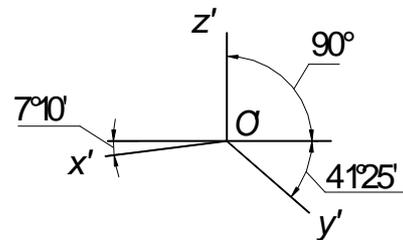
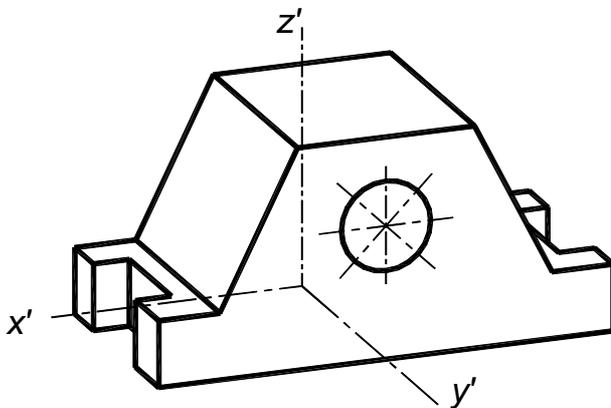


КАФЕДРА СТАНДАРТИЗАЦИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ

ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ

*Часть 1.1 Оформление чертежей. Основные положения разделов
проекционного и геометрического черчения.
АксонOMETрические проекции*



Нижегород
2015

УДК 744(072)

Рабочая тетрадь по инженерной графике. Часть 1.1. Оформление чертежей. Основные положения разделов проекционного и геометрического черчения. Аксонометрические проекции. [Текст]: рабочая тетрадь для студентов всех специальностей и форм обучения / Нижегород .гос. архитектур.- строит.ун-т; Л.В. Павлова - Н.Новгород: ННГАСУ,2015. - 46 с.

Приводятся варианты заданий, рассматриваются основные требования к оформлению чертежей, приводятся примеры выполнения заданий и теоретический материал по основным разделам геометрического черчения, аксонометрии и проекционного черчения (раздел «Виды»).

Рабочая тетрадь предназначена для студентов всех специальностей и форм обучения, некоторые графические задания предполагают их выполнение непосредственно в данной рабочей тетради, для удобства графического выполнения заданий общий объем учебного материала разбит на две части.

Рисунков 34, таблиц 5.

Автор: Л.В. Павлова

Содержание

1 Оформление чертежей	4
1.1 Основные требования к выполнению заданий	4
1.2 Форматы	4
1.3 Масштабы.....	6
1.4 Линии	8
1.5 Шрифт чертежный.....	10
2 Геометрические построения на плоскости.....	11
2.1 Деление окружности на равные части	11
2.2 Сопряжения	11
3 Основные правила выполнения изображений	21
3.1 Виды	21
4 Аксонометрические проекции	30
4.1 Классификация аксонометрических проекций	30
4.2 Аксонометрические проекции окружности	32
Список использованных источников	41

1 Оформление чертежей

В целях формирования навыков выполнения чертежей в соответствии с требованиями стандартов, рекомендуется подробно изучить ГОСТ 2.104–2006 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Основные надписи; ГОСТ 2.109–73* ЕСКД. Основные требования к чертежам; ГОСТ 2.301–68* ЕСКД. Форматы; ГОСТ 2.302*–68 ЕСКД. Масштабы; ГОСТ 2.303–68* ЕСКД. Линии; ГОСТ 2.304–81 ЕСКД. Шрифты чертежные; ГОСТ 2.305–2008 ЕСКД. Изображения, виды, разрезы, сечения; ГОСТ 2.317–69* ЕСКД. Аксонометрические проекции.

Также необходимо изучить разделы «Деление окружности на равные части», «Коробовые и лекальные кривые», «Сопряжение линий».

1.1 Основные требования к выполнению заданий

Задания выполняют на листах ватмана соответствующего формата, соблюдая последовательность, установленную данным методическим указанием. На каждое из аудиторных заданий студент обязан представлять преподавателю графическую работу для контроля и выявления ошибок.

Все заголовки и надписи на чертежах и текстовых документах должны быть выполнены основным шрифтом по ГОСТ 2.304–81 с наклоном.

Построение выполняют карандашами средней твердости, преимущественно типов *T, TM, M (H, HB, B)*. Линии проводят слева направо, держа карандаш в плоскости, перпендикулярной чертежу, немного наклоняя вправо по ходу движения и прижимая его к кромке линейки или рейсшины. Карандаш затачивается на длину 25–30 мм, пишущий стержень должен выступать на 8–10 мм. Циркуль при обводке основных линий должен быть заправлен пишущим стержнем от карандаша, на номер мягче выбранного для обводки прямых линий.

При нанесении размеров следует руководствоваться начальными сведениями по ГОСТ 2.307–68*.

Все выполненные работы складываются до формата *A4* (ГОСТ 2.501–88*) (рисунок 3) и комплектуются в альбом, первым листом которого является *титульный лист* (рисунок 4). Остальные листы укладываются по порядку в соответствии с номером чертежа. Альбом должен быть прочно скреплен нитками или с помощью скоросшивателя.

Титульный лист выполняется на листе формата *A4*. Текст располагается симметрично относительно вертикальной оси рабочего поля листа. Переносы слов не допускаются.

1.2 Форматы

Чертежи и другие виды конструкторских документов должны выполняться на листах определенных размеров, называемых форматами листов. Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполненной тонкой линией. Допустимая погрешность длины стороны формата должна составлять ± 2 мм.

ГОСТ 2.301–68* Форматы устанавливает пять основных и ряд дополнительных форматов (таблица 1).

Таблица 1 – Форматы

ОБОЗНАЧЕНИЕ ФОРМАТА	A0	A1	A2	A3	A4
РАЗМЕРЫ СТОРОН ФОРМАТА, мм	841x1189	594x841	420x594	297x420	210x297

Допускается при необходимости применять формат А5 (148x210) мм.

Формат А4 располагается только в «вертикальном» положении, то есть основная надпись располагается вдоль короткой стороны. Формат А3 можно расположить как вдоль его короткой стороны, так и вдоль его длинной стороны. При этом основная надпись располагается соответственно по короткой или длинной стороне.

Линии рамки чертежа наносят на расстоянии 5 мм от внешней рамки. Слева оставляют поле шириной 20 мм для подшивки. Примеры расположения форматов А4 и А3 приведены на рисунке 1.

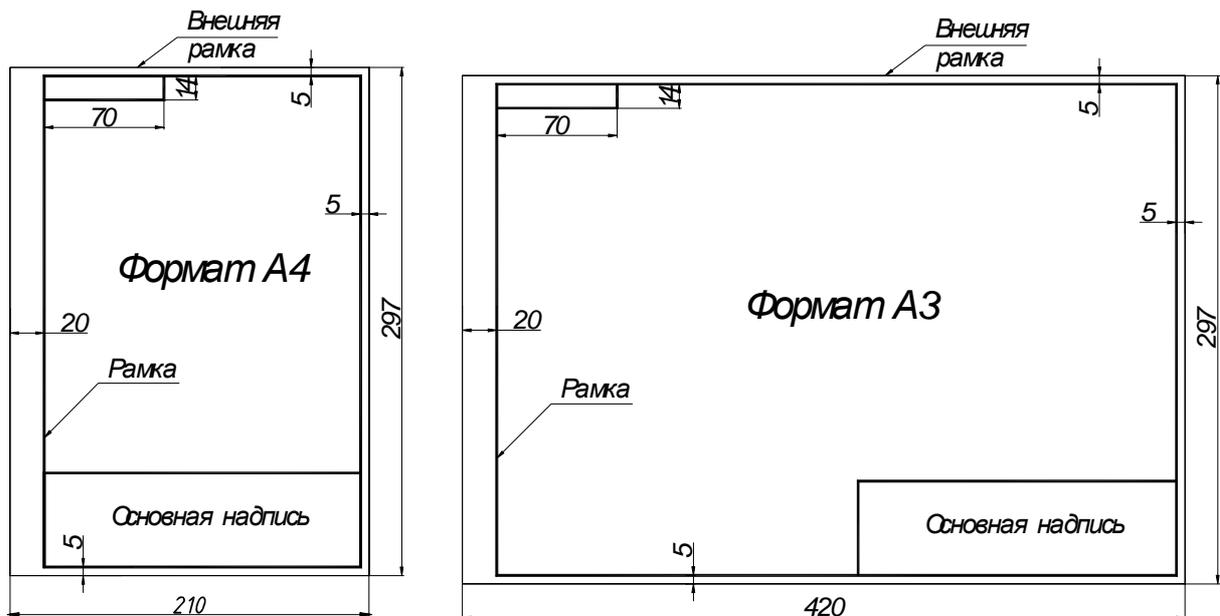


Рисунок 1 – Примеры расположения форматных листов

Основную надпись располагают в правом нижнем углу формата. Форма, размер граф и их содержание должны соответствовать ГОСТ 2.104–2006 (рисунок 2).

В графах основной надписи указывают:

графа 1 – наименование детали или сборочной единицы;

графа 2 – обозначение документа (ГОСТ 2.201–80);

Пример обозначения: ННГАСУ. ОТФ – 12

где ННГАСУ – аббревиатура учебного заведения; ОТФ – аббревиатура факультета, 12 – год поступления;

графа 3 – обозначение материала детали;

графа 4 – литера чертежа (у – учебный);

графа 5,6 – масса изделия, масштаб изображения;

графа 7, 8 – порядковый номер листа и общее количество листов;

графа 9 – название кафедры и номер группы.

Графа «Масштаб» основной надписи чертежа заполняется по типу 1:1, 2:1. Масштаб изображения должен соответствовать ГОСТ 2.302–68*. Графа «Масштаб» не заполняется, если на чертеже не нанесены размеры и если чертёж является эскизом.

Обозначение документа (графа 2), данное в рамке основной надписи, записывается повернутым на 180° в рамке 14x70 в левом верхнем углу чертежа.

Пример выполнения основной надписи представлен на рисунке 2.

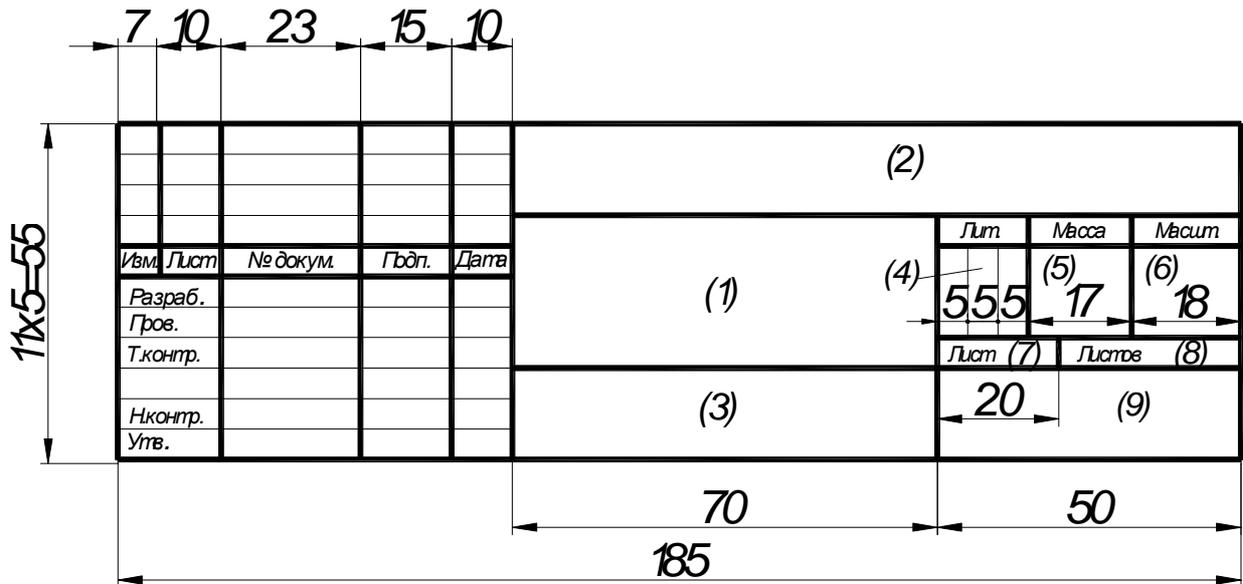


Рисунок 2 – Основная надпись для чертежей и схем по ГОСТ 2.104–2006

Пример складывания горизонтально расположенного формата А3 до формата А4 по ГОСТ 2.501–88* приведен на рисунке 3.

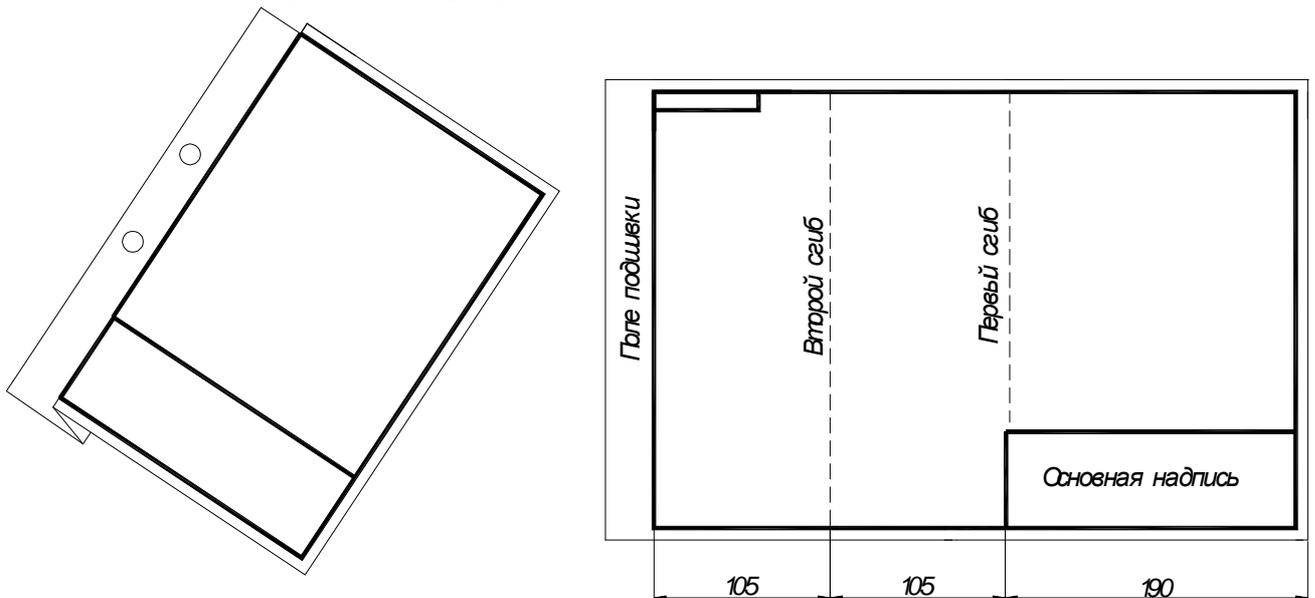


Рисунок 3 – Складывание горизонтально расположенного формата А3

1.3 Масштабы

Изображение предмета может быть выполнено в натуральную величину, уменьшено или увеличено. Отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре, называется *масштабом*. В соответствии с ГОСТ 2.302–68* масштабы при выполнении чертежей принимают согласно таблицы 2.

Таблица 2 – Масштабы

МАСШТАБЫ УМЕНЬШЕНИЯ	1:2	1:2,5	1:4	1:5	1:10	1:15	1:20	1:25	1:40	1:50	1:75	1:100
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			

1.4 Линии

Для выполнения чертежей применяются линии, предусмотренные ГОСТ 2.303–68*. Толщина сплошной основной линии S должна быть в пределах от 0,5 до 1,4мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа. Она должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе. Наименьшая толщина линии, в соответствии с ГОСТ 2.303–68* составляет 0,3 мм.

Штрихи в штриховых и штрихпунктирных линиях следует делать одинаковой длины, промежутки между ними – равными.

В штрихпунктирных линиях между длинными штрихами нужно проводить штрихи малой длины, но не точки. Штриховые линии и штрихпунктирные должны пересекаться и заканчиваться штрихами.

Центровые линии могут выходить за очертания изображений на 3...5 мм. Для окружностей, диаметр которых 12 мм и менее, центровые линии вычерчиваются сплошными тонкими.

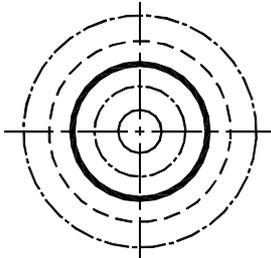
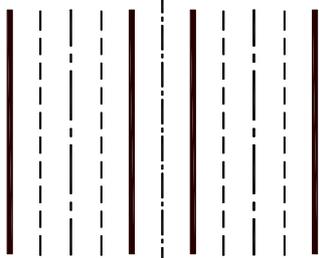
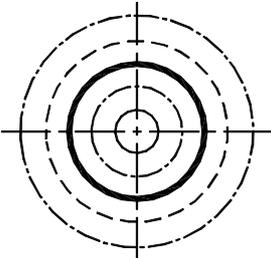
Линия разомкнутого контура показывает на чертеже положение воображаемой секущей плоскости. На начальном и конечном штрихах (которые не должны пресекать контура соответствующего изображения) следует ставить стрелки, указывающие направление взгляда. Стрелки наносят на расстоянии 2...3мм от конца штриха.

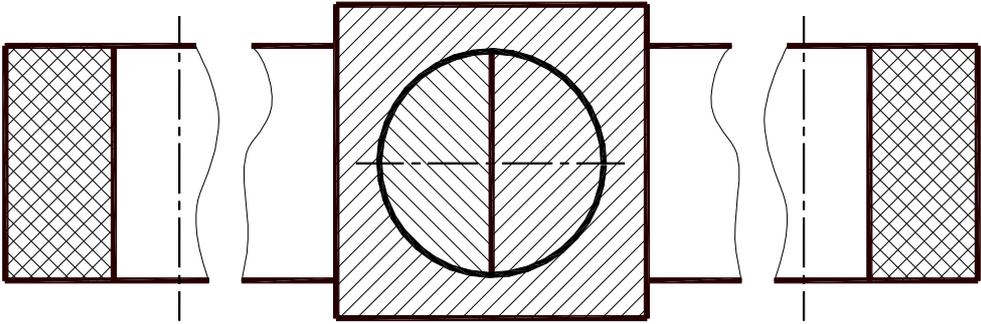
Задание на изучение ГОСТ 2.303–68 предполагает заполнение студентами таблицы 3, которая должна состоять из девяти наименований линий (пример заполнения приведен ниже) и выполнение графической работы на вычерчивание линий на формате А4 (рисунок 5).*

Таблица 3 – Типы линий чертежа по ГОСТ 2.303–68*

Наименование	Начертание	Толщина	Назначение
Сплошная толстая–основная		S	Линии видимого контура: линии перехода видимые; линии контура сечения
Сплошная тонкая		От $S/3$ до $S/2$	Линии контура наложенного сечения; линии размерные и выносные; линии штриховки; линии выносок
Сплошная волнистая		От $S/3$ до $S/2$	Линии обрыва; линии разграничения вида и разреза
Штриховая		От $S/3$ до $S/2$	Линии невидимого контура; линии перехода невидимые
Штрихпунктирная тонкая		От $S/3$ до $S/2$	Линии осевые и центровые; линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений

ИГАСУ. ОТФ - 08



						ИГАСУ. ОТФ - 08		
Изм.	Лист	№ докум.	Годп.	Дата	Типы линий	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.	Иванов Т.А.			17.10.07		у		
Прое.	Гавлова Л.В.					Лист	Листов	
Т.контр.						Кафедра СИ Гр. 0614		
И.контр.								
Утв.								

Рисунок 5 – Пример выполнения графической работы «Типы линий»

1.5 Шрифт чертежный

Чертежные шрифты, применяемые для нанесения всех надписей на чертежах и других технических документах, установлены ГОСТ 2.304–81 ЕСКД. Чертежный шрифт содержит русский, латинский и греческий алфавиты, арабские и римские цифры, а также знаки.

Стандарт устанавливает следующие размеры шрифта: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Размер шрифта h определяет высоту прописных (заглавных) букв и цифр в миллиметрах.

Стандартом также установлены следующие типы шрифта в зависимости от толщины d линий шрифта: тип *А* без наклона и наклоном около 75° к горизонтальной строке; тип *Б* без наклона и наклоном около 75° к горизонтальной строке. Форма букв русского алфавита и арабских цифр, выполненных шрифтом типа *Б* с наклоном, приведена на рисунке 6. Здесь же показано построение шрифта по вспомогательной сетке.



Рисунок 6 – Шрифт чертежный типа Б с наклоном

Задание на вычерчивание шрифта выполняют на формате А4. В задание входит вычерчивание основного шрифта размеров 14 или 10 типа Б с наклоном, состоящего из прописных, строчных букв и цифр, а также выполнение некоторых знаков.

1.5 Шрифт чертежный

Чертежные шрифты, применяемые для нанесения всех надписей на чертежах и других технических документах, установлены ГОСТ 2.304–81 ЕСКД. Чертежный шрифт содержит русский, латинский и греческий алфавиты, арабские и римские цифры, а также знаки.

Стандарт устанавливает следующие размеры шрифта: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Размер шрифта h определяет высоту прописных (заглавных) букв и цифр в миллиметрах.

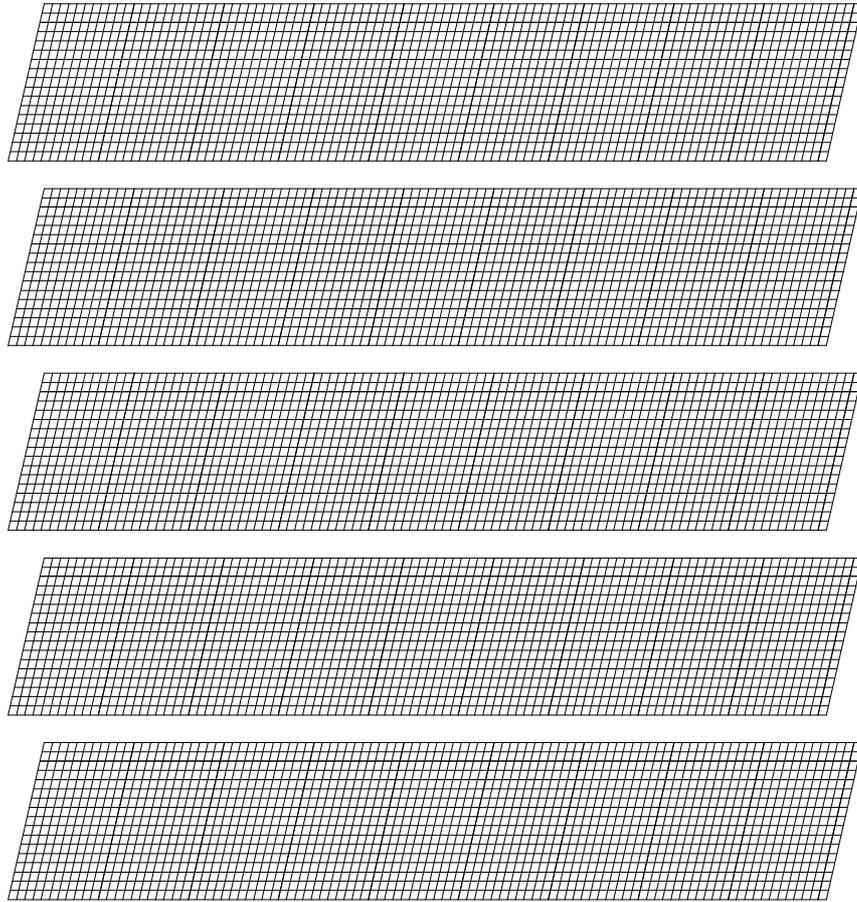
Стандартом также установлены следующие типы шрифта в зависимости от толщины d линий шрифта: тип *А* без наклона и наклоном около 75° к горизонтальной строке; тип *Б* без наклона и наклоном около 75° к горизонтальной строке. Форма букв русского алфавита и арабских цифр, выполненных шрифтом типа *Б* с наклоном, приведена на рисунке 6. Здесь же показано построение шрифта по вспомогательной сетке.



Рисунок 6 – Шрифт чертежный типа *Б* с наклоном

Задание на вычерчивание шрифта.

Выполнить по вспомогательной сетке надпись «Кафедра стандартизации и инженерной графики» основным шрифтом 10 с наклоном



2 Геометрические построения на плоскости

Простейшие задачи на деление отрезков прямых и углов, на построение правильных шестиугольников, треугольников и т. д. решались на уроках геометрии в средней школе. Зная эти элементарные приемы, их следует применять и при построении чертежей. Также на уроках черчения строились сопряжения прямых линий и дуг окружностей, которые в машиностроительных чертежах и чертежах строительных объектов встречаются очень часто.

Для выполнения задания на геометрические построения необходимо повторить разделы геометрического черчения.

2.1 Деление окружности на равные части

В практике часто приходится делить окружность на равные части, например при сверлении отверстий во фланцах для болтов и т.д.

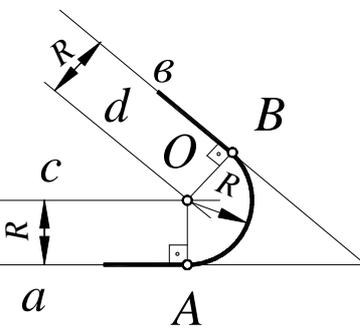
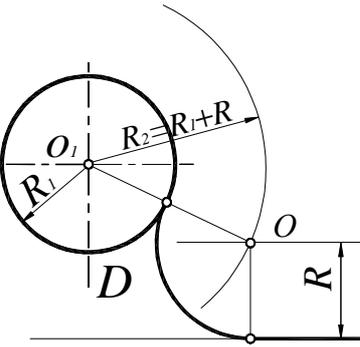
Чтобы разделить окружность на *четыре*, *восемь* и т.д. равное количество частей, в окружности заданного радиуса R необходимо провести два взаимно перпендикулярных диаметра AB и CD , таким образом, окружность разделится на четыре равные части –

2.2 Сопряжения

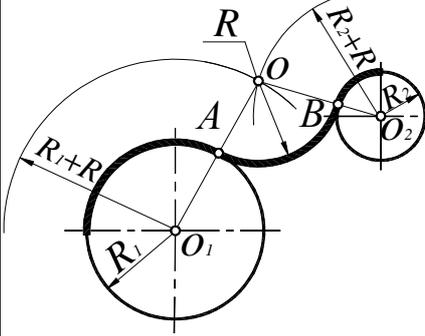
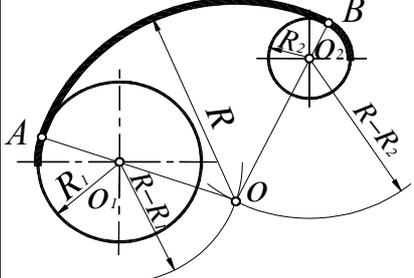
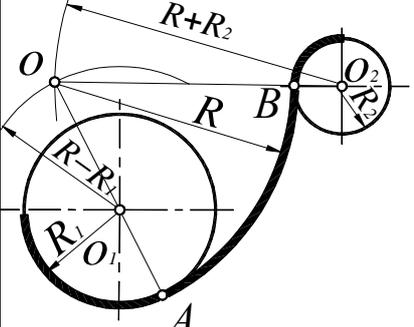
При выполнении чертежей часто требуется строить сопряжения между двумя прямыми, между прямой и дугой окружности заданного радиуса, между двумя дугами окружностей одинаковых или различных радиусов. Во всех случаях задача на сопряжение сводится к нахождению *центра сопряжения* и *точек сопряжения*, а также определения сопрягаемого элемента и сопрягающего. Итак, *сопряжением называется плавный переход от одной прямой линии к другой, от прямой линии к окружности и от окружности к окружности.*

В таблице 4 приведены наиболее часто встречающиеся типы сопряжений.

Таблица 4 – Правила построения сопряжений

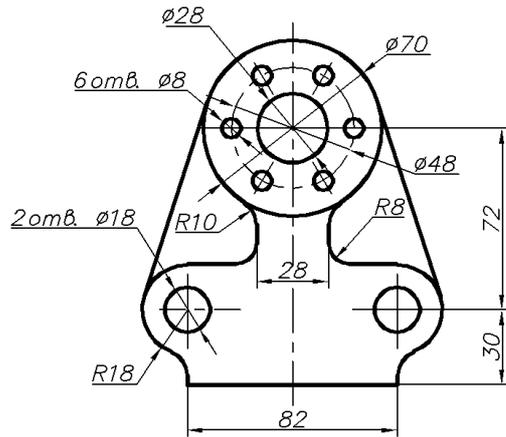
Вид сопряжения	Алгоритм решения	Графическое представление
1	2	3
<p>1 Сопряжение двух прямых дугой окружности заданного радиуса</p>	<p>На расстоянии заданного радиуса от искомых прямых a и b проводят параллельные им прямые c и d, пересекающиеся в точке O, которая и является центром дуги сопряжения. Для определения точек сопряжения A и B необходимо из точки сопряжения O опустить перпендикуляры на прямые a и b. Кратко алгоритм решения можно представить так: 1) $c // a$; 2) $d // b$; 3) $O = c \cap d$; 4) $OA \perp a$; 5) $OB \perp b$. На примере показано сопряжение острого угла, аналогично строят сопряжение тупого и прямого угла</p>	
<p>2 Сопряжение окружности и прямой</p>	<p>Из центра данной окружности проводят вспомогательную дугу радиусом $R_2 = R_1 + R$ и вспомогательную прямую, параллельную заданной прямой и удаленную от нее на расстояние R. В пересечении вспомогательной дуги и вспомогательной прямой находится точка O – центр дуги сопряжения. Для определения точек сопряжения из центра O опускают перпендикуляр на заданную прямую, получают первую точку сопряжения – A. Для определения второй точки сопряжения – B, проводят прямую, соединяющую центр сопряжения O с центром заданной окружности O_1. На примере показано внешнее касание прямой и окружности, т.е. прямая находится за пределами контура окружности, если прямая находится внутри контура окружности, то касание называется внутренним, строится оно аналогично рассмотренному примеру, с той лишь разницей, что в случае внутреннего касания дуга вспомогательной окружности определяется радиусом $R_2 = R_1 - R$</p>	

Окончание таблицы 4

1	2	3
3 Внешнее сопряжение двух окружностей дугой радиуса R .	Для определения центра сопряжения O строят вспомогательные дуги из центров данных окружностей O_1 и O_2 . Радиусы этих дуг показаны на чертеже. Для нахождения точек сопряжения A и B проводят прямые, соединяющие центр сопряжения O с центром O_1 для одной из окружностей и аналогичную прямую для второй окружности. На пересечении полученных линий с контуром соответствующих окружностей находятся точки сопряжения A и B .	
4 Внутреннее сопряжение двух окружностей дугой радиуса R .	Для выполнения внутреннего сопряжения алгоритм построения аналогичен предыдущему примеру. Изменяются только радиусы вспомогательных дуг окружностей для определения центра сопряжения: $R_{всп.1}=R-R_1$; $R_{всп.2}=R-R_2$;	
5 Смешанное сопряжение двух окружностей дугой радиуса R .	В смешанном сопряжении присутствуют элементы внешнего и внутреннего сопряжения, поэтому алгоритм построения аналогичен для данных типов сопряжения. Т.е. для внутреннего сопряжения радиус вспомогательной окружности $R_{всп.1}=R-R_1$, а для внешнего сопряжения – $R_{всп.2}=R+R_2$;	

Перед выполнением задания необходимо внимательно ознакомиться с заданием, определить, какие типы сопряжения представлены в данном варианте. Подготовив формат А4, начертить внутреннюю рамку и основную надпись, а на оставшемся графическом пространстве листа выполнить компоновку изображения (графическое пространство листа должно быть занято изображением примерно на 85%). Построение начинается с проведения осевых и центровых линий, далее, тонкими линиями вычерчиваются сопрягаемые окружности и только после этого, по приведенному в таблице 4 алгоритму, находятся центры сопряжения и точки сопряжения, вычерчиваются сопрягающие дуги.

Варианты задания представлены на рисунках 8–13, а пример оформления графической работы «Сопряжение линий» – на рисунке 14. Перед выполнением индивидуального задания проработайте построение сопряжений на общем примере.



*Задание на построение сопряжений.
Вычертить изображение детали в заданном масштабе с обязательным построением центров сопрягающих дуг и точек сопряжения.*

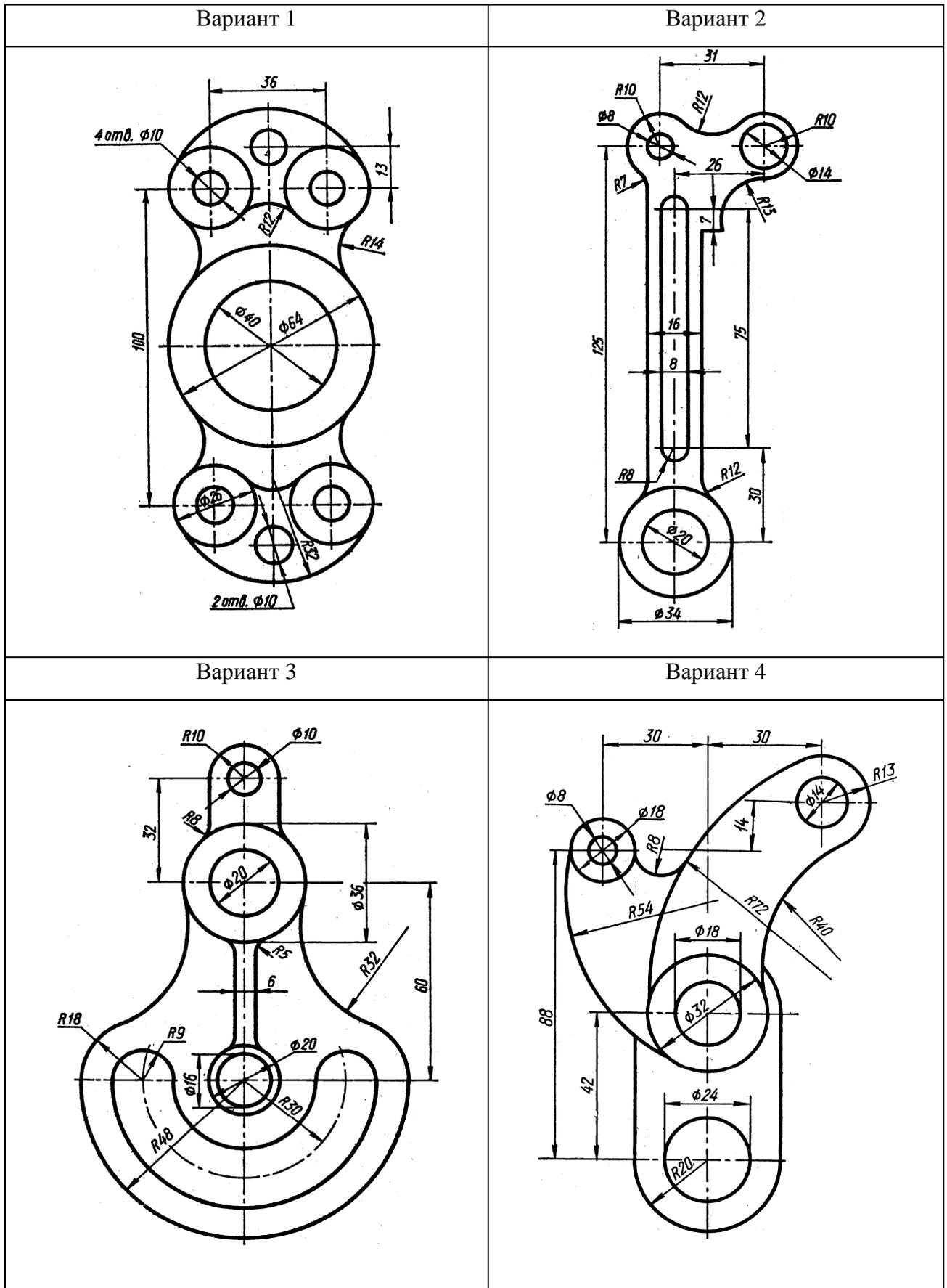


Рисунок 8 – Варианты 1– 4 графической работы «Сопрежения»

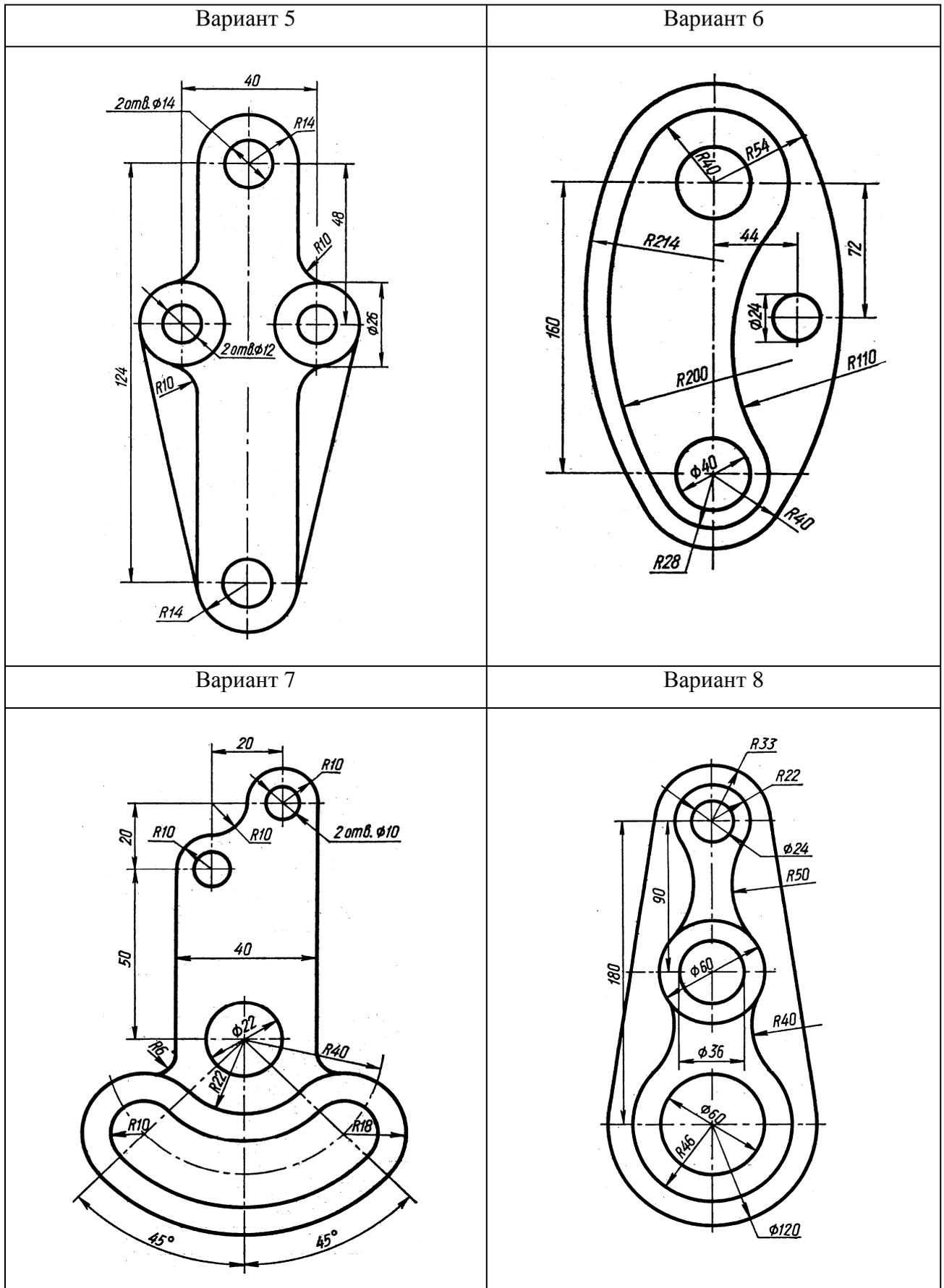


Рисунок 9 – Варианты 5–8 графической работы «Сопряжения»

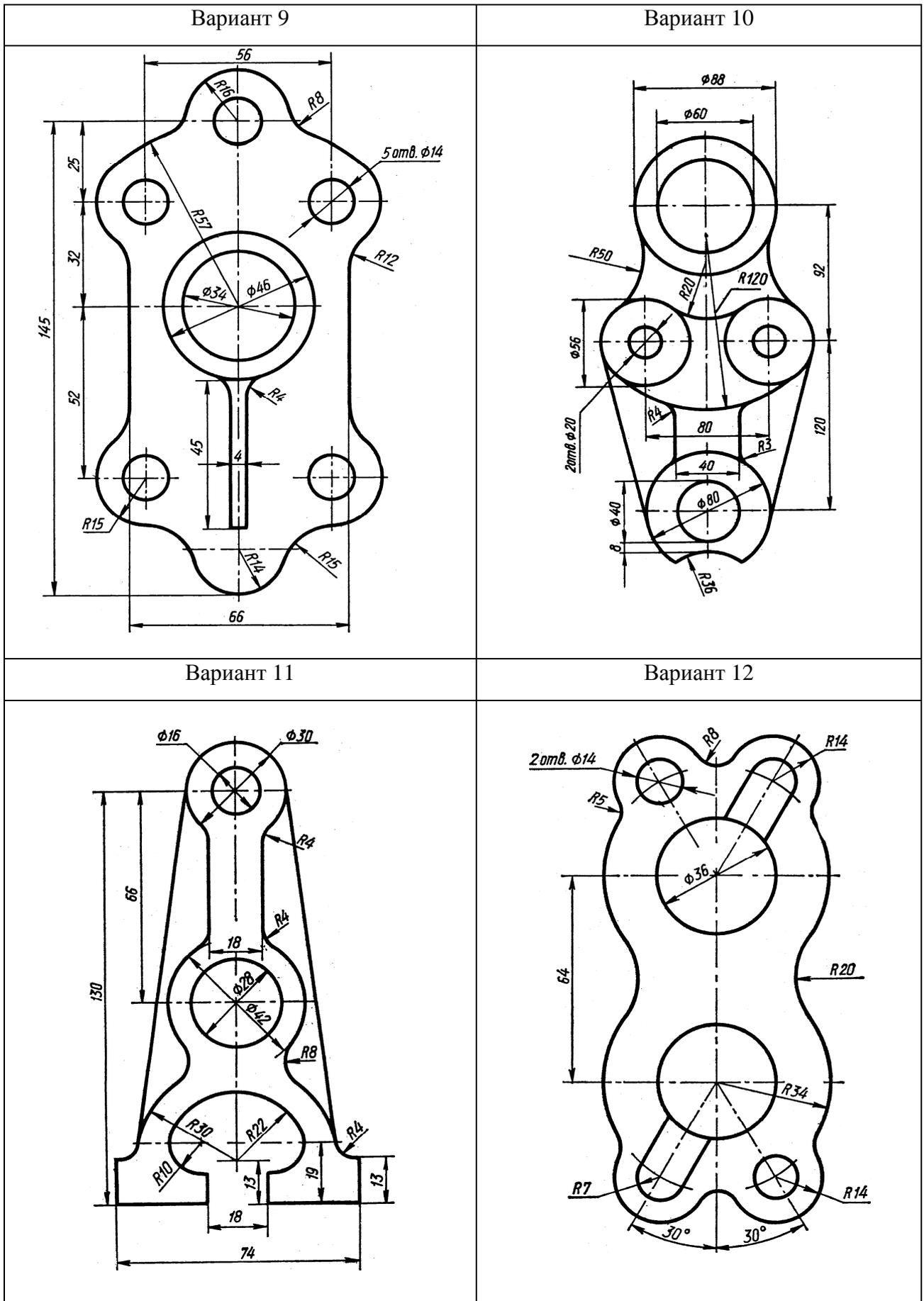


Рисунок 10 – Варианты 9 –12 графической работы «Сопряжения»

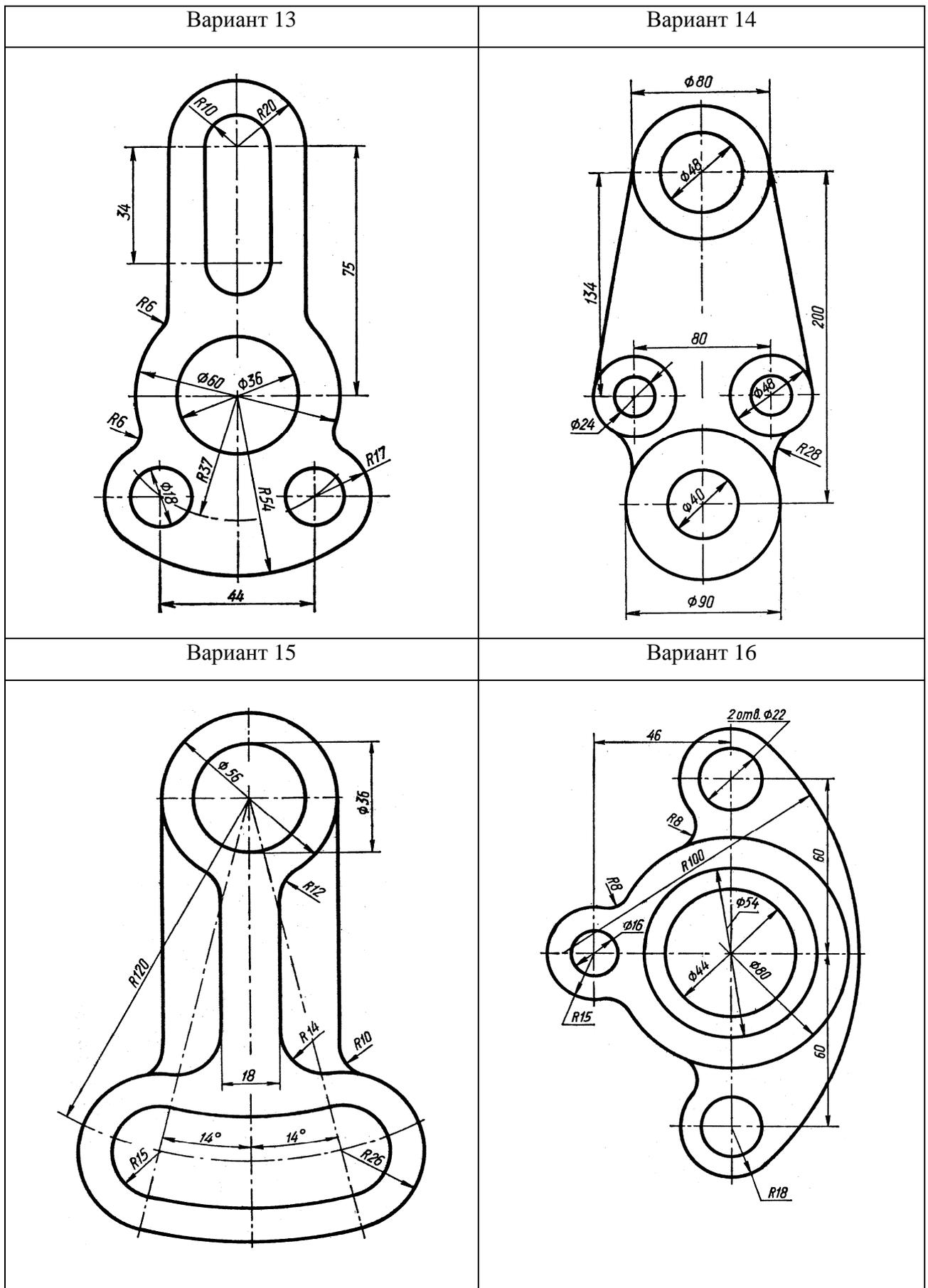


Рисунок 11 – Варианты 13 –16 графической работы «Сопряжения»

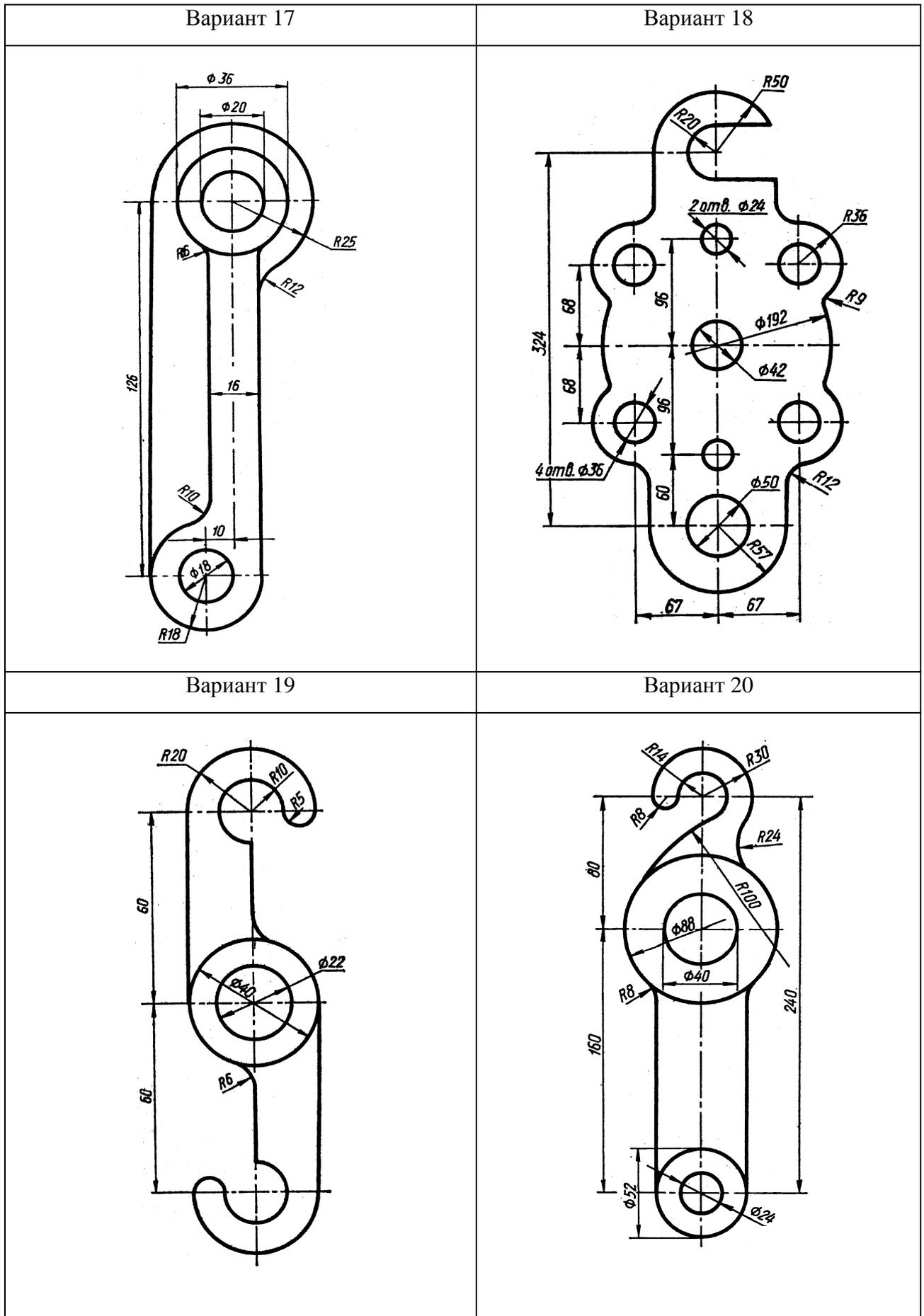


Рисунок 12 – Варианты 17–20 графической работы «Сопряжения»

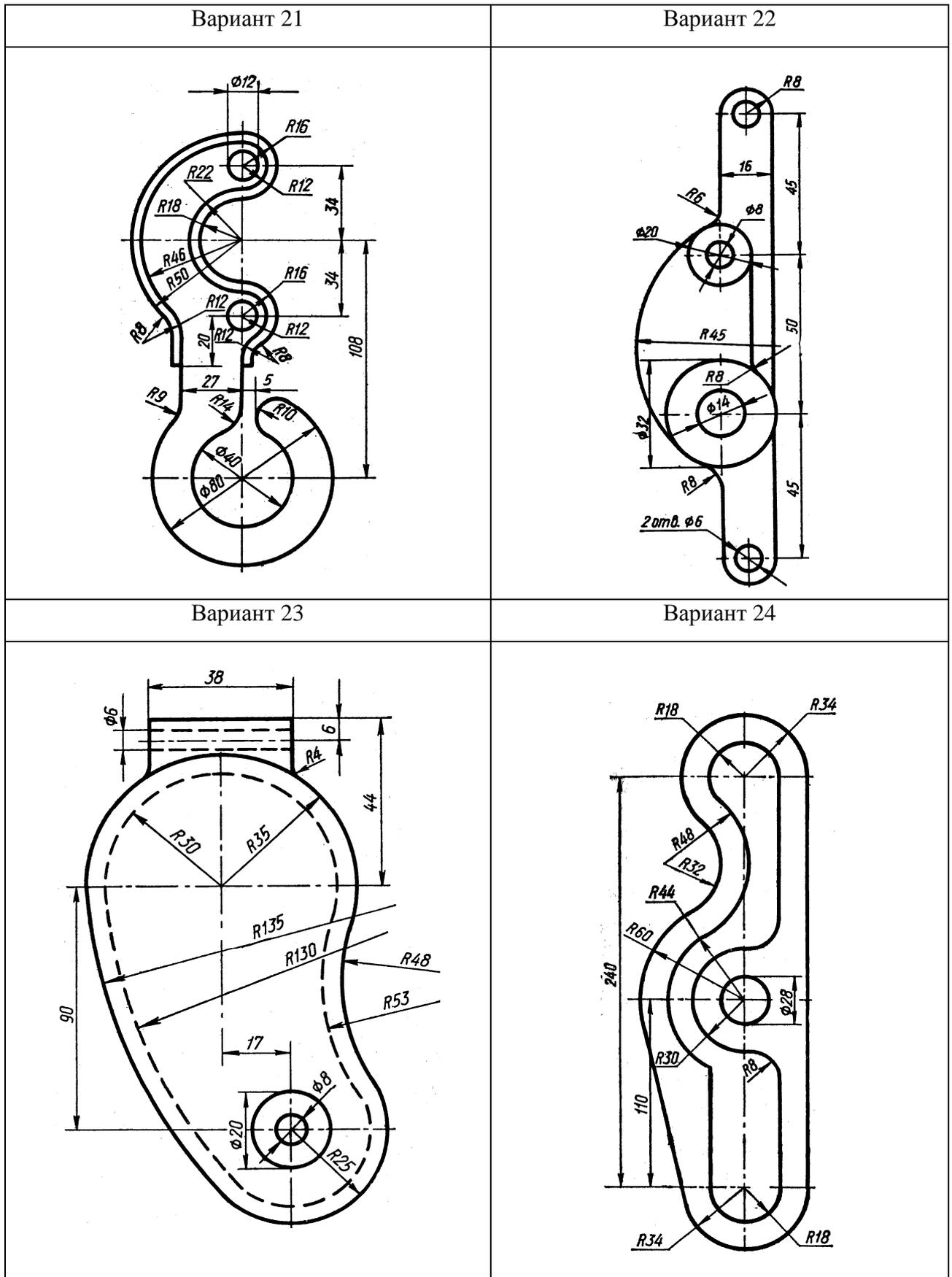


Рисунок 13 – Варианты 21–24 графической работы «Сопряжения»

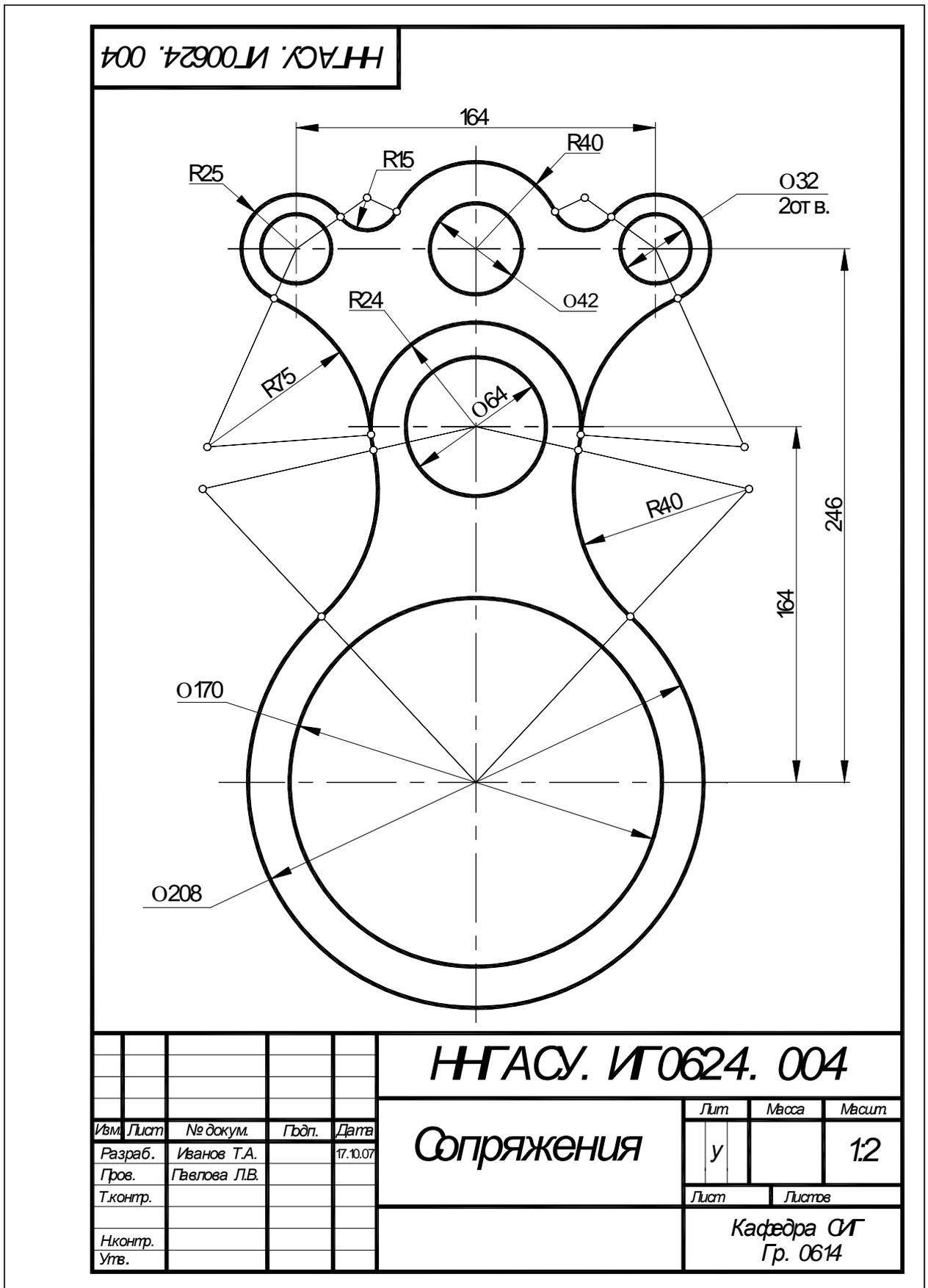


Рисунок 14 – Пример выполнения и оформления графической работы «Сопряжения»

3 Основные правила выполнения изображений

Правила изображения предметов (изделий, сооружений и их составных элементов) установлены ГОСТ 2.305–2008 на чертежи всех отраслей промышленности и строительства.

Изображением называется чертёж, выполненный установленным способом проецирования, в определенном масштабе и служащий для выявления формы и размеров предмета. Изображения на чертеже в зависимости от их содержания подразделяются на виды, разрезы, сечения.

Изображения предметов должны выполняться по методу ортогонального (прямоугольного) проецирования. *Ортогональная* (прямоугольная) проекция – параллельная проекция предмета или его части на плоскость, перпендикулярную к направлению проецирующих лучей, представляющую совмещенную с чертежом одну из граней пустотелого куба, внутри которого мысленно помещен предмет.

Изображение предмета на фронтальной плоскости (1) принимают в качестве главного на чертеже.

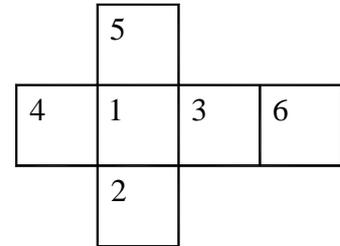


Рисунок – 15 – Расположение основных плоскостей проекций

3.1 Виды

Вид предмета (вид) – ортогональная проекция обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета, расположенного между ним и плоскостью проецирования. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий.

Виды, получаемые на основных плоскостях проекций (рисунок 15), являются основными и имеют следующие названия: 1– вид спереди (главный вид); 2– вид сверху; 3 – вид слева; 4 – вид справа; 5– вид снизу; 6 – вид сзади.

Названия видов, находящихся в проекционной связи с главным изображением, на чертежах не надписывают.

В некоторых случаях на чертеже вместо полного вида можно применить его часть. Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется *местным видом*, он применяется в том случае, когда возникает необходимость показать лишь форму и размеры его отдельных элементов. Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере (вид Б, рисунок 16), или не ограничен (вид А, рисунок 16). Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду.

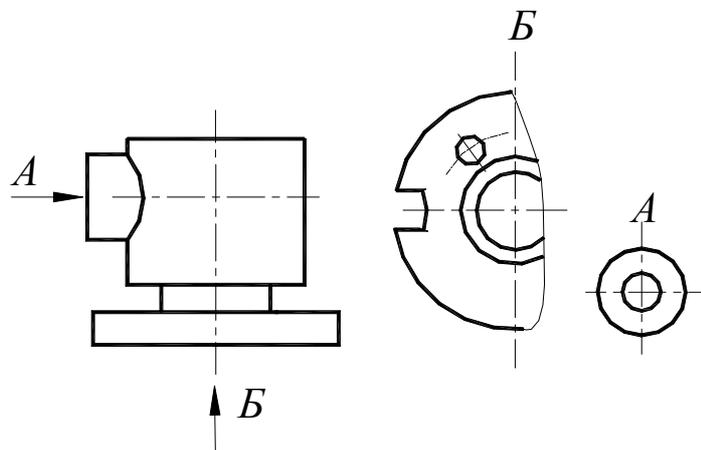


Рисунок – 16 – Изображение местного вида на чертеже

Если какую-либо часть предмета невозможно показать без искажения формы и размеров, то выполняют *дополнительные виды* на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций. Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой, а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (стрелка *A*, рисунок 17 (а)).

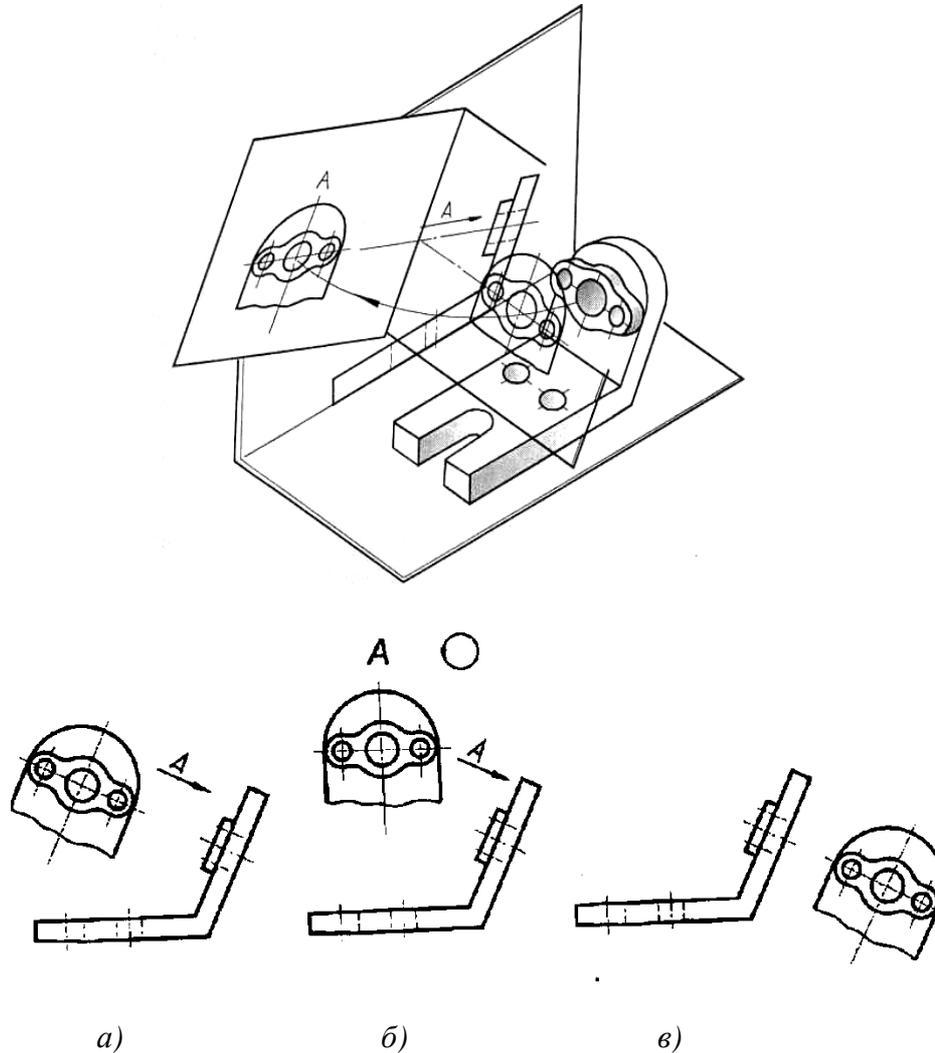
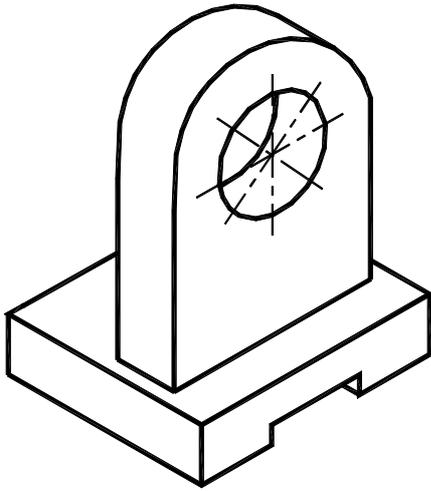


Рисунок – 17 – Примеры изображения дополнительного вида на чертежах

Дополнительный вид допускается поворачивать (рисунок 17 (б)), но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении, при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим обозначением \bigcirc . Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят (рисунок 17 (в)).

Графическая работа «Виды» выполняется на формате А4. Варианты заданий в виде аксонометрических проекций предмета приведены на рисунке 18–23. Пример выполнения – на рисунке 24.

Перед выполнением заданием необходимо изучить ГОСТ 2.305-2008, раздел «Виды», по варианту задания, на котором представлена аксонометрическая проекция, выбрать главный вид и в проекционной связи с ним – вид сверху и вид слева. Размеры можно снимать с аксонометрической проекции, располагать изображения необходимо на одинаковых расстояниях между собой.



Задание на построение основных видов. Вычертить по наглядному изображению три основных вида – главный вид, вид сверху и вид слева. Дополнительная информация – в призматическом основании паз глухой.

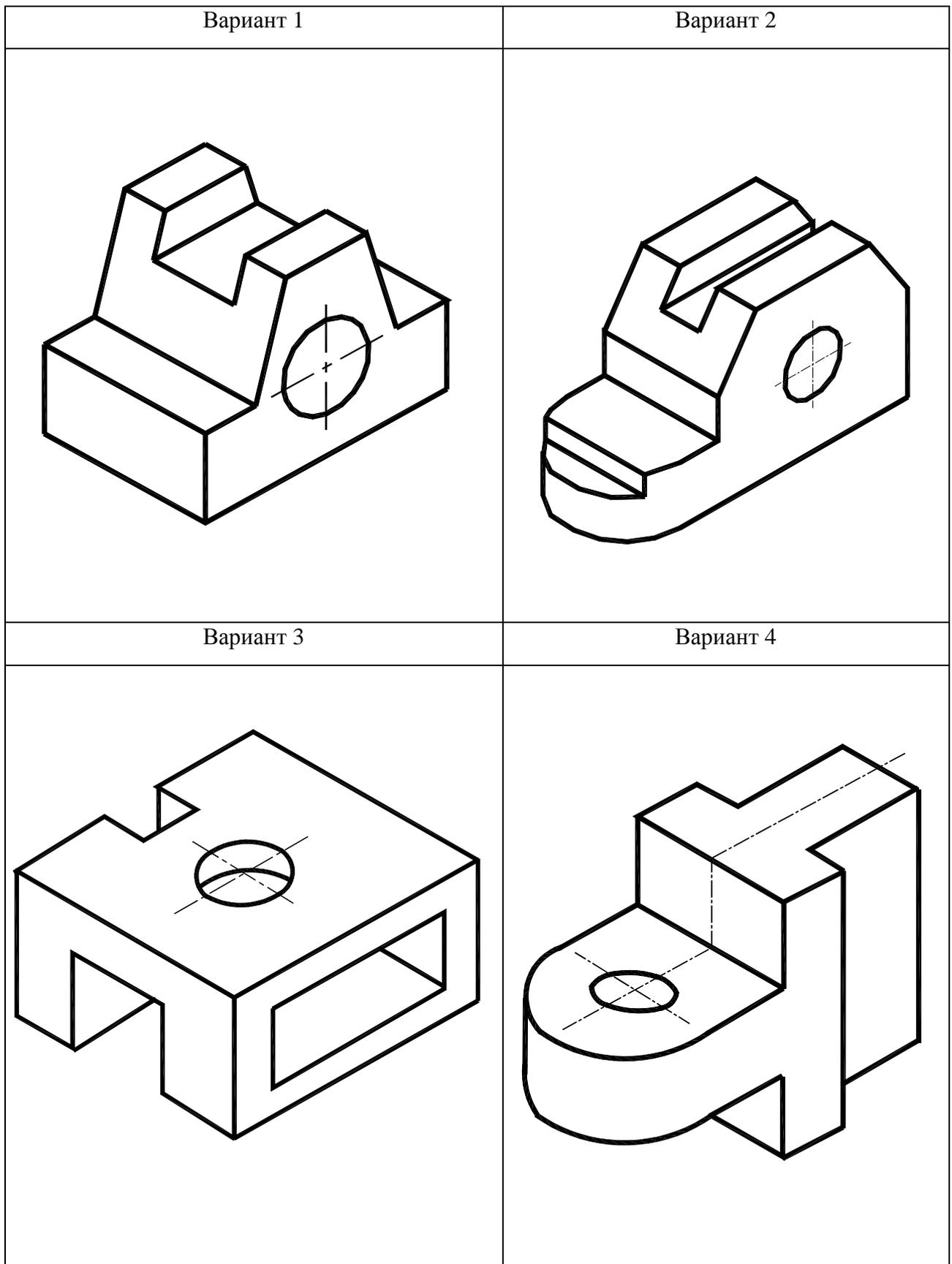


Рисунок 18 – Варианты 1–4 графической работы «Виды»

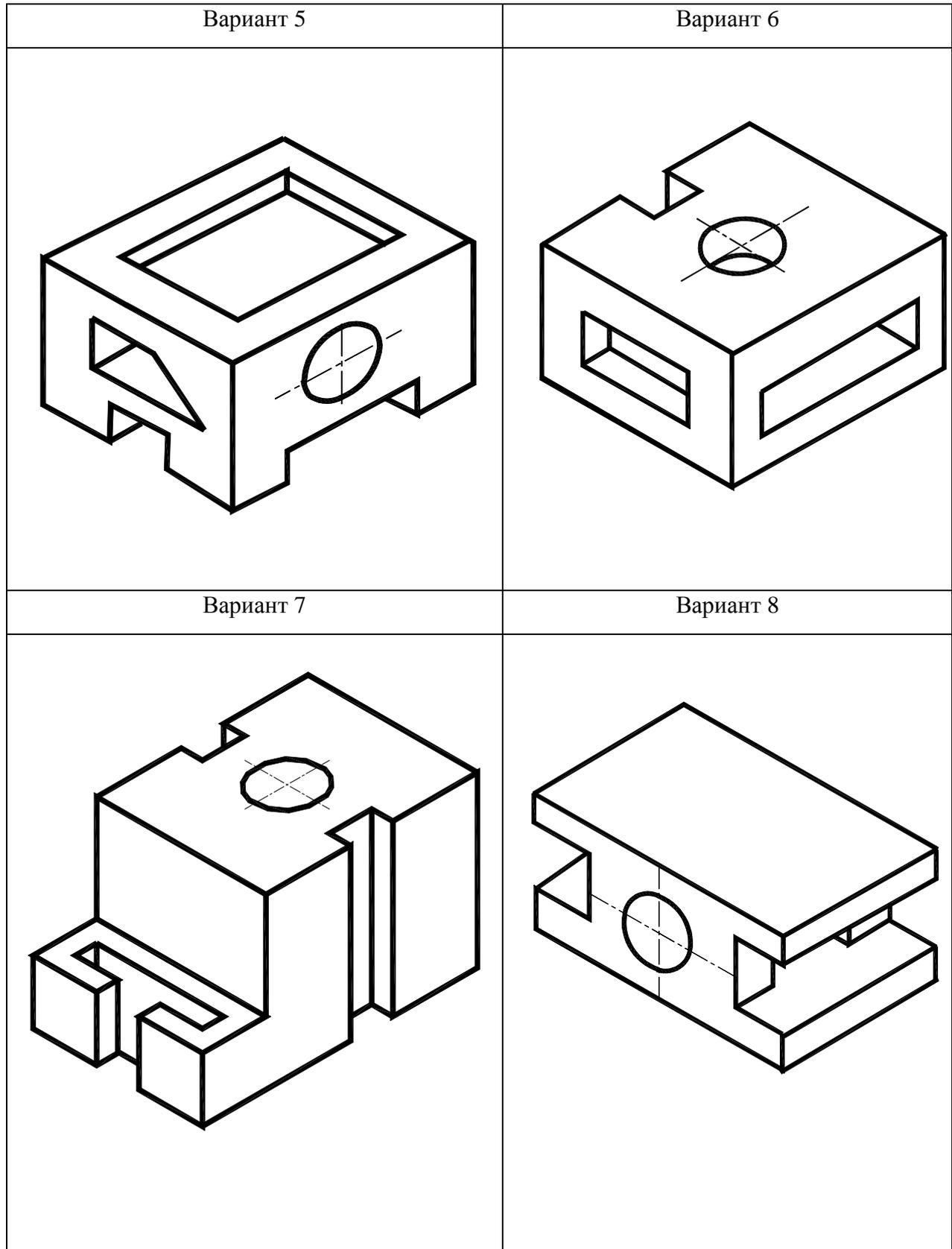


Рисунок 19 – Варианты 5–8 графической работы «Виды»

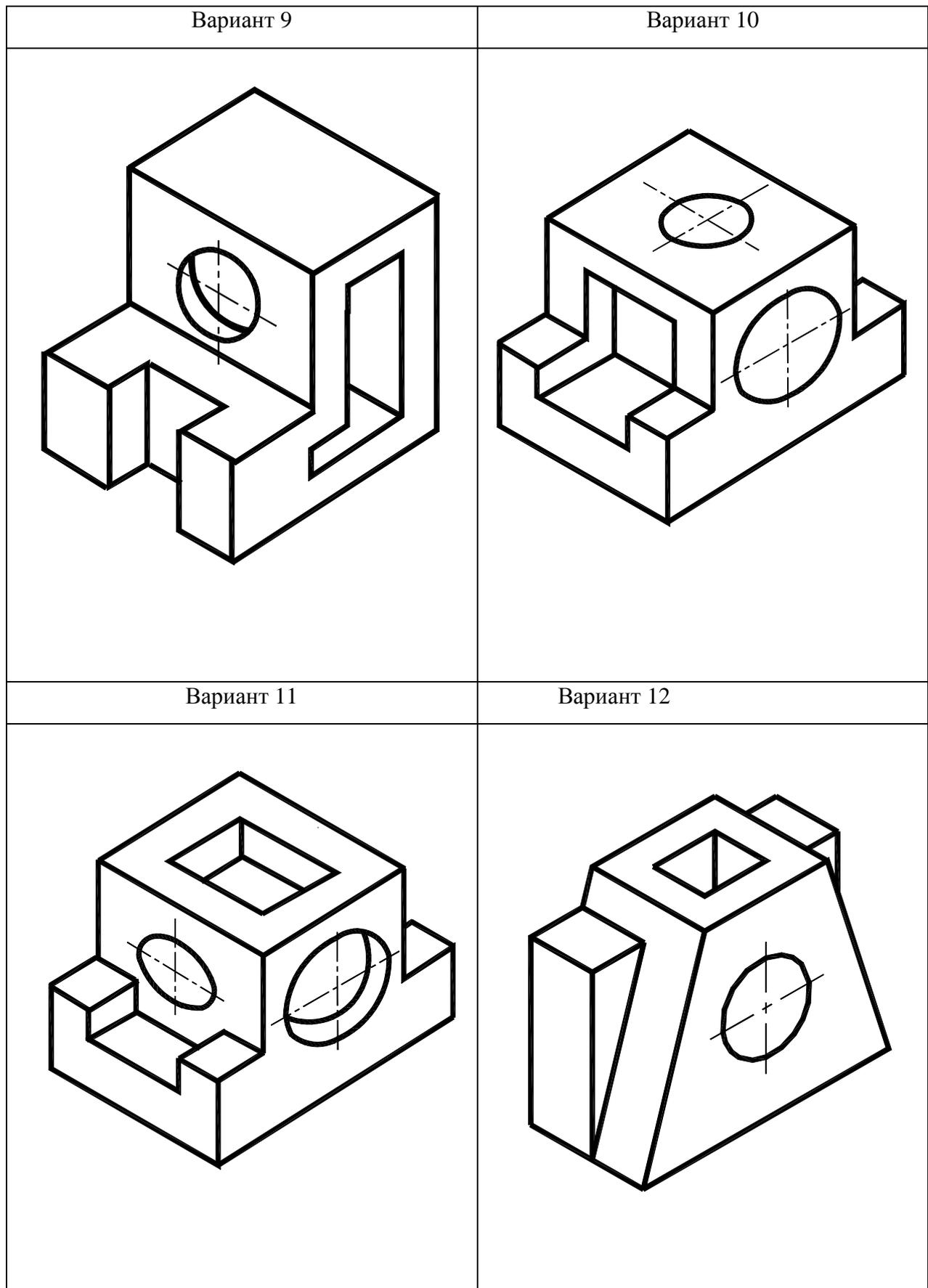


Рисунок 20 – Варианты 9–12 графической работы «Виды»

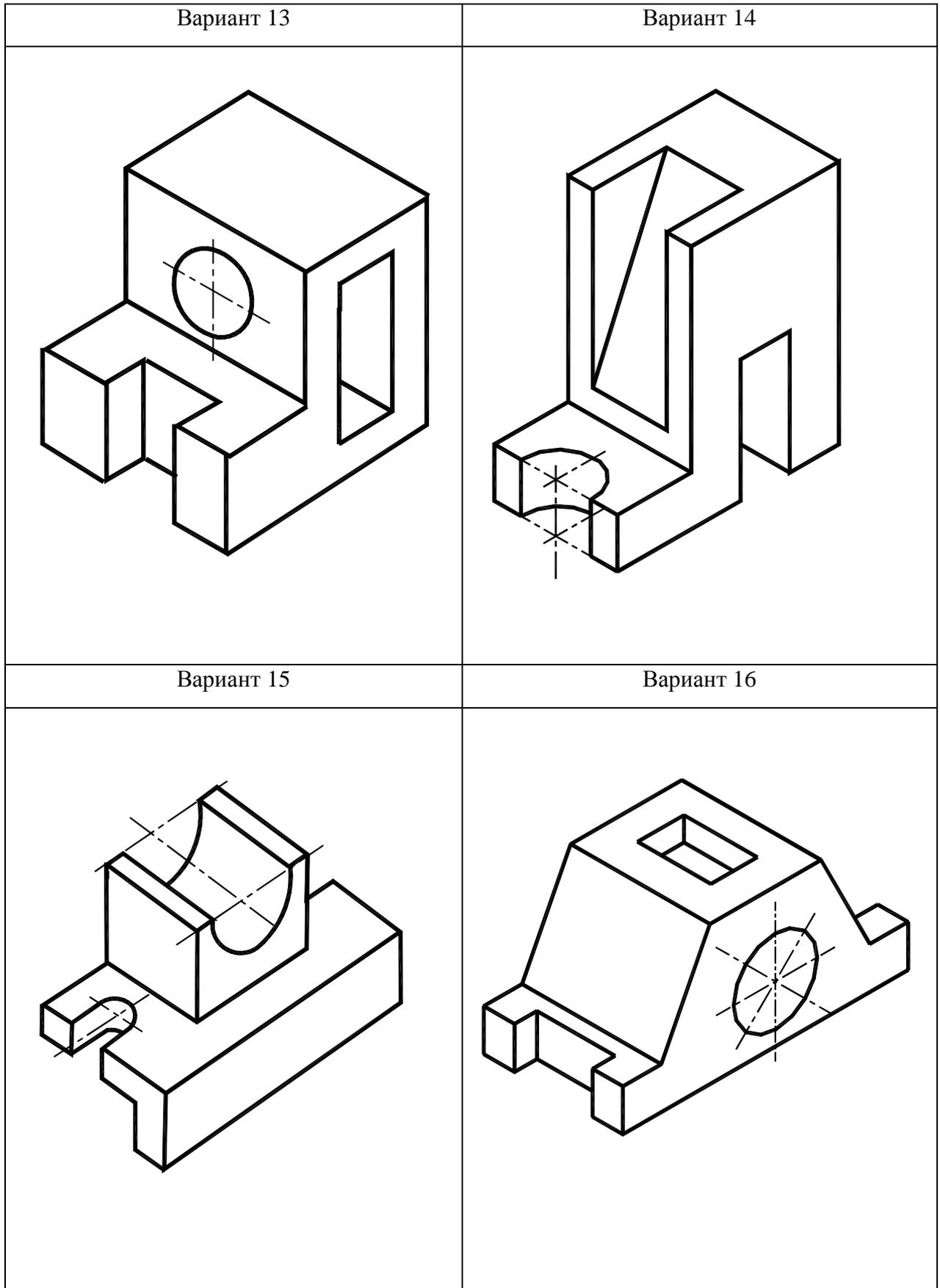


Рисунок 21 – Варианты 13–16 графической работы «Виды»

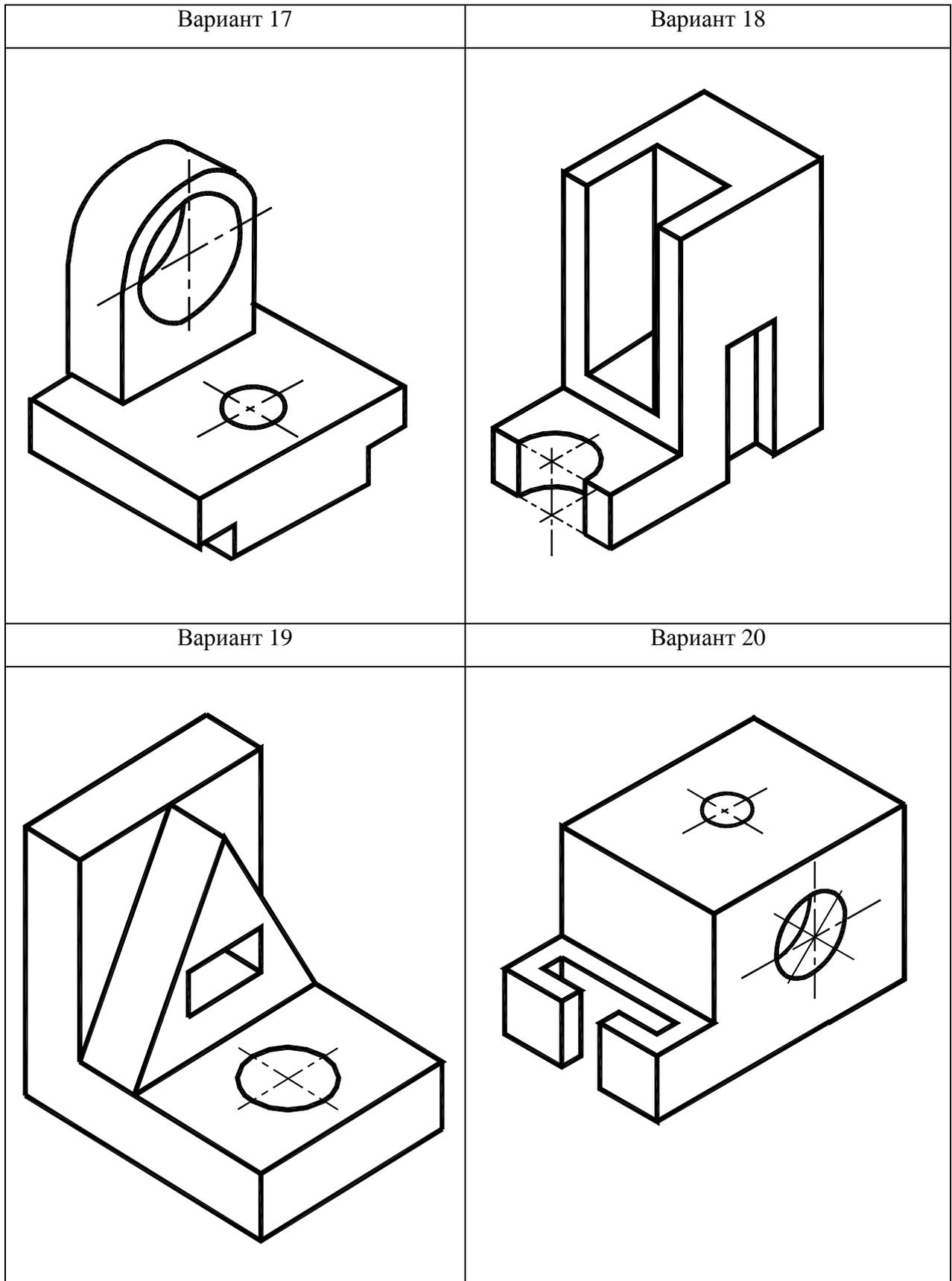


Рисунок 22 – Варианты 17 – 20 графической работы «Виды»

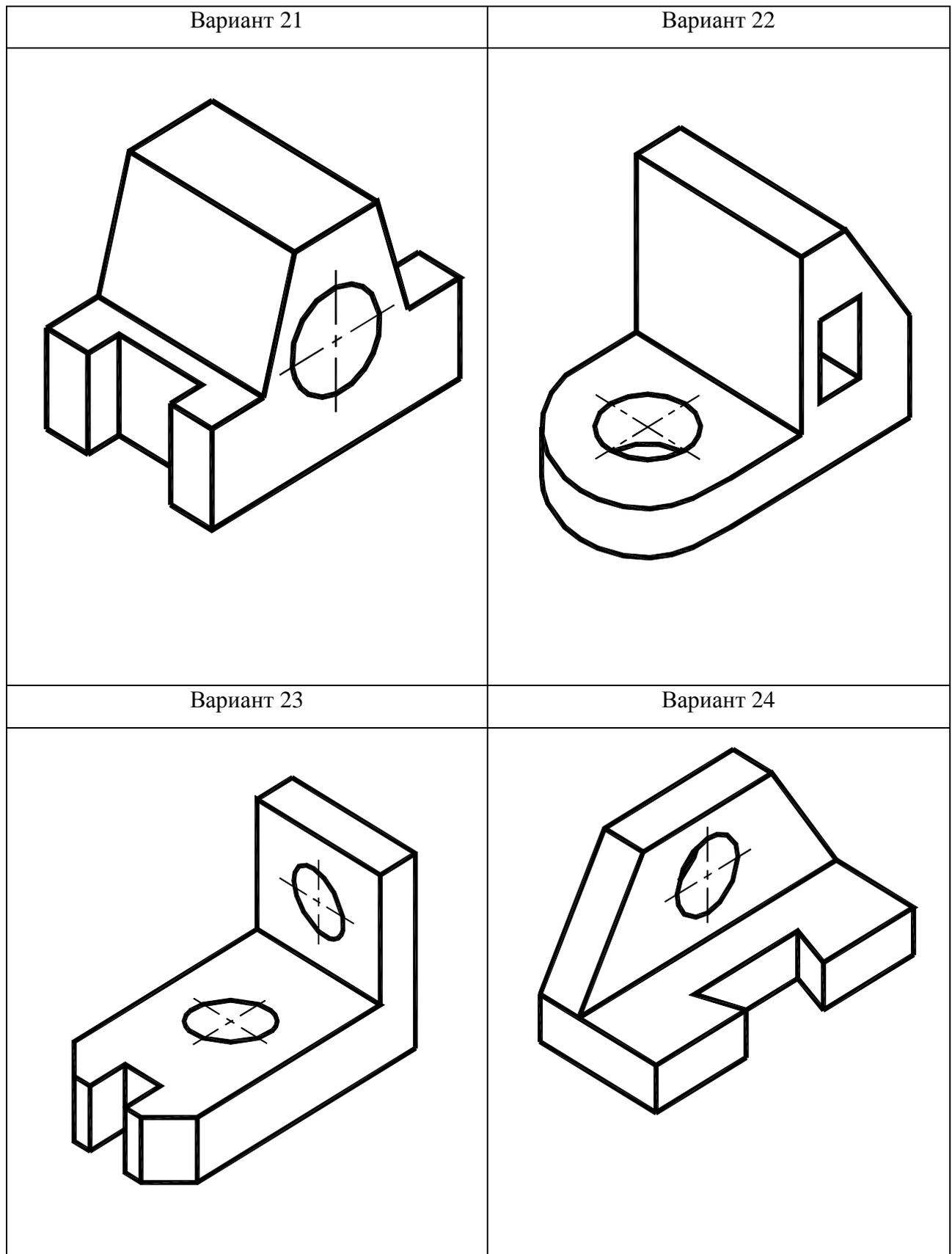


Рисунок 23 – Варианты 21 – 24 графической работы «Виды»

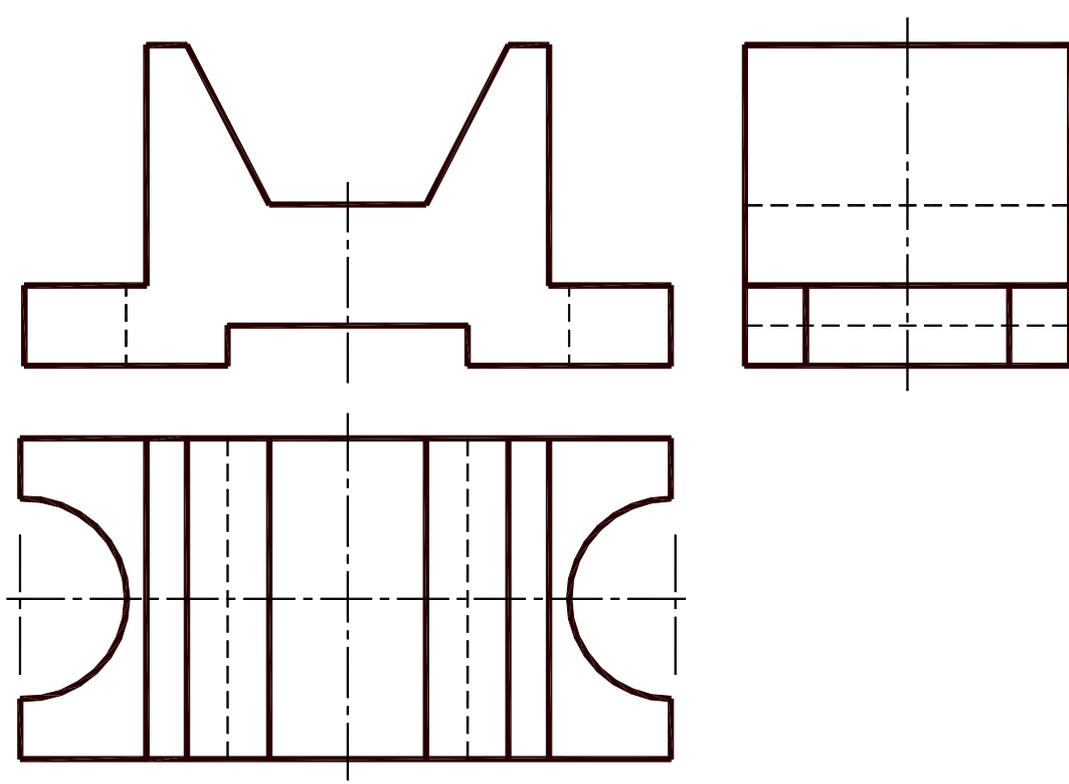
ИГАСУ. ОТФ - 09										
										
ИГАСУ. ОТФ - 09										
					Виды					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>Лит</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>		
<i>Разраб.</i>	<i>Гавлов ЮС</i>	<i>Юматова ЭГ.</i>	<i>17.10.09</i>			у				
<i>Пров.</i>										
<i>Т.контр.</i>						<i>Лист</i>	<i>Листов</i>			
<i>И.контр.</i>					Кафедра СИ Гр. 0914					
<i>Утв.</i>										

Рисунок 24 – Пример выполнения и оформления графической работы «Виды»

4 Аксонометрические проекции

Все рабочие чертежи, по которым изготавливаются разного рода детали, сборочные единицы, а также чертежи деталей и сооружений, обычно составляются по методу ортогональных (прямоугольных) проекций.

При этом каждая проекция ортогонального чертежа передает вид на одну из сторон вычерченного предмета, например, одна из проекций дает понятие о виде предмета спереди, другая о виде слева, и третья о виде сверху.

Аксонометрические проекции, в отличие от ортогональных, отличаются большей наглядностью в передаче форм предмета.

Однако наряду с большим преимуществом аксонометрического изображения в отношении его наглядности, этому изображению присущи некоторые весьма существенные недостатки.

Основной из этих недостатков заключается в искажении форм детали, начерченной в аксонометрии.

Вторым существенным недостатком аксонометрических проекций является значительная трудность их вычерчивания, в особенности для деталей сложной формы.

Аксонометрия – греческое слово, составленное из двух слов: *аксон* – ось и *метрео* – измеряю, что означает измерение по осям.

Аксонометрия детали – наглядное однокартинное изображение, обладающее свойствами измеримости, наглядности и обратимости.

Наглядность изображения достигается выбором плоскости аксонометрических проекций и направлением проецирования на нее. Направление проецирования не должно совпадать ни с одной из координатных осей.

Измеримость и обратимость изображения обеспечивается проецированием детали вместе с жестко связанной с ней системой координатных осей, на которых откладываются натуральные масштабные отрезки (натуральные масштабы).

При проецировании натуральных масштабов по осям на плоскость аксонометрических проекций получают аксонометрические масштабы по соответствующим осям.

Отношения величин аксонометрических масштабов к натуральным называются *показателями искажения* по осям:

$$\text{по оси } x: \quad u = ex'/ex,$$

$$\text{по оси } y: \quad v = ey'/ey,$$

$$\text{по оси } z: \quad w = ez'/ez,$$

где: x', y', z' – аксонометрические оси;
 ex, ey, ez – натуральные масштабные отрезки;
 ex', ey', ez' – аксонометрические масштабы.

4.1 Классификация аксонометрических проекций

В зависимости от соотношения показателей искажения различают следующие виды аксонометрических проекций:

1. Изометрия – все три показателя искажения равны между собой:

$$u = v = w.$$

2. Диметрия – два показателя искажения одинаковы:

$$u = w \neq v$$

3. Триметрия – все три показателя искажения различны:

$$u \neq w \neq v$$

В зависимости от направления проецирования аксонометрические проекции разделяются на прямоугольные и косоугольные.

ГОСТ 2.317–2013 (СТ СЭВ 1979–79) рекомендует применять следующие 5 видов аксонометрических проекций:

а) *Прямоугольная изометрическая* – все три действительных коэффициента искажения по аксонометрическим осям одинаковы и равны 0,82. Углы между аксонометрическими осями в этом виде проекций равны 120° . Их строят тремя способами: с помощью циркуля, с помощью угольника и линейки и с помощью отношения 5:3 катетов прямоугольного треугольника.

На практике пользуются *приведенными показателями*: т.е. принимают $U=V=W=1$. Построение приведенной изометрии значительно проще, нежели построение точной, так как аксонометрические координаты равны соответствующим натуральным. При использовании приведенных показателей искажения изображения получаются увеличенными в $\frac{1}{0,82} = 1,22$ раза.

б) *Прямоугольная диметрическая* – коэффициенты искажения по осям x и z равны 1, а по оси y – 0,5. Угол между осями x и z равен $97^\circ 10'$, а ось y направлена по биссектрисе угла xOz и составляет угол $41^\circ 25'$ с прямой, перпендикулярной оси z . В этом случае действительные коэффициенты искажения по осям x и z равны 0,94 и по оси y – 0,47.

Приведенные показатели искажения равны: $U=V=1$ и $V=0,5$. Изображения в этом случае увеличиваются в $\frac{1}{0,94} = 1,06$. Это увеличение не уменьшает наглядности изображения.

Аксонометрические оси можно построить, используя отношения 1:8 и 7:8 катетов прямоугольных треугольников, или при помощи циркуля, проведя дуги с отношением радиусов 2:3.

в) *Косоугольная фронтальная изометрическая* – аксонометрические оси x и z составляют угол 90° , а ось y образует угол $\alpha = 45^\circ$ с прямой, перпендикулярной оси z . Допускается применять угол α , равный 30 или 60° . Действительные коэффициенты искажения по всем трем осям равны 1. Плоские фигуры, расположенные во фронтальных плоскостях, изображают без искажения.

г) *Косоугольная горизонтальная изометрическая* – аксонометрические оси x и y составляют угол 90° , а ось z образует угол $\alpha = 30^\circ$ с прямой, перпендикулярной оси z . Допускается применять угол α , равный 45 или 60° . Действительные коэффициенты искажения по всем трем осям равны 1. Плоские фигуры, в том числе окружности, расположенные в горизонтальных плоскостях, изображают без искажения.

д) *Косоугольная фронтальная диметрическая* – аксонометрические оси располагают так же, как и во фронтальной изометрической, но с коэффициентом искажения, равным 0,5 по оси y . Плоские фигуры, в том числе окружности, расположенные во фронтальных плоскостях, изображают без искажения. Плоские фигуры, расположенные в горизонтальных и профильных плоскостях, изображают с сокращением размеров вдвое по оси y .

Прямоугольные проекции – изометрическую и диметрическую – чаще косоугольных применяют в качестве наглядных изображений в курсе инженерной графики.

Углы между аксонометрическими осями показаны на рисунке 25 в соответствии с ГОСТ 2.317–68.

На чертеже аксонометрические оси наносят штрих–пунктирной линией в соответствии с ГОСТ 2.303–68. Треугольники осей всегда изображают рядом с соответствующей аксонометрической проекцией.

4.2 Аксонометрические проекции окружности

В общем случае окружность проецируется на аксонометрическую плоскость проекций в виде эллипса, большая ось которого в точной аксонометрии равна диаметру окружности d , а малая $-d \cos \alpha$, где α – угол наклона плоскости окружности к аксонометрической плоскости проекций.

Если окружность лежит в координатной плоскости или параллельна ей, то на аксонометрическом чертеже большая ось эллипса, изображающего окружность располагается перпендикулярно той аксонометрической оси, которая отсутствует в наименовании плоскости окружности.

Например, если окружность расположена в плоскости $\Pi_1(xOy)$, в аксонометрии большая ось эллипса перпендикулярна оси z . Расположение главных осей эллипсов (большой и малой), получаемых как проекции окружностей, лежащих в плоскостях Π_1 , Π_2 и Π_3 , для прямоугольных изометрии и диметрии приведены на рисунке 25.

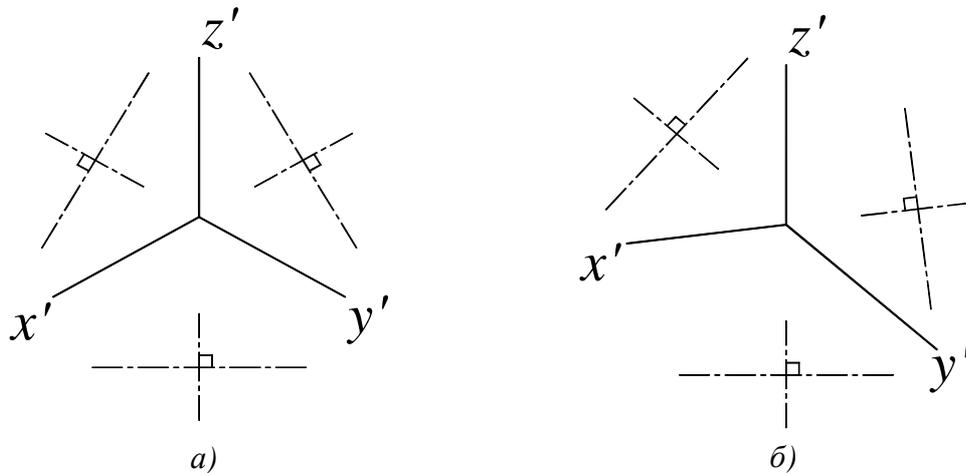


Рисунок 25 – Схема расположения осей эллипсов: а) прямоугольная изометрия; б) прямоугольная диметрия

Размеры осей эллипса в прямоугольных для приведенных изометрии и диметрии приведены в таблице 5, где d – диаметр окружности.

Таблица 5 – Размеры осей эллипса

Изометрия		Диметрия			
во всех плоскостях		в плоскостях Π_1 и Π_3		в плоскости Π_2	
БОЭ	МОЭ	БОЭ	МОЭ	БОЭ	МОЭ
1.22d	0.70d	1.06d	0.35d	1.06d	0.94d

Построение эллипса как аксонометрической проекции окружности начинается с определения положения центра и направления большой и малой осей эллипса. Размеры большой и малой осей рассчитывают или определяют графически и откладывают на чертеже: $A'B'$ – большая ось, $C'D'$ – малая. Затем через центр эллипса проводят вспомогательные прямые в направлении аксонометрических осей. В изометрии в направлении осей откладывается натуральный диаметр окружности 1–2 и 3–4. Полученные восемь точек соединяют плавной лекальной кривой. Построение изометрического эллипса по 8 точкам показано на рисунке 26.

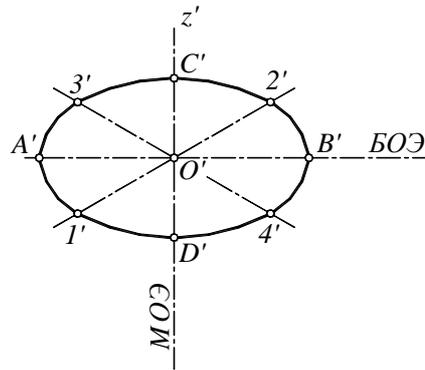


Рисунок 26 – Построение изометрического эллипса по восьми точкам

При построении диметрических эллипсов учитывается коэффициент искажения 0.5 в направлении оси y . Построение диметрических эллипсов по 8 точкам показано на рисунке 27.

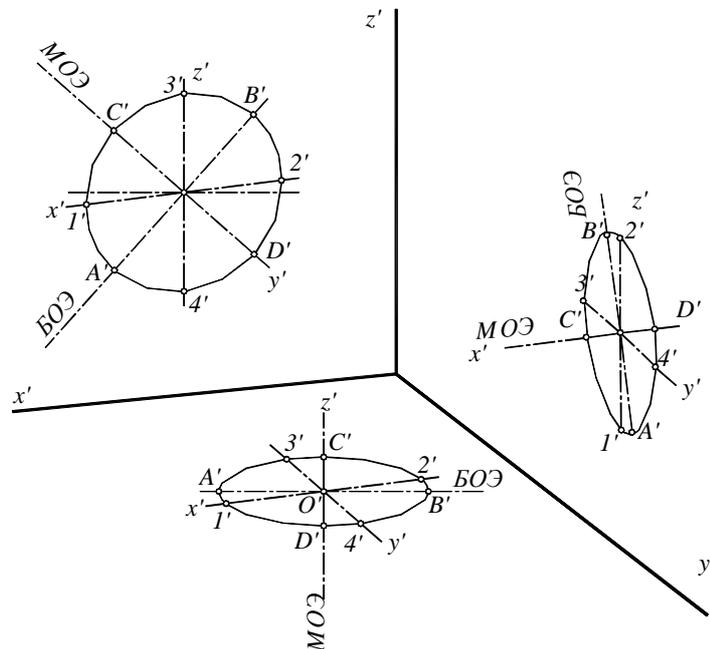
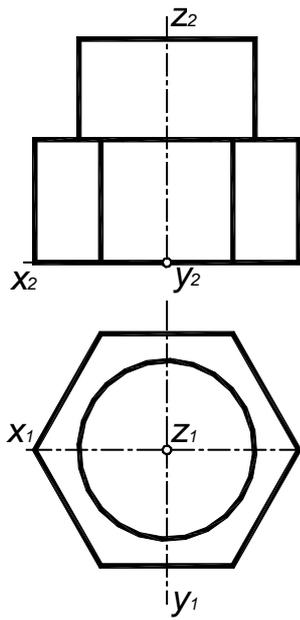


Рисунок 27 – Построение диметрических эллипсов по восьми точкам

$B.O.Э. = 1.06d$ — большая ось эллипса;
 $M.O.Э. = 0.35d$ — малая ось эллипса;
 $1' - 2' = d$ — размер по оси x ;
 $3' - 4' = 0.5d$ — размер по оси y .

$B.O.Э. = 1.06d$ — большая ось эллипса;
 $M.O.Э. = 0.94d$ — малая ось эллипса;
 $1' - 2' = d$ — размер по оси x ;
 $3' - 4' = d$ — размер по оси z .

Графическая работа «Аксонетрические проекции» выполняется на формате А4. Для выполнения задания необходимо изучить ГОСТ 2.317–2011. В вариантах заданий даны изображения деталей с привязкой к координатным осям. После подготовки чертежного листа к работе (выполнить внутреннюю рамку и основную надпись), следует перечертить вариант задания, расположив его в правом верхнем углу для корректного построения аксонетрической проекции. Для промежуточного контроля, задание выполняется в тонких линиях с сохранением всех линий построения. Пример выполнения и оформления графической работы «Аксонетрические проекции» приведен на рисунке 34. Варианты задания на рисунках 28 – 33.



Задание на построение аксонометрической проекции детали.

Построить приведённую прямоугольную изометрию детали. Сохранить линии построения.

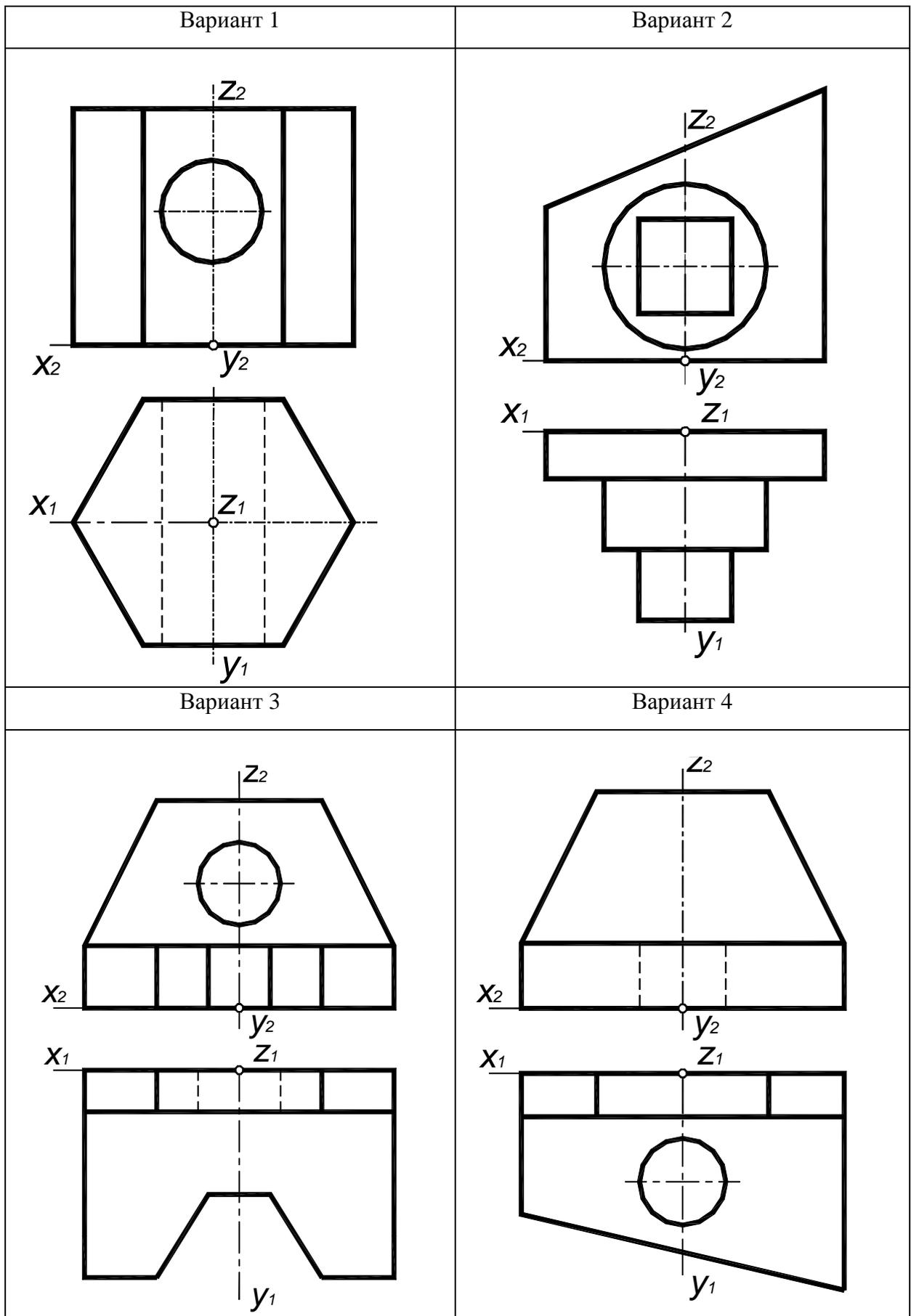


Рисунок 28 – Варианты 1– 4 графической работы «АксонOMETрические проекции»

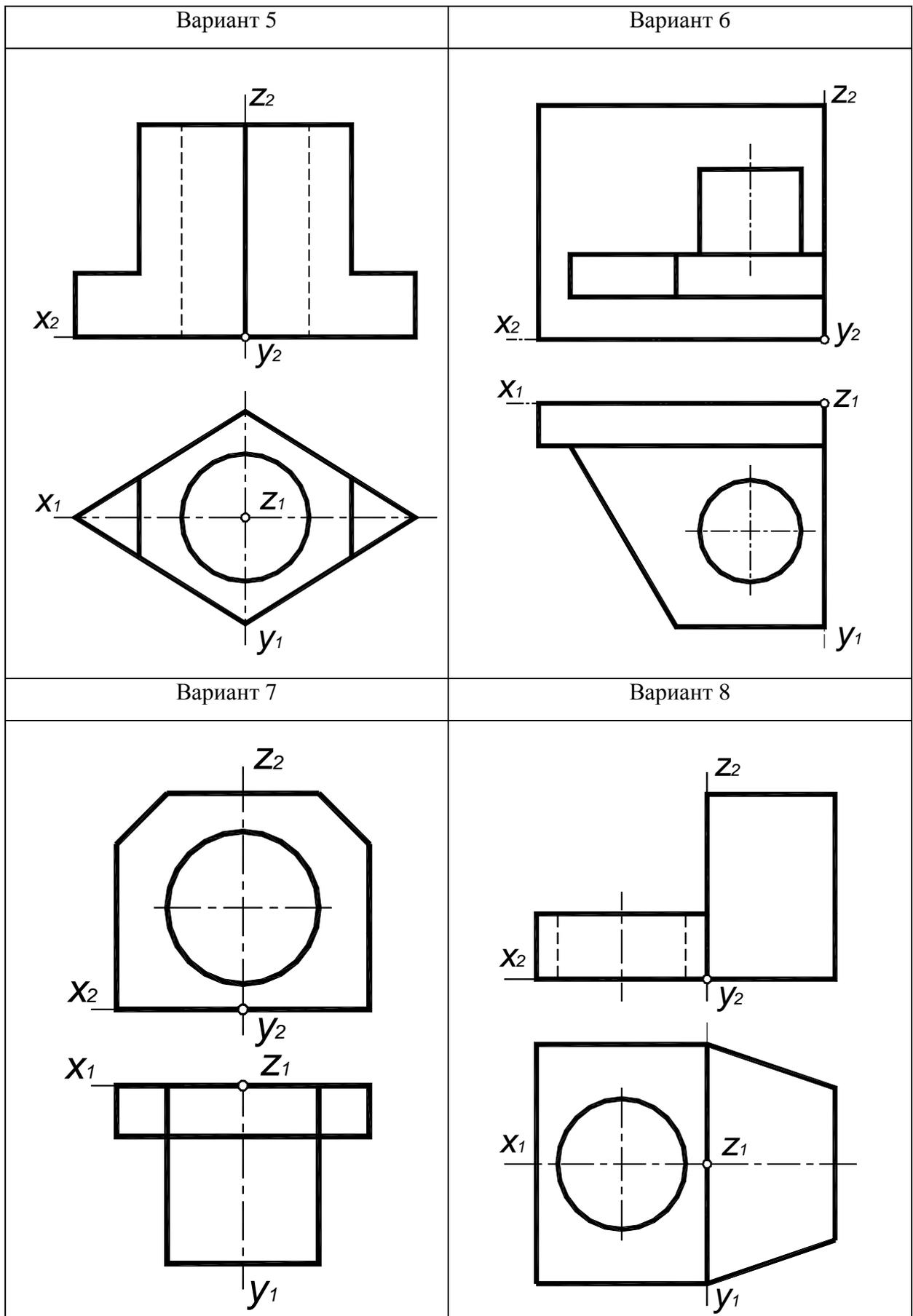


Рисунок 29 – Варианты 5–8 графической работы «Аксонметрические проекции»

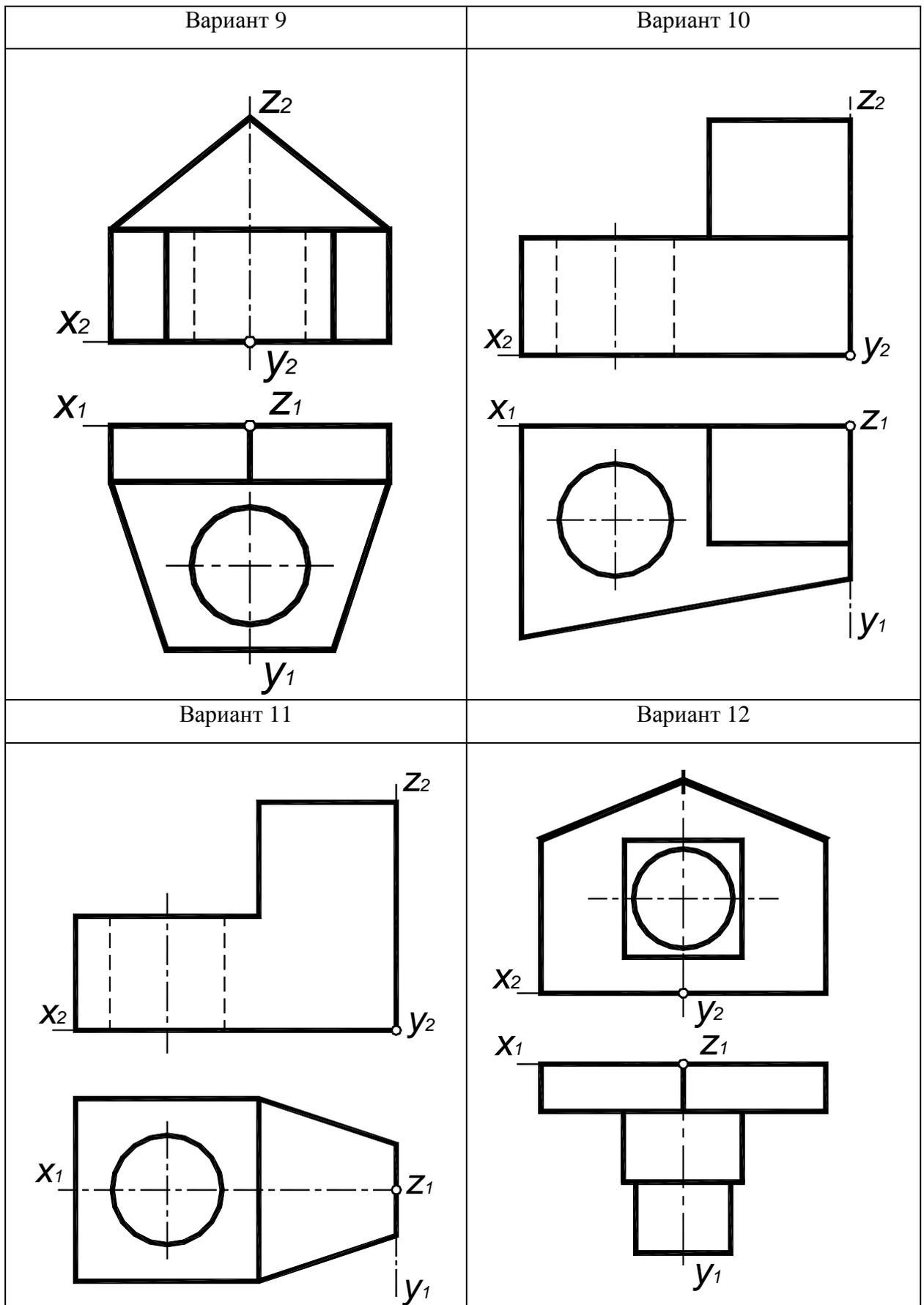


Рисунок 30 – Варианты 9–12 графической работы «Аксонметрические проекции»

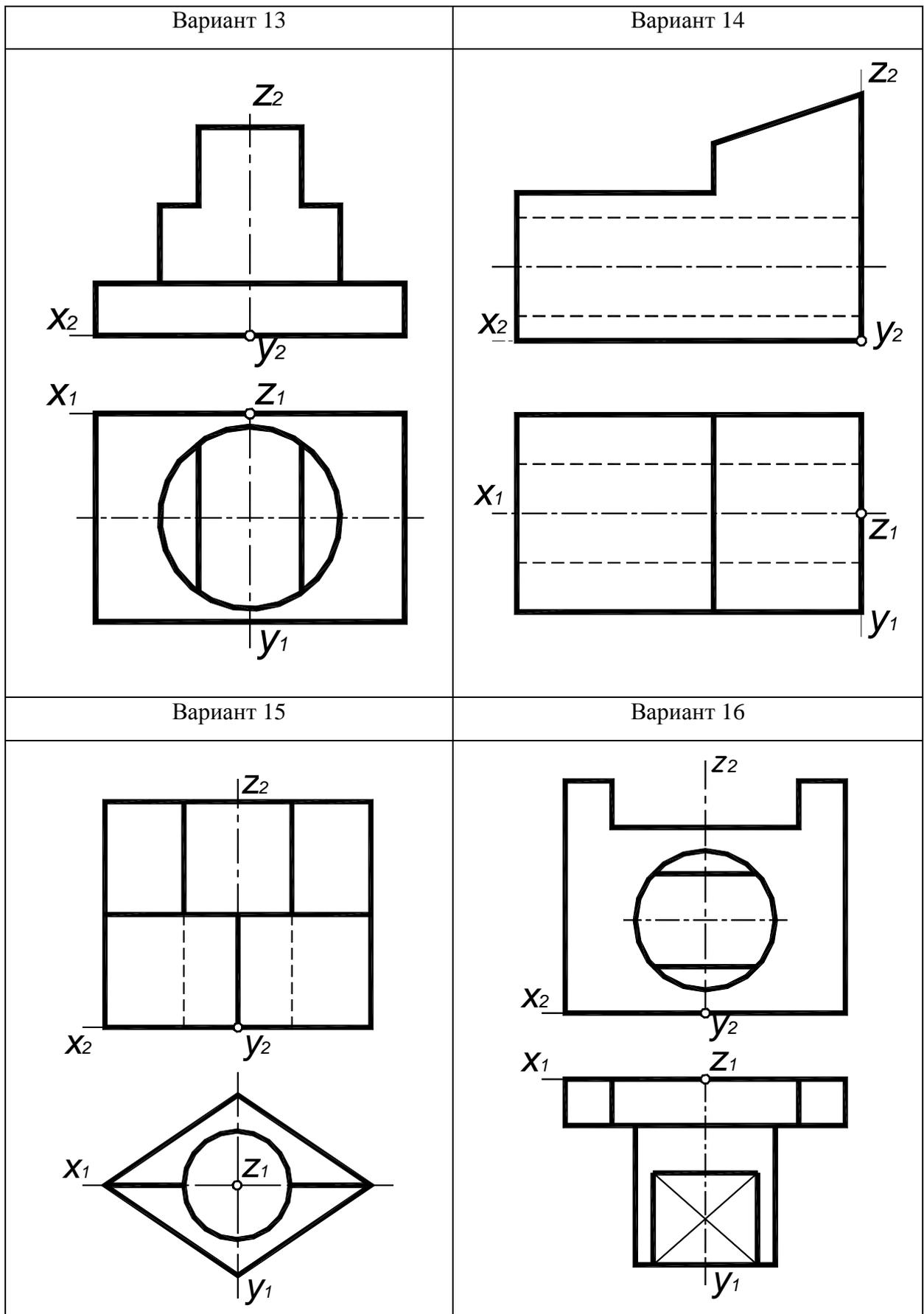


Рисунок 31 – Варианты 13–16 графической работы «Аксонметрические проекции»

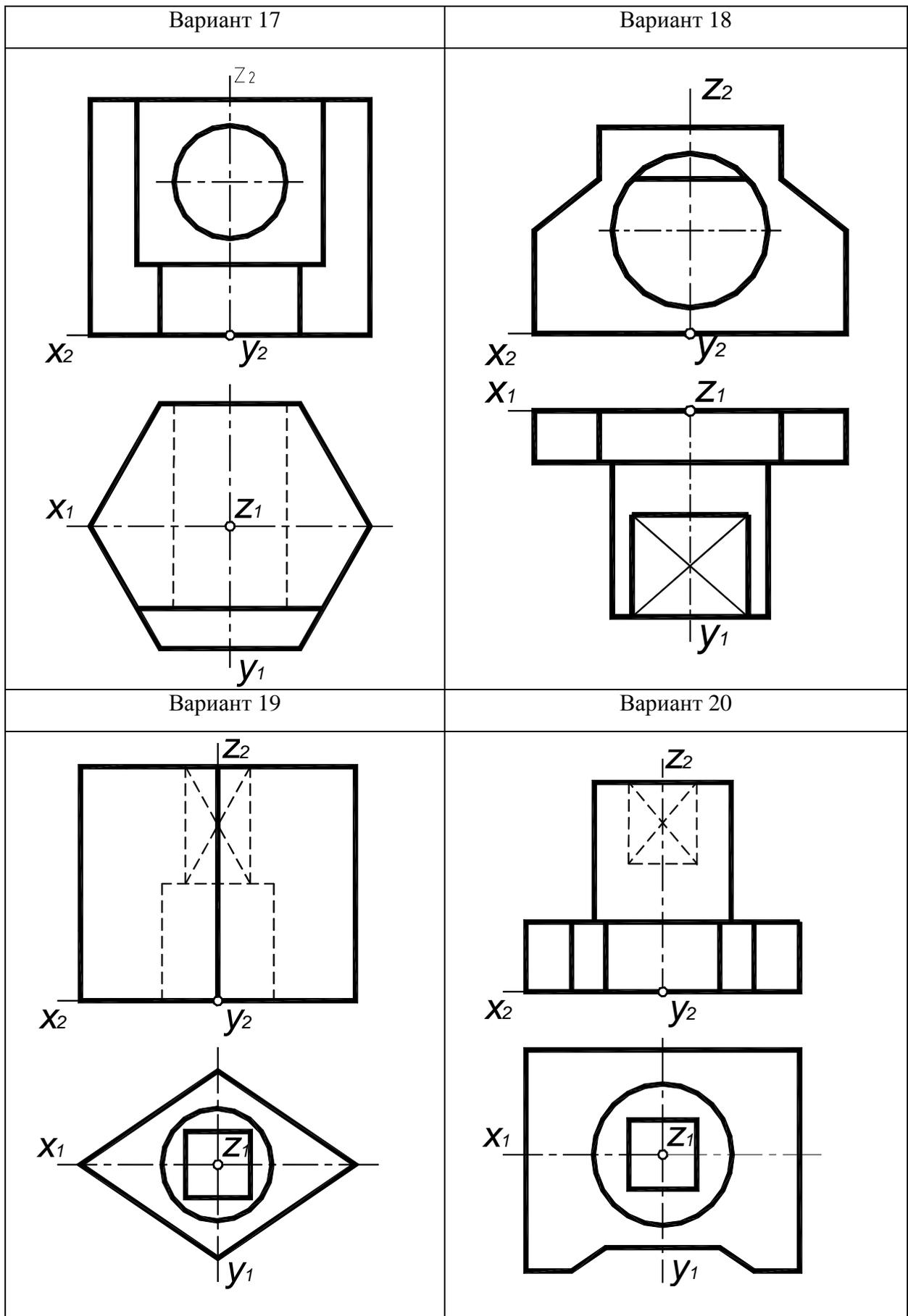


Рисунок 32 – Варианты 17–20 графической работы «Аксонметрические проекции»

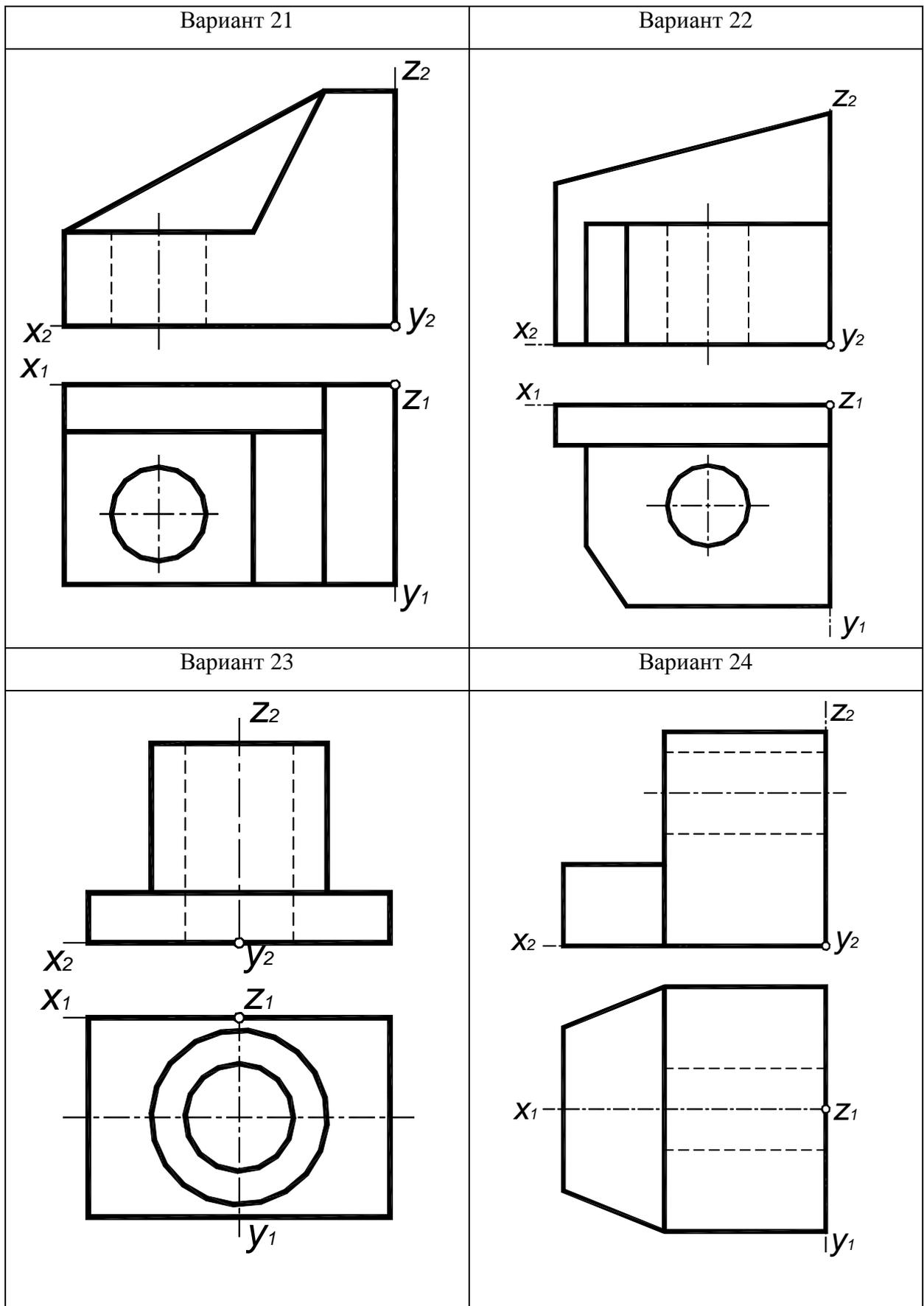
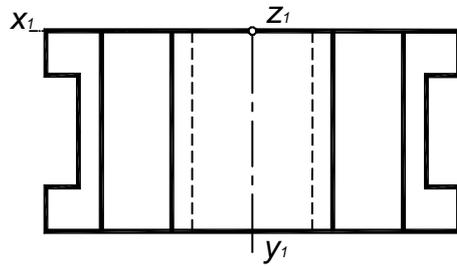
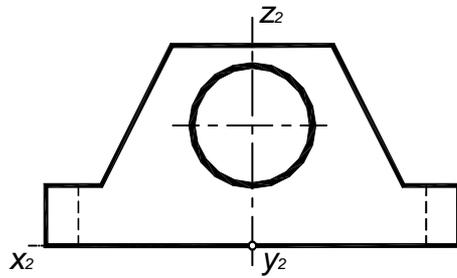
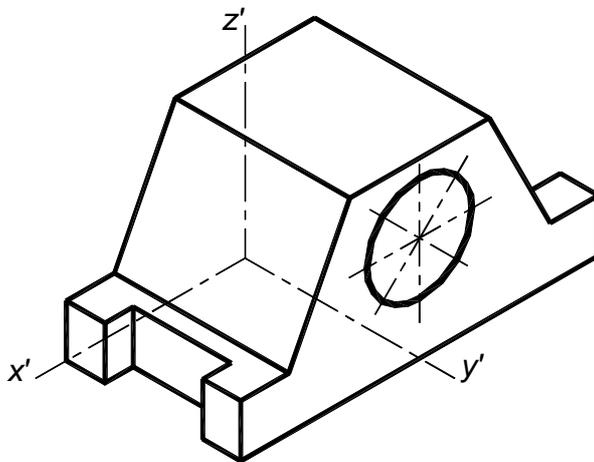
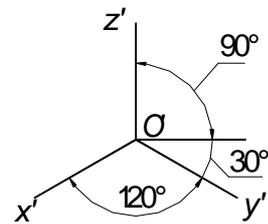


Рисунок 33 – Варианты 21–24 графической работы «Аксонметрические проекции»

ИГАСУ. ОТФ - 08



Прямоугольная изометрия



					ИГАСУ. ОТФ - 08		
					АксонOMETРИЧЕСКИЙ чертёж		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>			
Разраб.		Иванов Т.А.		17.10.07	у		
Проз.		Юматова Э.Г.			<i>Лист</i>		<i>Листов</i>
Т.контр.					Кафедра СИ Гр. 0814		
И.контр.							
Утв.							

Рисунок 34 – Пример выполнения графической работы «АксонOMETРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ»

Вопросы для самопроверки

1. Какие размеры сторон листа формата *A3* установлены ГОСТ 2.301-68?
2. Что определяет формат листа чертежа и какие форматы листов установлены для чертежей?
3. Что называется масштабом чертежа?
4. Какие линии чертежа применяют для осевых, центровых и линий обрыва и какова их толщина относительно основной сплошной линии?
5. Каким образом определяют точки касания прямой линии к окружности?
6. Каким образом определяют точки сопряжения двух окружностей?
7. Чему соответствует размер шрифта?
8. Какие типы шрифта предусматривает ГОСТ 2.304-81?
9. Что такое вид в соответствии с ГОСТ 2.305-2008?
10. Какие виды называются основными и какое изображение на чертеже выбирается в качестве главного?
11. В каких случаях применяют местные виды?
12. Какие дополнительные виды применяют для изображения и как их указывают на чертеже?
13. В чем заключается способ аксонометрического проецирования?
14. Что называют коэффициентом искажения?
15. В каких случаях аксонометрическую проекцию называют изометрической?
16. В каких случаях аксонометрическую проекцию называют диметрической?
17. Как строят оси в прямоугольной изометрической проекции?
18. Как строят оси в прямоугольной диметрической проекции?
19. Как определяют направление и величину малой и большой оси эллипса, являющегося изометрической или диметрической проекцией окружности, расположенной в основных плоскостях проекций?
20. Какой аксонометрический чертеж называют приведенным?

Список использованных источников

1. **Государственные стандарты ЕСКД.** Общие правила выполнения чертежей. – М.: Издательство стандартов, 2011.
2. **Боголюбов, С.К.,** Техническое черчение /С.К. Боголюбов, А.В. Воинов. – М.: Машиностроение, 1981.-317 с.
3. **Боголюбов, С.К.,** Задания по курсу черчения /С.К. Боголюбов. – М.: Высшая школа, 1983.-278 с.
4. **Короев, Ю.И.,** Черчение для строителей / Ю.И. Короев. – М.: Высшая школа, 1983. – 278 с.
5. **Розов, С.В.,** Курс черчения с картами программированного контроля / С.В. Розов. – М.: Машиностроение, 1990. – 432 с.
6. **Мерзон, Э.Д.,** Задачник по машиностроительному черчению / Э.Д. Мерзон, И.Э.Мерзон. – М.: Высшая школа, 1990. – 288 с.
7. **Михайлов, Н.Г.,** Курс черчения с элементами художественного конструирования / Н.Г. Михайлов. – Архангельск: Издательство Поморского педуниверситета, 1994. – 120 с.
8. **Скобелева, И.Ю.,** Начертательная геометрия: учебное пособие / И.Ю. Скобелева, И.А. Ширшова, М.Л. Мухина. – НГТУ. Нижний Новгород, 2006. -150 с.
9. **Ройтман, И.А.,** Методика преподавания черчения / И.А. Ройтман. – М.: Гуманит.изд.центр ВЛАДОС, 2000. – 240 с.
10. **Чекмарев, А.А.,** Начертательная геометрия и черчение / А.А. Чекмарев. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2002. – 472 с.
11. **Чекмарев, А.А.,** Инженерная графика: справочные материалы / А.А. Чекмарев., В.К.Осипов. – М.: Гуманит. изд. Центр ВЛАДОС, 2004. – 416 с.
12. **Ширшова, И.А.,** Начертательная геометрия: комплекс учебно-методических материалов / И.А. Ширшова., И.Ю.Скобелева, Л.В. Гареева. – Нижегород. гос. техн. унив. Н.Новгород, 2006. – 111 с.