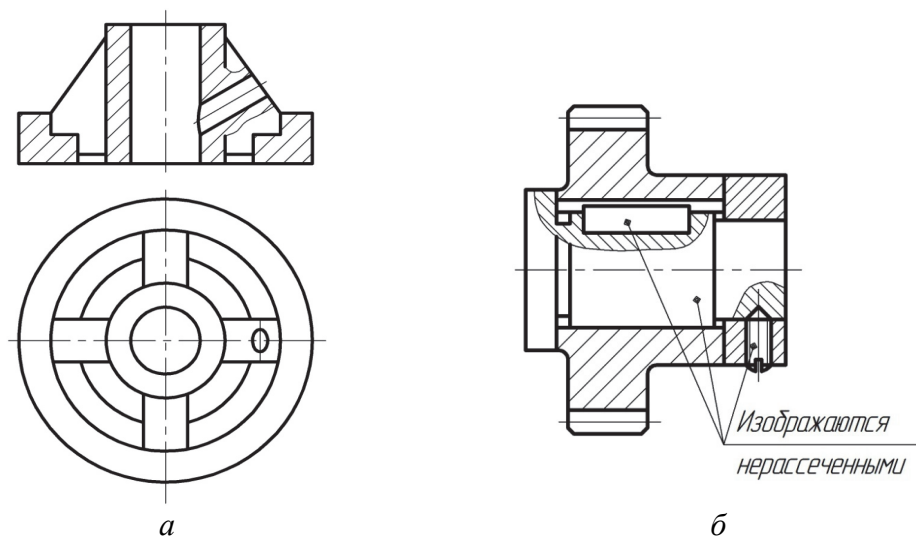


Рис. 9.5

Согласно ГОСТ 2.305–2008 допускается соединение части вида и части соответствующего разреза. Когда деталь имеет плоскость симметрии, то разделяющей линией является ось симметрии (рис. 9.6). Когда деталь несимметрична, то границей между видом и разрезом является сплошная волнистая линия или сплошная тонкая линия с изломом (рис. 9.7).

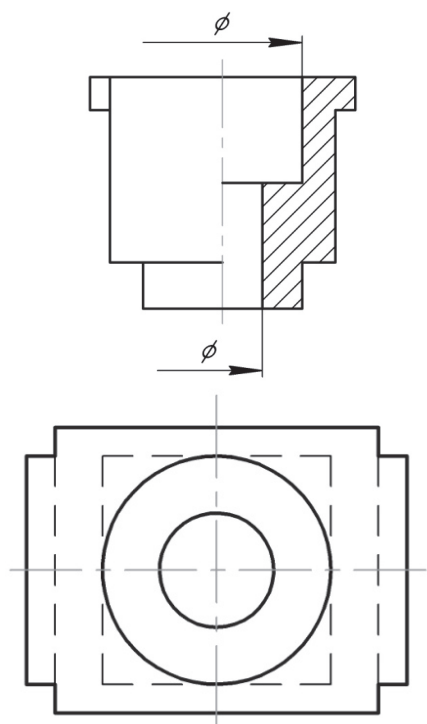


Рис. 9.6

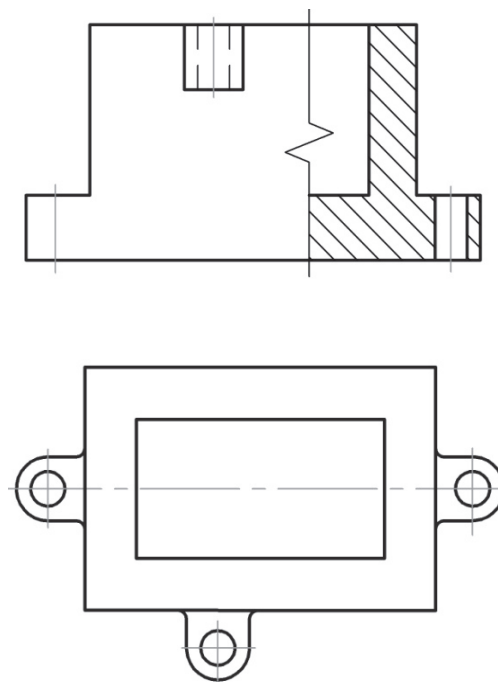


Рис. 9.7

При соединении части вида и части разреза вид всегда располагают слева и сверху от оси симметрии. Если контурная линия предмета совпадает с осью симметрии, то границей между разрезом и видом является сплошная волнистая линия, которую проводят так, чтобы изображать ребра (рис. 9.8).

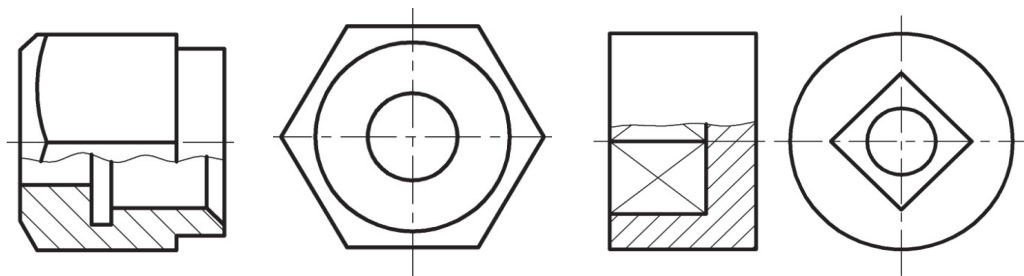


Рис. 9.8

Местные разрезы служат для выявления устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте. Местный разрез отделяют от вида сплошной волнистой линией (см. рис. 9.4 и 9.5, б) или сплошной тонкой линией с изломом (рис. 9.9). Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

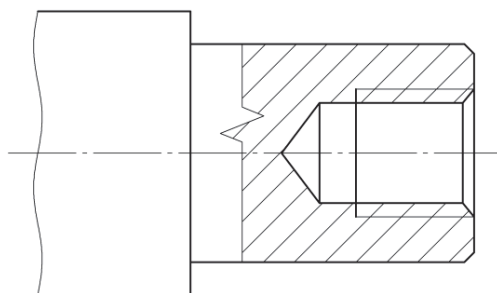


Рис. 9.9

Пример выполнения задания № 8 приведен на рис. 9.10.

Следует обратить внимание на то, что на главном виде и виде слева выполнено соединение части вида и части соответствующего разреза. Вид расположен слева, а разрез справа от оси симметрии. Для начертания отверстия $\varnothing 10$ использован местный разрез.

На части детали, где выполнены разрезы, тонкими линиями под углом 45° нанесена штриховка. Расстояние между линиями штриховки в зависимости от выбранного масштаба и габаритов детали колеблется в пределах 1–5 мм.

Ребра, имеющиеся в детали, рассекаемые плоскостью в продольном направлении, на чертеже условно не штрихуются.

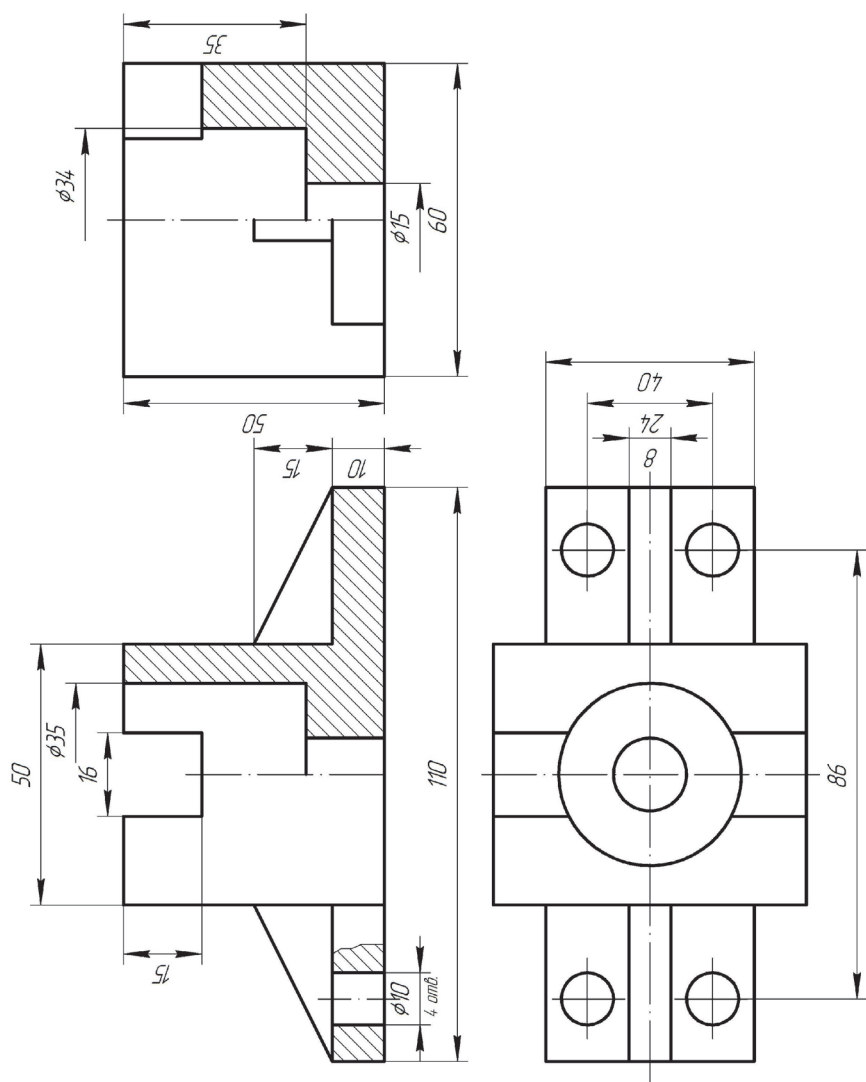


Рис. 9.10

10. СЛОЖНЫЙ РАЗРЕЗ. ОБРАЗОВАНИЕ И ИЗОБРАЖЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖЕ

Условие графического задания № 9. По двум заданным видам детали построить вид слева, выполнить сложные разрезы, нанести размеры. Варианты заданий см. в приложении 7.

Сложные разрезы бывают *ступенчатые* и *ломаные*. **Ступенчатым** называют сложный разрез, выполненный параллельными секущими плоскостями. На рис. 10.1 изображен ступенчатый разрез детали, выполненный двумя фронтальными секущими плоскостями. При построении разреза секущие плоскости совмещаются в одну плоскость, параллельную фронтальной плоскости проекций. На разрезе не показывается линия пересечения секущих плоскостей.

Ломаным называют сложный разрез, выполненный пересекающимися плоскостями (рис. 10.2). При ломаных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость. Когда совмещенные плоскости будут параллельны одной из плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на место соответствующего вида.

На рис. 10.2 изображен ломаный разрез, образованный двумя пересекающимися плоскостями, одна из которых (вертикальная) параллельна профильной плоскости проекций. Для построения разреза наклонную секущую плоскость вместе с расположенным в ней сечением поворачивают до совмещения с вертикальной и проецируют на профильную плоскость проекций.

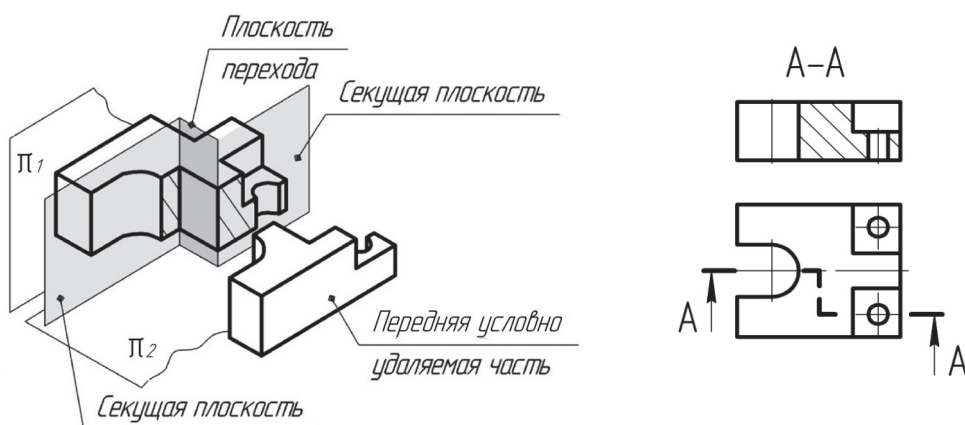


Рис. 10.1

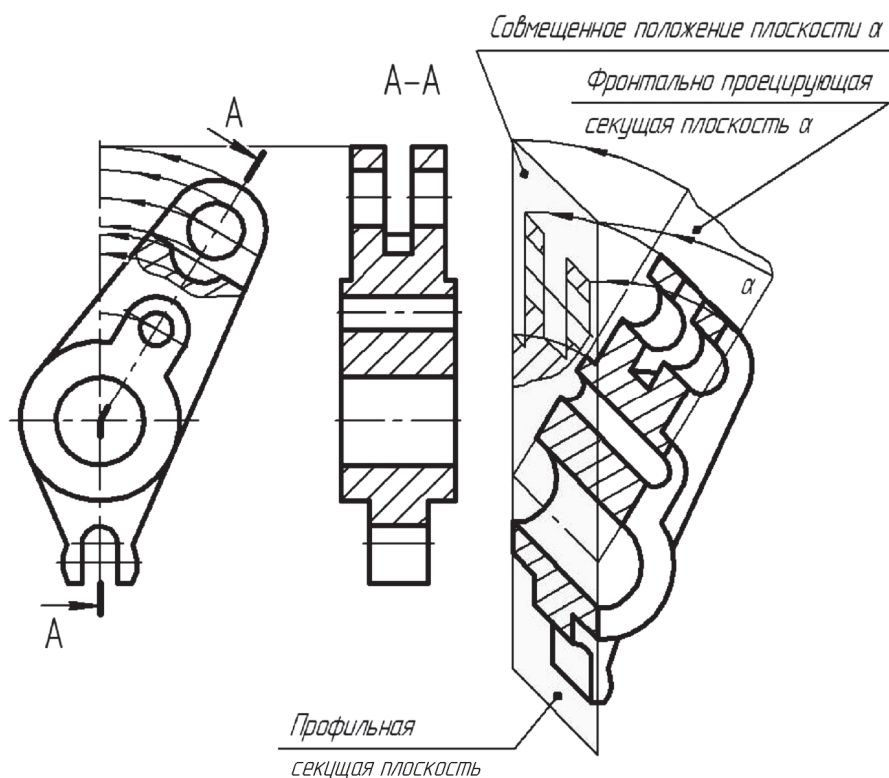


Рис. 10.2

Направление взгляда может совпадать (рис. 10.3) и не совпадать с направлением поворота секущих плоскостей до совмещения их в одну плоскость, как это показано на рис. 10.2 (левый наклонный участок линии сечения), где направления совмещения и стрелки у буквы *A* противоположны.

Положение секущей плоскости указывают разомкнутой линией (см. табл. 1.1). У начала и конца линии сечения ставится на расстоянии 2–3 мм стрелка, указывающая направление взгляда (рис. 10.4). Около стрелок (с внешней стороны угла, образованного стрелкой и штрихом линии сечения) на горизонтальной строке наносят прописные буквы русского алфавита. Размер шрифта букв в 1,5–2 раза больше, чем принятый для цифр размерных чисел.

Аналогичными буквами должен быть отмечен и сам разрез по типу (А–А, Б–Б, В–В и т. д.).

Если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета, а разрез выполняется на месте соответствующего вида в проекционной связи, то положение секущей плоскости не отмечается и сам разрез надписью не сопровождается. Наклонные и сложные разрезы всегда обозначаются.

При выполнении наклонного разреза его можно вычерчивать в проекционной связи в соответствии с направлением взгляда (рис. 10.5, *а*) или в любом месте чертежа (рис. 10.5, *б*), при этом в обозначении разреза нужно добавлять символ «Повернуто» (рис. 8.7, *а*).

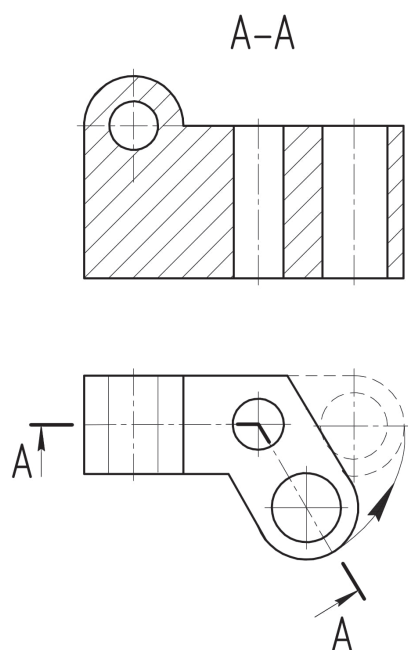


Рис. 10.3

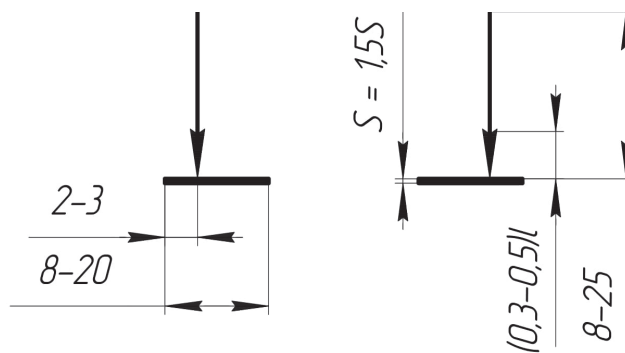


Рис. 10.4

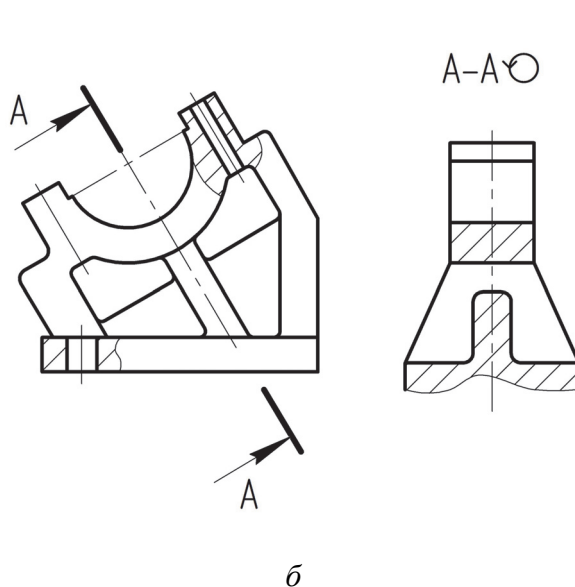
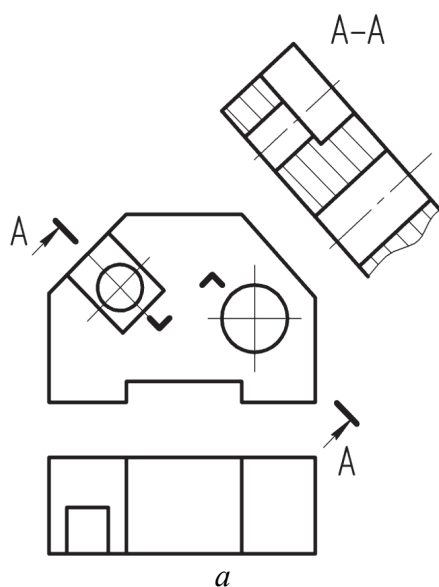


Рис. 10.5

Пример выполнения задания № 9 приведен на рис. 10.6.

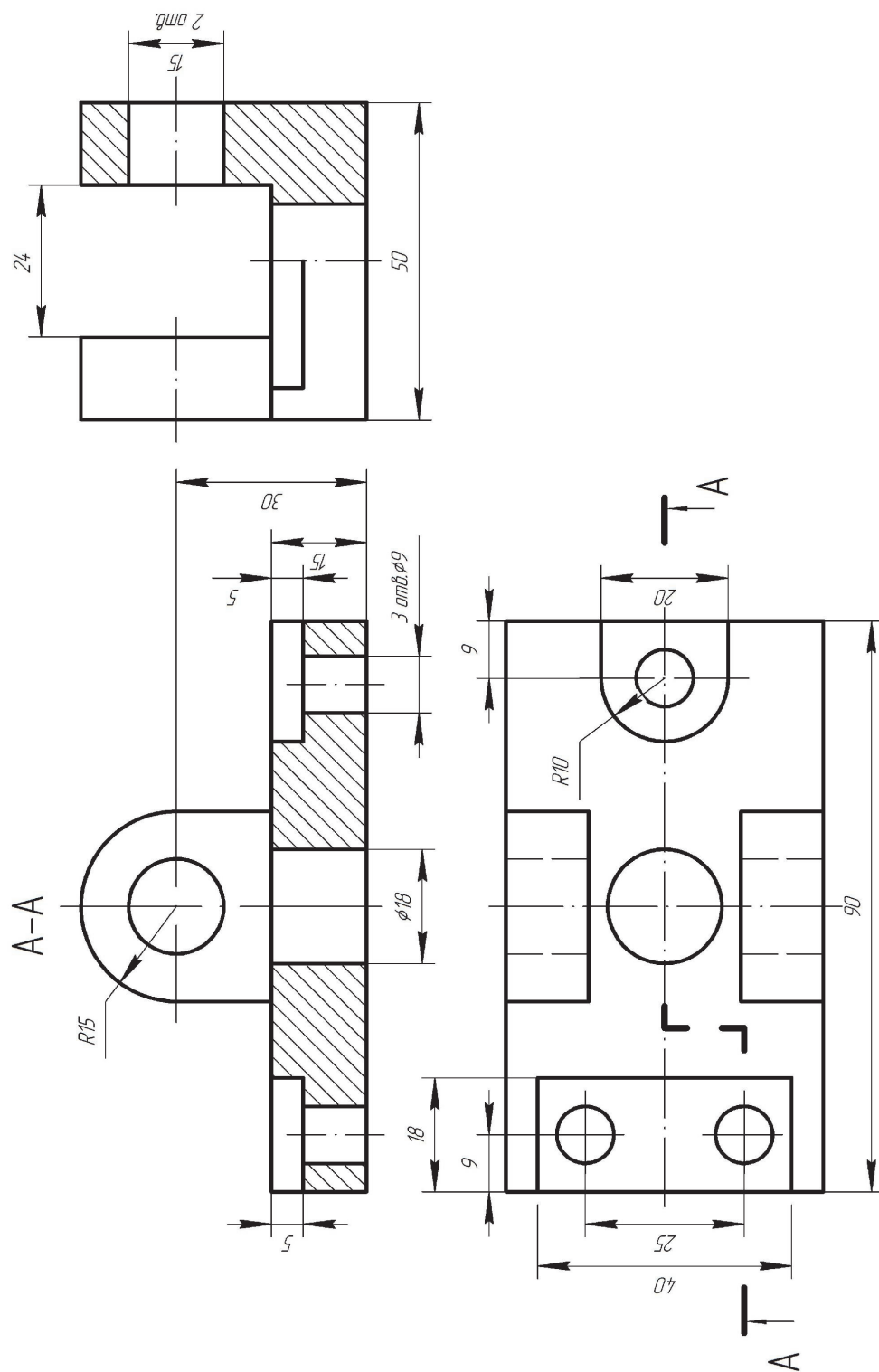


Рис. 10.6

11. АКСОНОМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ ДЕТАЛИ

Условие графического задания № 10. Построить аксонометрическую проекцию детали, представленной в задании № 8.

Способ аксонометрического проецирования заключается в том, что предмет вместе с осями прямоугольных координат, к которым он отнесен в пространстве, проецируют на некоторую плоскость, принятую за плоскость аксонометрических проекций. Направление проецирования не параллельно и не перпендикулярно координатным осям, поэтому предмет в аксонометрии виден с трех сторон.

При различном взаимном расположении осей координат и плоскости аксонометрических проекций, а также при разном направлении проецирования можно получить различные типы аксонометрических проекций.

Пример выполнения задания № 10 (см. рис. 9.10) приведен на рис. 11.1.

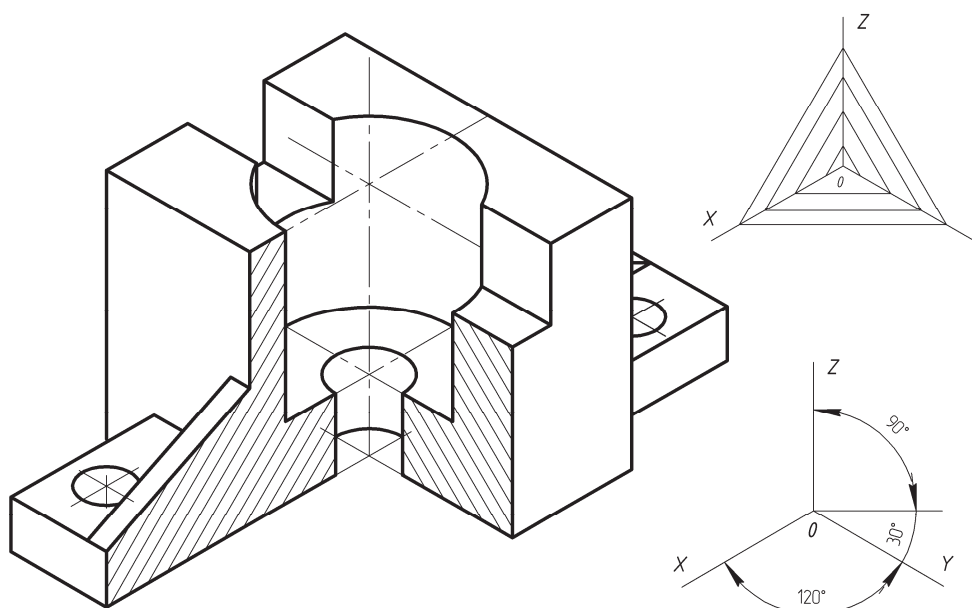


Рис. 11.1

На оси X аксонометрической системы координат от центра (пересечение осей X, Y, Z) откладывается влево и вправо половина длины детали – по 55 мм. Через полученные точки проводятся линии, параллельные оси Y , и на них откладываются отрезки симметрично оси симметрии длиной по 20 мм. При соединении

полученных точек получается чертеж основания детали (между осями X и Y основание детали не чертится). Проведя из углов основания вертикальные линии и отложив на них отрезки, равные 10 мм, получим контуры верхней части основания. Далее от центра основания по оси Z откладывается высота детали (50 мм). Через полученную точку проводятся оси X и Y и на них откладываются длина и ширина верхней части детали.

В верхней плоскости детали расположено отверстие $\varnothing 35$ мм, которое в аксонометрической проекции вычерчивается в виде овала с длиной большей оси, равной 43 мм ($35 \times 1,22$), и меньшей оси 25 мм ($35 \times 0,71$). Большая ось проводится перпендикулярно оси Z , меньшая совпадает с осью Z . Далее от центра верхней плоскости детали на оси Z откладываем отрезок 35 мм, через полученную точку проводим оси X и Y и строим на них овалы для отверстий $\varnothing 14$ мм и $\varnothing 35$ мм. Отверстие $\varnothing 14$ мм сквозное, поэтому из точек пересечения овала с осями X и Y проводим вертикальные линии до пересечения с осями X и Y основания детали. Из центра основания детали строим овал для отверстия $\varnothing 14$ мм.

В верхней части детали имеются пазы шириной 16 мм и глубиной 15 мм. Для их построения откладываем по оси X отрезки длиной 8 мм (влево и вправо от оси) и по оси Z вниз длиной 15 мм. Соединяем полученные точки прямыми линиями (между осями X и Y построение не выполняется).

Из четырех отверстий $\varnothing 10$ мм видны только два. Находим их центры и строим по приведенной выше методике.

Необходимо обратить внимание на то, что ребра на аксонометрическом чертеже штрихуются при всех вариантах их рассечения секущими плоскостями.

Для определения направления штриховки на осях X , Y и Z откладываем три одинаковых отрезка. Отрезок, соединяющий X и Z , определяет направление штриховки для плоскости XOZ , а соединяющий Y и Z – для плоскости YOZ .

12. СЕЧЕНИЕ, ВЫНОСНОЙ ЭЛЕМЕНТ

Условие графического задания № 11. По наглядному изображению выполнить чертеж вала с целесообразными сечениями и выносными элементами, нанести размеры. Варианты заданий см. в приложении 9.

12.1. Сечение. Образование и изображение на чертеже

Сечением называется ортогональная проекция фигуры, получающаяся в одной или нескольких секущих плоскостях или поверхностях при мысленном рассечении проецируемого предмета. На сечении показывают только то, что расположено непосредственно в секущей плоскости (рис. 12.1).

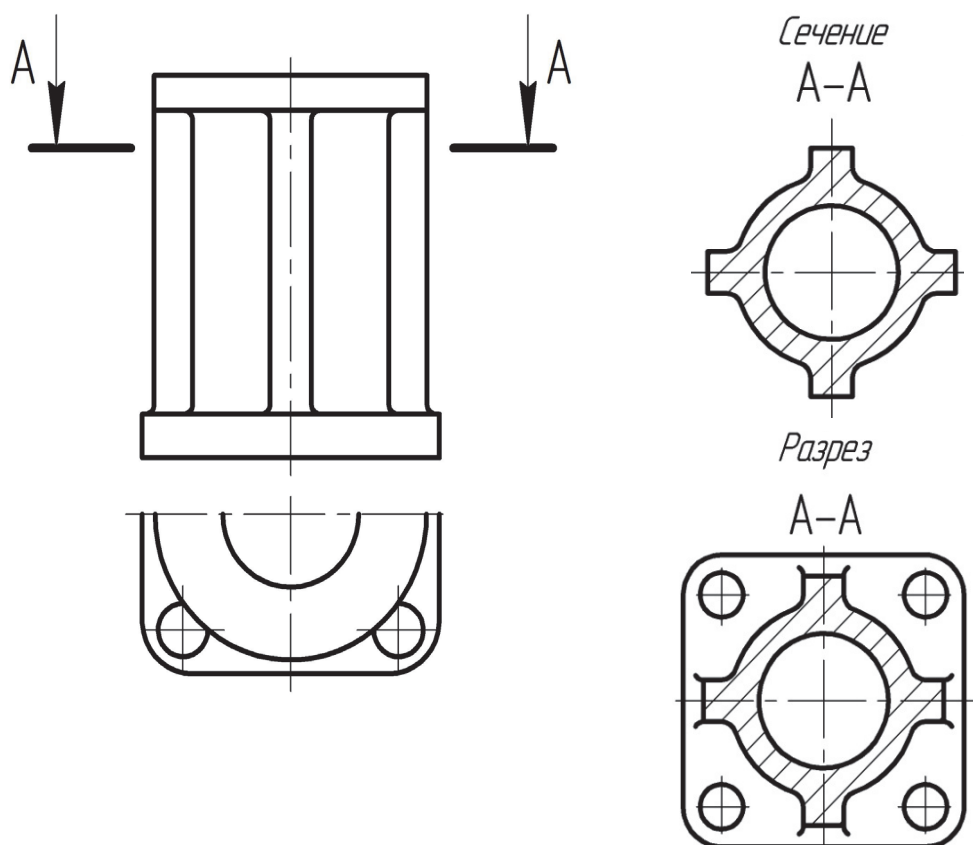


Рис. 12.1

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на **вынесенные**, расположенные на чертеже вне контура изображения предмета (рис. 12.2) или в разрыве между частями одного изображения

(рис. 12.3, *а, з*), и **наложенные**, расположенные непосредственно на изображении предмета вдоль следа секущей плоскости (рис. 12.3, *б, в*).

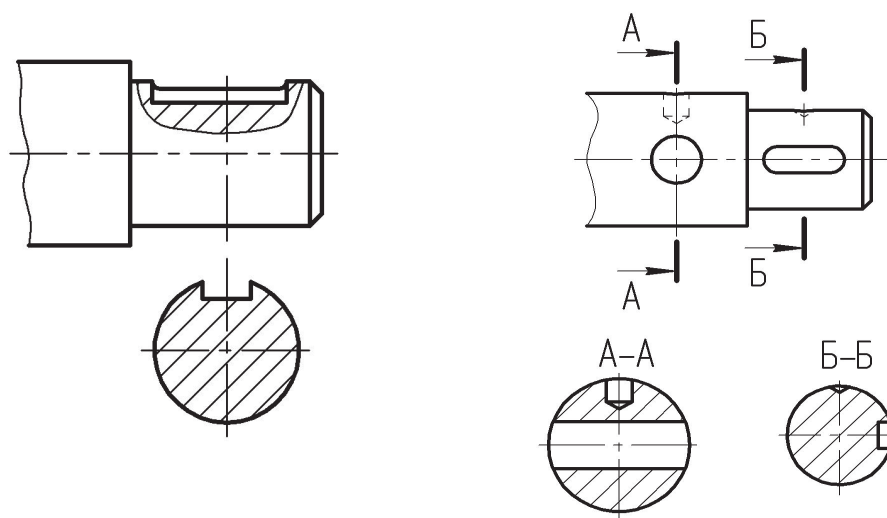


Рис. 12.2

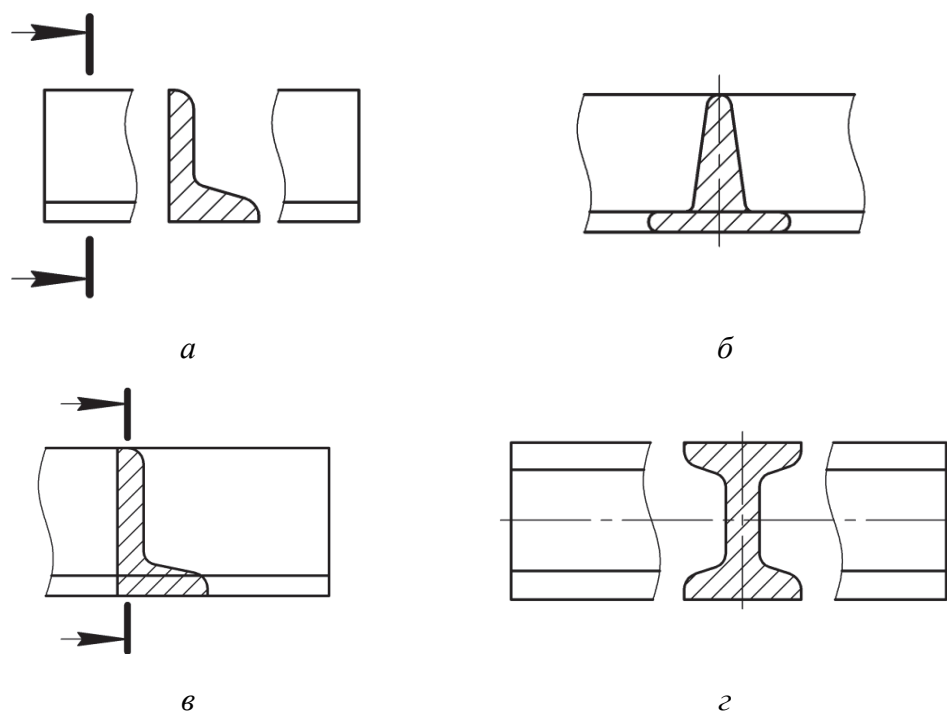


Рис. 12.3

Контур вынесенного сечения вычерчивают сплошными основными линиями (рис. 12.2), а наложенного – сплошными тонкими (рис. 12.3); причем контур изображения в месте расположения

наложенного сечения не прерывают. Предпочтение отдают вынесенным сечениям, которые можно располагать в разрыве между частями одного и того же вида. По форме сечения делят на **симметричные** и **несимметричные**.

Обозначение сечений в общем случае аналогично обозначению разрезов. Но есть особенности. Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве, или несимметричных наложенных (см. рис. 12.3, а, в) линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают. Наложённое симметричное сечение, симметричное сечение в разрыве основного изображения (см. рис. 12.3, б, г), вынесенное симметричное сечение выполняют без нанесения линии сечения (см. рис. 12.2).

Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линию сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение (рис. 12.4).

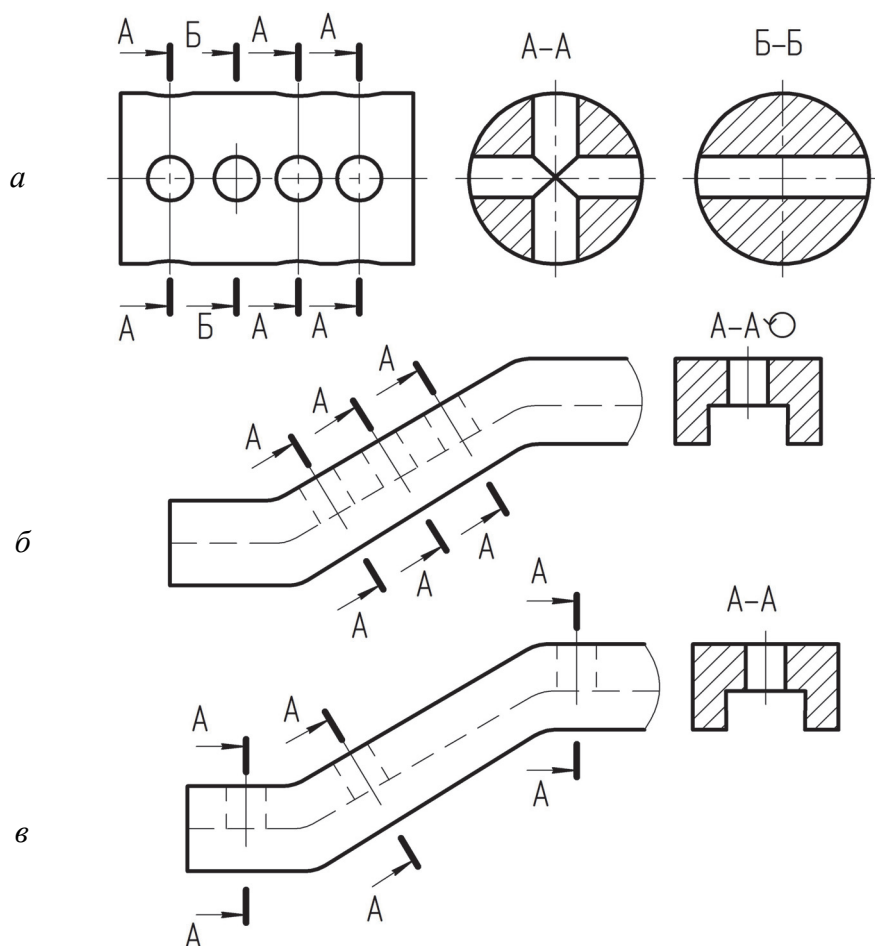


Рис. 12.4

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающую отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (сопоставьте сечение А–А с сечением Б–Б на рис. 12.5).

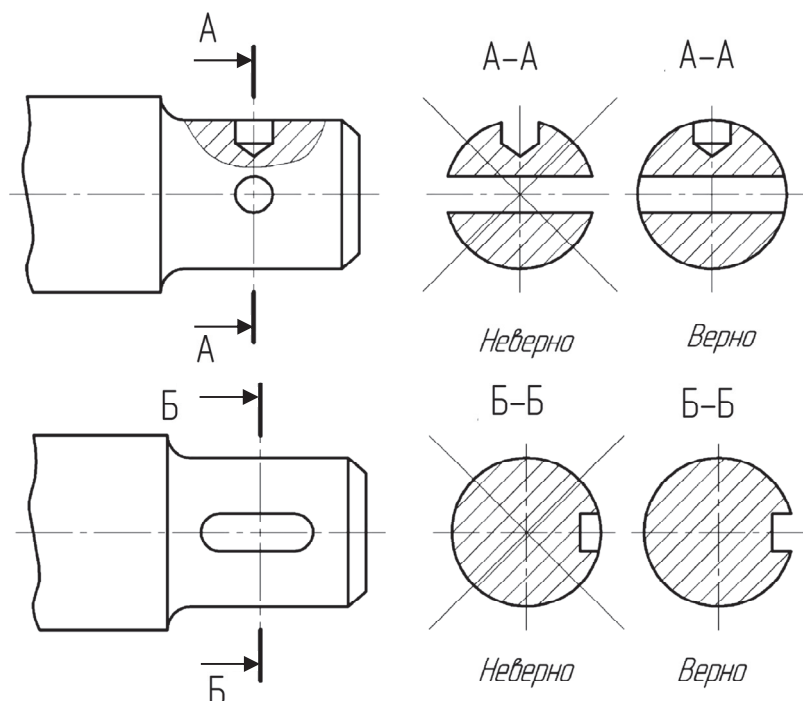


Рис. 12.5

12.2. Выносной элемент. Образование и изображение на чертеже

Выносной элемент (рис. 12.6) – это дополнительное, обычно увеличенное, отдельное изображение части предмета. Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении, и может отличаться от него по содержанию. При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной линией, окружностью, овалом и т. д. с обозначением прописной буквой русского алфавита выносного элемента на полке линии-выноски (рис. 12.6, а). Указывается обозначение и масштаб выносного элемента (рис. 12.6, б) следующим образом: А(2:1), Б(4:1) и т. д. Выносной элемент располагают как можно ближе к соответствующему месту на изображении предмета. Следует отметить, что вначале обозначаются разрезы и виды, а затем выносные элементы.

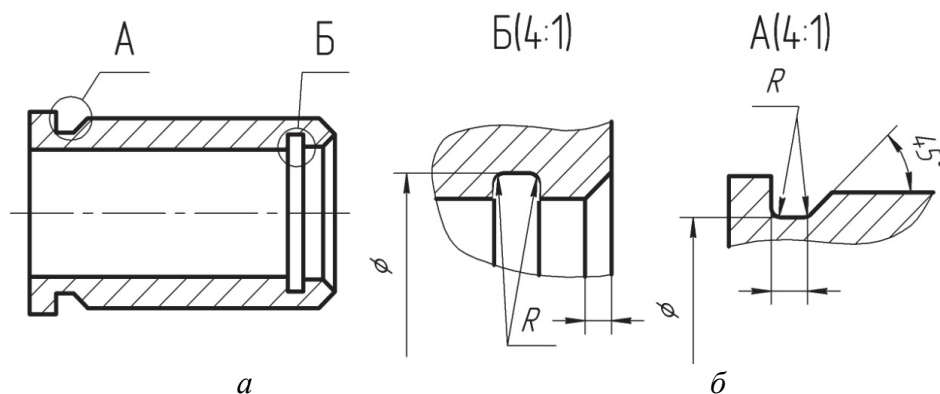


Рис. 12.6

Пример выполнения задания (рис. 12.7) приведен на рис. 12.8.

Вал представляет собой цилиндрическую поверхность с различными диаметрами по длине, поэтому для построения его чертежа достаточно одного главного вида с вычерчиванием сечений и выносных элементов.

Изображение вала помещают таким образом, чтобы элементы, расположенные на наружной поверхности (шпоночные пазы, отверстия и т. п.), оказались видимыми. В левой части вала имеется участок с квадратным сечением.

Канавки для выхода шлифовального круга имеют стандартные размеры, зависящие от диаметра обрабатываемого участка вала (см. приложение 9). Для нанесения размеров и формы канавок их вычерчиваются в увеличенном масштабе (10:1).

Для нанесения размеров шпоночного паза выполняется сечение А–А.

Секущая плоскость проходит через ось отверстия под стопорный винт. Размеры шпоночного паза зависят от диаметра участка вала, на котором он выполняется, и определяются по приложению 9.

На чертеже вала кроме диаметров наносятся и линейные размеры. За базу обычно принимаются торцы вала. В рассматриваемом примере от левого торца вала вынесены размеры, указывающие длину участка с квадратным сечением, расстояние до торцов вала с диаметрами 40 и 60 мм. От правого торца вала указано расстояние до выступа диаметром 70 мм. Кроме этого, определяется размерами положение шпоночного паза (размер 5 мм), его длина (85 мм), расстояние до оси отверстия под стопорный винт (50 мм) и общая длина вала. Если на торцах элементов вала выполнены фаски, их размер также наносится.

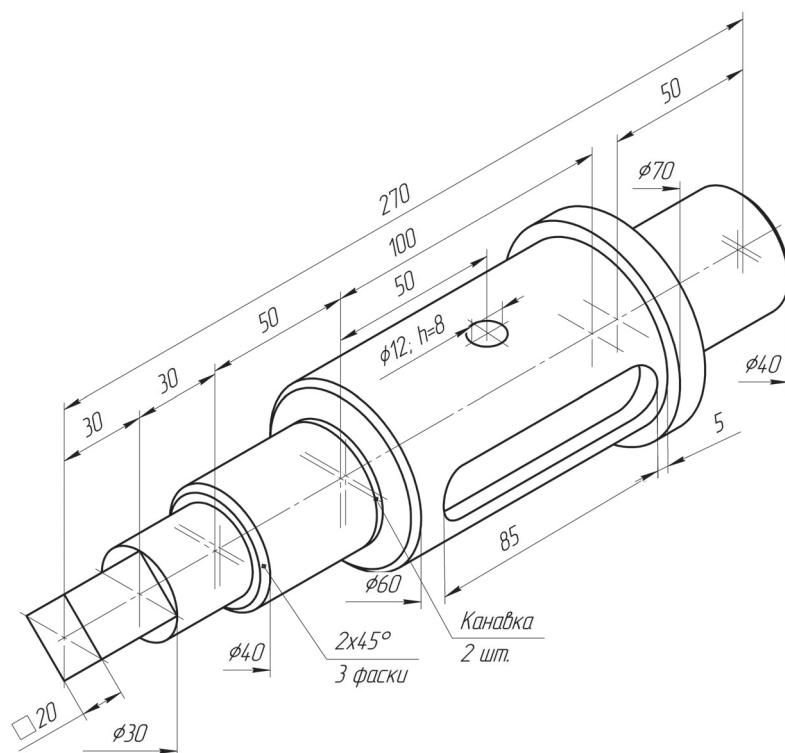


Рис. 12.7

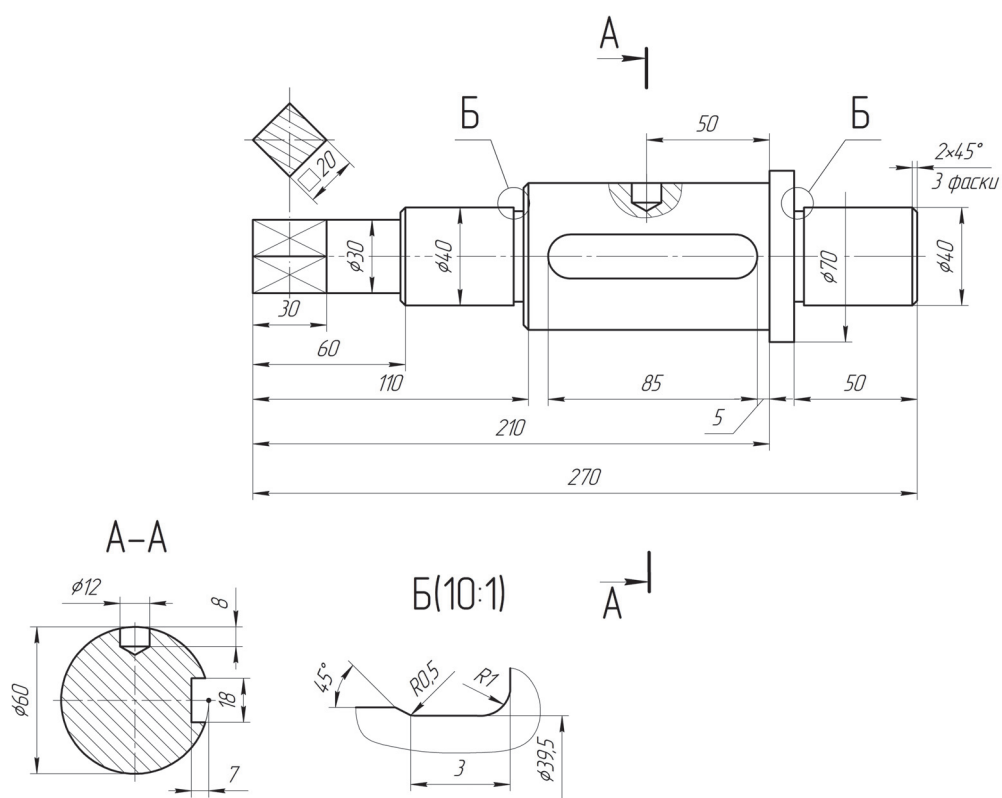
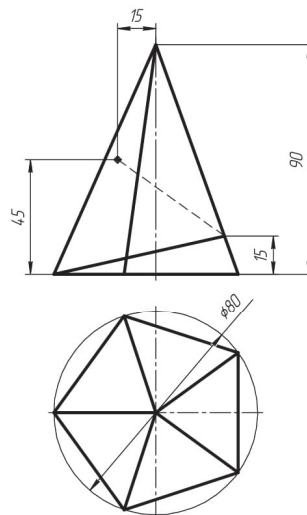
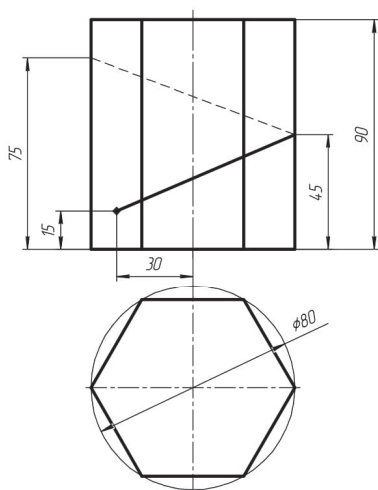


Рис. 12.8

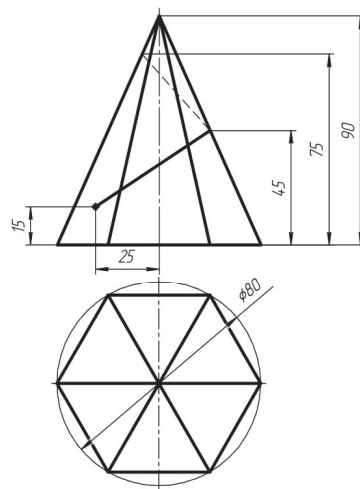
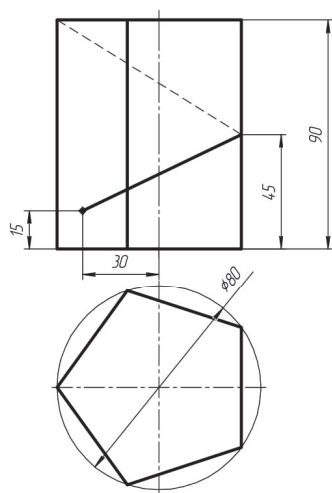
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Варианты заданий по теме «Ортогональные проекции призмы и пирамиды»

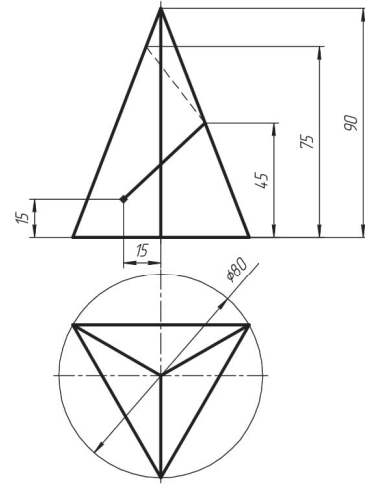
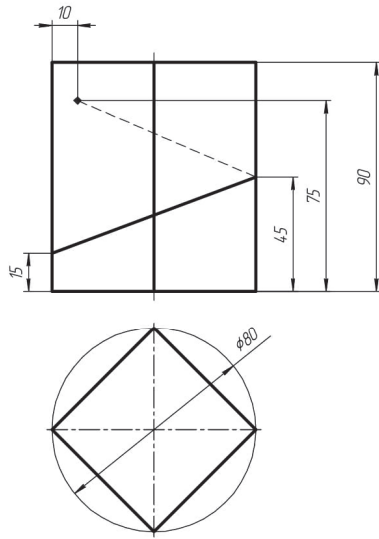
1



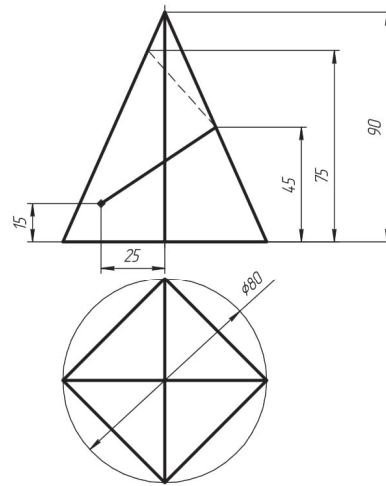
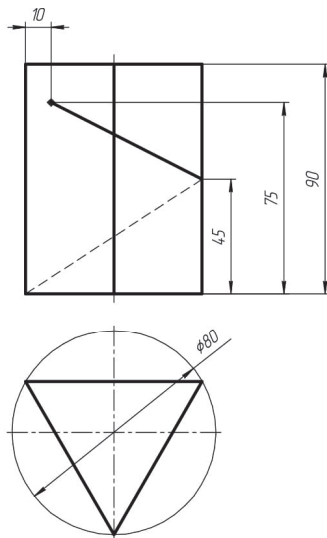
2



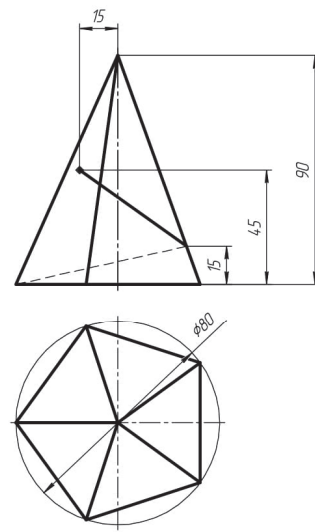
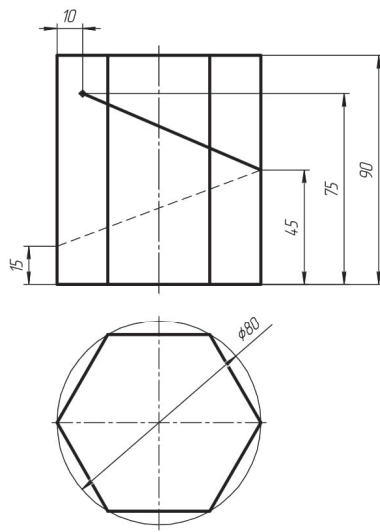
3



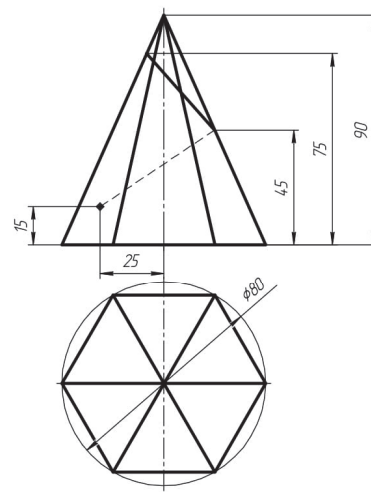
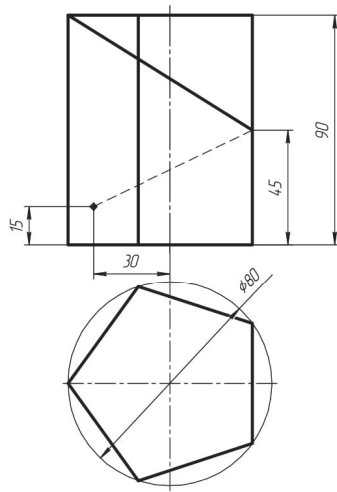
4



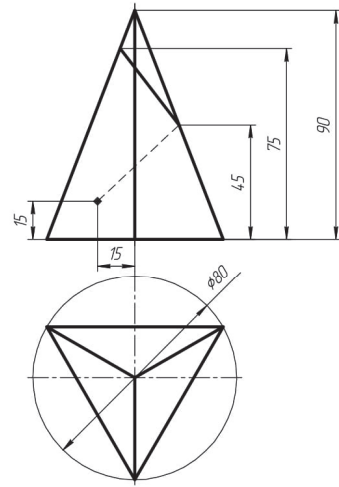
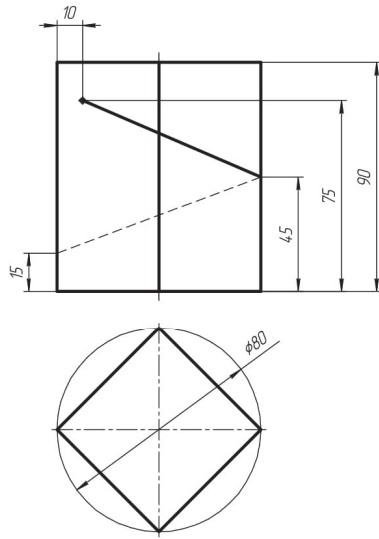
5



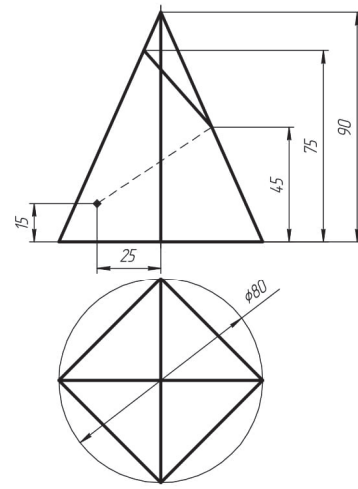
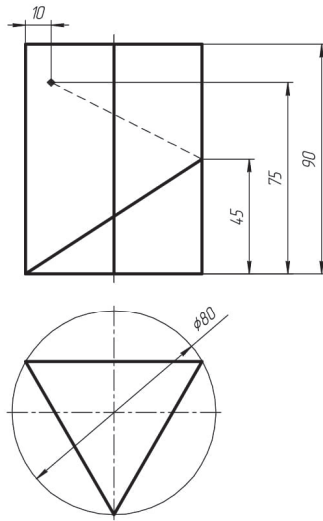
6



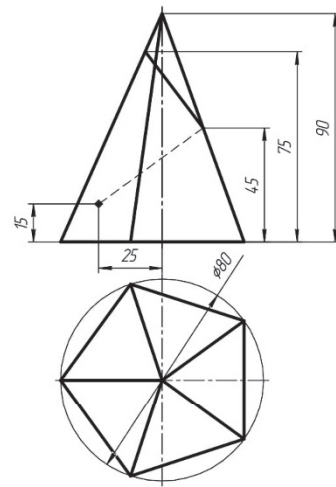
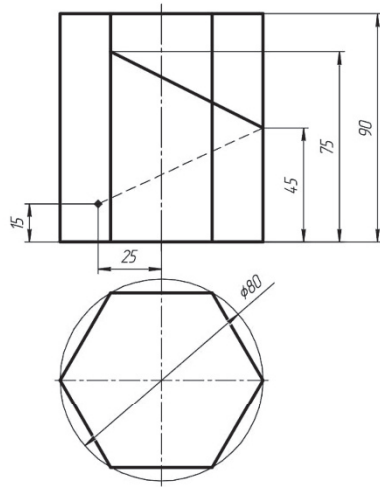
7



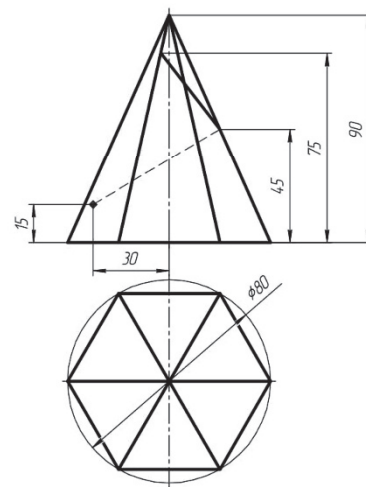
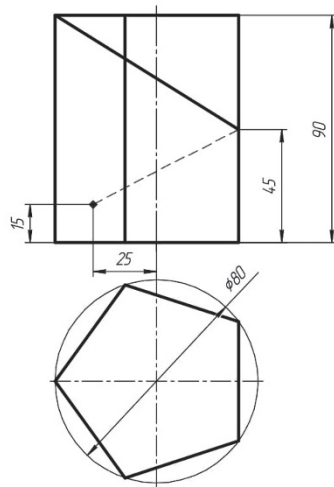
8



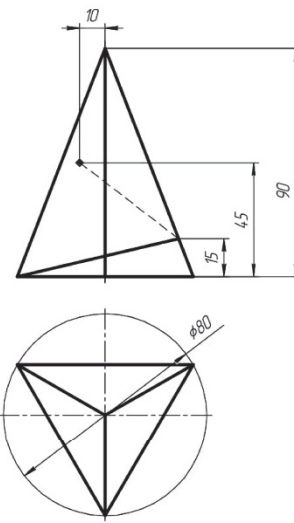
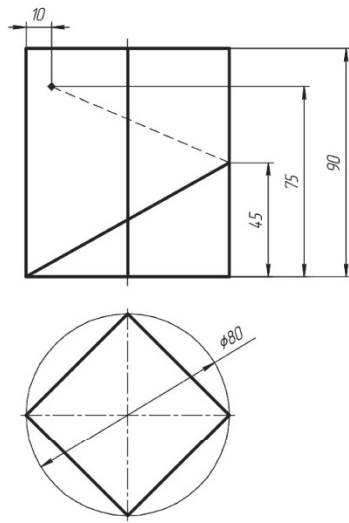
9



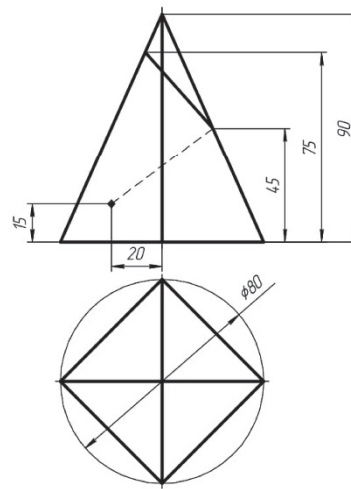
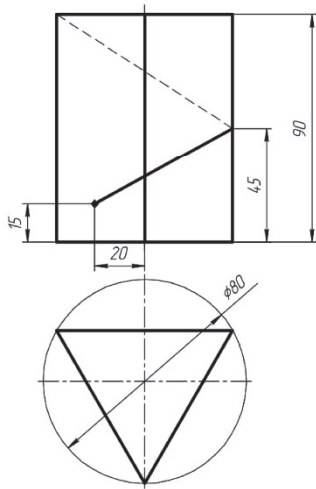
10



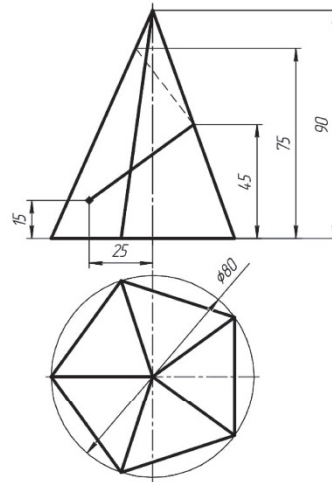
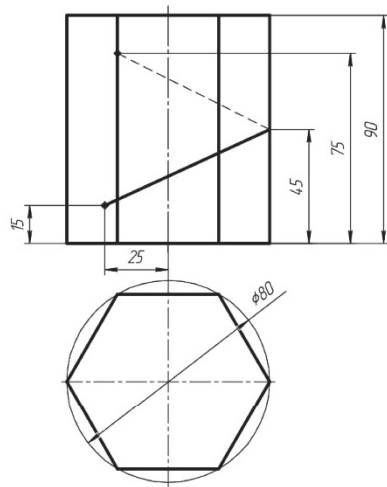
11



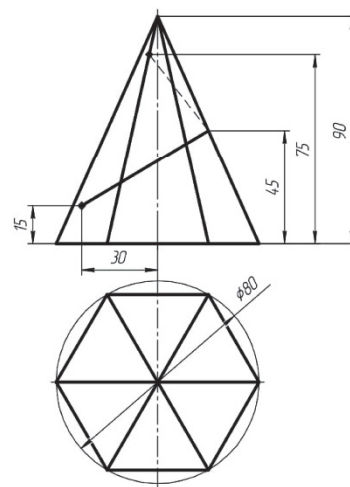
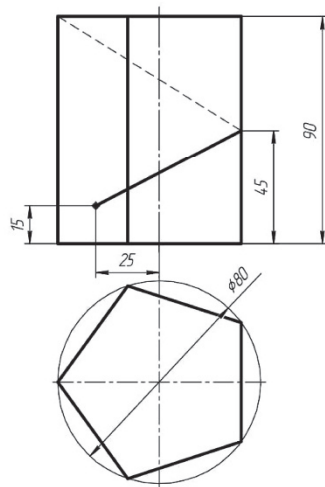
12



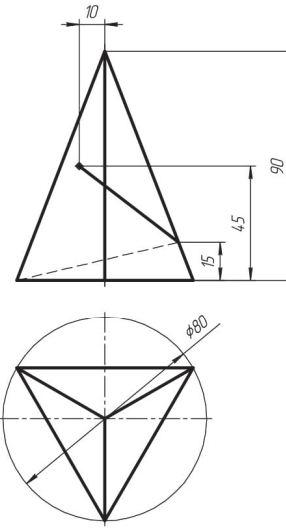
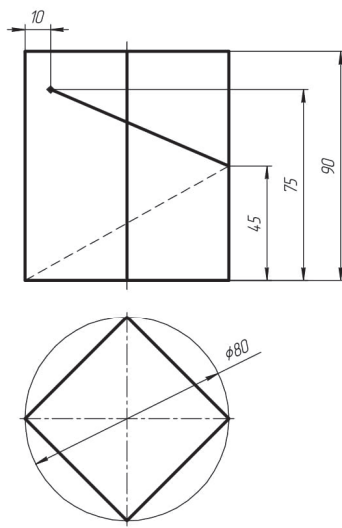
13



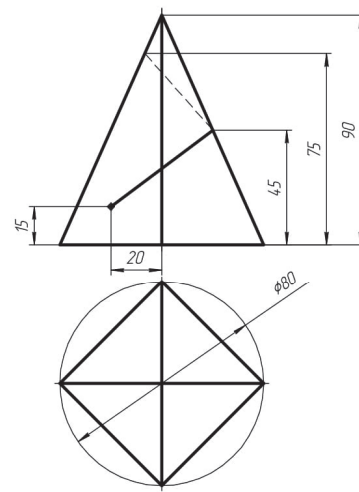
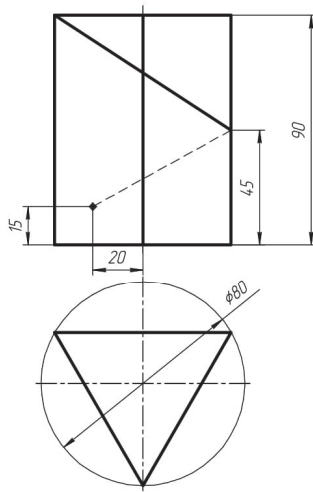
14



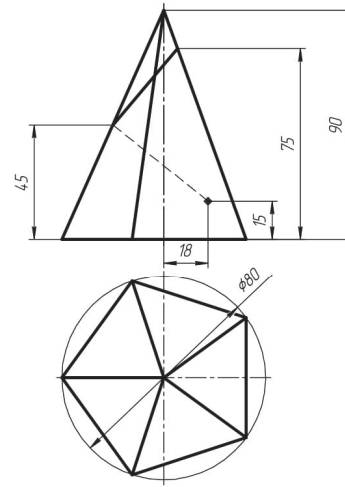
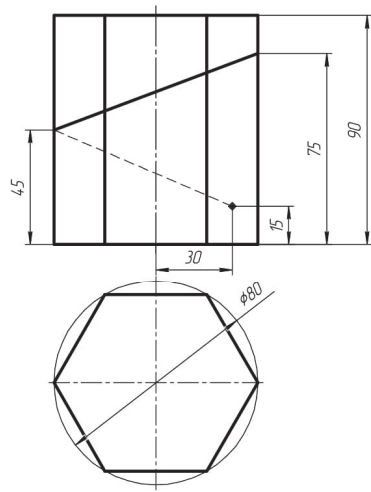
15



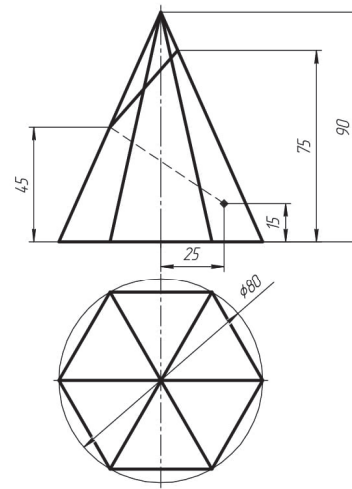
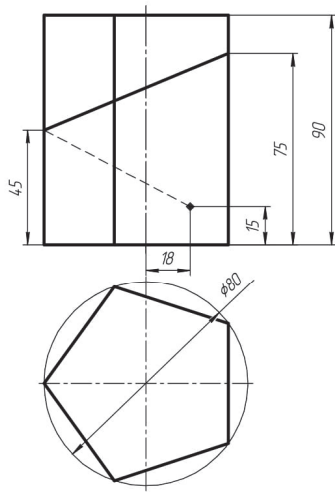
16



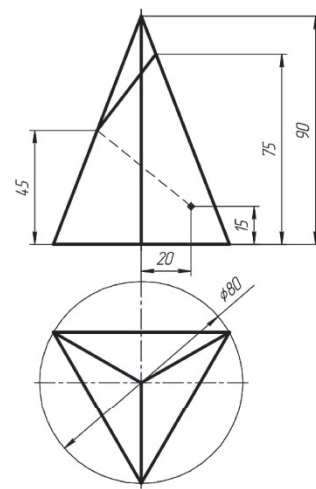
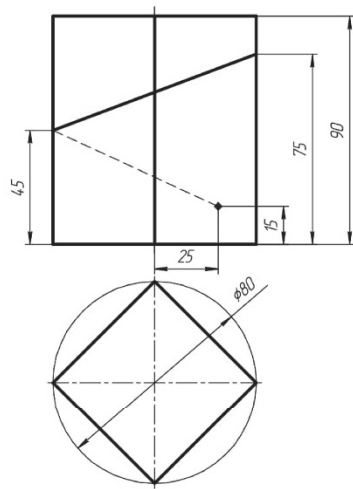
17



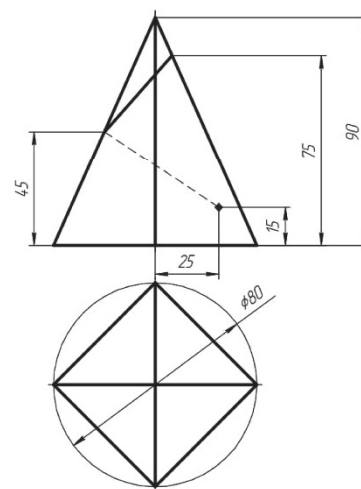
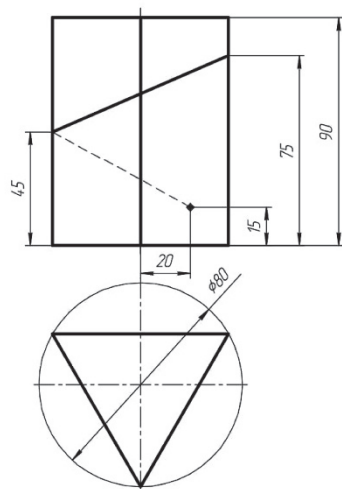
18



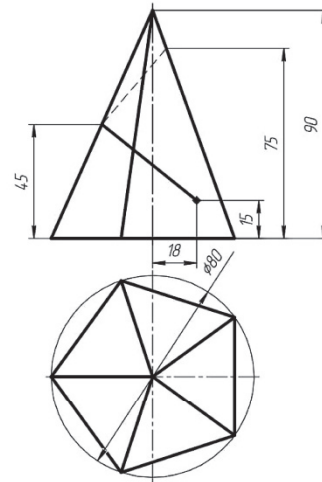
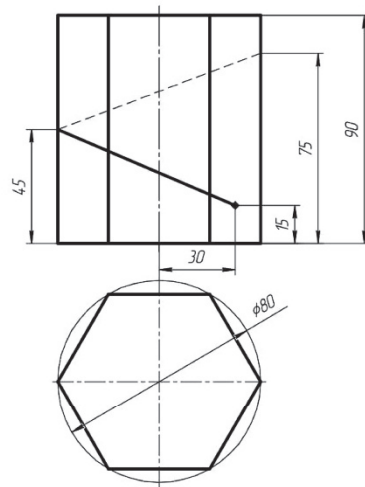
19



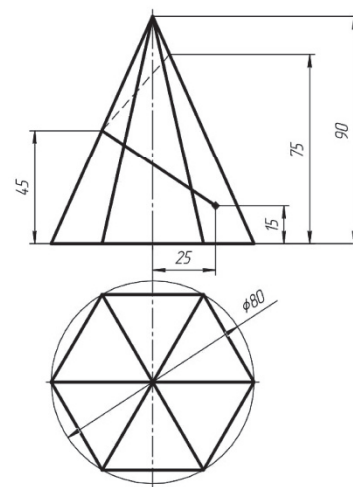
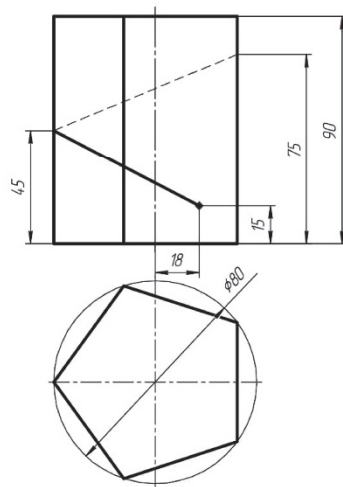
20



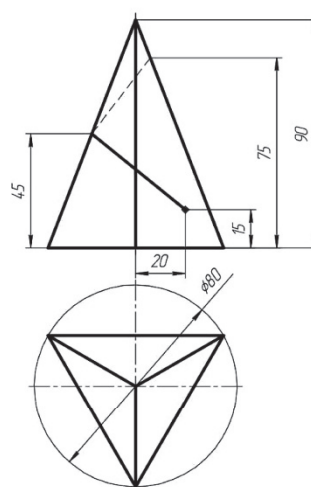
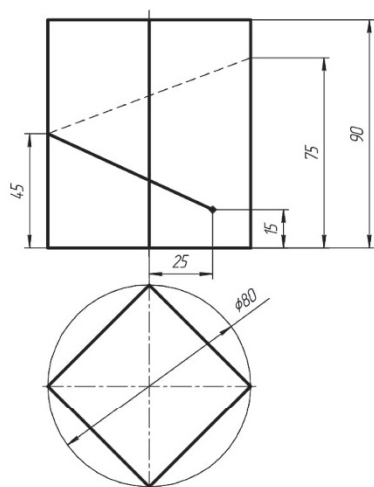
21



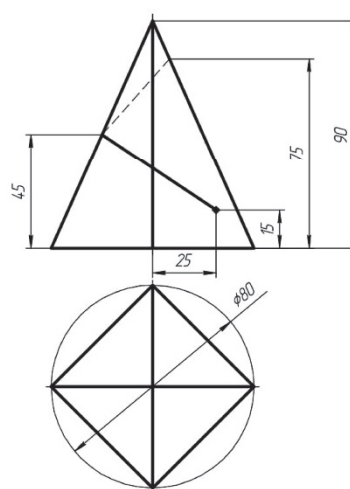
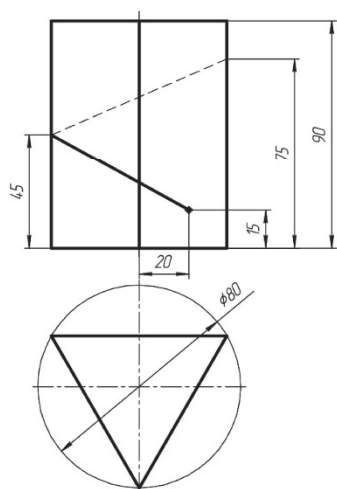
22



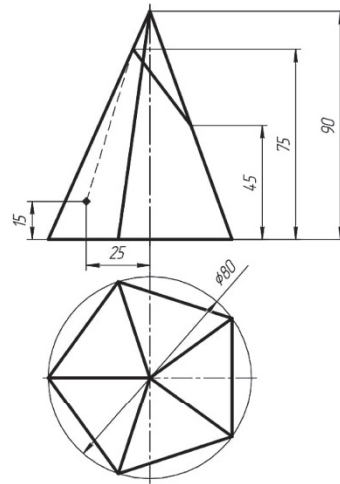
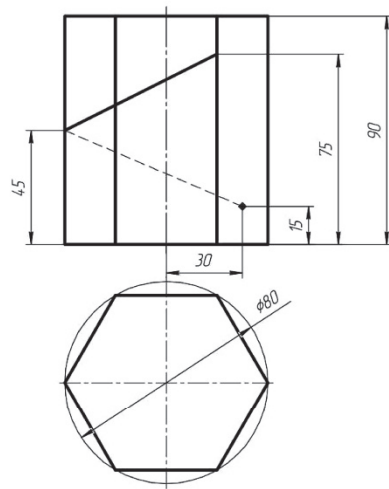
23



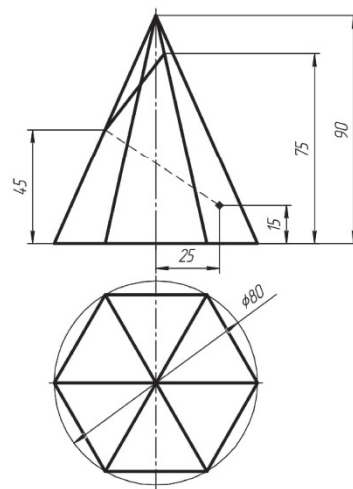
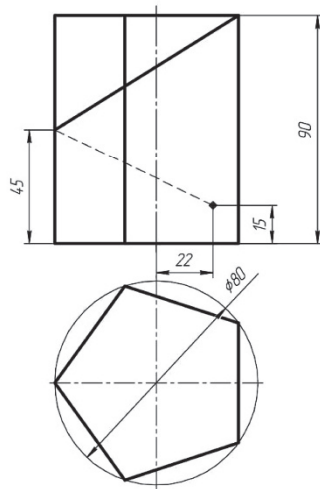
24



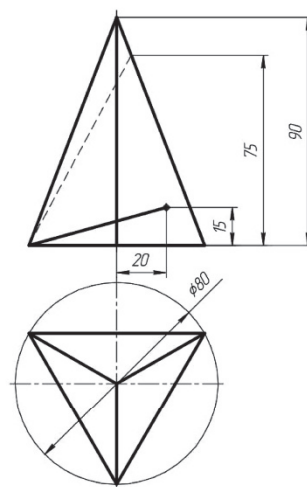
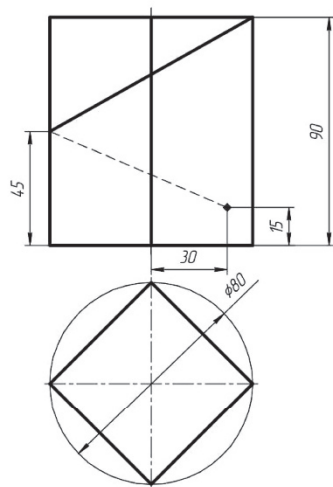
25



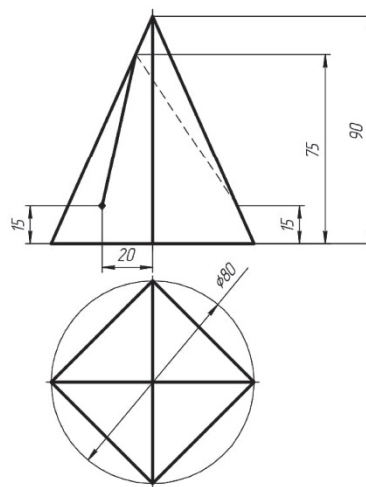
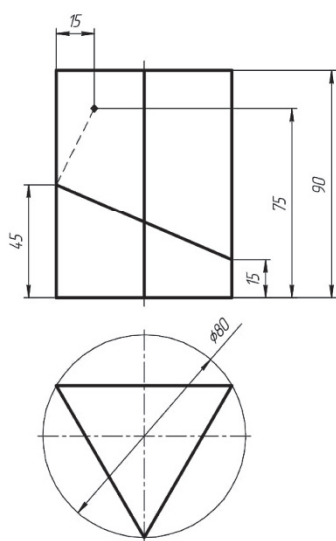
26



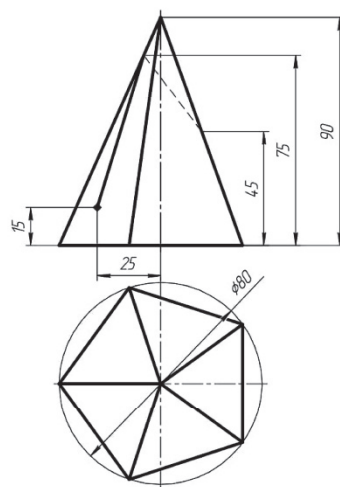
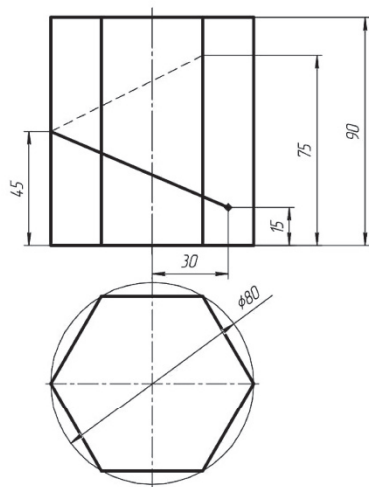
27



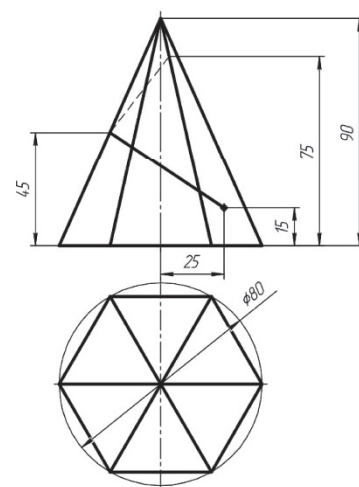
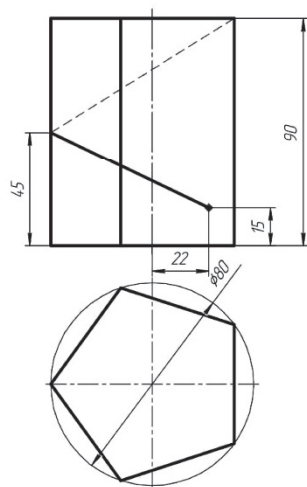
28



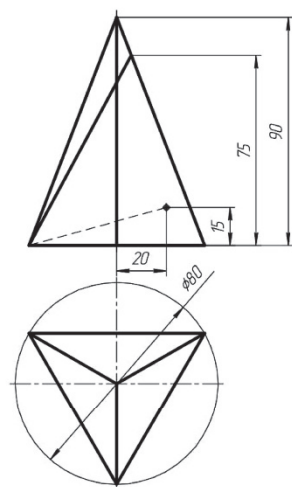
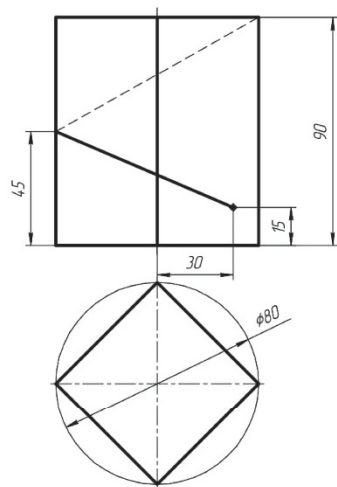
29



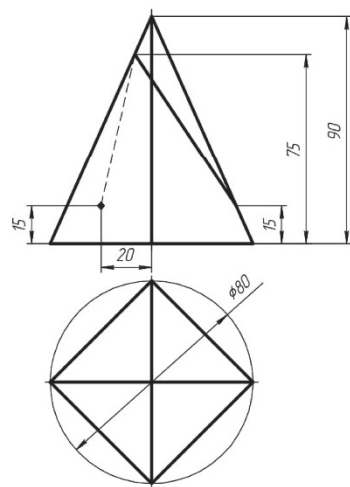
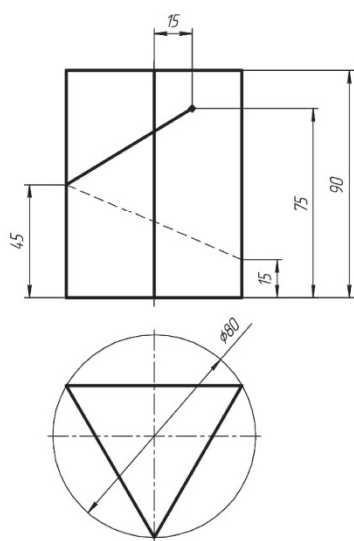
30



31



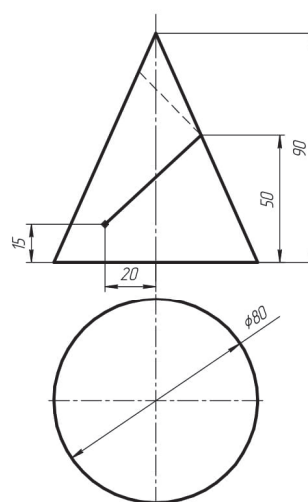
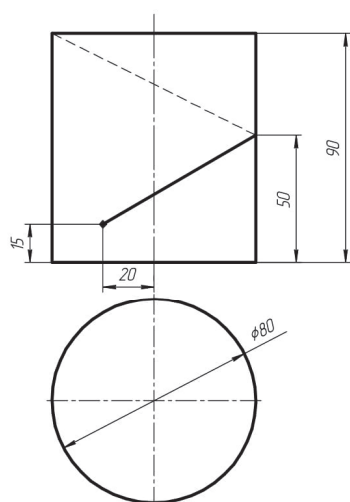
32



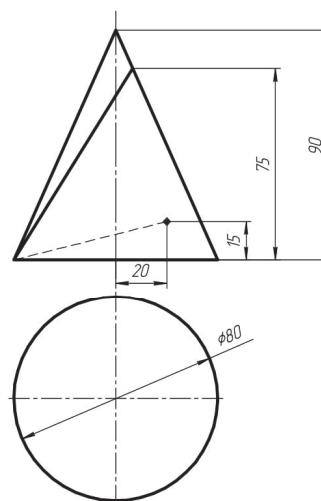
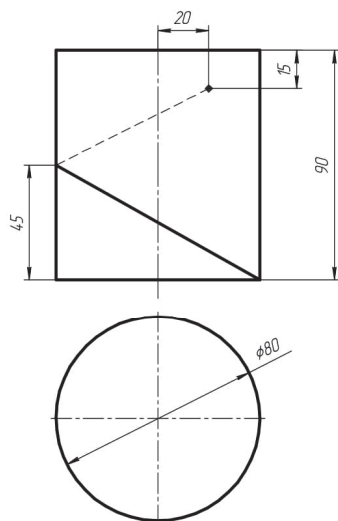
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Варианты заданий по теме «Точка и линия на поверхности вращения»

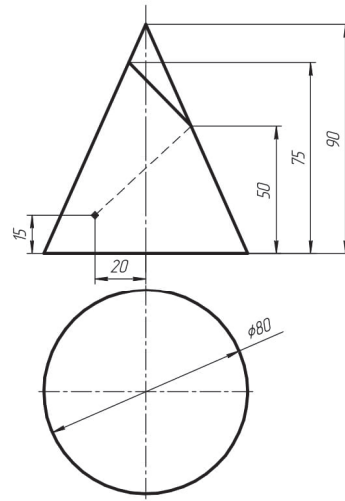
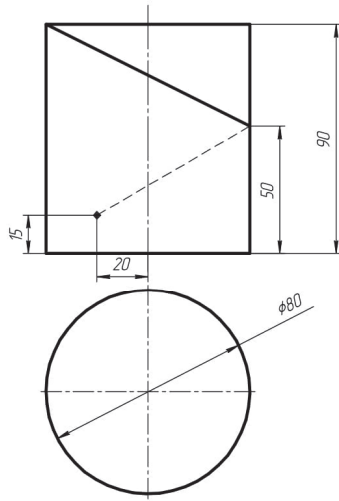
1



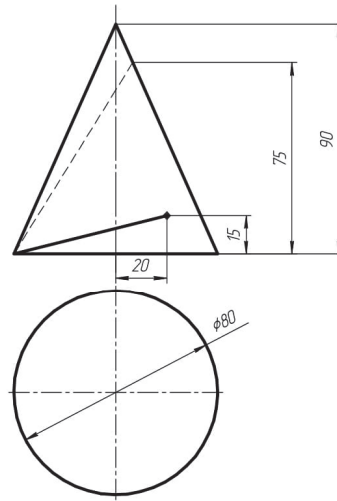
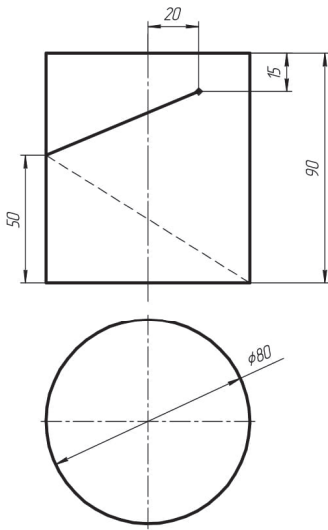
2



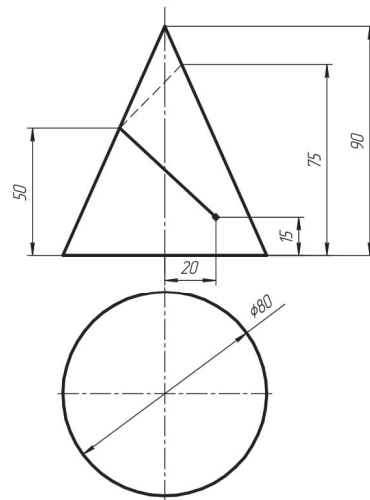
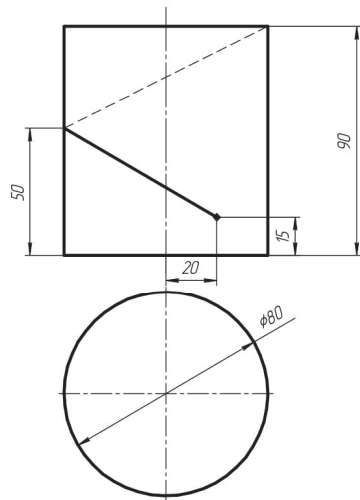
3



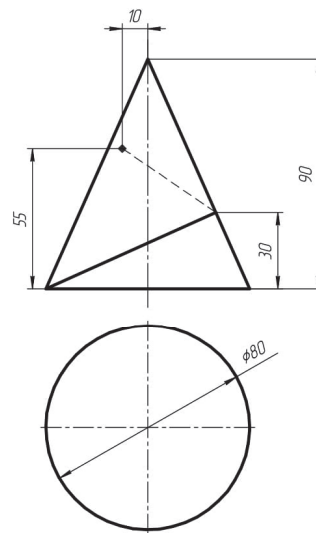
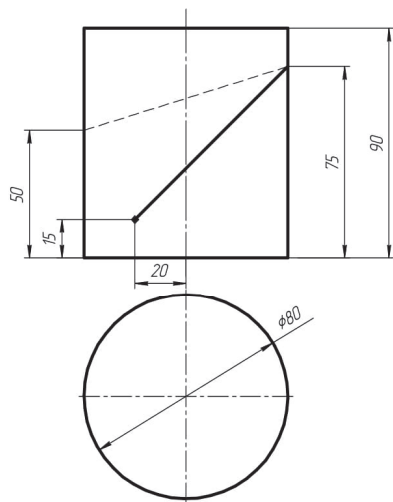
4



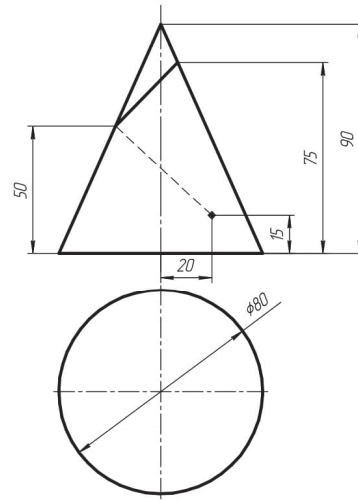
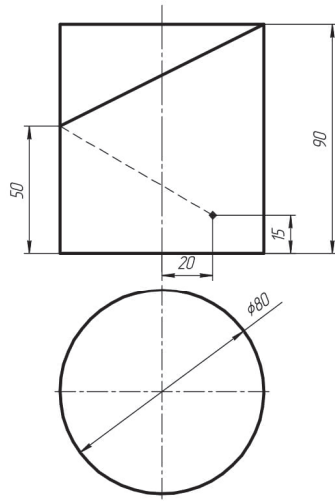
5



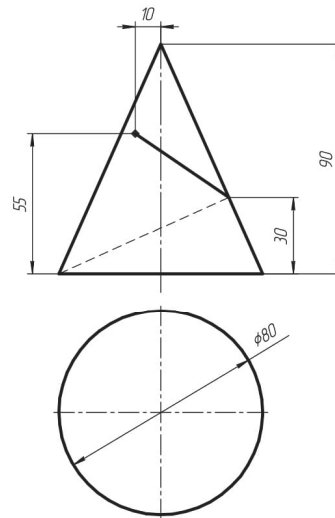
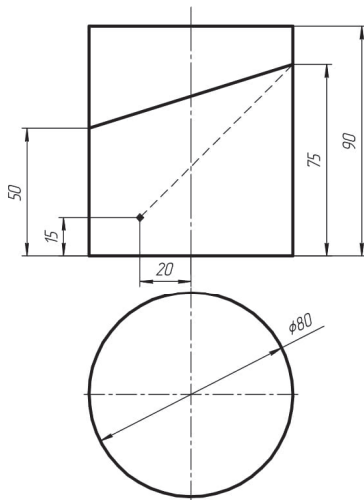
6



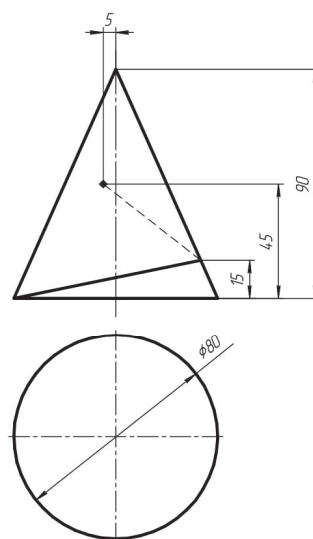
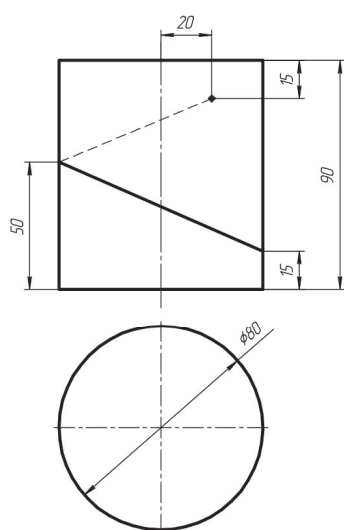
7



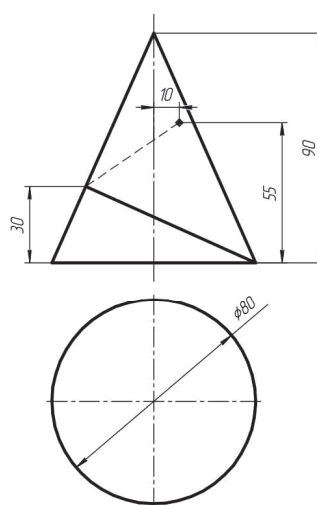
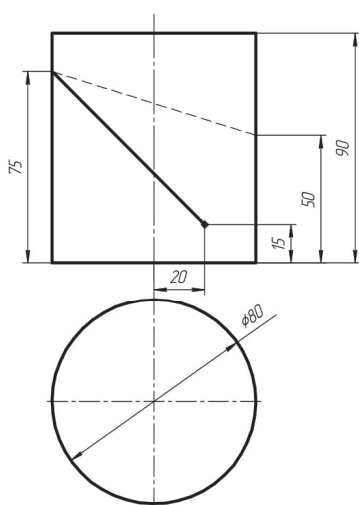
8



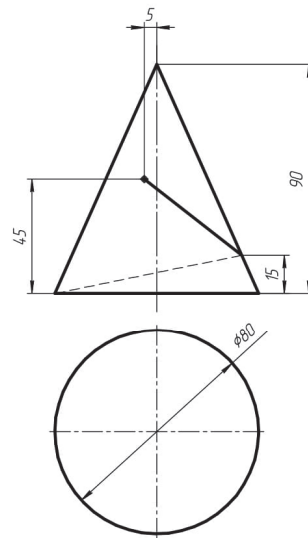
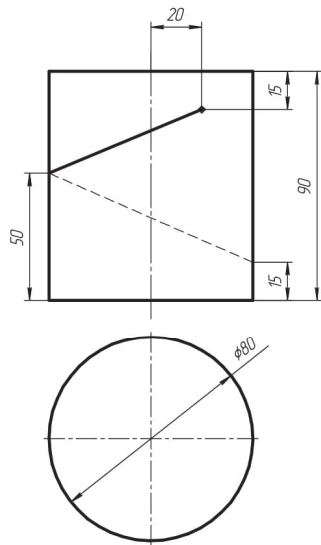
9



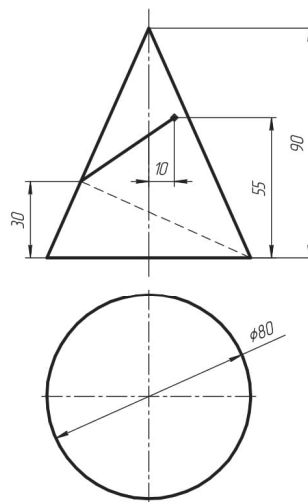
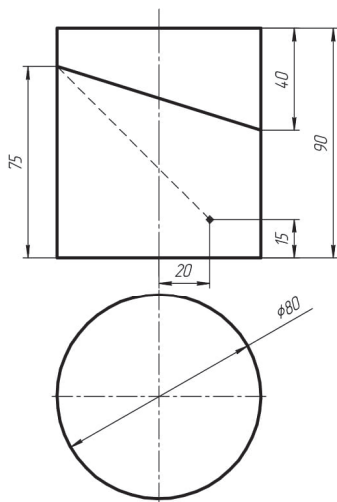
10



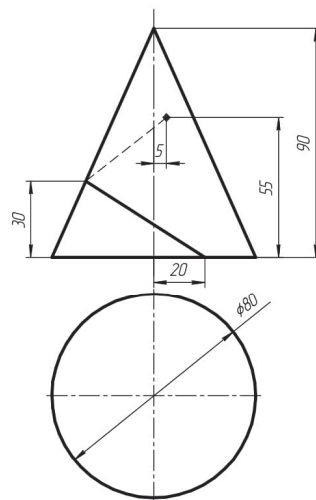
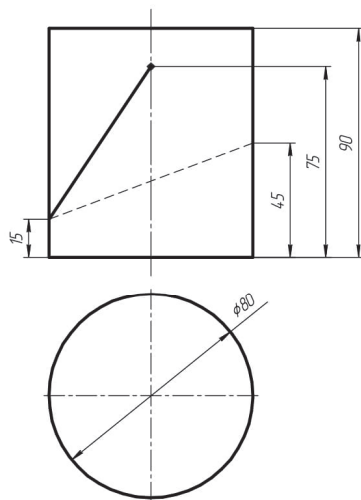
11



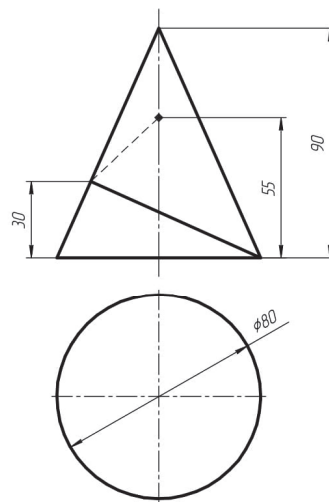
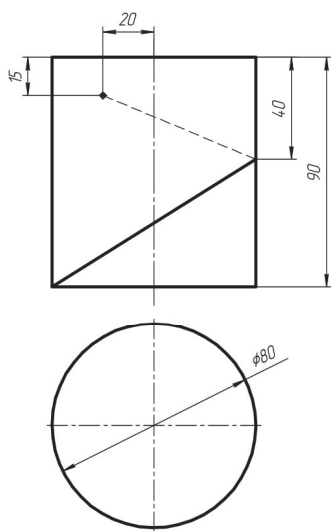
12



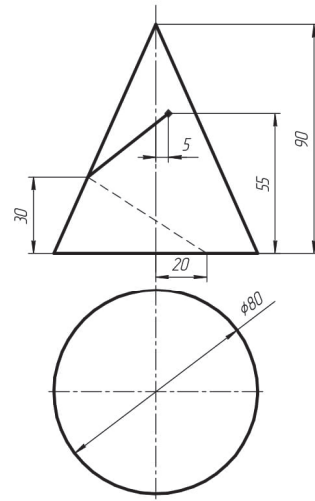
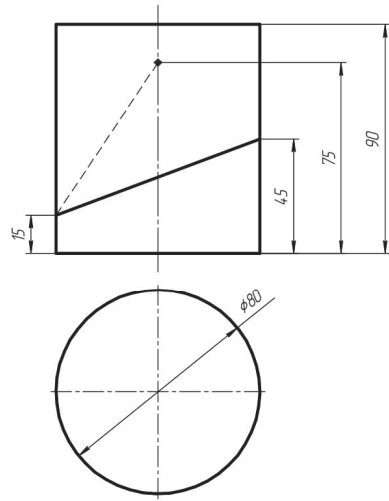
13



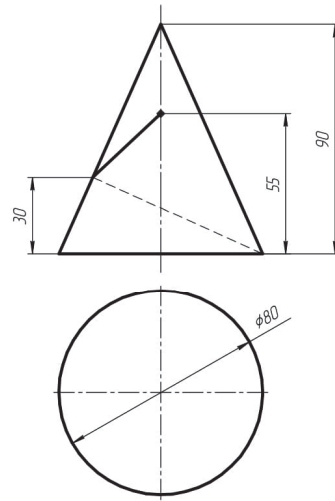
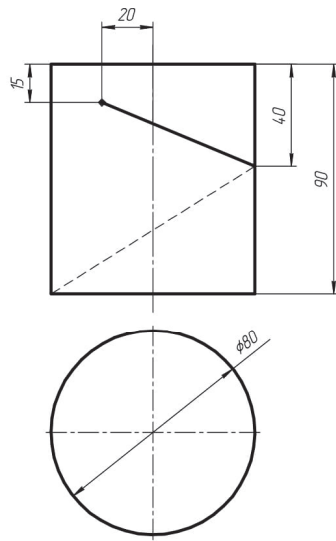
14



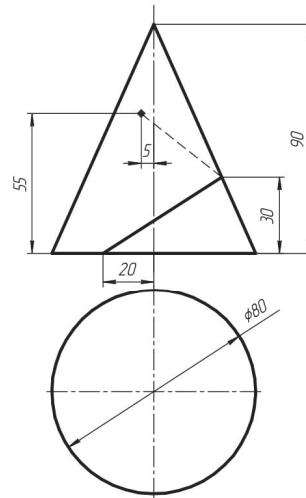
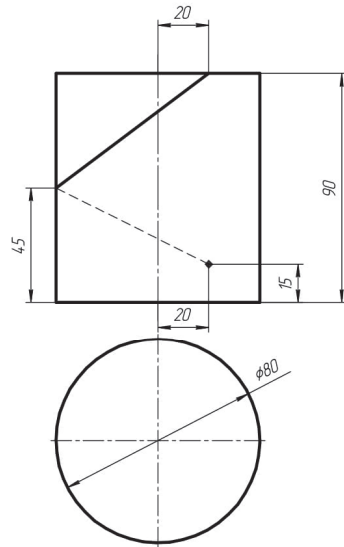
15



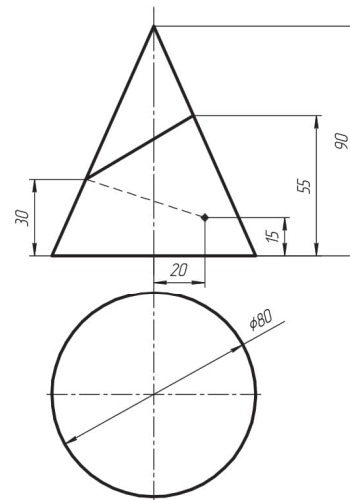
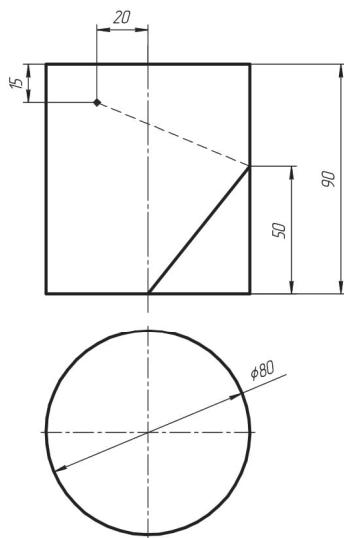
16



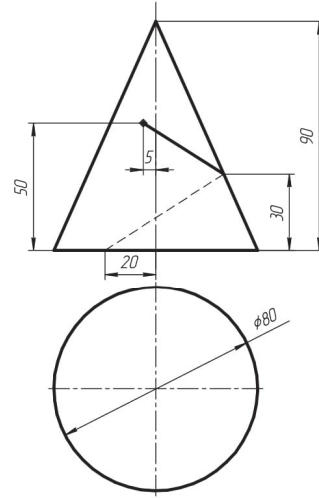
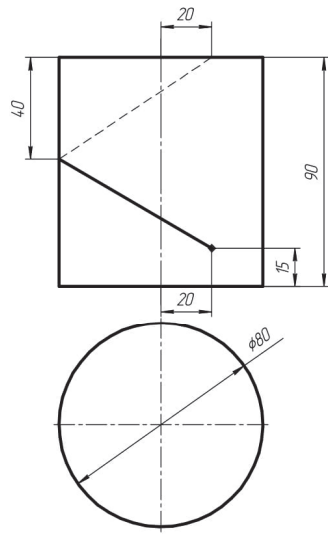
17



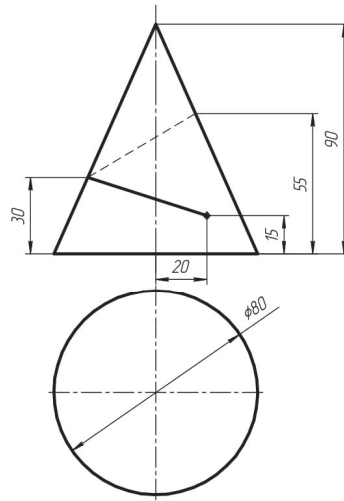
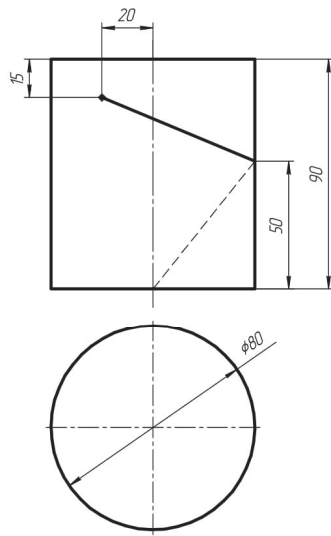
18



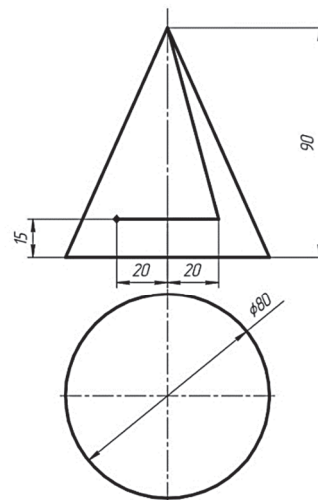
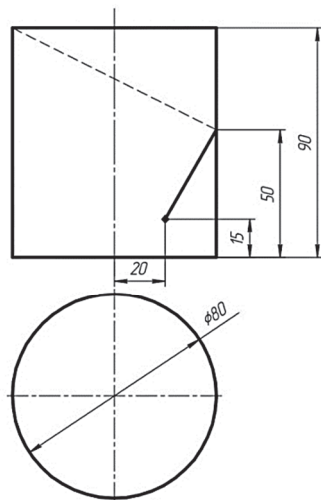
19



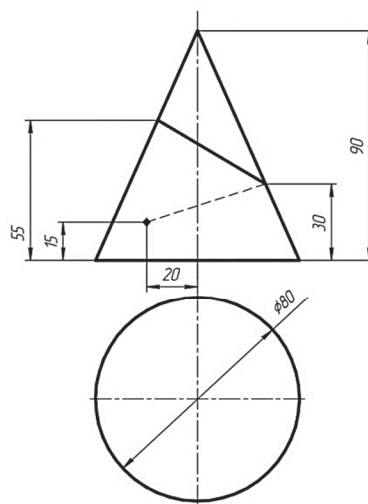
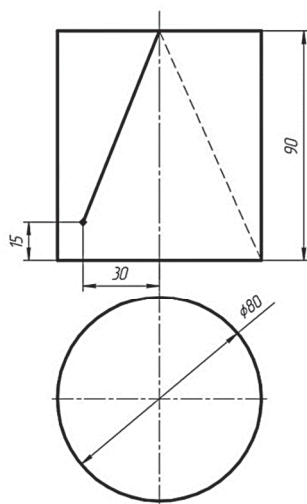
20



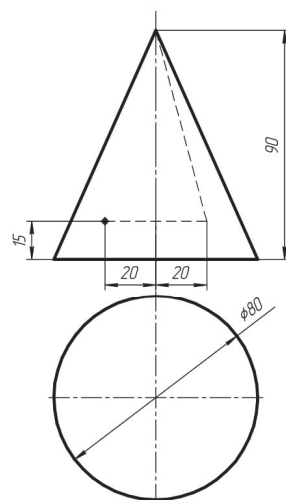
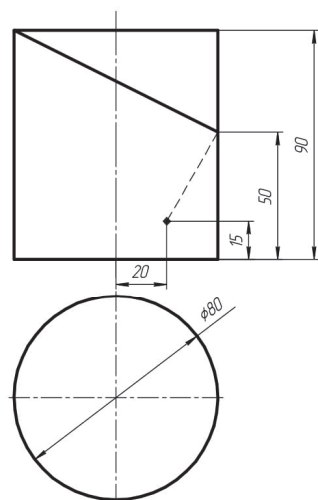
21



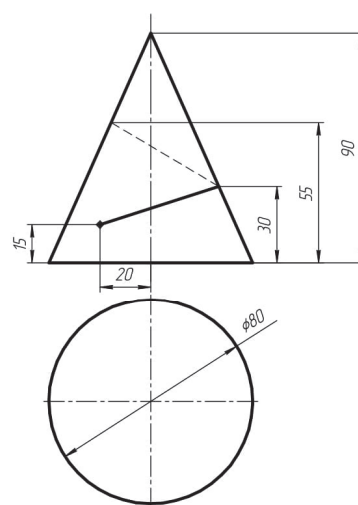
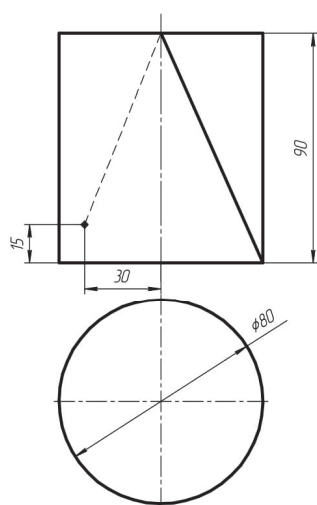
22



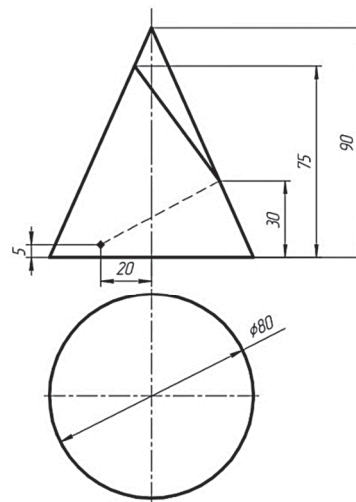
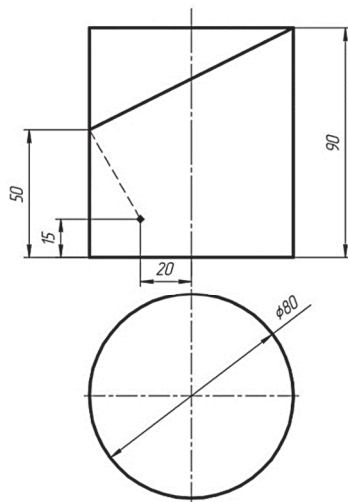
23



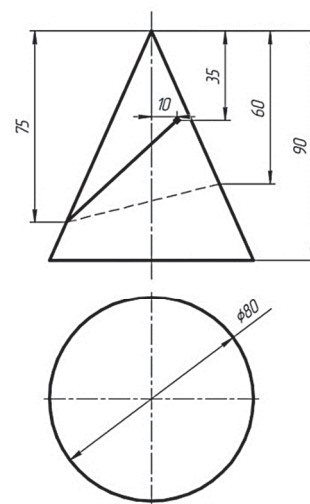
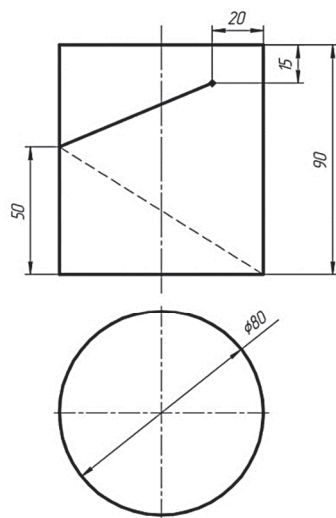
24



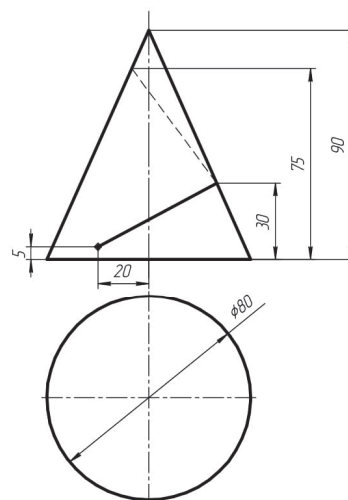
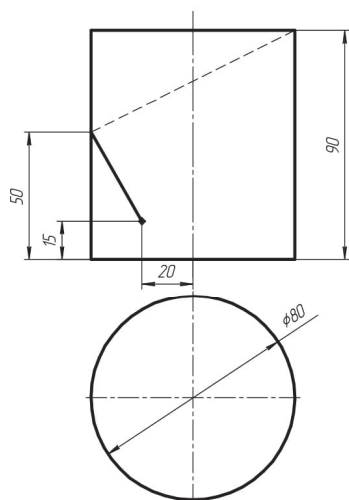
25



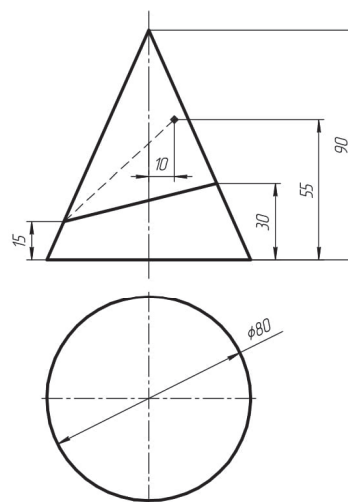
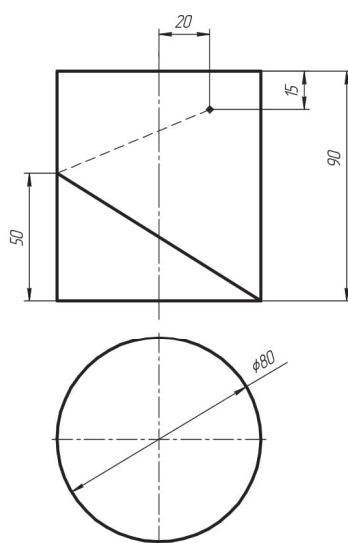
26



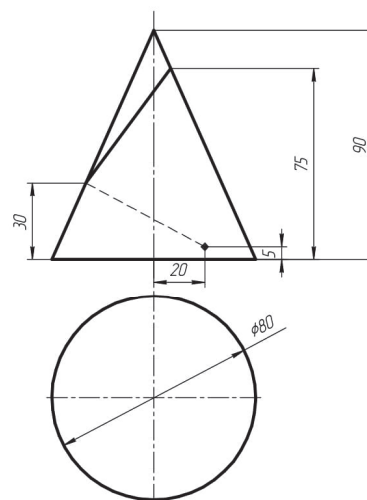
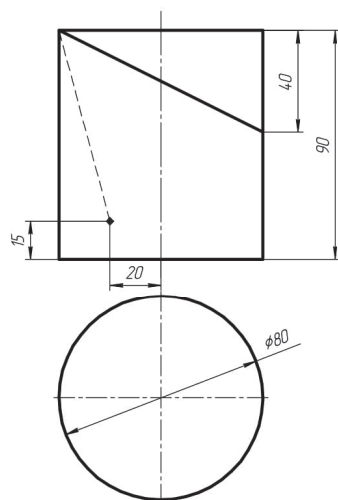
27



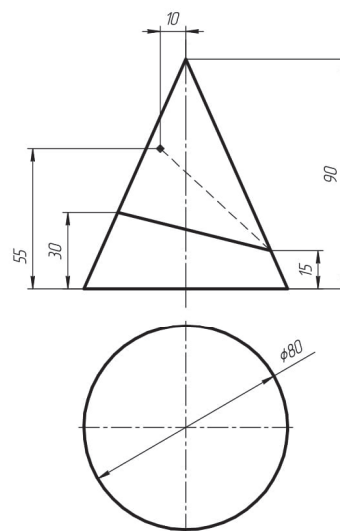
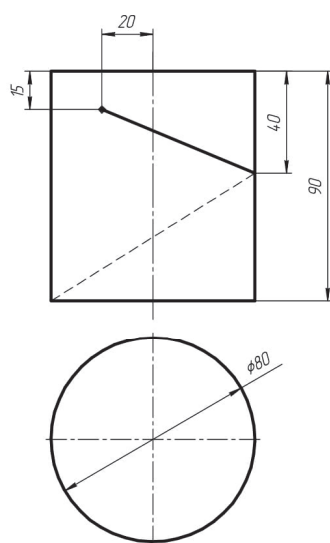
28



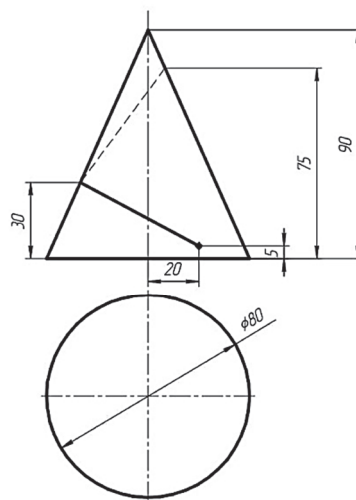
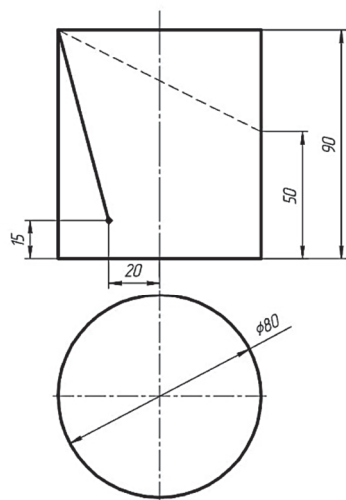
29



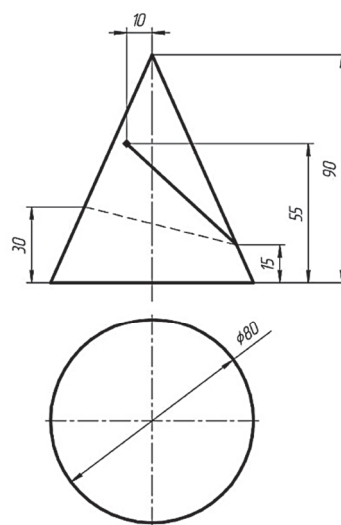
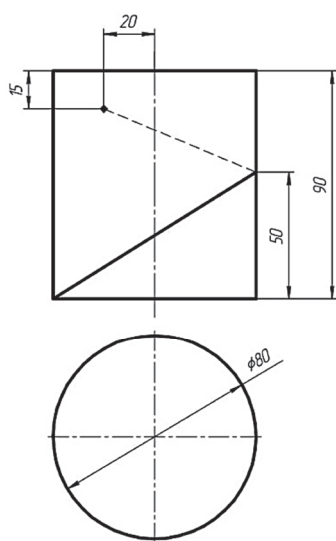
30



31



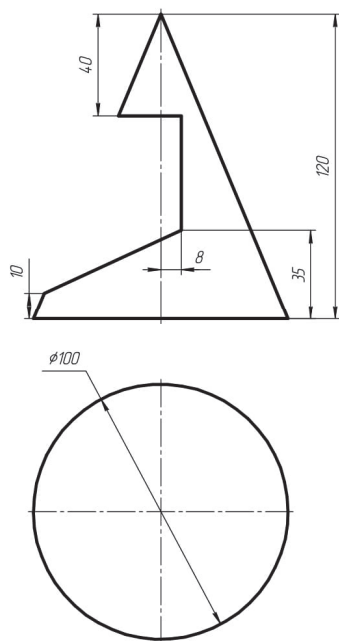
32



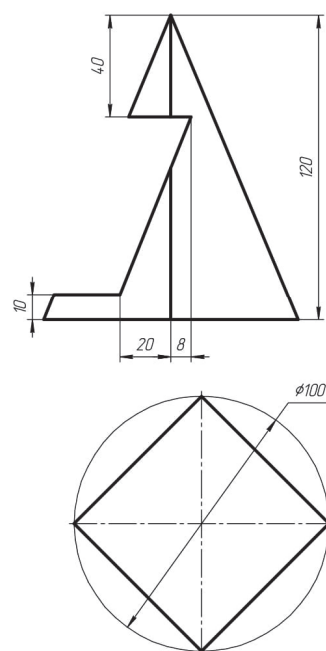
ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Варианты заданий по теме «Пересечение поверхностей плоскостями частного положения»

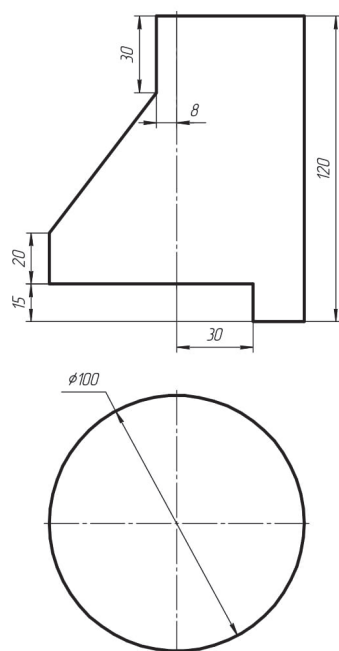
1



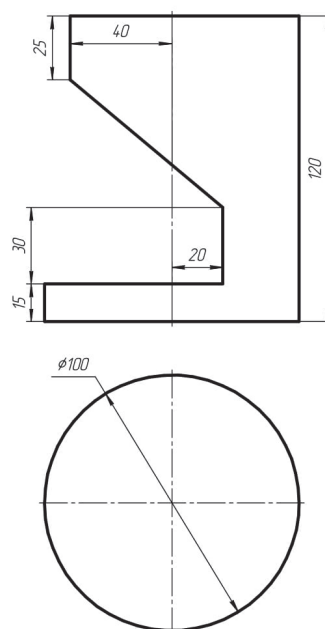
2



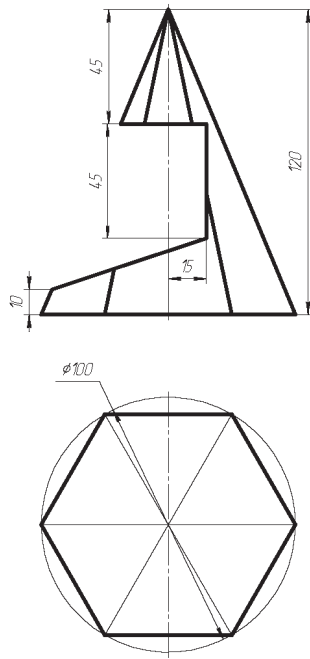
3



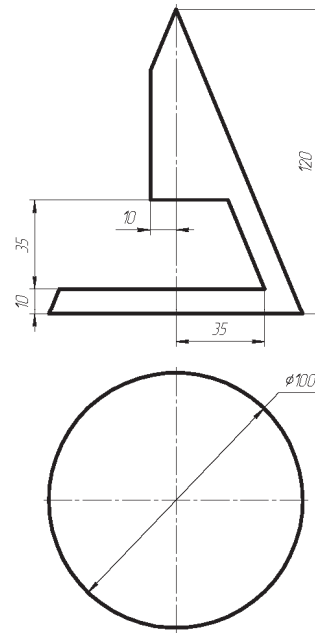
4



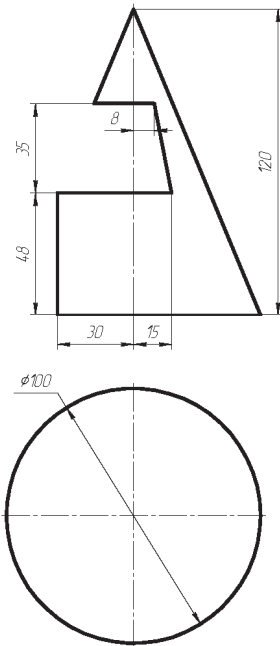
5



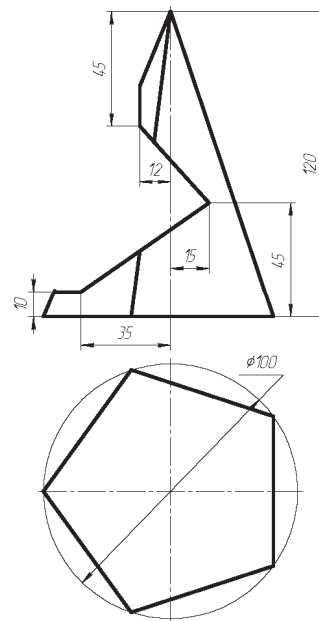
6



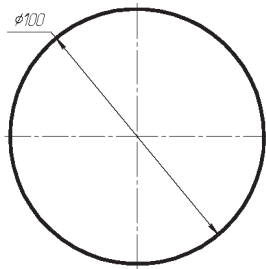
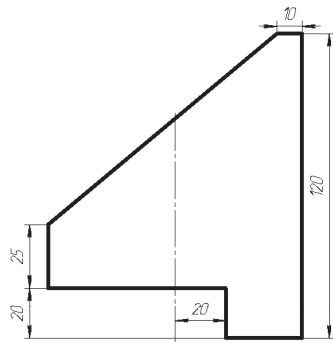
7



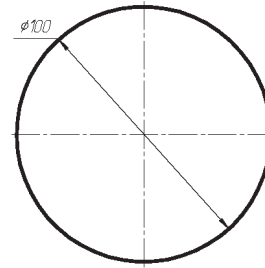
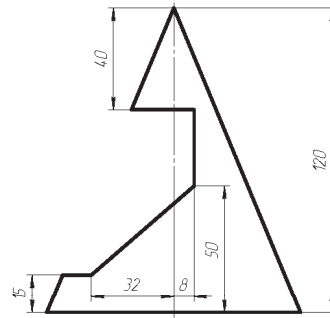
8



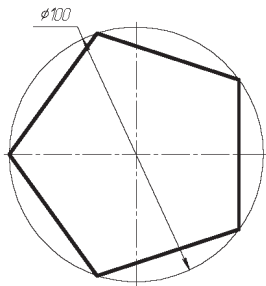
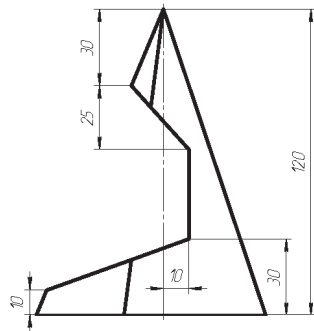
9



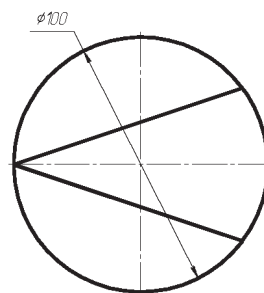
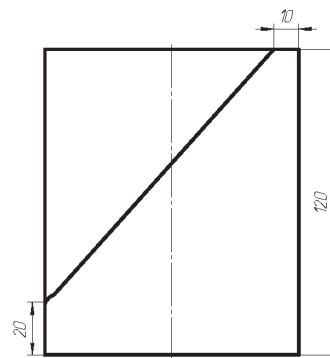
10



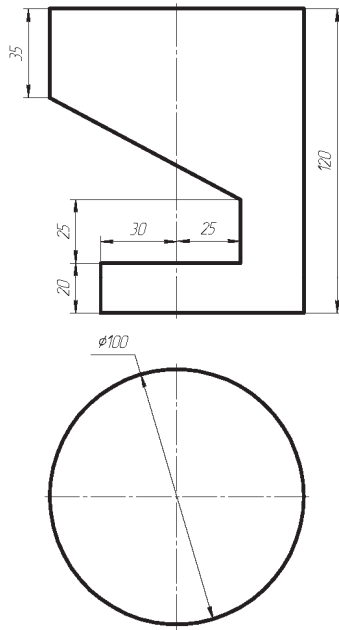
11



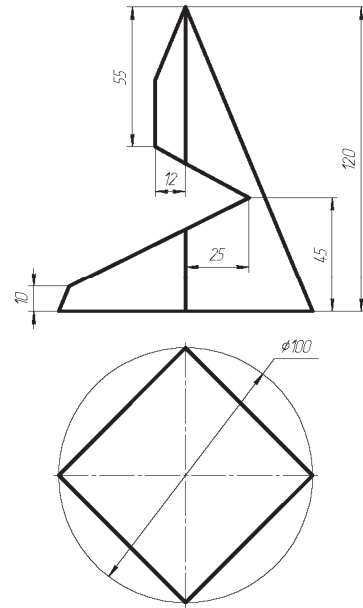
12



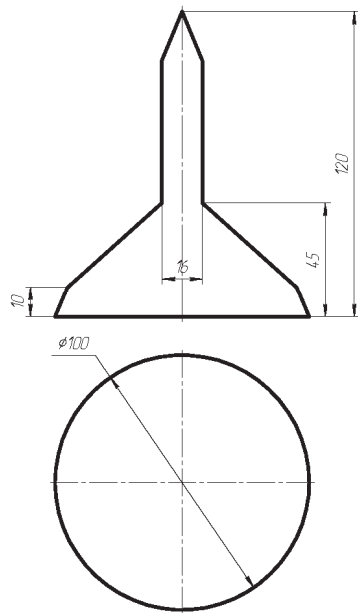
13



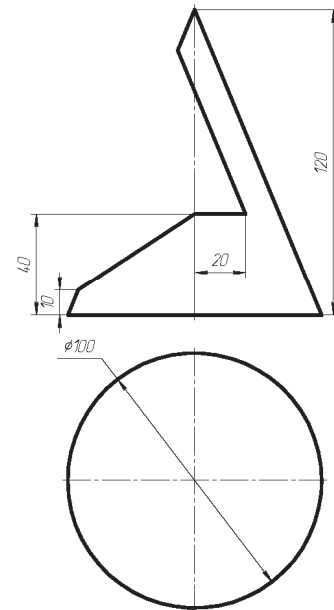
14



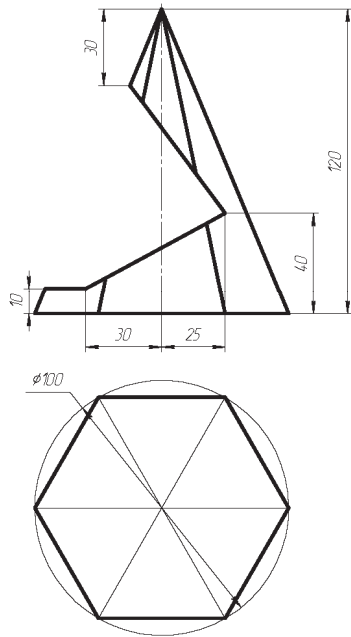
15



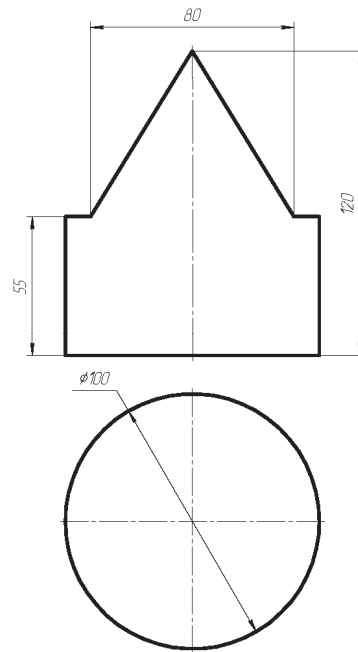
16



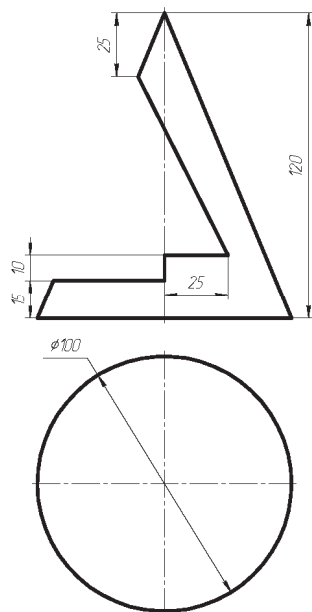
17



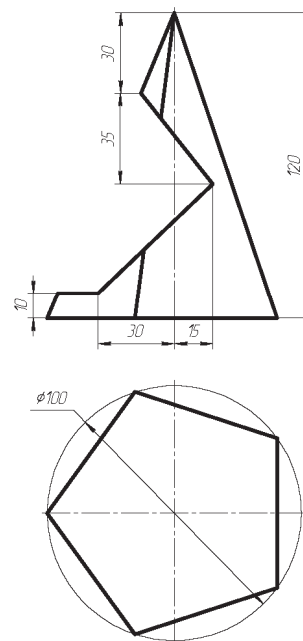
18



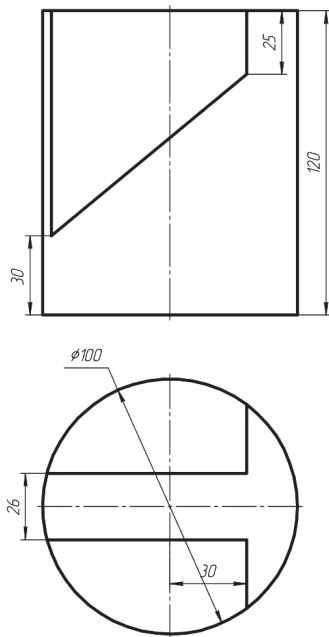
19



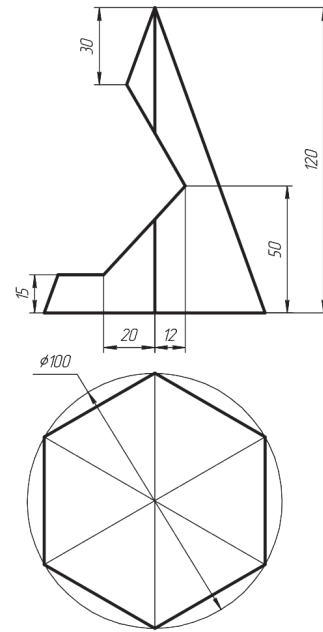
20



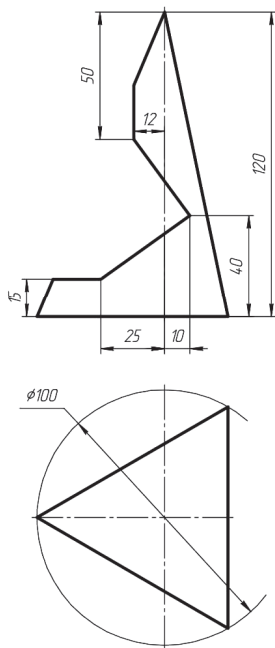
21



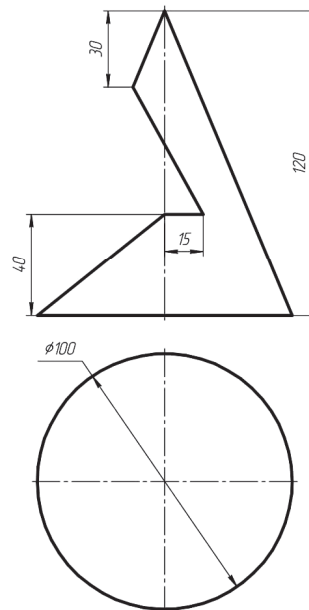
22



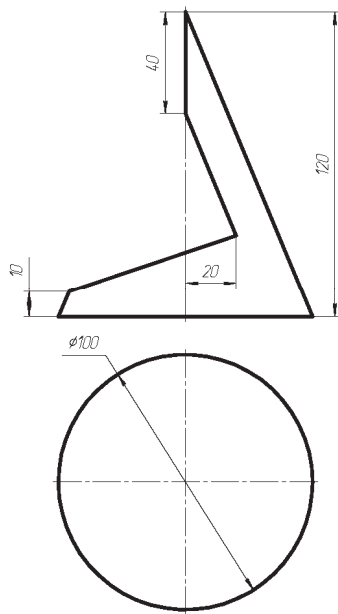
23



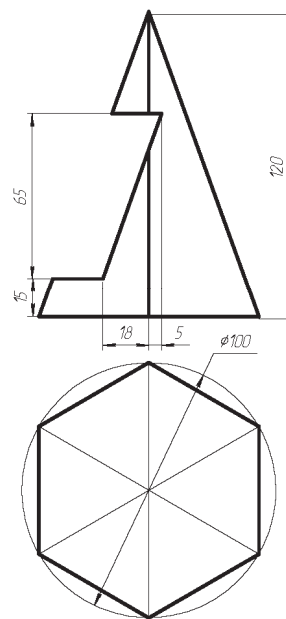
24



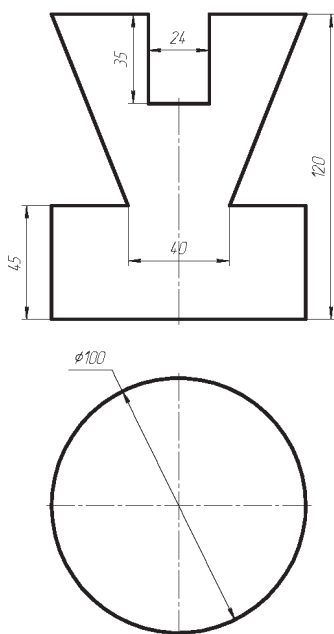
25



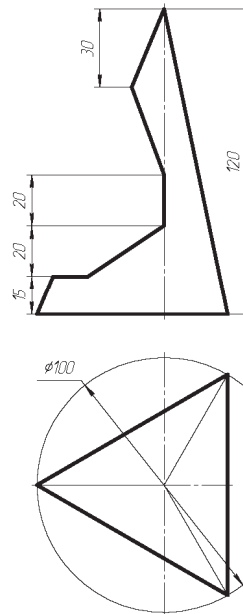
26



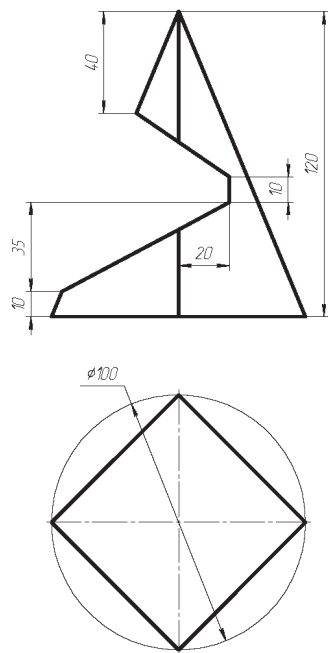
27



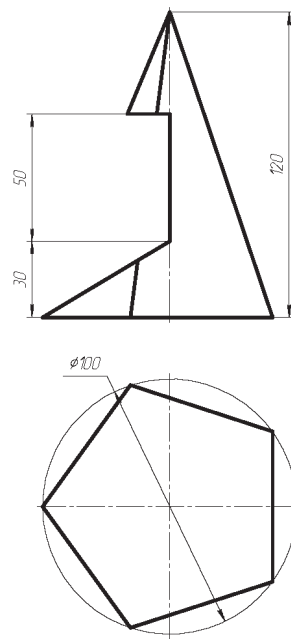
28



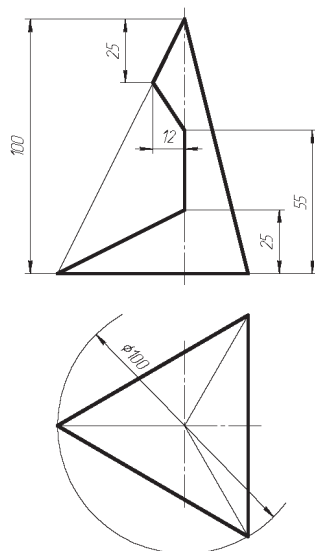
29



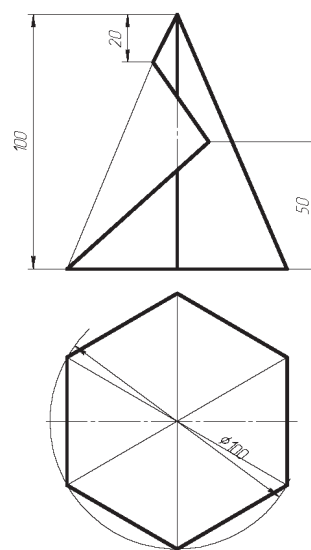
30



31

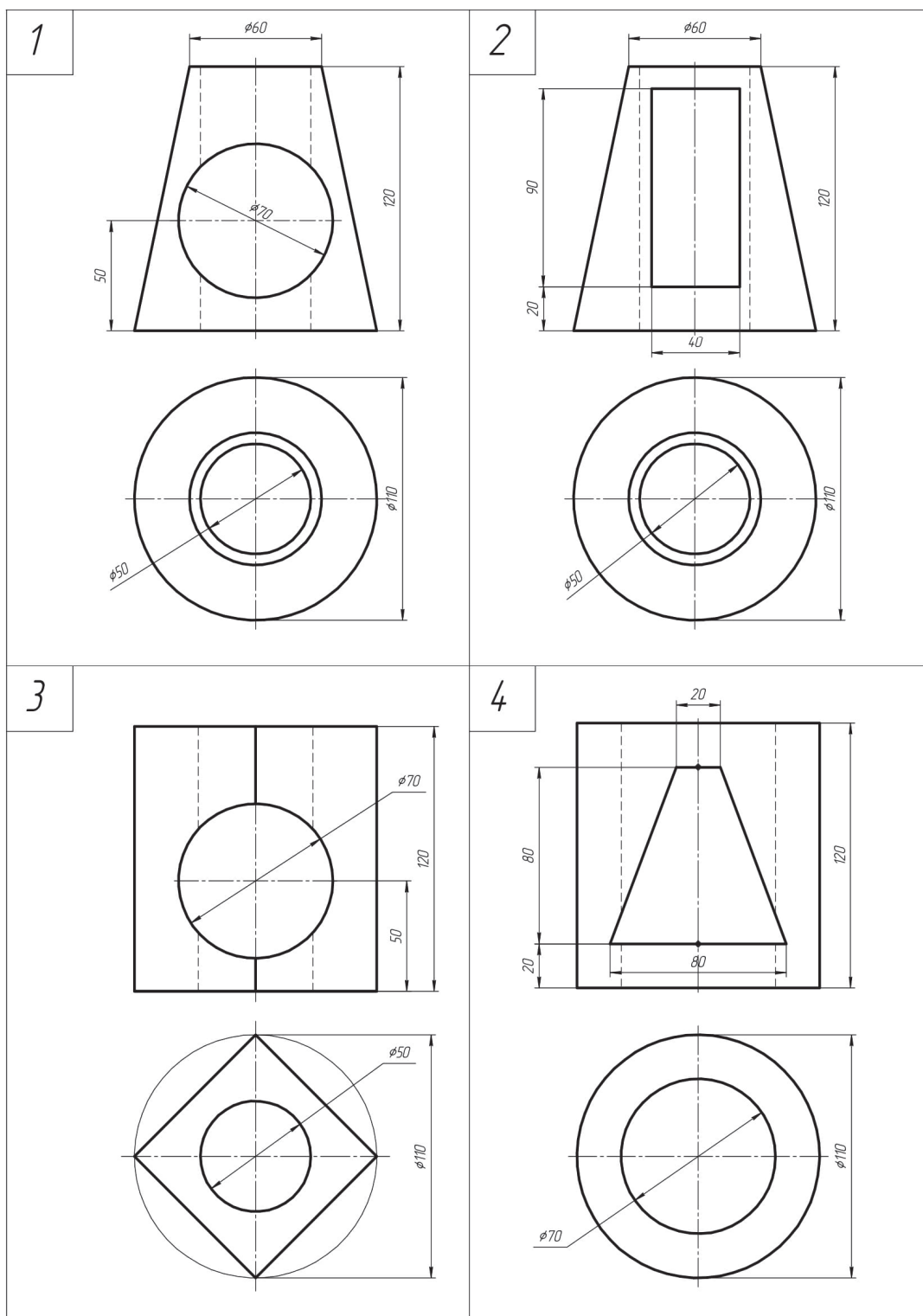


32

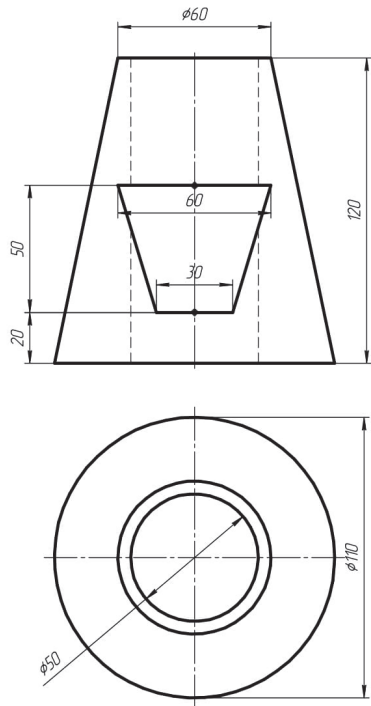


ПРИЛОЖЕНИЕ 4

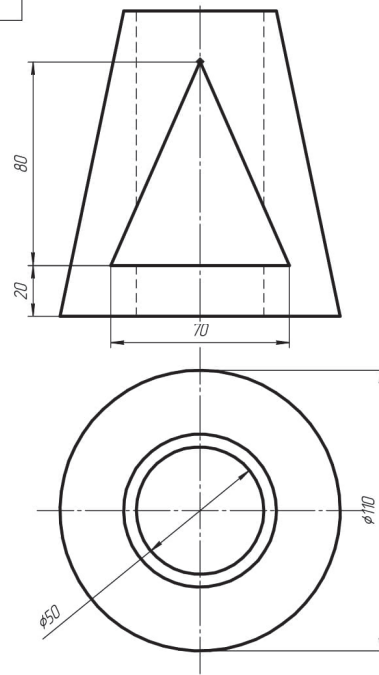
Варианты заданий по теме «Взаимное пересечение поверхностей»



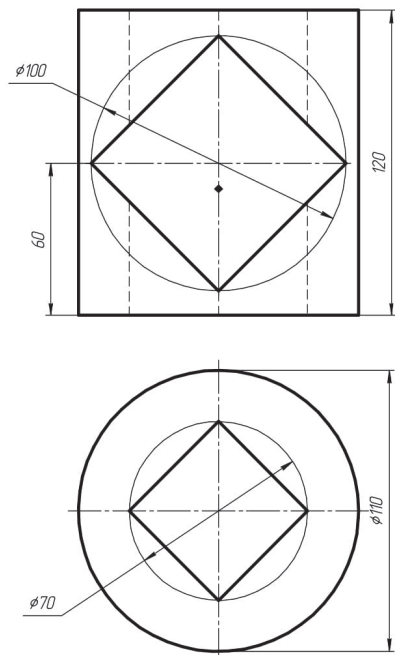
5



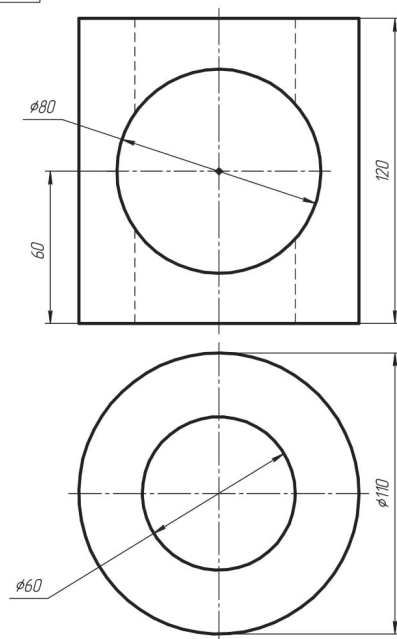
6



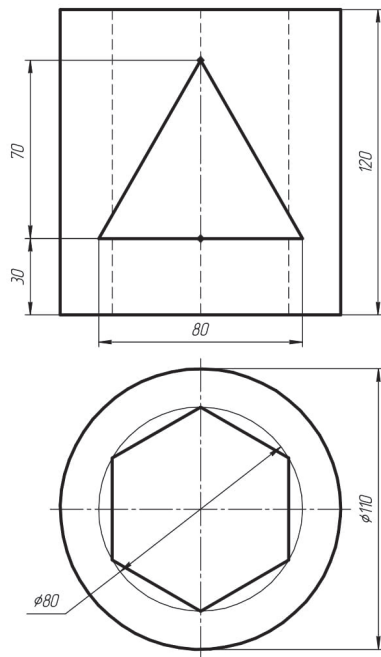
7



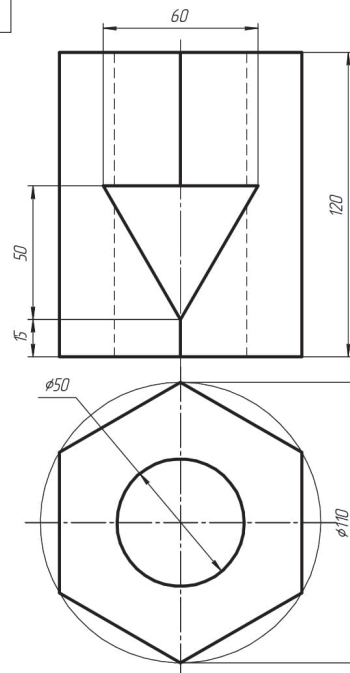
8



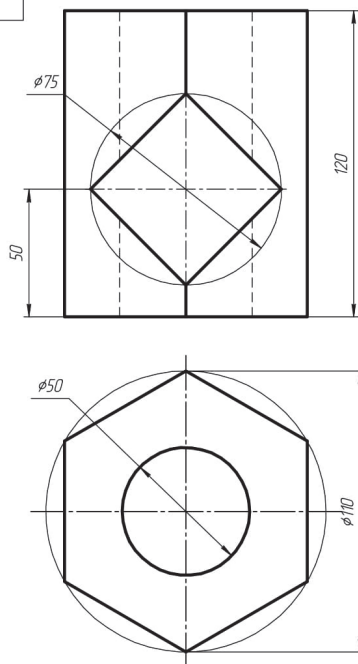
9



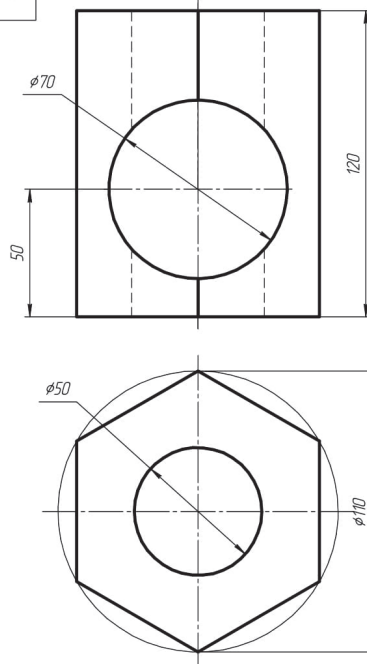
10



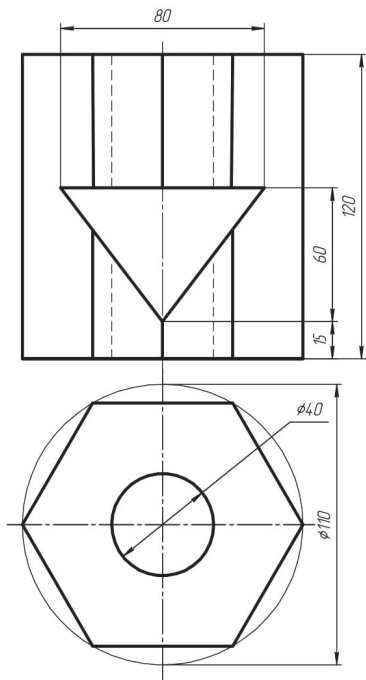
11



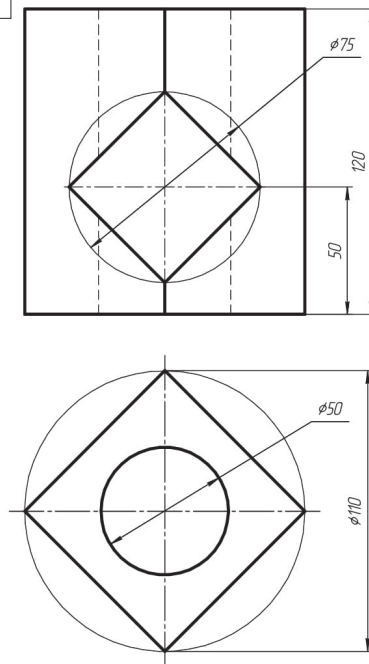
12



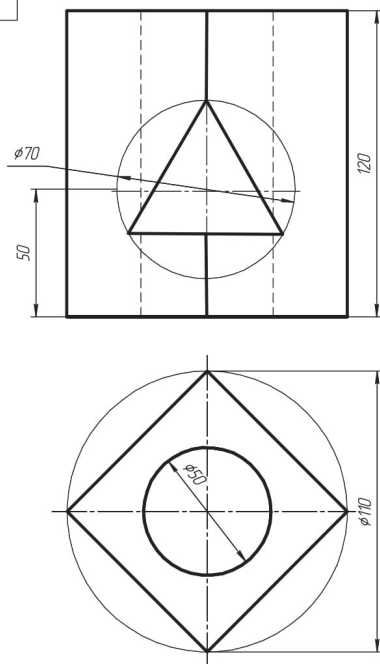
13



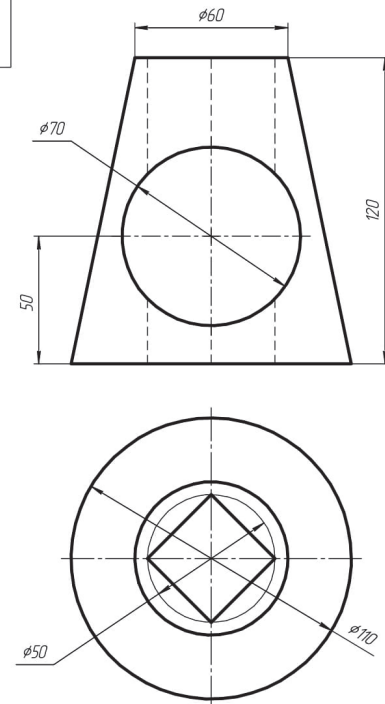
14

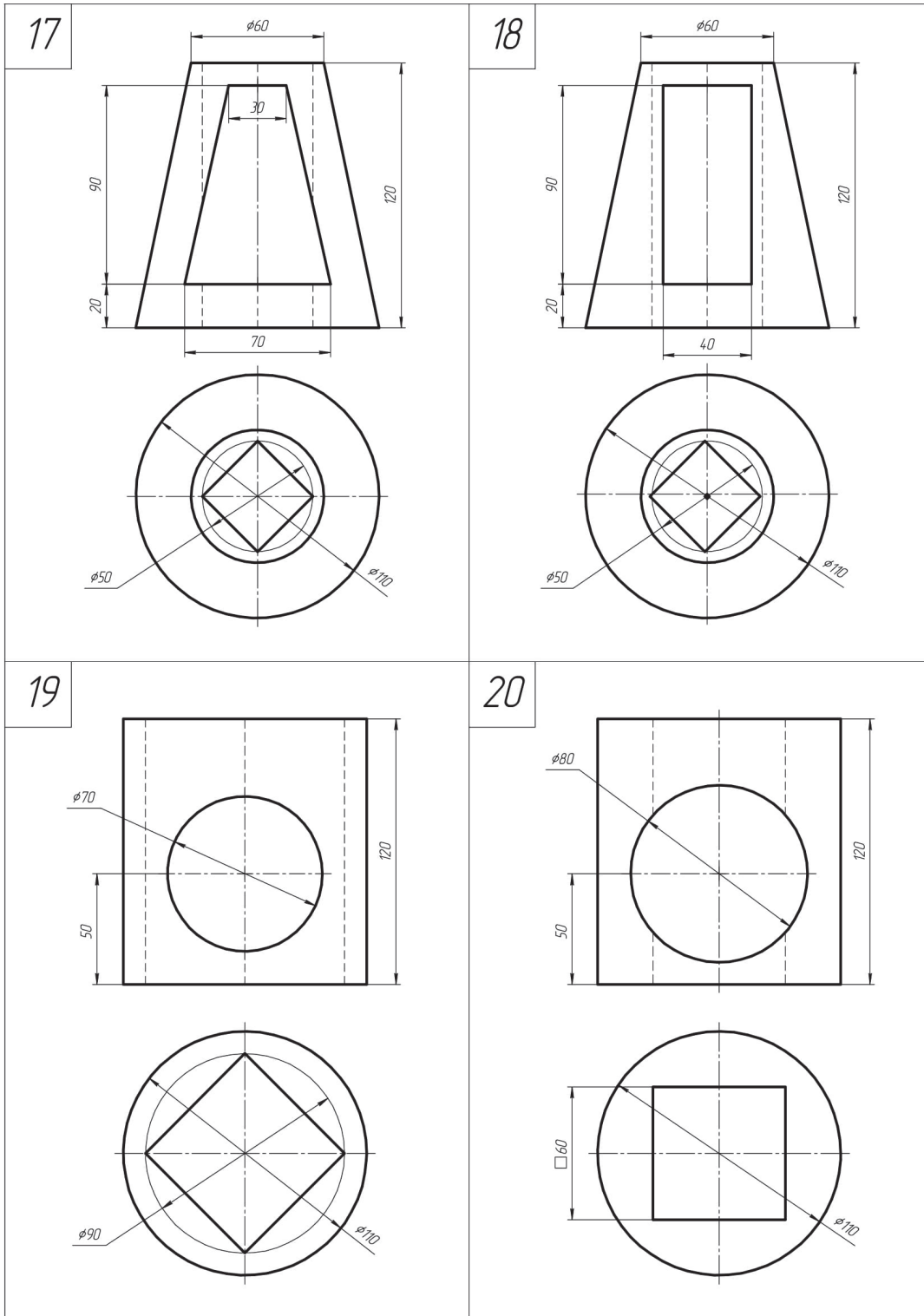


15

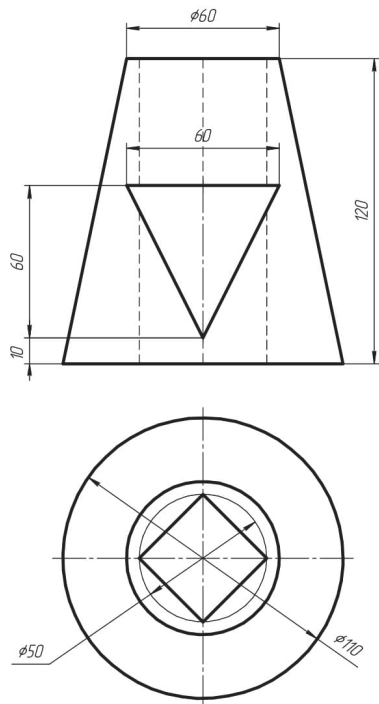


16

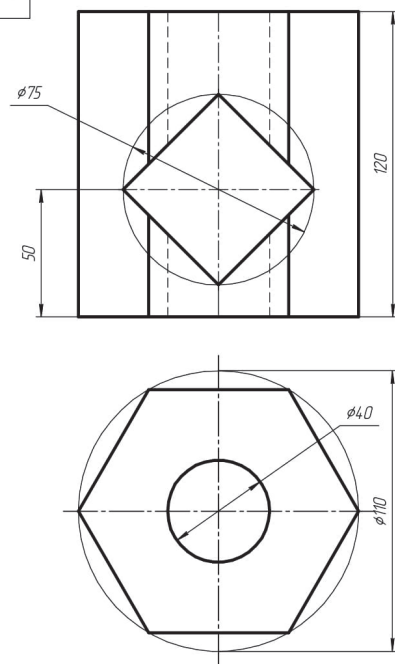




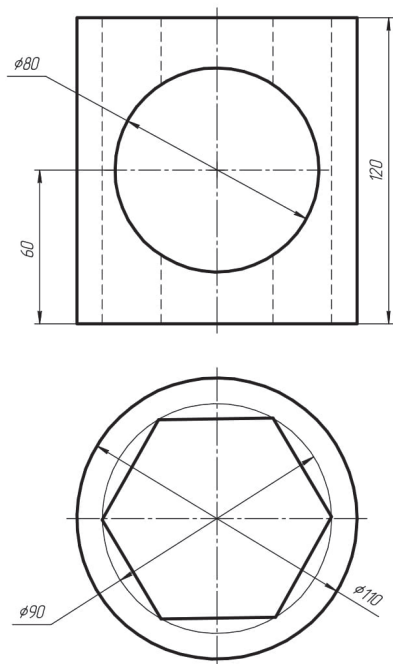
21



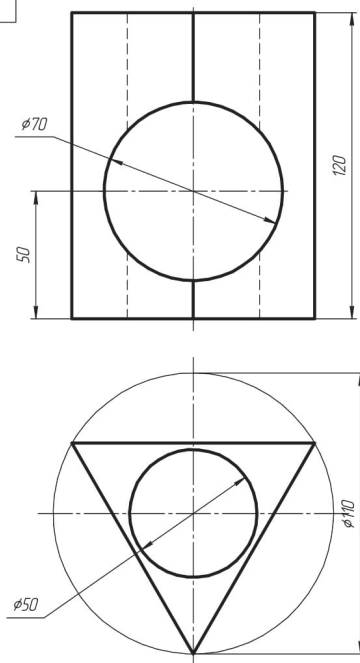
22



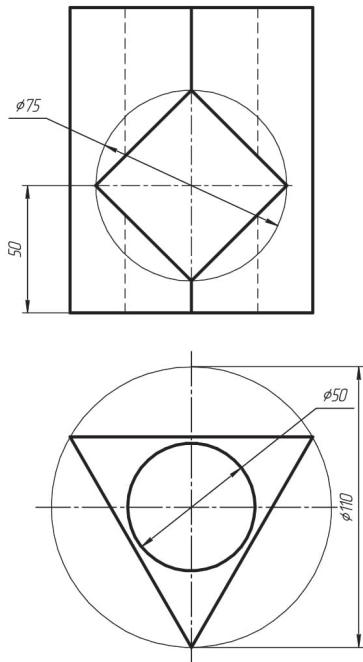
23



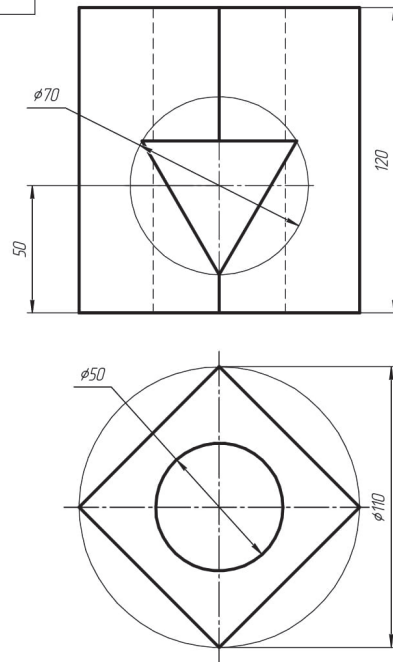
24



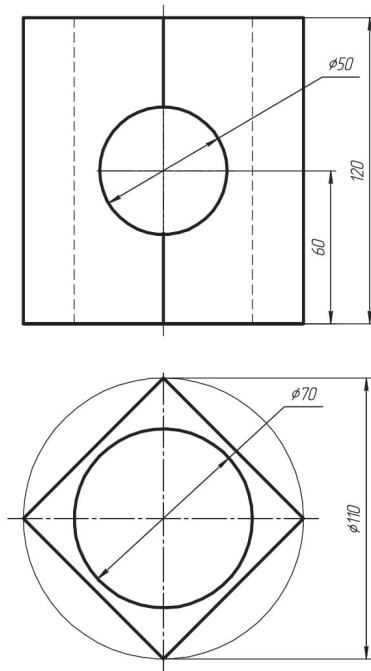
25



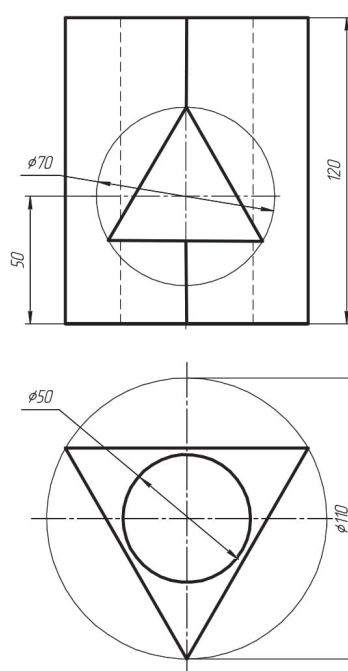
26



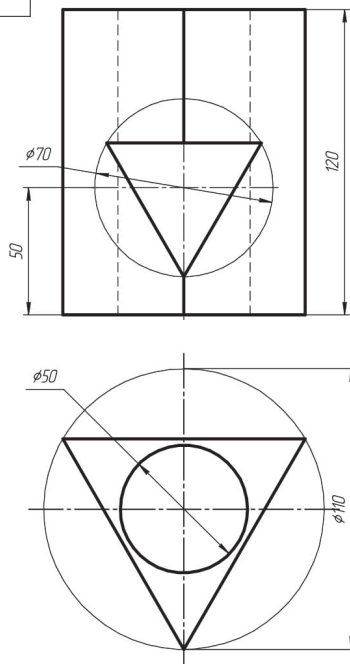
27



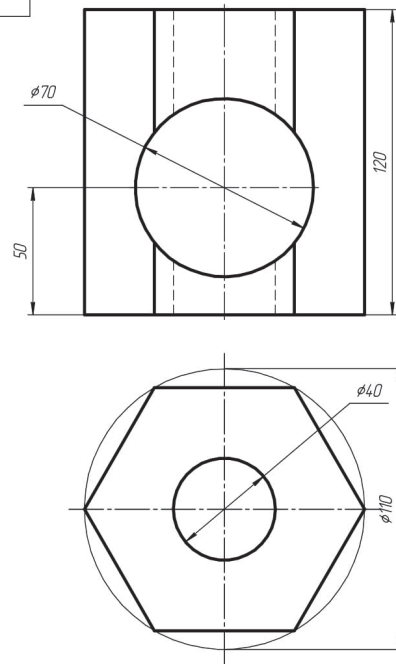
28



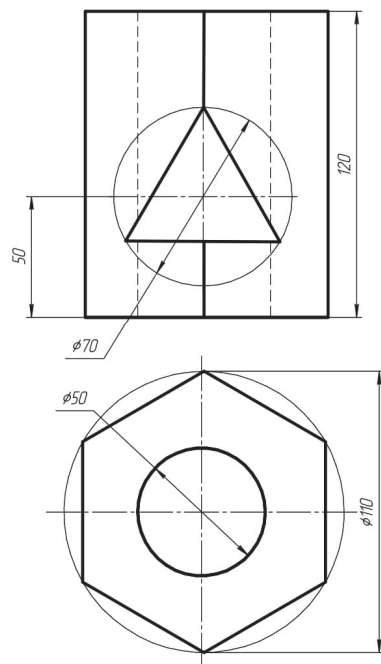
29



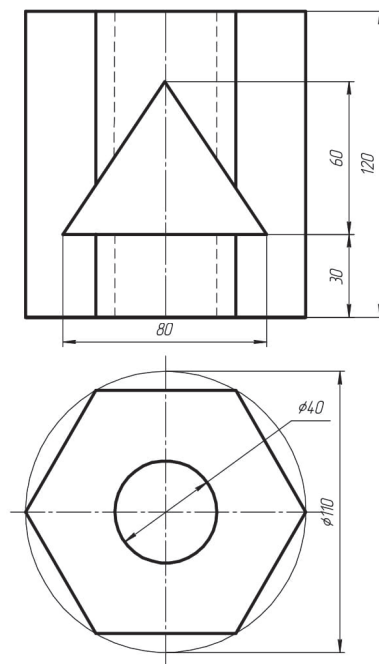
30



31



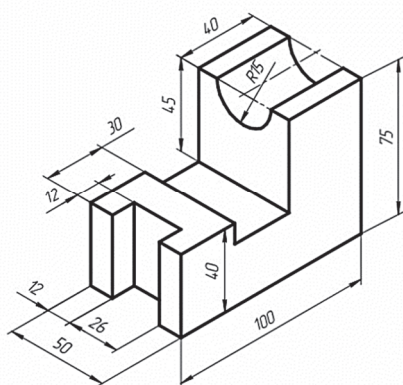
32



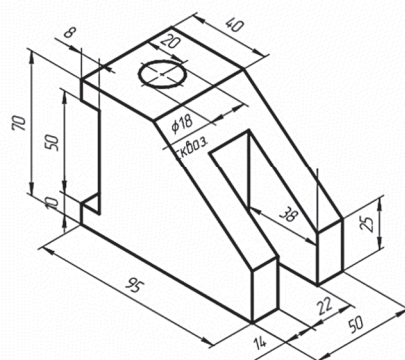
ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Варианты заданий по теме «Вид. Образование и изображение на чертеже»

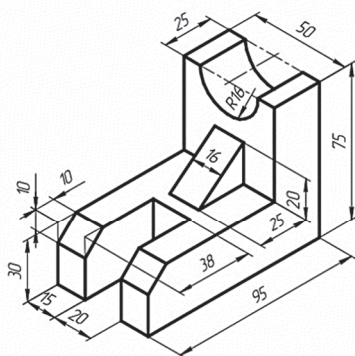
1



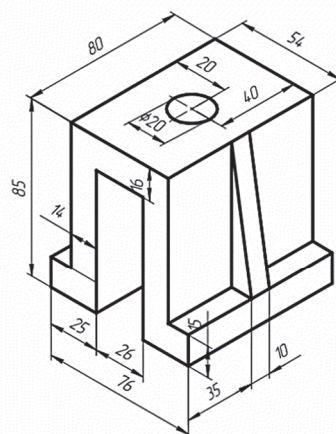
2



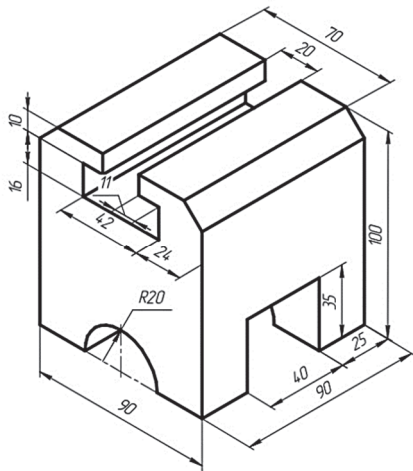
3



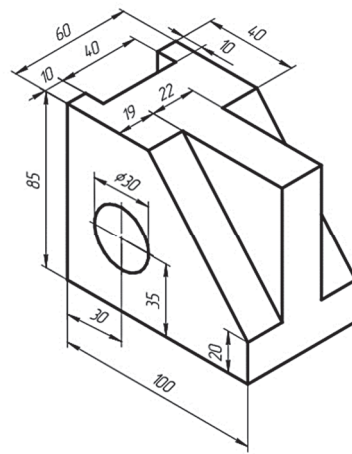
4



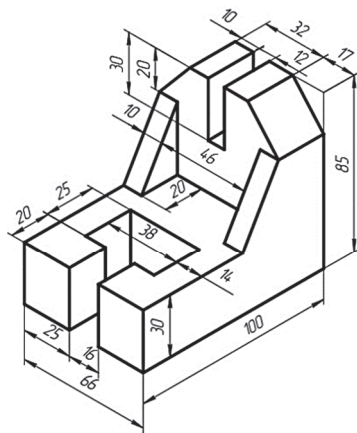
5



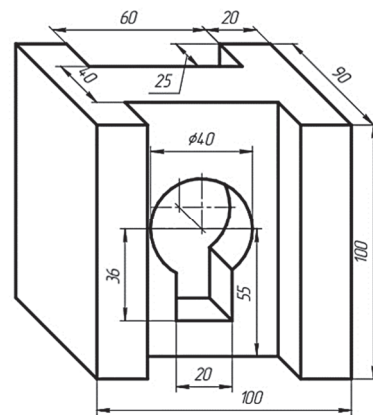
6



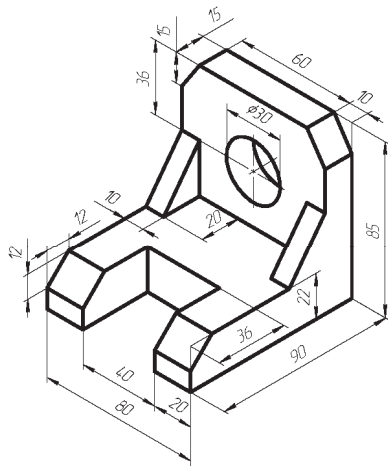
7



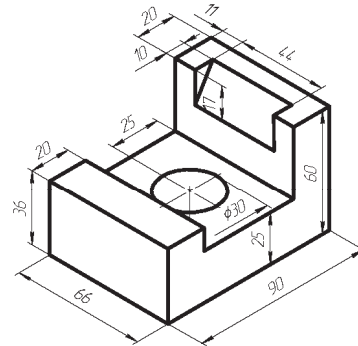
8



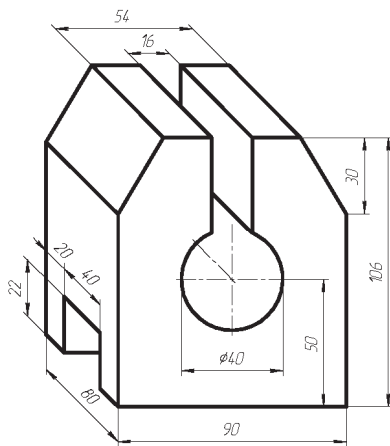
9



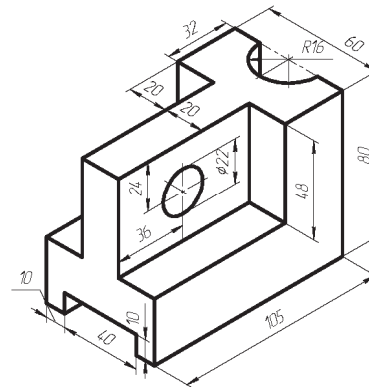
10



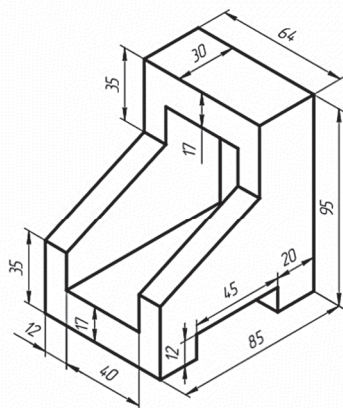
11



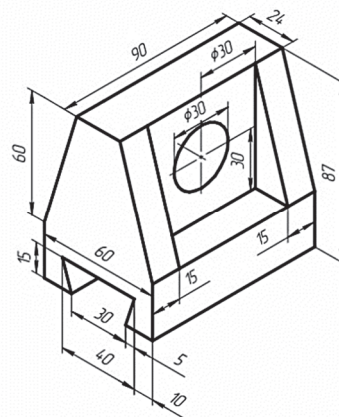
12



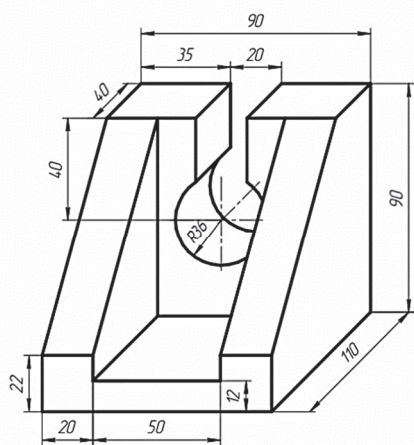
13



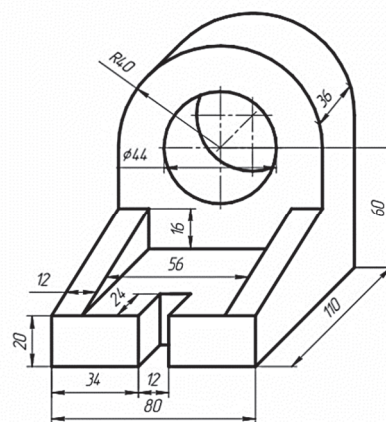
14



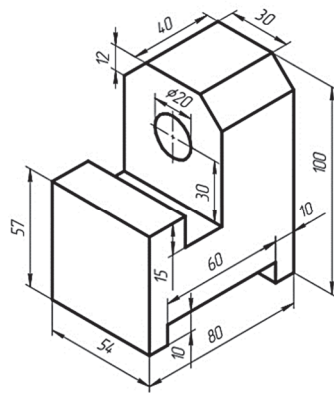
15



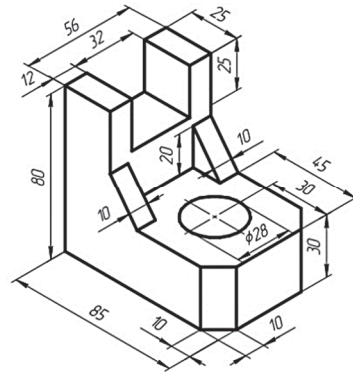
16



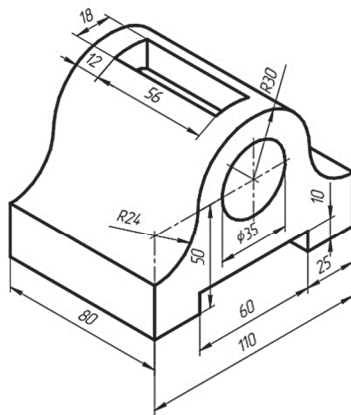
17



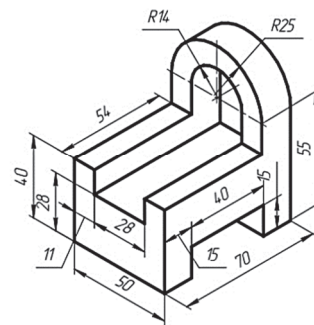
18



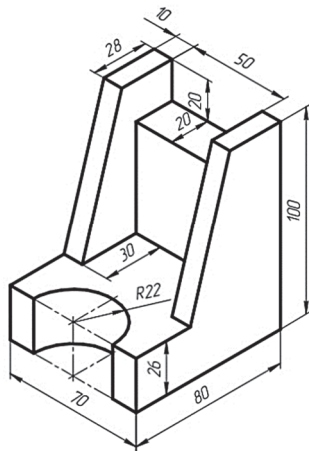
19



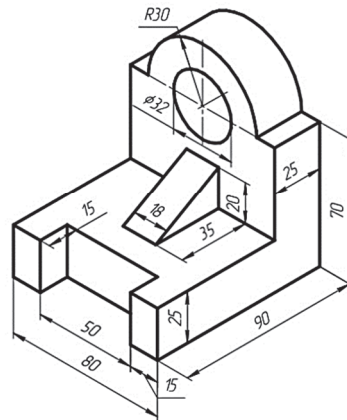
20



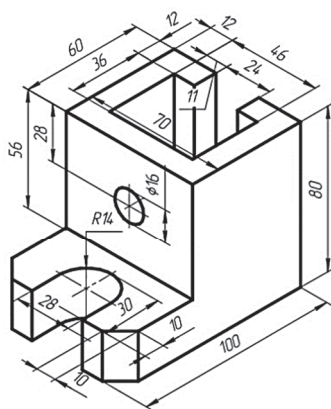
21



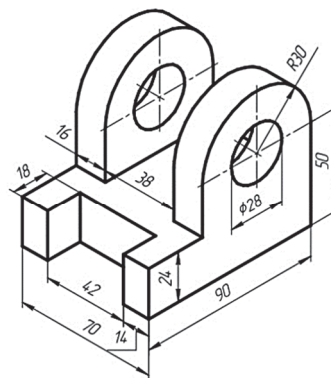
22



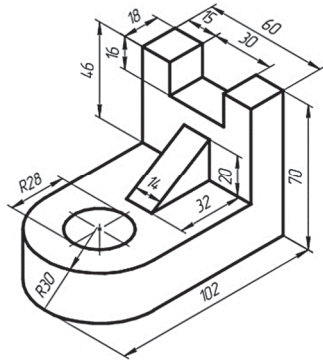
23



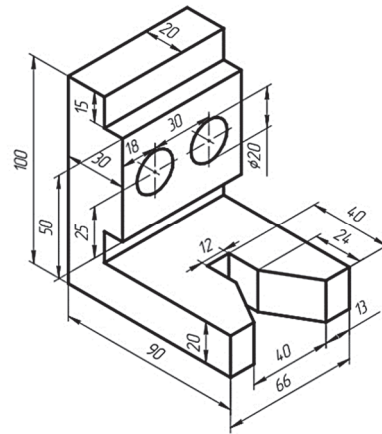
24



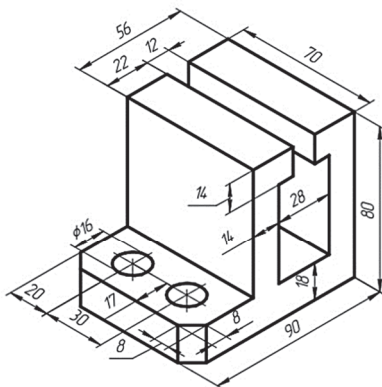
25



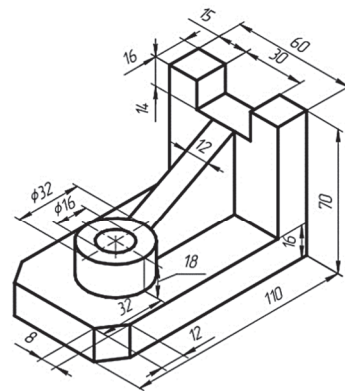
26



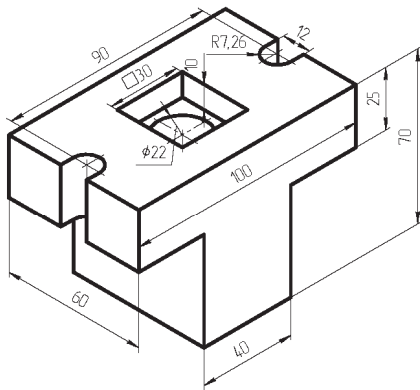
27



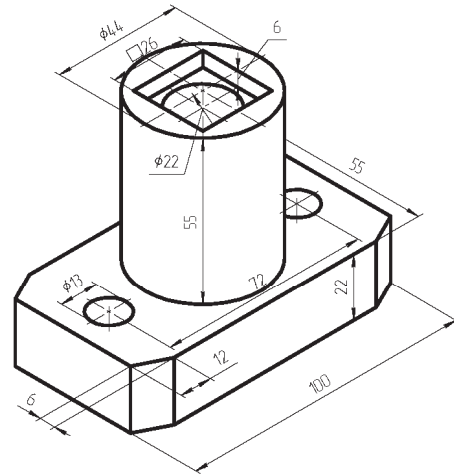
28



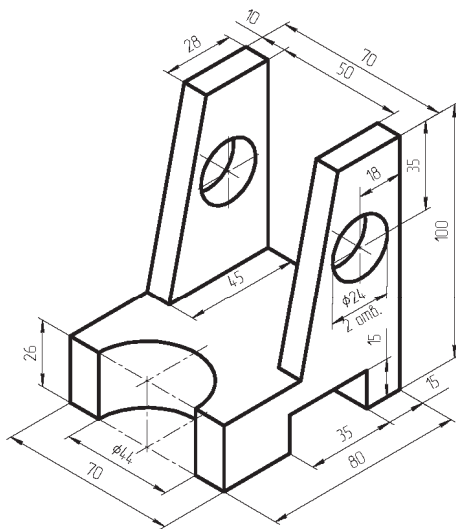
29



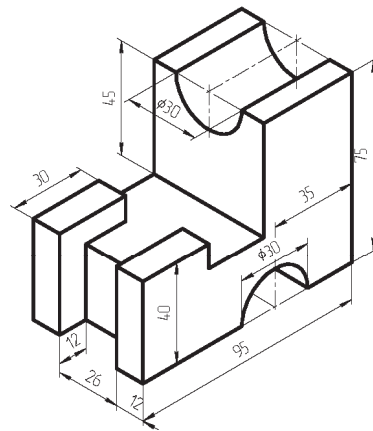
30



31

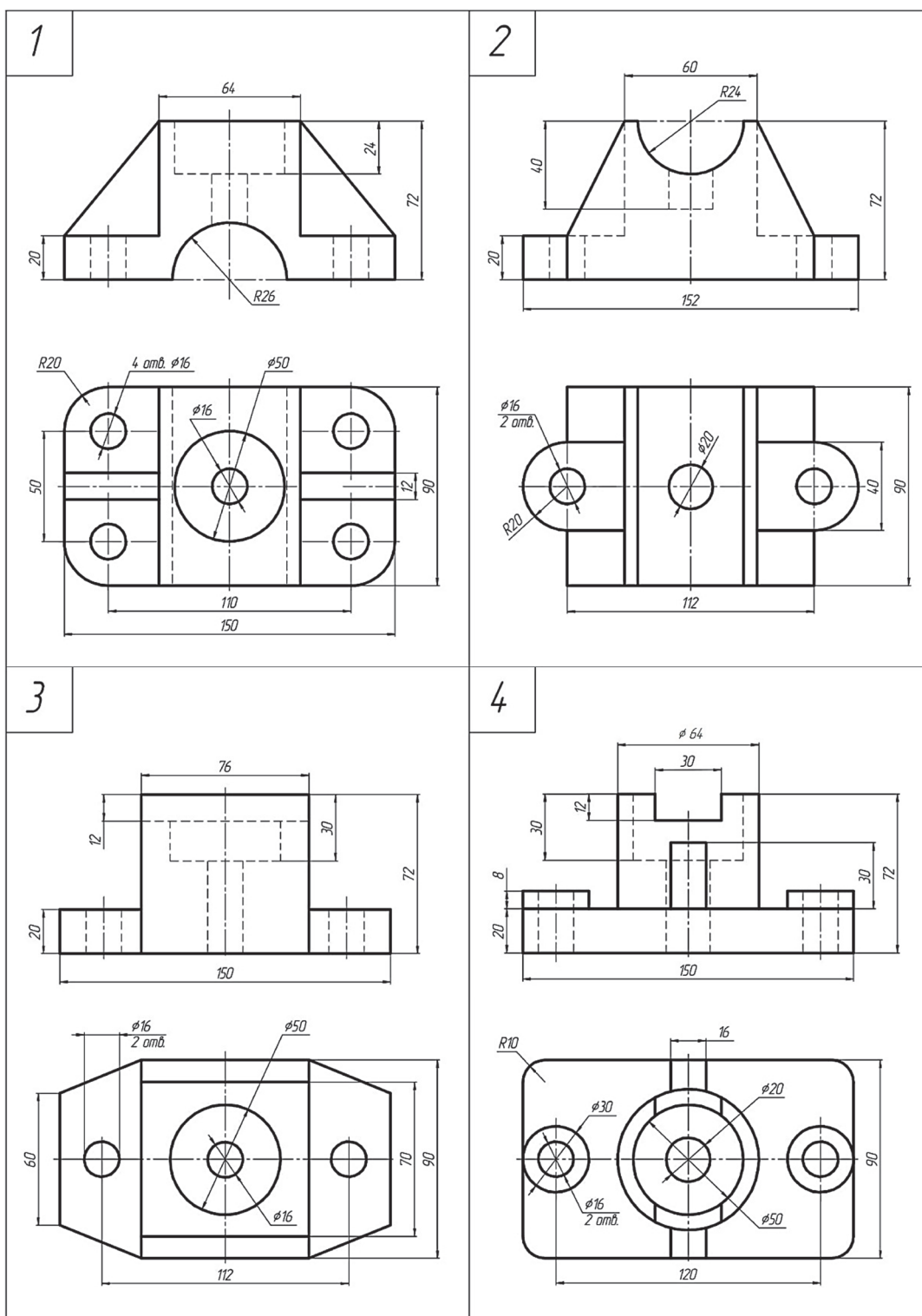


32

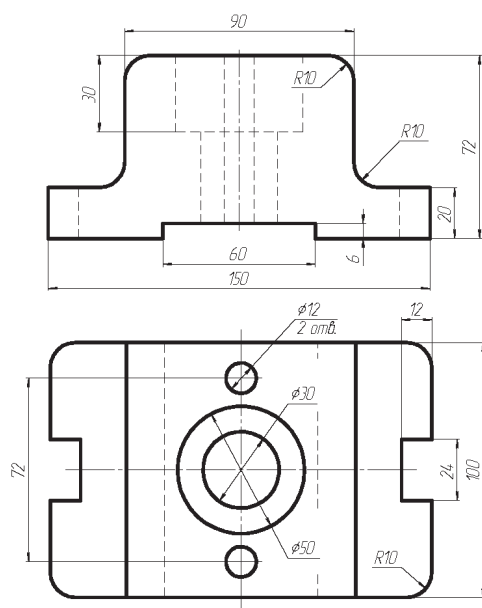


ПРИЛОЖЕНИЕ 6

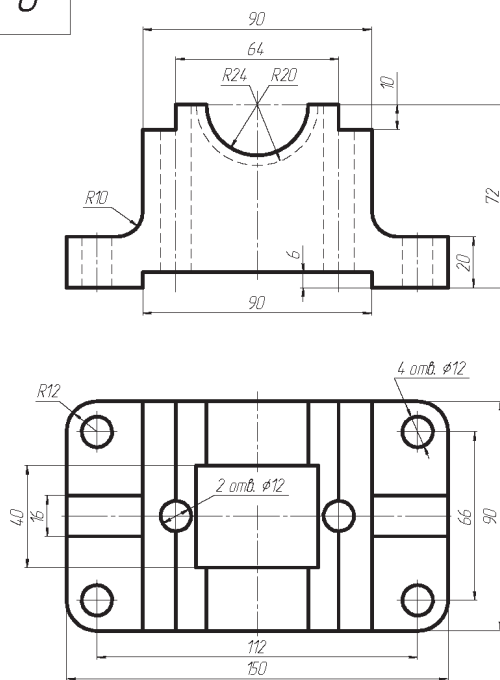
Варианты заданий по теме «Простой разрез. Образование и изображение на чертеже»



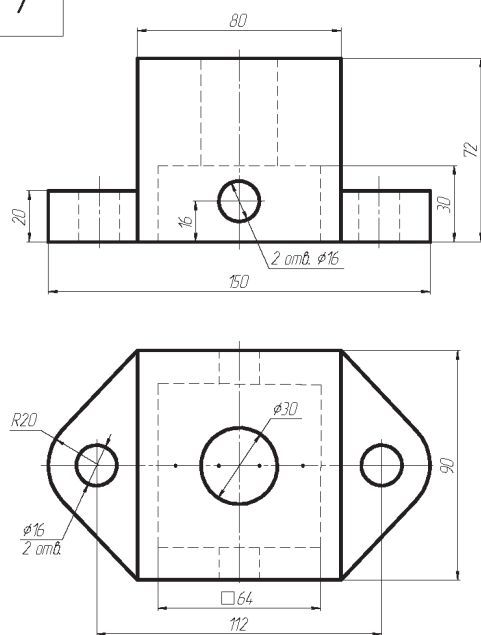
5



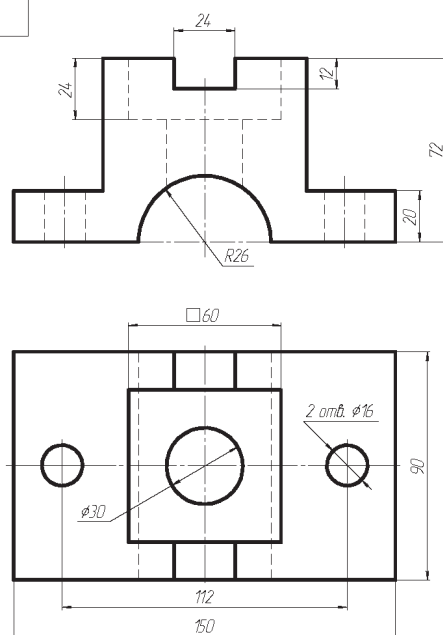
6



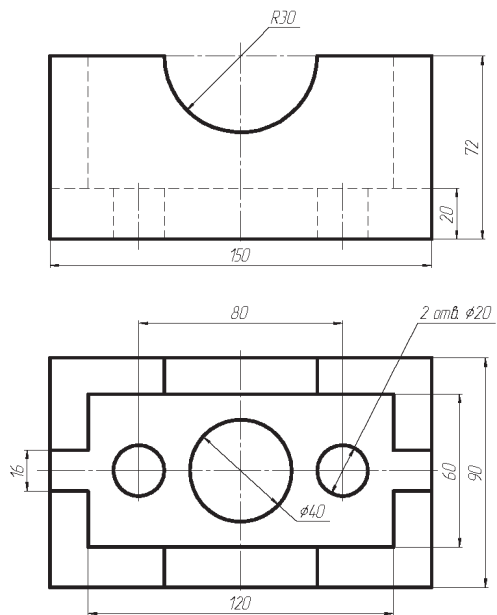
7



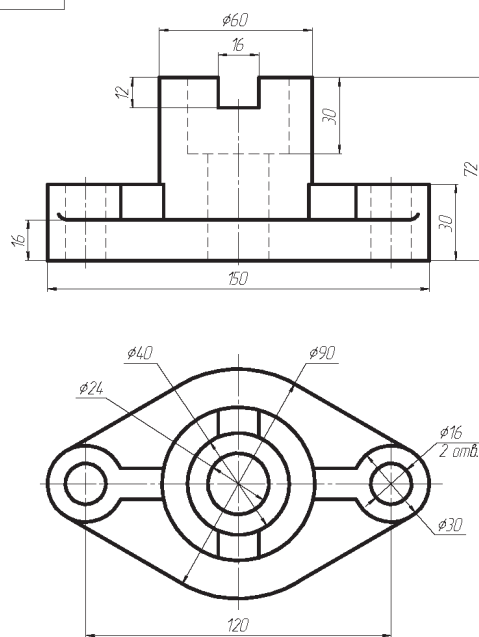
8



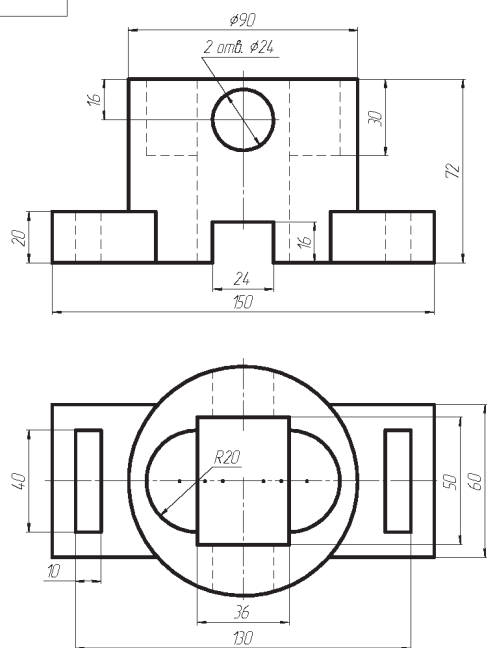
9



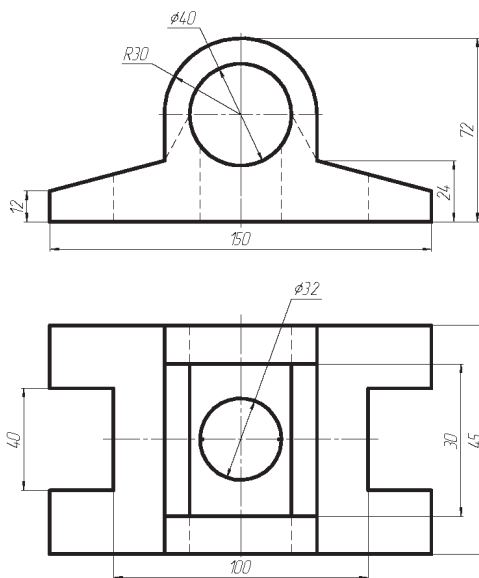
10



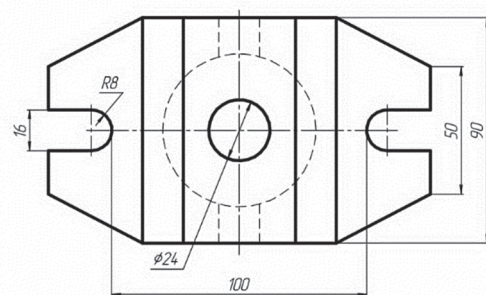
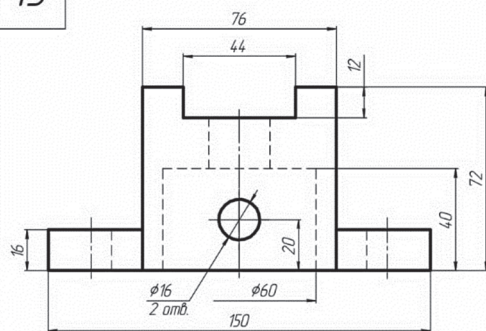
11



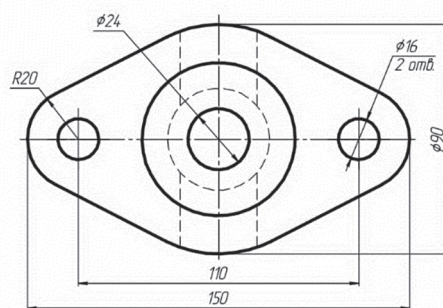
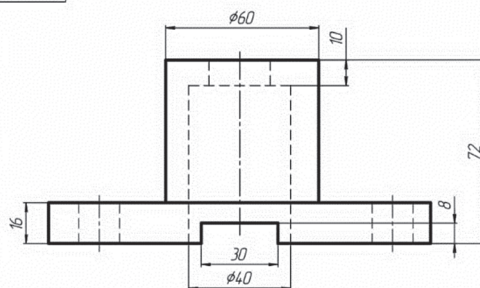
12



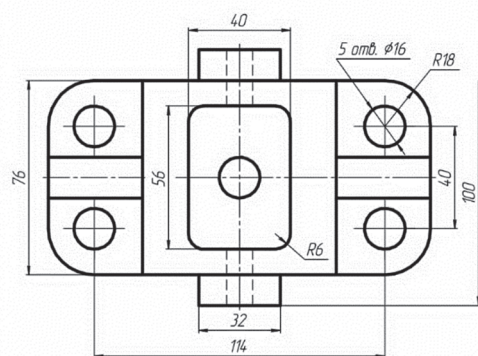
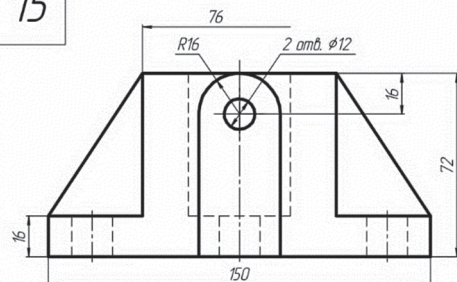
13



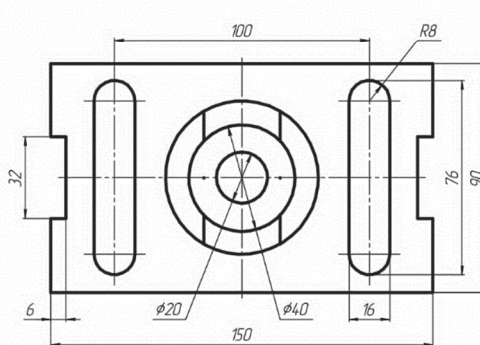
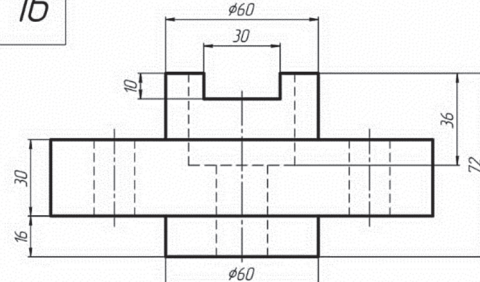
14

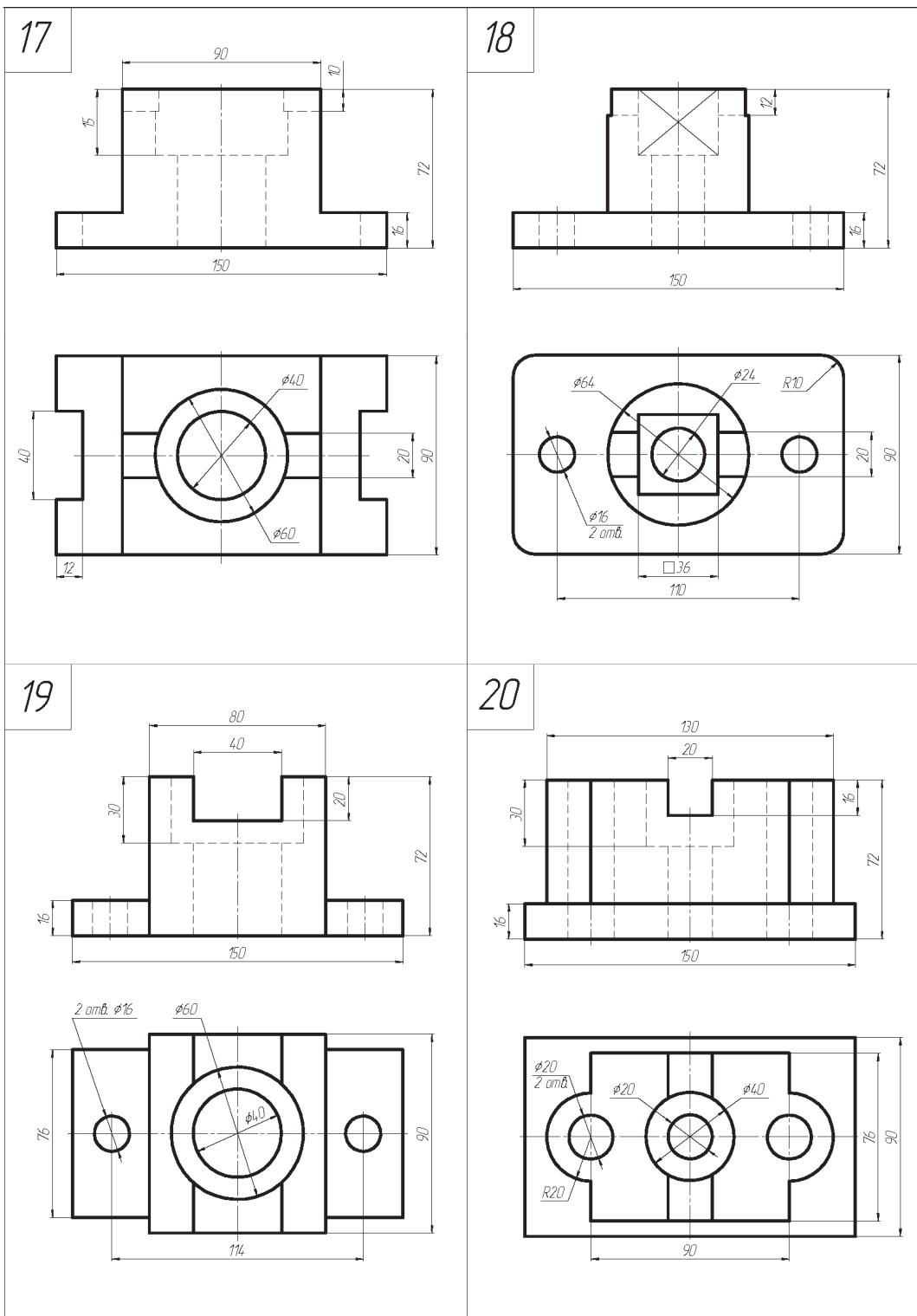


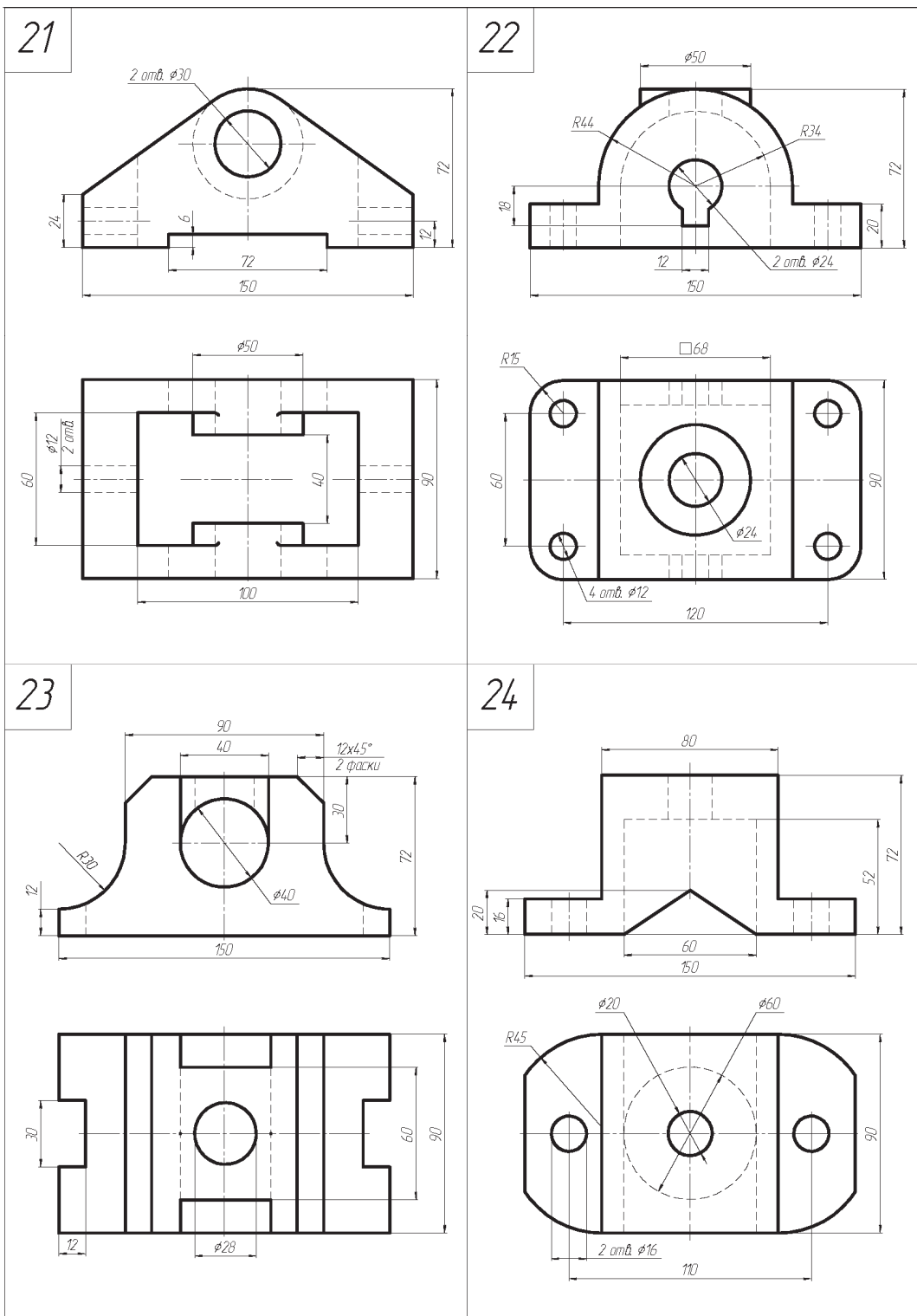
15



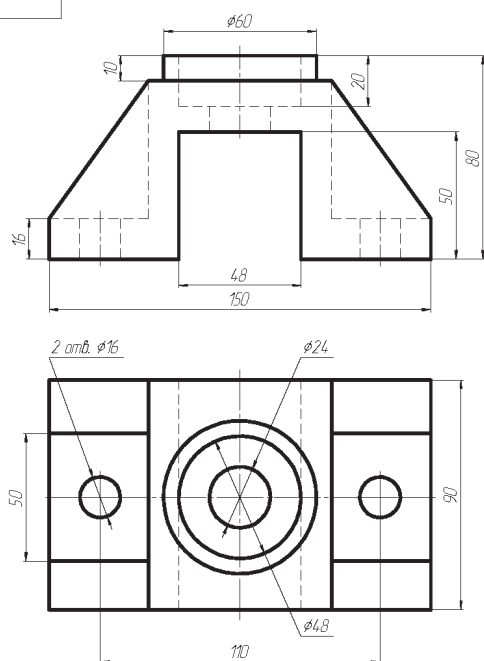
16



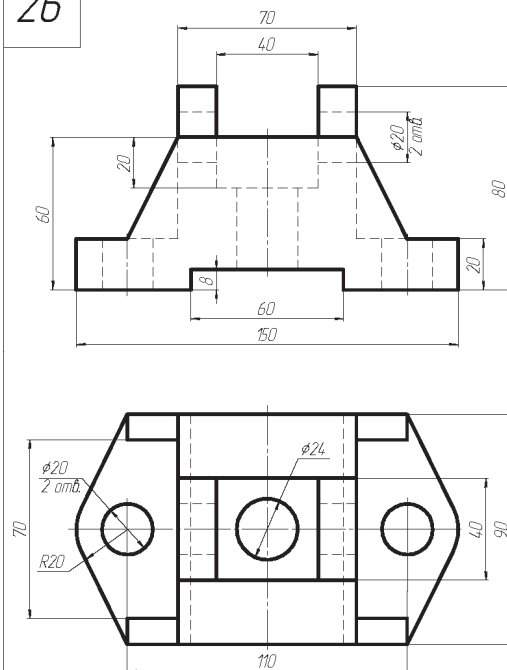




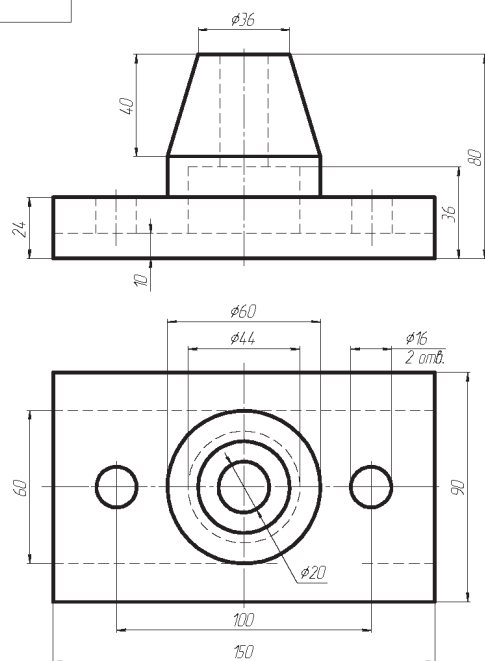
25



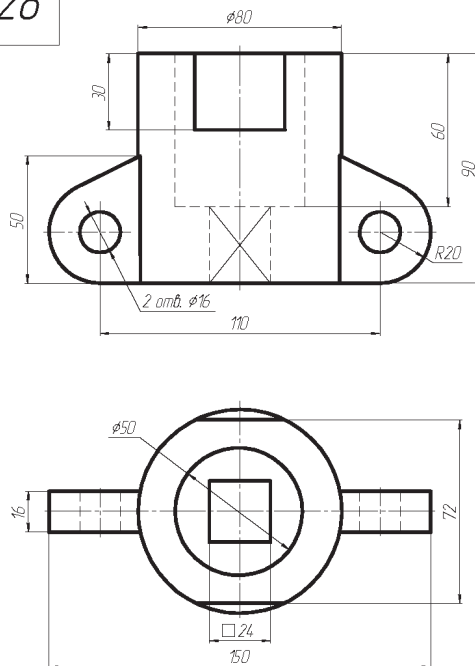
26



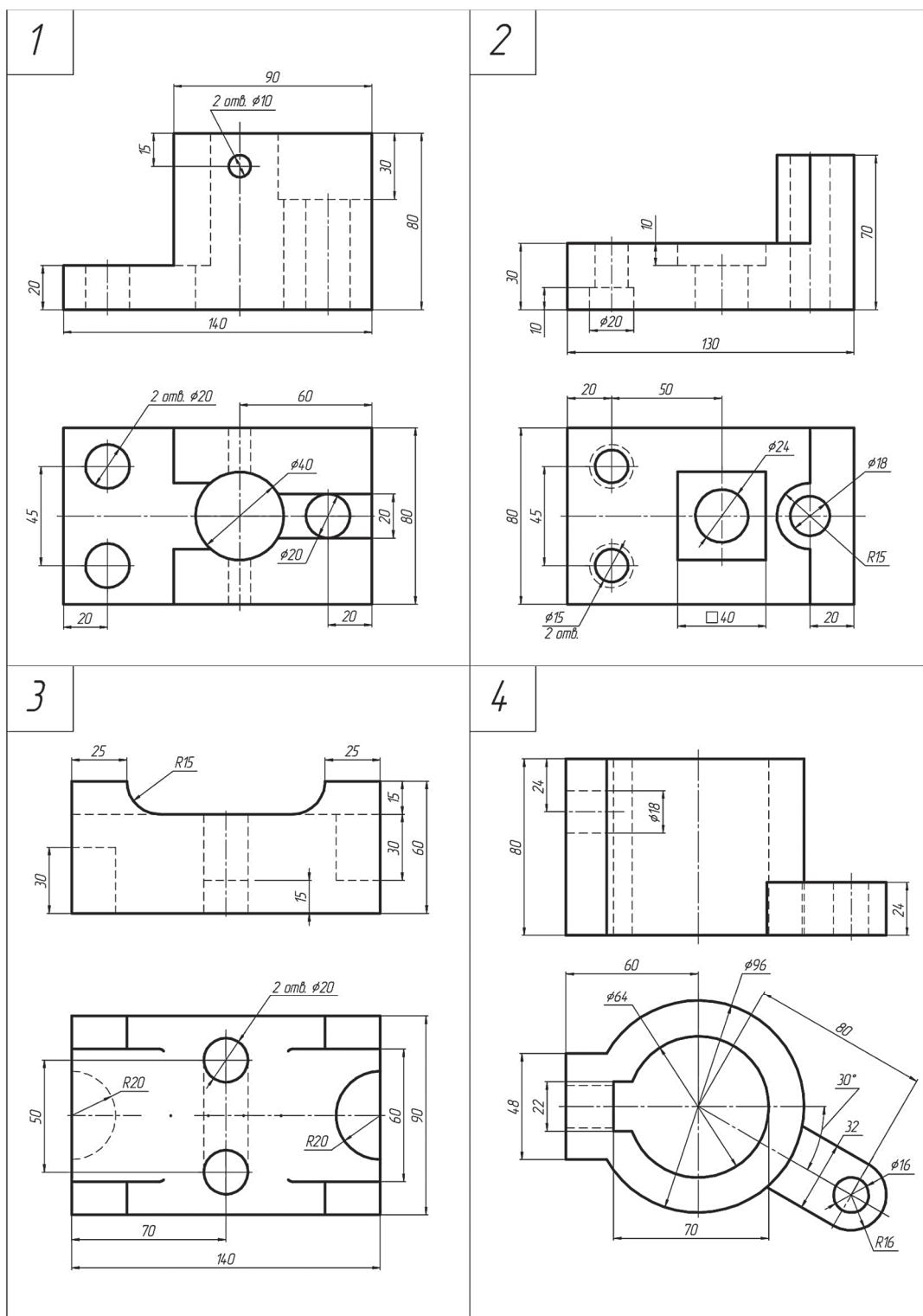
27



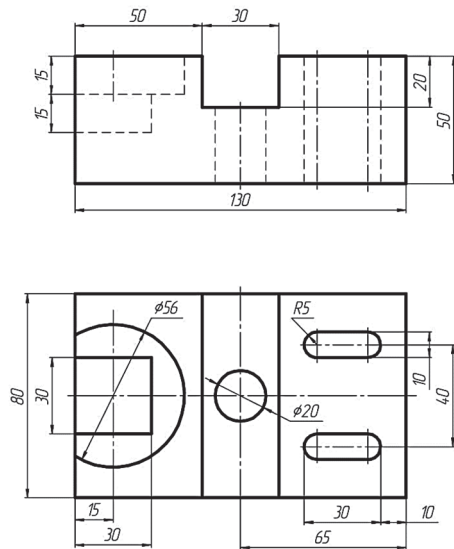
28



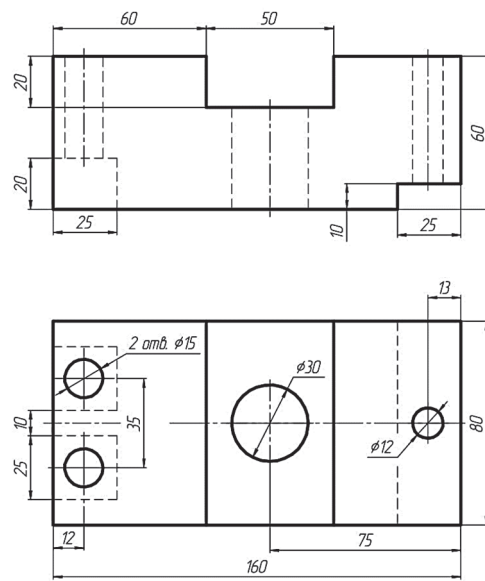
ПРИЛОЖЕНИЕ 7 **Варианты заданий по теме** **«Изображение – сложный разрез»**



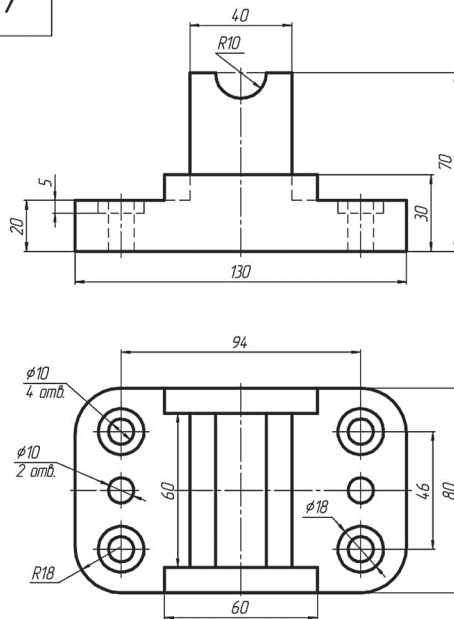
5



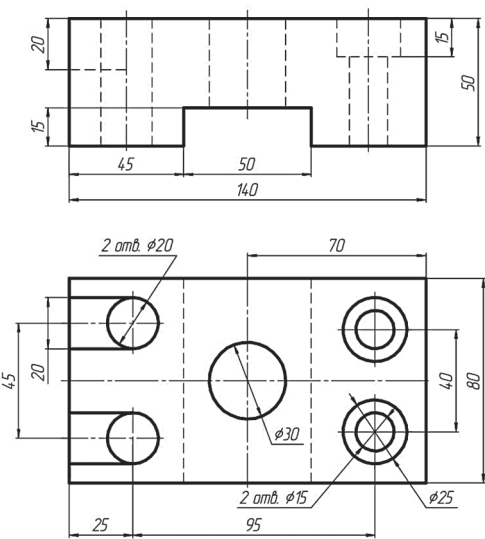
6



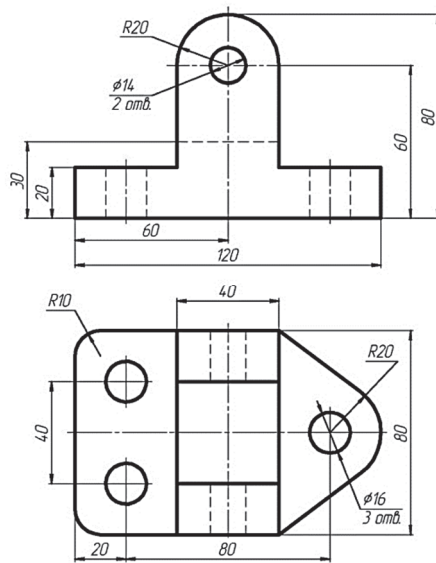
7



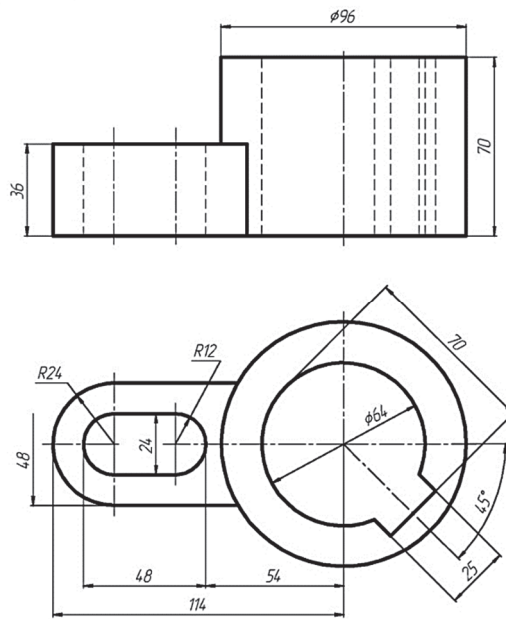
8



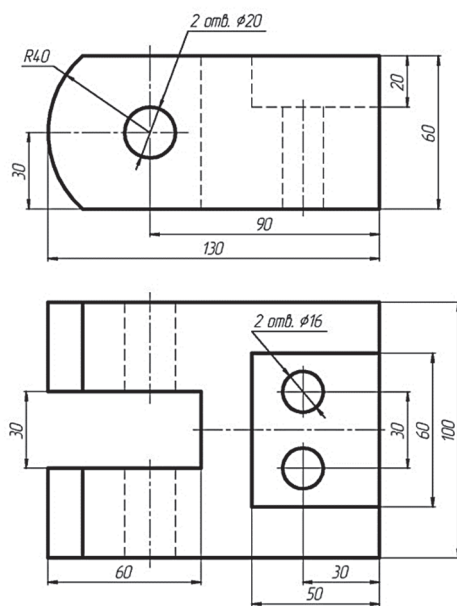
9



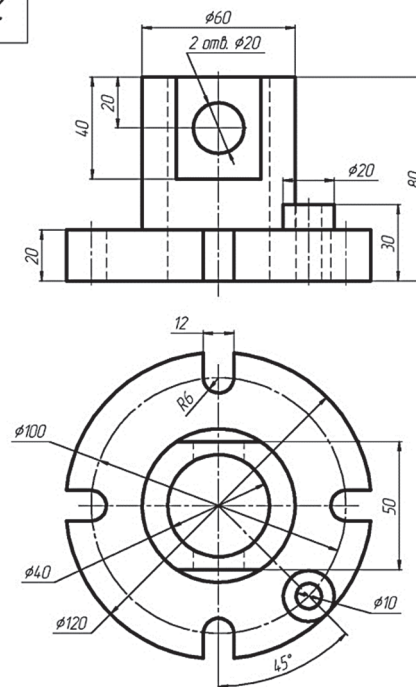
10



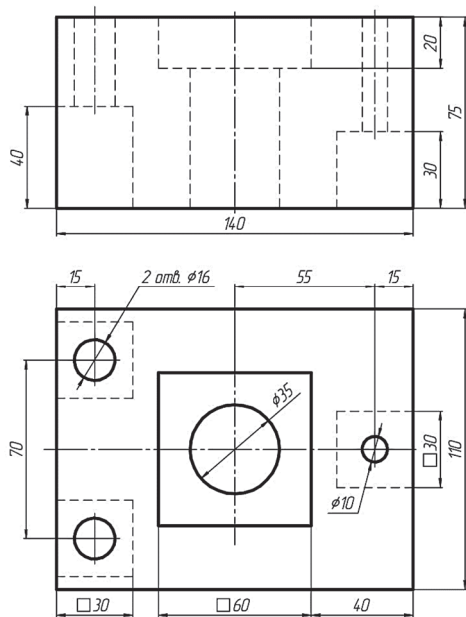
11



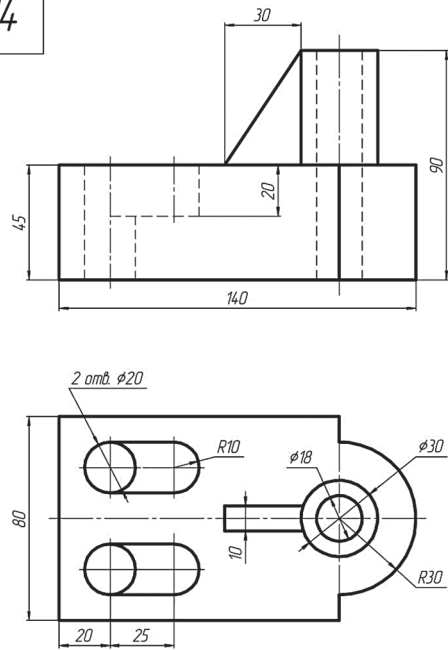
12



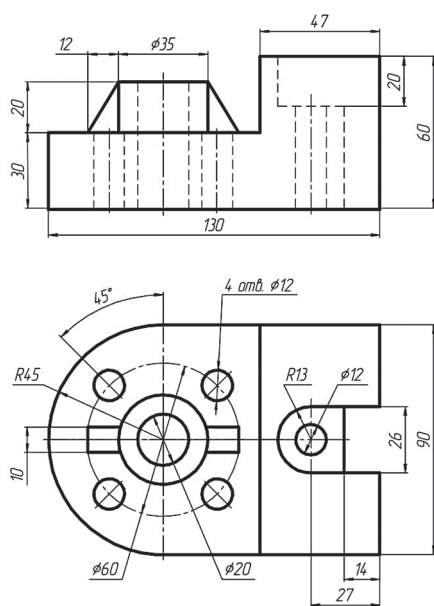
13



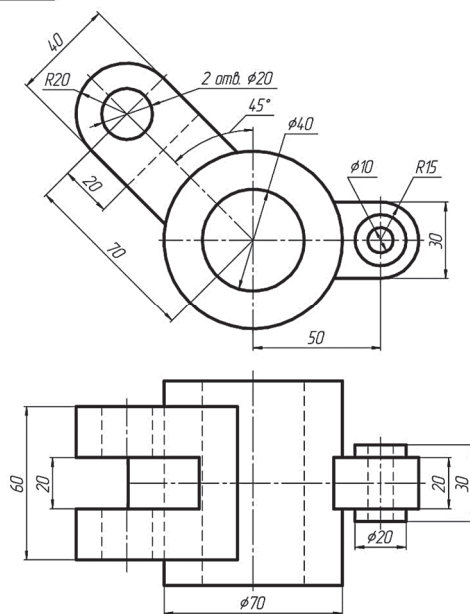
14



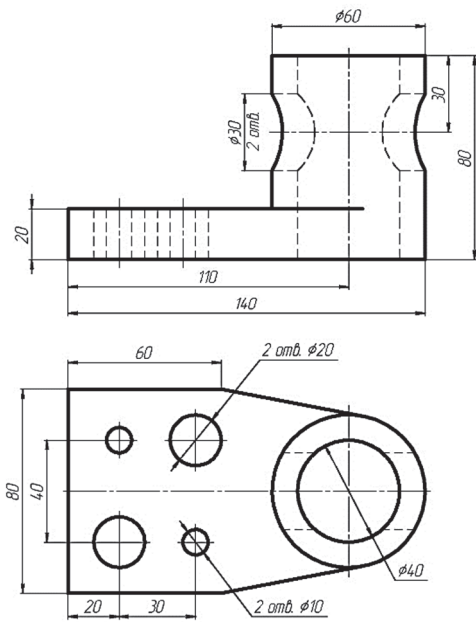
15



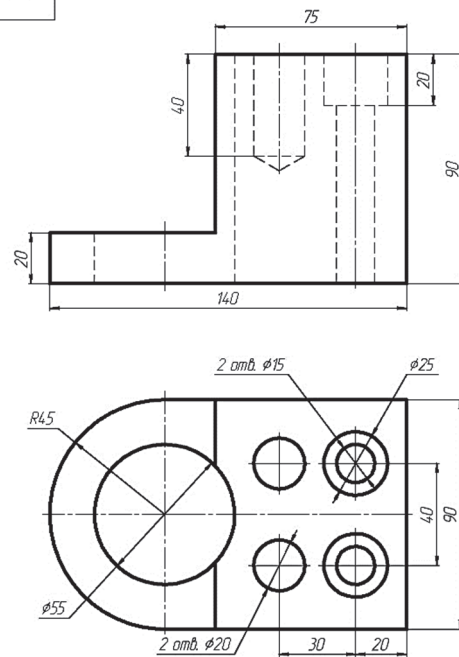
16



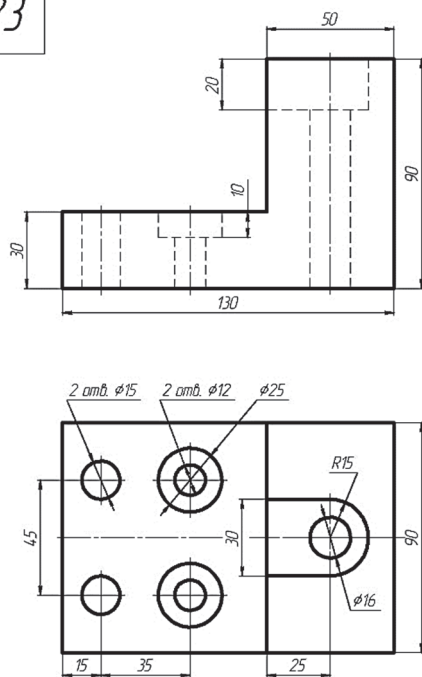
21



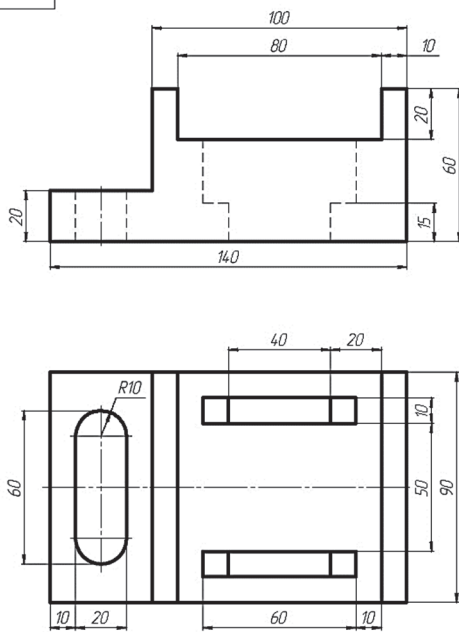
22



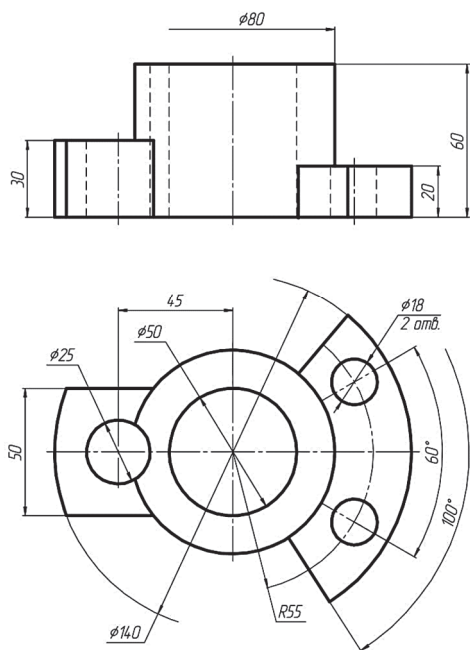
23



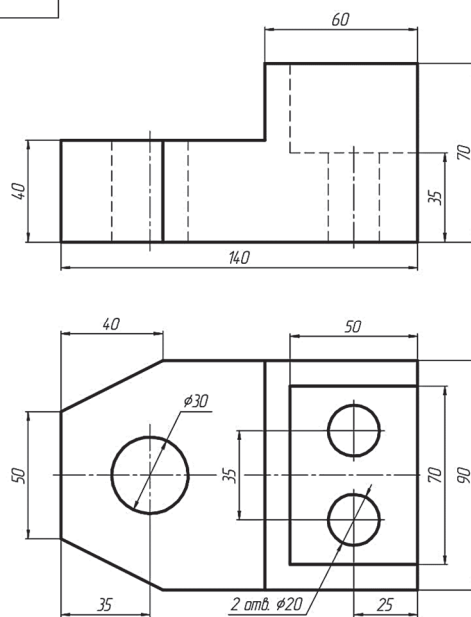
24



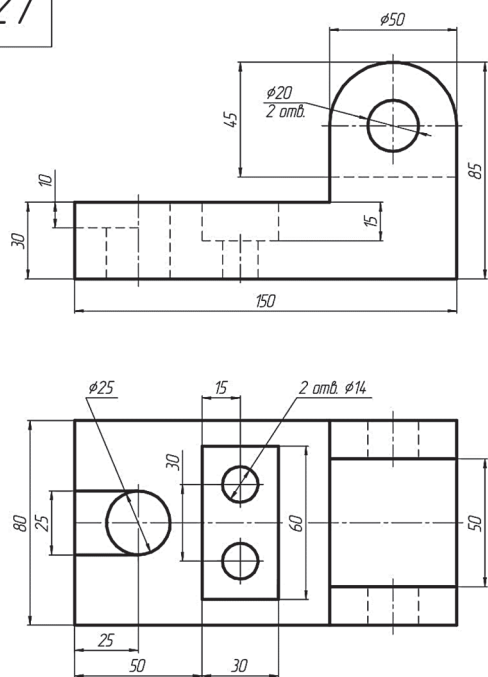
25



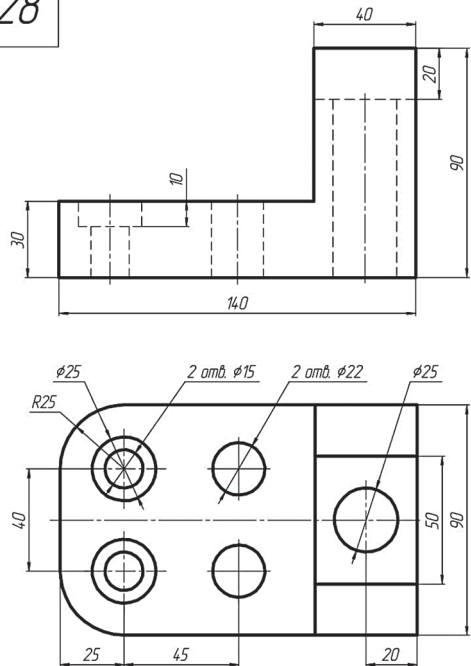
26



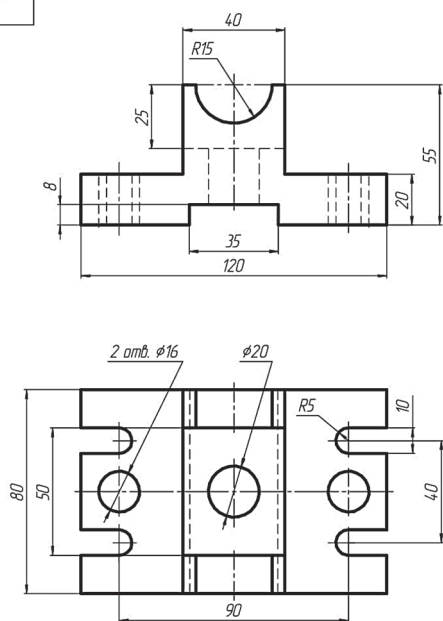
27



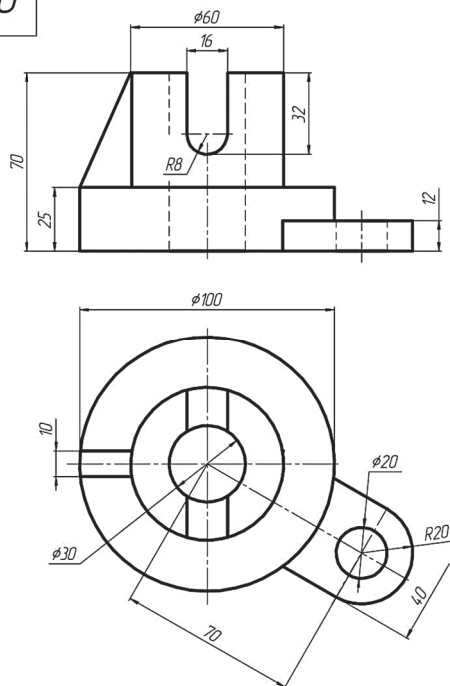
28



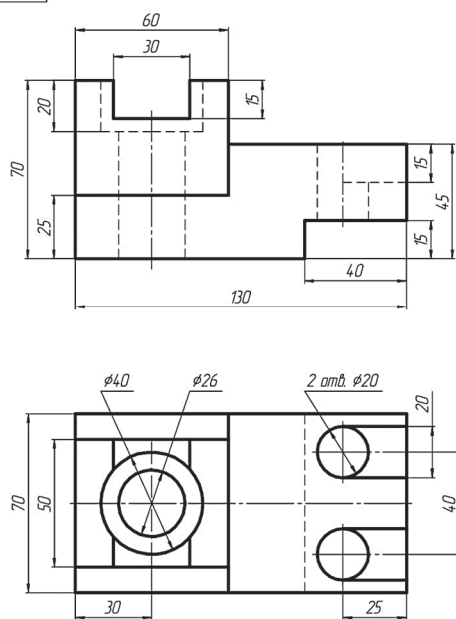
29



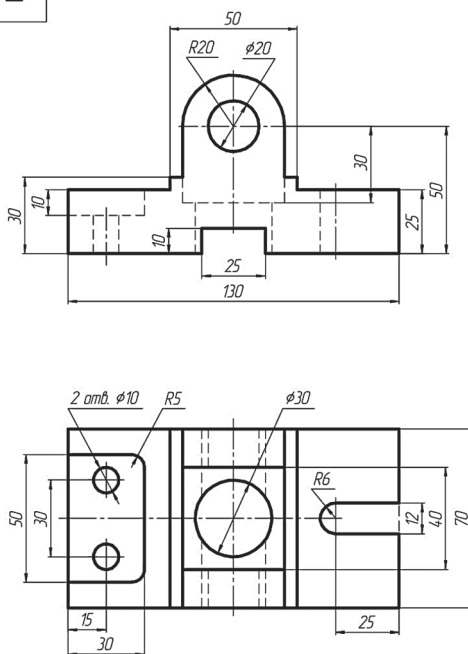
30



31



32



**Варианты заданий по теме
«Сечение, выноской элемент.
Образование и изображение на чертеже»**

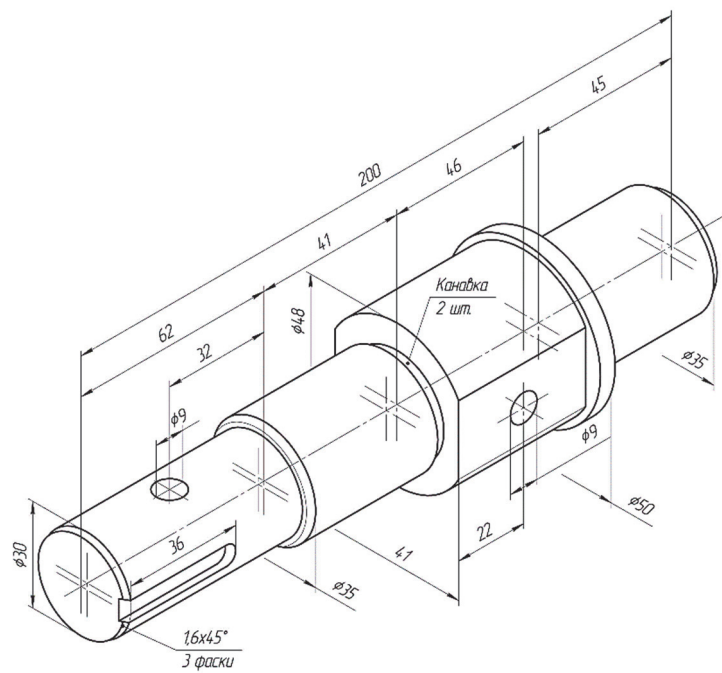
Technical drawing of a mechanical part, likely a shaft or tube, showing dimensions and features. The drawing includes a perspective view and a cross-section. Dimensions include lengths (30, 70, 193, 38, 25, 35, 32, 9, 16), diameters ($\varnothing 26$, $\varnothing 32$, $\varnothing 36$, $\varnothing 7$), and angles ($10 \times 45^\circ$). Features include a "Канавка 2 шт." (Groove 2 pieces) and "3 фаски" (3 chamfers). The text "10x45°" is also present.

Technical drawing of a mechanical assembly (Fig. 10) showing a shaft with a key and a pulley. The shaft has a diameter of 38 mm and a length of 183 mm. The pulley has a diameter of 24 mm and a width of 52 mm. The key is 16x45 mm and 3 mm thick. The pulley has a 16x45 mm keyway and a 3 mm thick key. The shaft has a 16x45 mm keyway and a 3 mm thick key. The pulley has a 16x45 mm keyway and a 3 mm thick key.

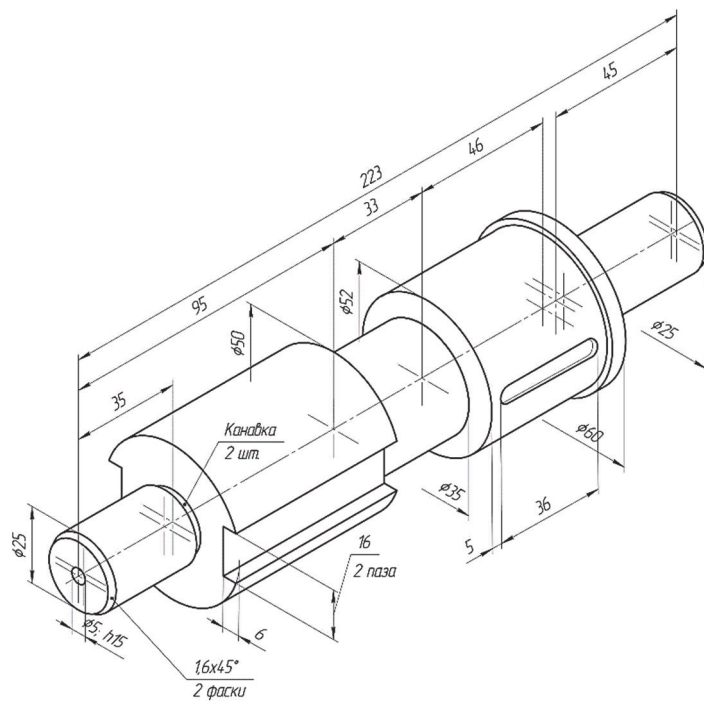
Technical drawing of a mechanical part, likely a handle or lever, showing dimensions and features. The drawing includes a side view and a cross-sectional view. Key dimensions include overall length 210, width 40, and various diameters (φ36, φ50, φ32). Features include a "Канавка 2 шт." (groove, 2 pieces) and "3 фаски" (3 chamfers). The drawing is labeled "2 паз" (2 slots) and "16x45°".

Technical drawing of a mechanical part, likely a shaft or housing, showing dimensions and features. The part is cylindrical with a central hole and a flange. Dimensions include diameters ($\phi 32$, $\phi 42$, $\phi 60$, $\phi 7$, $\phi 10$), lengths (30, 60, 90, 120, 210), and a $1 \times 45^\circ$ chamfer. A note indicates "Канавка 2 шт." (Groove 2 pieces).

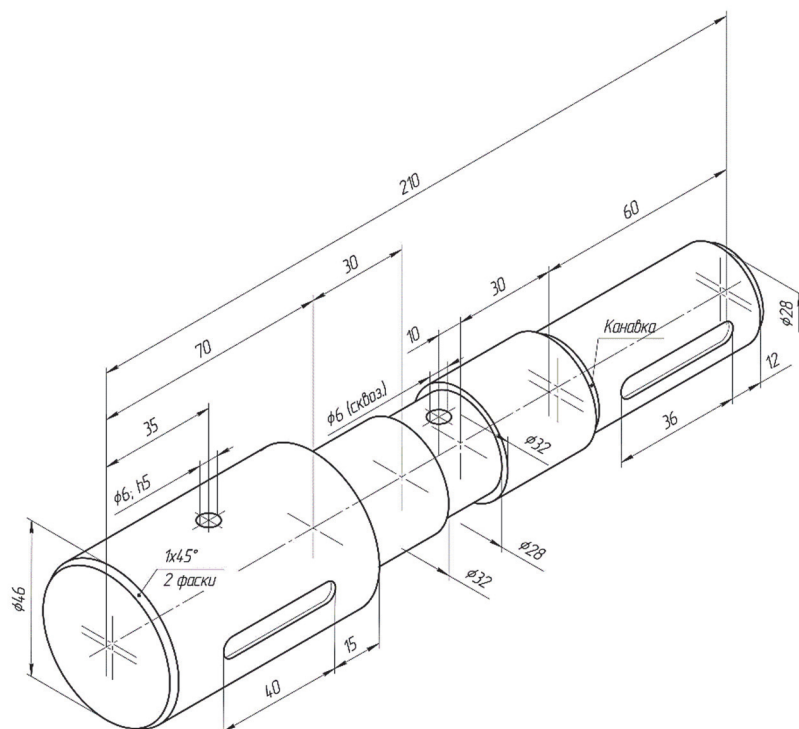
5



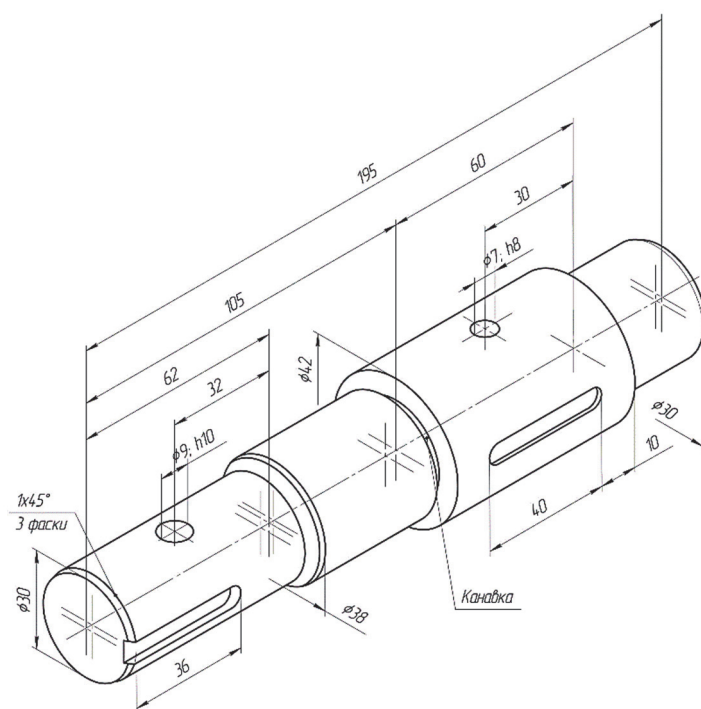
6



7

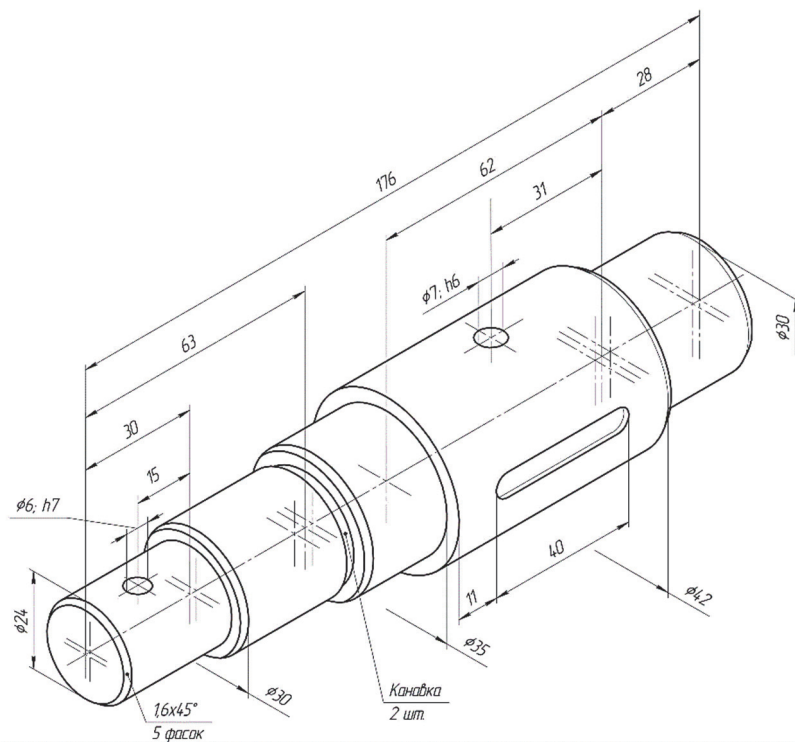


8

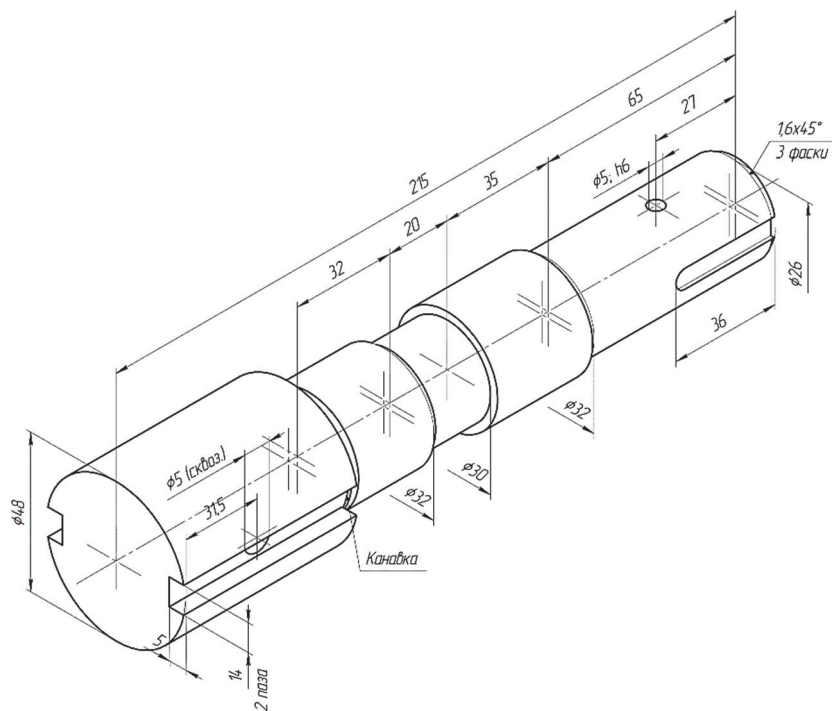


Technical drawing of a mechanical part, likely a shaft or pin, showing dimensions and features. The part has a total length of 186. Key dimensions include a diameter of 26 at the left end, a length of 30 for the first section, a diameter of 32 for the main shaft, a length of 28 for the second section, a diameter of 58 for the third section, a length of 35 for the fourth section, and a diameter of 5 for the central hole. The part is labeled "Канавка 2 шт." (Groove 2 pieces) and "1x45° 2 фаски" (1x45° 2 chamfers). A cross-section view shows a square hole with a side of 13.

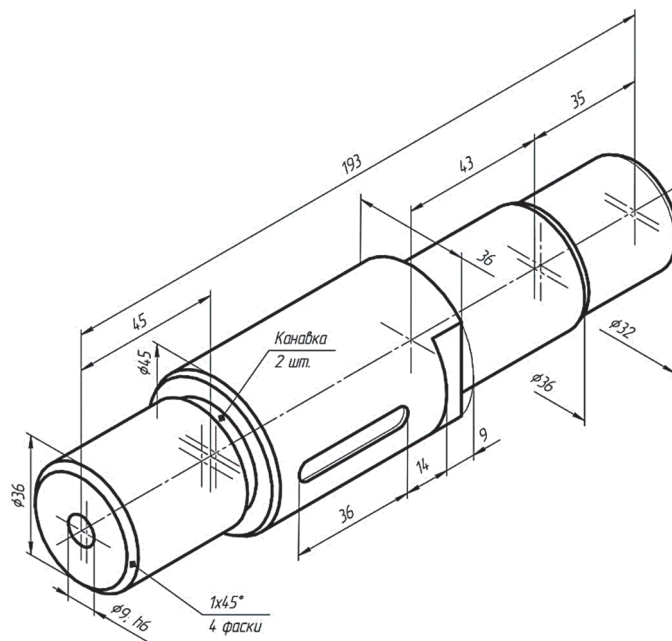
11



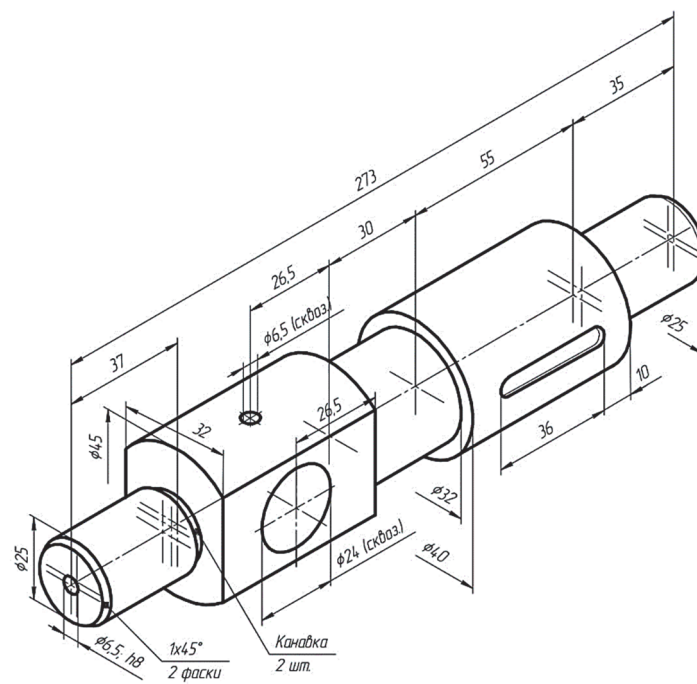
12



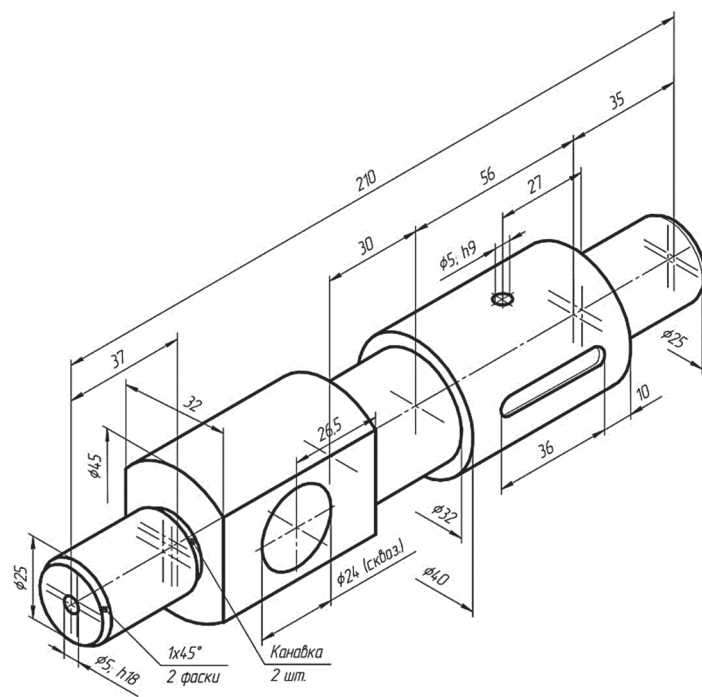
13



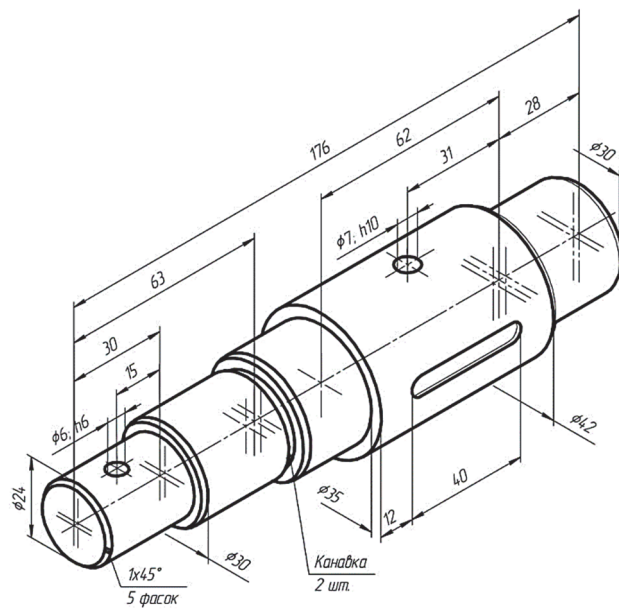
14



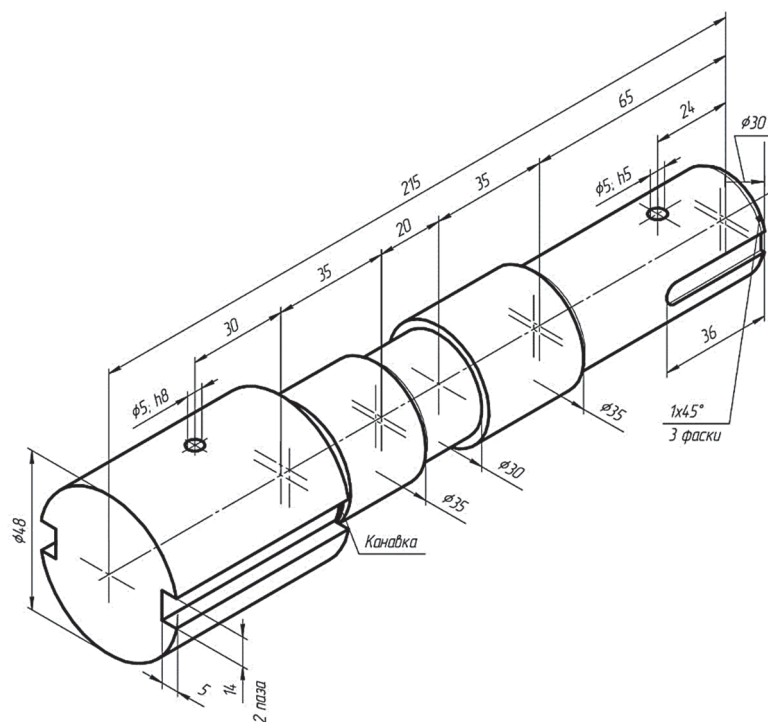
15



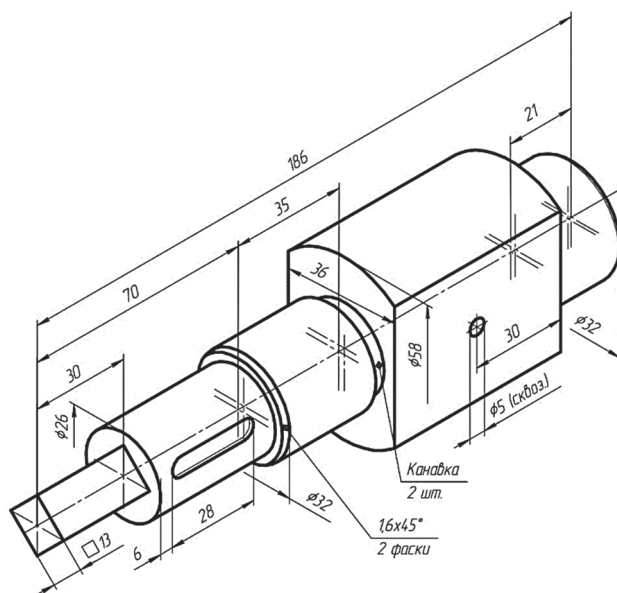
16



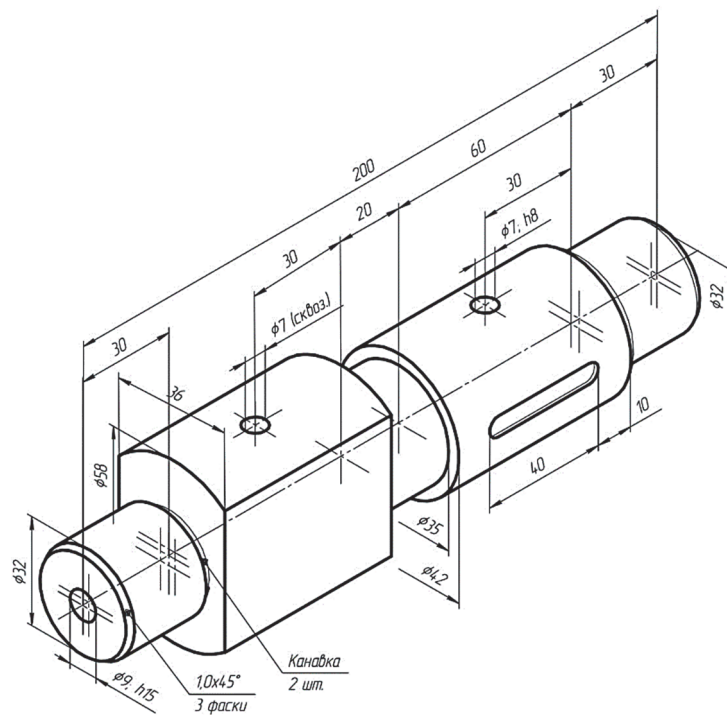
17



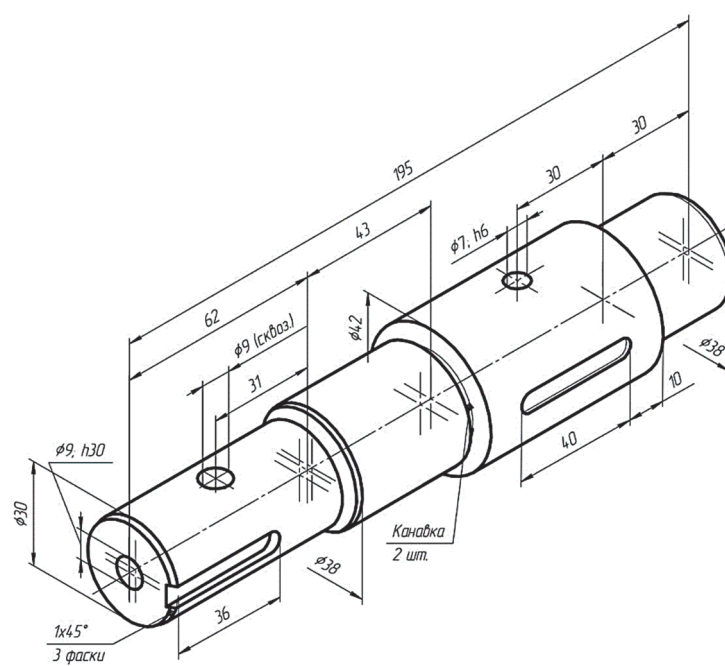
18



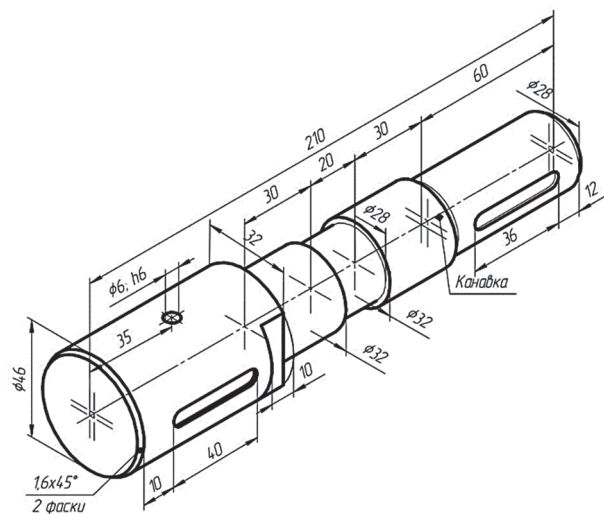
19



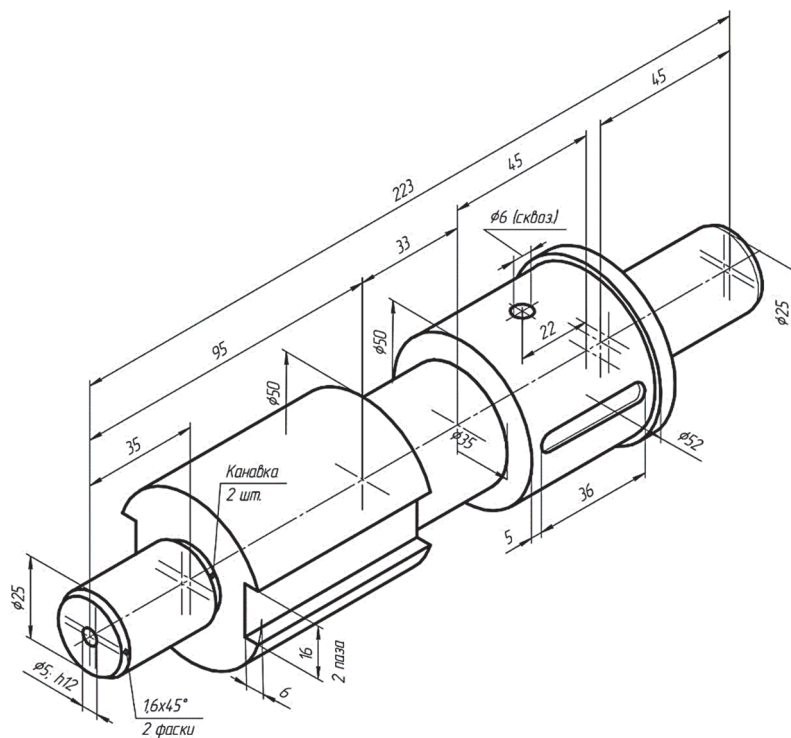
20



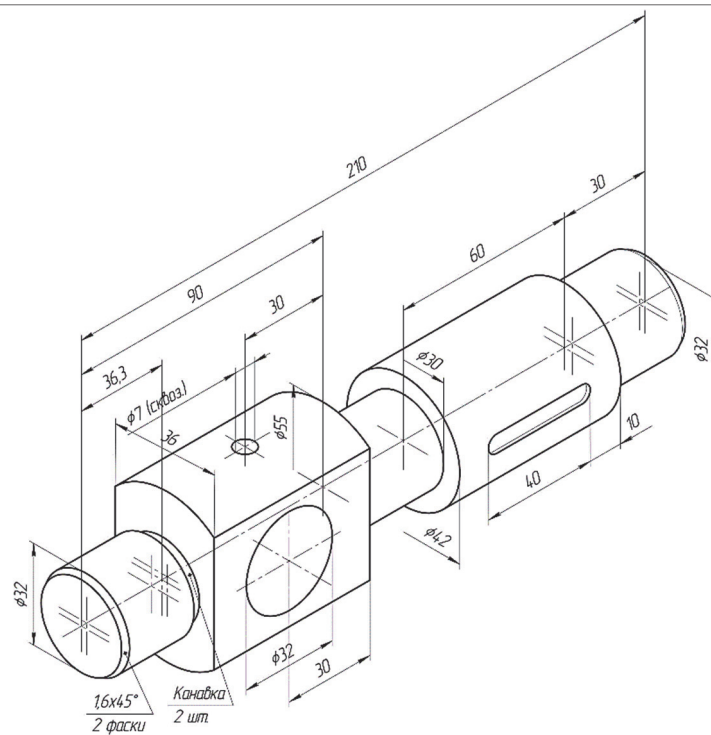
21



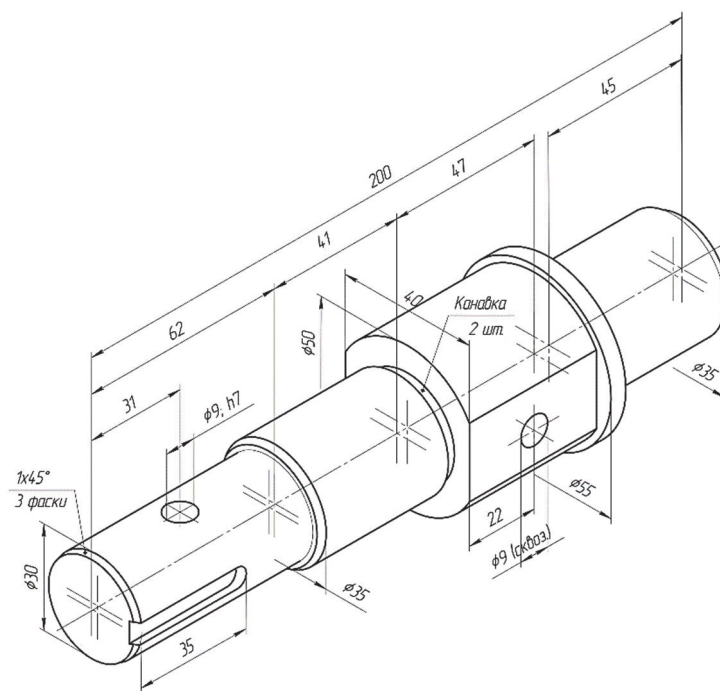
22



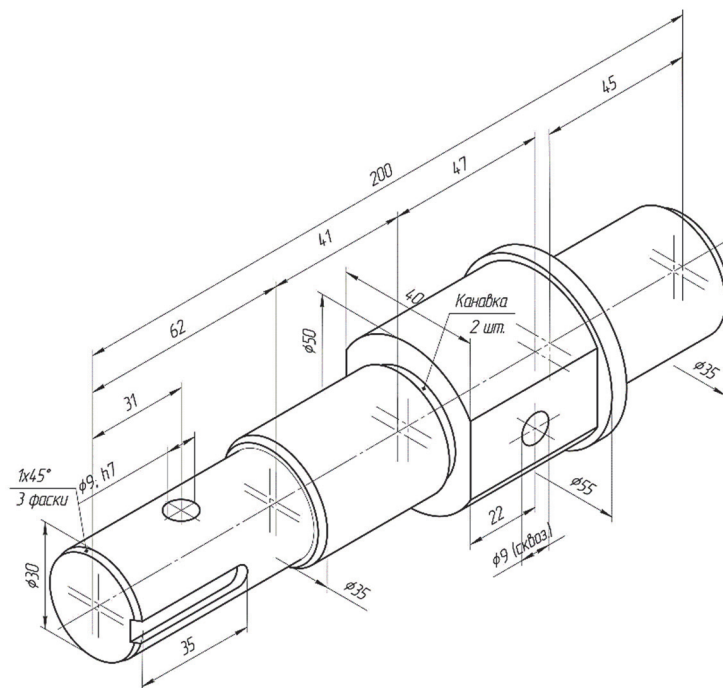
23



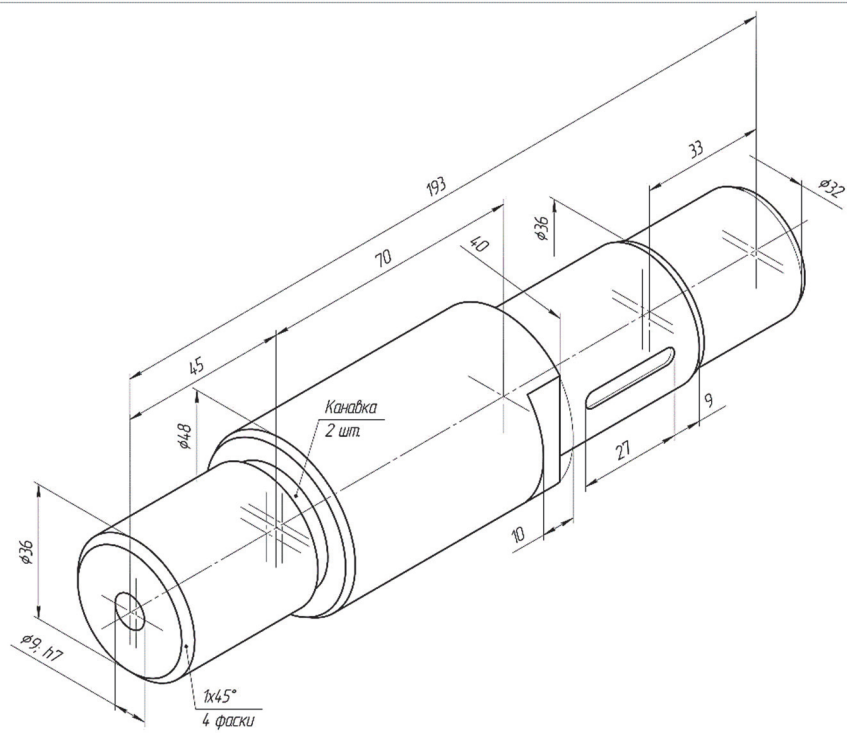
24



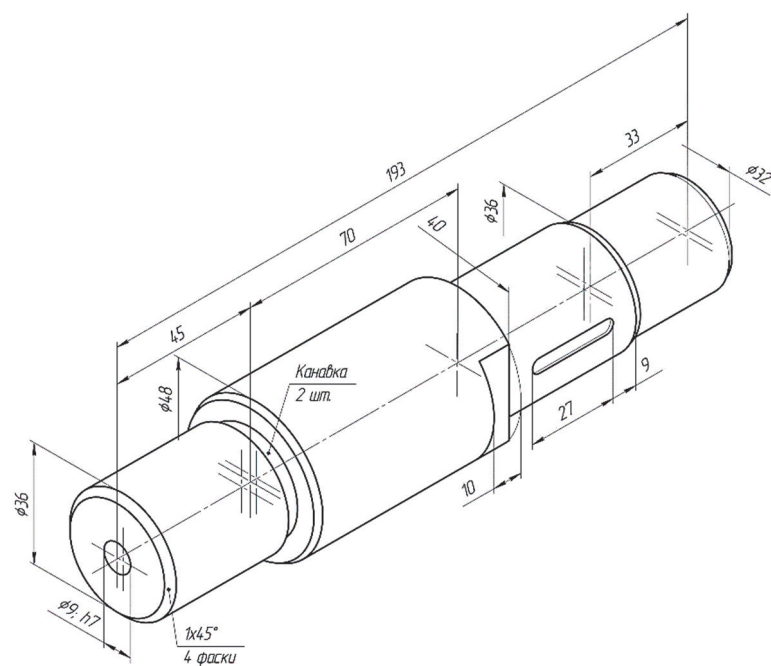
25



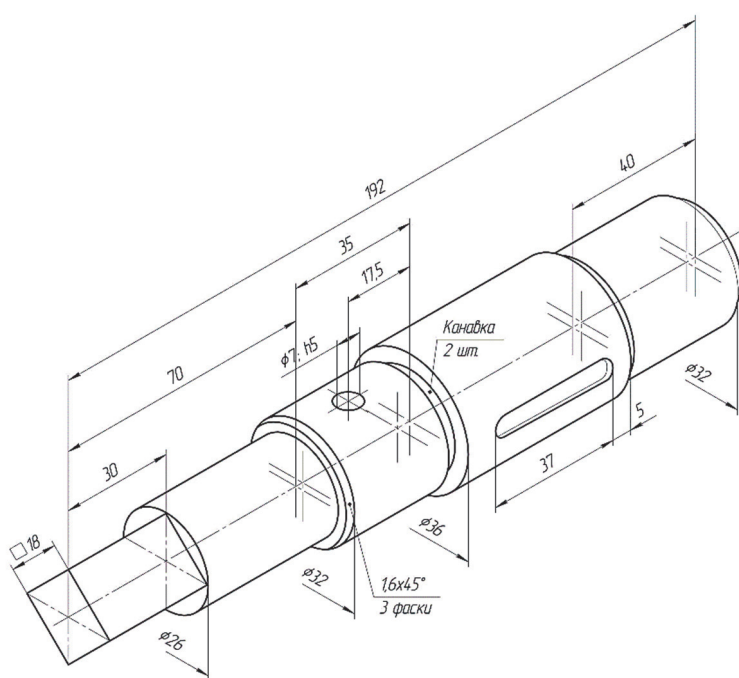
26



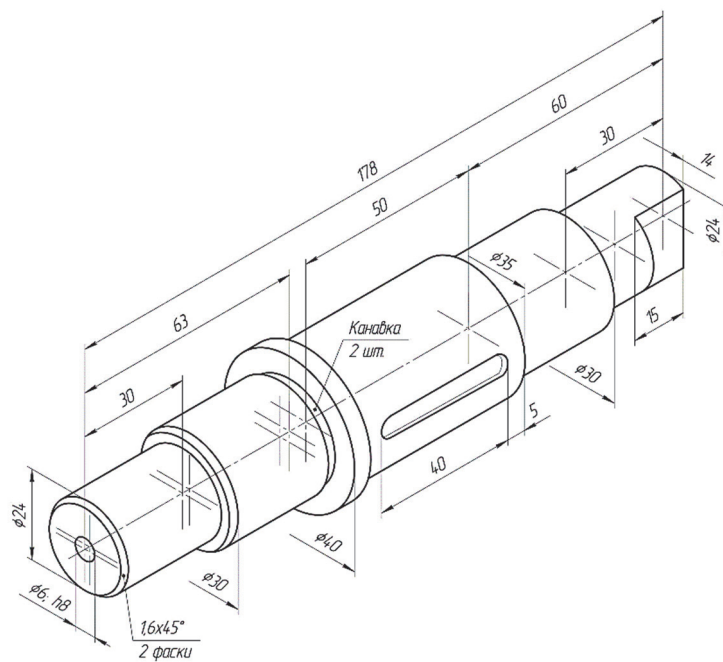
27



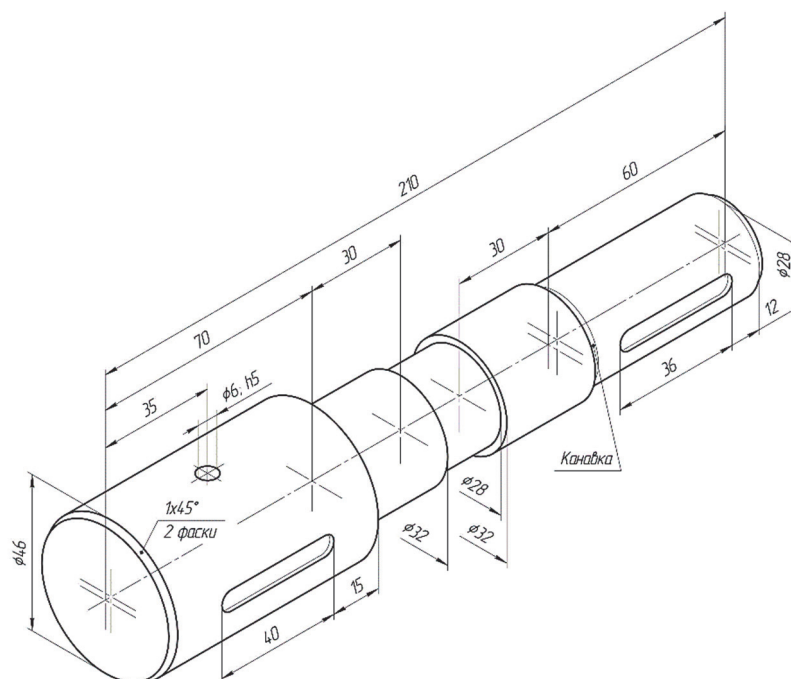
28



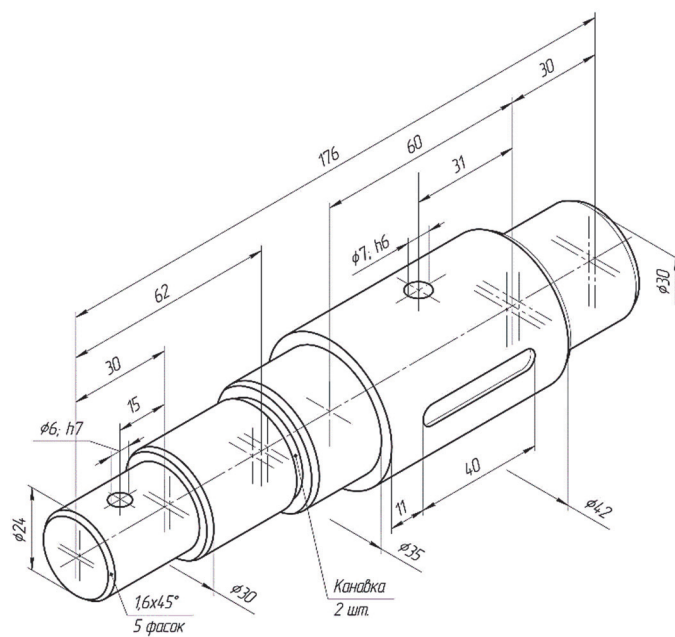
29



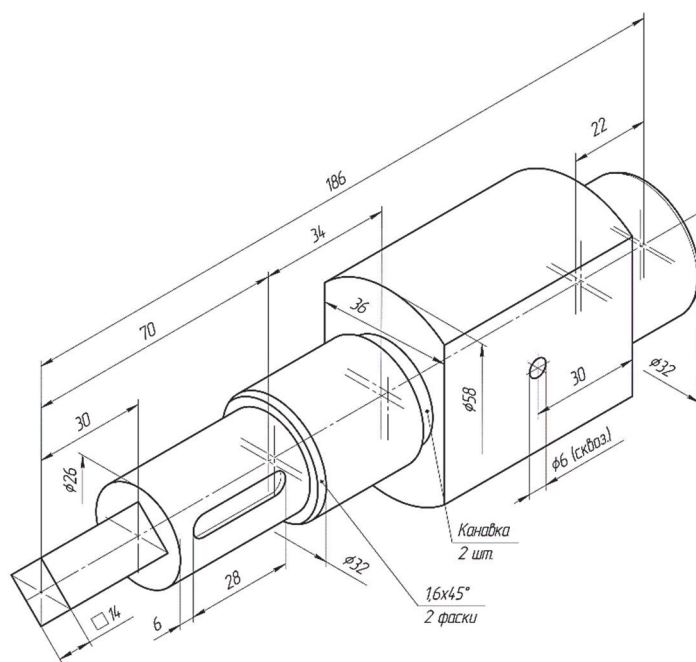
30



31



32



ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Справочные материалы для оформления конструктивных элементов валов

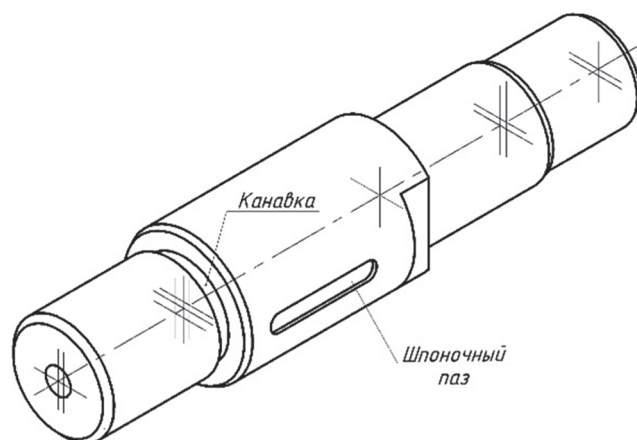


Рис. П.9.1. Конструктивные элементы вала

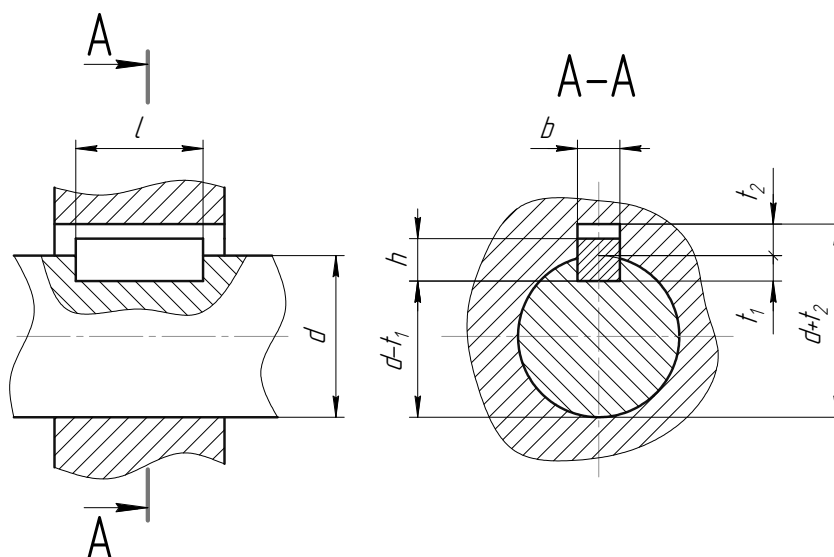


Рис. П.9.2. Шпоночное соединение

Таблица П.9.1

Размеры призматических шпонок и пазов по ГОСТ 23360–78, мм

Диаметр вала d	Сечение шпонки $b \times h$	Глубина паза		Диаметр вала d	Сечение шпонки $b \times h$	Глубина паза	
		Вал t_1	Втулка t_2			Вал t_1	Втулка t_2
От 12 до 17	5×5	3,0	2,3	От 38 до 44	12×8	5,0	3,3
От 17 до 22	6×6	3,5	2,8	От 44 до 50	14×9	5,0	4,3
От 22 до 30	8×7	4,0	3,3	От 50 до 58	16×10	6,0	4,3
От 30 до 38	10×8	5,0	3,3				

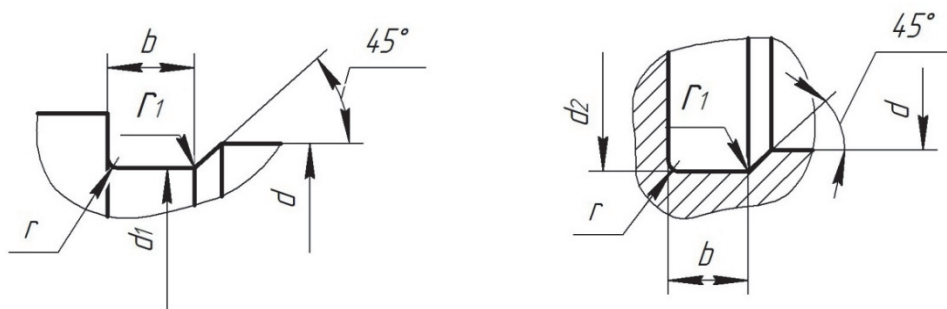


Рис. П.9.3. Канавки для выхода шлифовального круга по ГОСТ 8820–69 (наружное и внутреннее шлифование)

Таблица П.9.2

Диаметры валов (отверстий), подвергаемых шлифовке, мм

Диаметр d	Ширина b	Шлифование		Радиус r	Радиус r_1
		Наружное d_1	Внутреннее d_2		
≤ 10	1	$d - 0,3$	$d + 0,3$	0,3	0,2
	1,5			0,5	0,3
	2	$d - 0,5$	$d + 0,5$	1	0,5
$> 10 - 50$	3			1,6	
$> 50 - 100$	5	$d - 1,0$	$d + 1,0$	2	1
> 100	8				

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные надписи: ГОСТ 2.104–68. Введ. 01.07.1974. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 99 с.
2. Форматы: ГОСТ 2.301–68*. Введ. 01.01.1971. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 8 с.
3. Масштабы: ГОСТ 2.302–68*. Введ. 01.01.1971. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 7 с.
4. Линии: ГОСТ 2.303–68*. Введ. 01.01.1971. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 39 с.
5. Шрифты чертежные: ГОСТ 2.304–81. Введ. 01.01.1982. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 11 с.
6. Изображения – виды, разрезы, сечения: ГОСТ 2.305–2008. Введ. 01.07.2009. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 61 с.
7. Нанесение размеров и предельных отклонений: ГОСТ 2.307–2011. Введ. 01.01.2012. – М.: Стандартинформ, 2012. – 34 с.
8. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц: ГОСТ 2.316–68. Введ. 01.01.1974. – М.: Стандартинформ, 2007. – 8 с.
9. Цакунов, А. А. Инженерная графика: учеб. пособие / А. А. Цакунов, Т. Э. Каптилович; под ред. Г. Ф. Ласуты. – Минск, 2011. – 195 с.
10. Касперов, Г. И. Инженерная графика: учеб. пособие / Г. И. Касперов. – Минск: УГЗ, 2018. – 260 с.
11. Основы машиностроительного черчения: учеб. пособие для студентов технологических специальностей / А. И. Вилькоцкий [и др.]. – Минск: БГТУ, 2008. – 236 с.
12. Проекционное черчение. Практикум: учеб. пособие для студентов техн. специальностей / Н. И. Жарков [и др.]. – Минск: БГТУ, 2015. – 122 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ	5
1.1. Линии	6
1.2. Форматы.....	8
1.3. Масштабы	10
1.4. Шрифты чертежные.....	11
1.5. Нанесение размеров.....	12
1.6. Деление окружности на равные части	15
2. ТОЧКА И ЛИНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ МНОГОГРАННИКА...	18
2.1. Образование гранной поверхности	18
2.2. Ортогональные проекции призмы и пирамиды.....	19
3. ТОЧКА И ЛИНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ.....	23
3.1. Образование поверхности вращения	23
3.2. Точки и линии на поверхности вращения	24
4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛОСКОСТЯМИ ЧАСТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ.....	29
4.1. Пересечение гранных поверхностей плоскостью	29
4.2. Пересечение поверхностей вращения плоскостью	31
5. РАЗВЕРТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР	36
5.1. Построение развертки боковой поверхности пирамиды	36
5.2. Построение развертки боковой поверхности призмы	37
5.3. Построение развертки боковой поверхности цилиндра	37
5.4. Построение развертки боковой поверхности конуса	38
6. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФИГУР	40
6.1. Прямоугольная изометрическая проекция.....	40
6.2. Прямоугольная диметрическая проекция	41
6.3. Аксонометрические проекции многогранников.....	42
6.4. Аксонометрические проекции поверхностей вращения	45
6.5. Штриховка в аксонометрии	47
7. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	48
8. ВИД. ОБРАЗОВАНИЕ И ИЗОБРАЖЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖЕ	50

9. ПРОСТОЙ РАЗРЕЗ. ОБРАЗОВАНИЕ И ИЗОБРАЖЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖЕ	56
10. СЛОЖНЫЙ РАЗРЕЗ. ОБРАЗОВАНИЕ И ИЗОБРАЖЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖЕ	62
11. АКСОНОМЕТРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ ДЕТАЛИ.....	66
12. СЕЧЕНИЕ, ВЫНОСНОЙ ЭЛЕМЕНТ	68
12.1. Сечение. Образование и изображение на чертеже	68
12.2. Выносной элемент. Образование и изображение на чертеже.....	71
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Варианты заданий по теме «Ортогональные проекции призмы и пирамиды».....	74
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Варианты заданий по теме «Точка и линия на поверхности вращения»	90
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Варианты заданий по теме «Пересечение поверхностей плоскостями частного положения»	106
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Варианты заданий по теме «Взаимное пересечение поверхностей»	114
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Варианты заданий по теме «Вид. Образование и изображение на чертеже».....	122
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Варианты заданий по теме «Простой разрез. Образование и изображение на чертеже»	130
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Варианты заданий по теме «Сложный разрез. Образование и изображение на чертеже»	138
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Варианты заданий по теме «Сечение, выносной элемент. Образование и изображение на чертеже»	146
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Справочные материалы для оформления конструктивных элементов валов	162
ЛИТЕРАТУРА	164

Учебное издание

Касперов Георгий Иванович
Бобрович Владимир Аркадьевич
Бобровский Сергей Эдуардович и др.

ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА

ПРАКТИКУМ

Учебное пособие

Редактор *Т. Е. Самсанович*
Компьютерная верстка *А. Н. Петрова*
Дизайн обложки *П. П. Падалец*
Корректор *Т. Е. Самсанович*

Подписано в печать 12.02.2021. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 9,6. Уч.-изд. л. 10,0.
Тираж 350 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.