
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

Л.Г. Поляков, Н.А. Федин

**РУКОВОДСТВО
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ
(Начертательная геометрия. Инженерная графика)**

Рекомендовано Редсоветом университета в качестве учебного пособия
для студентов экстерната, обучающихся по направлению 23.03.03
«Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»,
заочного факультета

Пенза 2014

УДК 744.4:69:725.4 (075.8)

ББК 30.11+38.72я73

П54

Рецензенты: кандидат технических наук, доцент
И.И. Привалов (ПГТУ);
кандидат технических наук, доцент
О.Л. Викторова (ПГУАС)

Поляков Л.Г.

П54 Руководство по выполнению контрольной работы (Начертательная геометрия. Инженерная графика): учеб. пособие / Л.Г. Поляков, Н.А. Федин. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 128 с.

Изложены основные требования к выполнению эшюров и чертежей. Даны основные теоретические сведения по решению позиционных задач начертательной геометрии и проекционного черчения применительно к заданиям контрольных работ. Приведены примеры решения задач. Отражены специфика и последовательность оформления эшюров и рабочих чертежей в соответствии со стандартами. Приведены варианты индивидуальных заданий для практической работы студентов.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Начертательная геометрия и графика» и предназначено для использования студентами экстерната, обучающимися по направлению 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», заочного факультета. Кроме того, учебное пособие может быть использовано студентами всех строительных специальностей очной и заочной форм обучения.

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2014

© Поляков Л.Г., Федин Н.А., 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из условий успешного овладения техническими знаниями является графическая грамотность, т.е. умение читать и выполнять чертежи. Следовательно, студенты должны знать теоретические положения построения чертежей и правила их оформления. Теоретические положения изображений объемных объектов на плоскости устанавливаются начертательной геометрией, а порядок и правила оформления чертежей определяются требованиями стандартов.

Данное учебное пособие соответствует программе по инженерной графике для строительных специальностей вузов, требованиям ГОСТ и стандартам университета.

Пособие состоит из введения, пяти разделов, заключения, приложений и библиографического списка.

В первом разделе приводятся общие требования стандартов по оформлению чертежей (форматы листов чертежей, основная надпись, линии чертежа, шрифты).

Второй раздел посвящен решению задач по определению точки встречи прямой с плоскостью и их видимости относительно друг друга.

В третьем разделе даны способы построения линии сечения прямого кругового конуса проецирующей плоскостью и определения натуральной величины сечения.

В четвертом разделе рассматривается теория определения линии пересечения двух тел и видимости этих тел относительно друг друга. Кроме того, в этом разделе приведены методики построения разверток.

В пятом разделе предлагаются методика и последовательность выполнения чертежа технической детали (построение третьего вида по двум известным видам, нанесение необходимых разрезов, простановка размеров, вычерчивание аксонометрического изображения технической детали).

Второй, третий и четвертый разделы относятся к начертательной геометрии (теории изображения объемных объектов на плоскости), а пятый раздел – к инженерной графике (проекционному черчению). Кроме того, в этих разделах приведены примеры решения задач.

В приложениях приведены варианты исходных данных для контрольной работы, образцы ее выполнения и оформления.

Номера вариантов заданий студентам выдаются ведущим преподавателем или определяются порядковым номером студента в списочном составе учебной группы (номером зачетной книжки).

Отчетным документом по контрольной работе является ее графическая часть, состоящая из:

- титульного листа (прил. 1);
- листа с решением задачи по определению точки встречи прямой с плоскостью (прил. 2, рис. I);
- листа с построением сечения прямого кругового конуса проецирующей плоскостью (прил. 3, рис. II);
- одного или двух листов по определению линии пересечения тел и построению развертки одного из них (прил. 4, рис. I и II);
- листа с чертежом технической детали (прил. 5, рис. I).

Титульный лист оформляется на листе формата А4, а остальные – на листах формата А3. Допускается оформление задачи №3 представлять на двух листах форматов А4 (А3) и А3 или на одном листе формата А2.

1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖА

1.1. Основные требования стандартов по оформлению чертежа

Каждый чертёж должен быть выполнен достаточно крупно, чтобы все подробности изображённого предмета были на нём отчётливо представлены.

Чертежи выполняются на листах определенного формата. ГОСТ 2.301–68 ЕСКД устанавливает форматы листов чертежей и других документов, предусмотренных стандартами на конструкторскую документацию всех отраслей промышленности и строительства.

Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией) оригиналов, подлинников, дубликатов, копий.

На рис. 1 показаны размеры сторон формата А3.

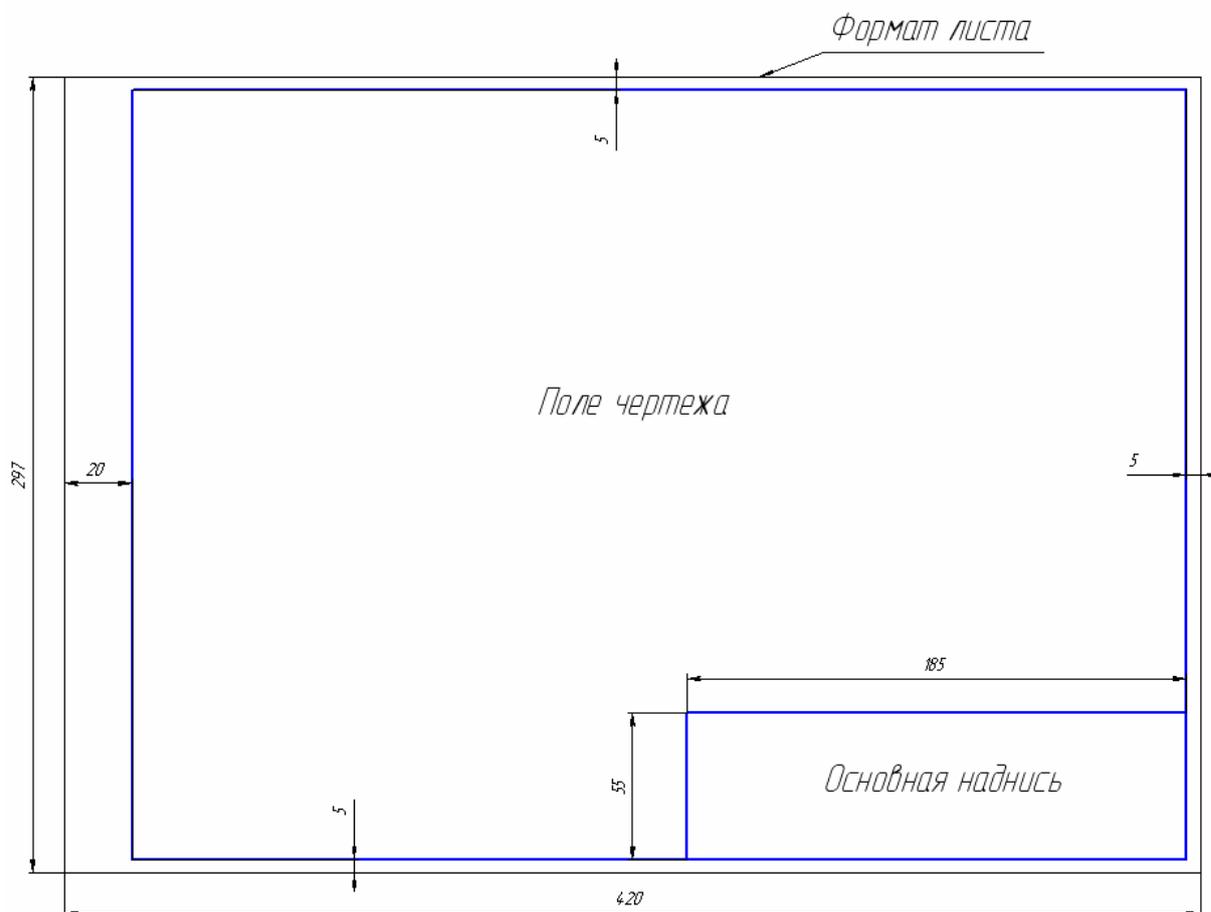


Рис. 1. Пример размеров сторон формата А3

Если используются другие форматы чертежей, то обозначения и размеры сторон этих форматов должны соответствовать данным, приведенным в табл.1.

Форматы чертежей могут располагаться горизонтально (альбомное) или вертикально (книжное). Следует отметить, что формат А4 располагает-

ся только вертикально. На формате чертежа сплошной толстой линией наносят поле чертежа с отступами от левого края формата листа на 20 мм для подшивки, а со всех других сторон – по 5 мм (см. рис.1).

Т а б л и ц а 1

Размеры основных форматов

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

На поле чертежа в правом нижнем углу наносят основную надпись. ГОСТ 21.101–97 (СПДС) устанавливает единые формы, размеры и порядок заполнения основных надписей на чертежах и текстовых документах. Для студентов при выполнении контрольных работ, курсовых работ, курсовых и дипломных проектов принята форма основной надписи, приведенной на рис. 2. Кроме того, при выполнении контрольных работ допускается использовать форму основной надписи по ГОСТ 21.101–97ф3 (рис. 3).

Основные надписи и рамки выполняют сплошными основными и сплошными тонкими линиями по ГОСТ 2.303–68.

В графах основной надписи (номера граф на форме показаны в кружках) указывают:

в графе 1 – обозначение документа, шифр университета, номер специальности, номер зачетной книжки, год выполнения работы (шрифт размер 5);

в графе 2 – раздел изучаемой дисциплины (шрифт размер 5 или 7);

в графе 3 – наименование задания или его номер (шрифт размер 5 или 7);

в графе 4 – наименование изображения или номер варианта (шрифт размер 5);

в графе 5 – литеру «У» (учебные чертежи);

в графе 6 – порядковый номер листа (страницы текстового документа при двустороннем оформлении). На документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют;

в графе 7 – общее количество листов документа (комплекта чертежей, пояснительной записки и т.д.). На первом листе текстового документа при двустороннем оформлении указывают общее количество страниц;

в графе 8 – полное или сокращенное наименование учебного заведения, название кафедры, название группы, в которой учится студент (шрифт размер 5);

в графах 9, 10, 11, 12 – сверху вниз – «Разработал», «Проверил», «Нормоконтролер», «Утвердил» (шрифт размер 3,5);

в графах 13, 14, 15 – соответственно, фамилию, подпись, дату.

На рис. 3 показан пример заполнения основной надписи.

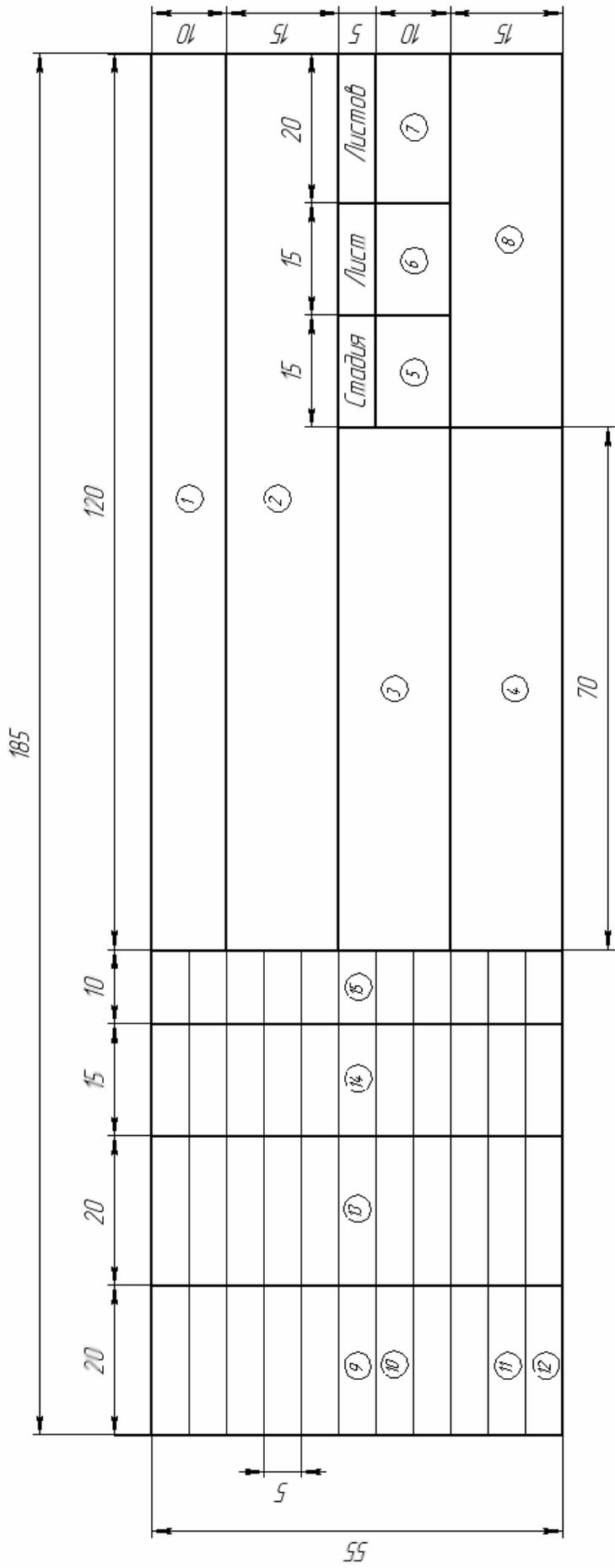


Рис. 2. Основная надпись, принятая в ПГУАС

Наименования изделий и изображений должны быть записаны в соответствии с принятой терминологией и быть, по возможности, краткими. Наименование изделия записывают в именительном падеже единственного числа. В наименовании изделия, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное.

В соответствии с количеством изображений, которое должно быть на чертеже, необходимо вначале рассчитать и расположить изображения предмета так, чтобы поле чертежа было заполнено не менее чем на 75 %, что достигается выбором соответствующего масштаба.

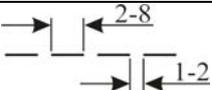
Согласно ГОСТ 2.302–68 стандарт устанавливает масштабы уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; и т.д.; масштабы увеличения 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1 и т.д. Рекомендуется отдавать предпочтение изображению деталей в натуральную величину (М 1:1). Нельзя пользоваться произвольным масштабом по своему желанию.

Всякий чертёж выполняется сначала тонкими, но чёткими карандашными линиями. Карандаши для этого должны быть сравнительно жёсткими, в зависимости от чертёжной бумаги (2Т, Т или 2Н, Н). Для того чтобы чертёж был выразительным и легко читался, необходимо выполнить его обводку. Выразительность чертежа зависит от его правильной обводки линиями различной толщины и начертания. ГОСТ 2.303–68* устанавливает начертание и основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

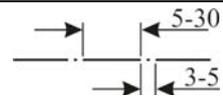
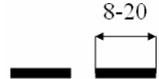
Наименование, начертание и толщины линий, применяемых для обводки чертежей контрольных работ, должны соответствовать данным, приведенным в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Рекомендуемые линии чертежа

Название линии	Основное назначение	Рекомендуемая толщина линии, мм	Начертание
1	2	3	4
Сплошная толстая основная	Линии видимого контура. Линии контура сечения, входящего в состав разреза. Линии рамки рабочего поля чертежа. Линии форм основных надписей и спецификаций	0,8...1,0	
Сплошная тонкая	Линии размерные и выносные. Линии штриховки. Линии-выноски. Полки линий-выносок. Подчеркивание различных надписей. Оси проекций, линии построения характерных точек при специальных построениях. Линии форм основных надписей и спецификаций	0,4...0,5	
Сплошная волнистая	Линии обрыва. Линии разграничения вида и разреза	0,4...0,5	
Штриховая	Линии невидимого контура	0,4...0,5	

Окончание табл. 2

1	2	3	4
Штрих-пунктирная тонкая	Линии осевые и центровые	0,4...0,5	
Разомкнутая	Линии сечений	1,0...1,6	

Карандаши для обводки выбираются марок: ТМ, М или НВ, В.

При выполнении обводки необходимо соблюдать последовательность:

а) осевые и центровые линии – проводят штрихи и одновременно ставят точки, похожие на штрих, длиной примерно 1 мм, т.е. нельзя проводить сначала только штрихи, а затем вставлять точки в промежутки;

б) окружности и дуги видимых контуров – начинают и заканчивают в точках сопряжений; при этом необходимо следить за тем, чтобы центр окружности находился на пересечении двух штрихов, а не в промежутке между ними;

в) горизонтальные линии видимого контура – вычерчивают, пользуясь рейсшиной (линейкой с угольником), начинают с верхней левой части листа;

г) вертикальные линии видимого контура – наносят, пользуясь прямоугольником с линейкой, начинают с верхней левой части листа;

д) наклонные и кривые линии видимого контура – проводят, пользуясь треугольником и лекалом;

е) линии невидимого контура (штриховые) выполняют в той же последовательности;

ж) штриховку следует наносить в разрезах и сечениях;

з) линии выносные и размерные (сначала горизонтальные, потом вертикальные и наклонные);

и) стрелки, ограничивающие размерные линии;

к) размерные числа и надписи.

Проводя при обводке толстую линию вдоль тонкой, необходимо следить за тем, чтобы обводимая линия приходилась возможно точнее по середине толстой. Надо быть особенно внимательным при обведении соприкасающихся прямых и окружностей, а также следить за тем, чтобы в точках соприкосновения прямых и окружностей не было утолщения линий.

При обводке прямой, касающейся данной окружности, сначала обводят окружность, а затем – прямую. Можно рекомендовать проводить касательную в два приёма, начиная от точки касания.

При обводке чертежа необходимо сразу проводить линию требуемой толщины.

На чертежах, кроме размерных чисел, наносят различные надписи как в графах основной надписи, так и на поле чертежа. Они должны отличаться аккуратностью и чёткостью графического исполнения. ГОСТ 2.304–81 устанавливает шрифты для надписей, наносимых от руки, на чертежах и в основной надписи. В качестве примера на рис. 4 приведено написание букв русского алфавита и цифр шрифтом типа Б с наклоном около 75° к основанию строки.

Шрифт тила Б (с наклоном 75°)

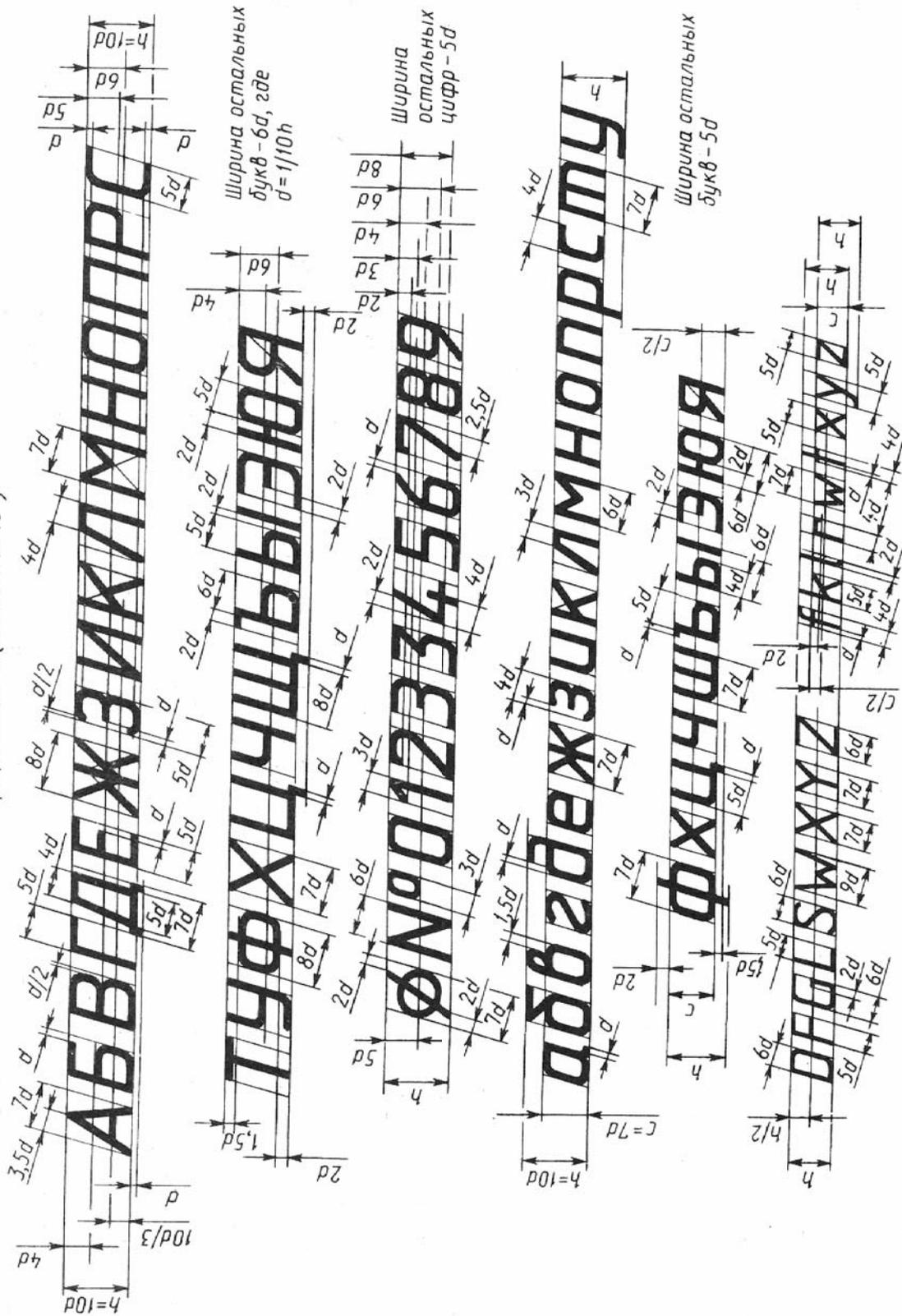


Рис. 4

Надписи, заголовки могут состоять только из прописных (заглавных) букв или из прописных и строчных букв. Размер шрифта определяется высотой h прописных букв (в мм). Установлены следующие размеры шрифта: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Размеры шрифта типа Б и другие данные для его написания приведены в табл. 3 и 4.

Т а б л и ц а 3

Относительные размеры букв и цифр

Определяемая величина	Размер шрифта в мм					
	2,5	3,5	5	7	10	14
а) Прописные буквы и цифры Высота прописных букв и цифр	2,5	3,5	5	7	10	14
Ширина прописных букв (кроме Д, Ж, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю) и цифр	1,8	2,5	3,5	5	6	10
Ширина прописных букв Д, Ж, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю	2,5	3,5	5	7	8	14
Ширина прописных букв М, Ъ	2,2	3	4,5	6	7	12
Ширина цифры 1	0,7	1,0	1,5	2	3	4
Толщина линий прописных букв и цифр	0,35	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0
б) Строчные буквы Высота строчных букв (кроме б, в, д, р, у, ф)	–	2,5	3,5	5	7	10
Высота строчных букв б, в, д, р, у, ф	–	3,5	5	7	10	14
Ширина строчных букв (кроме ж, м, т, ф, ш, щ, ь, ы, ю)	–	1,5	2,2	3	5	6
Ширина строчных букв ж, м, т, ф, ш, щ, ь, ы, ю	–	2,0	3,0	4	7	8
Толщина строчных букв	–	0,35	0,5	0,7	1,0	1,5

Т а б л и ц а 4

Расстояния между буквами, словами, цифрами и числами в надписях

Определяемая величина	Обозначение	Соотношение между высотой и отдельными размерами	Размер шрифта в мм					
			2,5	3,5	5	7	10	14
Расстояние между основаниями строк, не менее	A_2	$A_2 \approx 1\frac{1}{2}h$	4	5,5	7,5	11	14	21
Расстояние между буквами в словах и между цифрами в числах	A	$A \approx 2/7 h$	0,7	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
Расстояние между словами и числами, не менее	A_1	$A_1 \approx h$	2,5	3,5	5	7	10	14

При написании цифр и букв необходимо, чтобы для всего текста толщина линий обводки была одинаковой, прописная буква в слове со строчными буквами имела ту же толщину линий, что и у строчных букв. Если промежутки между смежными буквами, например Г и А, Г и Л, Р и Д, Т и Л и т.п., получаются увеличенными, то следует их уменьшить вдвое.

Прежде чем приступить к выполнению надписи, надо хорошо изучить конструкцию букв и цифр выбранного шрифта. Чертёжные шрифты характеризуются простотой написания букв, цифр и знаков. Все элементы букв представляют собой отрезки прямых и полуovalов. Конструкция букв и цифр представлена на рис. 4.

При выполнении надписи задаются размером шрифта и выполняют следующее:

- на отведённом месте проводят две параллельные линии на расстоянии, соответствующем высоте букв;
- от начала надписи размечают по масштабной линейке ширину всех букв, расстояния между ними и разрывы между словами;
- через полученные точки разбивки проводят параллельные прямые под углом 75° ;
- в полученные четырёхугольники вписывают буквы.

В дальнейшем, когда шрифт будет хорошо изучен, при исполнении мелких надписей можно не строить четырёхугольники для каждой буквы и цифры, а провести ряд произвольных штрихов под углом 75° к основанию строки; они помогут выдержать одинаковый наклон букв и цифр в надписи. Овладев в совершенстве шрифтом, можно ограничиться только проведением горизонтальных линий. Тонкие вспомогательные горизонтальные линии в домашних условиях можно проводить не карандашом, а обычной швейной иглой либо ножкой циркуля.

Хорошо изучив конструкции букв и цифр, при выполнении надписей ширину букв, цифр и промежутков между ними определяем на глаз, выдерживая соотношения, принятые для шрифта.

Вопросы для самоконтроля

1. Что является основанием для определения величины изготавливаемой по чертежу детали?
2. Какие форматы листов чертежей и их размеры устанавливает ГОСТ 2.301–68?
3. Как производится разметка форматов?
4. Как располагается основная надпись на этих форматах в зависимости от ориентации формата?
5. Порядок заполнения основной надписи.

6. Что называется масштабом и как он обозначается?
7. Какие масштабы устанавливает ГОСТ 2.302–68?
8. Какие линии устанавливает ГОСТ 2.303–68 и каково соотношение толщин этих линий?
9. Каково назначение линий чертежа?
10. Какова длина штрихов и промежутков между ними в штриховых и штрихпунктирных линиях?
11. Каковы толщины линий?
12. Что такое размер шрифта?
13. Какие размеры шрифтов устанавливает ГОСТ 2.304–81?
14. Какова последовательность выполнения чертежа?

2. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

2.1. Постановка задачи

Построить ортогональные проекции плоскости α , заданной треугольником ABC и прямой l , проходящей через точки D и E .

Найти точку пересечения N прямой l с плоскостью α . Определить видимость прямой l относительно плоскости α , ограниченной треугольником ABC .

Задача выполняется на листе формата А3, расположенного горизонтально.

Данные для решения задач по вариантам и пример оформления приведены соответственно в прил. 2, табл. I и рис. I.

2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. По координатам точек A , B , C , D и E построить проекции плоскости α , заданной треугольником ABC и отрезок $[DE]$ прямой l .

Для этого на поле чертежа (рис. 5) наносят ось пересечения плоскостей проекций OX (точка "O" – начало координат) и по заданным координатам определяют положение проекций точек A , B , C , D и E .

Следует помнить, что горизонтальная и фронтальная проекции точки лежат на одной прямой, перпендикулярной к оси OX . Эта линия называется вертикальной линией связи.

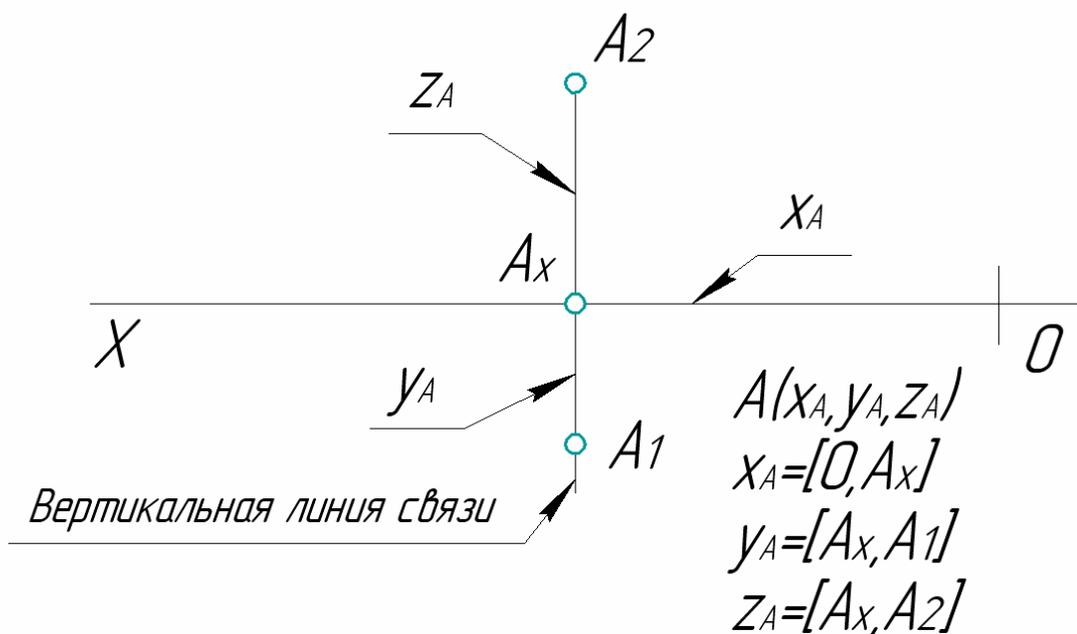


Рис. 5

Соединив соответствующие проекции точек A , B и C , получим проекции треугольника ABC на плоскостях проекций π_1 и π_2 . А соединив проекции точек D и E , получим проекции отрезка $[DE]$ прямой l (рис. 6).

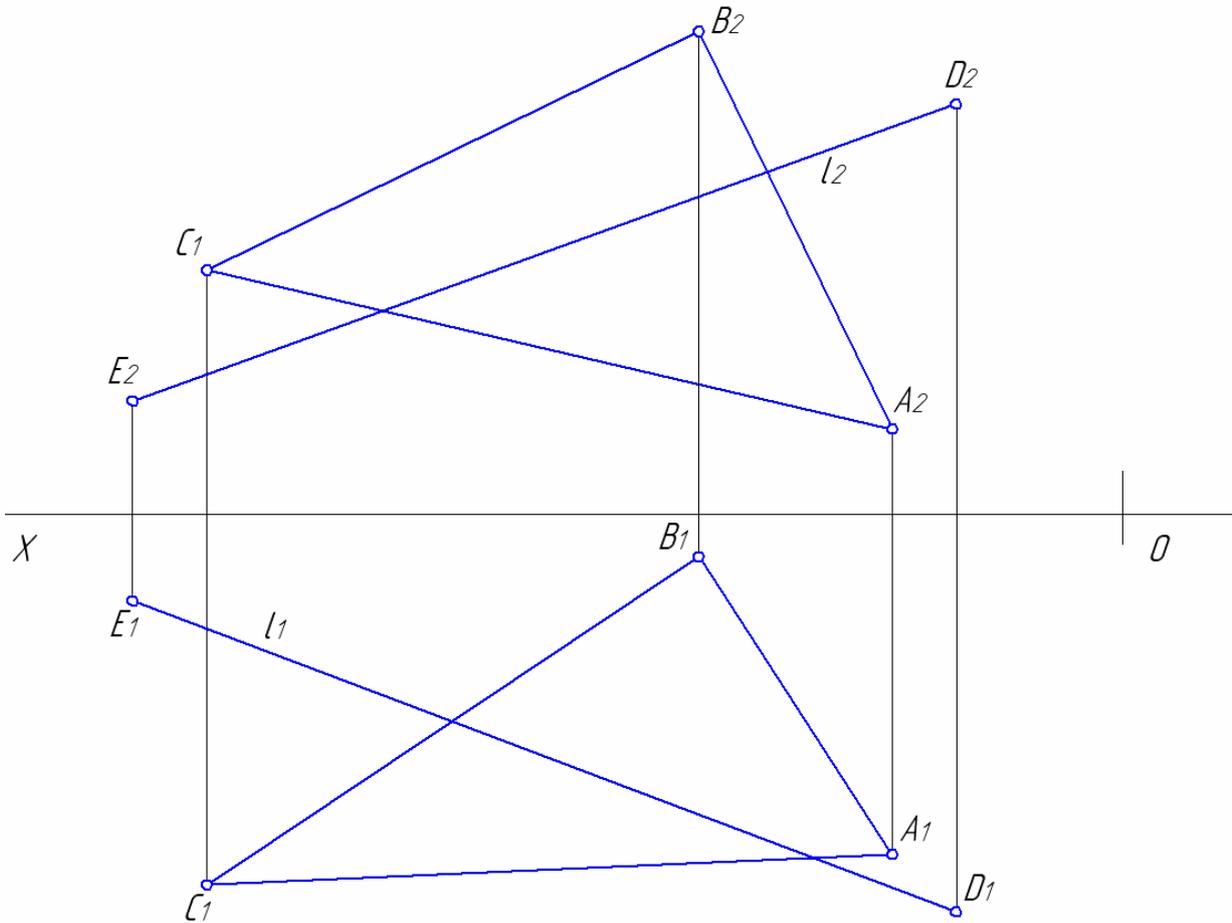


Рис. 6

2.2.2. Определить точку встречи N прямой l с плоскостью a .

Для этого прямую l заключают в горизонтально-проецирующую или фронтально-проецирующую плоскость β (на рис. 7 использована фронтально-проецирующая плоскость) и находят линию пересечения плоскостей a и β .

Вторая проекция линия пересечения плоскостей a и β совпадает с вырожденной проекцией плоскости β_2 , которая проходит через точки l_2 и 2_2 . Недостающую проекцию этой прямой строят по принадлежности прямой плоскости.

Точка пересечения горизонтальной проекции прямой l_1 и первой проекции линии пересечения плоскостей a и β является горизонтальной проекцией точки встречи N_1 прямой l с плоскостью a . Недостающую проекцию точки встречи N_2 определяют по принадлежности точки N прямой l .

Следует отметить, что точка встречи прямой l с плоскостью a обязательно должна лежать в пределах плоскости a , ограниченной треугольником ABC .

2.2.3. Определить видимость прямой l относительно плоскости a , ограниченной треугольником ABC .

Видимость определяется с помощью конкурирующих точек.

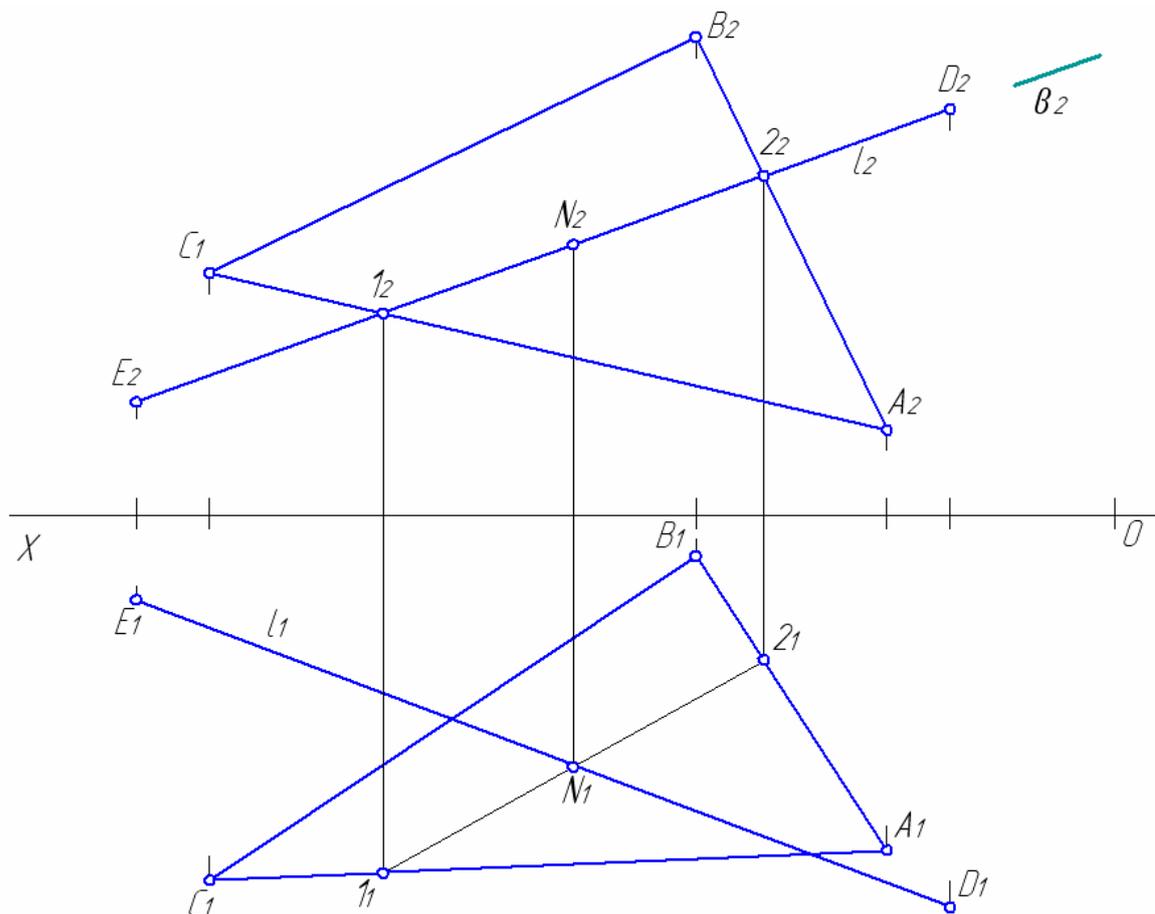


Рис. 7

Видимость проекций на плоскости проекций π_1 . Возьмем две скрещивающиеся прямые l и CB (рис. 8). Обозначим точку пересечения этих проекций точками 4_1 и 5_1 при условии, что точка 5 принадлежит прямой l , а точка 5 – стороне CB треугольника ABC . По принадлежности точки прямой находим проекции точек 4_2 и 5_2 . Располагаем направление взгляда в бесконечность от оси OX в плоскости проекций π_2 и смотрим (на рис. 8 направление взгляда показано символом « \downarrow »), какая проекция, какой точки встречается первой. Проекция точки 4_2 встречается первой. Это означает, что проекция точки 4_1 будет видна, а проекция точки 5_1 будет закрыта (не видна). Учитывая принадлежность точек 4 и 5, имеем, что отрезок $[5_1N_1]$ будет невиден, а отрезок от точки N_1 до стороны A_1C_1 треугольника $A_1B_1C_1$ будет виден.

Вопросы для самоконтроля

1. Как определить по координатам расположение точки на эпюре Монжа?
2. Какая проекция точки располагается на оси OX , если точка лежит в плоскости π_1 , и какая, если точка находится в плоскости π_2 ?
3. Как расположен отрезок прямой, если концевые его точки имеют:
равные координаты z ;
равные координаты y ;
равные координаты x ?
4. Какие точки называются конкурирующими?
5. Какие прямые проецируются в натуральную величину на плоскостях проекций π_1 , π_2 и π_3 ?
6. Как проецируются на плоскостях проекций π_1 , π_2 и π_3 фронтали, горизонтали и профильные прямые?
7. Как найти точку, делящую отрезок прямой в заданном отношении?
8. Как проецируется на плоскостях проекций π_1 , π_2 и π_3 прямой угол, если одна из его сторон является фронталью, горизонталью или профильной прямой?
9. Как определяются точки встречи (следы) прямой с плоскостями проекций π_1 , π_2 и π_3 ?
10. Как определить следы плоскости общего положения на плоскостях проекций π_1 , π_2 и π_3 ?
11. Как на чертеже определяется видимость прямой относительно плоскости общего положения, заданной геометрической фигурой?
12. Как на чертеже провести плоскость, параллельную заданной?
13. Как на чертеже построить плоскость, перпендикулярную прямой общего положения?

3. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

3.1. Постановка задачи

Определить тип кривой 2-го порядка, получаемой в результате пересечения прямого кругового конуса с проецирующей плоскостью.

Построить проекции сечения конуса плоскостью.

Построить натуральную величину сечения конуса проецирующей плоскостью.

Задача выполняется на листе формата А3, расположенного горизонтально.

Варианты заданий приведены в прил. 3, рис. I, табл. I, пример оформления – в прил. 3, рис. II.

3.2. Необходимые сведения

Поверхность конуса вращения определяется уравнением 2-го порядка

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 0; \quad (1)$$

значит, и сечением конуса могут быть кривые 2-го порядка, т.е. окружность, эллипс, парабола или гипербола.

В начертательной геометрии тип кривой 2-го порядка может быть определен следующим образом:

➤ Если секущая плоскость параллельна двум образующим конуса, то сечение будет гипербола. Обе ветви гиперболы можно получить, если конус будет иметь две полы.

➤ Если секущая плоскость параллельна одной образующей конуса, то сечением будет парабола.

➤ Если секущая плоскость пересекает все образующие, то сечением будет эллипс.

➤ Если секущая плоскость перпендикулярна к оси вращения конуса, то сечением будет окружность.

В инженерной графике секущие плоскости принято изображать в виде утолщённой разомкнутой линии, в начале и конце которой размещают прописные буквы русского алфавита, а само сечение сопровождается надписью по типу *A-A*.

На рис. 9 плоскость *A-A* проходит параллельно двум образующим конуса (*S-1* и *S-2*) и поэтому пересекает конус по гиперболе. Слева показаны истинное сечение *A-A* и 3-мерное изображение конуса с сечением *A-A*.

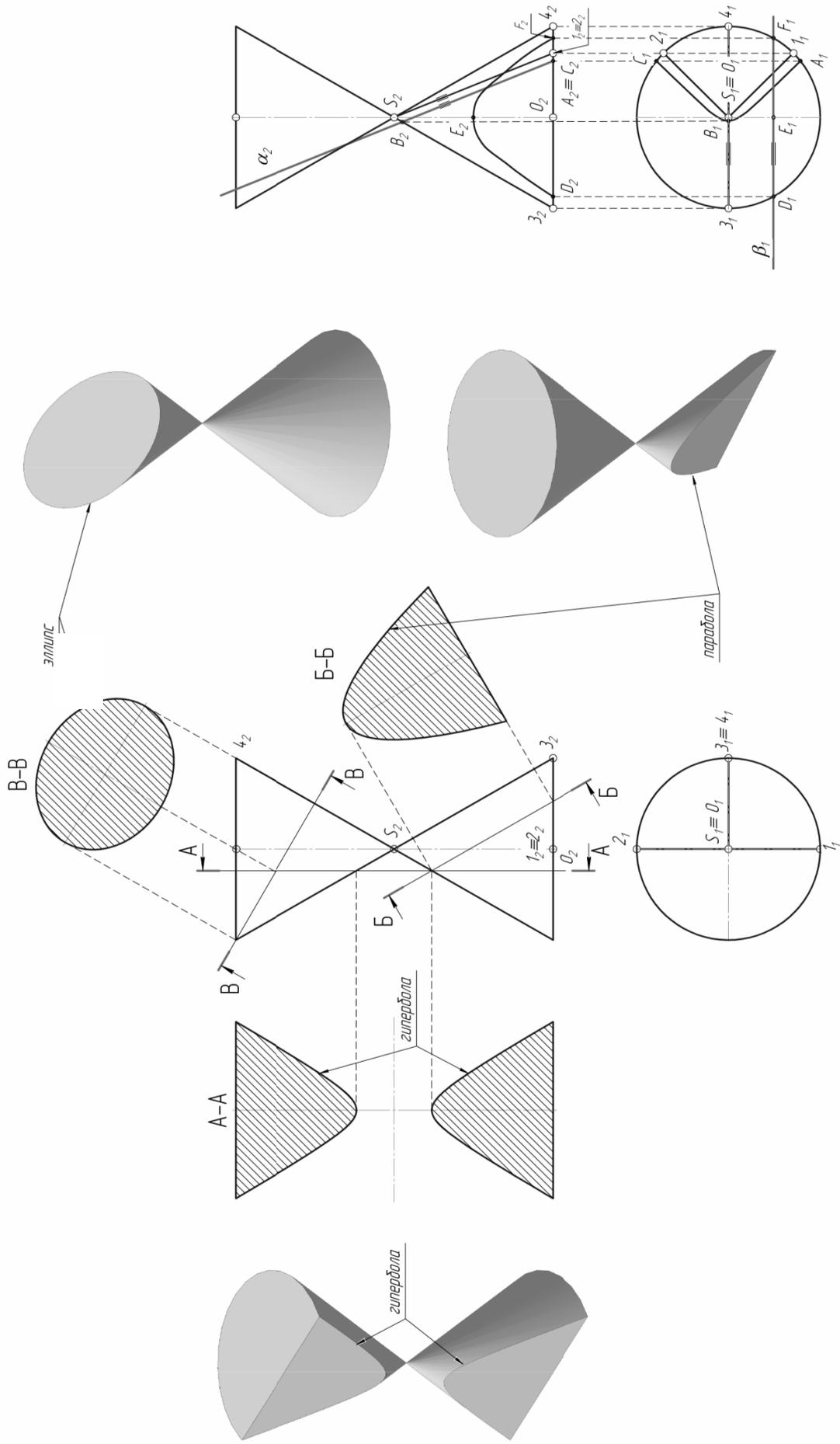


Рис. 9

На рис. 9 плоскость $B-B$ проходит параллельно правой очерковой образующей $S-3$ конуса; поэтому сечением является парабола, истинная величина которой показана справа с сопровождающей надписью $B-B$. Ещё правее и ниже дано 3-мерное изображение конуса, усеченного плоскостью $B-B$.

На рис. 9 плоскость $B-B$ пересекает все образующие верхней половины конуса. Значит, сечением будет являться эллипс. Истинная величина сечения размещена справа с надписью $B-B$. Ещё правее и чуть выше показана 3-мерная модель конуса, усечённого плоскостью $B-B$.

На рис. 9 основания конуса перпендикулярны оси конуса OS и поэтому являются окружностями, горизонтальные проекции которых совпадают.

Если секущая плоскость проходит через вершину S конуса и пересекает его, то понятно, что в сечении будут две прямые (образующие конуса). Если секущая плоскость проходит через S и не пересекает образующие, сечением будет точка S . На рис. 9 сечения $A-A$, $B-B$, $V-B$ от плоскости β построены в натуральную величину и размещены в проекционной связи с секущей плоскостью.

На правой части рис. 9 изображены фронтальная и горизонтальная проекции того же конуса. Но здесь показаны приёмы получения в сечении гиперболы. Для этого через фронтальную проекцию S_2 вершины S под любым углом проводим проекции образующих $S-1$ и $S-2$ конуса, лежащих во фронтально проецирующей плоскости. Затем параллельно плоскости этих образующих изображаем фронтальный след α_2 плоскости α сечения. Строим горизонтальную проекцию гиперболы, опорными точками которой являются точки A , C и вершина B . Понятно, что эта проекция гиперболы не определяет истинной величины сечения.

Ещё один вариант построения сечения в виде гиперболы получается, если секущая плоскость β будет параллельна фронтальной плоскости проекций, так как в этом случае плоскость β параллельна двум образующим – $S-3$, $S-4$. Фронтальная проекция гиперболы (D и F – опорные точки сечения, а E – вершина гиперболы) есть истинная величина сечения.

Строить проекции сечения поверхности плоскостью можно по-разному, в зависимости от положения секущей плоскости относительно плоскостей проекций.

➤ Если секущая плоскость общего положения, то для упрощения алгоритма решения используют способы преобразования эпюра: способ замены плоскостей проекций, способ плоскопараллельного перемещения или способ вращения.

➤ Если секущая плоскость проецирующая, то в этом случае одна из проекций вырождается в прямую, совпадающую со следом-носителем проекций, а вторую проекцию сечения строят любым удобным способом, т.е. способом плоскостей уровня или способом определения точек пересечения образующих конической поверхности с секущей плоскостью.

Натуральная величина сечения прямого кругового конуса проецирующей плоскостью строится по точкам, положение которых определяется с использованием:

- способа замены плоскостей проекций;
- способа вращения;
- способа плоскопараллельного перемещения;
- свойства прямых частного положения.

Независимо от применяемого метода, суть решения сводится к переводу проецирующей плоскости сечения в положение плоскости уровня.

Учитывая, что при решении РГР № 2 необходимо соблюдать требования по компоновке чертежа, приходим к выводу, что наиболее подходящим является способ плоскопараллельного переноса (рис. 10). Суть данного способа заключается в следующем. Одну из проекций геометрического образа, не изменяя ее вида и величины, перемещают параллельно самой себе и поворачивают на необходимый угол. Другую проекцию перемещают только параллельно самой себе. Затем, используя линии перемещения и линии связей, строят новую проекцию геометрического образа.

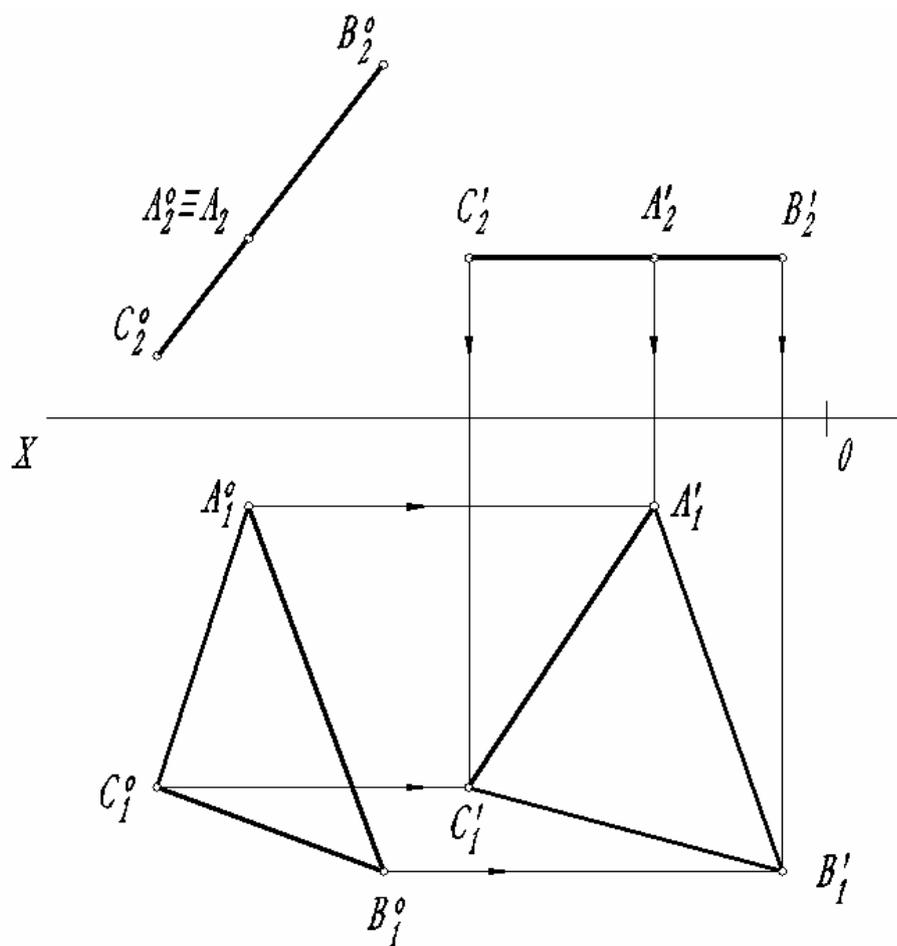


Рис. 10

3.3. Пример решения РГР № 2

3.3.1. Построение исходных данных.

Вертикальную ось симметрии конуса размещаем посередине между левой внутренней рамкой формата и левой границей основной надписи см. прил. 3, рис. II). Строим горизонтальную проекцию конуса в виде окружности заданного радиуса R . Проводим ось проекций x над окружностью. Строим фронтальную проекцию конуса симметрично относительно вертикальной оси. Используя высоту H и диаметр основания D конуса, определяем положение вершины конуса S и строим проекции очерковых образующих L . Проводим, согласно варианту задания, след α_2 фронтально проецирующей плоскости.

3.3.2. Построение фигуры сечения.

Определяем опорные точки сечения (рис. 11), т.е. точки крайние, видимости, высшие и низшие, вершины кривой 2-го порядка и т.п.

В данном случае след фронтально проецирующей плоскости пересекает все образующие конуса, т.е. фигурой сечения будет эллипс. Для построения горизонтальной проекции фигуры сечения делим основание конуса последовательно на 2, 4, 8 и 16 частей, в зависимости от радиуса основания конуса. Через точки деления и проекцию S_1 вершины проводим горизонтальные проекции образующих конуса. Присвоим этим образующим последовательные номера 1-16 в направлении, например, по часовой стрелке от левой очерковой образующей конуса. Фронтальные проекции концов образующих находим на оси x с помощью вертикальных линий связи. Соединив найденные проекции с S_2 , получим изображение фронтальных проекций образующих конуса.

Отмечаем точки пересечения фронтальных проекций образующих с фронтальным следом α_2 секущей плоскости и обозначаем их в алфавитном порядке: на 1-й образующей – A_2 , на 2-й – B_2 , на 3-й – C_2 , на 4-й – D_2 , на 5-й – E_2 , на 6-й – F_2 , на 7-й – G_2 , на 8-й – H_2 , на 9-й – I_2 , на 10-й – J_2 , на 11-й – K_2 , на 12-й – L_2 , на 13-й – M_2 , на 14-й – N_2 , на 15-й – P_2 и на 16-й – T_2 .

Горизонтальные проекции названных точек находим с помощью вертикальных линий связи на проекциях соответствующих образующих и обязательно надписываем их буквенные обозначения. Соединив горизонтальные проекции точек сечения плавной кривой по лекалу, получим изображение эллипса-сечения.

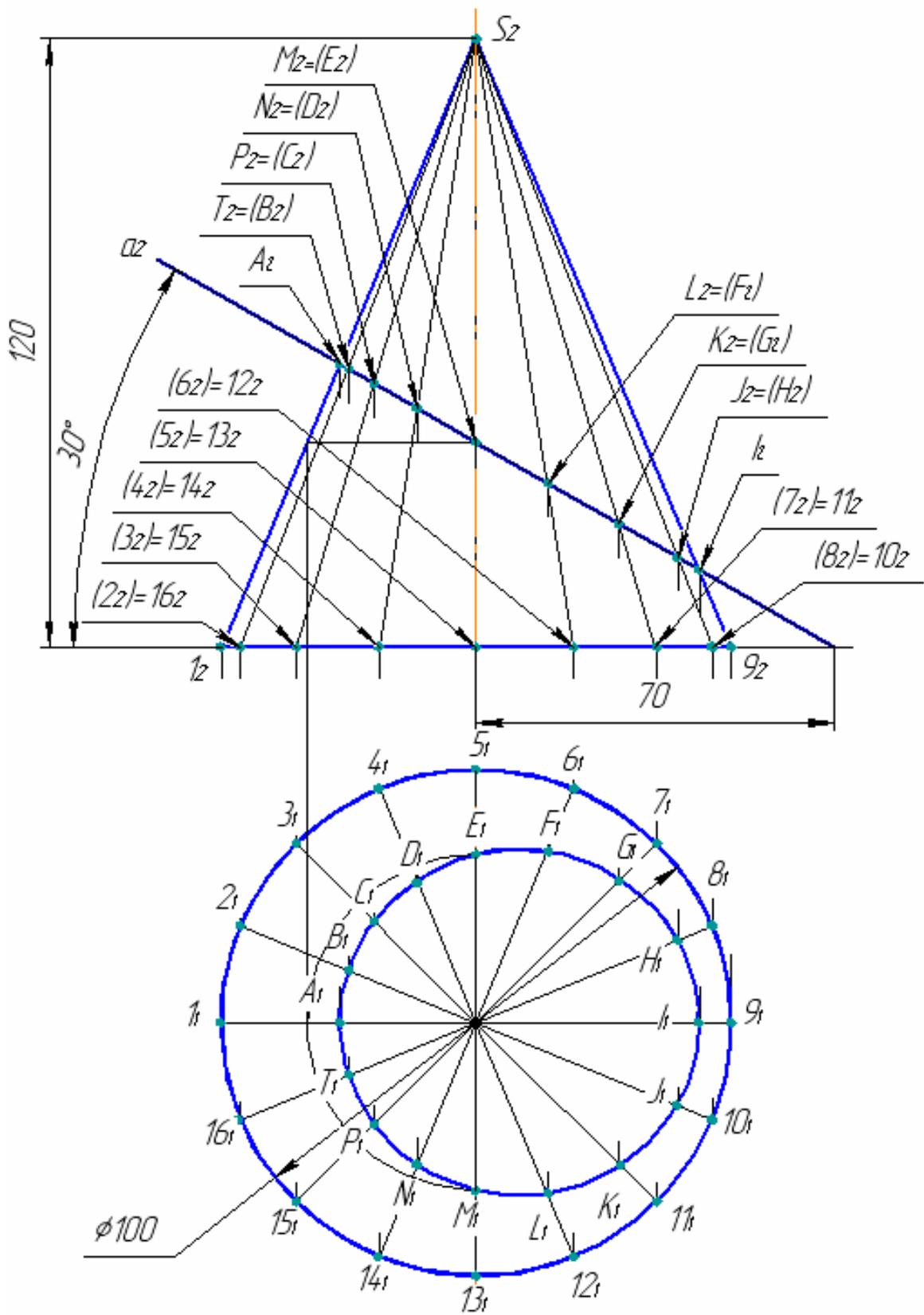


Рис. 11

3.3.3. Построение сечения конуса.

Сечение конуса располагаем в правой стороне формата (см. прил. 3, рис. II). Для построения используем способ плоскопараллельного перемещения.

Вначале фронтальную проекцию сечения перемещаем параллельно самой себе в необходимое место формата, а затем поворачиваем ее в положение плоскости уровня, т.е. параллельно оси OX (рис. 12). Горизонтальную проекцию сечения переносим только параллельно самой себе.

Месторасположение проекций выбираем из условий компоновки чертежа и требований применения способа плоскопараллельного переноса.

Из точек $A_2, B_2, C_2, D_2, E_2, F_2, G_2, H_2, I_2, J_2, K_2, L_2, M_2, N_2, P_2$ и T_2 фронтальной проекции сечения проводим вертикальные линии связей, а из точек $A_1, B_1, C_1, D_1, E_1, F_1, G_1, H_1, I_1, J_1, K_1, L_1, M_1, N_1, P_1$ и T_1 горизонтальной проекции сечения – линии их перемещения параллельно оси OX .

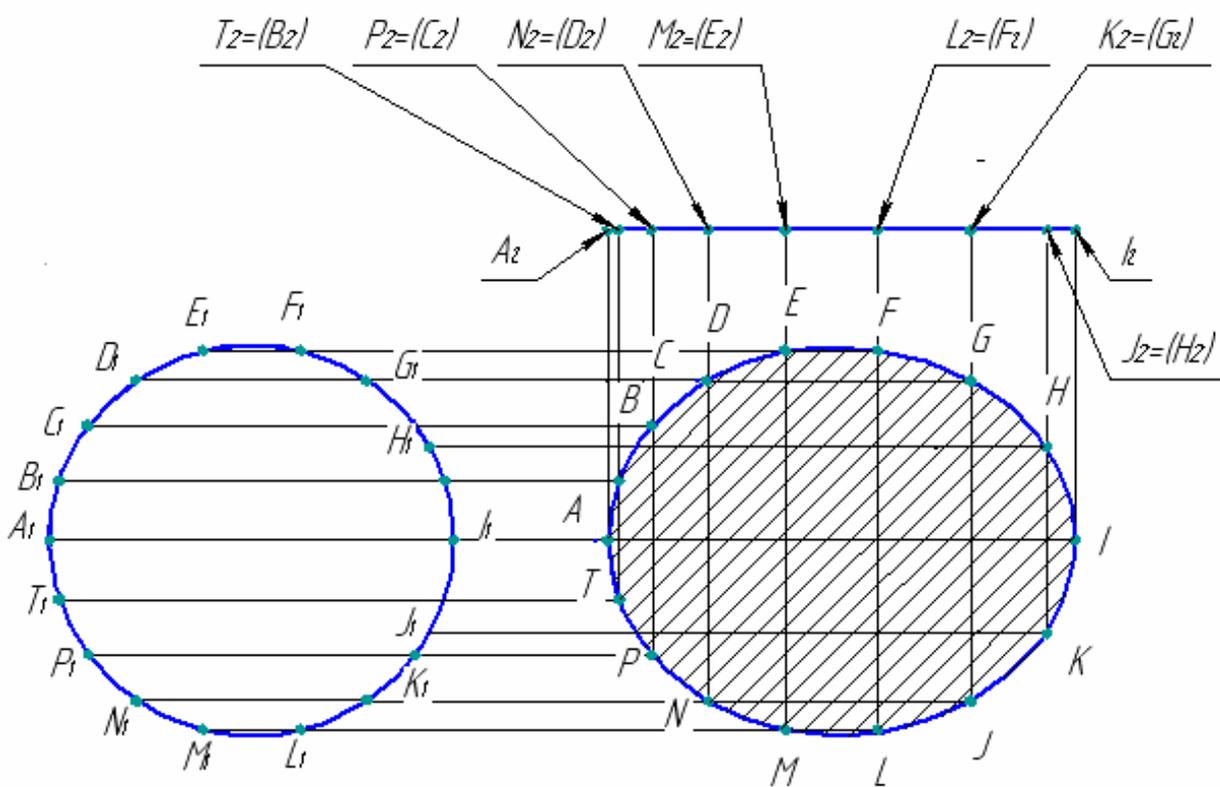


Рис. 12

Точки пересечения вертикальных линий связей и линий перемещения $A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, P$ и T являются точками кривой, ограничивающей сечение конуса.

Соединив точки сечения $A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, P$ и T плавной кривой по лекалу, получим изображение эллипса-сечения в натуральную величину.

Вопросы для самоконтроля

1. Какая линия называется образующей?
2. Какая линия называется направляющей?
3. Какие линии называются очерковыми?
4. Каковы характерные признаки и особенности изображения горизонталей?
5. Каковы характерные признаки и особенности изображения фронталей?
6. Каковы характерные признаки и особенности изображения горизонтально-проецирующих прямых?
7. Каковы характерные признаки и особенности изображения фронтально-проецирующих прямых?
8. Каковы характерные признаки и особенности изображения горизонтально-проецирующей плоскости?
9. Каковы характерные признаки и особенности изображения фронтально-проецирующей плоскости?
10. Каковы характерные признаки и особенности изображения горизонтальной плоскости уровня?
11. Каковы характерные признаки и особенности изображения фронтальной плоскости уровня?
12. Что такое поверхность?
13. Как образуется поверхность?
14. Виды поверхностей и их очерки.
15. Методика определения линии принадлежащей поверхности.
16. Способы преобразования чертежа.

4. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

4.1. Постановка задачи

На основе знаний, полученных при изучении теоретического курса по начертательной геометрии, о построении линий пересечения и разверток тел выполнение РГР № 3 сводится к решению следующих частных задач:

- ✓ построить линию пересечения двух тел;
- ✓ определить видимость линии пересечения этих тел относительно друг друга;
- ✓ построить развертку одного тела с учетом линии пересечения.

Варианты заданий приведены в прил. 4, а примеры оформления РГР – на рис. I и II прил. 4. Если результат решения не помещается на одном листе формата А3, то допускается использовать два листа (например, формат А4 – построение линии пересечения тел; А3 – построение развертки) или делать обрыв тела, не участвующего в развертке (см. прил. 4, рис. II).

4.2. Необходимые знания

4.2.1. Общие сведения о пересечении тел.

При решении этой задачи прежде всего необходимо определить характер линии пересечения, которая зависит от вида пересекающихся поверхностей и их взаимного расположения.

В РГР №3 рассматриваются три основных случая пересекающихся поверхностей:

- 1) пересечение многогранников;
- 2) пересечение многогранника с поверхностью второго рода;
- 3) пересечение поверхностей второго рода.

В каждом из этих случаев для определения линии пересечения поверхностей применяются свои способы и приемы ее построения, но суть их общая и сводится к следующему (рис. 13). Обе заданные поверхности пересекают вспомогательной поверхностью или плоскостью-посредником a . Затем находят линии пересечения b^* и b каждой из поверхностей с посредником a . Точки пересечения этих линий M и N принадлежат кривой пересечения поверхностей. Изменяя положение посредника, набирают необходимое количество точек M и N , по которым строится кривая пересечения тел.

В качестве посредников выбирают удобно расположенные плоскости (общего положения, проецирующие плоскости, плоскости уровней) или поверхности (сферические, цилиндрические, конические и т.д.).

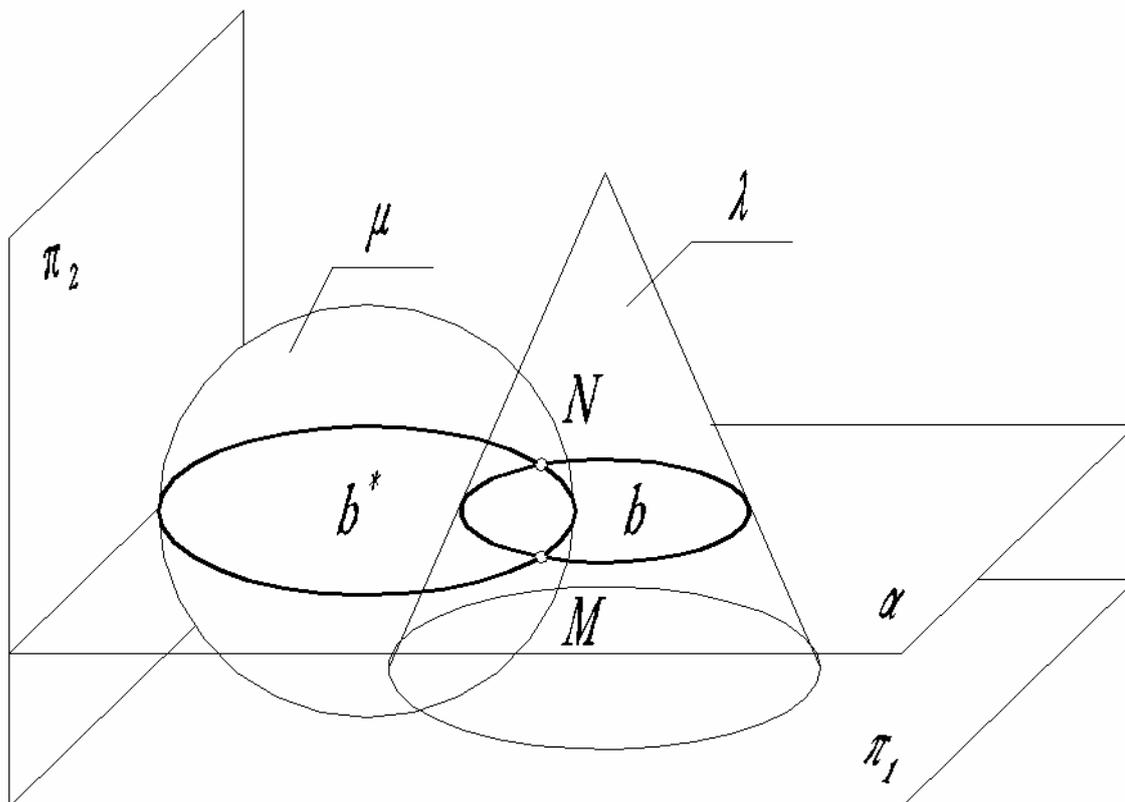


Рис. 13

4.2.2. Пересечение многогранников.

В этом случае линией пересечения будет замкнутая пространственная ломаная, состоящая из отрезков прямых, по которым пересекаются плоскости граней. Точки излома будут принадлежать ребрам многогранников.

Рассмотрим построение линии пересечения на примере шестигранной пирамиды $SKLMNPR$ с трехгранной призмой $ABCDEF$ (рис. 14). Для ее построения необходимо выделить ребра и грани, участвующие в пересечении. Здесь это ребра пирамиды (SK, SL, SM, SN, SP, SR) и грани призмы ($ABFE, EFCD$). Кроме того, следует отметить, что ребра SK и SN пирамиды пересекаются только с ребром EF призмы.

Определение положения точек излома сводится к определению положения точек встречи прямых с плоскостями (точки 1, 2, 4 и 5) и точек пересечения пересекающихся прямых (точки 3 и 6). В первом случае за плоскости принимают грани призмы, а за прямые – ребра пирамиды, через которые проводится вспомогательная проектирующая плоскость-посредник a . Во втором случае за прямые принимают пересекающиеся ребра многогранников.

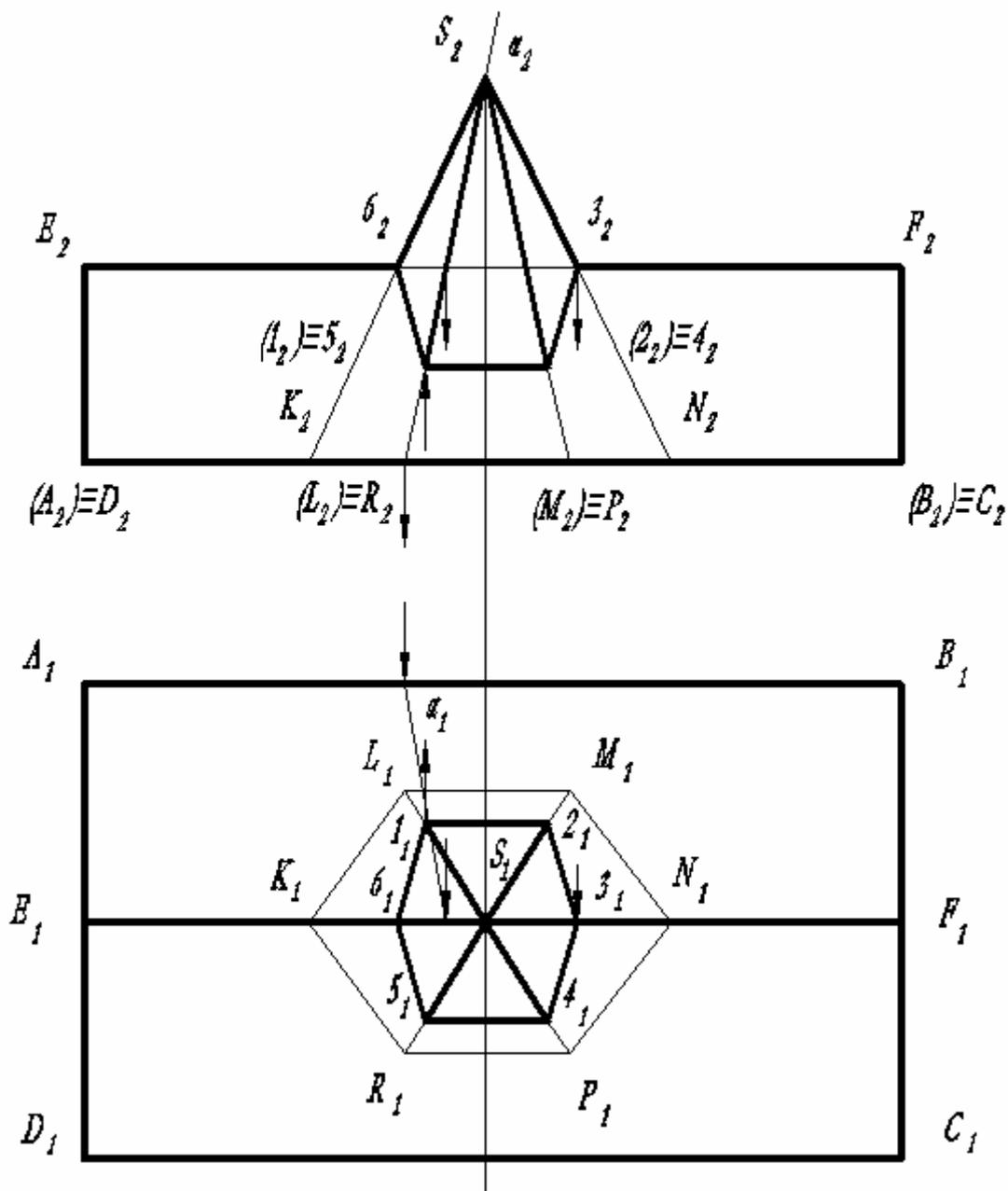


Рис. 14

При определении положения точек излома целесообразно выбирать направление их обхода по часовой или против часовой стрелки (в примере – по часовой стрелке), что позволяет избежать ошибок в построениях.

Видимость линии пересечения определяется с помощью конкурирующих точек.

4.2.3. Пересечение многогранника с поверхностью второго рода.

В этом случае линией пересечения будет пространственная ломаная, состоящая из дуг кривых, по которым поверхность второго рода пересека-

ется с плоскостями граней. Точки излома будут принадлежать ребрам многогранника.

Рассмотрим порядок построения линии пересечения на примере пересечения конуса с трехгранной призмой (рис. 15).

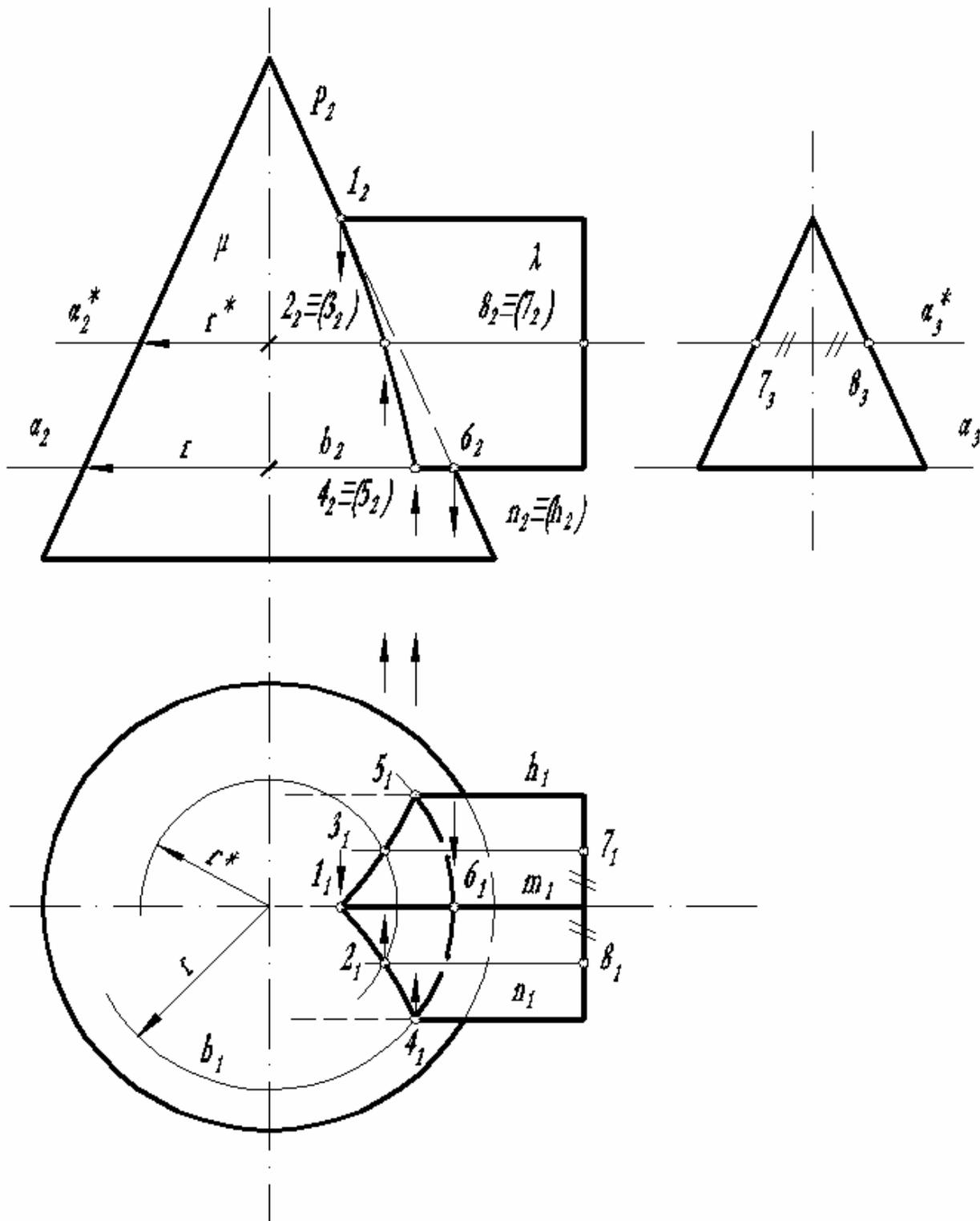


Рис. 15

Решение данной задачи заключается в нахождении точек встречи ребер многогранника с поверхностью конуса. Для этого в качестве плоскости-посредника целесообразно использовать плоскость уровня a .

Определение точек излома. Здесь следует отметить, что точку встречи ребра m с поверхностью конуса можно определить как общую точку двух пересекающихся прямых, т.е. ребра m и образующей $p(m_2 \cap p_2) = l_2 \rightarrow l_1, l_3$. Для получения других точек излома воспользуемся плоскостью-посредником a , которую проведем через грань, образованную ребрами k и n . Линией сечения конуса будет окружность радиуса r . Точки пересечения 4 и 5 этой окружности и ребер k и n являются точками излома линии пересечения поверхностей λ и μ , т.е. $k_1 \cap b_1 = 5_1 \rightarrow 5_2$ и $n_1 \cap b_1 = 4_2 \rightarrow 4_2$.

Определение точек дуг. Здесь следует обратить внимание на то, что дуга между 4 и 5 точками излома на плоскости проекций совпадает с линией сечения конуса с плоскостью-посредником a , т.к. плоскость $a \equiv (k \cap n)$. Положения промежуточных точек для других дуг, например 2 и 3, определяются как точки пересечения линий сечений поверхностей плоскостью-посредником a^* .

После определения необходимого количества точек наносят линию пересечения поверхностей с учетом ее видимости. Для нанесения дуг целесообразно использовать лекало. Видимость линии пересечения определяется с помощью конкурирующих точек.

4.2.4. Пересечение двух поверхностей второго порядка.

В случае пересечения двух кривых поверхностей второго порядка образуется пространственная кривая четвертого порядка.

Для построения линии пересечения поверхностей следует найти достаточное количество точек, в том числе характерных – высшую и низшую – на очерковых образующих. Определение положения точек может быть достигнуто двумя способами: способом вспомогательных плоскостей и способом вспомогательных сфер. Первый способ применяют, если вспомогательные плоскости пересекают поверхности по графически простым линиям, например окружностям. Этот способ используют для тел, оси вращения которых параллельны или пересекаются (скрещиваются) под прямым углом. Второй способ – когда оси вращения тел пересекаются не под прямым углом.

Способ вспомогательных плоскостей (рис. 16). В качестве плоскости-посредника целесообразно использовать плоскость уровня a , т.к. она пересекает обе поверхности по окружностям.

Методика определения точек линии пересечения поверхностей аналогична методике, приведенной ранее (см. пересечение многогранника с поверхностью второго рода).

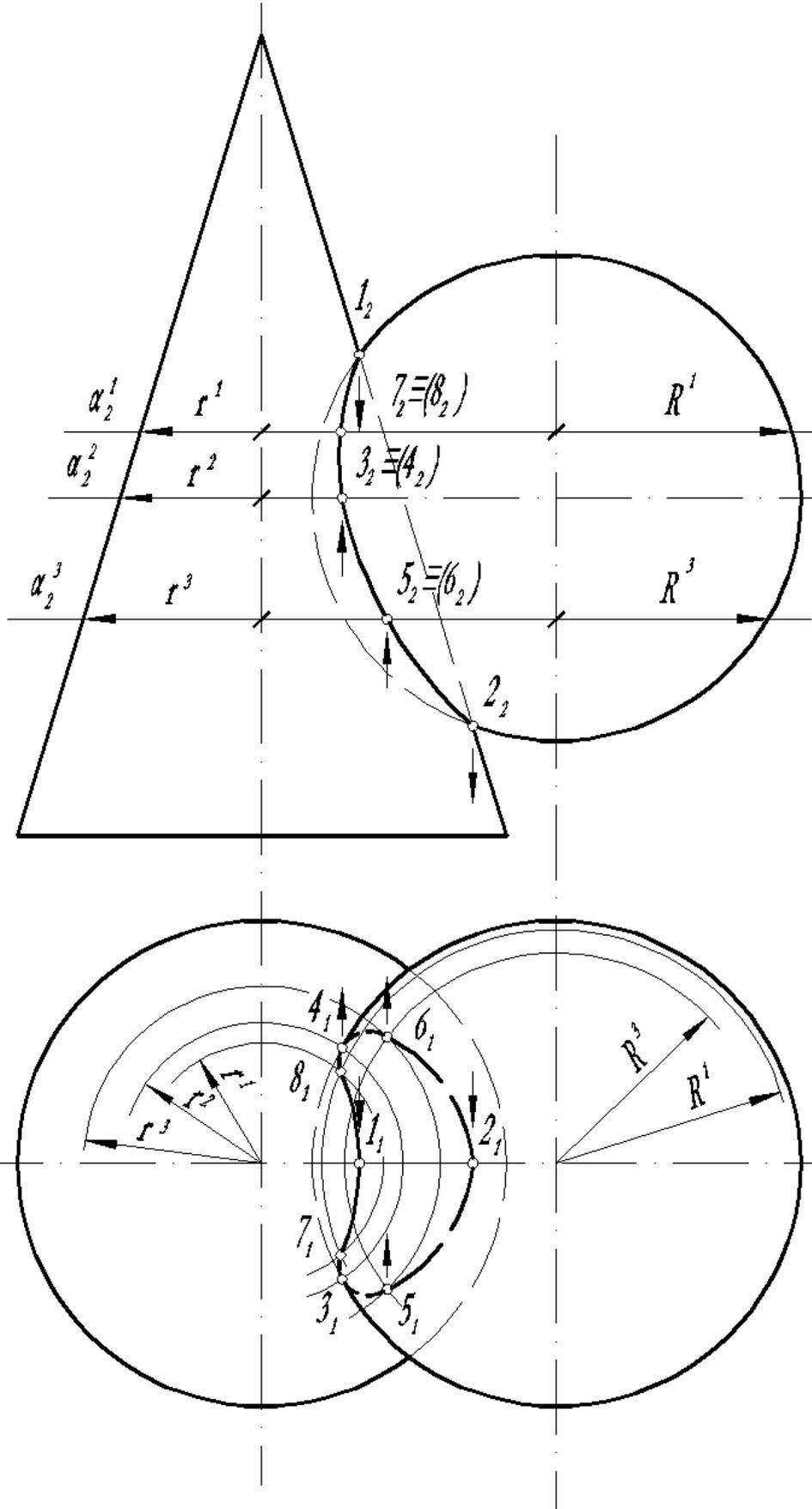


Рис. 16

Сама линия пересечения строится:

- на фронтальной проекции видна ближняя часть кривой $(I_2-4_2-6_2-2_2)$ и не видна дальняя $(I_2-3_2-5_2-2_2)$;
- кривая пересечения поверхностей на фронтальной проекции симметричная, значит, $(I_2-4_2-6_2-2_2) \equiv (I_2-3_2-5_2-2_2)$;
- на горизонтальной проекции видна часть кривой $(3_1-I_1-4_1)$, расположенная выше экватора сферы; границей видимости служат точки на экваторе 3_1 и 4_1 .

Способ вспомогательных сфер (рис. 17). Применяется для построения линии поверхностей тел вращения, имеющих пересекающиеся оси. Этот способ применим, когда оси сфер пересекаются и плоскость, образованная осями, является плоскостью уровня.

Выберем центр вспомогательных сфер в точке пересечения осей заданных поверхностей (точка O).

Точки 1 и 2 на очерковых образующих, расположенные в одной плоскости, определяются непосредственно. Линия пересечения заключается между этими точками. Одна из них определяет максимальный радиус вспомогательных сфер $R_{\max} = O_2I_2$. Минимальный радиус R_{\min} берется наибольшим радиусом сферы, которую можно вписать в одну из заданных поверхностей, при этом пересекая другую поверхность.

Для построения промежуточных точек проводят несколько вспомогательных сфер ($R_{\min} < R < R_{\max}$). Эти сферы пересекают заданные поверхности по окружностям b и n . Окружности b и n , пересекаясь, дают дополнительные точки линии пересечения 3 и 4 , проекции которых определяются вначале на π_2 ($b_2 \cap n_2 = 3_2, 4_2$), а затем на плоскости π_1 как точки окружностей радиусами r .

Полученные точки (характерные и промежуточные) последовательно соединяют на фронтальной и горизонтальной проекциях.

На фронтальной проекции видна ближняя часть кривой $(I_2-4_2-2_2)$ и не видна дальняя $(I_2-3_2-2_2)$. Кривая пересечения поверхностей симметричная, значит, $(I_2-4_2-2_2) \equiv (I_2-3_2-2_2)$. На горизонтальной проекции видна часть кривой $(\dots -3_1-I_1-4_1- \dots)$, расположенная выше фронтальной проекции оси симметрии наклонного цилиндра. В этом случае границей видимости служат точки на горизонтальных проекциях очерковых образующих наклонного цилиндра.

4.2.5. Общие сведения о построении развертки.

Разверткой поверхности называется плоская фигура, полученная в результате совмещения поверхности с плоскостью. Построение разверток поверхностей имеет широкое практическое применение при изготовлении различных изделий из листового материала. Это обшивка самолётов и судов, всевозможные резервуары и трубопроводы в нефтехимической и

газовой промышленности, изделия швейной и кожевенной промышленности и т.д.

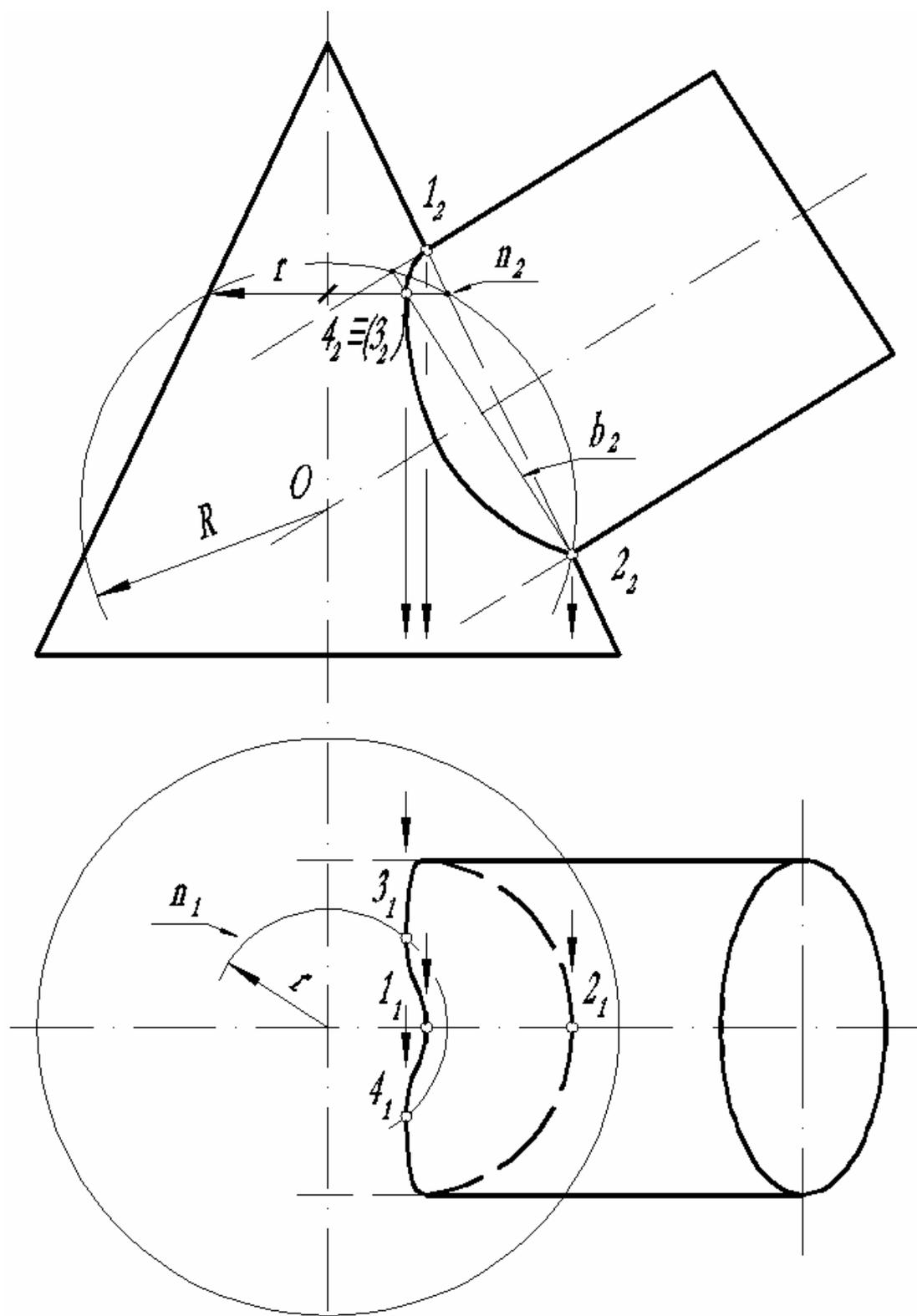


Рис. 17

Для построения развёртки используются ортогональные проекции поверхности. Связь между ними описывается инвариантным свойством сохранения площадей соответственных фигур. Это свойство влечёт за собой ещё такие свойства:

- длины соответственных линий поверхности и её развёртки равны;
- углы, образованные линиями поверхности, равны углам, составленным их образам на развёртке;
- прямая поверхности отображается на прямую развёртки;
- параллельные прямые поверхности отображаются на параллельные прямые развёртки.

Разработка наиболее простых и точных способов построения разверток необходима для изготовления тонкостенных изделий заданной формы и размеров. Чем рациональнее и точнее способ выполнения разверток и их раскроя, тем экономичнее технология изготовления изделий. При этом экономится листовая материал и рабочее время.

Теоретически точно развертываются поверхности многогранников, прямых круговых конусов и цилиндров. Приближенными развертками являются развертки поверхностей наклонных конусов и цилиндров, а развертки сфер являются условными.

В общем случае построение любой развертки сводится к построению натуральной величины и формы элементов, составляющих поверхность.

4.2.6. Развертка пирамиды.

Для построения развертки пирамиды (рис. 18) необходимо найти натуральные величины ее боковых ребер и основания.

Основание пирамиды представляет собой треугольник, изображенный в натуральную величину на плоскости π_1 .

Для определения натуральных величин боковых ребер воспользуемся способом прямоугольного треугольника, где $S_0B_1 = S_1B_1$ а S_2B_1 – натуральная величина SB . Аналогично находятся и другие натуральные величины ребер. После определения натуральных величин ребер строим развертку пирамиды. Для этого на любом из ребер, например S_2A_0 (или отдельно), строим треугольники (границы и основание) по трем известным теперь сторонам. Построение боковых граней заканчивается тем же ребром, с которого начинается построение развертки боковой поверхности пирамиды.

Нанесение линии пересечения на развертку производится отрезками прямых по характерным точкам (точкам излома) в случае пересечения пирамиды с многогранником. Если пирамида пересекается с поверхностью второго рода, то линия пересечения строится с использованием лекал по промежуточным точкам отрезков кривых, ограниченных точками излома. Для определения положения любой точки поверхности на развертке, например точки N , вначале находят положения проекций k_1 и k_2 , прямой k ,

проходящей через вершину S и данную точку. Затем прямую k наносят на развертку при условии, что $[A_0K_0]=[A_1K_1]$. Далее, используя теорему Фалеса, определяют истинное положение точки N_0 .

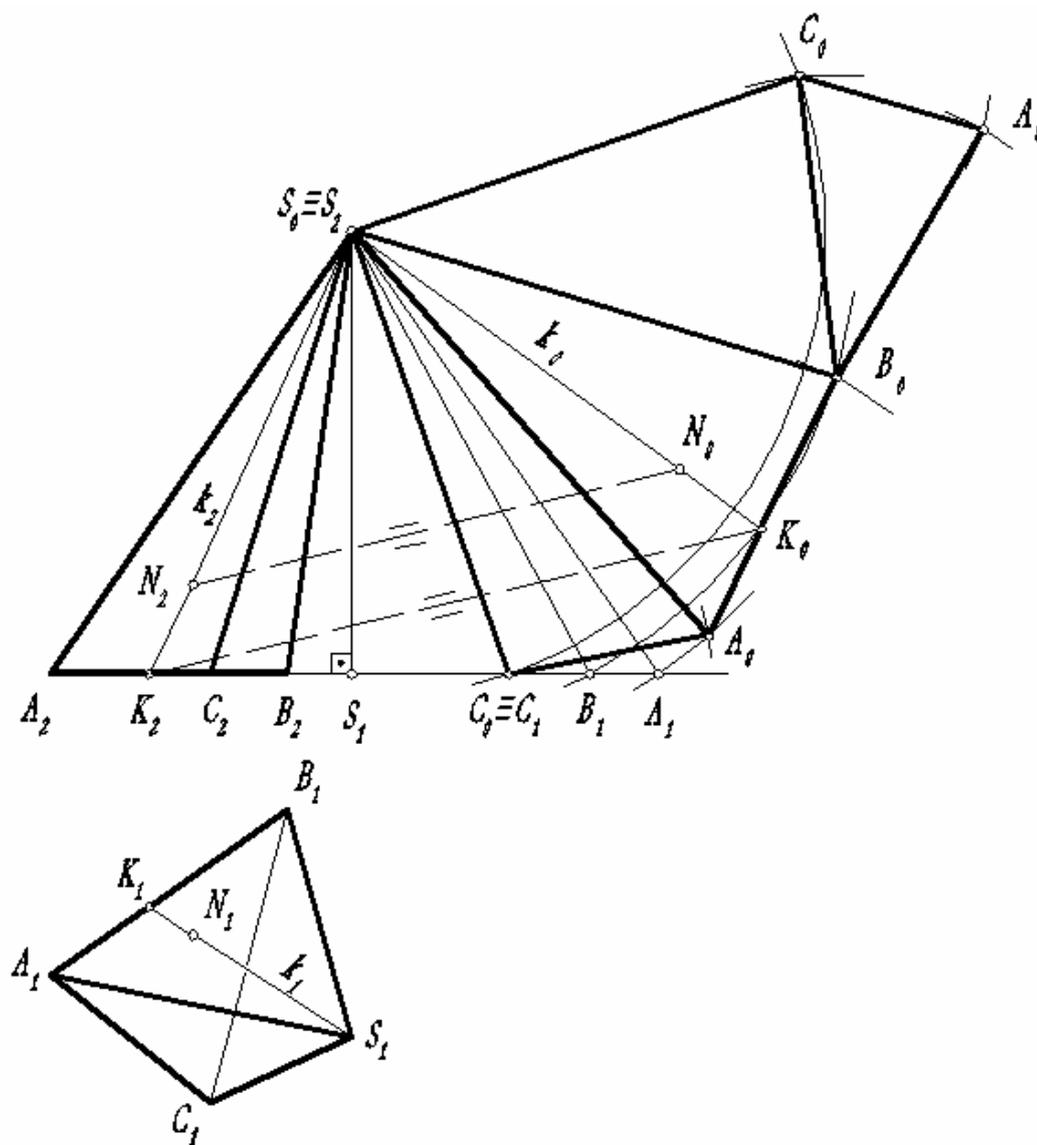


Рис. 18

4.2.7. Развертка прямого кругового конуса.

Развертка прямого кругового конуса (рис. 19) представляет собой сектор круга, радиус которого равен длине образующей конуса b , а центральный угол a

$$a = \frac{360^\circ \cdot R}{b}, \quad (2)$$

где R – радиус основания конуса.

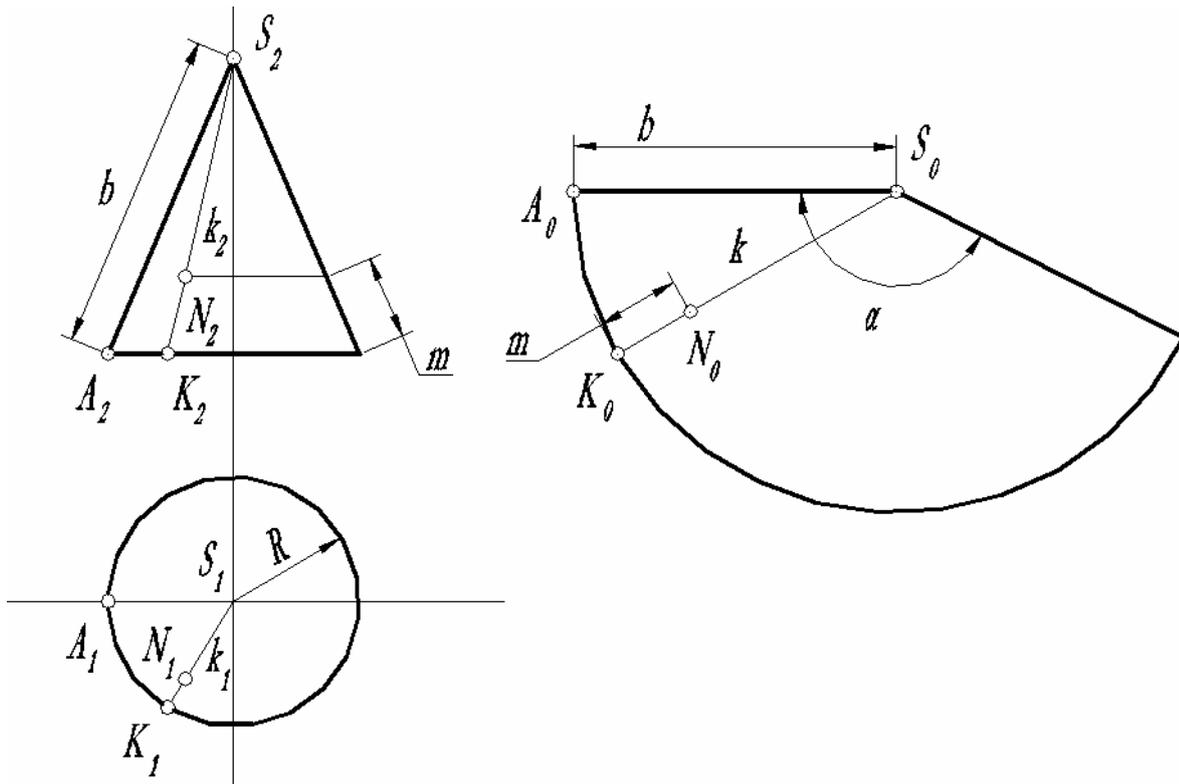


Рис. 19

Нанесение линии пересечения поверхностей на развертку производится по точкам с использованием лекал. Для определения положения любой точки поверхности на развертке, например точки N , вначале находят положения проекций k_1 и k_2 образующей k , которой принадлежит эта точка. Затем прямую k наносят на развертку при условии, что длина дуги $\cup A_0K_0$ равна длине дуги $\cup A_1K_1$. Далее, используя теорему Фалеса, определяют истинное положение точки N_0 : ($[K_0N_0] = m$).

Примечание. Развертку прямого конуса можно строить как развертку конической поверхности общего вида, т.е. в конус необходимо вписать правильную многогранную пирамиду.

4.2.8. Развертка конической поверхности общего вида.

Для получения развертки боковой поверхности наклонного конуса в него вписывают многогранную пирамиду. Чем больше граней у вспомогательной пирамиды, тем точнее развертка.

Примечание. Рекомендуется окружность основания конуса делить на 12 равных частей при $R > 25$ мм и на 8 – при $R < 25$ мм (R – радиус основания конуса).

Развертывание конической поверхности общего вида производится по схеме развертывания боковой поверхности наклонной пирамиды. Отличительной особенностью является то, что полученные точки боковой поверхности, описывающие окружность основания конуса, соединяются не прямыми, а кривой с помощью лекал.

Основание конуса на развертке изображается окружностью (в натуральную величину), касающейся в любой точке кривой боковой поверхности, описывающей основание.

Методика построения линии пересечения поверхностей на развертке конуса аналогична методике, описанной в п. 4.2.6. «Развертка пирамиды».

4.2.9. Развертка призмы.

В общем случае каждая грань призмы (рис. 20) имеет форму параллелограмма. В данном примере натуральная величина ребер определяется на плоскости π_2 , а оснований – на плоскости π_1 .

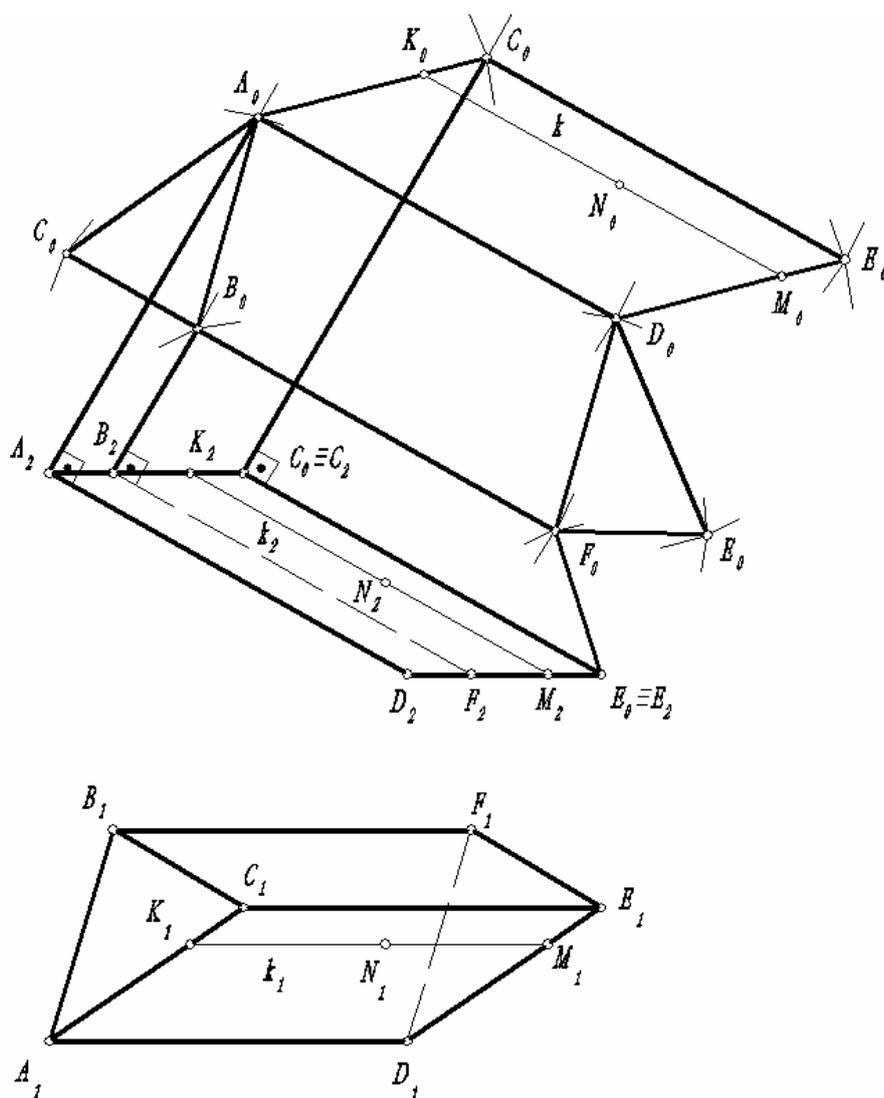


Рис. 20

Если в исходных данных призма занимает общее положение, то необходимо способом замены плоскостей преобразовать ее проекции так, чтобы грани призмы были либо фронталями, либо горизонталями, а плоскости оснований – плоскостями уровней.

Развертку боковой поверхности делают методом раскатки – совмещают грани призмы с плоскостью проекций. Для этого все точки вращают в плоскостях, перпендикулярных проекциям ребер, а расстояния между ребрами берутся равными соответственно величинам сторон основания.

Нанесение линии пересечения на развертку производится отрезками прямых по характерным точкам (точкам излома) в случае пересечения призмы с многогранником. Если призма пересекается с поверхностью второго рода, то линия пересечения строится с использованием лекал по промежуточным точкам отрезков кривых, ограниченных точками излома.

Для определения положения любой точки поверхности на развертке, например точки N , вначале находят положения проекций k_1 и k_2 прямой k , которая параллельна боковым ребрам призмы и которой принадлежит эта точка. Затем прямую k наносят на развертку при условии, что $[A_0K_0]=[A_1K_1]$. Далее, используя $[K_2N_2] = [K_0N_0]$, определяют истинное положение точки N_0 .

4.2.10. Развертка прямого цилиндра.

Развертка боковой поверхности прямого цилиндра представляет собой прямоугольник (рис. 21), одна сторона которого равна образующей l , а другая – длине окружности основания n :

$$n = 2\pi R, \quad (3)$$

где R – радиус основания окружности.

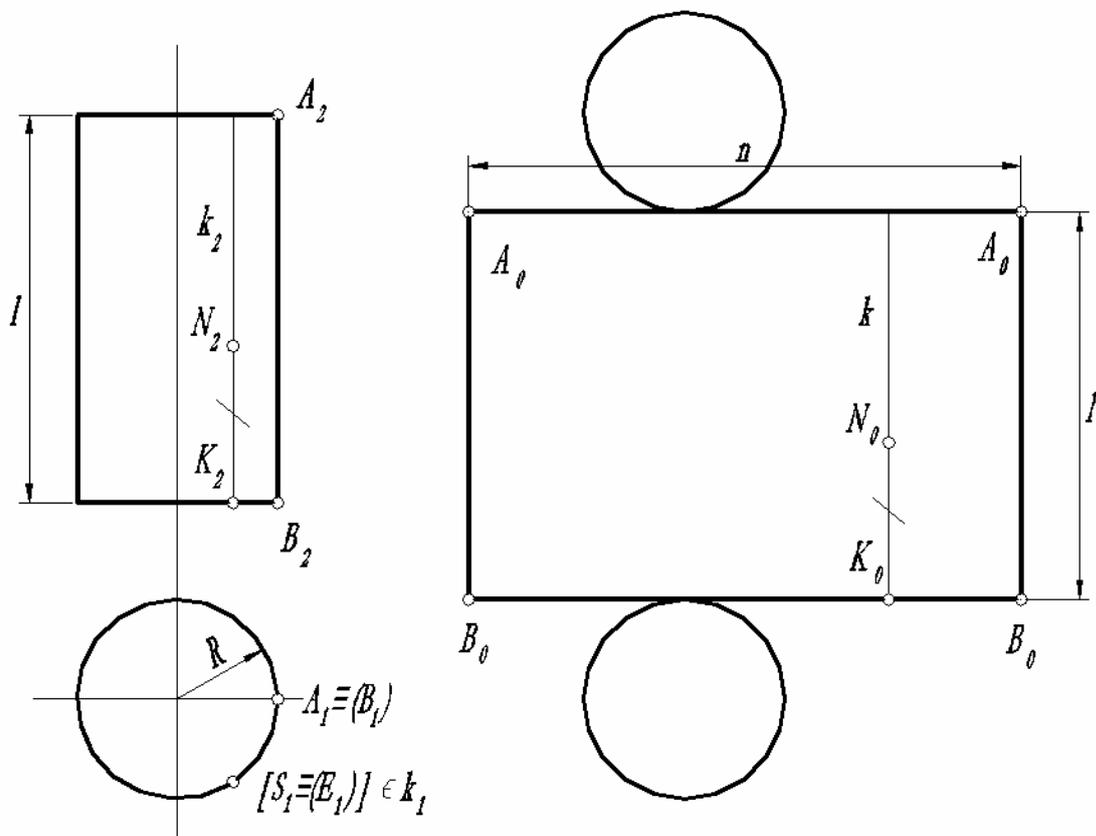


Рис. 21

Каждое основание цилиндра наносят в виде круга с радиусом R , касающегося в любой точке стороны n прямоугольника, описывающего его.

Нанесение линии пересечения поверхностей на развертку производится по точкам с использованием лекал. Положение любой точки поверхности на развертке, например N , находят следующим образом. Вначале определяют проекции k_1 и k_2 образующей k , которой принадлежит точка N . Затем находят положение этой образующей на развертке по условию, что отрезок $[B_0K_0]$ равен длине дуги $\cup B_1K_1$. Так как $k_2=k$, то положение точки N_0 на развертке определяется как $[N_0K_2]=[N_2K_2]$.

Примечание. Развертку прямого цилиндра можно строить как развертку наклонного цилиндра, т.е. в цилиндр необходимо вписать правильную многогранную призму.

4.2.11. Развертка наклонного цилиндра.

Чтобы построить развертку цилиндра, необходимо вписать в него призму с достаточно большим числом граней и развернуть ее. Чем больше граней у вспомогательной призмы, тем точнее развертка.

Примечание. Рекомендуется окружность основания цилиндра делить на 12 равных частей при $R > 25$ мм и на 8 – при $R < 25$ мм (R – радиус основания цилиндра).

Развертывание цилиндрической поверхности общего вида производится по схеме развертывания боковой поверхности наклонной призмы. Отличительной особенностью является то, что полученные точки боковой поверхности, описывающие окружности оснований цилиндра, соединяются не прямыми, а кривыми линиями с помощью лекал.

Основания цилиндра на развертке изображаются окружностями (в натуральную величину каждое), которые касаются в любой точке кривой боковой поверхности, описывающей это основание.

Методика построения линии пересечения поверхностей на развертке наклонного цилиндра аналогична методике, описанной ранее (см. п 4.2.9 «Развертка призмы»).

4.2.12. Развертка сферы.

Сферическая поверхность является неразвертываемой. Здесь можно говорить только об условном развертывании. На рис. 22 показан один из приемов построения. Поверхность «разрезают» несколькими плоскостями, проходящими через ось сферы, перпендикулярную π_1 . Точность развертки зависит от числа плоскостей – чем больше плоскостей, тем точнее развертка. На рис. 22 число таких плоскостей 12 (фронтальные проекции линий пересечения не показаны).

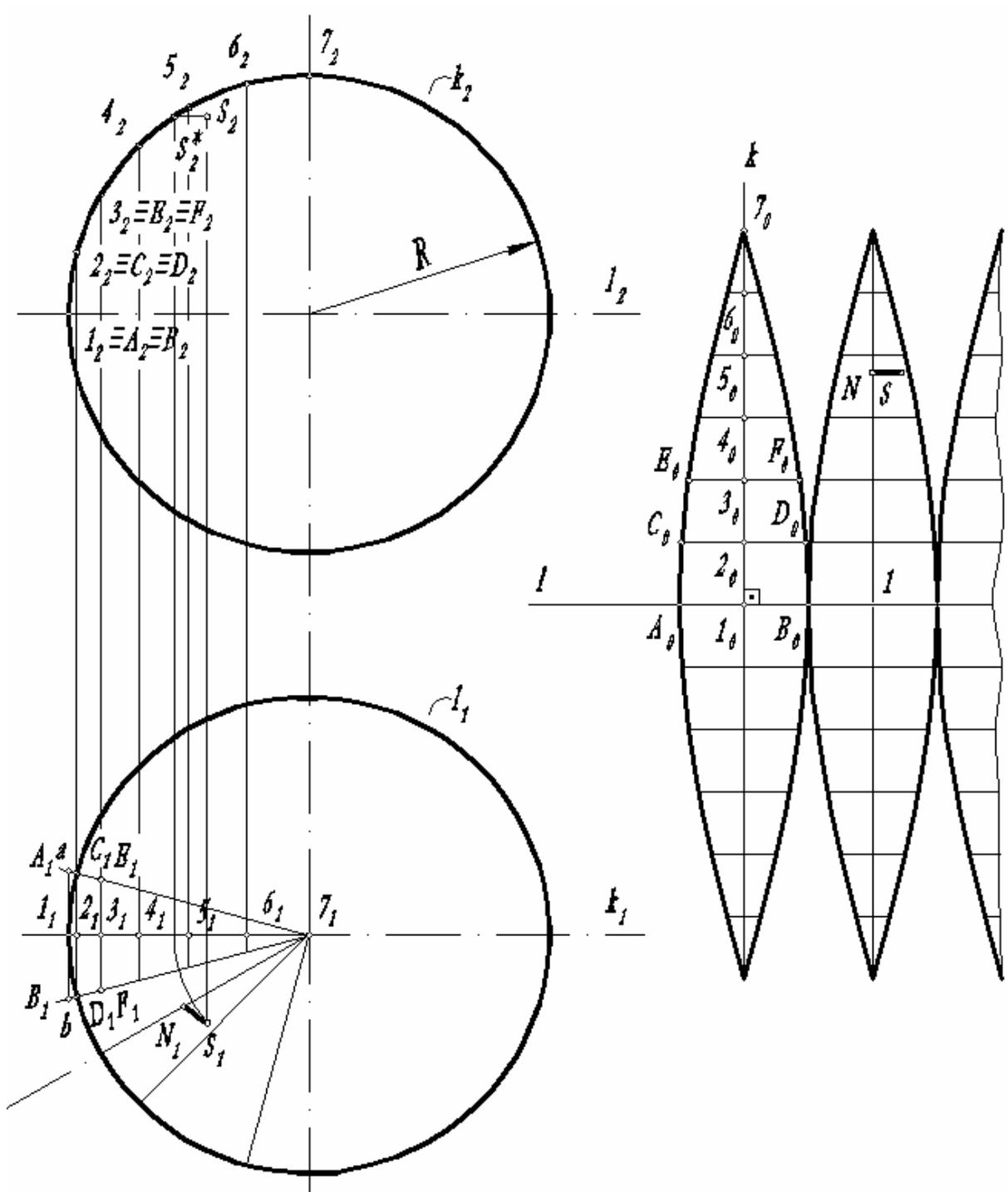


Рис. 22

Дуги окружностей на плоскости π_1 в лепестках развертки заменяют прямыми, касательными к этим дугам, например: прямая A_1B_1 заменяет дугу $ав$.

На плоскости $\pi_2 \cup I_27_2$ делят на равные части: $I_22_2=2_23_2=\dots=6_27_2$ (чем больше частей – тем точнее развертка). Принимая точки $I_2, 2_2, 3_2, \dots$ за фронтальные проекции отрезков AB, CD, EF , образующих лепестки развертки, строят их горизонтальные проекции $A_1B_1, C_1D_1, E_1F_1, \dots$

На прямой l откладывают отрезок $A_0B_0=A_1B_1$ и через его середину (точка I_0) проводят перпендикуляр k . На этом перпендикуляре откладывают отрезки $[I_02_0]=\cup I_22_2, [2_03_0]=\cup 2_23_2, [3_04_0]=\cup 3_24_2, [4_05_0]=\cup 4_25_2, [5_06_0]=\cup 5_26_2$ и $[6_07_0]=\cup 6_27_2$ и через полученные точки $2_0, 3_0, 4_0, 5_0$ и 6_0 проводят отрезки $[C_0D_0]=[C_1D_1], [E_0F_0]=[E_1F_1]$ и т.д., параллельные прямой A_0B_0 , при этом точки $2_1 \equiv 2_0, 3_1 \equiv 3_0$ и т.д.

По лекалу через полученные точки $A_0, D_0, F_0, \dots, 7_0$ и $B_0, C_0, E_0, \dots, 7_0$ проводят кривые. В результате получается приближенная развертка половины лепестка сферической поверхности. Далее, используя эту часть лепестка, строят недостающую часть развертки.

Примечания:

1. Окружность сферы рекомендуется делить на 12 равных частей (лепестков) при $R > 25$ мм и на 8 – при $R < 25$ мм (R – радиус сферы).
2. Дугу I_27_2 следует делить не менее чем на 4 равные части (6, 8, 10 или 12 частей).

Построение линии пересечения поверхностей на развертке производится по ее точкам с использованием лекал.

Для нахождения положения точки на развертке, например S , определяют ее положение относительно экватора ($\cup I_2S^*_2$) и центральной линии сегмента $[S_1N_1]$, в котором она находится. Далее полученные значения этих величин наносят на развертку, т.е. $[IN] - \cup I_2S^*_2$ и $[SN] = [S_1N_1]$.

4.3. Пример решения РГР № 3

4.3.1. Построение исходных данных.

Вертикальную ось симметрии полусферы размещаем посередине между левой внутренней рамкой формата и левой границей основной надписи (см. прил. 4, рис. 1). По исходным данным строим горизонтальные проекции полусферы и прямой призмы в масштабе $M1:1$ (рис. 23). Проводим ось проекций x и, используя вертикальные линии связей, наносим фронтальные проекции этих тел.

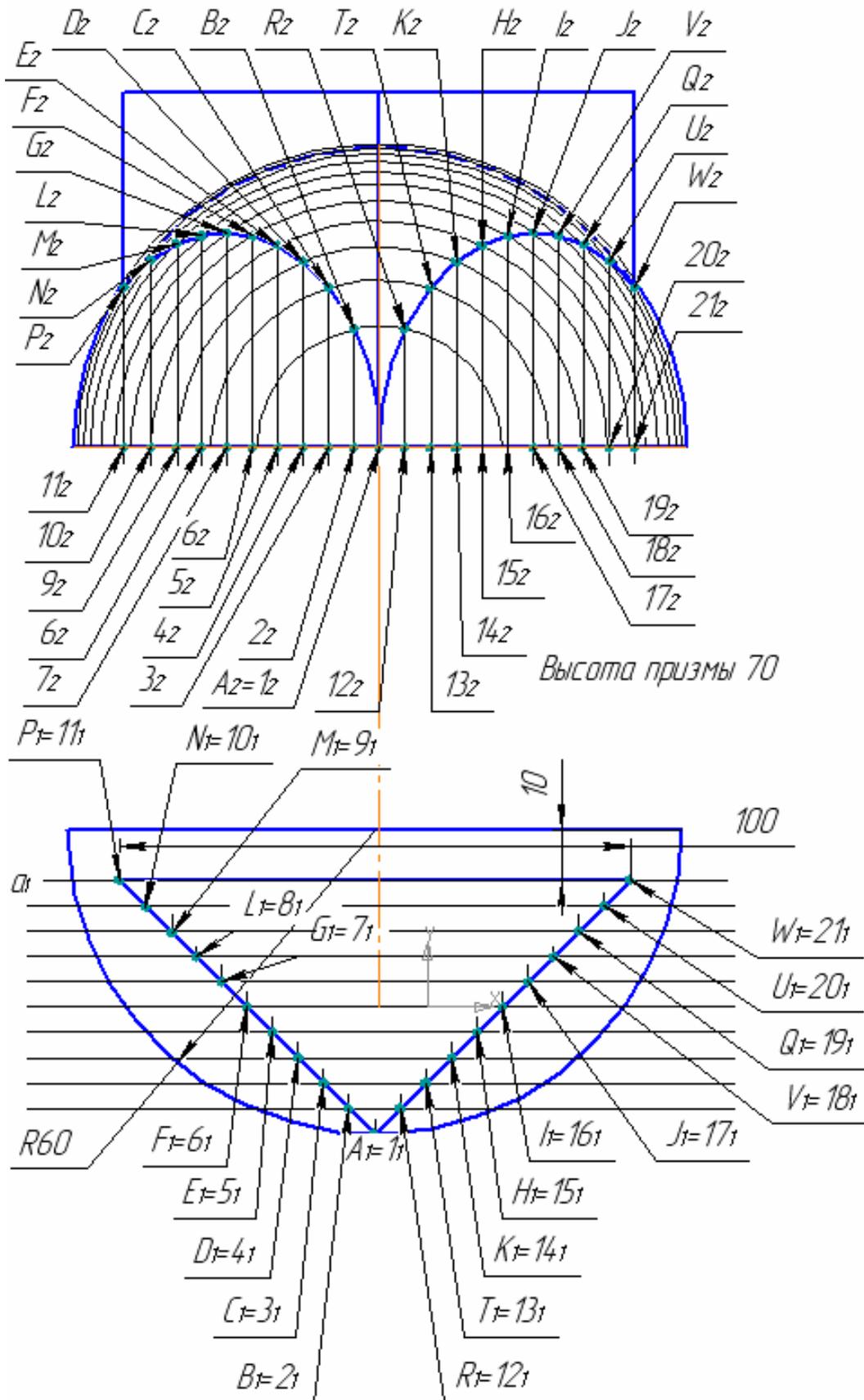


Рис. 23. Построение линии пересечения полусферы и прямой призмы

4.3.2. Построение линии пересечения тел.

Линия пересечения полусферы и прямой призмы – пространственная замкнутая ломаная линия, состоящая из отрезков кривых второго порядка. Точки излома линии пересечения – это точки встречи ребер призмы с поверхностью полусферы, а отрезки кривых являются линиями пересечения граней призмы с поверхностью полусферы.

Исходя из анализа формы и взаимного расположения тел, для построения линии пересечения целесообразно использовать способ вспомогательных плоскостей. В качестве поверхности-посредника выбираем горизонтальную плоскость уровня α . Сечениями плоскостью-посредником α будут являться:

- ✓ для полусферы – половина круга;
- ✓ для прямой призмы – прямоугольник.

Точки пересечения линий, ограничивающих эти сечения, принадлежат линии пересечения тел. Меняя положения плоскости посредника α , набираем необходимое количество точек для построения линии пересечения. Положения перемещения плоскости α показаны перемещением ее проекции α_1 , а сечения тел – ограничивающими линиями.

Проекции точек $A, B, C, D, E, F, G, L, M, N, P, R, T, K, I, J, V, Q, U$ и W пересечения линий сечения тел являются точками линии пересечения тел. Горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с горизонтальным очерком прямой призмы. Фронтальную проекцию строят с учетом ее видимости с использованием лекал по точкам $A_2, B_2, C_2, D_2, E_2, F_2, G_2, L_2, M_2, N_2, P_2, R_2, T_2, K_2, I_2, J_2, V_2, Q_2, U_2$ и W_2 . Обводку построения линии пересечения тел производят с учетом видимости тел относительно друг друга.

4.3.3. Построение развертки одного из тел.

Согласно заданию, развертку можно проводить как для полусферы, так и для прямой трехгранной призмы. Рассмотрим построение развертки прямой призмы (рис. 24).

Боковая поверхность призмы состоит из прямоугольников, а основания представляют собой треугольники. Натуральные величины сторон прямоугольников и треугольников определены по условию задания (см. рис. 23), т.к. ребра призмы являются горизонтально-проецирующими прямыми, а основания – плоскостями уровней.

За начало отсчета выбираем ребро призмы, проходящее через точку I . Направление разворачивания выбираем по часовой стрелке. Последовательно в натуральную величину строим прямоугольники граней боковой поверхности призмы в порядке их появления. Затем, используя принцип построения треугольника по трем известным сторонам, достраиваем основания призмы.

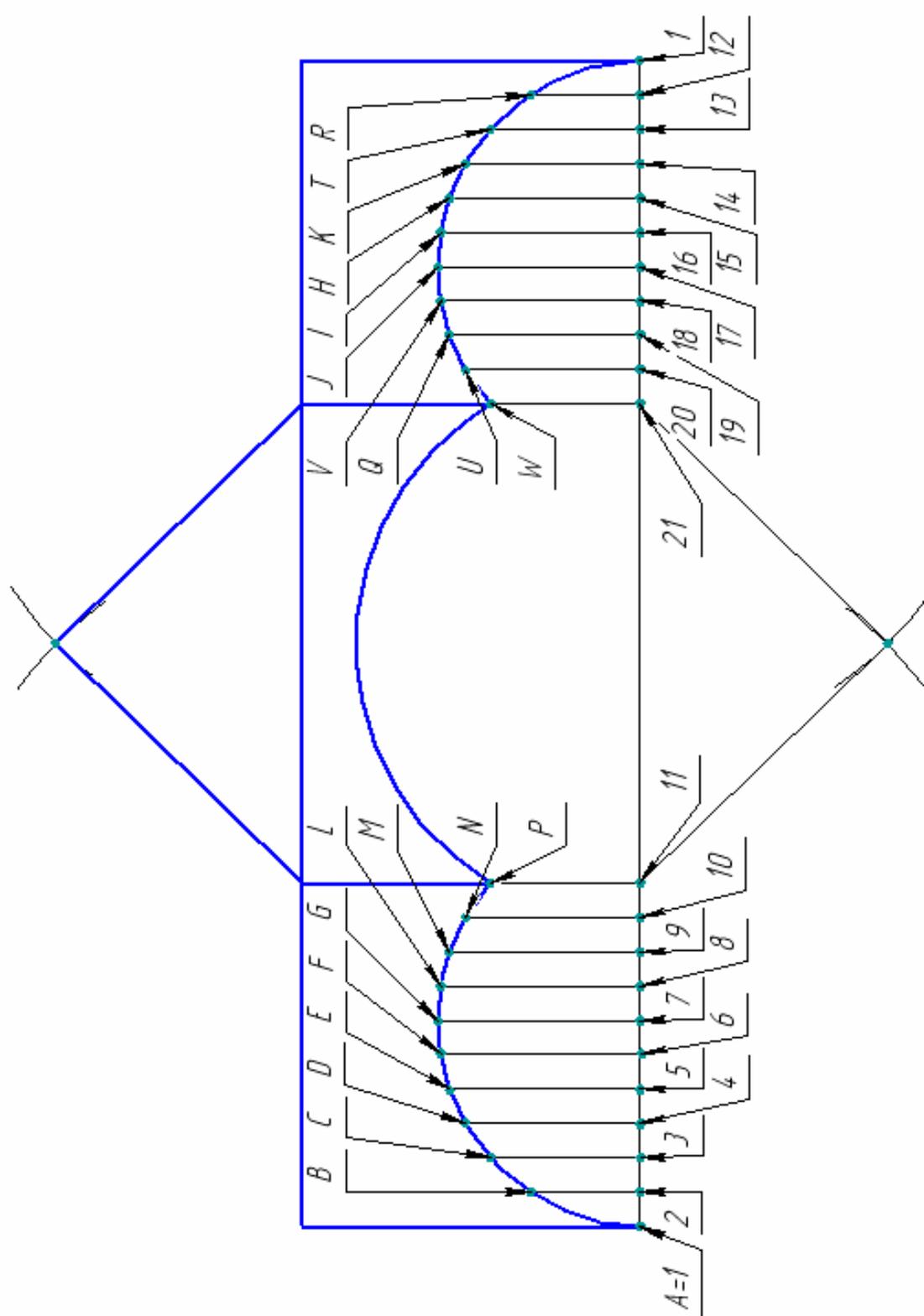


Рис. 24

Построение линии пересечения тел на развертке начинаем с нанесения точек *1.2.3.4.5.6.7.8.9.10.11.12.13.14.15.16.17.18.19.20* и *21*, реальное положение которых определяется на горизонтальной проекции призмы. Через эти точки проводим образующие боковой поверхности призмы (эти образующие будут в натуральную величину). Учитывая равенство отрезков $[B2]=[B_22_2]$, $[C3]=[C_23_2]$, $[D4]=[D_24_2]$, $[E5]=[E_25_2]$, $[F6]=[F_26_2]$, $[G7]=[G_27_2]$, $[L8]=[L_28_2]$, $[M9]=[M_29_2]$, $[N10]=[N_210_2]$, $[P11]=[P_211_2]$, $[R12]=[R_212_2]$, $[T13]=[T_213_2]$, $[K14]=[K_214_2]$, $[H15]=[H_215_2]$, $[I16]=[I_216_2]$, $[J17]=[J_217_2]$, $[V18]=[V_218_2]$, $[Q19]=[Q_219_2]$, $[U20]=[U_2]=[U_220_2]$, и $[W21]=[W_221_2]$, на соответствующих образующих определяем положения точек *A, B, C, D, E, F, G, L, M, N, P, R, T, K, I, J, V, Q, U* и *W*. По полученным точкам, с использованием лекал, строим линию пересечения тел.

Обводку развертки осуществляем с учетом видимости тел (линии пересечения).

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается общий способ построения взаимного пересечения двух поверхностей?
2. Что собой представляет линия пересечения двух многогранников?
3. Что собой представляет линия пересечения многогранника с поверхностью второго рода?
4. Что собой представляет линия пересечения двух поверхностей второго рода?
5. В чем сущность способа вспомогательных секущих плоскостей в построении линии пересечения двух поверхностей?
6. Когда можно использовать вспомогательные сферы при построении линии пересечения поверхностей?
7. В чем заключается сущность построения развертки пирамиды?
8. Какие допущения принимаются при построении развертки прямого и наклонного конусов?
9. В чем заключается сущность метода раскатки при построении развертки призмы?
10. Какие допущения принимаются при построении развертки прямого и наклонного цилиндров?
11. В чем заключается сущность методики построения развертки сферической поверхности?

5. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

5.1. Постановка задачи

Основной целью настоящей расчетно-графической работы является изучение основных требований к выполнению чертежей, а также правил и условностей проекционного черчения, освоение способов изображения геометрических тел и технических деталей на плоскостях проекций, правил построения видов, разрезов, сечений, приобретение навыков в чтении и выполнении проекционных чертежей и аксонометрических проекций.

Состав задания:

- по двум видам технической детали вычертить три ее вида;
- нанести необходимые разрезы;
- просчитать и проставить размеры;
- построить аксонометрическое изображение технической детали с вырезом.

Работа выполняется на листе чертежной бумаги формата А3 с соблюдением всех правил и условностей проекционного черчения. На чертеже число изображений – видов, сечений, разрезов – должно быть минимальным, но достаточным для полного показа наружных и внутренних поверхностей и для нанесения всех необходимых размеров, знаков и надписей. Для получения наглядного и выразительного чертежа необходимо правильно выбрать масштаб и рационально расположить все принятые изображения. Виды и разрезы должны равномерно заполнять поле чертежа. Промежутки между ними должны быть достаточными для простановки размеров и указания секущих плоскостей. Сами виды должны отстоять от края рамки не менее чем на 15...20 мм. Надписи и буквенные обозначения, относящиеся к видам, разрезам и сечениям, располагают параллельно основной надписи чертежа.

Варианты заданий приведены в прил. 5, а пример оформления показан на рис. I (прил. 5).

5.2. Построение недостающего вида

5.2.1. Понятия о видах.

При выполнении технических чертежей применяют различные проекционные изображения, главным образом прямоугольные (ортогональные) проекции предмета. Всякая техническая деталь или сооружение представляет собой комплекс геометрических тел. При составлении чертежа и чтении его необходимо уметь находить эти составляющие геометрической формы, а также строить сечения, разрезы, линии пересечения и т.д.

Чертёж должен давать полное представление о форме изображённого предмета, его устройстве, материале, из которого он изготовлен, и содержать сведения о способах его изготовления. Вместе с тем чертёж предмета должен быть лаконичным, в нем должно быть представлено минимальное количество изображений, достаточных для чтения чертежа, изготовления по нему предмета и его контроля.

Для лучшего понимания и чтения чертежи составляются по общим правилам. Все требования к оформлению чертежей должны быть единообразными. Поэтому при составлении чертежей необходимо руководствоваться основными правилами и положениями ГОСТов единой системы конструкторской документации (ЕСКД), системы проектной документации для строительства (СПДС) и системы конструкторской документации СЭВ (СКДС).

Изображения на чертежах в зависимости от их содержания подразделяются на виды, разрезы, сечения. Правила изображений предметов установлены ГОСТ 2.305–68.

Изображения предметов выполняются по методу прямоугольного проецирования. При этом предмет размещается между наблюдателем и соответствующими плоскостями проекций (рис. 25).

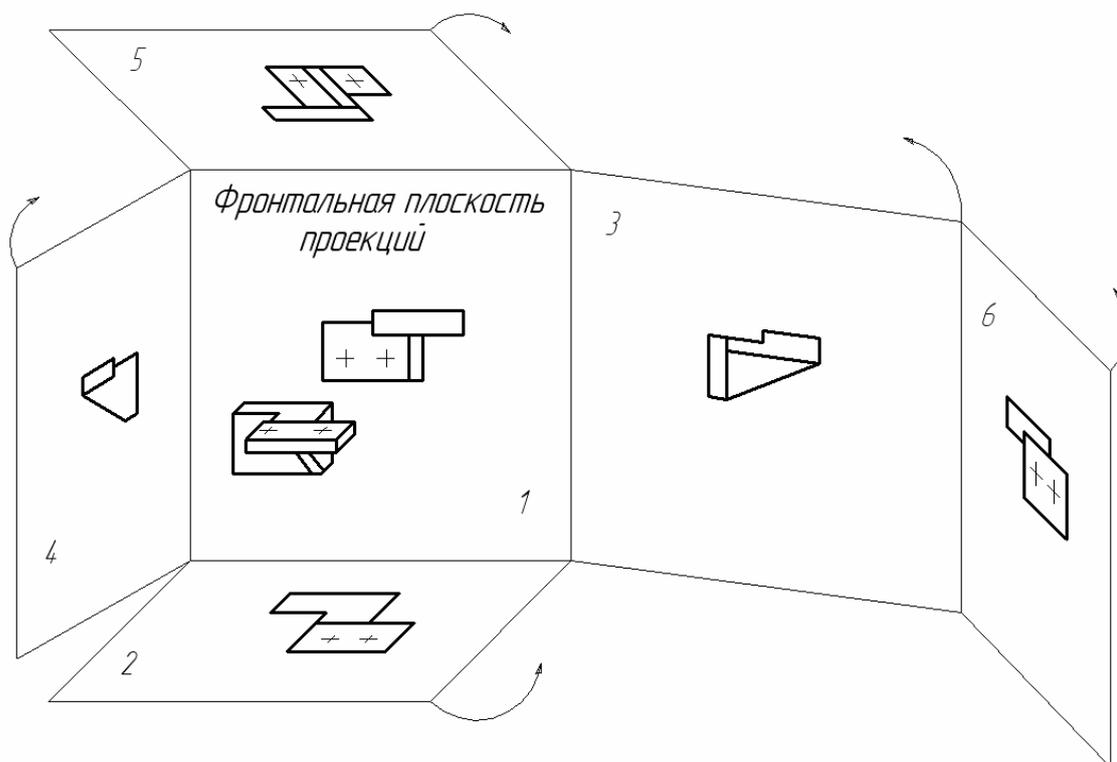


Рис. 25

За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба, внутри которого располагается предмет. Грани 1, 2 и 3 соответствуют фронтальной, горизонтальной и профильной плоскостям проекций. Такие проекции называются ортогональными проекциями.

Грани куба с полученными на них изображениями совмещают с плоскостью чертежа (рис. 26). При этом грань 6 можно расположить рядом с гранью 4. Изображение на фронтальной плоскости проекций считается главным.

Предмет размещают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало полное представление о форме и размерах предмета, несло наибольшую информацию о нём.

Количество изображений – видов, разрезов, сечений – должно быть минимальным, но достаточным для полного показа предмета при применении установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

Видом называется изображение, обращённое к наблюдателю видимой частью поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части предмета с помощью штриховых линий.

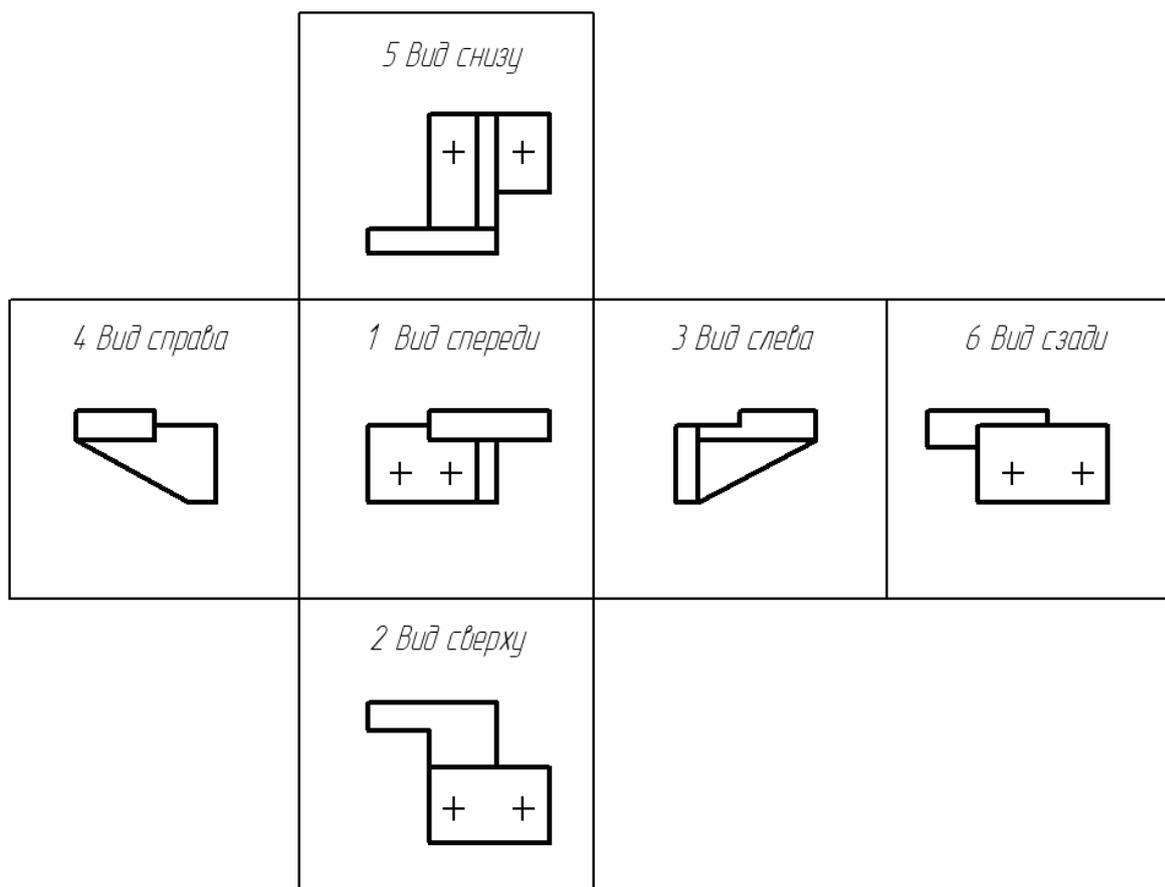


Рис. 26

По содержанию и характеру выполнения виды делятся на основные, дополнительные и местные.

ГОСТ 2.305–68 устанавливает следующие названия основных видов, получаемых на основных плоскостях проекций (см. рис. 25 и 26):

- **вид спереди, или главный вид** (на фронтальной плоскости проекций);
- **вид сверху** (на горизонтальной плоскости проекций);
- **вид слева** (на профильной плоскости проекций);
- **вид справа** (на плоскости, противоположной профильной плоскости проекций);
- **вид снизу** (на плоскости, противоположной горизонтальной плоскости проекций);
- **вид сзади** (на плоскости, противоположной фронтальной плоскости проекций).

При таком расположении видов проекции каждой точки изображённого предмета размещаются на разных видах не произвольно, а в соответствии с правилами начертательной геометрии и лежат на общих прямых линиях; причем проекции любой точки, находящейся на главном виде, видах справа, слева и сзади, располагаются на общей горизонтальной прямой, проекции же, находящиеся на главном виде, видах сверху и снизу, – на общей вертикальной прямой. Таким образом, основные виды находятся в проекционной связи между собой. В этом случае название видов на чертеже подписывать не нужно. Обычно для полного понимания формы и размеров простой детали достаточно главного вида, вида сверху и вида слева.

Если какую-либо часть предмета невозможно показать на основных видах, то ГОСТ допускает применять дополнительные и местные виды.

5.2.2. Построение третьего вида по двум известным видам.

Чтобы успешно выполнять и читать чертежи, надо научиться строить третий вид предмета по двум данным, которые заданы на чертеже.

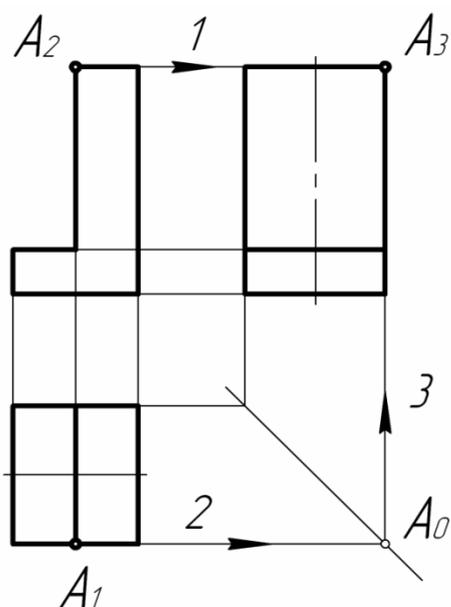
Пусть известны главный вид и вид сверху. Необходимо построить вид слева.

Для построения третьего вида по двум известным применяют два основных способа.

- Построение третьего вида с помощью вспомогательной прямой.

Для того чтобы перенести размер ширины детали с вида сверху на вид слева, удобно воспользоваться вспомогательной прямой (рис. 27 а, б). Эту прямую удобнее провести справа от вида сверху под углом 45° к горизонтальному направлению.

а



б

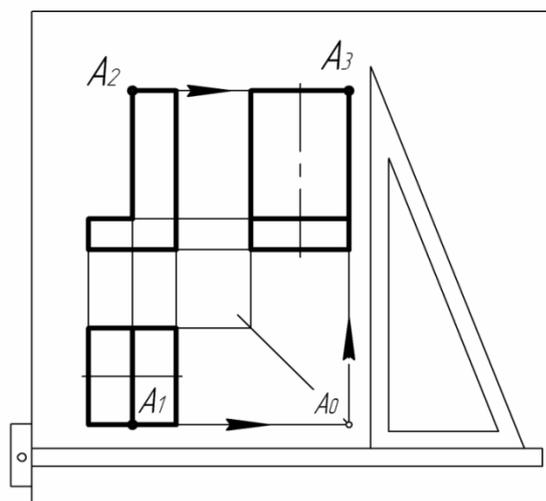


Рис. 27

Чтобы построить третью проекцию A_3 вершины A , проведём через её фронтальную проекцию A_2 горизонтальную прямую 1 . На ней будет находиться искомая проекция A_3 . После этого через горизонтальную проекцию A_1 проведём горизонтальную прямую 2 до пересечения ее со вспомогательной прямой в точке A_0 . Через точку A_0 проведём вертикальную прямую 3 до пересечения с прямой 1 в искомой точке A_3 .

Аналогично строятся профильные проекции остальных вершин предмета.

После того как проведена вспомогательная прямая под углом 45° , построение третьей проекции также удобно выполнять с помощью рейсшины и треугольника (рис. 27, б). Вначале через фронтальную проекцию A_2 проведём горизонтальную прямую. Проводить горизонтальную прямую через проекцию A_1 нет необходимости, достаточно, приложив рейсшину, сделать горизонтальную засечку в точке A_0 на вспомогательной прямой. После этого, немного сдвинув рейсшину вниз, прикладываем угольник одним катетом к рейсшине так, чтобы второй катет прошёл через точку A_0 , и отмечаем положение профильной проекции A_3 .

- Построение третьего вида с помощью базовых линий.

Для построения третьего вида необходимо определить, какие линии чертежа целесообразно принять за базовые для отсчёта размеров изображений предмета. В качестве таких линий принимают обычно осевые линии (проекции плоскостей симметрии предмета) и проекции плоскостей оснований предмета. Разберём на примере (рис. 28) построение вида слева по двум данным проекциям предмета.

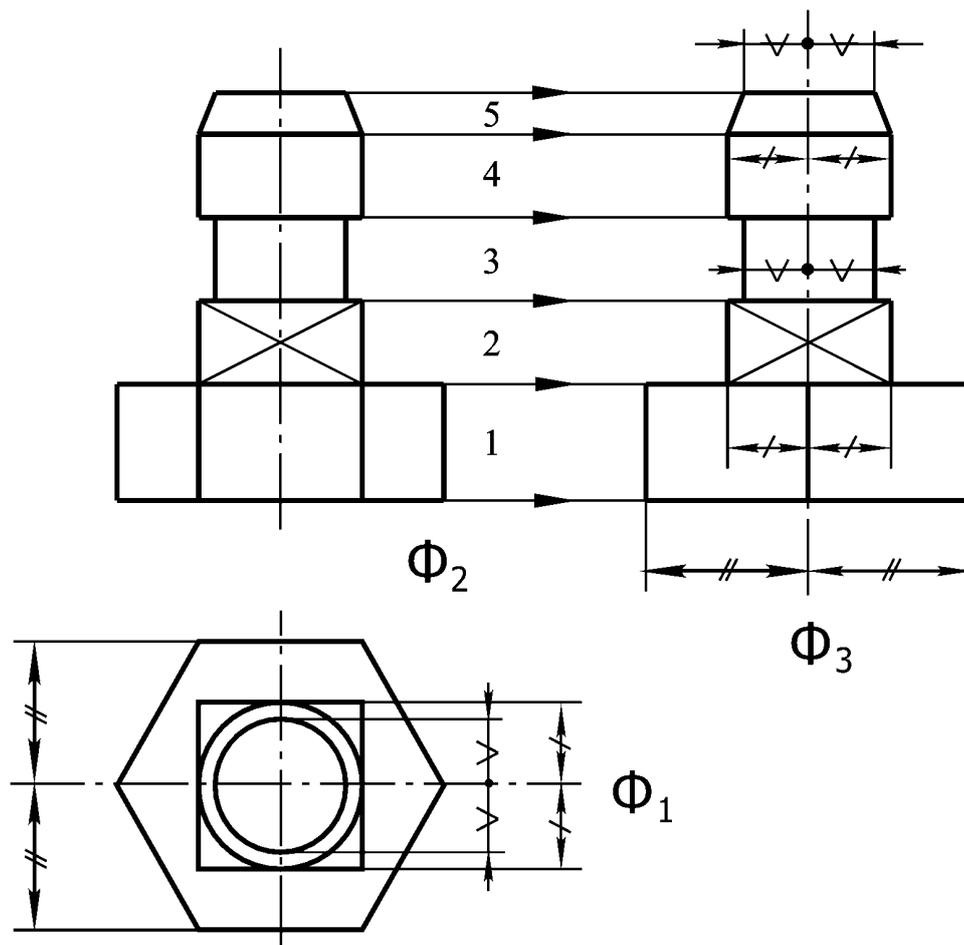


Рис. 28

Сопоставив оба изображения, устанавливаем, что поверхность предмета включает в себя поверхности: правильной шестиугольной 1 и четырёхугольной 2 призм, двух цилиндров 3 и 4 и усечённого конуса 5. Предмет имеет фронтальную плоскость симметрии Φ , которую удобно принимать за базу отсчёта размеров по ширине отдельных частей предмета при построении его вида слева. Высоты отдельных участков предмета отсчитываются от нижнего основания предмета и контролируются горизонтальными линиями связи.

Форма многих предметов усложняется различными срезами, вырезами, пересечением составляющих поверхностей. Тогда предварительно нужно определить форму линий пересечения, построить их по отдельным точкам, вводя обозначения проекций точек, которые после выполнения построений могут быть удалены с чертежа.

На рис. 29 представлен вид слева предмета, поверхность которого образована поверхностью вертикального цилиндра вращения с *T*-образным вырезом в его верхней части и цилиндрическим отверстием, занимающим

фронтально-проецирующее положение. В качестве базовых плоскостей взяты плоскость нижнего основания и фронтальная плоскость симметрии Φ . Изображение T -образного выреза на виде слева построено с помощью точек A, B, C, D и E контура выреза, а линия пересечения цилиндрических поверхностей – с помощью точек K, L, M и им симметричных. При построении третьего вида учтена симметрия предмета относительно плоскости Φ .

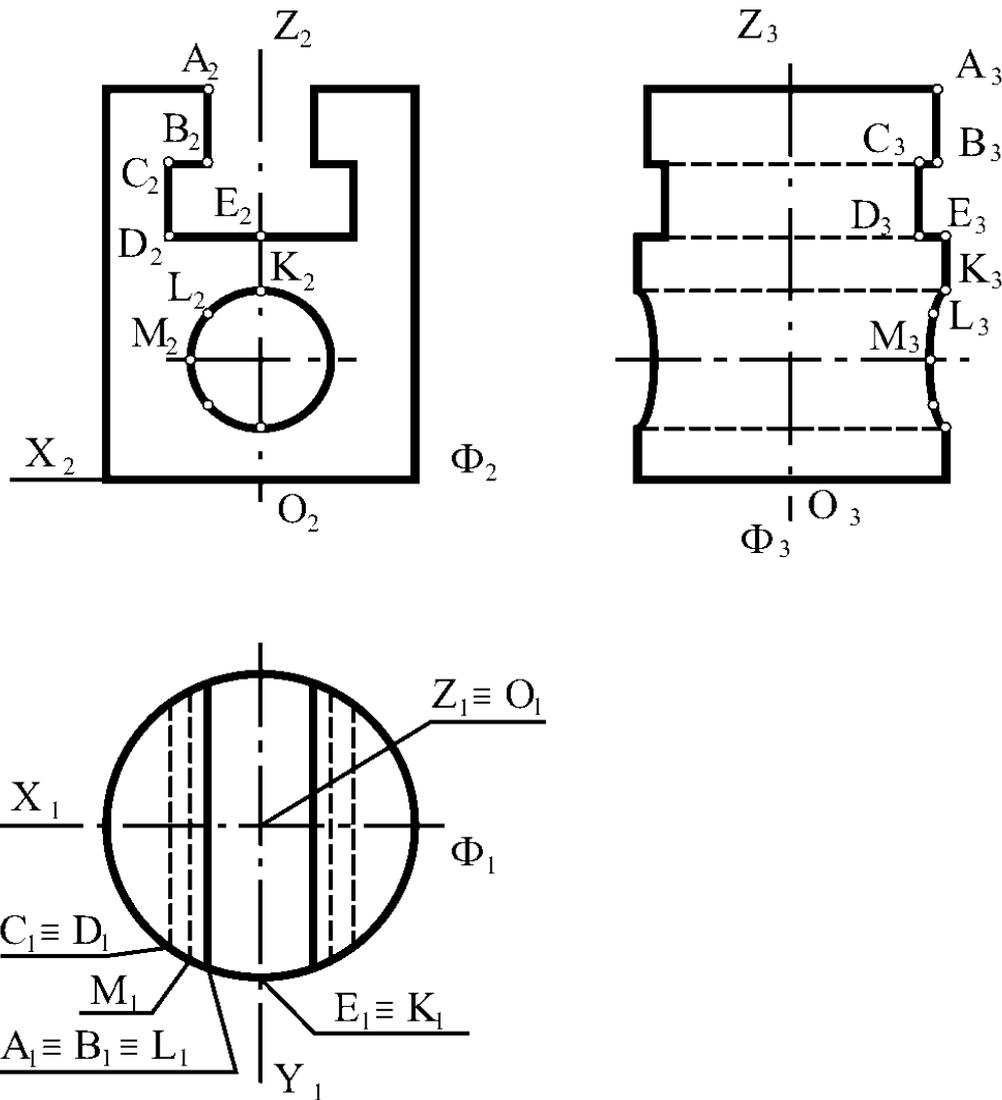


Рис. 29

5.2.3. Построение линий перехода.

Очень многие детали содержат линии пересечения всевозможных геометрических поверхностей. Эти линии называются линиями перехода. На рис. 30 изображена крышка подшипника, поверхность которой ограничена поверхностями вращения: коническими и цилиндрическими.

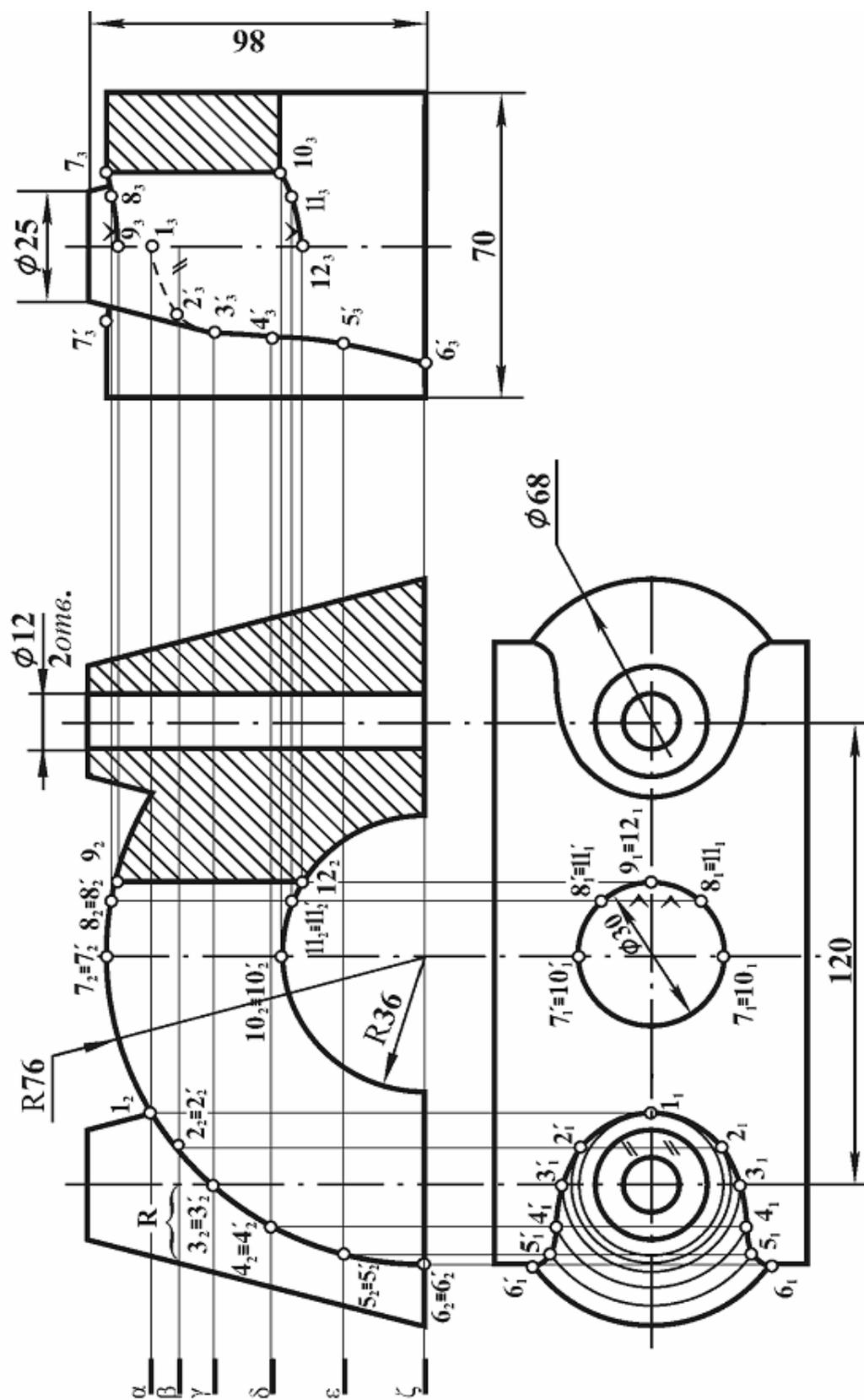


Рис. 30

Линия пересечения строится с помощью вспомогательных секущих плоскостей (см. разд. 4).

Определяются характерные точки линии пересечения:

1) точки, наивысшие и наинизшие по отношению к плоскости Π_1 , например 1 и $6, 6'$;

2) точки, отделяющие видимую часть проекции линии пересечения от невидимой, например 3 и $3'$ на Π_3 .

Линия пересечения цилиндрической $R76$ и конических поверхностей строится с помощью вспомогательных секущих плоскостей $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \eta$. Например, плоскость β пересекает конус по окружности радиуса R , а цилиндр – по его образующей. Пересекаясь между собой на плоскости Π_1 , сечения определяют положение точек 2 и 2^1 . Все остальные точки строятся аналогично.

5.3. Построение разрезов

Разрезом называется изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе (рис. 31) показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней. Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Согласно ГОСТ 2.303–68 линию сечения изображают разомкнутой линией, толщина которой в полтора раза больше толщины линии видимого контура. Длину ее штрихов выбирают от 8 до 20 мм, в зависимости от величины изображения. Штрихи этой линии не должны пересекать контур изображения. Стрелки, указывающие направление взгляда, наносят от конца штриха на расстоянии $1/3$ длины штриха (рис. 32). У начала и конца линии сечения ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. Разрез должен быть отмечен надписью « $A-A$ », т.е. двумя буквами через тире.

Размер букв у линии сечения и в надписи, отмечающей разрез, больше, чем размер цифр размерных чисел на том же чертеже, и соответствует размеру прописной буквы стандартного шрифта, ближайшего большего к шрифту, которым написаны размерные числа (см. рис. 31).

Всякий разрез содержит сечение, которое заштриховывается.

В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций все разрезы подразделяются на горизонтальные, вертикальные и наклонные.

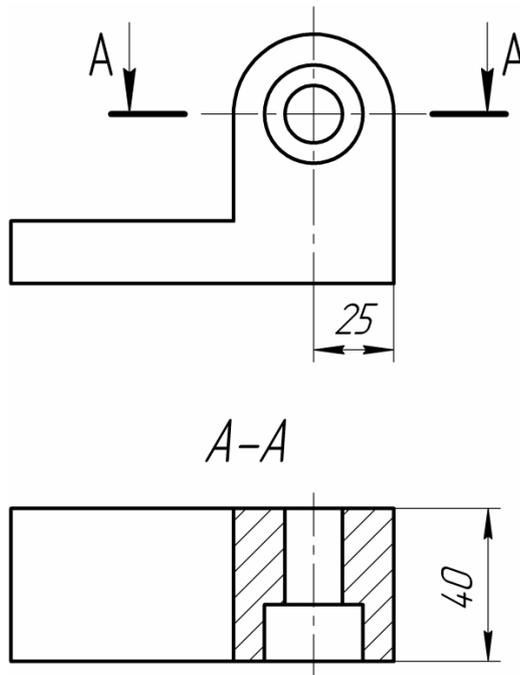


Рис. 31

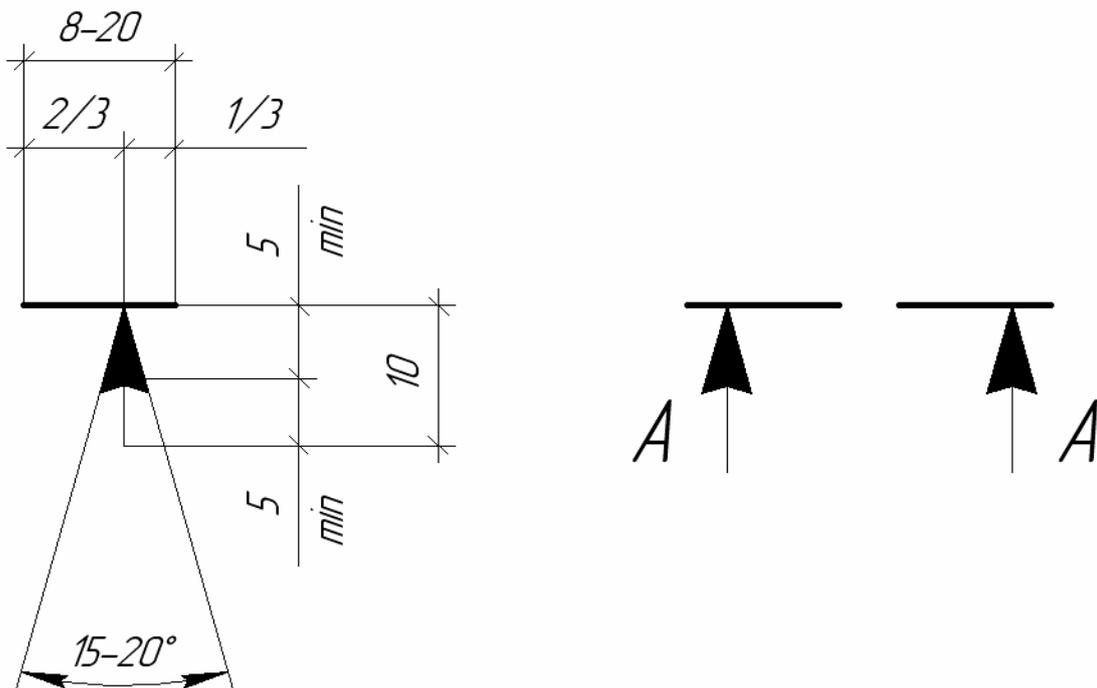


Рис. 32

Горизонтальные разрезы – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (рис. 33). Горизонтальные разрезы обычно располагаются на месте вида сверху или вида снизу.

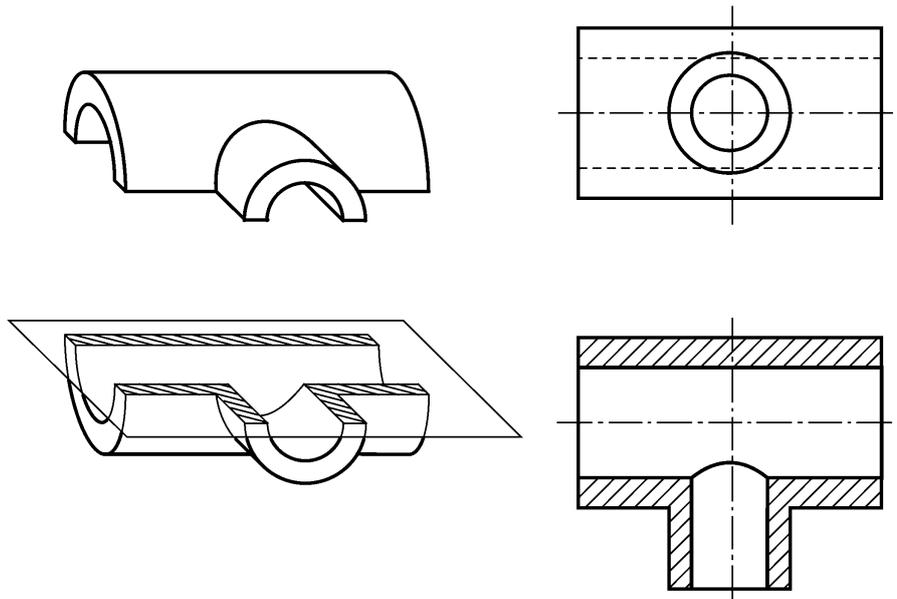


Рис. 33

Вертикальные разрезы – секущая плоскость перпендикулярна к горизонтальной плоскости проекций. Вертикальный разрез называется фронтальным, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости (например, на месте главного вида, рис. 34), и профильным, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (например, разрез на месте вида слева).

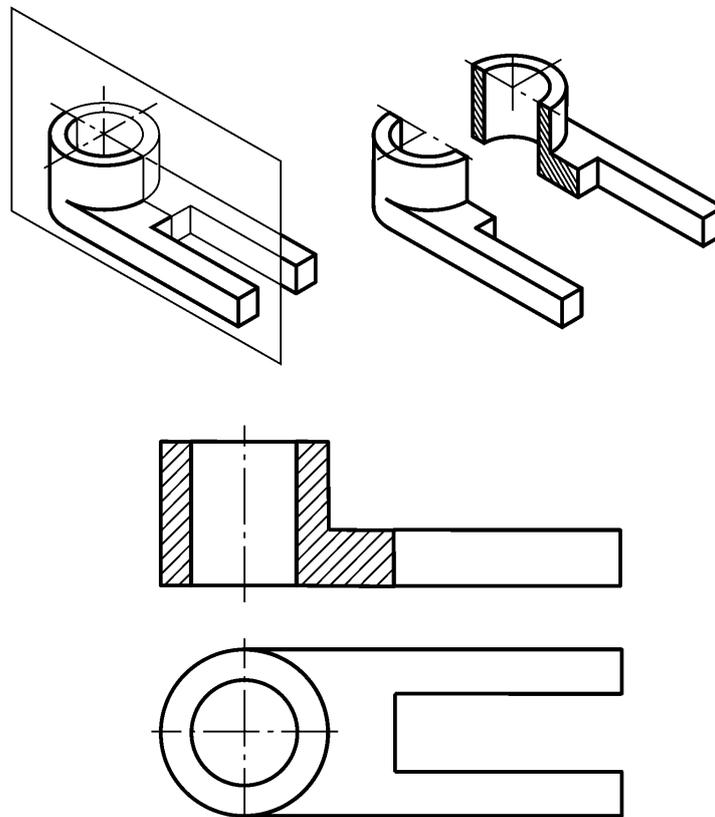


Рис. 34

Разрез называется *продольным*, если секущая плоскость направлена вдоль длины или высоты предмета.

Разрез называется *поперечным*, если секущая плоскость перпендикулярна длине или высоте предмета.

Для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов не указывают положение секущей плоскости, сам разрез не отмечают надписью в случае, когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предметов в целом и соответствующие изображения расположены в проекционной связи (например, разрез на месте главного вида, см. рис. 34).

Все перечисленные выше разрезы относятся к *простым* – они выполняются при наличии одной секущей плоскости; при наличии нескольких секущих плоскостей разрезы относятся к *сложным* (рис. 35).

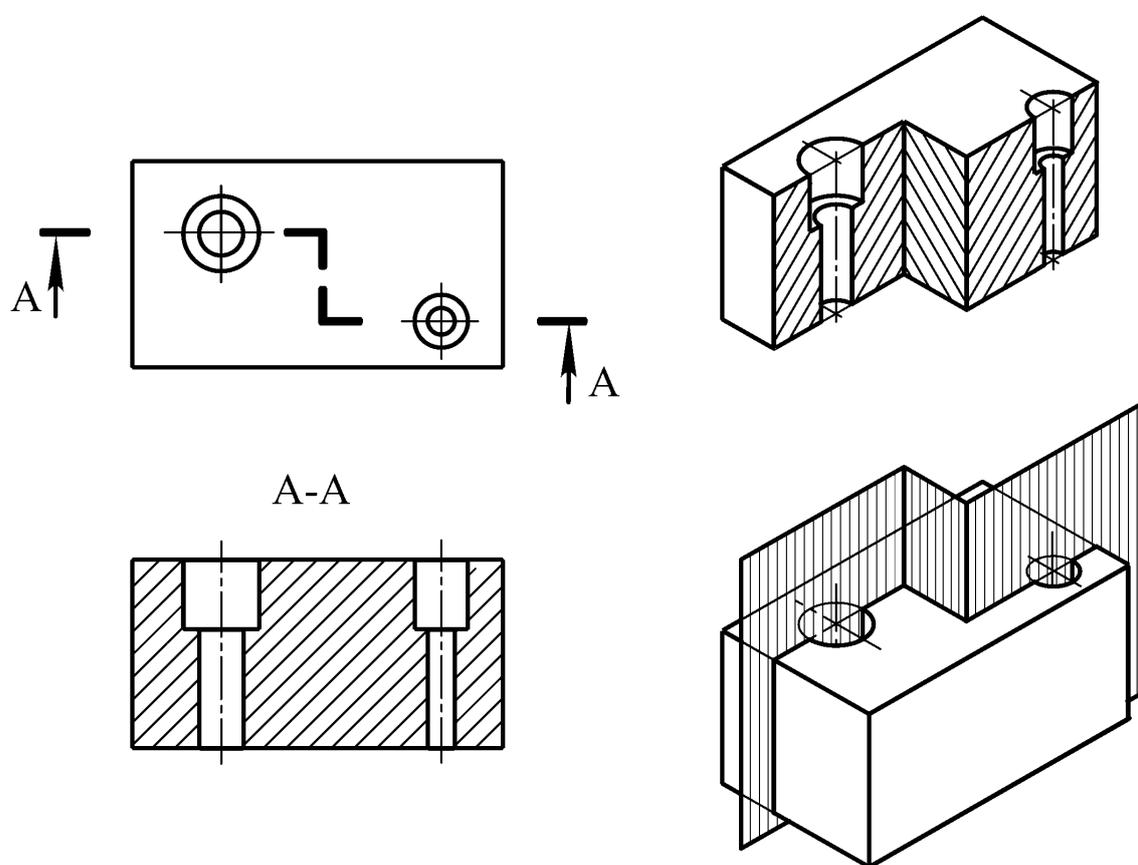


Рис. 35

Разрезы, выполняемые при изображении данного предмета, не зависят один от другого.

В сложном разрезе штрихи линии сечения проводят также и у перегибов этой линии. В случае необходимости у перегибов линии сечения ставят ту же прописную букву, что и у начала и конца этой линии. На самом разрезе (изображении) линии разграничения секущих плоскостей не показывают, т.е. как будто разрез сделан одной плоскостью.

Сложные разрезы называются *ломаными*, если секущие плоскости пересекаются (например, разрез *A-A* на рис. 36).

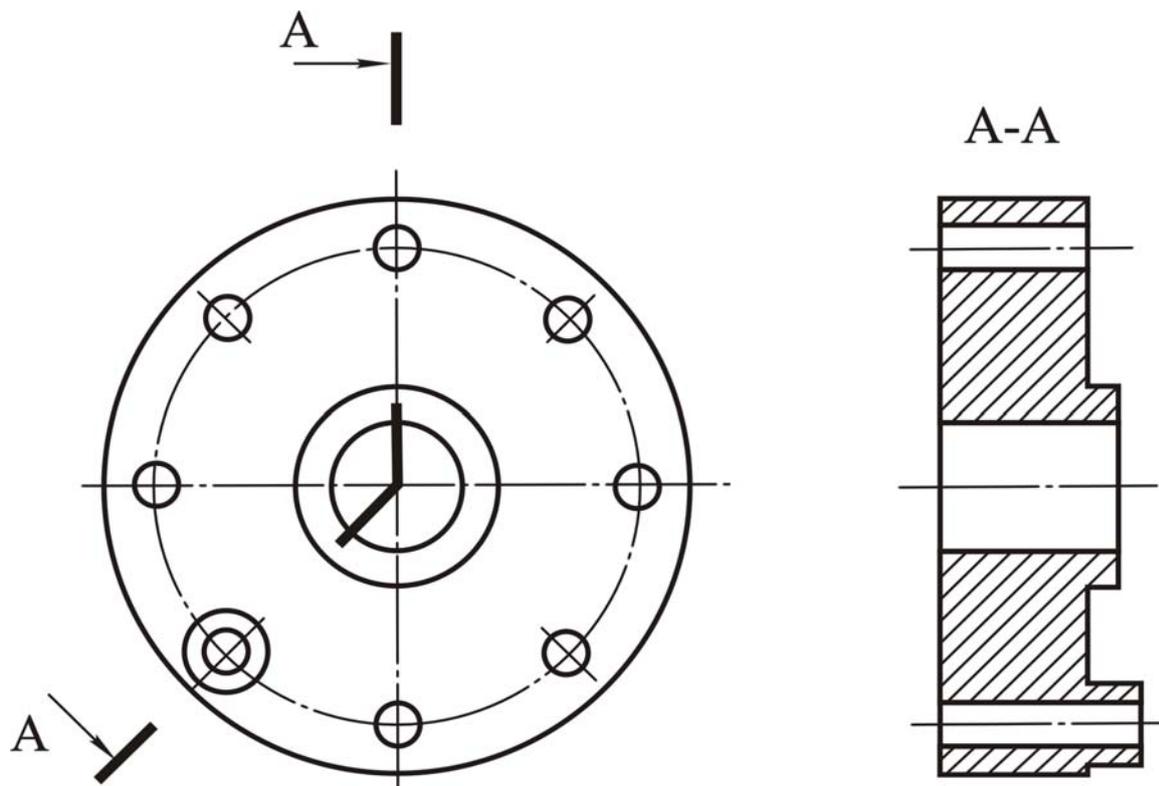


Рис. 36

Сложные разрезы называются *ступенчатыми*, если секущие плоскости параллельны (например, ступенчатый фронтальный разрез *A-A* на рис. 37).

При ломаных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость. Если совмещенные плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез может быть помещен на месте соответствующего вида. Так, например, наклонная плоскость, проходящая через бобышку детали (см. рис. 36), повернута до вертикального положения; теперь обе секущие плоскости ломаного разреза параллельны профильной плоскости проекций, и разрез *A-A* помещен на месте вида слева.

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется *местным*. Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией (рис. 38). Эта линия не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения. В соответствии с ГОСТ 2.303–68 толщина сплошной волнистой линии берется в пределах от половины до одной трети толщины сплошной основной линии чертежа.

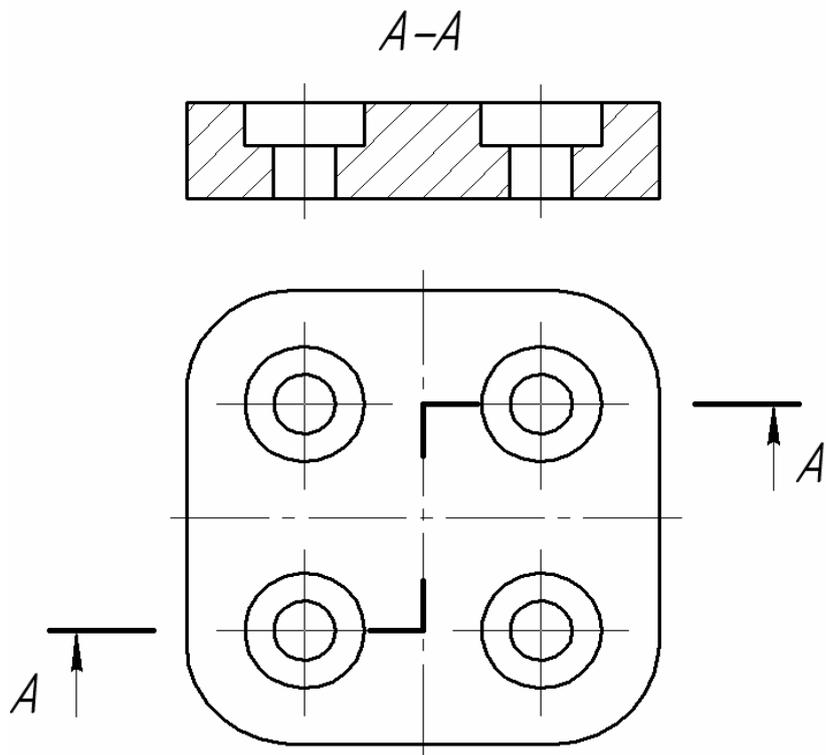


Рис. 37

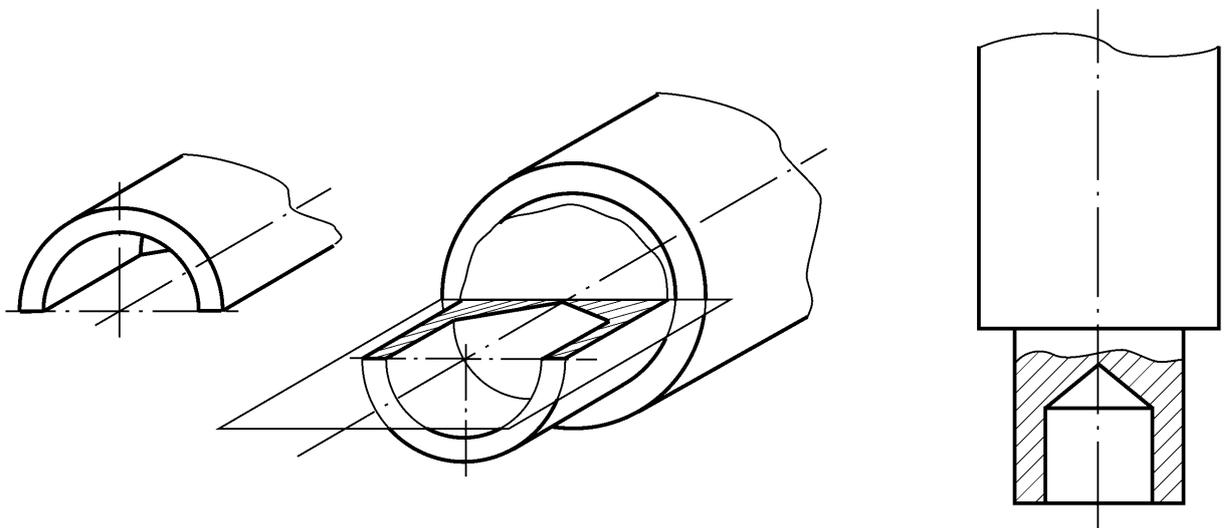


Рис. 38

Местный разрез не надписывается и не обозначается.

На одном изображении допускается соединять часть вида и часть разреза. Линии невидимого контура на соединяемых частях вида и разреза обычно не показываются.

В случае соединения симметричных частей вида и разреза разделяющей линией служит ось симметрии – штрихпунктирная тонкая линия (см. ГОСТ 2.303–68), при этом половину разреза рекомендуется помещать справа от вертикальной оси симметрии (рис. 39, б) и ниже горизонтальной оси симметрии (рис. 39, а).

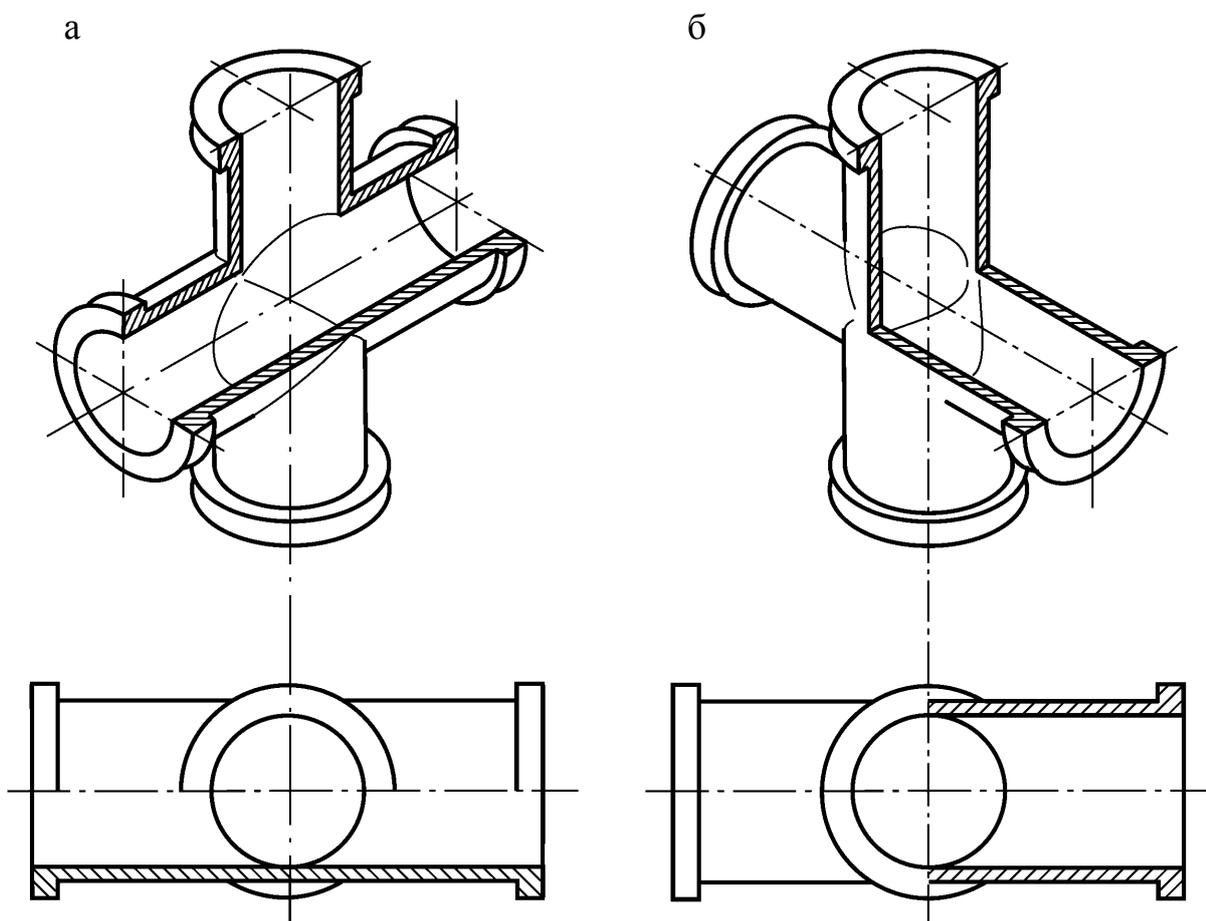


Рис. 39

Примечания:

1. Если с осью симметрии совпадает контурная линия (например ребро), то на изображении показывают эту контурную линию, а линией раздела служит сплошная волнистая линия.

2. Такие элементы детали, как ребра жесткости и тонкие стенки типа ребер жесткости, в разрезе показывают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль длинной стороны соответствующего элемента.

3. Если групповые отверстия в круглом фланце, торце и т.п. не попадают в плоскость разреза, то одно из этих отверстий условно поворачивают до плоскости разреза и показывают его разрезанным, но это не обозначают и не надписывают.

4. Не следует делать бесполезные разрезы, если никаких внутренних особенностей формы они не выявляют.

5. Надписи и буквенные обозначения, относящиеся к видам, разрезам и сечениям, располагают параллельно основной надписи чертежа.

5.4. Нанесение размеров

Обычно детали выполняются по чертежу; поэтому на чертеже проставляются все те размеры, которые позволят затем её изготовить.

Крайне затруднительно дать в данном пособии все сведения, относящиеся к нанесению размеров. Ограничимся лишь общими представлениями о нанесении размеров на чертеже.

Линейные размеры на чертеже дают в миллиметрах без указаний на единицу измерения. При отступлении от этого правила к соответствующим размерным числам добавляется единица измерения или оговаривается это на чертеже особым способом.

На чертеже необходимо выполнить такое количество размеров, которое позволило бы полностью перечертить данный чертёж, пользуясь только нанесёнными размерами и не производя новых измерений.

Проставляя каждый размер, следует спрашивать себя: удобно ли будет использовать его при выполнении детали?

При изготовлении детали основанием для суждения о её размерах служат только цифровые обозначения, проставленные на чертеже, независимо от масштаба последнего. (При вычерчивании предмета в масштабе, отличном от натурального, на чертеже дают фактические размеры этого предмета.)

Каждый размер следует указывать на чертеже только один раз; повторение размеров возможно лишь в виде исключения. Размеры на чертеже не допускается наносить в виде замкнутой цепи, кроме случаев, когда один из размеров указан как справочный.

Изготовление предмета выполняется по размерам, проставленным на чертеже. Поэтому особенно аккуратно должны быть написаны размерные числа. Размерные числа нельзя разделять или пересекать какими-либо линиями. Написание размерных чисел должно соответствовать стандартному шрифту. Высота цифр должна быть всюду одинаковой для данного чертежа и равной примерно 3,5 мм. Зазор между размерным числом и размерной линией – около 1 мм.

Размерная линия проводится параллельно тому отрезку, размер которого указывается (рис. 40). На чертежах общего вида она проводится на расстоянии не менее 10 мм от линии наружного контура; расстояние между параллельными размерными линиями должно быть в пределах 6...10 мм.

Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных; необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий.

Выносные линии проводятся от линий видимого контура и располагаются как вне контура детали, так и внутри него. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерных линий на 1...5 мм.

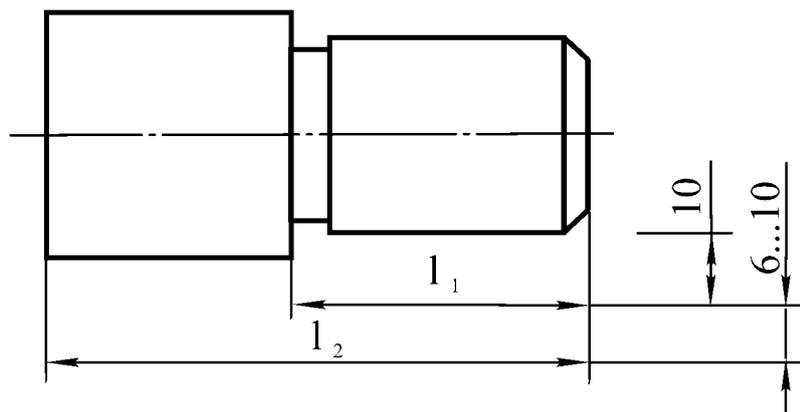


Рис. 40

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагаются, как показано на рис. 41. Следует по возможности избегать проведения размерных линий в пределах угла 30° , отмеченного на рисунке штриховкой.

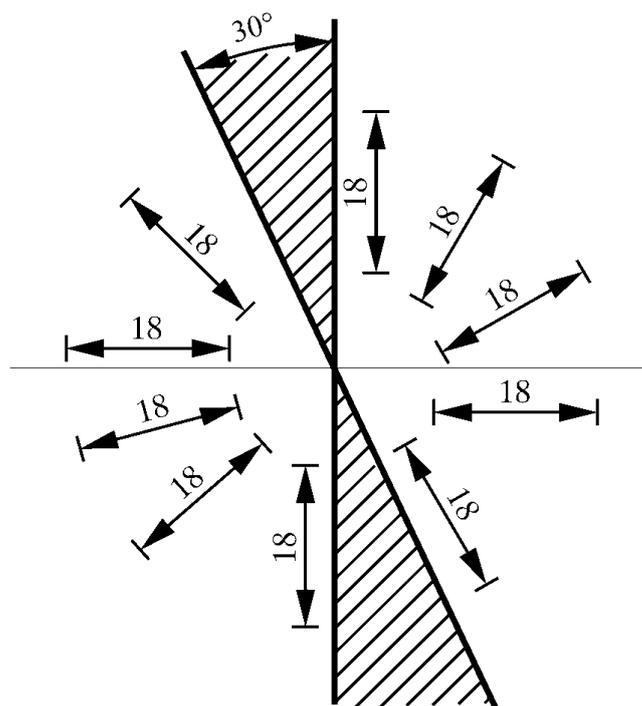


Рис. 41

Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые и линии штриховки прерывают (рис. 42, 43).

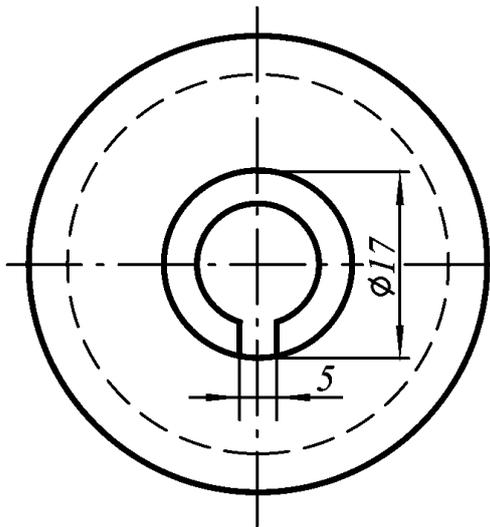


Рис. 42

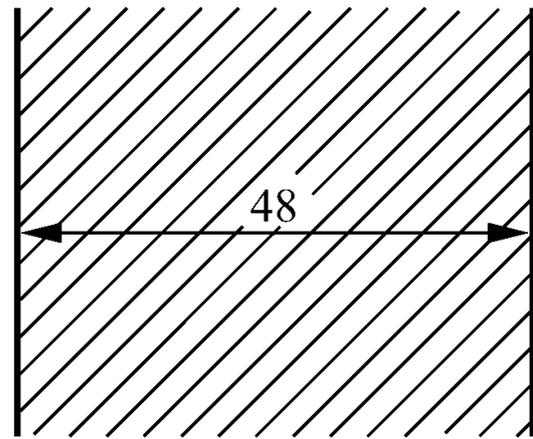


Рис. 43

Размерные числа предпочтительно наносить вне контура чертежа. Для равномерного распределения размерных чисел по полю чертежа и для удобства чтения можно указывать размерные числа также и внутри контура (рис. 44).

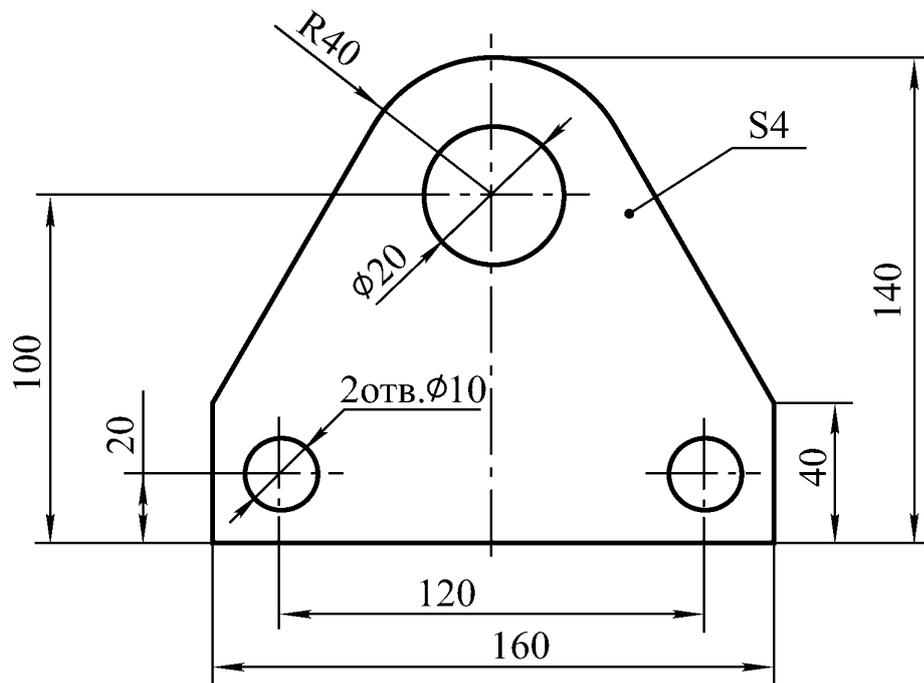


Рис. 44

При нанесении нескольких параллельных размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними располагают в шахматном порядке (рис. 45).

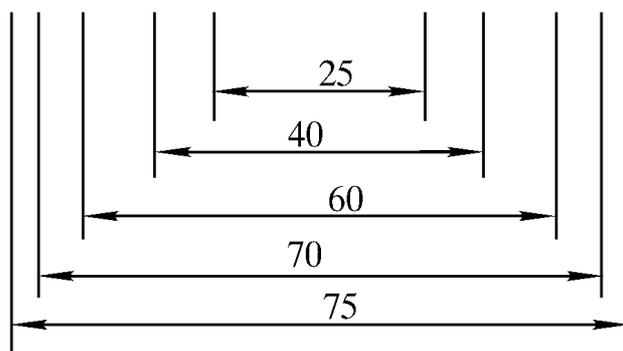


Рис. 45

Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок, то размерную линию продолжают за выносные и стрелки наносят, как показано на рис. 46.

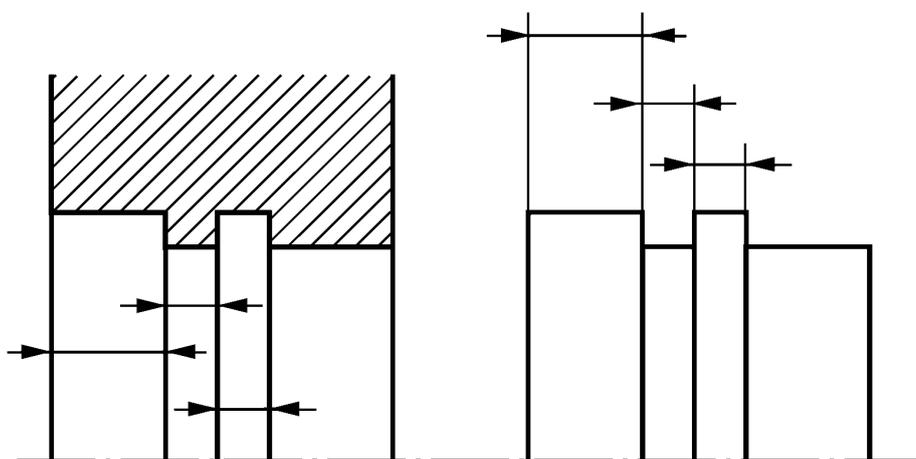


Рис. 46

При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять чётко наносимыми точками или засечками, проведёнными под углом 45° к размерным линиям (рис. 47).

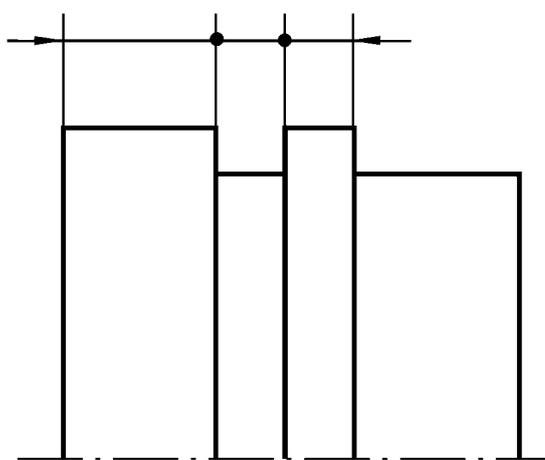


Рис. 47

При простановке диаметра окружности применяют знак \varnothing . Он состоит из небольшой окружности, которую пересекает чёрточка, проходящая через центр и наклонённая к строке под углом 45° . Этот знак имеет высоту, равную высоте следующего за знаком числа, например $\varnothing 10$.

При нанесении размера диаметра окружности стрелки ставят у дуги с обеих сторон; допускается также наносить лишь одну стрелку на размерной линии, если линия проведена чуть более половины длины (рис. 48). Нельзя помещать размер диаметра в центре окружности.

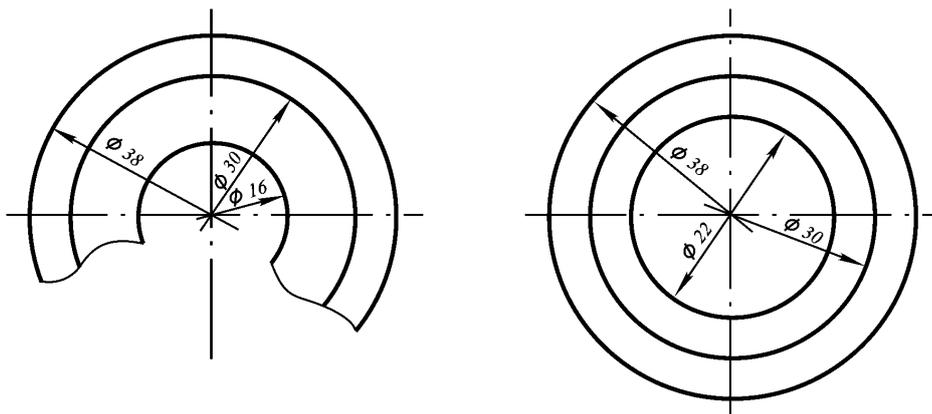


Рис. 48

Размерные линии с обрывом применяют, если вид или разрез симметричного изделия или отдельных симметрично расположенных элементов изображают только до оси или до линии обрыва детали (рис. 49).

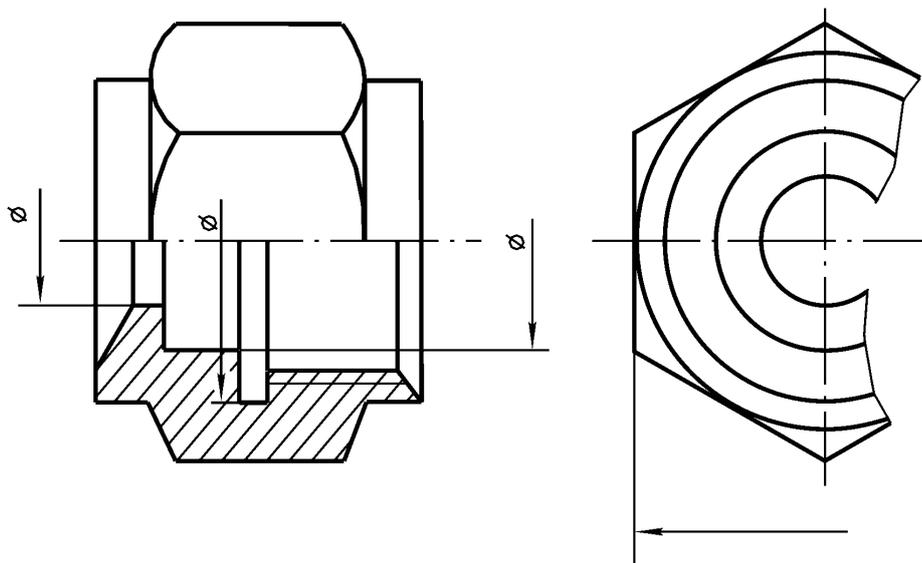


Рис. 49

При нанесении на чертеже нескольких одинаковых отверстий допускается полностью показывать лишь одно с указанием на нём диаметра и количества отверстий (рис. 50).

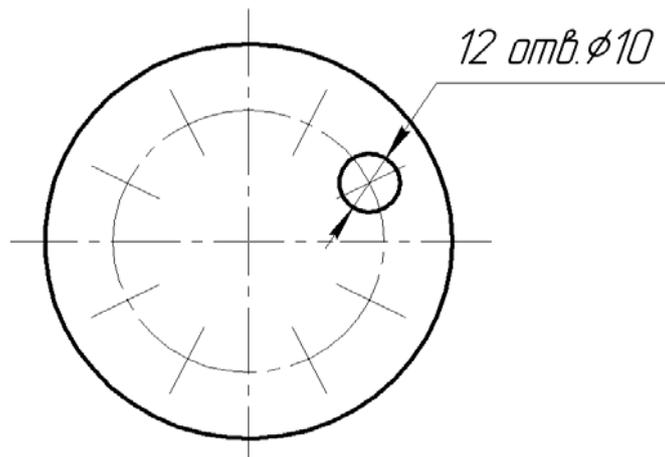


Рис. 50

При нанесении размеров, определяющих расстояние между равномерно расположенными одинаковыми элементами изделия (например отверстиями), вместо размерных цепей рекомендуется указывать размер между крайними элементами и размер между соседними в виде произведения количества промежутков на размер промежутка (рис. 51).

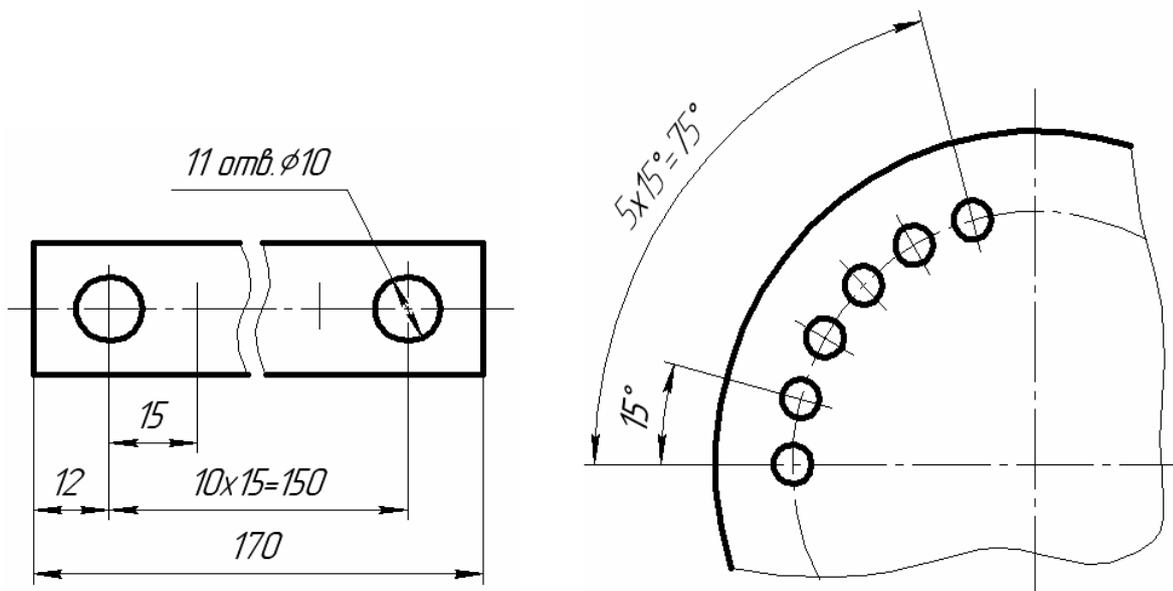


Рис. 51

Перед размерным числом радиуса ставится прописная латинская буква *R* (рис. 52).

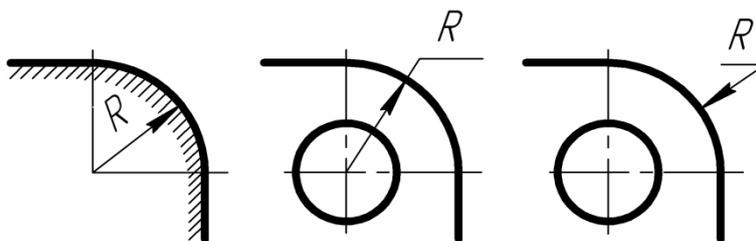


Рис. 52

Во всех случаях размерная линия расположена точно по направлению к центру, при этом нет необходимости доводить размерную линию до самого центра дуги окружности.

Размеры квадрата наносят на чертеже так, как показано на рис. 53.

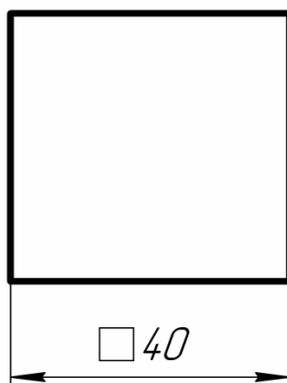


Рис. 53

Перед размерным числом, определяющим уклон, ставят знак « \angle », острый угол которого обращён в сторону наклона (рис. 54).

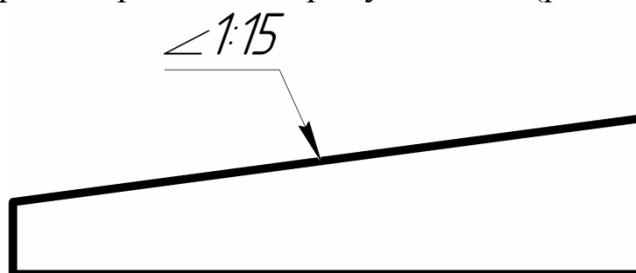
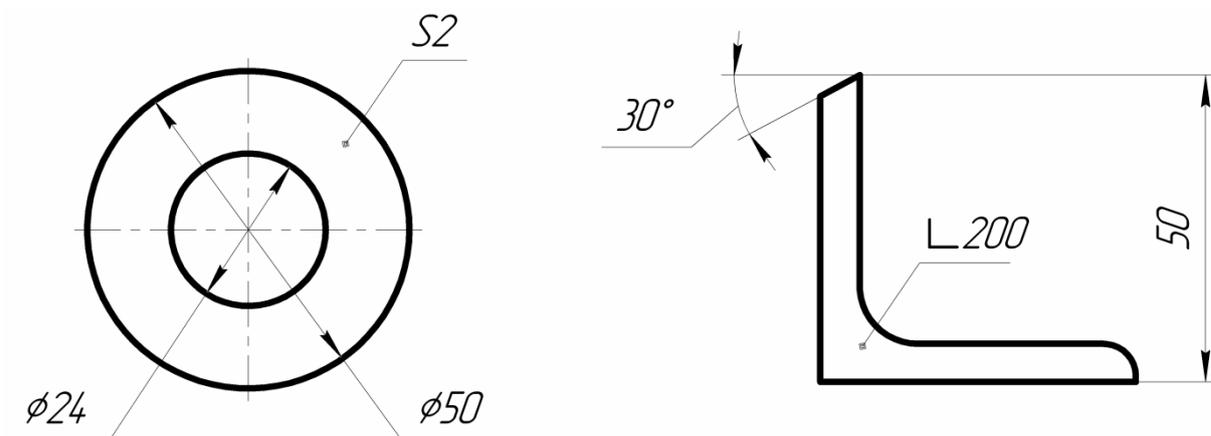


Рис. 54

При изображении детали в одной проекции размер её толщины или длины наносят так, как показано на рис. 55, а, б.



а б

Рис. 55

5.5. Построение аксонометрической проекции

5.5.1. Общие положения.

Ортогональные проекции объекта дают полное представление о его форме и размерах. Однако очевидным недостатком таких изображений является их малая наглядность – образная форма складывается из нескольких изображений, выполненных на разных плоскостях проекций. Только в результате опыта развивается умение представлять себе форму объекта – «читать чертежи».

Затруднения при чтении изображений в ортогональных проекциях обусловили возникновение ещё одного метода, который должен был объединить простоту и точность ортогональных проекций с наглядностью изображения, – метода аксонометрических проекций.

Аксонометрической проекцией называют наглядное изображение, получаемое в результате параллельного проецирования предмета вместе с осями прямоугольных координат, к которым он отнесен в пространстве, на какую-либо плоскость.

Правила выполнения аксонометрических проекций устанавливаются ГОСТ 2.317–69.

Аксонометрия (от греческого *ахон* – ось, *метрео* – мерю) – процесс построения, основанный на воспроизведении размеров предмета по направлениям трёх его осей – длины, ширины, высоты. В результате получается объёмное изображение, воспринимаемое как осязаемая вещь (рис. 56, б), в отличие от нескольких плоских изображений, не дающих образной формы предмета (рис. 56, а).

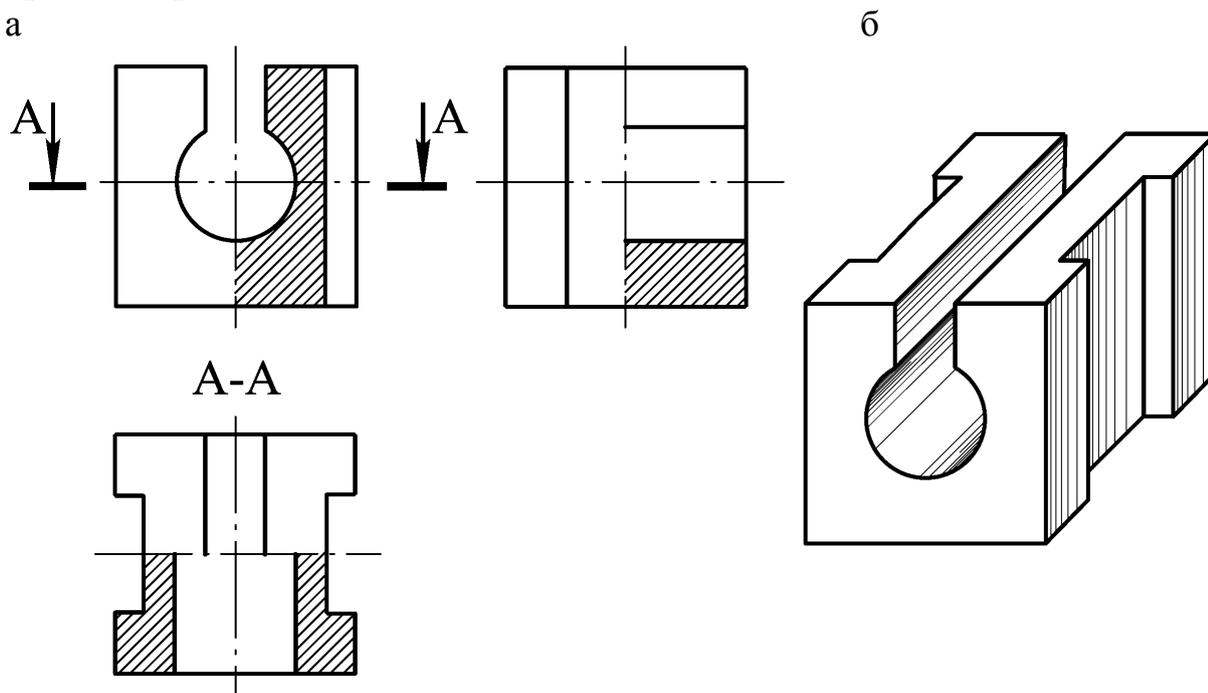


Рис. 56

В практической работе аксонометрические изображения применяются для различных целей, поэтому были созданы различные их виды. Общим для всех видов аксонометрии является то, что за основу изображения любого предмета принимается то или иное расположение осей OX , OY , OZ , по направлению которых определяют размеры предмета – длину, ширину, высоту.

В зависимости от направления проецирующих лучей по отношению к картинной плоскости, аксонометрические проекции подразделяются на:

а) **прямоугольные** – проецирующие лучи перпендикулярны картинной плоскости (рис. 57, а);

б) **косоугольные** – проецирующие лучи наклонены к картинной плоскости (рис. 57, б).

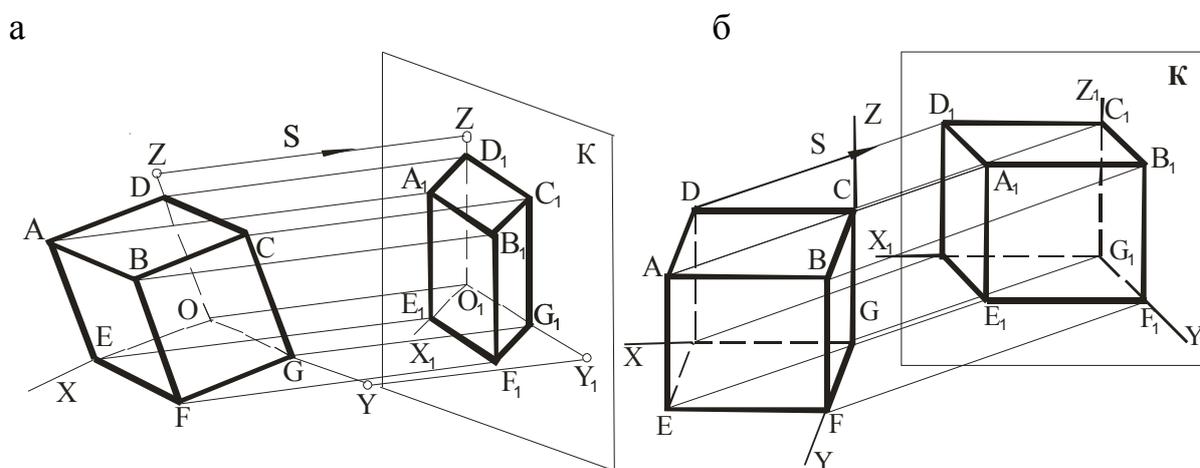


Рис. 57

В зависимости от положения предмета и осей координат относительно плоскостей проекций, а также в зависимости от направления проецирования единицы измерения проецируются в общем случае с искажением. Искажаются и размеры проецируемых предметов.

Отношение длины аксонометрической единицы к ее истинной величине называют *коэффициентом* искажения для данной оси.

Аксонометрические проекции называют: *изометрическими*, если коэффициенты искажения по всем осям равны ($x = y = z$); *диметрическими*, если коэффициенты искажения равны по двум осям ($x = z$); *триметрическими*, если коэффициенты искажения различны.

Для аксонометрических изображений предметов применяют пять видов аксонометрических проекций, установленных ГОСТ 2.317–69:

- ✓ **прямоугольные** – *изометрические* и *диметрические*;
- ✓ **косоугольные** – *фронтальные диметрические*, *фронтальные изометрические*, *горизонтальные изометрические*.

Имея ортогональные проекции любого предмета, можно построить его аксонометрическое изображение.

Всегда необходимо выбирать из всех видов лучший вид данного изображения – тот, который обеспечивает хорошую наглядность и простоту построения аксонометрии.

5.5.2. Общий порядок построения.

Общий порядок построения любого вида аксонометрии сводится к следующему:

- а) выбирают оси координат на ортогональной проекции детали;
- б) строят эти оси в аксонометрической проекции;
- в) строят аксонометрию полного изображения предмета, а затем и его элементов;
- г) наносят контуры сечения детали и убирают изображение отсечённой части;
- д) обводят оставшуюся часть и проставляют размеры.

5.5.3. Прямоугольная изометрическая проекция.

Этот вид аксонометрической проекции широко распространён благодаря хорошей наглядности изображений и простоте построений. В прямоугольной изометрии аксонометрические оси OX , OY , OZ расположены под углами 120° одна к другой. Ось OZ вертикальна. Оси OX и OY удобно строить, откладывая с помощью угольника от горизонтали углы 30° . Положение осей можно также определить, отложив от начала координат в обе стороны по пять произвольных равных единиц. Через пятые деления проводят вниз вертикальные линии и откладывают на них по 3 такие же единицы. Действительные коэффициенты искажения по осям равны 0,82. Чтобы упростить построение, применяют приведённый коэффициент, равный 1. В этом случае при построении аксонометрических изображений измерения предметов, параллельные направлениям аксонометрических осей, откладывают без сокращений. Расположение аксонометрических осей и построение прямоугольной изометрии куба, в видимые грани которого вписаны окружности, показаны на рис. 58, а, б.

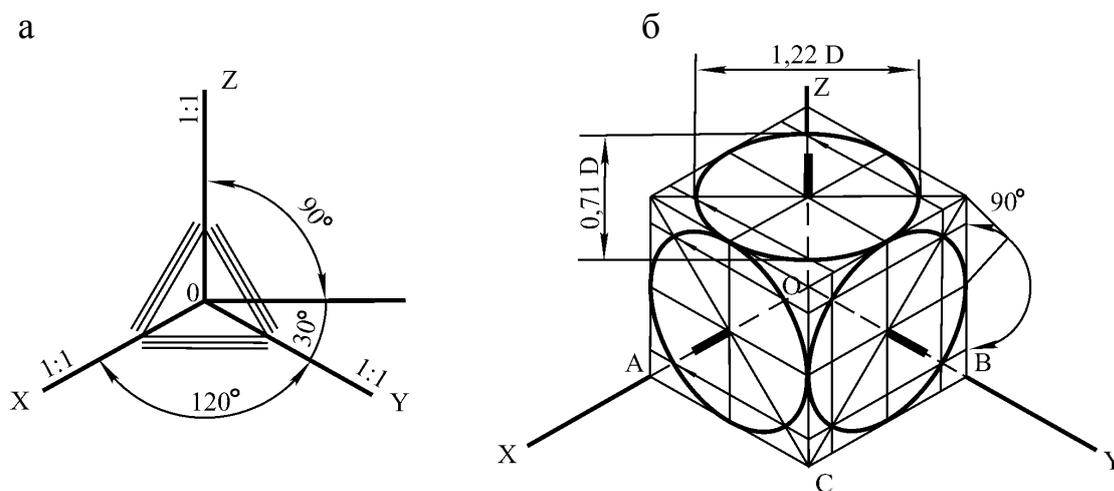


Рис. 58

Окружности, вписанные в прямоугольную изометрию квадратов – трех видимых граней куба, – представляют собой эллипсы. Большая ось эллипса равна $1,22D$, а малая – $0,71D$, где D – диаметр изображаемой окружности. Большие оси эллипсов перпендикулярны соответствующим аксонометрическим осям, а малые оси совпадают с этими осями и с направлением, перпендикулярным плоскости грани куба (на рис. 58, б – утолщенные штрихи).

При построении прямоугольной аксонометрии окружностей, лежащих в координатных или им параллельных плоскостях, руководствуются правилом: *большая ось эллипса перпендикулярна той координатной оси, которая отсутствует в плоскости окружности.*

Зная размеры осей эллипса и проекции диаметров, параллельных координатным осям, можно построить эллипс по всем точкам, соединяя их с помощью лекала. Чтобы упростить построения, рекомендуется заменять эллипсы овалами, оси которых равны осям эллипса. Построение овала по четырём точкам – концам сопряжённых диаметров эллипса, расположенных на аксонометрических осях, – показано на рис. 59.

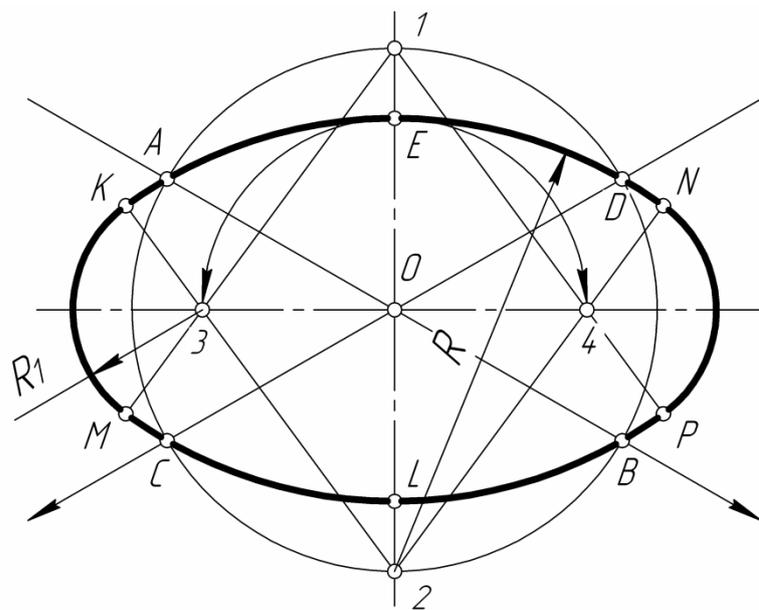


Рис. 59

Через точку O пересечения сопряжённых диаметров эллипса проводят горизонтальную и вертикальную прямые и из неё описывают окружность радиусом, равным половине сопряжённых диаметров $AB=CD$. Эта окружность пересечёт вертикальную линию в точках 1 и 2 (центры двух дуг). Из точек $1, 2$ проводят дуги окружностей радиусом $R=2-A$ ($2-D$) или $R=1-C$ ($1-B$). Радиусом OE делают засечки на горизонтальной прямой и получают еще два центра сопрягаемых дуг 3 и 4 . Далее соединяют центры 1 и 2 с центрами 3 и 4 линиями, которые в пересечении с дугами радиусом R дают точки сопряжений K, N, P, M . Крайние дуги проводят из центров 3 и 4 радиусом $R_1=3-M$ ($4-N$).

Построение прямоугольной изометрии детали, заданной её проекциями, производят в следующем порядке (рис. 60, 61).

1. Выбирают оси координат X, Y, Z на ортогональных проекциях.

2. Строят аксонометрические оси в изометрии.

3. Строят основание детали – параллелепипед. Для этого от начала координат по оси X откладывают отрезки OA и OB , соответственно равные отрезкам O_1A_1 и O_1B_1 , взятым с горизонтальной проекции детали, и получают точки A и B , через которые проводят прямые, параллельные оси Y , и откладывают отрезки, равные половине ширины параллелепипеда.

Получают точки C, D, J, V , которые являются изометрическими проекциями вершин нижнего прямоугольника, и соединяют их прямыми, параллельными оси X . От начала координат O по оси Z откладывают отрезок OO_1 , равный высоте параллелепипеда O_2O_2' ; через точку O_1 проводят оси X_1, Y_1 и строят изометрию верхнего прямоугольника. Вершины прямоугольников соединяют прямыми, параллельными оси Z .

4. Строят аксонометрию цилиндра. По оси Z от O_1 откладывают отрезок O_1O_2 , равный отрезку $O_2'O_2''$, т.е. высоте цилиндра, и через точку O_2 проводят оси X_2, Y_2 . Верхнее и нижнее основания цилиндра являются окружностями, расположенными в горизонтальных плоскостях $X_1O_1Y_1$ и $X_2O_2Y_2$; строят их аксонометрические изображения – эллипсы. Очерковые образующие цилиндра проводят касательно к обоим эллипсам (параллельно оси Z). Построение эллипсов для цилиндрического отверстия выполняют аналогично.

5. Строят изометрическое изображение ребра жёсткости. От точки O_1 по оси X_1 откладывают отрезок $O_1E=O_1E_1$. Через точку E проводят прямую, параллельную оси Y , и откладывают в обе стороны отрезки, равные половине ширины ребра E_1K_1 и E_1F_1 . Из полученных точек K, E, F параллельно оси X_1 проводят прямые до встречи с эллипсом (точки P, N, M). Далее проводят прямые, параллельные оси Z (линии пересечения плоскостей ребра с поверхностью цилиндра), и на них откладывают отрезки PT, MQ и NS , равные отрезкам P_2T_2, M_2Q_2 , и N_2S_2 . Точки Q, S, T соединяют и обводят по лекалу, а точки K, T и F, Q соединяют прямыми.

6. Строят вырез части заданной детали, для чего проводят две секущие плоскости: одну – через оси Z и X , а другую – через оси Z и Y .

Первая секущая плоскость разрежет нижний параллелепипед по оси X (отрезок OA), верхний – по оси X_1 , а ребро – по линиям EN и ES , цилиндры – по образующим, верхнее основание цилиндра – по оси X_2 .

Аналогично вторая секущая плоскость разрежет верхний и нижний прямоугольники по осям Y и Y_1 , а цилиндры – по образующим, верхнее основание цилиндра – по оси Y_2 .

Плоские фигуры, полученные от сечения, заштриховываются. Для определения направления штриховки необходимо на аксонометрических осях отложить от начала координат равные отрезки, а затем концы их соединить.

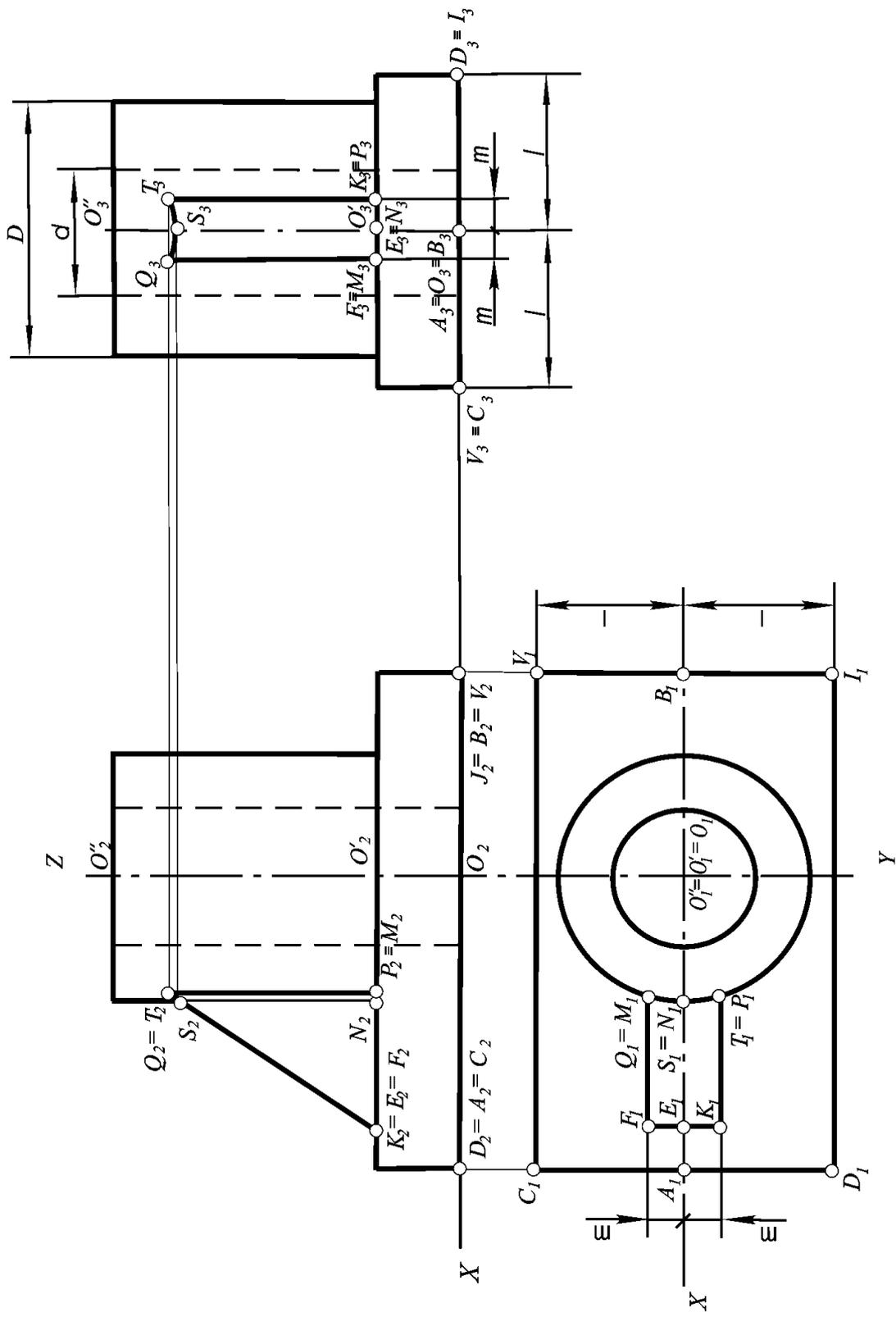


Рис. 60

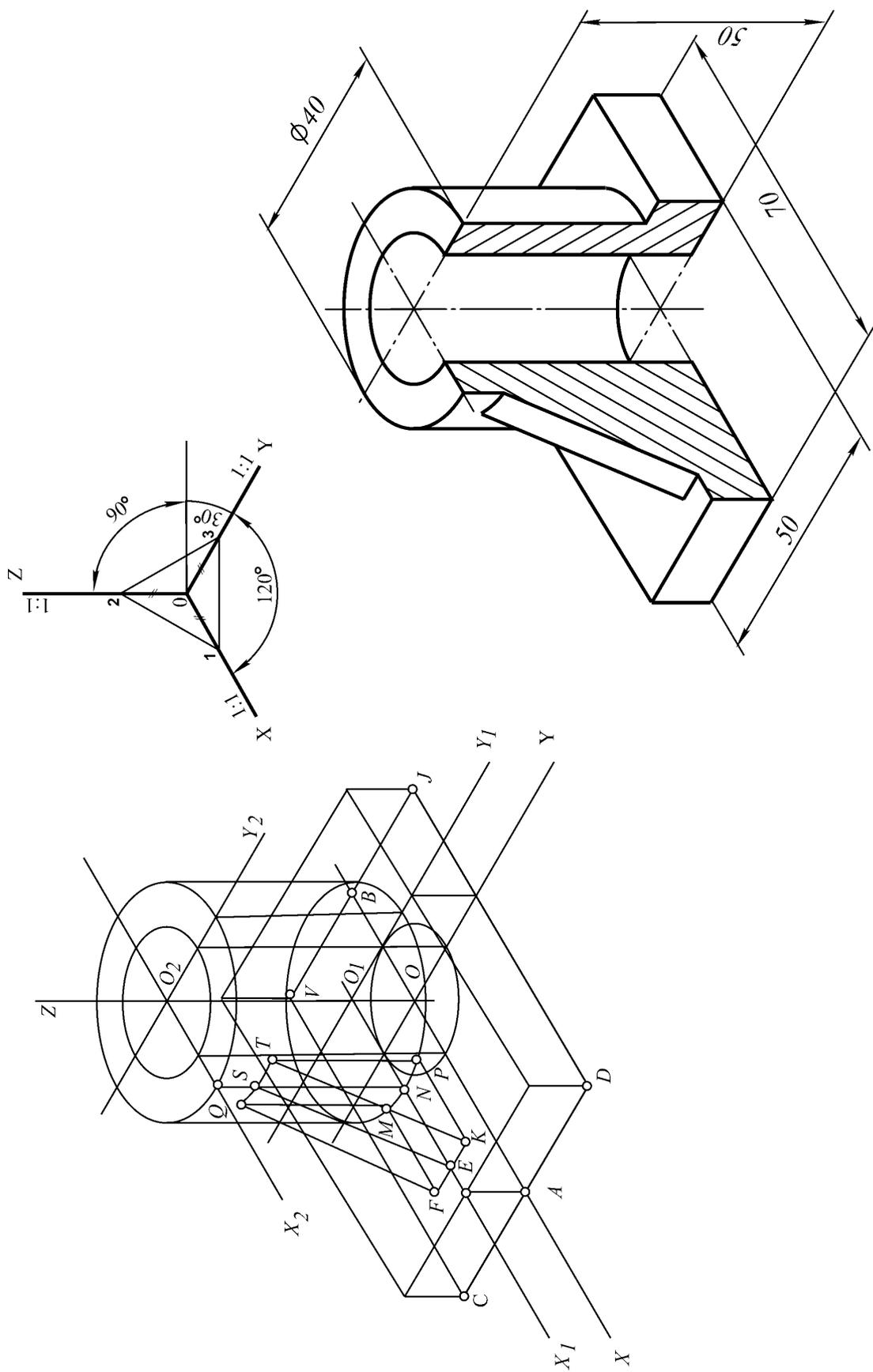


Рис. 61

Линии штриховки для сечения, расположенного в плоскости XOZ , будут параллельны отрезку $1-2$, а для сечения, лежащего в плоскости ZOY , – параллельны отрезку $2-3$. Удаляют все невидимые линии и обводят контурные линии. Изометрическую проекцию применяют в тех случаях, когда необходимо построить окружности в двух или трёх плоскостях, параллельных координатным осям.

5.5.4. Прямоугольная диметрическая проекция.

АксонOMETрические изображения, построенные в прямоугольной диметрии, обладают наилучшей наглядностью, однако построение изображений сложнее, чем в изометрии. Расположение аксонOMETрических осей в диметрии следующее: ось OZ направлена вертикально, а оси OX и OY составляют с горизонтальной линией, проведённой через начало координат (точка O), углы, соответственно, $7^\circ 10'$ и $41^\circ 25'$. Положение осей можно также определить, отложив от начала координат в обе стороны по восемь равных отрезков; через восьмые деления проводят вниз линии и на левой вертикали откладывают один отрезок, а на правой – по семь отрезков. Соединив полученные точки с началом координат, определяют направление осей OX и OY (рис. 62).

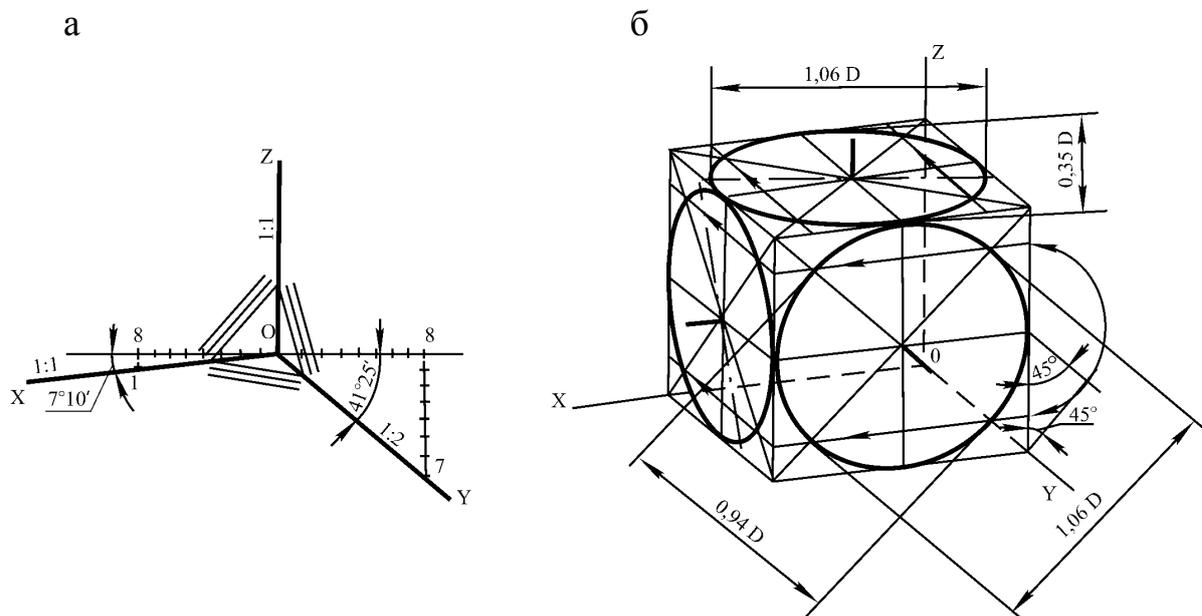


Рис. 62

Коэффициенты искажения по осям OX , OZ равны 0,94, а по оси OY – 0,47. Для упрощения в практике пользуются приведёнными коэффициентами искажения: по осям OX и OZ коэффициент равен 1, по оси OY – 0,5.

Построение прямоугольной диметрии куба с окружностями, вписанными в три видимые его грани, показано на рис. 62, б. Окружности, вписанные в грани, представляют собой эллипсы двух видов. Оси эллипса,

расположенного в грани, которая параллельна координатной плоскости XOZ , равны: большая ось – $1,06D$; малая – $0,94D$, где D – диаметр окружности, вписанной в грань куба. В двух других эллипсах большие оси равны $1,06D$, а малые – $0,35D$.

Для упрощения построений можно заменить эллипсы овалами. На рис. 63 даны приёмы построения четырех центровых овалов, заменяющих эллипсы. Овал в передней грани куба (ромба) строится следующим образом. Из середины каждой стороны ромба (рис. 63, а) проводят перпендикуляры до пересечения с диагоналями. Полученные точки $1-2-3-4$ будут являться центрами сопрягающих дуг. Точки сопряжений дуг находятся посередине сторон ромба. Построение можно выполнить и другим способом. Из середин вертикальных сторон (точки N и M) проводят горизонтальные прямые линии до пересечения с диагоналями ромба. Точки пересечения будут искомыми центрами. Из центров 4 и 2 проводят дуги радиусом R , а из центров 3 и 1 – радиусом R_1 .

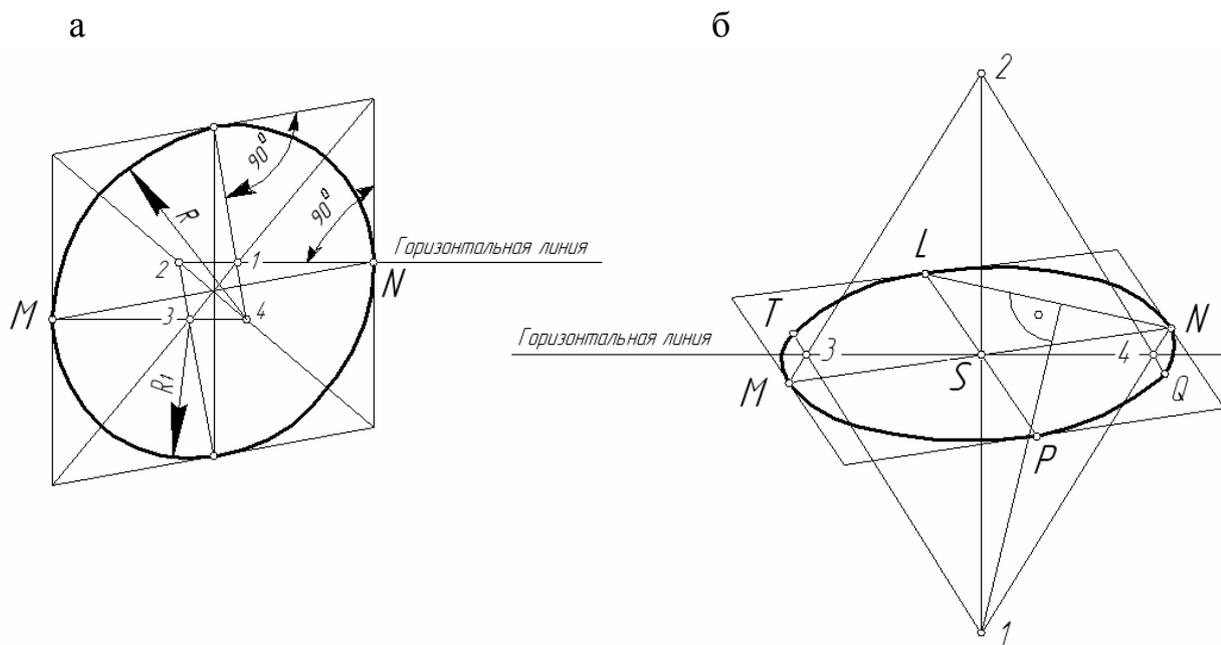


Рис. 63

Овал, заменяющий два других эллипса, выполняют следующим образом (рис. 63, б). Прямые LP и MN , проведенные через середины противоположных сторон параллелограмма, пересекаются в точке S . Через точку S проводят горизонтальную и вертикальную линии. Прямую LN , соединяющую середины смежных сторон параллелограмма, делят пополам, и через ее середину проводят перпендикуляр до пересечения его с вертикальной линией в точке 1 .

На вертикальной прямой откладывают отрезок $S-2 = S-1$. Прямые $2-M$ и $1-N$ пересекают горизонтальную прямую в точках 3 и 4 . Полученные точки

1, 2, 3 и 4 будут центрами овала. Прямые 1-3 и 2-4 определяют точки сопряжения T и Q .

Из центров 1 и 2 описывают дуги окружностей TLN и QPM , а из центров 3 и 4 – дуги MT и NQ .

Принцип построения прямоугольной диметрии детали (рис. 64) аналогичен принципу построения прямоугольной изометрии, приведённой на рис. 61.

Выбирая тот или иной вид прямоугольной аксонометрической проекции, следует иметь в виду, что в прямоугольной изометрии поворот боковых сторон предмета получается одинаковым и поэтому изображение иногда оказывается не наглядным. Кроме того, часто диагональные в плане ребра предмета на изображении сливаются в одну линию (рис. 65, б). Эти недостатки отсутствуют на изображениях, выполненных в прямоугольной диметрии (рис. 65, в).

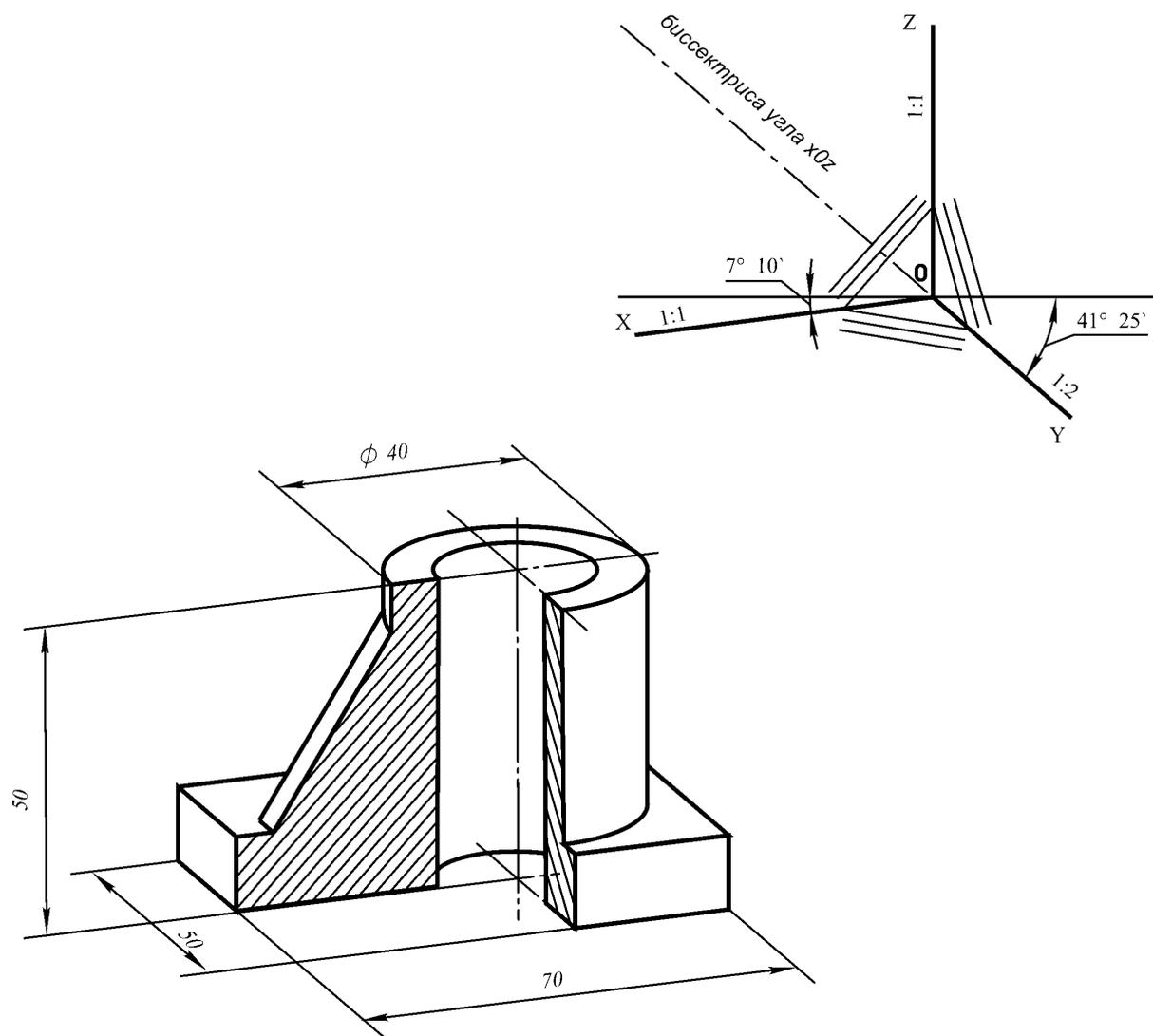


Рис. 64

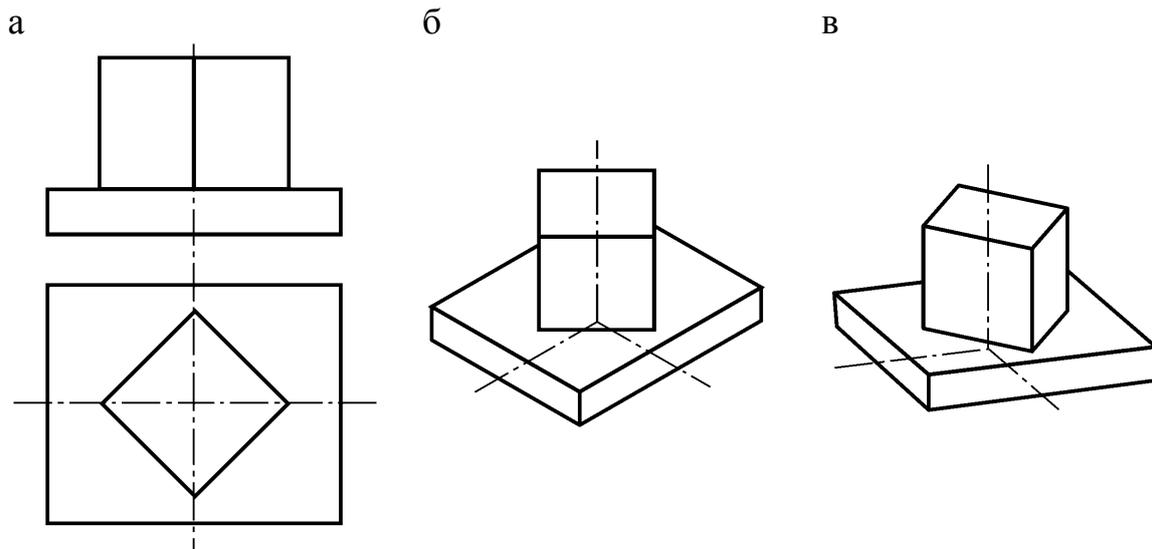


Рис. 65

5.3.5. Косоугольная фронтальная изометрическая проекция

АксонOMETрические оси располагаются следующим образом. Ось OZ – вертикальная, ось OX – горизонтальная, ось OY относительно горизонтальной прямой расположена над углом 45° (30° , 60°) (рис. 66, а). По всем осям размеры откладывают без сокращений, в истинную величину. На рис. 66, б показана фронтальная изометрия куба.

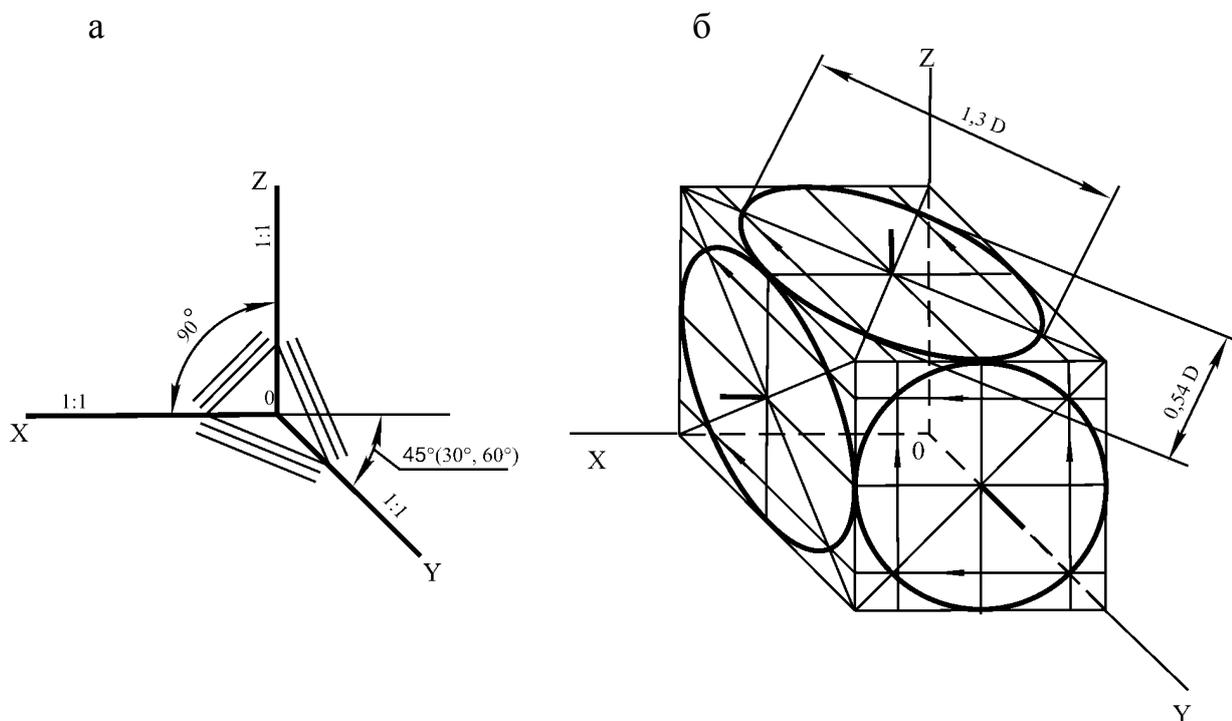


Рис. 66

Окружности, расположенные в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости, изображаются в натуральную величину. Окружности, расположенные в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям, изображаются в виде эллипсов.

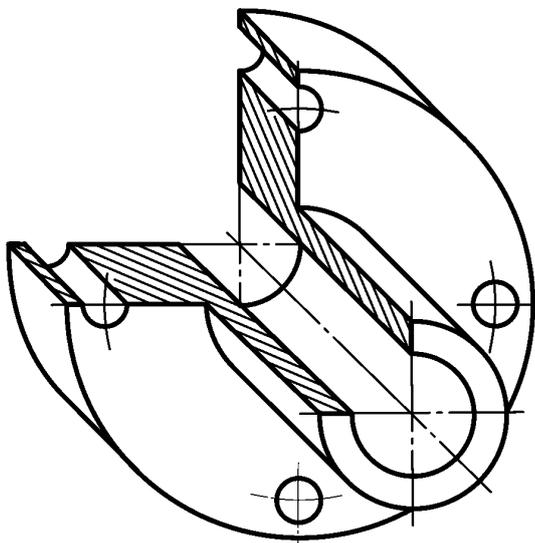


Рис. 67

Направление осей эллипсов совпадает с диагоналями граней куба. Для плоскостей XOY и ZOY величина большой оси равна $1,3D$, а малой – $0,54D$ (D – диаметр окружности).

Пример фронтальной изометрии детали приведён на рис. 67.

5.3.6. Косоугольная фронтальная диметрическая проекция.

Положение осей во фронтальной диметрии аналогичны расположению осей во фронтальной изометрии. Диметрию следует строить без сокращения по осям OX и OZ и с сокращением в два раза по оси OY ; коэффициенты искажения по осям OX и OZ равны 1, по оси OY – 0,5.

На рис. 68 изображены: а – аксонометрические оси; б – аксонометрическая проекция куба с окружностями, вписанными в три видимые грани.

В передней грани, параллельной координатной плоскости XOZ , окружность изображается без искажений, в двух других гранях – одинаковыми эллипсами, большие оси которых равны $1,07D$, а малые – $0,33D$, где D – диаметр вписанной окружности. Направления больших осей эллипсов отклоняются от большей диагонали параллелограмма на 7° . Эти эллипсы можно также вычертить способом, указанным для прямоугольной диметрии (см. рис. 63, б), так как различие в размерах осей незначительно.

Пример фронтальной диметрической проекции детали приведён на рис. 69.

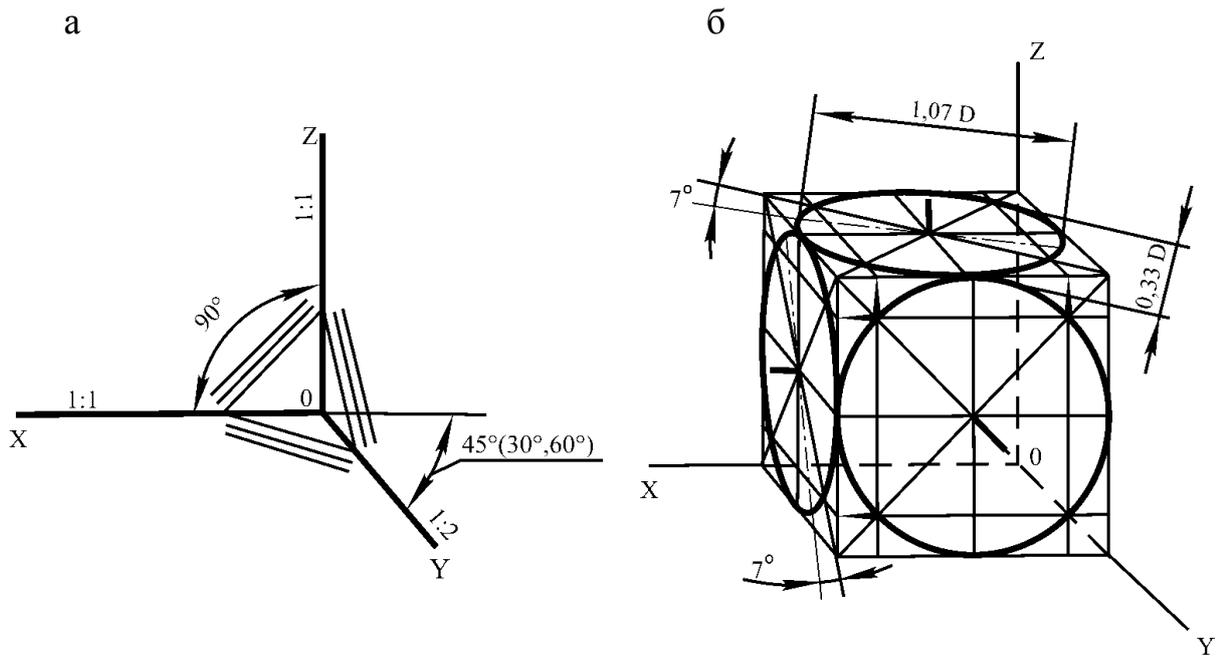


Рис. 68

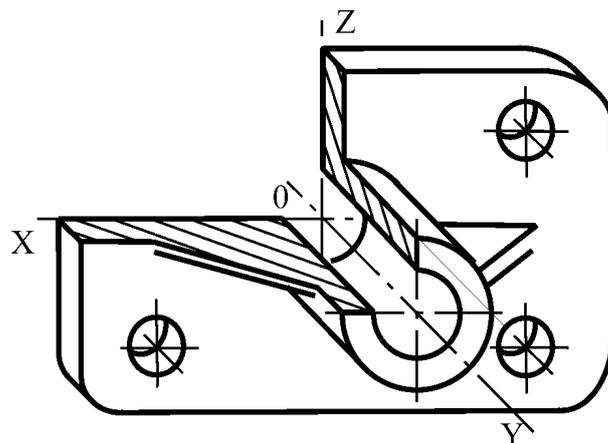


Рис. 69

Косоугольные фронтальные диметрические и изометрические проекции рекомендуется применять в тех случаях, когда целесообразно сохранить неискажёнными элементы фигуры, расположенные во фронтальных плоскостях. Это значительно упрощает построение аксонометрического изображения.

5.3.6. Косоугольная горизонтальная изометрическая проекция.

Расположение аксонометрических осей с нанесением штриховки в разрезах и аксонометрическая проекция куба с вписанными в грани окружностями представлены на рис. 70. Ось OY составляет с горизонталью угол 30° . ГОСТ 2.317–69 допускает применять и другие углы между горизонталью и осью OY , при этом угол 90° между осями OX и OY сохраняется.

Коэффициент искажения по осям OX , OY и OZ равен 1. Размеры осей эллипса, расположенного в грани, параллельной координатной плоскости YOZ , равны размерам осей эллипсов прямоугольной изометрии. Вместо эллипса можно построить овал способом, приведённым на рис. 40. Вторым эллипсом в грани, параллельной плоскости XOZ , строят по восьми точкам. Оси эллипсов совпадают с диагоналями грани куба.

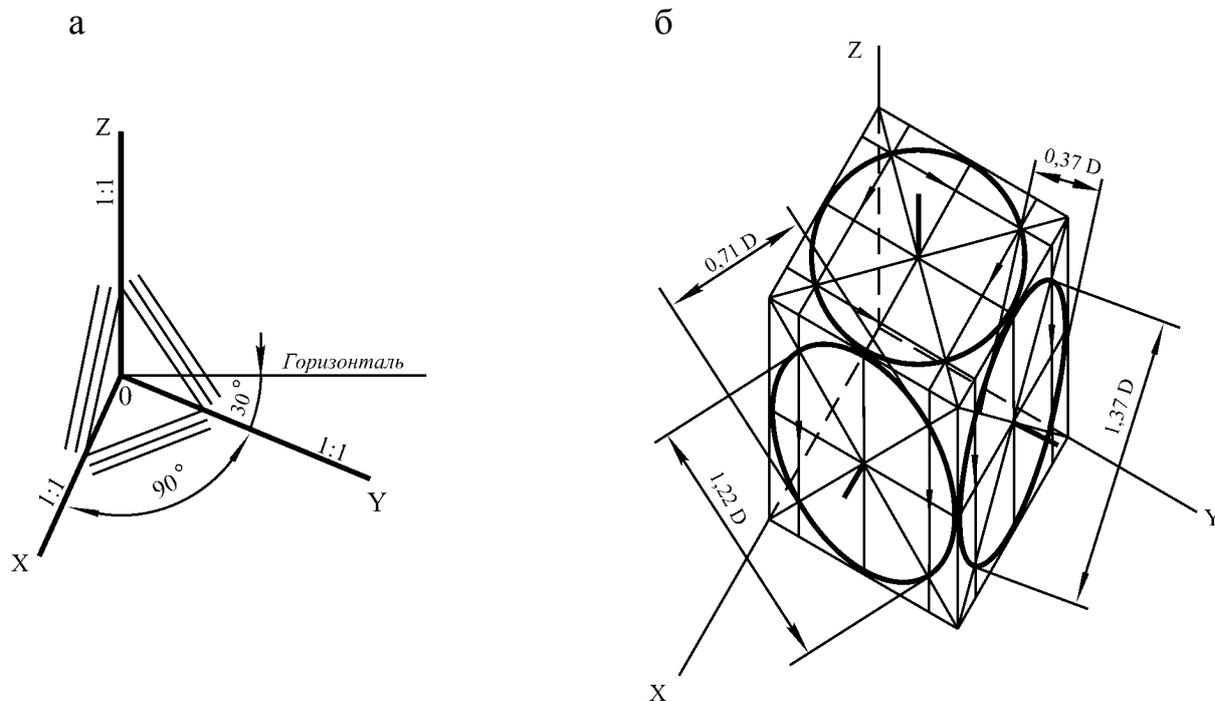


Рис. 70

В горизонтальной изометрии фигуры или их элементы, расположенные в горизонтальных плоскостях, не искажаются. Поэтому этот вид аксонометрии применяют тогда, когда требуется изобразить в натуральную величину фигуры, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций.

Пример горизонтальной изометрической проекции приведён на рис. 71.

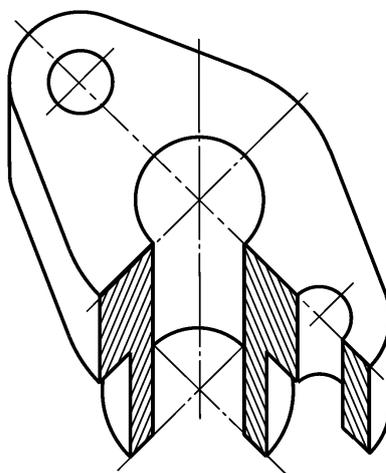


Рис. 71

Вопросы для самоконтроля

1. Как располагают предмет относительно фронтальной плоскости проекций?
2. Как разделяют изображения на чертеже в зависимости от их содержания?
3. Какое изображение называется видом?
4. Как располагаются основные виды в проекционной связи на чертеже и каковы их названия?
5. Какие виды обозначают и как их надписывают?
6. Какие виды называются дополнительными, какие – местными?
7. Какое изображение называется разрезом?
8. Как при разрезах указывают положение секущей плоскости?
9. Какой надписью отмечают разрез?
10. Как разделяются разрезы в зависимости от положения секущей плоскости?
11. Как классифицируются разрезы в зависимости от числа секущих плоскостей?
12. Какие разрезы называются ступенчатыми? Как их вычерчивают и обозначают?
13. Какой разрез называется местным и как он выделяется на виде?
14. Что служит разделяющей линией присоединения половины вида и разреза?
15. Что служит линией раздела, если при соединении половины вида и разреза с осью симметрии совпадает контурная линия?
16. Как показывают в разрезе ребро жесткости, если секущая плоскость направлена вдоль его длинной стороны?
17. Какое изображение принимают на чертеже в качестве главного?
18. Как располагаются основные виды в проекционной связи на чертеже и каковы их названия?
19. Какое изображение называется разрезом?
20. Как при разрезах указывают положение секущей плоскости?
21. Где могут быть расположены горизонтальный, фронтальный и профильный разрезы и когда их не обозначают?
22. Как в сложном разрезе проводят линию сечения?
23. Какие разрезы называются ступенчатыми? Как их вычерчивают и обозначают?
24. Какой разрез называется местным и как он выделяется на виде?
25. Что служит разделяющей линией при соединении половины вида и разреза?
26. Что служит линией раздела, если при соединении половины вида и разреза с осью симметрии совпадает контурная линия?

27. Как показывают в разрезе ребро жесткости, если секущая плоскость направлена вдоль его длинной стороны?
28. Каковы особенности изометрической прямоугольной проекции?
29. Как построить прямоугольную изометрию окружности, расположенную в горизонтальной координатной плоскости (фронтальной, профильной)?
30. Как построить овал по четырём точкам в прямоугольной изометрии?
31. Каков порядок построения аксонометрии детали, заданной её проекциями?
32. Как располагаются оси в прямоугольной диметрии? Чему равны коэффициенты искажения?
33. Чем руководствуются при выборе вида прямоугольной аксонометрической проекции?
34. В каких единицах проставляются линейные размеры на чертежах и указывается ли единица измерения?
35. Допускается ли использование линий контура, осевых и центровых линий в качестве размерных?
36. Допускается ли пересекать или разделять размерные числа линиями чертежа?
37. Какие знаки используют для нанесения размеров диаметра и радиуса окружности, квадрата и уклона?
38. В каких случаях допускается проводить размерные линии с обрывом?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии рассмотрены основные теоретические положения начертательной геометрии, геометрического и проекционного черчения, необходимые для выполнения заданий контрольных работ. Кроме того, приведены методики и примеры поэтапного решения задач построения эшпоров и чертежей.

В рамках данного пособия невозможно подробно рассмотреть и учесть все аспекты по выполнению и оформлению графических работ. Однако основным сведениям и требованиям, предъявляемым к выполнению заданий, уделено должное внимание.

Поэтому, с точки зрения авторов, предлагаемый материал и библиографический список помогут студентам успешно выполнить расчетно-графические работы как самостоятельно, так и под руководством ведущих преподавателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Будасов, Б.В., Георгивский О.В., Каминский В.П. Строительное черчение [Текст]: учеб. для вузов / под общ. ред. О.В. Георгивского. – М.: Стройиздат, 2003. – 456 с.
2. Гордон, В.О. Курс начертательной геометрии [Текст] / В.О. Гордон, М.А. Семенцов-Огиевский. – М.: Наука, 1988 – 317 с.
3. Иванов, Г.С. Начертательная геометрия [Текст] / Г.С. Иванов. – М.: Машиностроение, 1995. – 304 с.
4. Поляков, Л.Г. Руководство по выполнению расчетно-графических работ (Начертательная геометрия) [Текст]: учеб. пособие. / Л.Г. Поляков [и др.]; под общ. ред. Л.Г. Полякова. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 90 с.
5. Слюсар, Г.С. Проекционное черчение [Текст]: учеб. пособие / Г.С. Слюсар [и др.]; под общ. ред. Г.С. Слюсар. – Пенза: ПГУАС, 2009. – 110 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»
Факультет управления территориями
Кафедра «Начертательная геометрия и графика»

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ

Автор работы: _____ / _____ /
(подпись) (фамилия инициалы)

Направление (специальность): _____

Группа: _____

Руководитель: _____ / _____ /
(подпись) (фамилия инициалы)

Работа защищена « ___ » _____ 20__ г. Оценка _____

Пенза 20__ г.

Приложение 2

Таблица I

Исходные данные для РГР-1

№ варианта	Координаты точек														
	A			B			C			D			E		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	Z
1	40	80	20	130	20	20	170	95	100	70	35	110	180	50	65
2	30	10	80	125	70	120	90	120	15	140	50	50	30	120	30
3	60	60	10	145	20	120	185	100	45	185	10	20	55	80	120
4	50	50	20	140	20	120	180	110	60	180	140	120	70	10	20
5	10	60	130	150	10	90	70	100	50	150	100	130	20	40	90
6	45	110	120	15	20	30	145	90	65	135	30	110	25	70	95
7	20	40	30	90	15	130	140	95	95	140	15	65	20	60	80
8	50	90	100	110	20	10	180	115	100	80	115	10	180	30	120
9	10	40	30	80	110	120	140	20	90	140	5	120	10	125	40
10	170	120	80	140	45	135	70	60	50	185	45	55	60	70	75
11	45	75	20	130	15	20	170	95	105	70	35	110	180	45	60
12	120	90	120	30	10	80	125	70	120	30	120	30	140	50	50
13	65	60	15	140	25	120	185	95	50	185	10	25	55	30	45
14	50	55	20	135	20	120	170	110	60	120	110	120	60	10	20
15	15	60	135	150	10	90	70	100	50	150	100	130	20	40	90
16	45	115	120	15	20	30	140	90	60	135	30	115	25	70	70
17	20	35	25	90	10	130	140	95	95	140	15	60	20	65	45
18	50	100	100	110	20	15	180	115	100	80	115	10	180	30	120
19	10	35	80	80	110	115	140	80	40	140	20	110	10	80	60
20	175	120	80	140	45	135	70	60	50	180	45	55	60	70	75
21	130	20	20	40	80	20	170	95	105	70	35	110	180	45	60
22	125	70	120	90	120	15	30	10	80	140	50	50	30	120	30
23	55	65	10	140	20	125	185	100	45	180	10	20	45	30	50
24	45	50	20	140	25	115	180	110	60	115	110	120	50	10	20
25	10	60	130	145	5	90	70	100	50	150	95	130	20	40	90
26	45	120	120	15	20	30	145	90	55	135	30	110	15	70	70
27	20	40	20	90	15	135	140	95	90	140	15	65	20	60	45
28	40	90	100	110	20	10	180	115	100	80	115	10	180	30	120
29	5	40	80	80	110	120	140	80	40	140	20	110	5	80	60
30	45	110	120	15	20	10	145	90	55	135	30	110	25	70	70

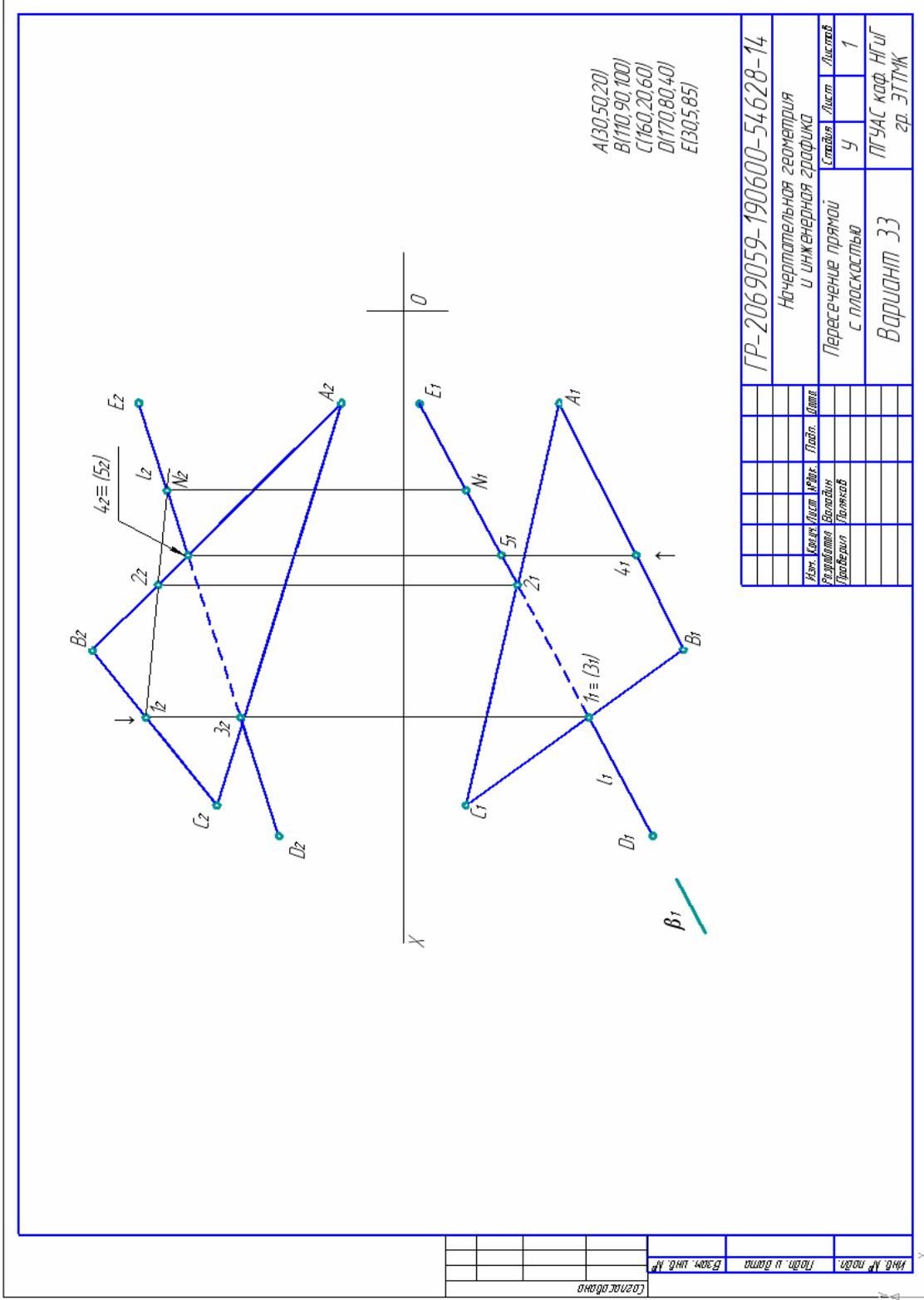


Рис. 1

ГР-2069059-190600-54628-14	
Начертательная геометрия и инженерная графика	
Статья	Лист
У	1
Пересечение прямой с плоскостью	
Вариант 33	
ПГУАС каф. НГГ гр. ЭТТЖ	

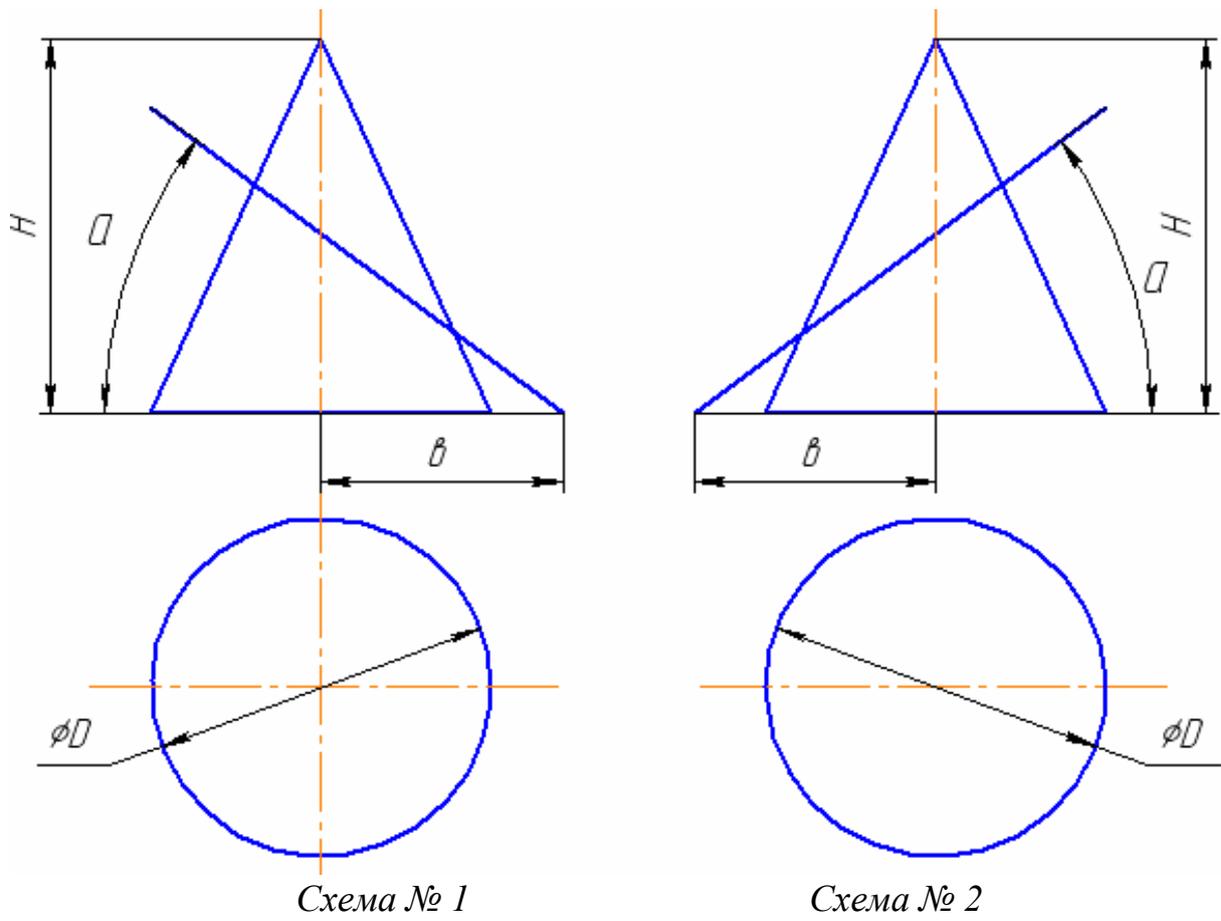


Рис. I. Компонентные схемы исходных данных РГР № 2

Продолжение прил. 3

Таблица I

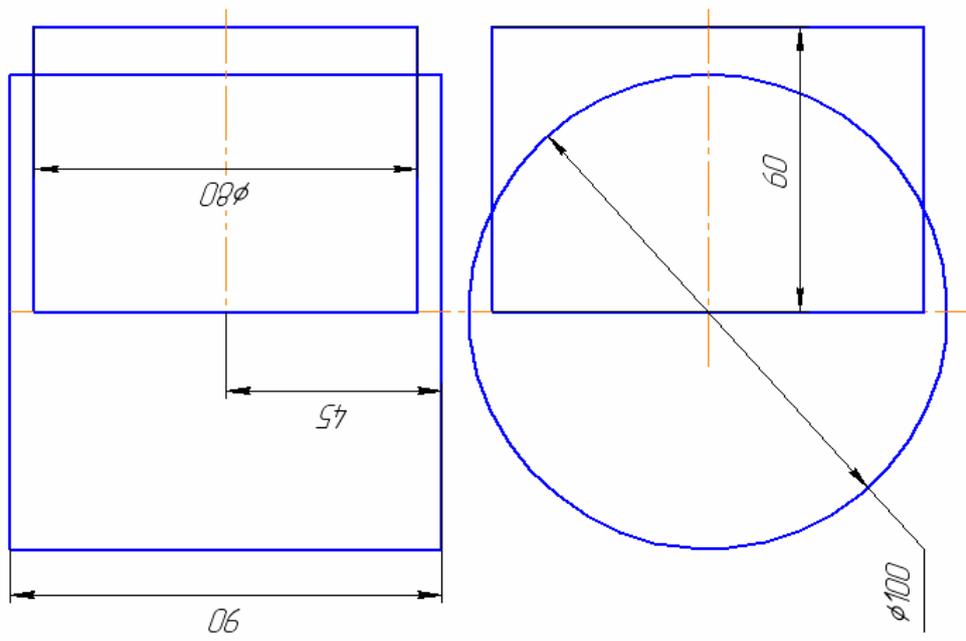
Исходные данные для РГР № 2

№ варианта	№ комп. схемы	H, мм	D, мм	в, мм	α°		№ варианта	№ комп. схемы	H, мм	D, мм	в, мм	α°
1	1	115	110	60	30		16	2	120	110	70	45
2	2	120	100	70	45		17	1	120	100	55	30
3	1	100	110	65	30		18	2	120	110	65	45
4	2	115	100	60	45		19	1	115	110	75	30
5	1	120	110	70	30		20	2	100	100	60	45
6	2	100	110	65	30		21	1	100	110	75	30
7	1	115	100	60	45		22	2	120	110	65	30
8	2	115	110	60	30		23	1	115	100	70	30
9	1	120	100	70	45		24	2	115	110	60	45
10	2	120	110	70	30		25	1	120	110	65	30
11	1	115	110	60	45		26	2	115	100	60	30
12	2	100	100	70	30		27	1	120	110	70	45
13	1	115	100	55	45		28	2	115	100	70	30
14	2	115	110	75	30		29	1	115	100	60	30
15	1	120	110	65	45		30	2	100	100	65	30

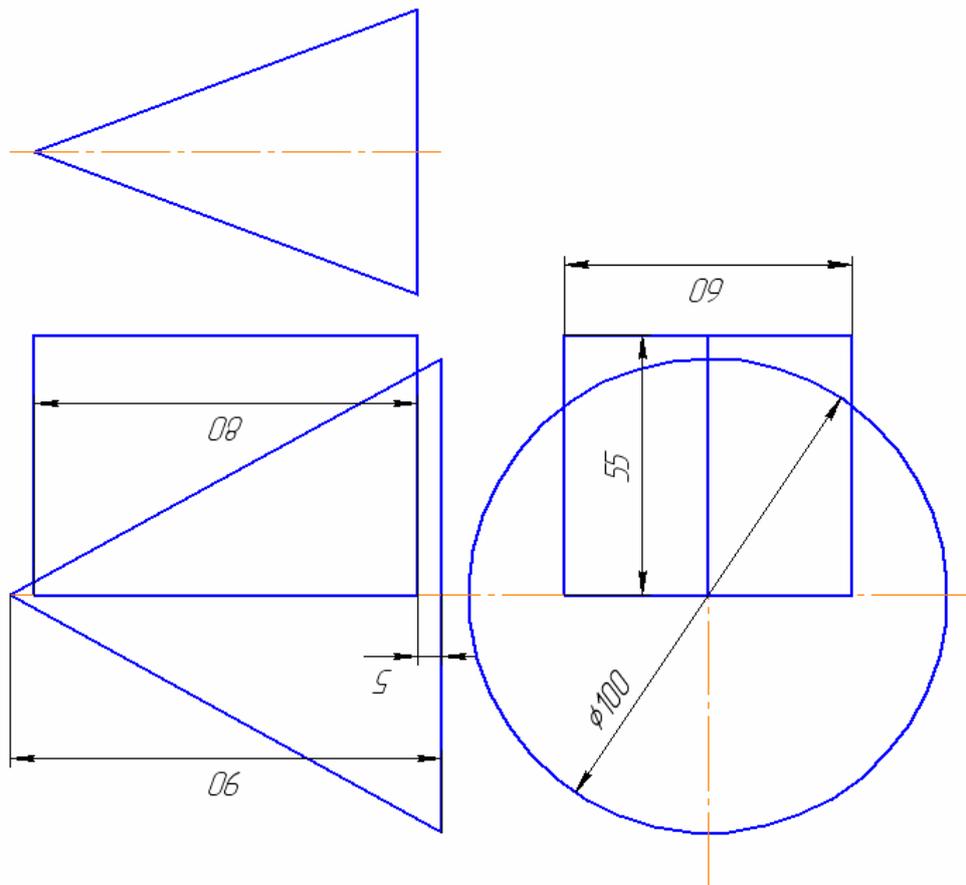
Приложение 4

Исходные данные РГР № 3

Вариант 1

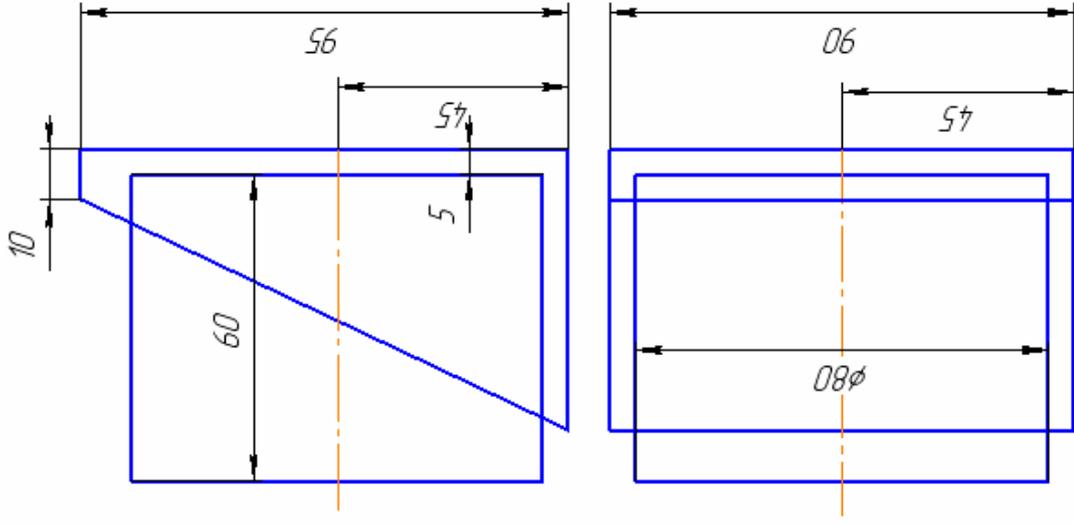


Вариант 2

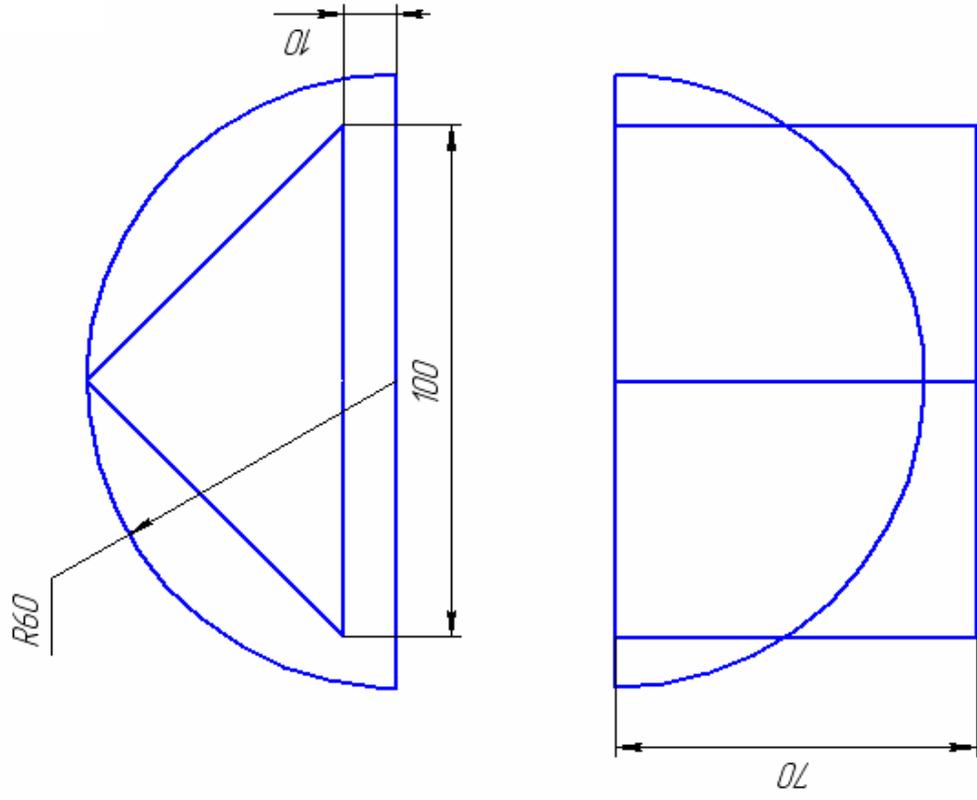


Продолжение прил. 4

Вариант 4

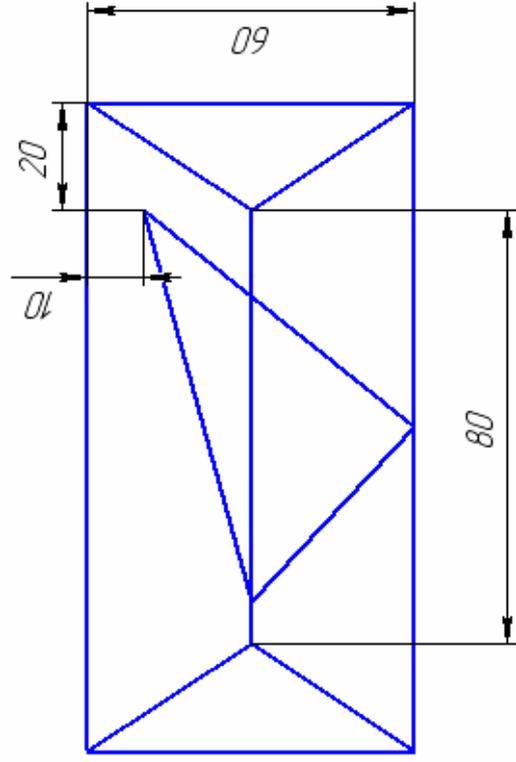
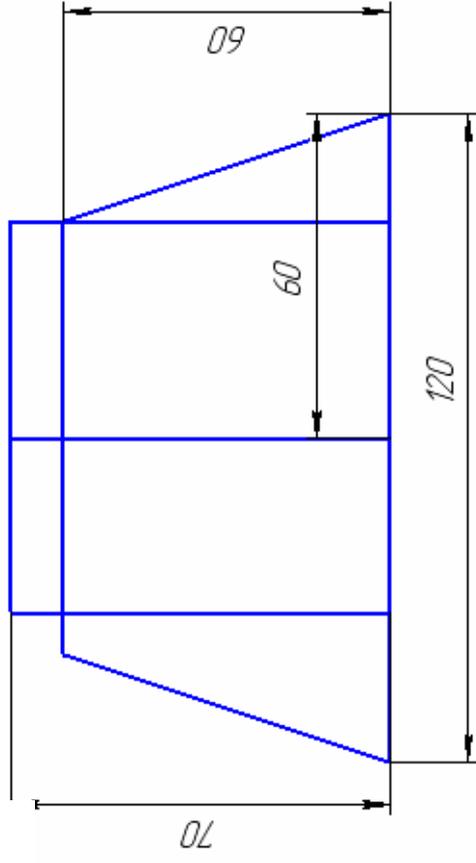


Вариант 3

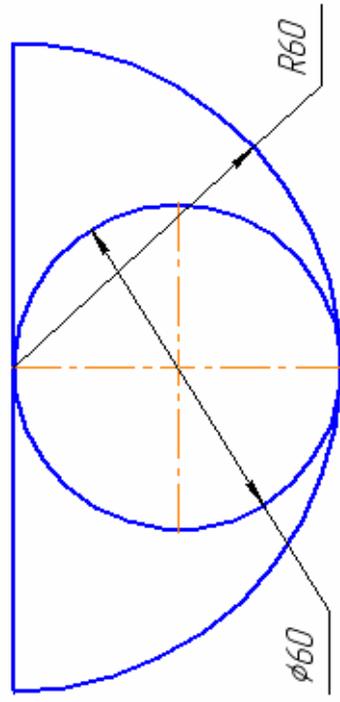
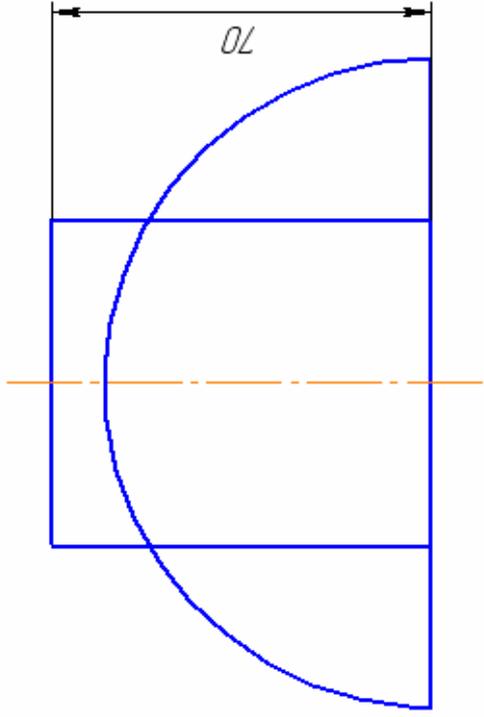


Продолжение прил. 4

Вариант 6

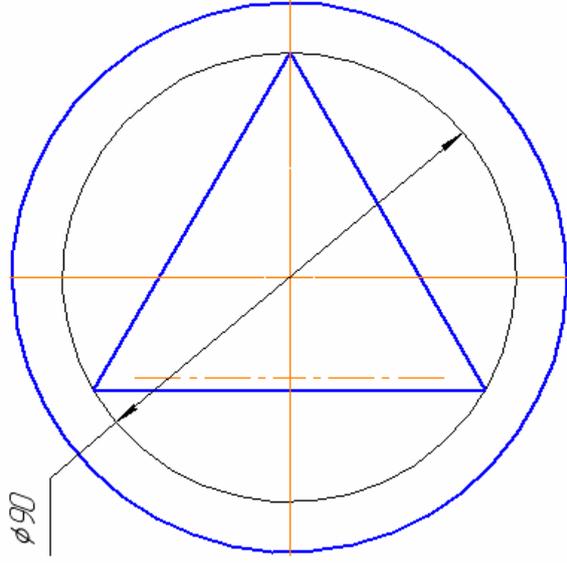
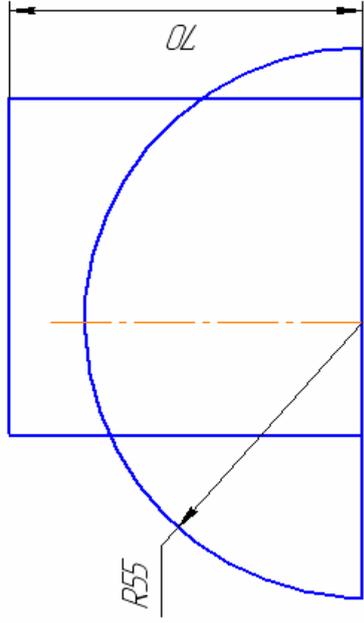


Вариант 5

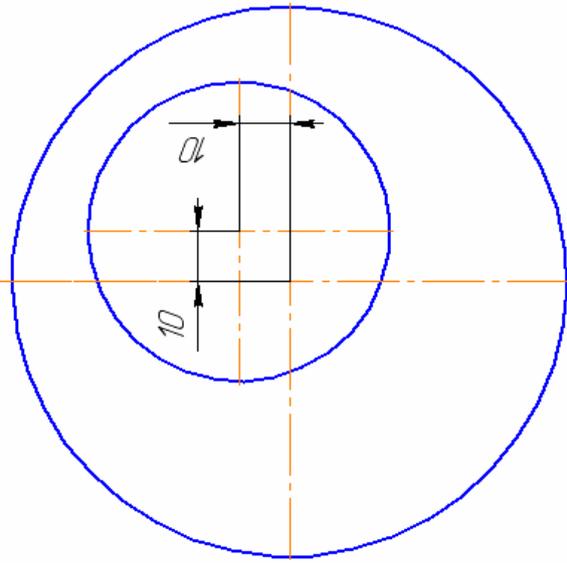
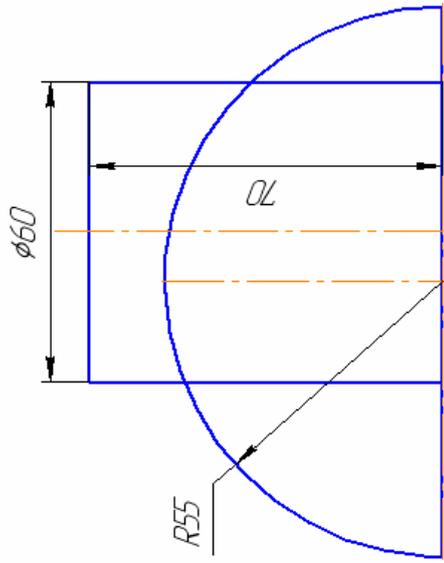


Продолжение прил. 4

Вариант 8

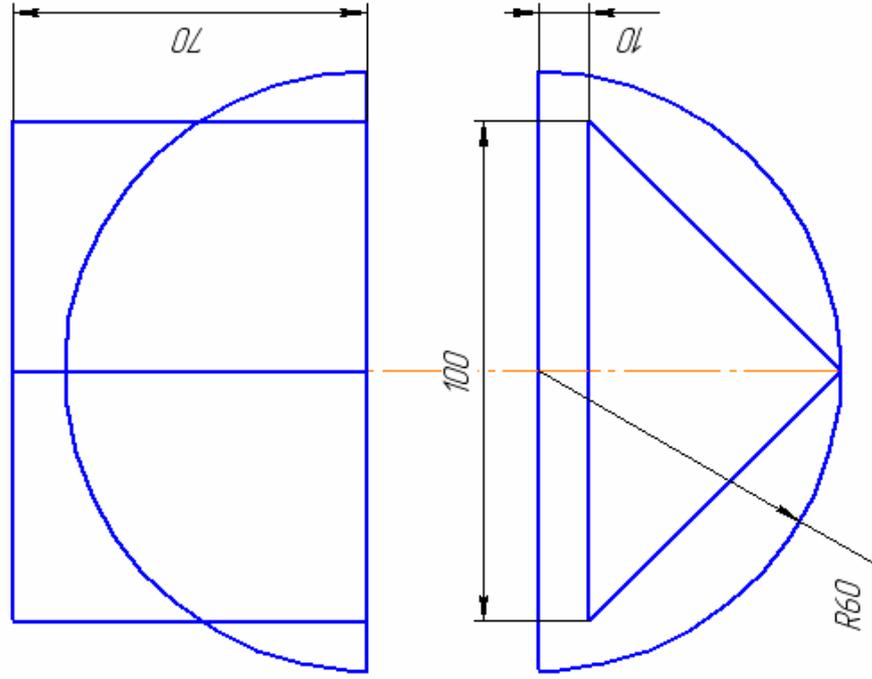


Вариант 7

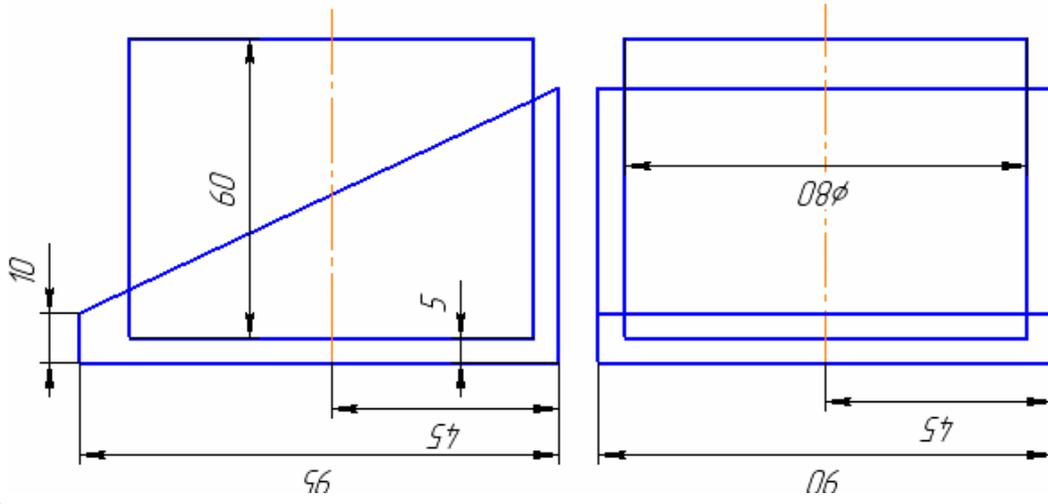


Продолжение прил. 4

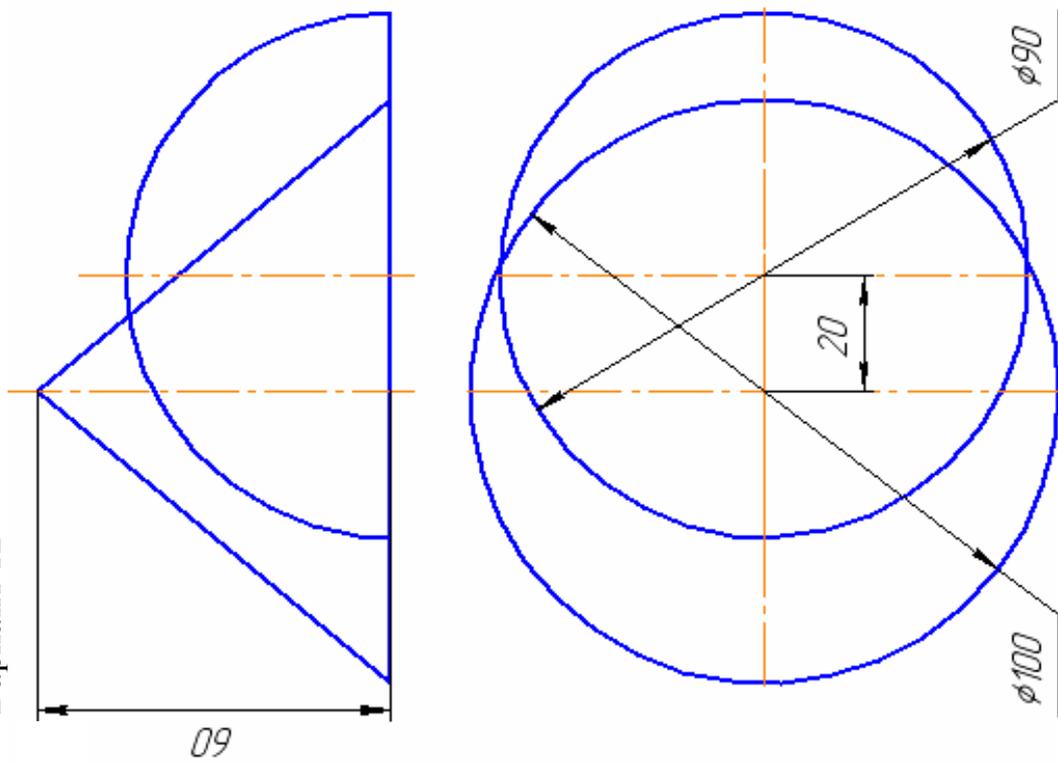
Вариант 10



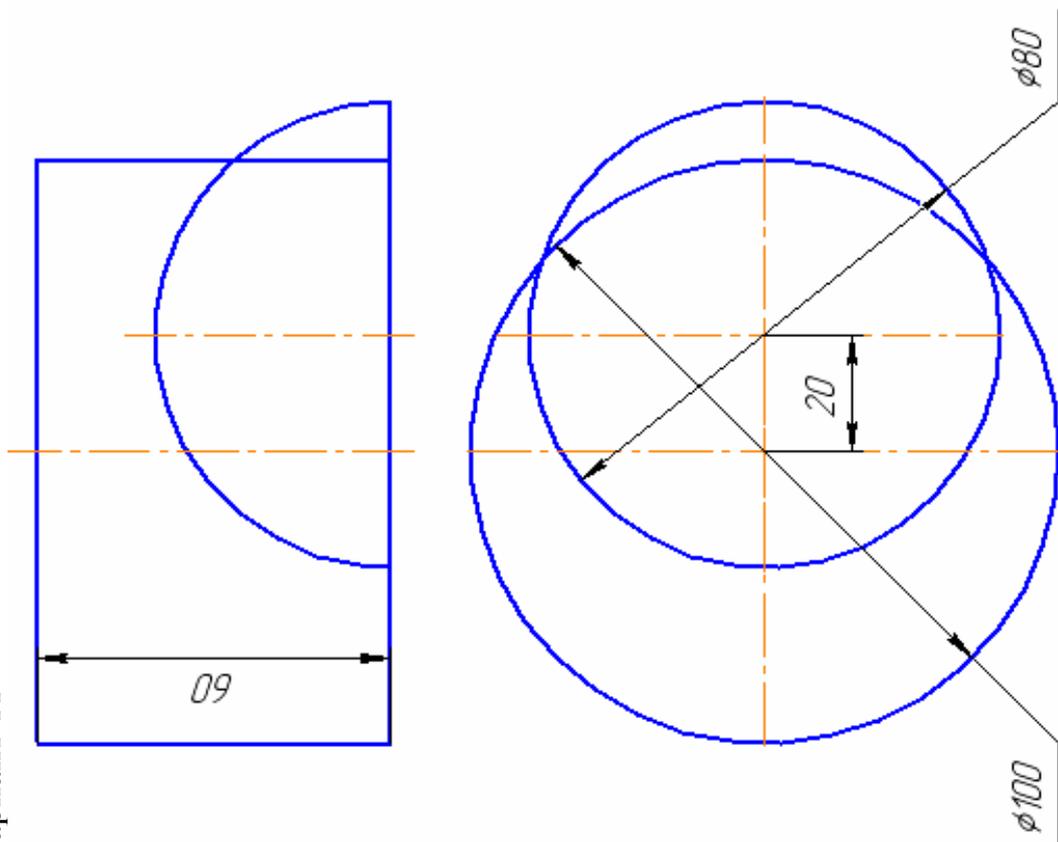
Вариант 9



Вариант 12

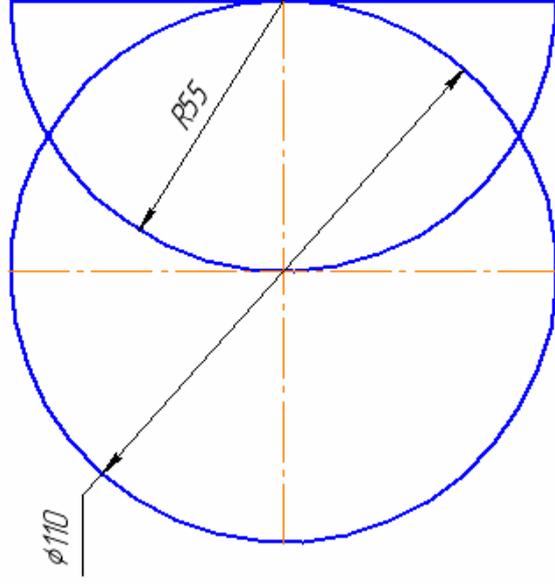
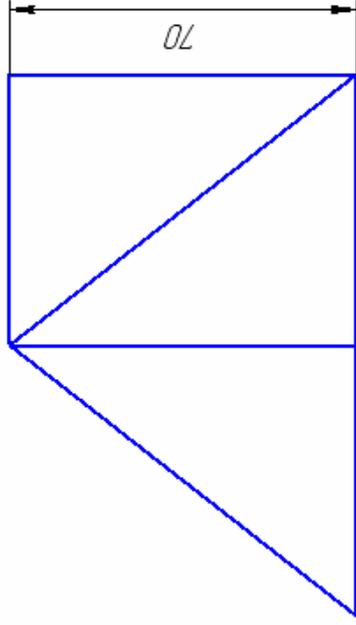


Вариант 11

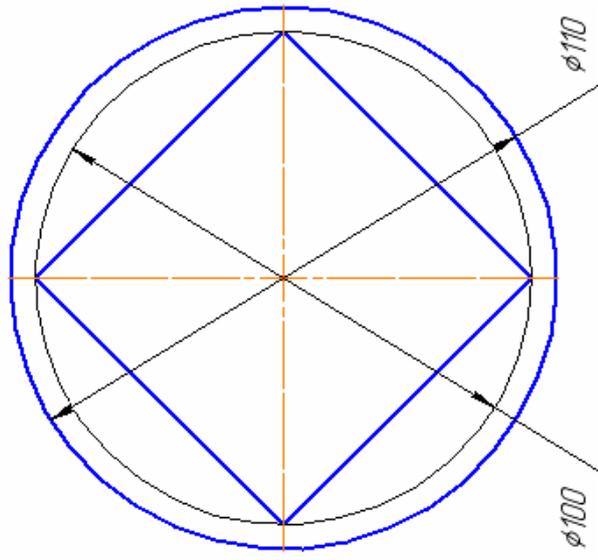
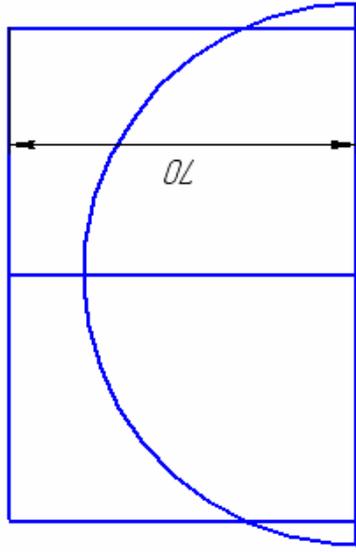


Продолжение прил. 4

Вариант 14

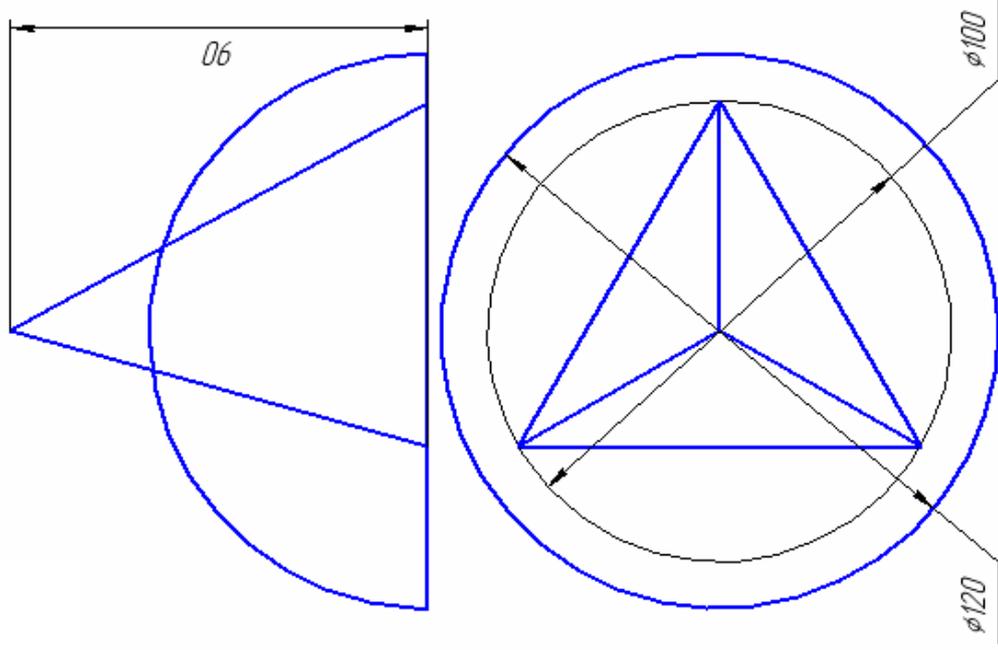


Вариант 13

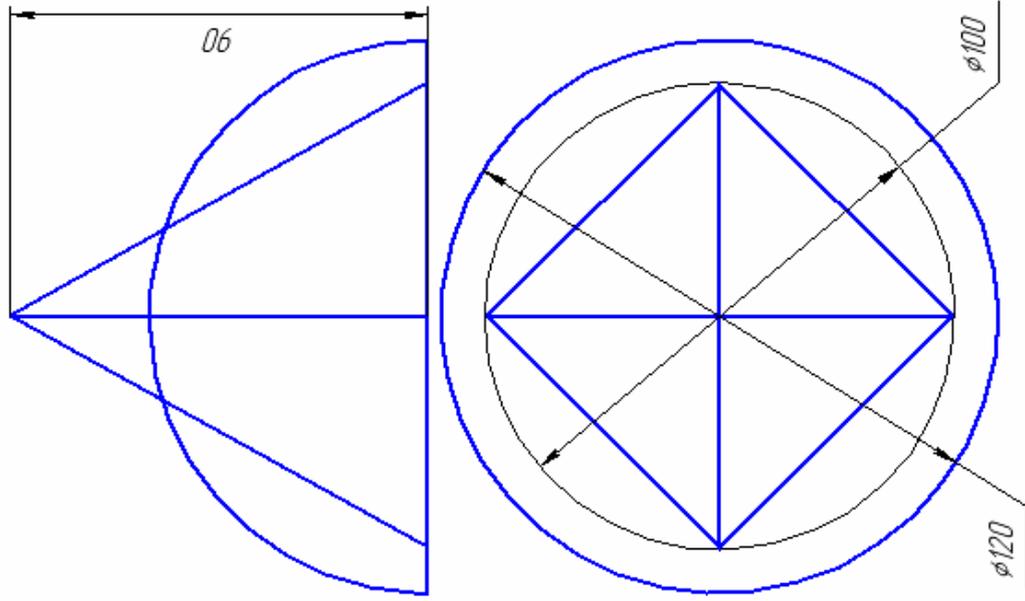


Продолжение прил. 4

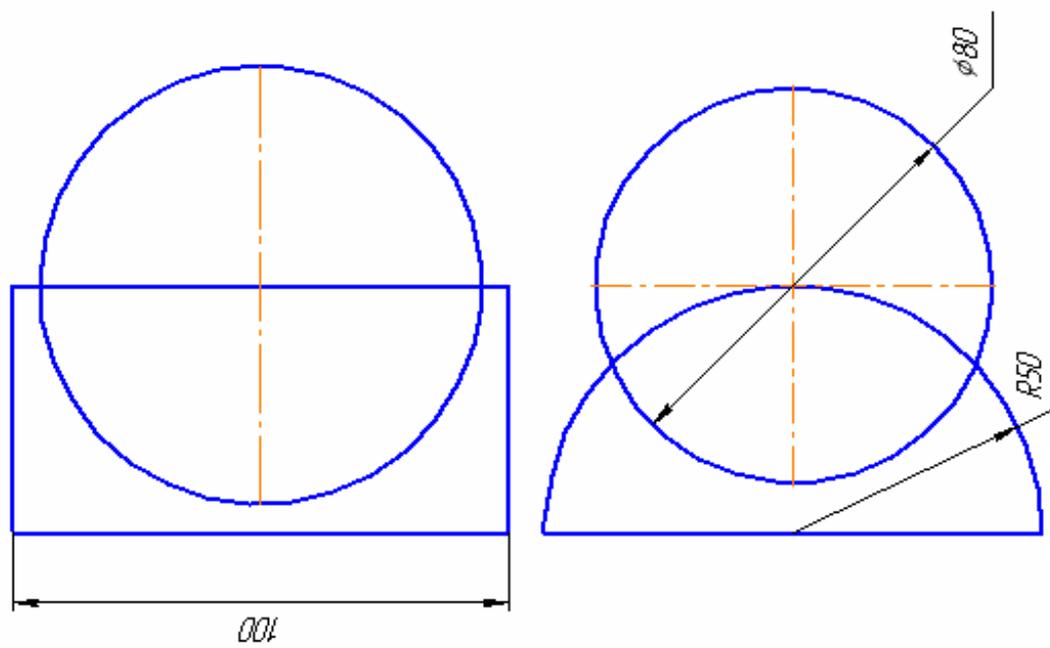
Вариант 16



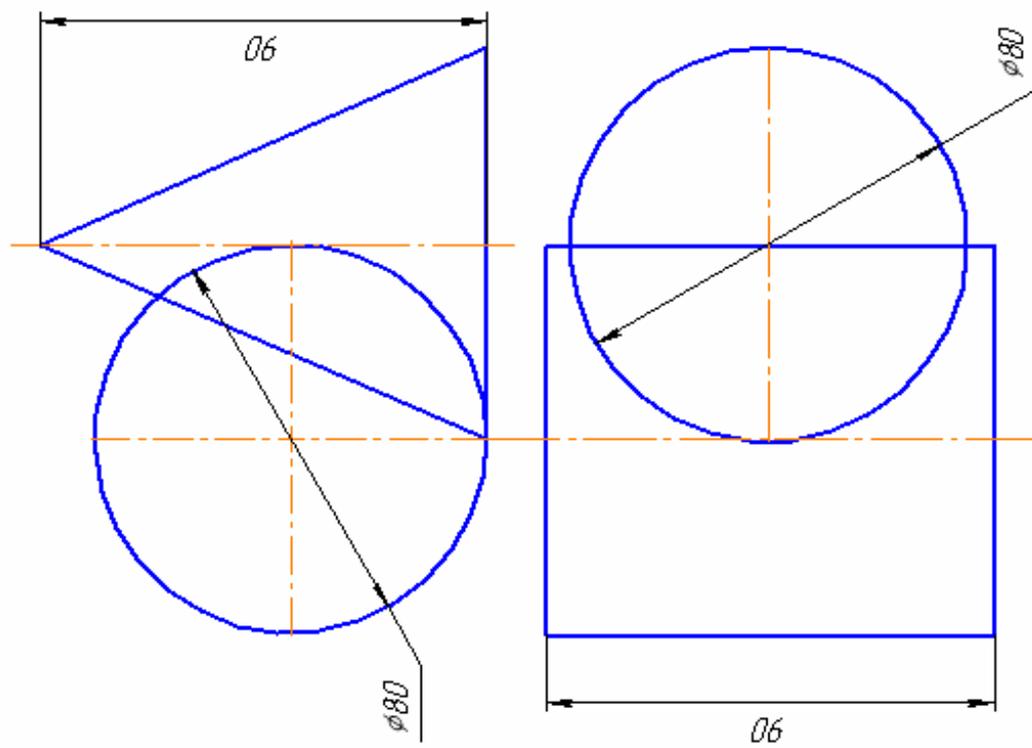
Вариант 15



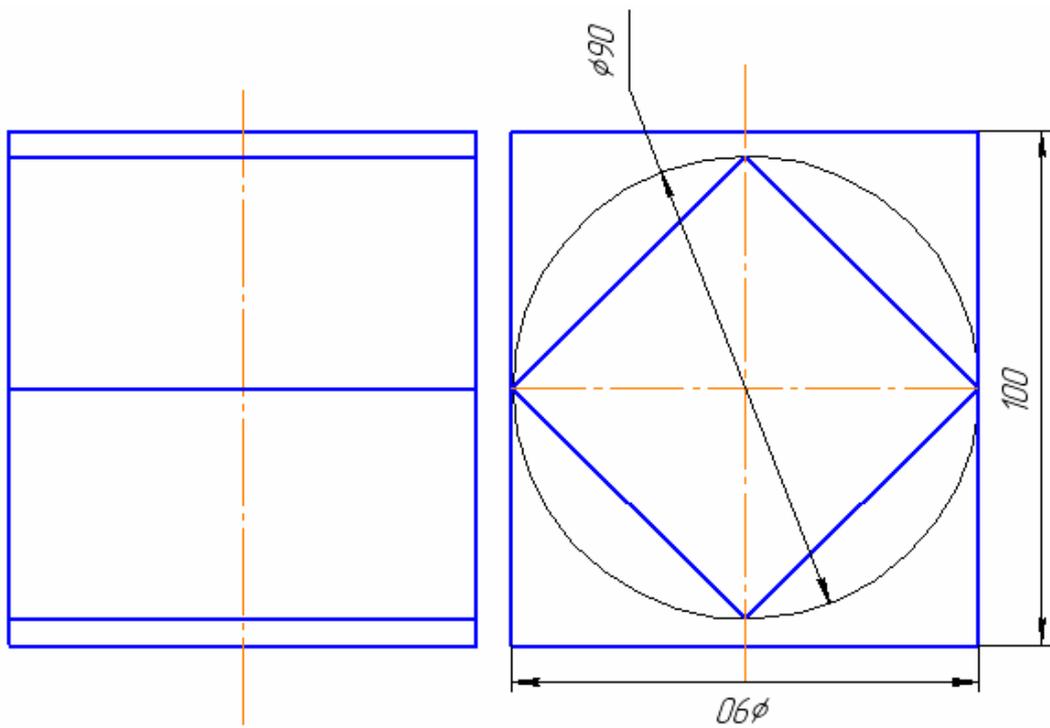
Вариант 18



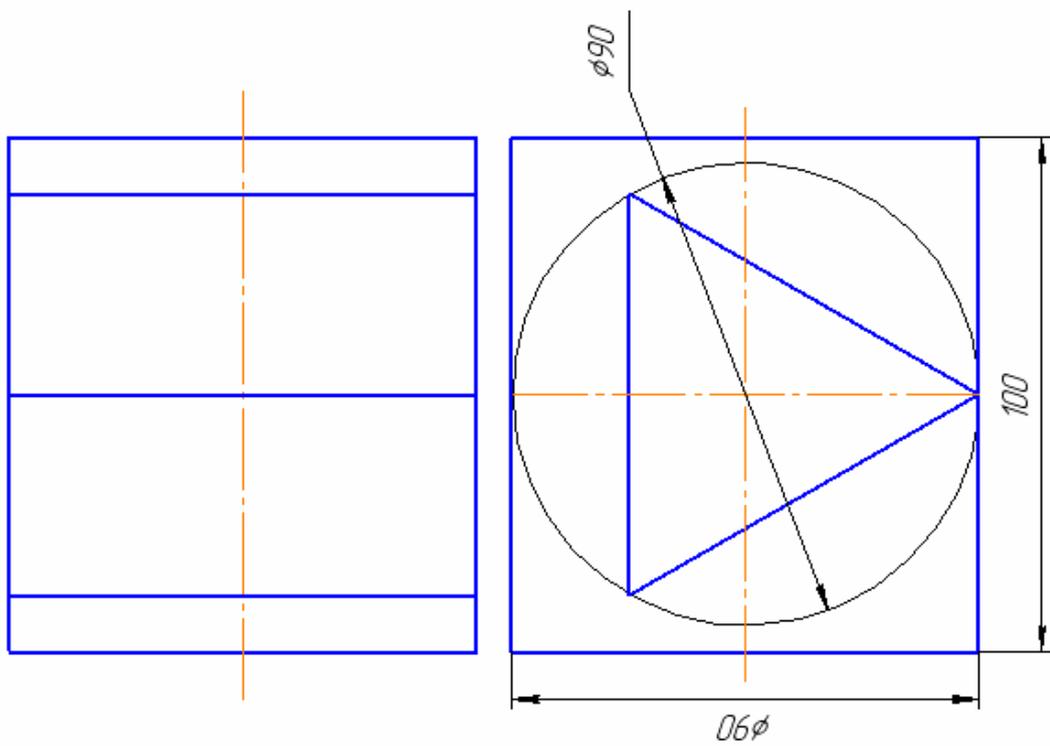
Вариант 17



Вариант 20

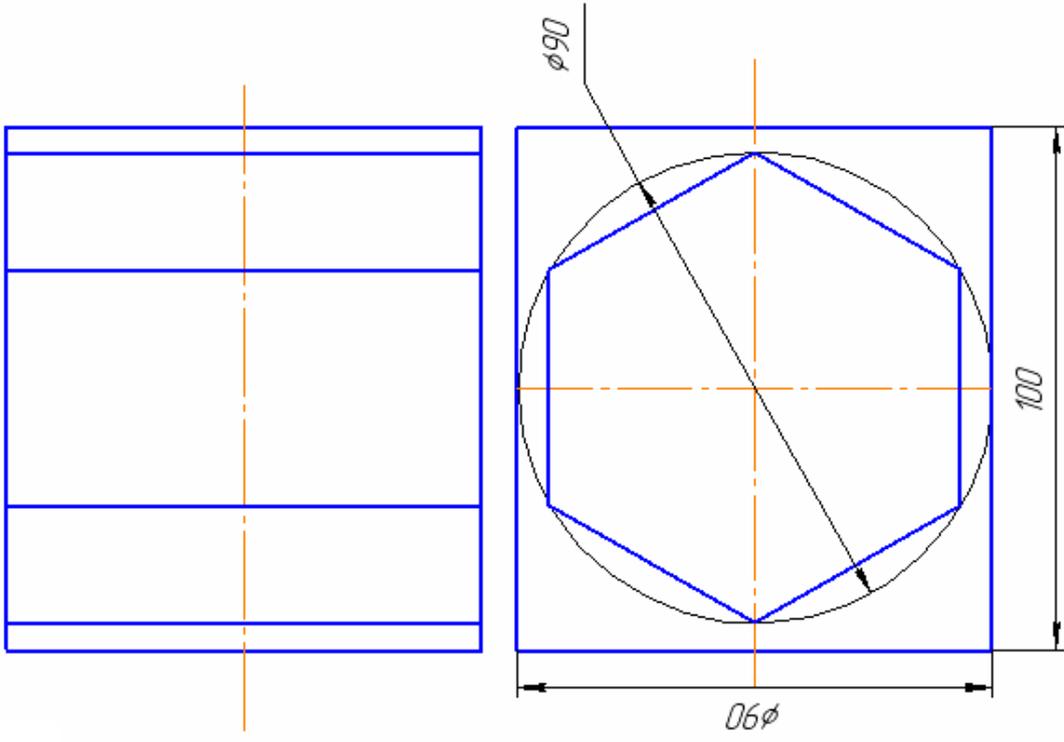


Вариант 19

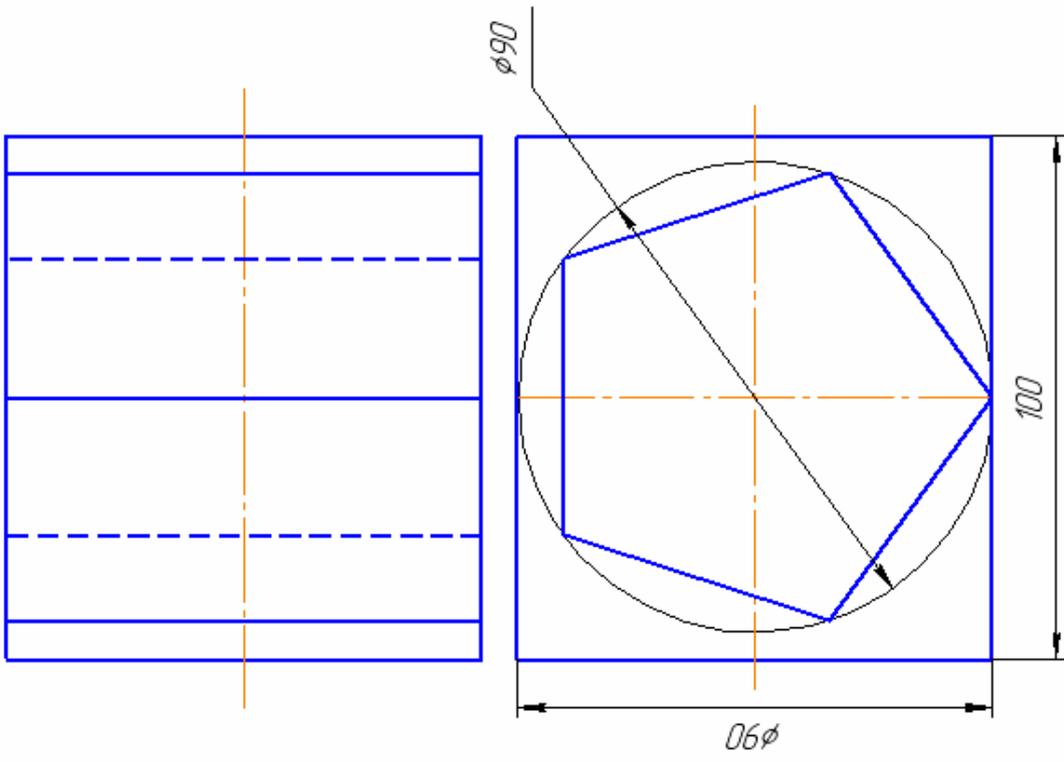


Продолжение прил. 4

Вариант 22

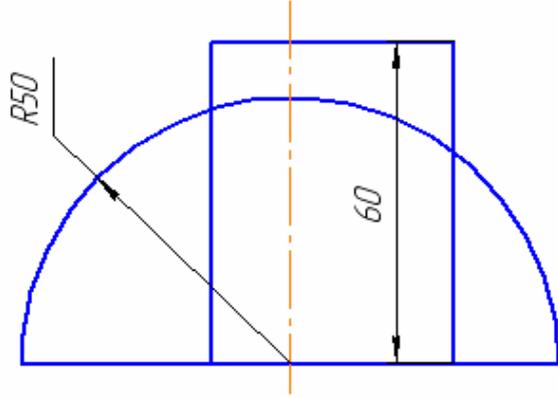
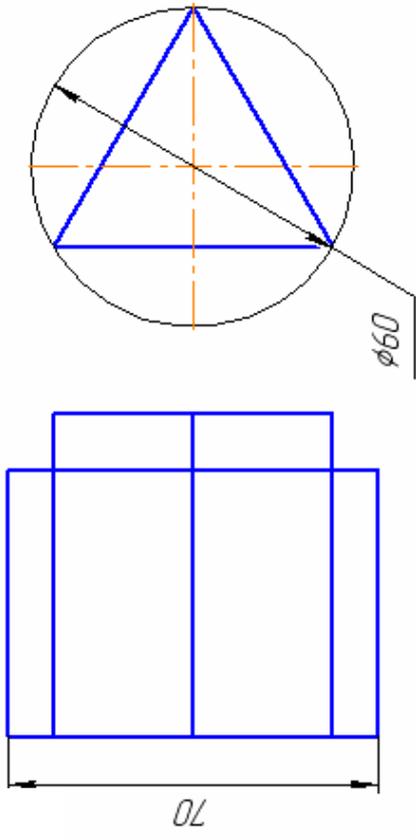


Вариант 21

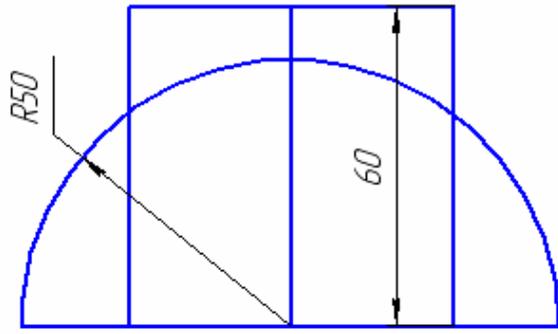
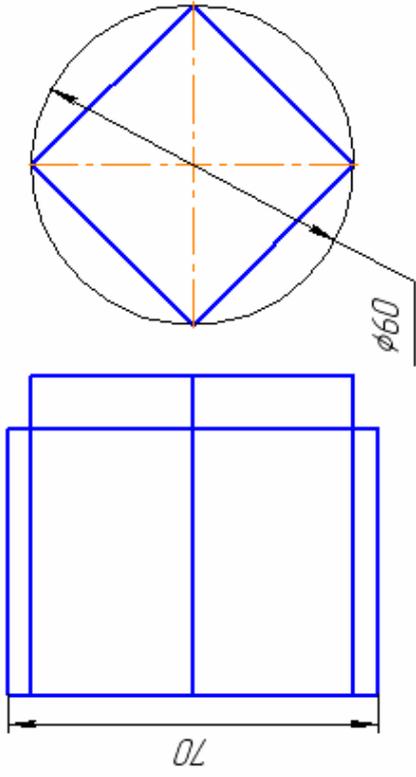


Продолжение прил. 4

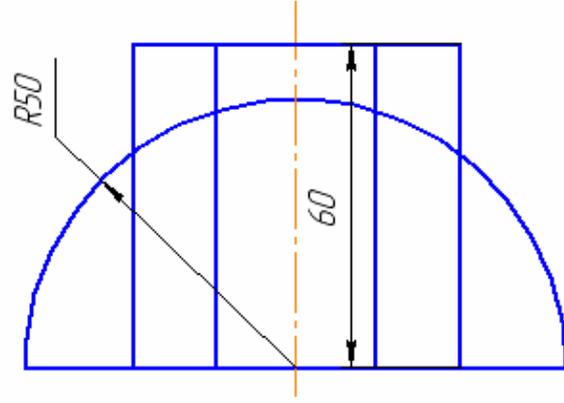
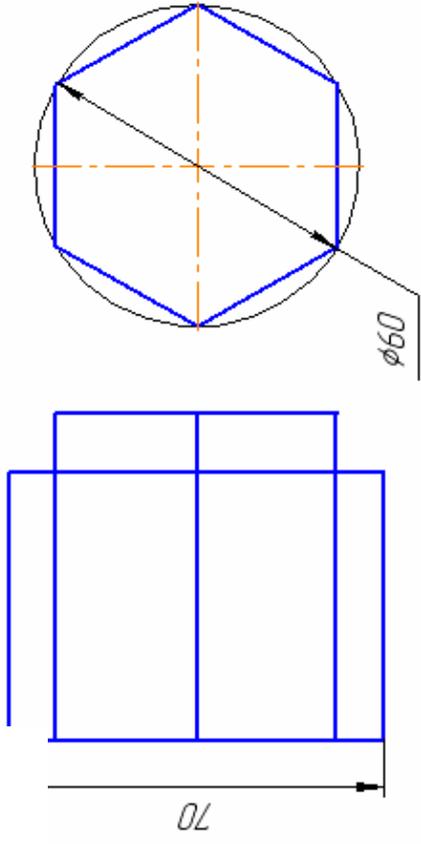
Вариант 24



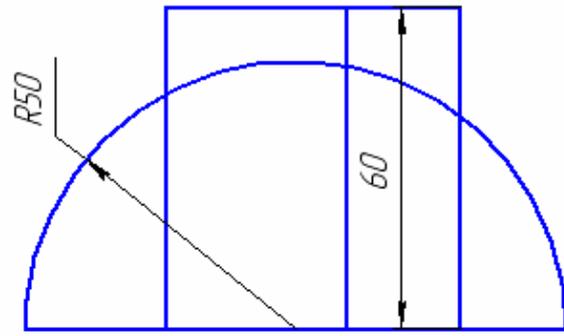
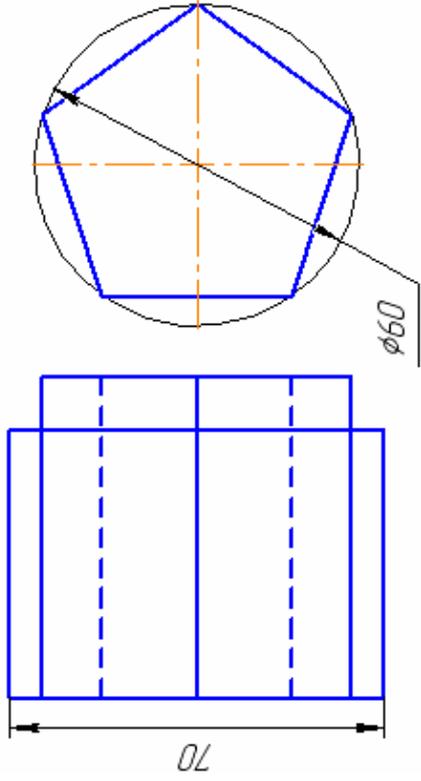
Вариант 23



Вариант 26

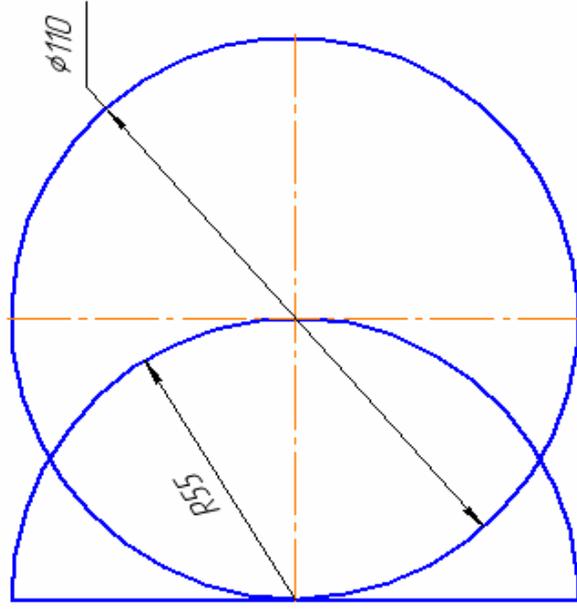
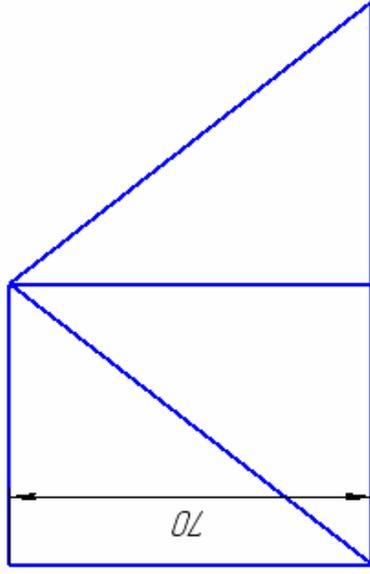


Вариант 25

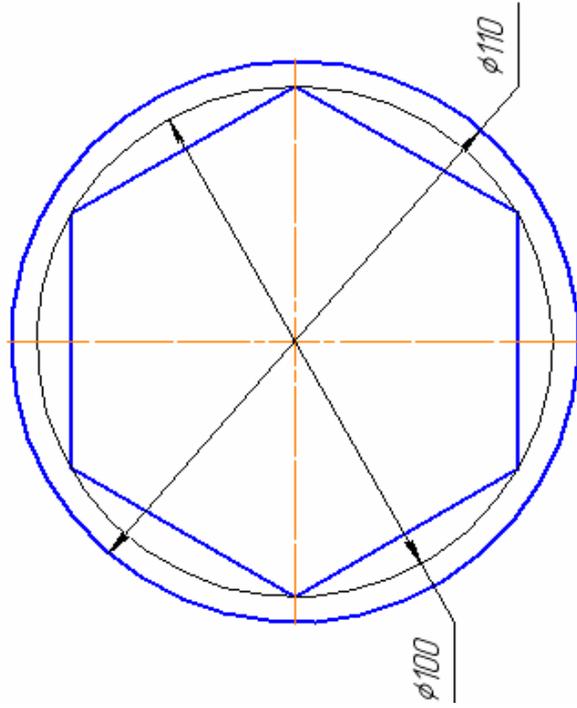
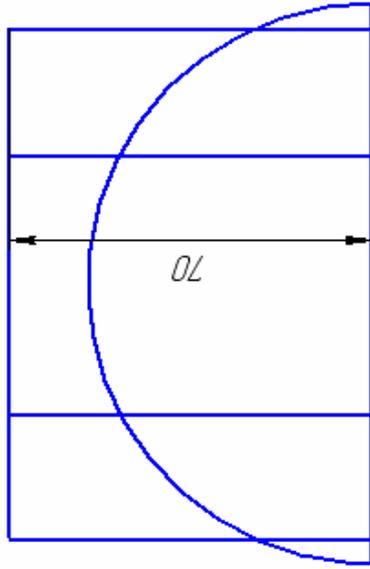


Продолжение прил. 4

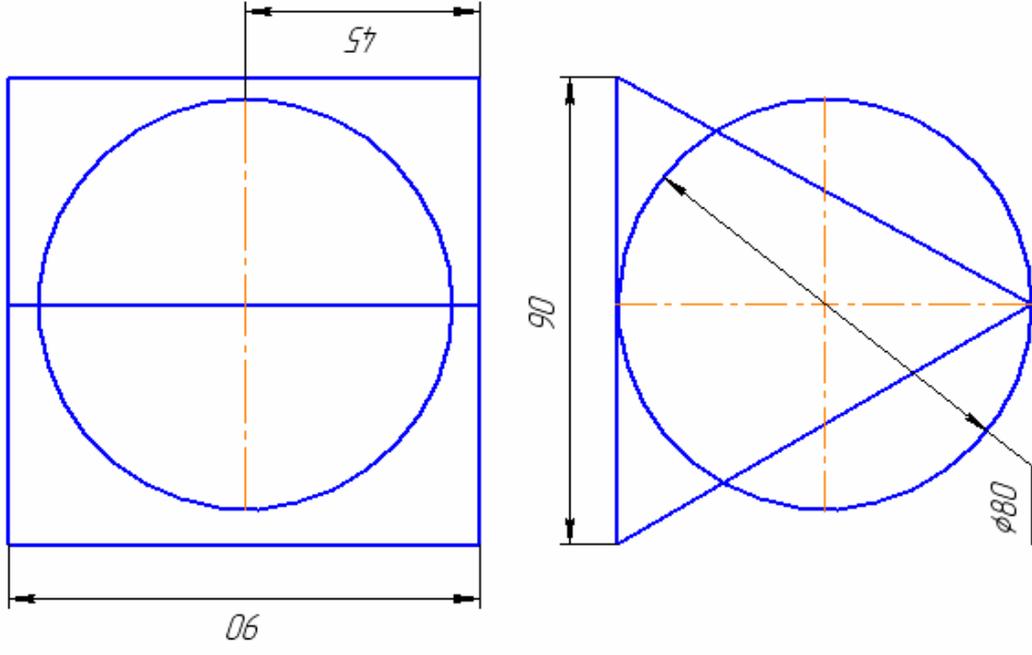
Вариант 28



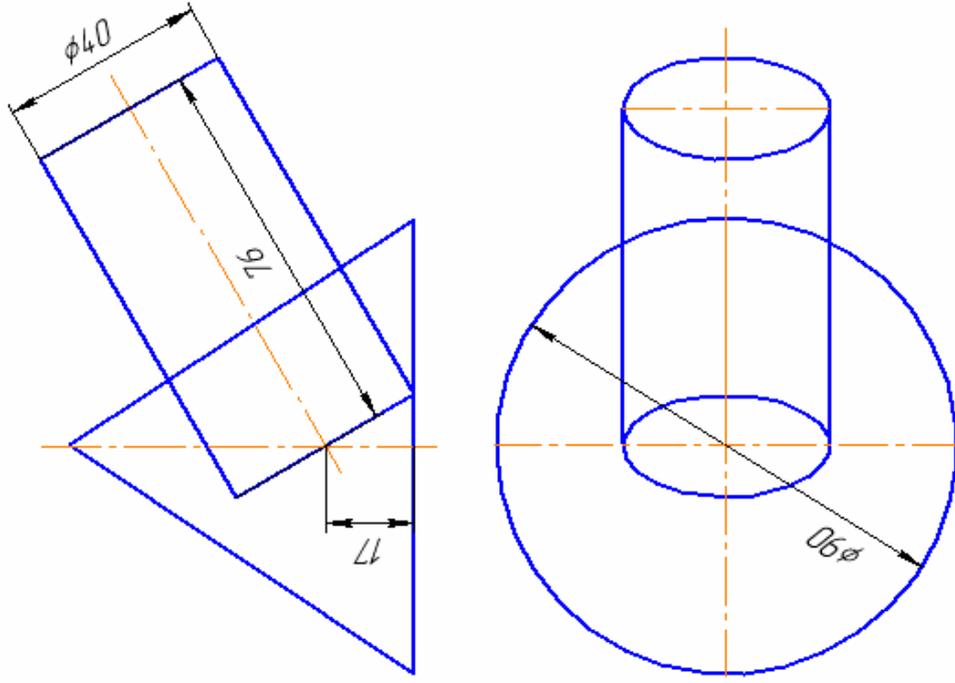
Вариант 27

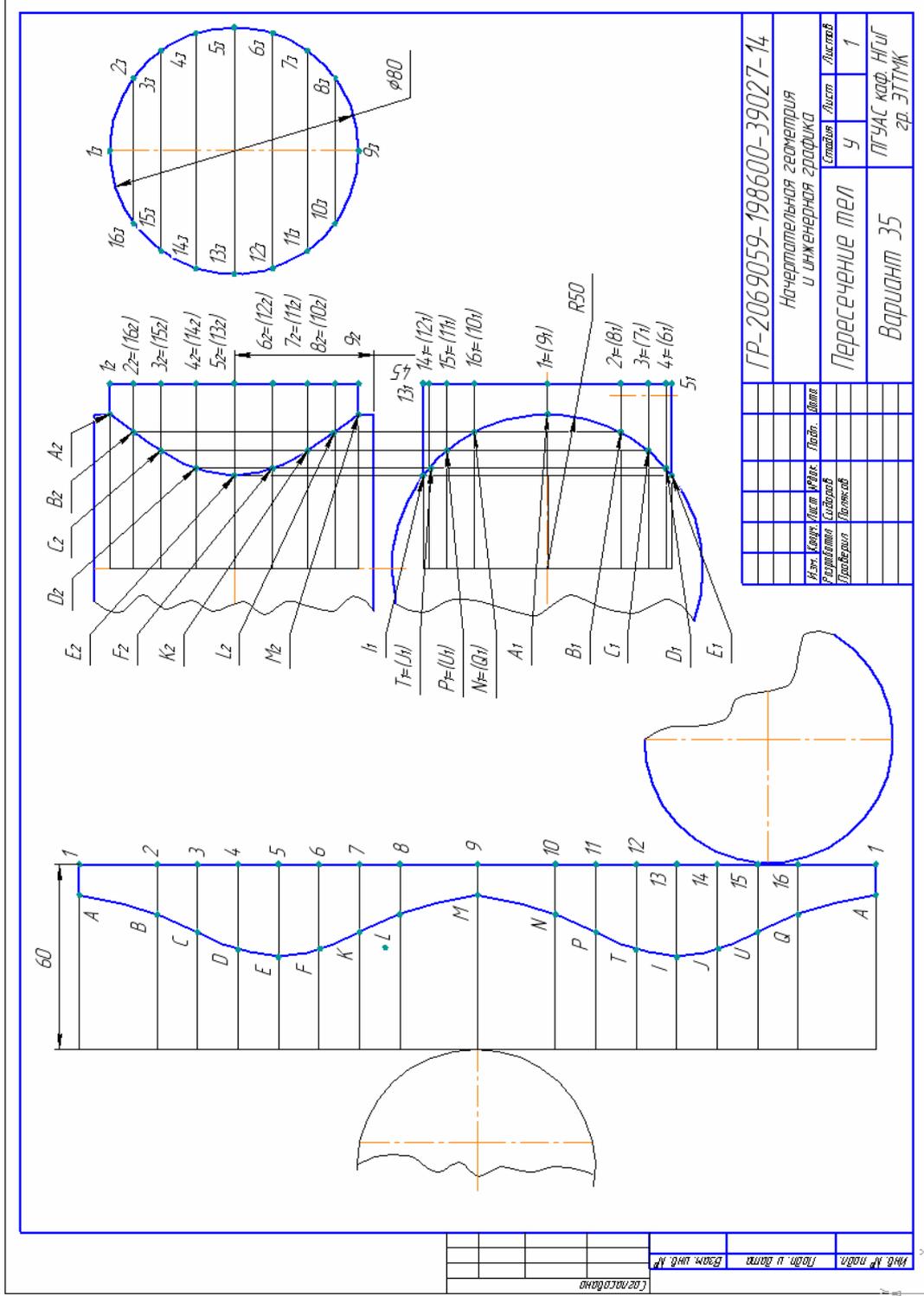


Вариант 30



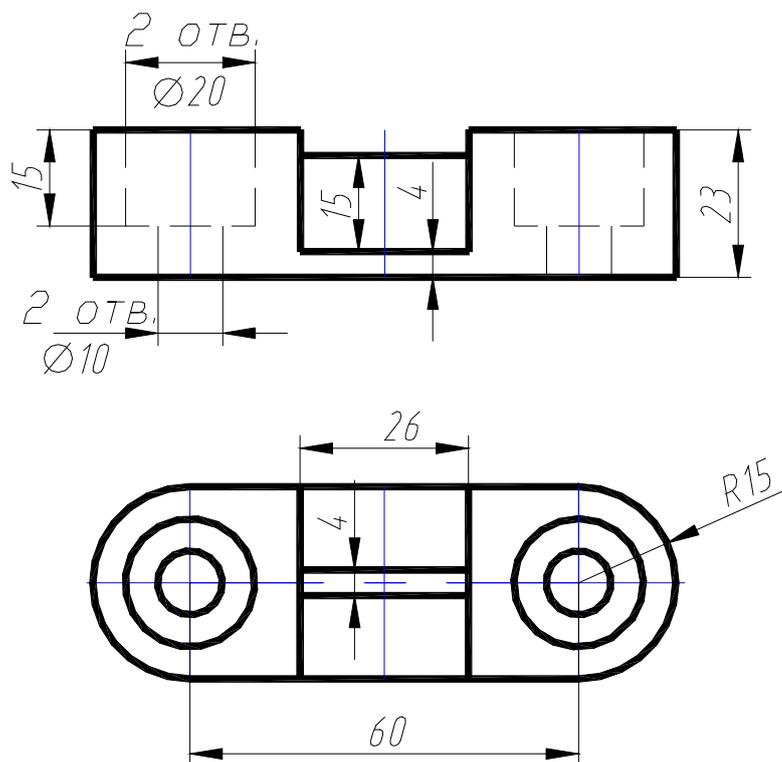
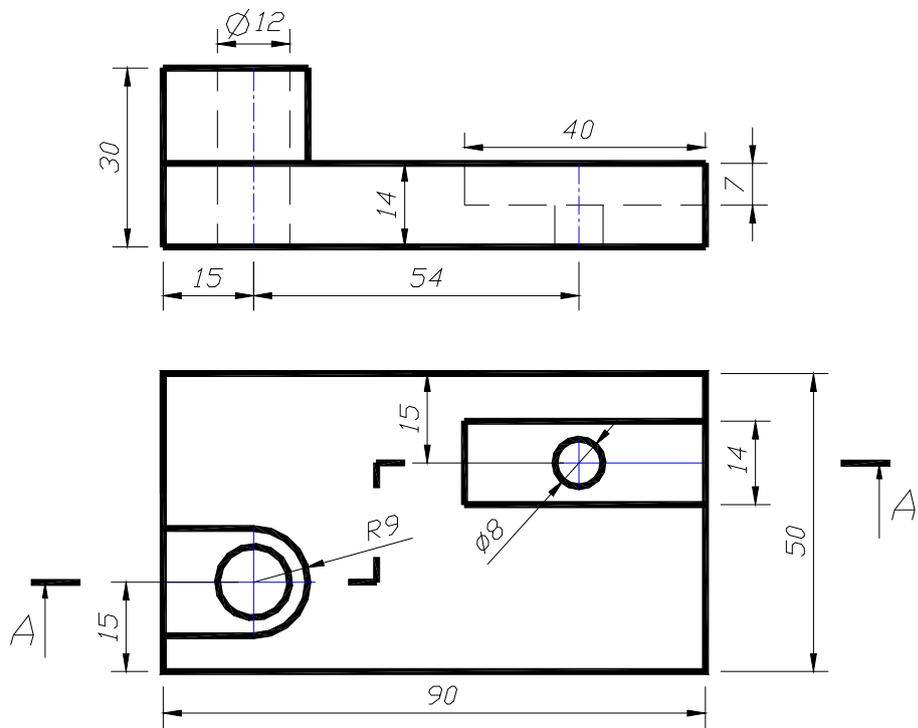
Вариант 29





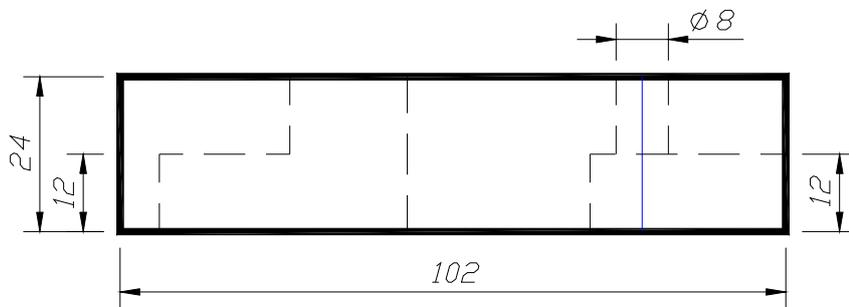
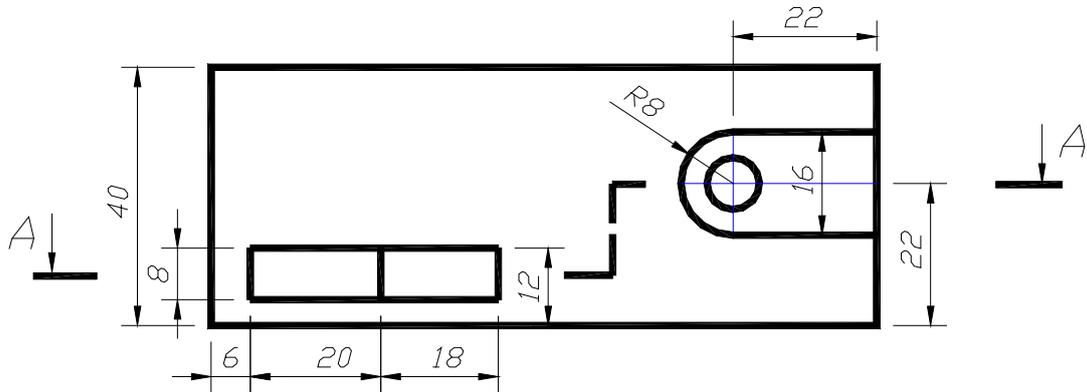
ГР-2069059-198600-39027-14		Начертательная геометрия и инженерная графика	
Лист	1	Листов	1
Пересечение тел			
Вариант 35		ЛГЧАС каф. НГГГ гр. ЭТТМК	

Рис. П

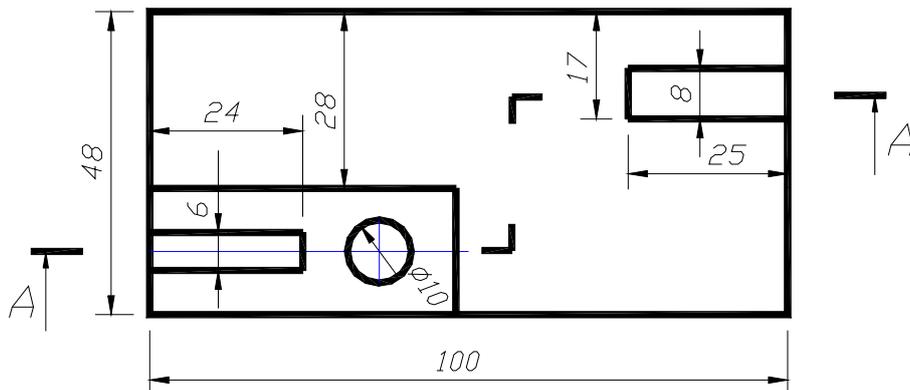
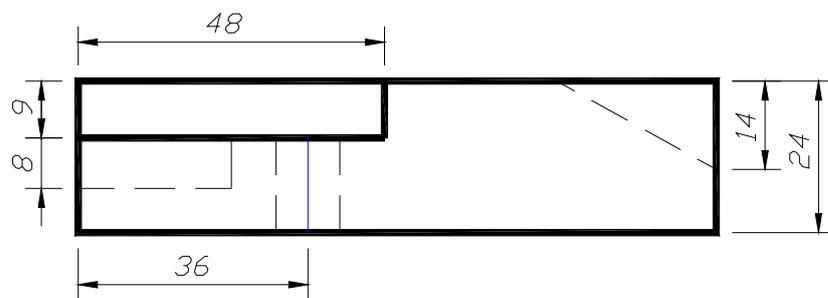


Продолжение прил. 5

Вариант 3

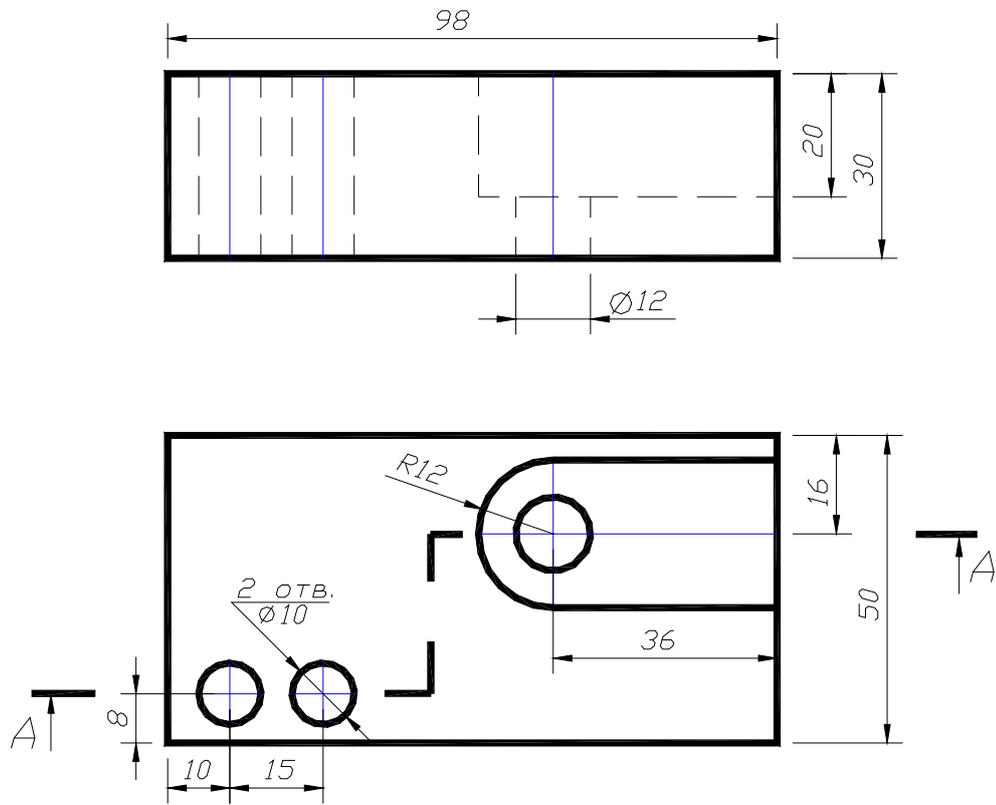


Вариант 4

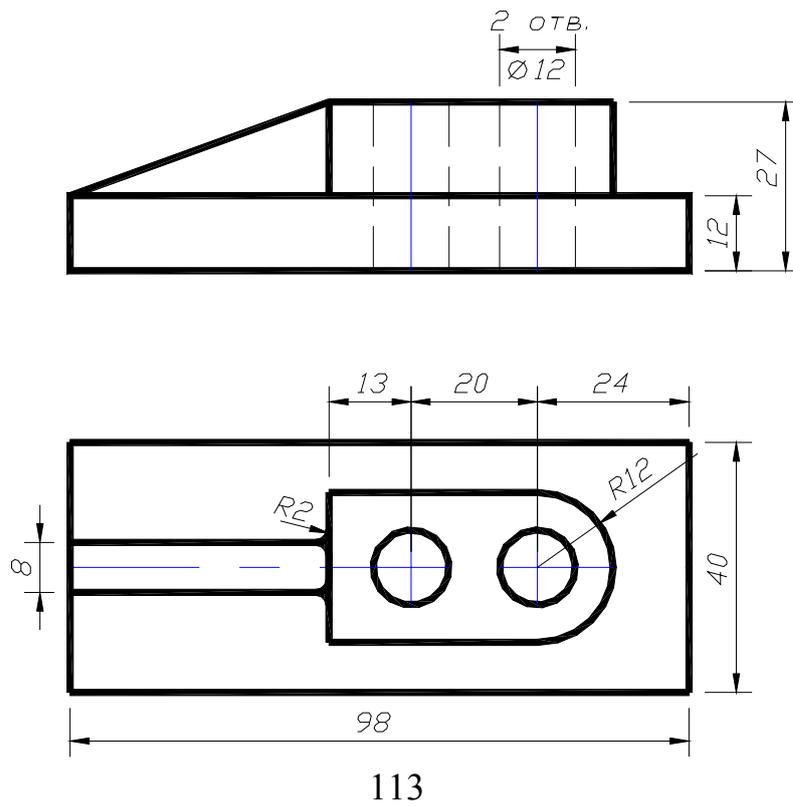


Продолжение прил. 5

Вариант 5

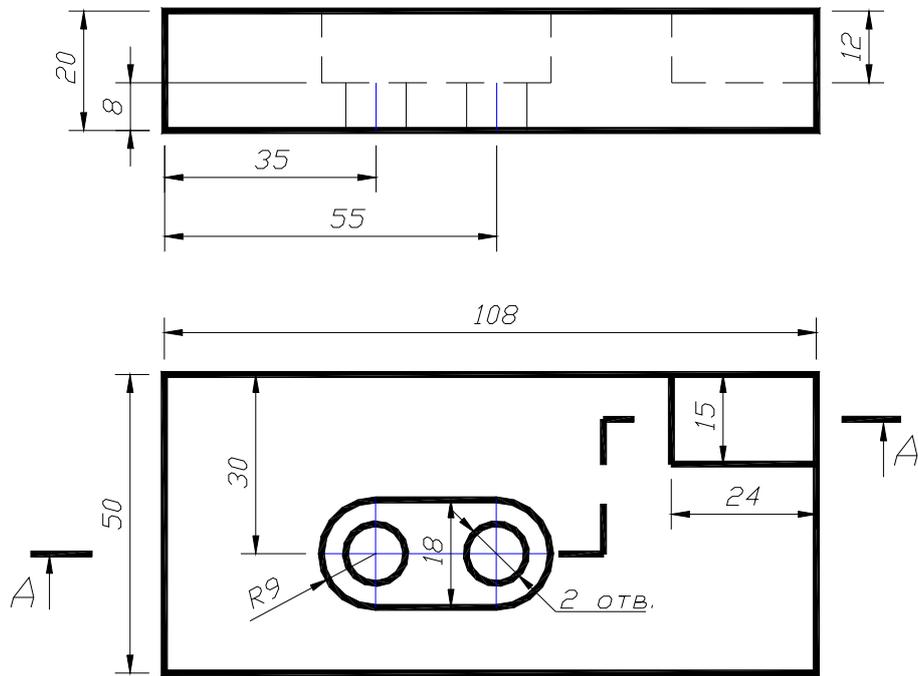


Вариант 6

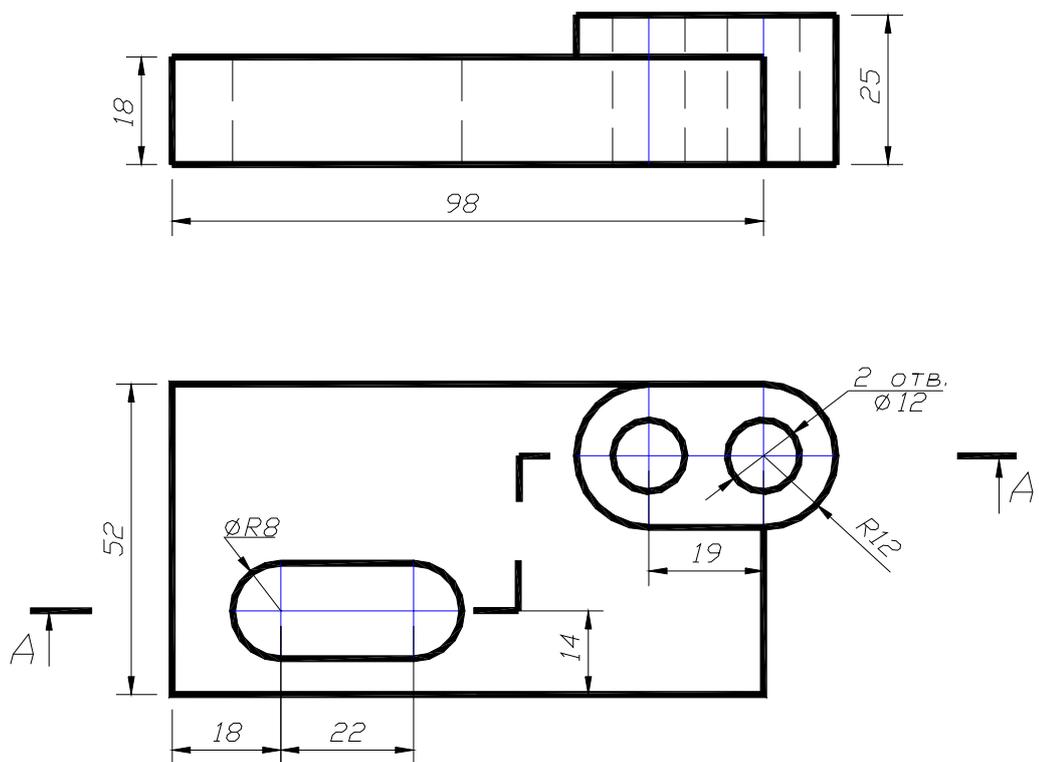


Продолжение прил. 5

Вариант 7

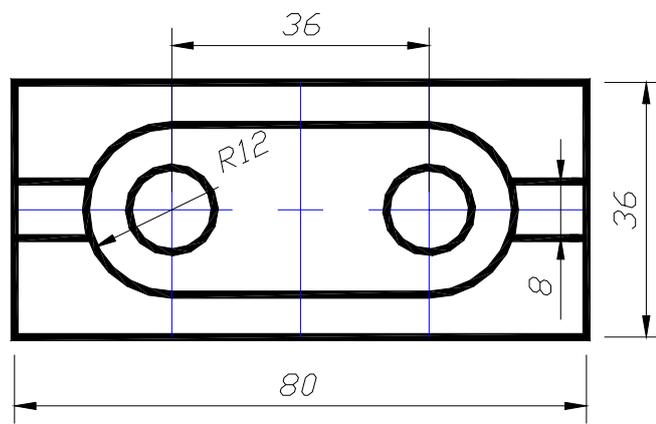
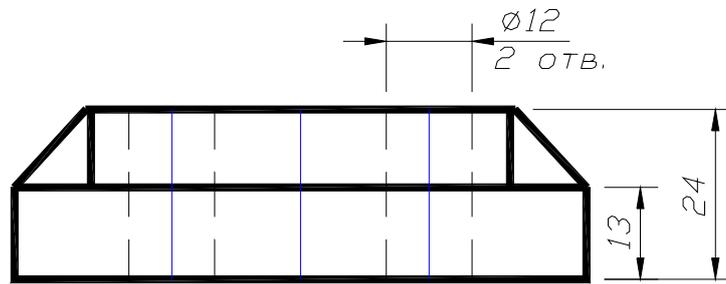


Вариант 8

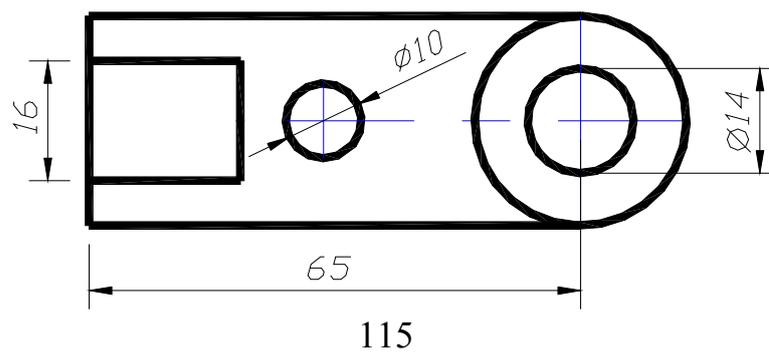
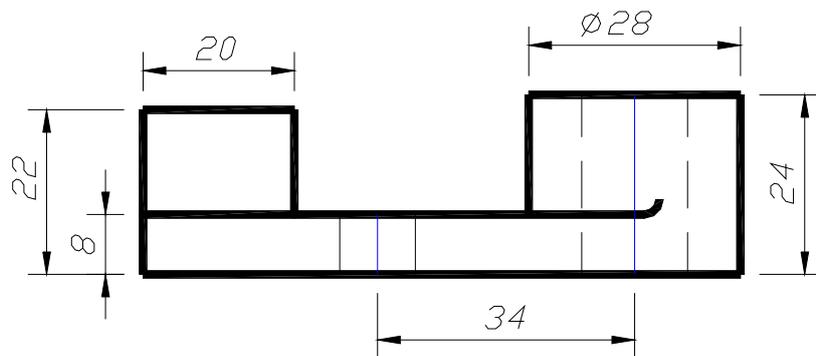


Продолжение прил. 5

Вариант 9

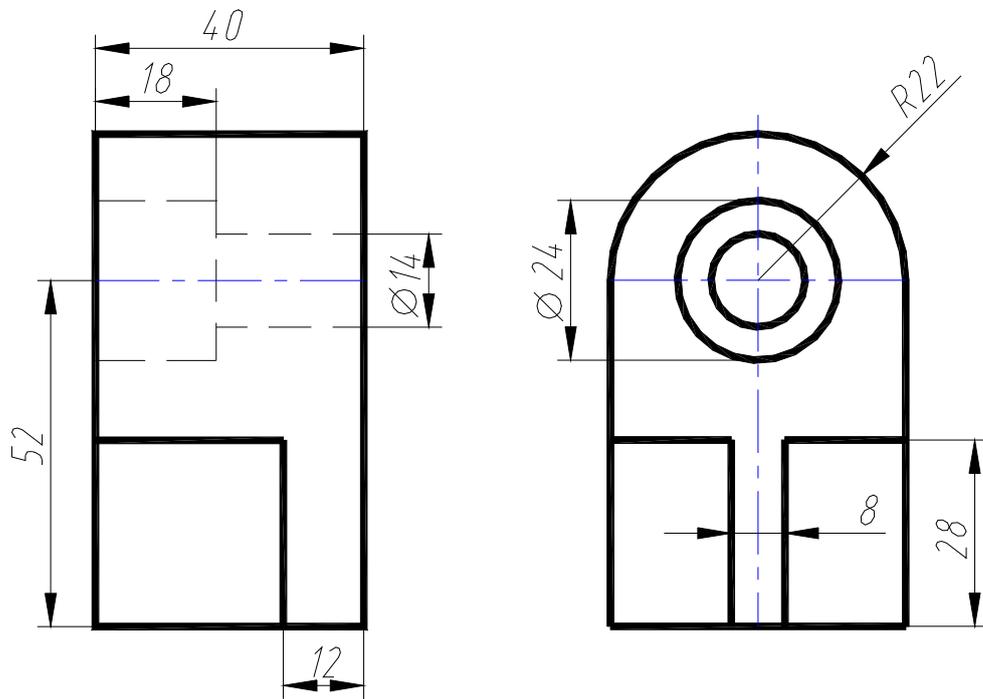


Вариант 10

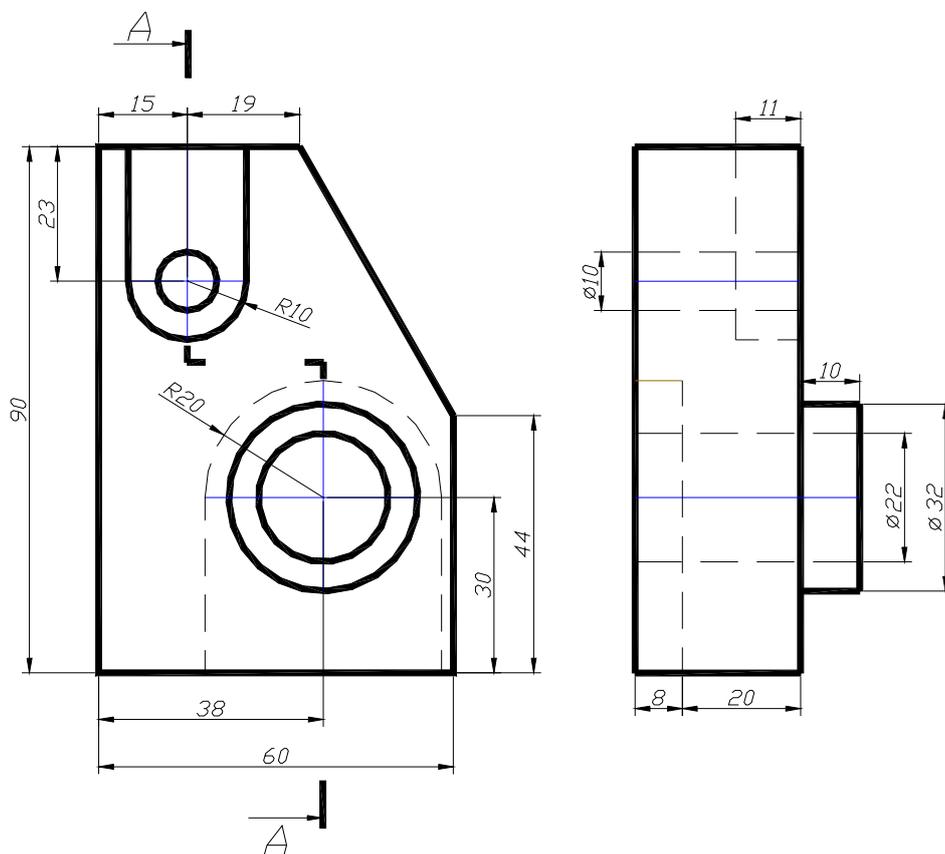


Продолжение прил. 5

Вариант 11

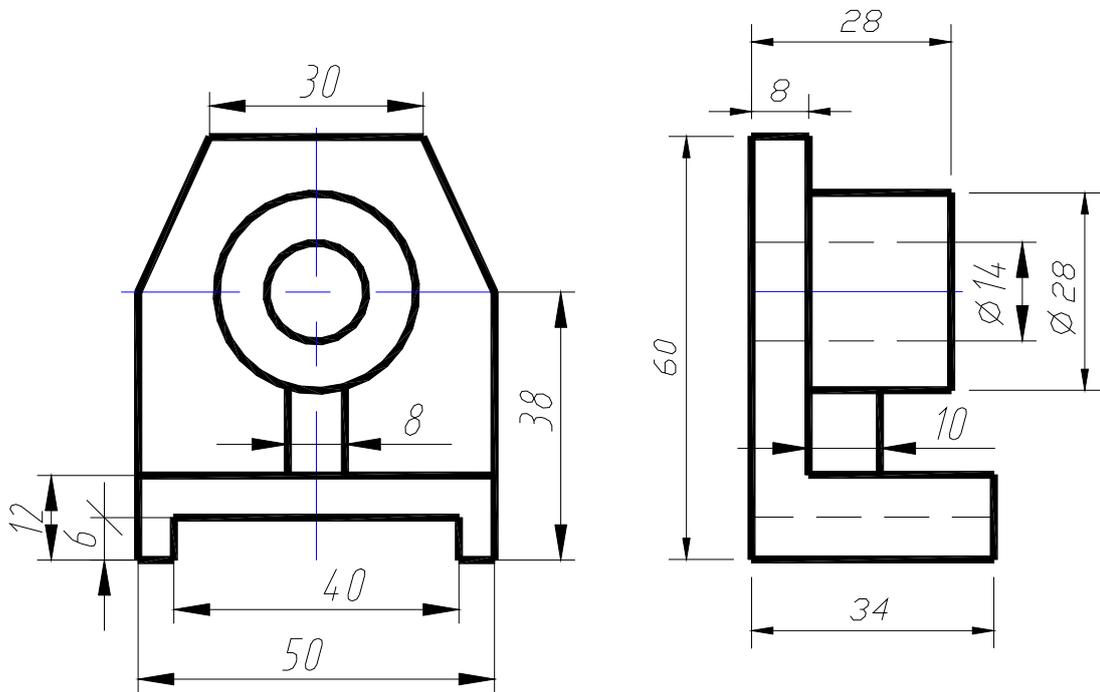


Вариант 12

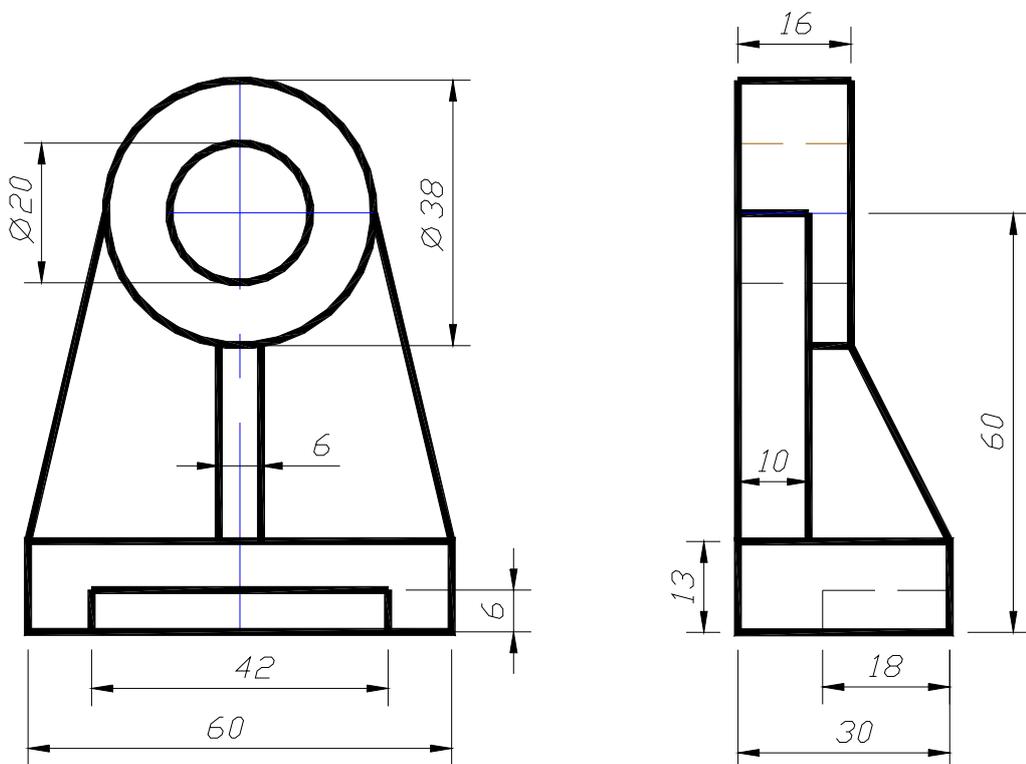


Продолжение прил. 5

Вариант 13

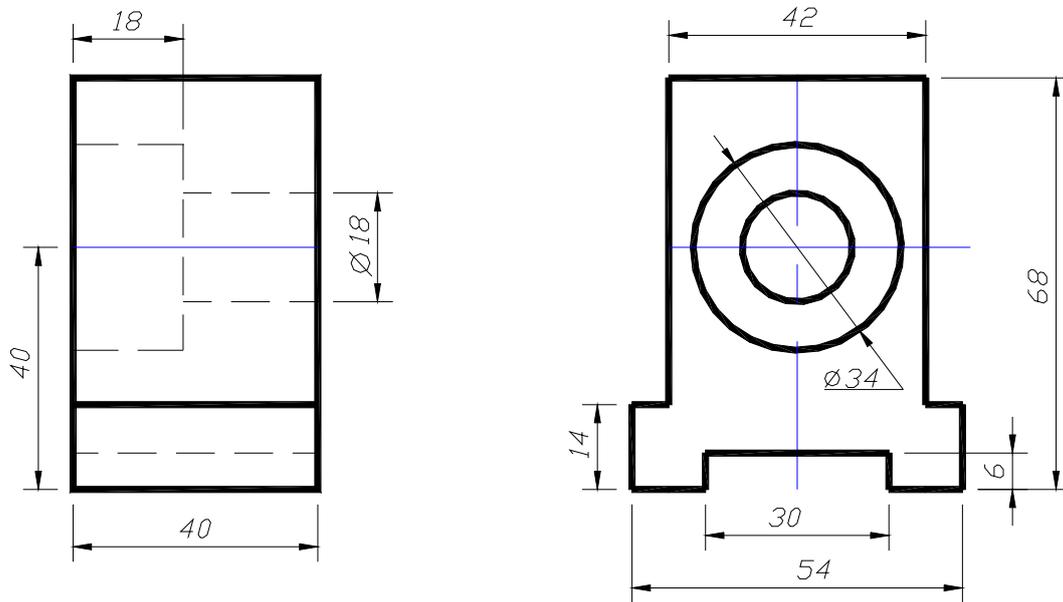


Вариант 14

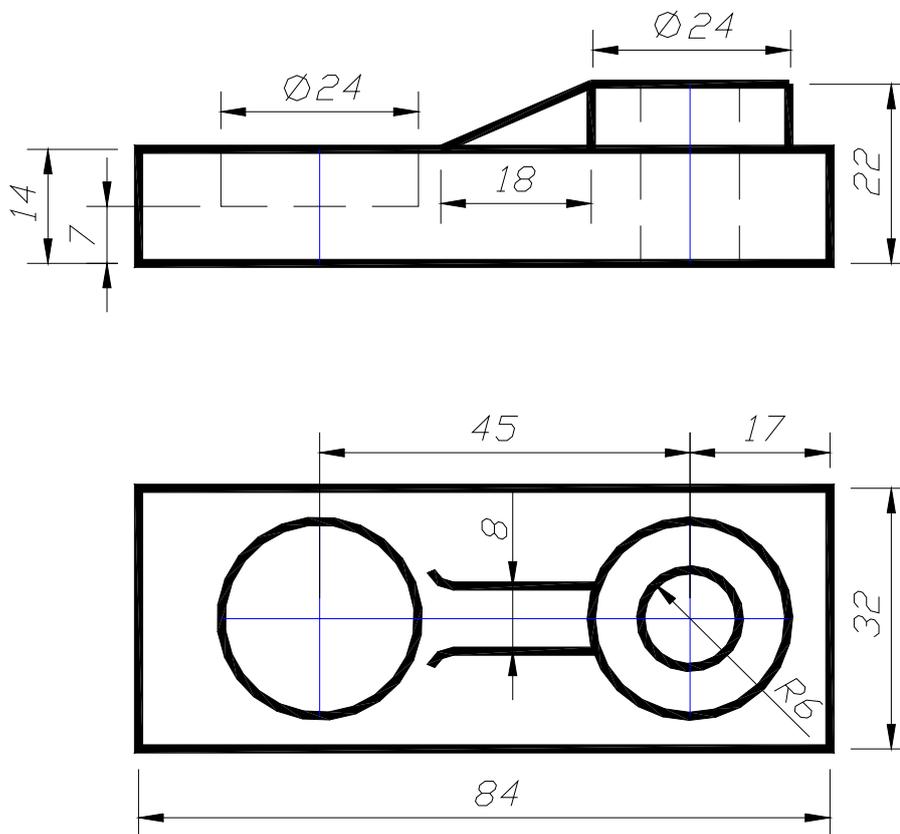


Продолжение прил. 5

Вариант 15

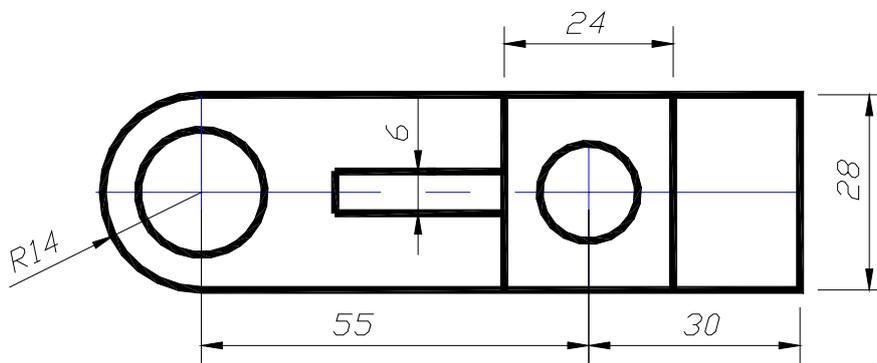
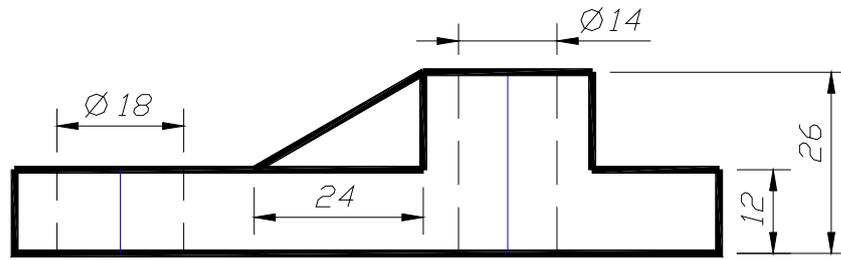


Вариант 16

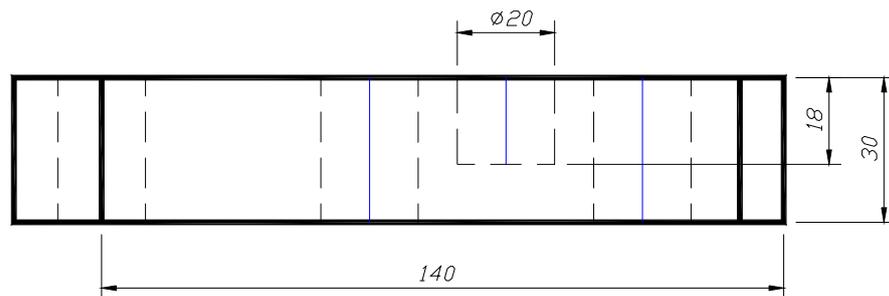
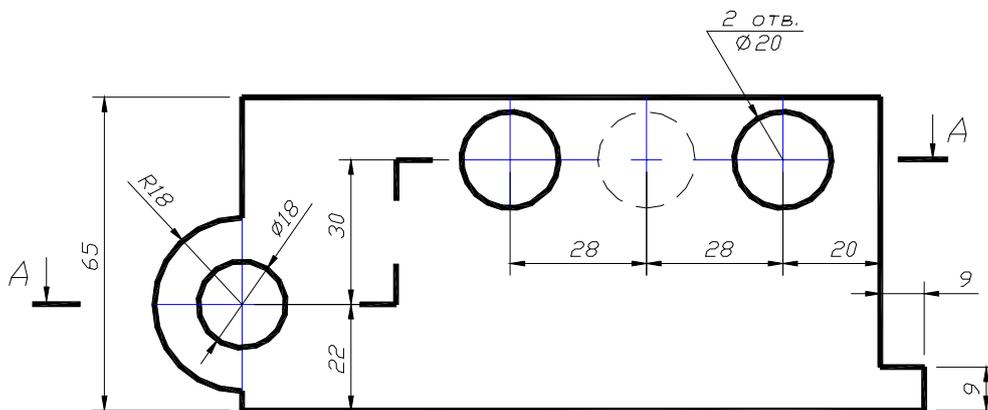


Продолжение прил. 5

Вариант 17

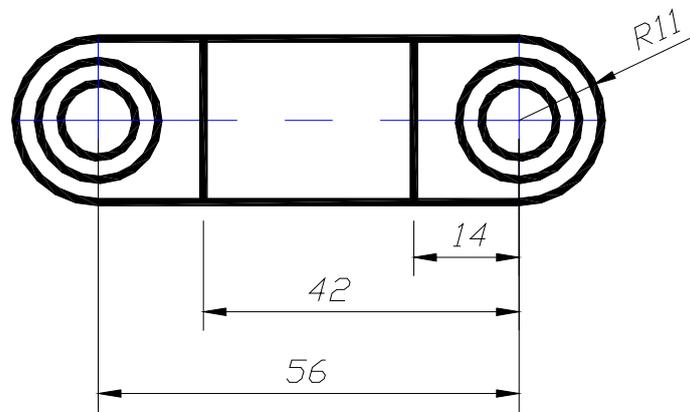
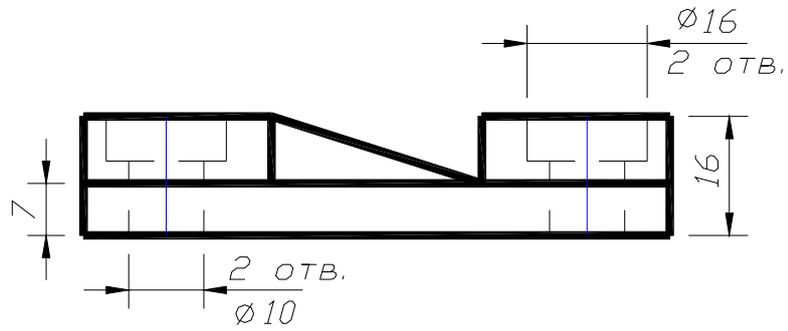


Вариант 18

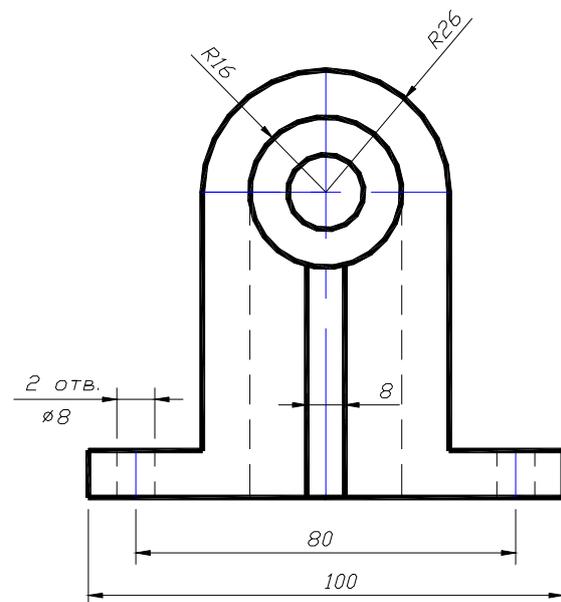
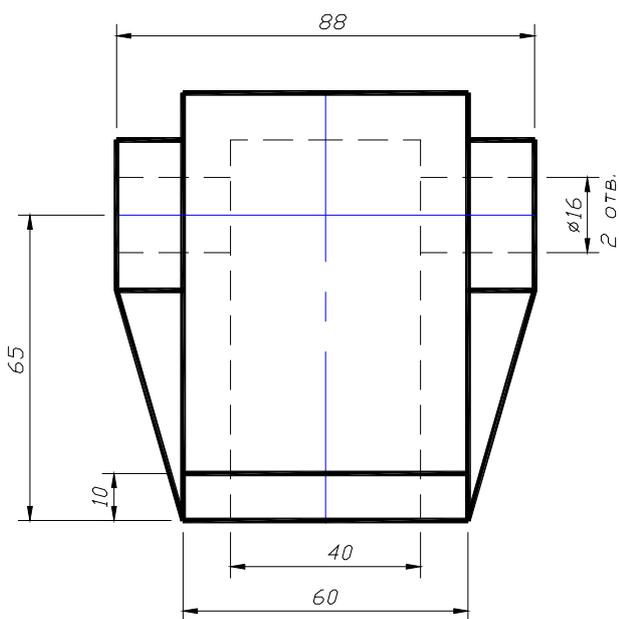


Продолжение прил. 5

Вариант 19

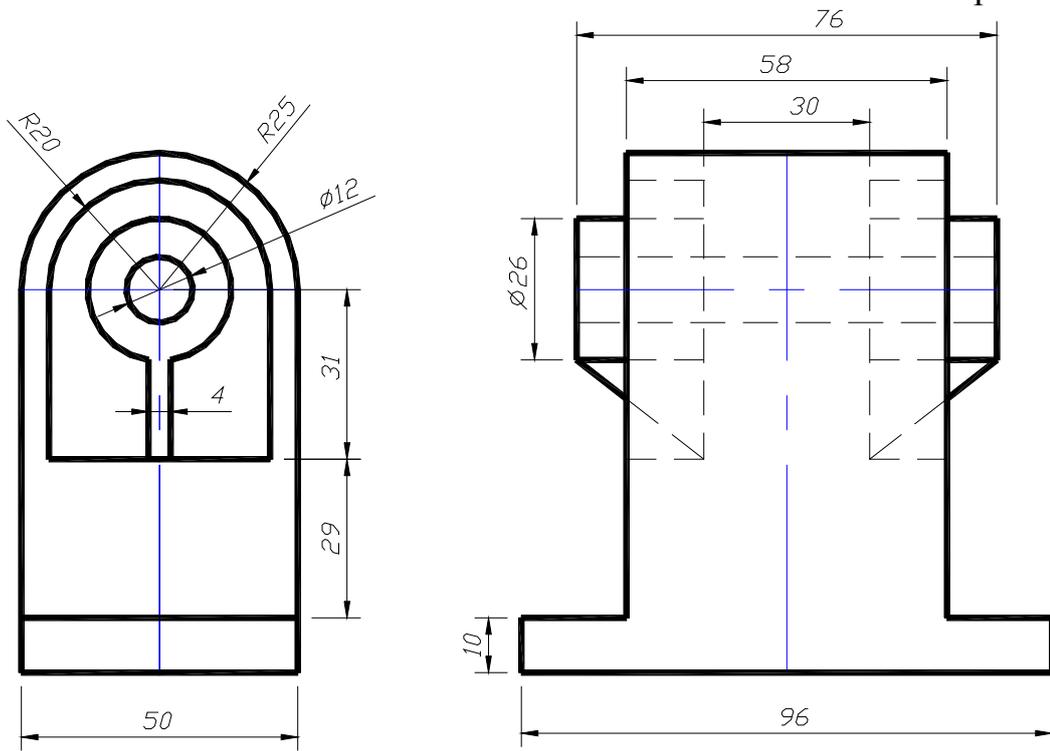


Вариант 20

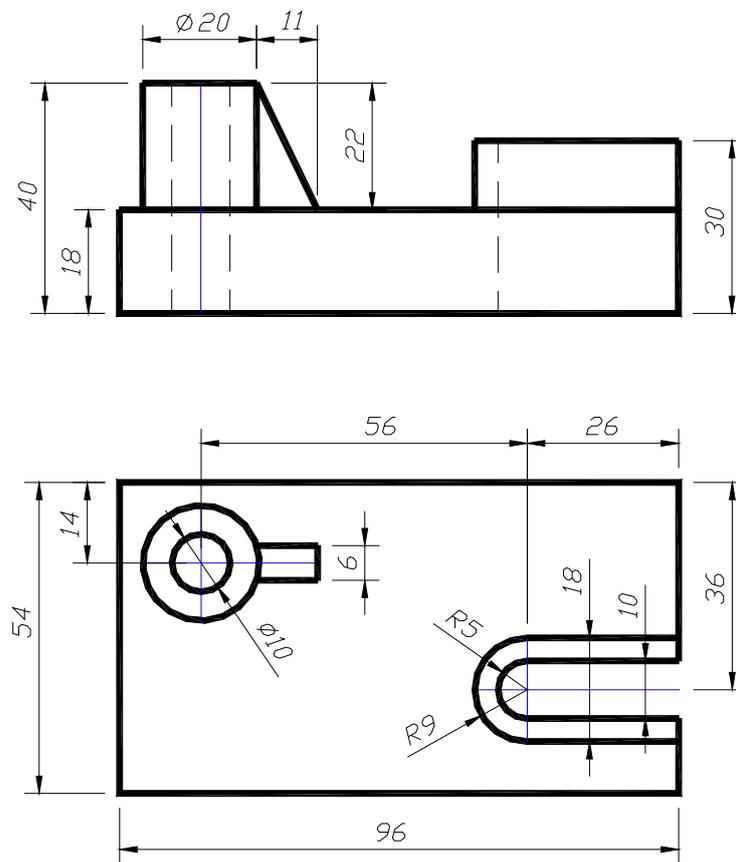


Продолжение прил. 5

Вариант 21

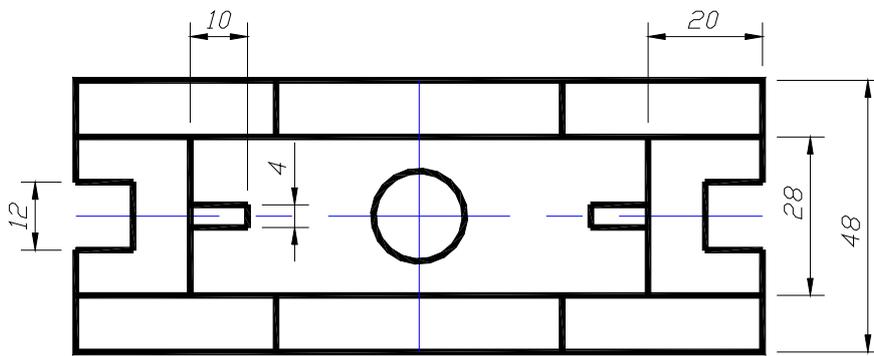
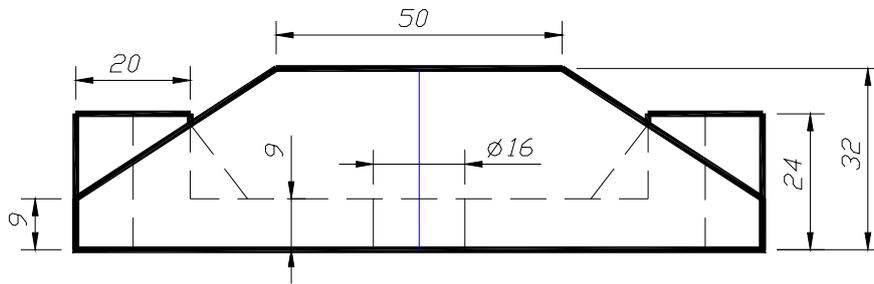


Вариант 22

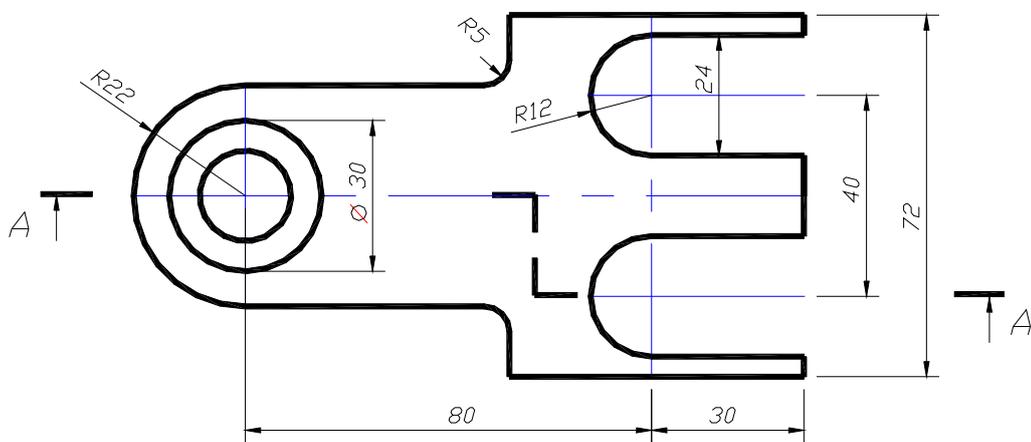
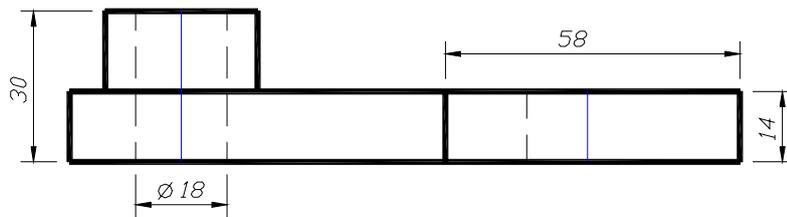


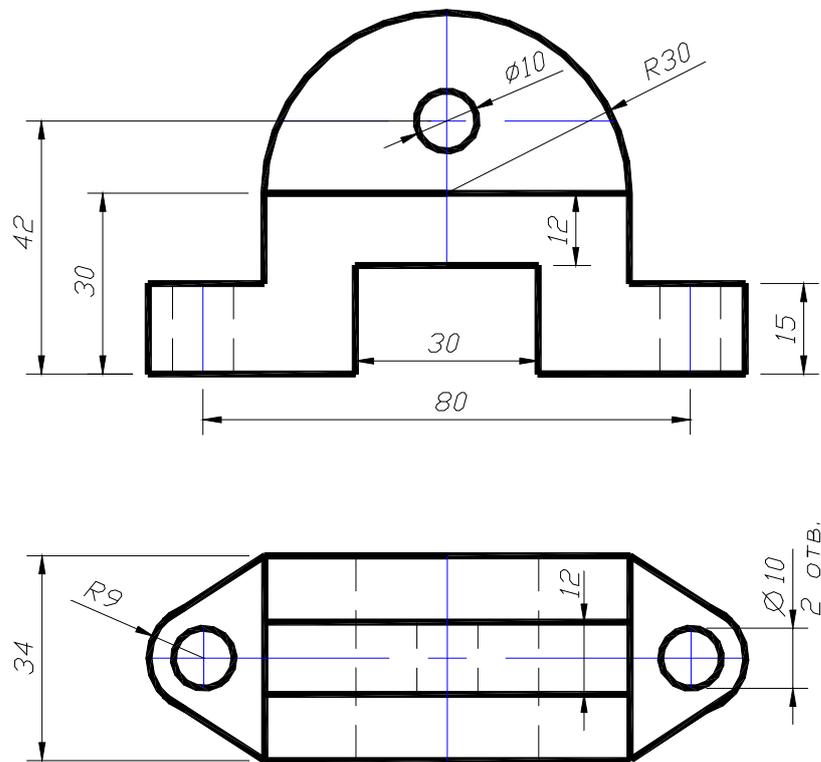
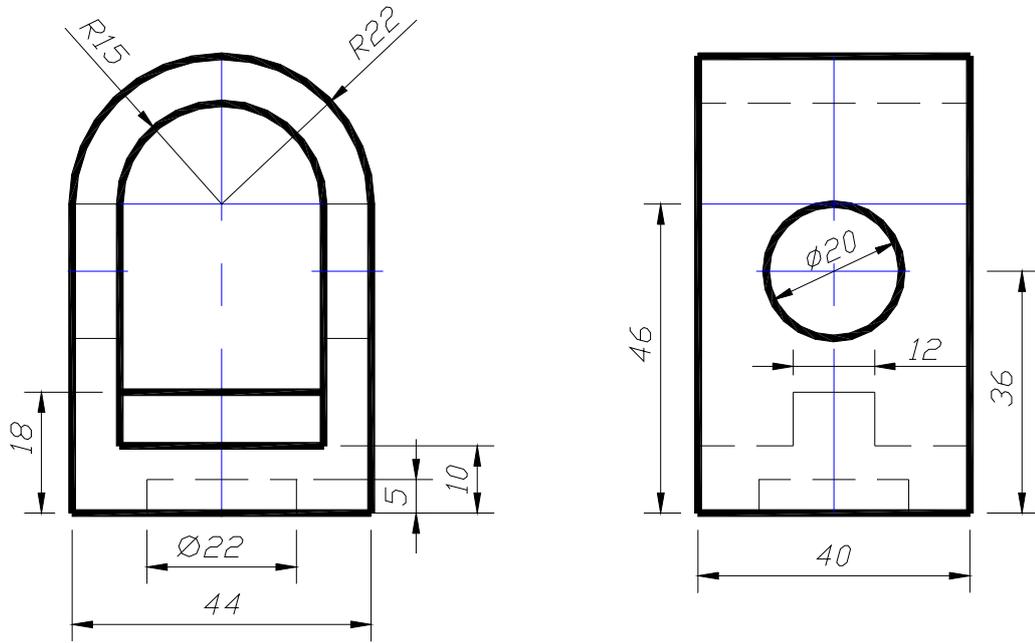
Продолжение прил. 5

Вариант 23



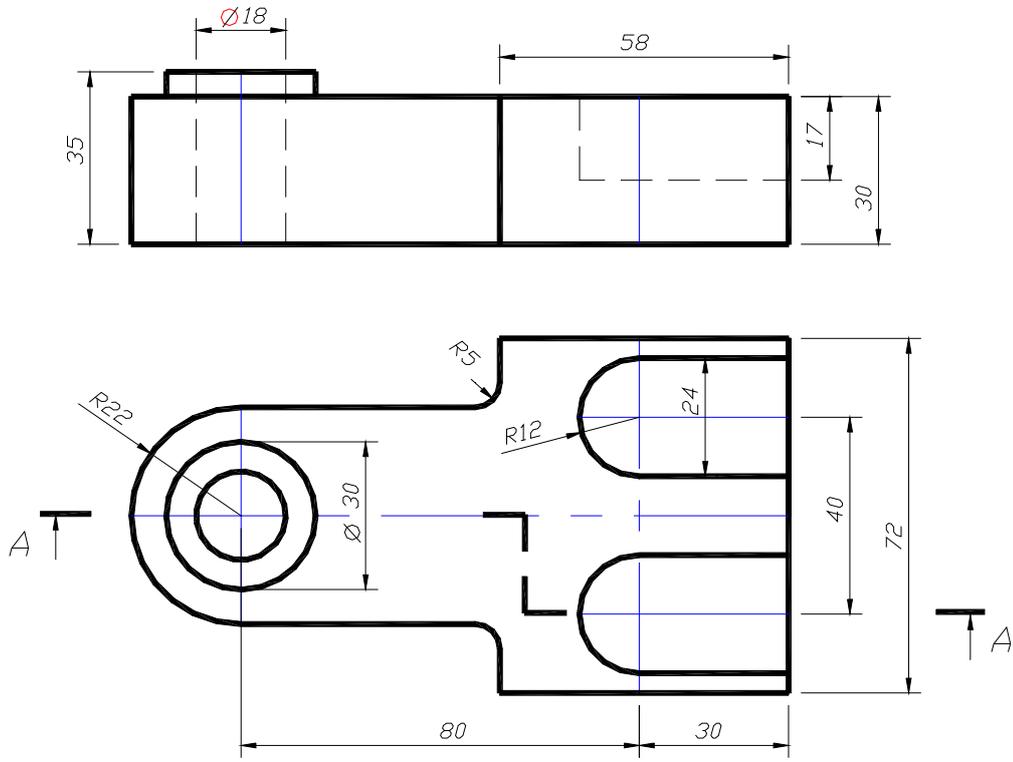
Вариант 24



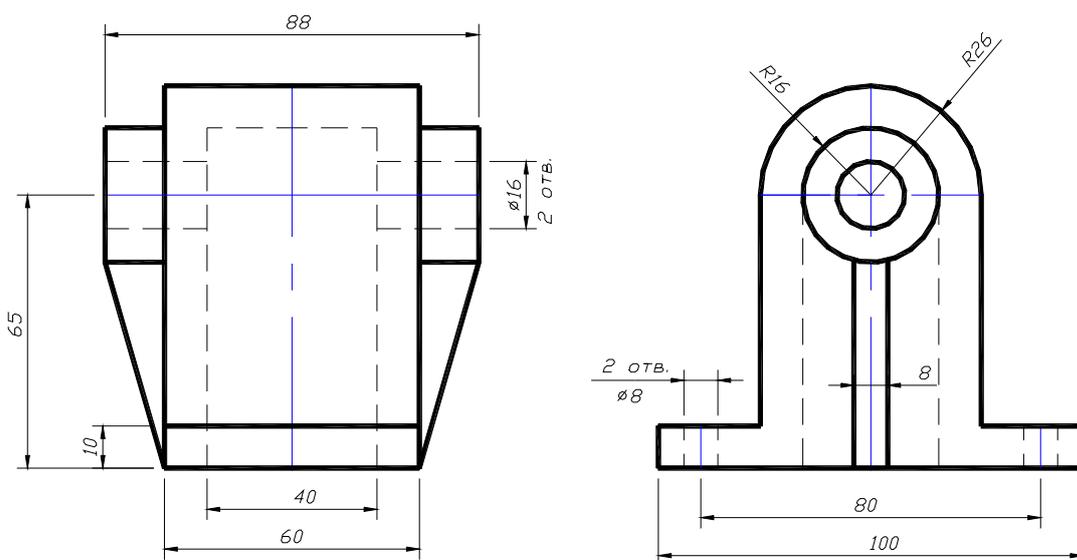


Продолжение прил. 5

Вариант 27

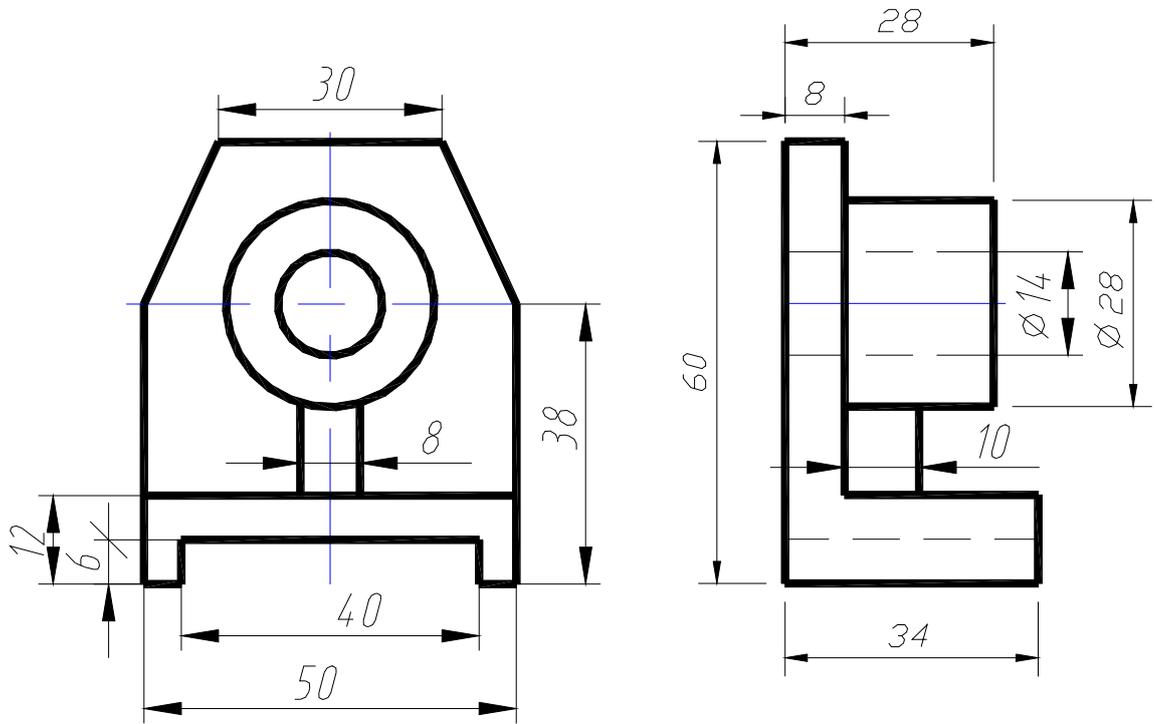


Вариант 28

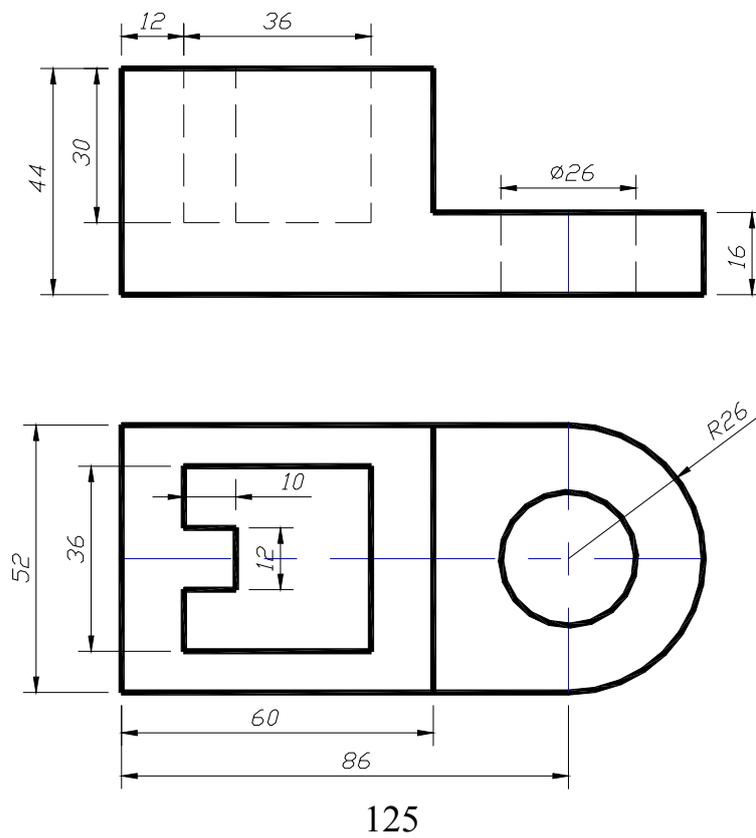


Продолжение прил. 5

Вариант 29



Вариант 30



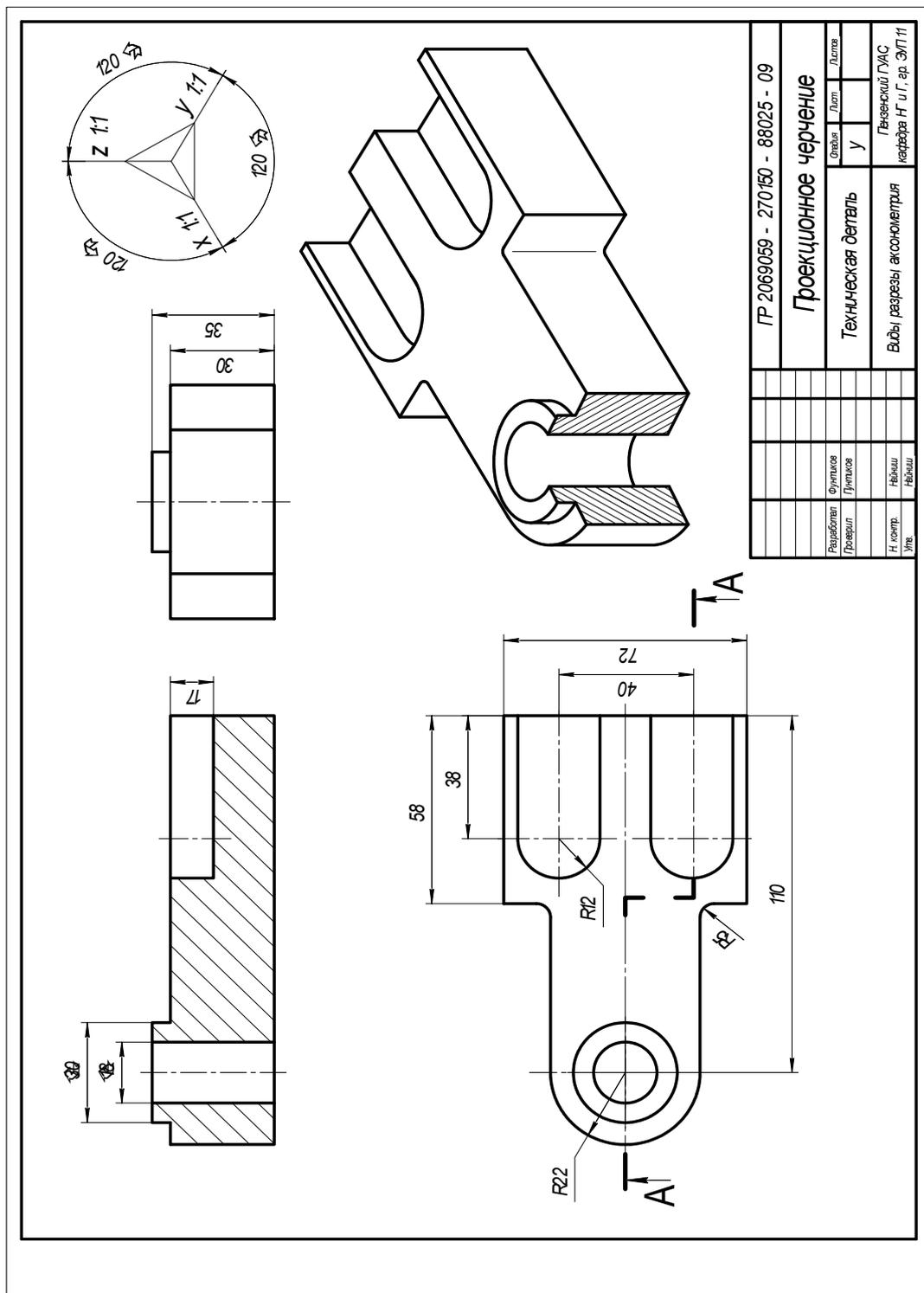


Рис. 1

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖА	5
1.1. Основные требования стандартов по оформлению чертежа	5
2. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №1	15
2.1. Постановка задачи	15
2.2. Порядок выполнения работы	15
3. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2	20
3.1. Постановка задачи	20
3.2. Необходимые сведения	20
3.3. Пример решения РГР № 2	24
4. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3	28
4.1. Постановка задачи	28
4.2. Необходимые знания	28
4.3. Пример решения РГР № 3	43
5. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ № 4	48
5.1. Постановка задачи	48
5.2. Построение недостающего вида	48
5.3. Построение разрезов	56
5.4. Нанесение размеров	63
5.5. Построение аксонометрической проекции	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	86
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	87
ПРИЛОЖЕНИЯ	88

Учебное издание

Поляков Леонид Григорьевич
Федин Николай Алексеевич

РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ
(Начертательная геометрия. Инженерная графика)
Учебное пособие

Редактор М.А. Сухова
Верстка Т.А. Лильп

Подписано в печать 10.01.14. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 7,44. Уч.-изд.л. 8,0. Тираж 80 экз.
Заказ № 86.



Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.