

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

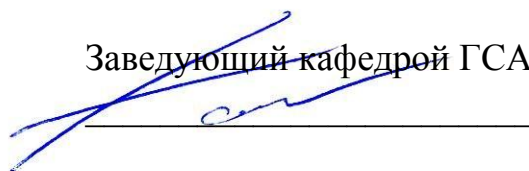
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Тульский
государственный университет»

Институт горного дела и строительства Кафедра «Городского
строительства, архитектуры и дизайна»

Утверждено на заседании кафедры
«ГСАиД»

«26» января 2022 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой ГСАиД

 К.А. Головин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по проведению практических занятий
по дисциплине (модулю)
«Технический рисунок»

**основной профессиональной образовательной программы высшего
образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки

54.03.01 Дизайн

с направленностью (профилем)

Графический дизайн

Форма обучения: *очно-заочная*

Идентификационный номер образовательной программы: 540301-01-22

Тула 2022 год

Разработчик методических указаний

Ушакова Ирина Владимировна, доц. каф. ГСАиД, к. т. н, доц.

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

1 Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины (модуля) является: развитие пространственного мышления, способности к анализу и синтезу пространственных форм логически последовательное изучение перспективы через наблюдение окружающего предметного мира.

Задачами освоения дисциплины (модуля) являются:

- изучение теоретических основ проецирования;
- изучение способов построения изображений пространственных форм на плоскости и решение задач, относящихся к этим формам по их проекционным изображениям.

Рисунок и чертеж сопровождают нас всю жизнь, помогая разобраться в самых разнообразных вопросах науки, техники и искусства.

В давние времена у человека появилась необходимость изобразить то, что он видел, а позже то, что ему нужно было сделать. Древние графические изображения – это пещерная живопись, рисунки на камнях, папирусы, стенная живопись – постепенно совершенствовалась, складывались и обобщались правила их построения.

Наряду с рисунком применялись и чертежи. В настоящее время нет такой области науки и техники, где бы не применялись графические изображения.

Цель методического указания – изучение основ геометрического черчения, технического рисования, позволяющего развить определенные навыки, необходимые при выполнении заданий и графических работ. Чтобы облегчить понимание излагаемого материала и сделать возможным самостоятельное изучение его, все теоретические положения и примеры иллюстрированы рисунками и чертежами.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

Знать: основы начертательной геометрии и теории теней, основы перспективы;

Уметь: выполнять чертежи, решать проектные задачи на различную тематику разного уровня сложности;

Владеть: навыками работы с основными графическими и живописными материалами и техниками.

№ п/п	Темы практических (семинарских) занятий
<i>1 семестр</i>	
1	Графические построения. Инструменты, бумага. Форматы. Линии чертежа. Шрифт чертежный. Объем, содержание и сроки выполнения.
2	Основы построения геометрических предметов.
3	Правила выполнения технических рисунков. Технические рисунки плоских фигур и геометрических тел.
4	Методы построения светотени геометрических тел.
5	Технические рисунки группы геометрических тел с нанесением светотени различными методами.
6	Построение линии пересечения поверхностей.
7	Развертки поверхностей: развертки гранных поверхностей, построение развертки прямого кругового цилиндра, прямого кругового конуса конуса.
8	АксонOMETрическое изображение поверхностей с нанесением линии пересечения.
9	Построение перспективных изображений.
10	Построение теней.
11	Перспектива группы тел и тени в перспективе.

1. ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖА

Путем геометрических построений решают практические задачи графическим способом: все действия производятся чертежными инструментами. Результатом построения является какой-либо графический

элемент: геометрическая фигура, контур детали и т.д. Для выполнения графических работ нужны следующие материалы и принадлежности: бумага, карандаши, ластик, рейсшина, угольники, линейки, лекала, циркуль. Все чертежи должны выполняться в соответствии с требованиями стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), отличаться четким и аккуратным оформлением.

Приступая к выполнению чертежа, следует предварительно установить: размеры листа бумаги (формат чертежа); расположение изображений на листе; размещение надписей.

1.1 ИНСТРУМЕНТ И МАТЕРИАЛ

Карандаши чертежные. Для чертежных работ применяются различной твердости чертежные карандаши. Наша промышленность выпускает чертежные карандаши марок «конструктор», «топограф», «картограф» четырнадцати степеней твердости: от 7Т до 2Т – твердые; Т, ТМ, М – промежуточные; от 2М до 6М – мягкие. Твердость и мягкость зарубежных карандашей («ролло», «Кох и нор» и др.) обозначены латинскими буквами Н и В: твердые – от 9Н до 2Н; мягкие – от 2В до 6В и Н, НВ, В – промежуточные. Для чертежных работ применяются карандаши 5Т, 4Т до М–2М или им соответствующие карандаши иностранных марок. Более мягкими делают предварительные построения. Линии наносят с очень легким нажимом, чтобы впоследствии их можно было легко стереть.

Очищать карандаш следует на правильный конус длиной около 3 см с конца, свободного от фабричного клейма и обозначения твердости. Правильно очинённый карандаш способствует точному построению чертежа. Иногда графит затачивают в виде лопаточки и острым ее углом прочерчивают линии по линейке. Для подтачивания графита во время работы применяют наждачную бумагу (среднезернистую или мелкозернистую), наклеенную на фанерную или картонную пластинку для удобства.

В циркуль обычно вставляют стержень, у которого твердость графита на номер меньше, чем принята для обводки без циркуля. Затачивать стержень можно также в виде одностороннего плоского среза или конуса. Из наконечника стержень должен выступать на 6 – 8 мм. При работе надо следить, чтобы игла и графитный стержень были на одном уровне.

Чертежная бумага должна обладать прочностью, белизной и специальной способностью выдерживать многократное нанесение и стирание линий, а также равно воспринимать тушь и акварельные краски. От чертежной бумаги требуется минимальная линейная деформация при ее смачивании и последующем высушивании.

1.2 ФОРМАТЫ

Чертежи выполняются на листах определенных размеров, установленных ГОСТ 2. 301-68. Форматы чертежей, определяемые шириной и длиной листа, подразделяются на основные и дополнительные.

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

Формат с размерами сторон 1189×841 мм, площадь которого равна 1 м^2 , и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные.

Обозначения и размеры сторон основных форматов должны соответствовать таблице 1.

Таблица 1

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

При необходимости допускается применять формат A5 с размерами сторон 148×210 мм.

Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам.

1.3 МАСШТАБЫ При выполнении чертежей принимаются масштабы изображений, установленные ГОСТ 2.302-68.

Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующего ряда (таблица 2):

Таблица 2

Масштабы изображений	
Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200
Натуральная величина	1: 1
Масштабы увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

1.4 ЛИНИИ

Чтобы чертеж был выразительным и легко читался, он должен быть оформлен линиями различной толщины и формы. Линии чертежа должны иметь начертание в соответствии с их назначением по ГОСТ 2.303-68.



Государственным стандартом установлены следующие линии и их назначение (таблица 3).


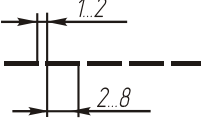
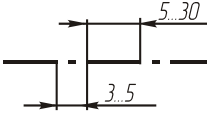

Толщина сплошной основной линии s должна быть в пределах от **0,5** до **1,4 мм** в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Таблица 3

Линии чертежа

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
1. Сплошная толстая основная		s	Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2. Сплошная тонкая		s s От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии контура наложенного сечения Линии размерные и выносные Линии штриховки Линии-выноски Полки линий-выносок и подчеркивание надписей Линии для изображения пограничных деталей («обстановка») Линии для ограничения выносных элементов на видах разрезах и сечениях Линии перехода воображаемые Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях

3. Сплошная волнистая		s От — до — 3	s	Линии обрыва
4. Штриховая		s От — до — 3	s	Линии разграничения вида и разреза
5. Штрихпунктирная тонкая		s От — до — 3	s	Линии невидимого контура
				Линии перехода
				невидимые Линии осевые
		2	s	и центровые
			s	Линии сечений, являющиеся осями для наложенных или вынесенных сечений
		От — до — 3	2	
6. Сплошная тонкая с изломами		s От — до — 3	s	Длинные линии обрыва

1.5 ШРИФТЫ ЧЕРТЕЖНЫЕ Все надписи на чертежах должны быть выполнены чертежным шрифтом.

ГОСТ 2.304-81 устанавливает два типа шрифта: тип *A* и тип *B*, с наклоном и без наклона. В настоящем пособии подробно рассмотрен шрифт тип *A* с наклоном 75° и параметрами, приведенными в таблице 4.

Размер шрифта h – величина, определенная высотой прописных букв в миллиметрах.

Высота прописных букв h измеряется перпендикулярно к основанию строки. Высота строчных букв c определяется из отношения их высоты (без отступов k) к размеру шрифта h , например, $c = 7/10h$ (рисунки 1 и 2)

Ширина буквы g – наибольшая ширина буквы, измеренная в соответствии с рисунками 1 и 2, определяется по отношению к размеру шрифта h , например, $g = 6/10h$, или по отношению к толщине линии шрифта d , например, $g = 6d$.

Толщина линии шрифта d – толщина, определяемая в зависимости от типа и высоты шрифта.

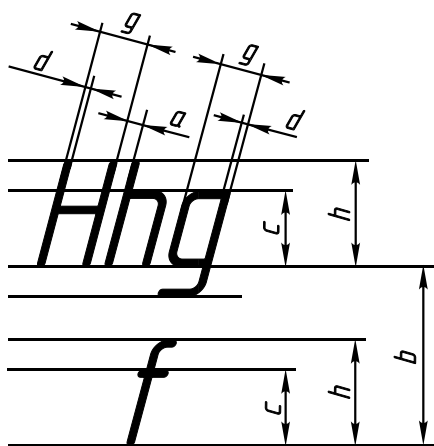


Рисунок 1

Вспомогательная сетка – сетка образованная вспомогательными линиями, в которые вписываются буквы. Шаг вспомогательных линий сетки определяется в зависимости от толщины линии шрифта d (рисунок 2).

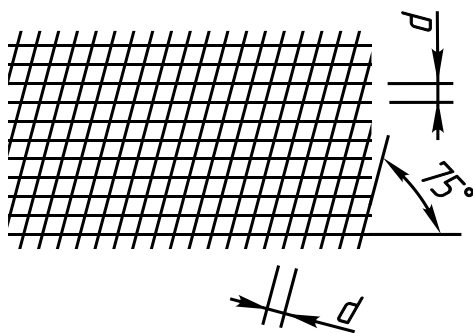


Рисунок 2

Таблица 4

Шрифт типа A ($d = h/14$) с наклоном

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер	Размеры мм							
Размер шрифта высота прописных букв	h	$(14/14) h$	$14 d$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Высота строчных букв	c	$(10/14)h$	$10 d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0

Расстояние между буквами	<i>a</i>	$(2/14) h$	$2 d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	<i>b</i>	$(22/14) h$	$22 d$	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0
Минимальное расстояние между словами	<i>e</i>	$(6/14) h$	$6 d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
Толщина линии шрифта	<i>d</i>	$(1/14) h$	<i>d</i>	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4

Примечания:

1. Расстояние *a* между буквами соседние линии, которых не параллельны между собой (например, ГА, АТ) может быть уменьшено наполовину, т.е. на толщину *d* линии шрифта.

2. Минимальным расстоянием между словами *e* разделенными знаком препинания является расстояние между знаком препинания и следующим за ним словом.

3. Устанавливаются следующие размеры шрифта: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

4. Предельные отклонения размеров букв и цифр +0,5 мм.

Начертание букв и символов приведены на рисунках 3, 4, 5, 6, 7.

РУССКИЙ АЛФАВИТ (КИРИЛЛИЦА)

АБВГДЕЖЗИЙКЛ

МНОПРСТУФХЦЧ

ШЩЪЫЬЭЮЯ

абвгдежзийклмн

опрстуфхцчшщ

ъыьэюя

Рисунок 3
ЛАТИНСКИЙ АЛФАВИТ

A B C D E F G H I J K L M N

O P Q R S T U V W X Y Z

a b c d e f g h i j k l m n o p

q r s t u v w x y z

Рисунок 4

АРАБСКИЕ И РИМСКИЕ ЦИФРЫ

I II III IV V VI VII VIII IX

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Рисунок 5

ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ



Рисунок 6

Наименование букв греческого алфавита, приведенных на рисунке 6

1 – альфа	9 – йота	17 – ро
2 – бета	10 – каппа	18 – сигма
3 – гамма	11 – ламбда	19 – тау
4 – дельта	12 – мю	20 – ипсилон
5 – эпсилон	13 – ню	21 – фи
6 – дзета	14 – кси	22 – хи
7 – эта	15 – омикрон	23 – пси
8 – тэта	16 – пи	24 – омега

ЗНАКИ

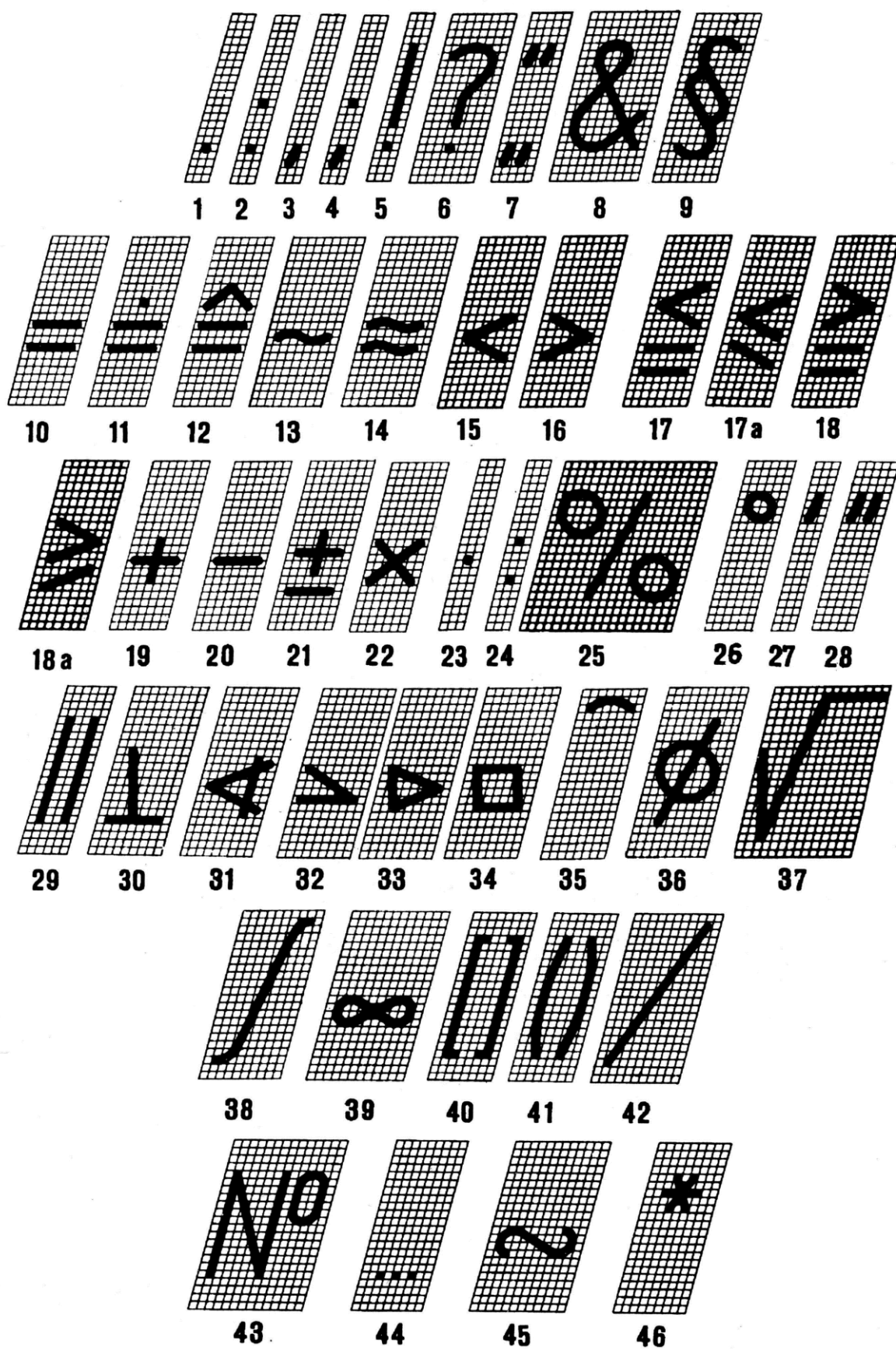


Рисунок 7

Наименования знаков приведены в таблице 5.

Таблица 5

Наименования знаков

Номера знаков на чертежах	Наименование знаков	Номера знаков	Наименование знаков
1	Точка	25	Процент
2	Двоеточие	26	Градус
3	Запятая	27	Минута
4	Точка с запятой	28	Секунда
5	Восклицательный знак	29	Параллельно
6	Вопросительный знак	30	Перпендикулярно
7	Кавычки	31	Угол
8	И	32	Уклон
9	Параграф	33	Конусность
10	Равенство	34	Квадрат
11	Величина после округления	35	Дуга
12	Соответствует	36	Диаметр
13	Асимптотически равно	37	Радикал
14	Приблизительно равно	38	Интеграл
15	Меньше	39	Бесконечность
16	Больше	40	Квадратные скобки
17 и 17а	Меньше или равно	41	Круглые скобки
18 и 18а	Больше или равно	42	Черта дроби
19	Плюс	43	Номер
20	Минус тире	44	От до
21	Плюс – минус	45	Знак подобия
22 23	Умножение	46	Звездочка
24	Деление		

1.6 ОСНОВНАЯ НАДПИСЬ

Чертежи сопровождаются основной надписью по ГОСТ 2.104-2006, которую располагают в его правом нижнем углу.

1.6.1 Порядок выполнения основной надписи

Содержание, расположение и размеры граф основной надписи, дополнительных граф к ней, а также размеры рамок на чертежах и схемах должны соответствовать форме 1.

Основная надпись, дополнительные графы к ней и рамки выполняют сплошными основными и сплошными тонкими линиями по ГОСТ 2.303.

Основную надпись располагают в правом нижнем углу конструкторских документов. На листах формата А4 по ГОСТ 2.301 основную надпись располагают вдоль короткой стороны листа.

1.6.2 Порядок заполнения основной надписи

Основную надпись по форме 1 заполняют, придерживаясь правил, установленных ГОСТ 2.104-2006 (рисунок 8).

Изм.					Лист					№ докум					Подп					Дата					(1)										Лит					Масса					Масштаб														
Разраб					Проб					Т.контр					Н.контр					Утв					(2)										5					5					5					17					18				
(10)					(11)					(12)					(13)					(3)										Лист (7)					Листов (8)					(9)																			

Рисунок 8

в графе 1 – наименование изделия. Наименование изделия записывают в именительном падеже единственного числа. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например: «Колесо зубчатое»; в графе 2 – обозначение документа;

в графе 3 – обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей); в графе 4 – литеру, присвоенную данному документу (на документе в бумажной форме графу заполняют последовательно, начиная с крайней левой клетки). Допускается в рабочей конструкторской документации литеру проставлять только в спецификациях и технических условиях; в графе 5 – массу изделия выраженную в килограммах; в графе 6 – масштаб (без буквы М);

в графе 7 – порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют); в графе 8 – общее количество листов документа (указывают только на первом листе); в графе 9 – наименование или код организации, выпускающего документ (графу не заполняют, если код содержится в обозначении документа); в графе 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ, в соответствии с формами 1 и 2. Свободную строку заполняют по усмотрению разработчика, например: «Начальник отдела», «Начальник лаборатории», «Рассчитал». Допустимые значения атрибута устанавливает организация;

в графе 11 – фамилии лиц, подписавших документ; в графе 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11.

Подписи лиц, разработавших данный документ и ответственных за нормоконтроль, являются обязательными. При отсутствии титульного листа допускается подпись лица, утвердившего документ, размещать на свободном поле первого или заглавного листа документа в порядке, установленном для титульных листов по ГОСТ 2.105; в графе 13 – дату подписания документа.

Примеры размещения основной надписи и дополнительных граф к ней (1 – основная надпись; 2 – дополнительные графы): Для формата А4 – рисунок 9.

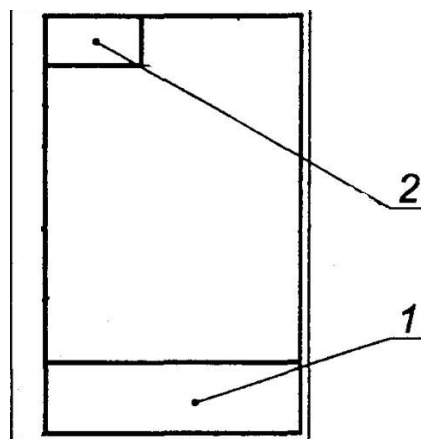
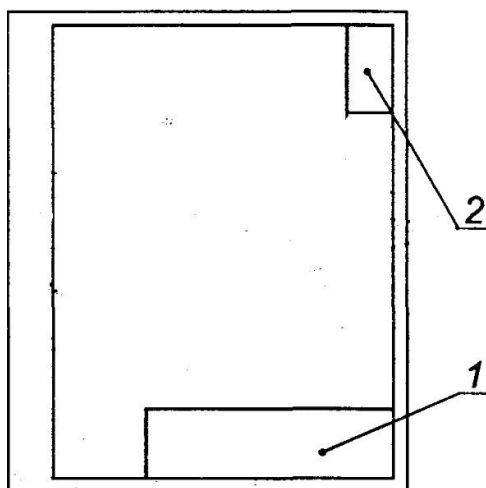
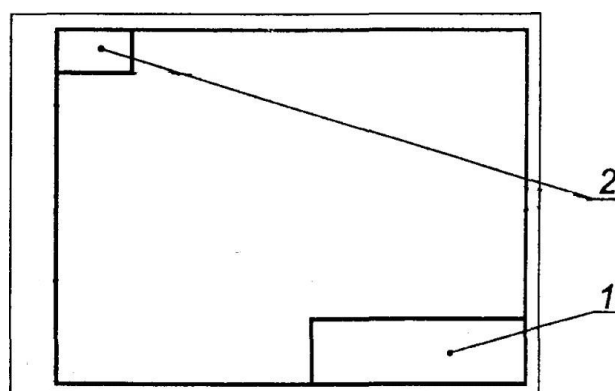


Рисунок 9

Для форматов больше А4: при расположении основной надписи вдоль короткой стороны листа – рисунок 10, а; при расположении основной надписи вдоль длинной стороны листа – рисунок 10, б.



а)



б) Рисунок 10

2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

Под геометрическими построениями понимают элементарные построения на плоскости, основанные на основных положениях геометрии. К ним относятся: проведение взаимно перпендикулярных и параллельных прямых, деление отрезков, углов и др. Геометрические построения выполняют

циркулем и линейкой (рейсшиной) или линейкой и угольником. Знание геометрических построений позволяет правильно начертить контур любого изделия, точно выполнить рамку формата чертежа и верно расположить чертеж внутри ее, точно разметить надписи. Таким образом, геометрические построения являются основой для выполнения чертежа. Знание их значительно ускоряет выполнение чертежа, так как позволяет в каждом случае выбрать наиболее рациональные приемы построений. Кроме того, выполнение геометрических построений дает возможность овладеть правильными приемами работы чертежными инструментами.

Графические построения всегда неточны, но степень неточности может быть различной. Построение более точно, если оно содержит мало операций (под операцией понимают проведение прямой линии, вычерчивание дуги, откладывание отрезка и т. п.). Поэтому при решении задачи на построение очень важно выбрать наиболее короткий путь.

Точность геометрических построений во многом зависит от аккуратности и внимания работающего. При этом необходимо иметь в виду следующее:

1. Проводимые линии должны быть тонкими и чертить их надо твердым карандашом.
2. Точку на чертеже следует задавать как точку пересечения двух линий: двух прямых, двух дуг или прямой и дуги. Во всех случаях нужно стремиться к тому, чтобы угол между этими линиями был прямым или приближался к нему (рисунок 11).

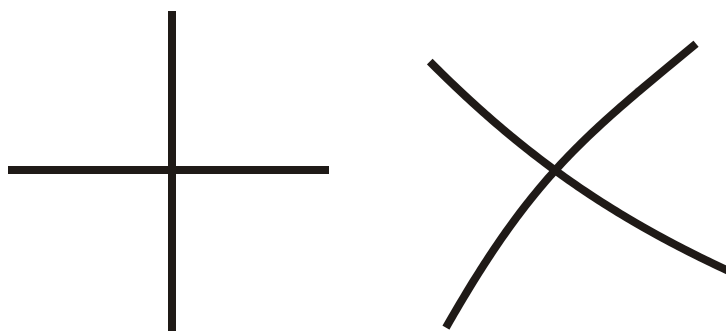


Рисунок 11

3. Проводя прямую через две точки, желательно брать их подальше друг от друга, так как при сближении точек увеличивается возможность отклонения прямой от ее истинного направления (рисунок 12).





Рисунок 12

2.1 ПОСТРОЕНИЕ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРЯМЫХ

2.1.1 Построение перпендикулярных прямых *Построение перпендикуляра к прямой MN в заданной на ней точке A* (рисунок 13, а). Точку A принимают за центр и произвольным радиусом R_1 описывают дугу до пересечения ее с прямой MN в точках O_1 и O_2 . Радиусом R_2 , большим радиуса R_1 , из центров O_1 и O_2 проводят дуги до взаимного их пересечения в точках B и C . Соединив прямой точки B и C , получают искомый перпендикуляр.

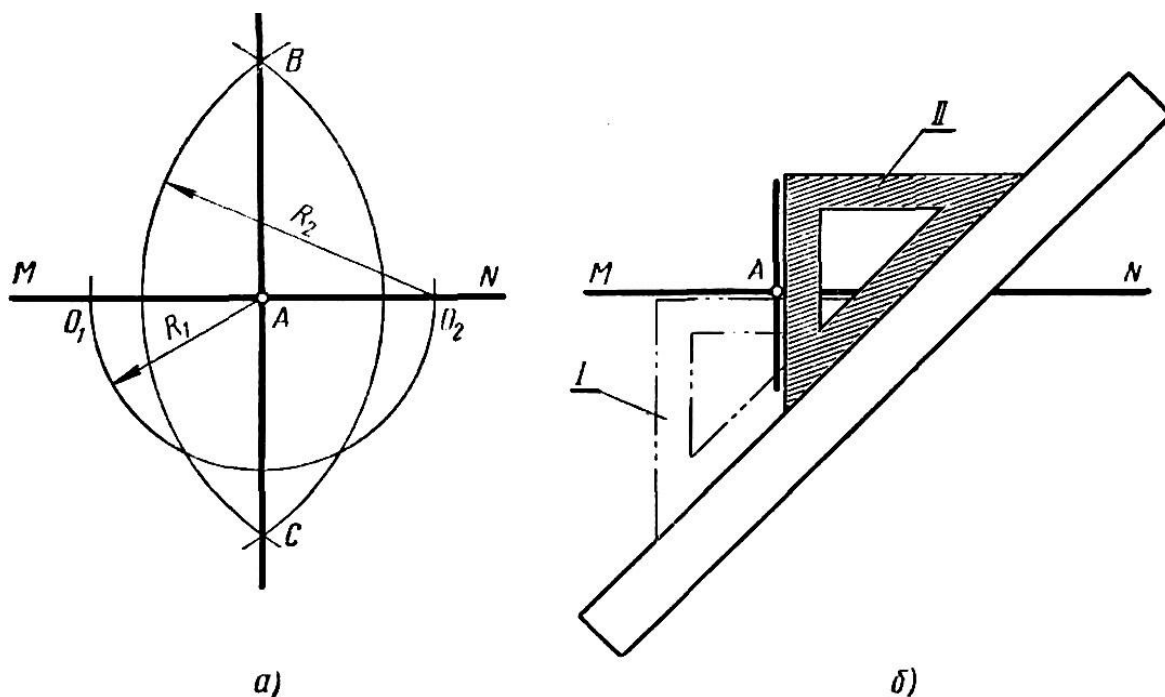


Рисунок 13

На рисунке 13, б та же задача решена с помощью линейки и угольника. К прямой MN прикладывают угольник катетом (положение угольника I), а к его гипотенузе – линейку или другой угольник. Придерживая левой рукой линейку, правой передвигают угольник до совпадения его второго катета с точкой A (положение угольника II), после чего проводят прямую, перпендикулярную к заданной.

Построение прямой, перпендикулярной к отрезку MN и проходящей через точку M (рисунок 14). Вне отрезка MN выбирают произвольную точку O так, чтобы угол OMN был приблизительно равен $45 - 60^\circ$. Из центра O проводят окружность радиусом OM , которая пересечет заданный отрезок в точке A . Точки A и O соединяют прямой и продолжают ее до пересечения с окружностью в точке B . Прямая, проведенная через точки B и M , будет

перпендикулярна к заданной в силу того, что угол BMA – прямой как угол, вписанный в окружность и опирающийся на ее диаметр.

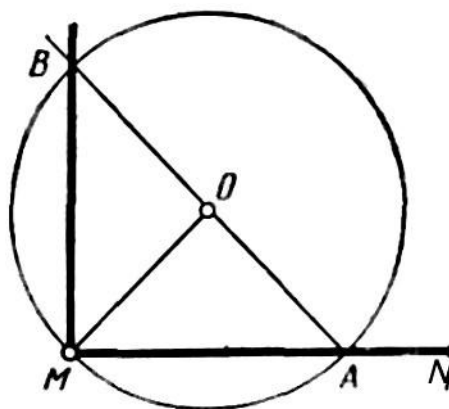


Рисунок 14

Построение перпендикуляра к прямой MN из точки A , расположенной вне этой прямой (рисунок 15). Из точки A как из центра произвольным радиусом R проводят дугу, пересекающую заданную прямую в точках O_1 и O_2 . Тем же радиусом R из полученных точек проводят дуги до их взаимного пересечения в точке D . Прямая, проведенная через точки A и D , перпендикулярна к заданной.

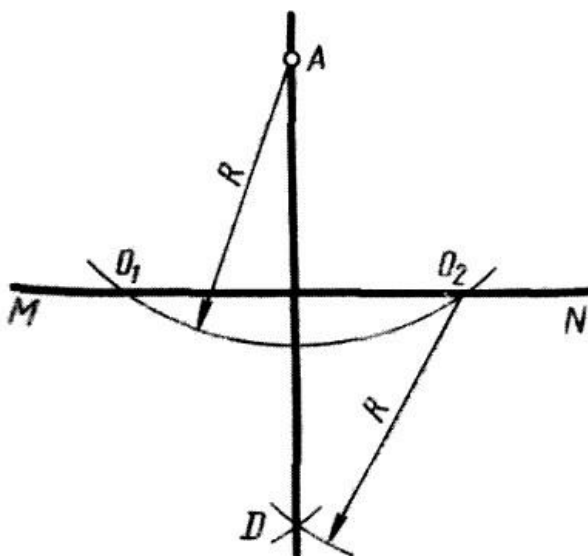


Рисунок 15

2.1.2 Построение параллельных прямых

Провести прямую, параллельную заданной прямой MN , через точку A , расположенную вне этой прямой (рисунок 16, а). Из точки A проводят окружность радиусом R , пересекающую прямую MN в точках B и C . От одной

из них, например точки C , на прямой MN откладывают в любую сторону отрезок, равный радиусу R , и получают точку D . Из точки D тем же радиусом проводят дугу до пересечения ее с окружностью в точке E . Прямая AE параллельна MN , так как отрезки AE и CD являются противоположными сторонами ромба $ACDE$.

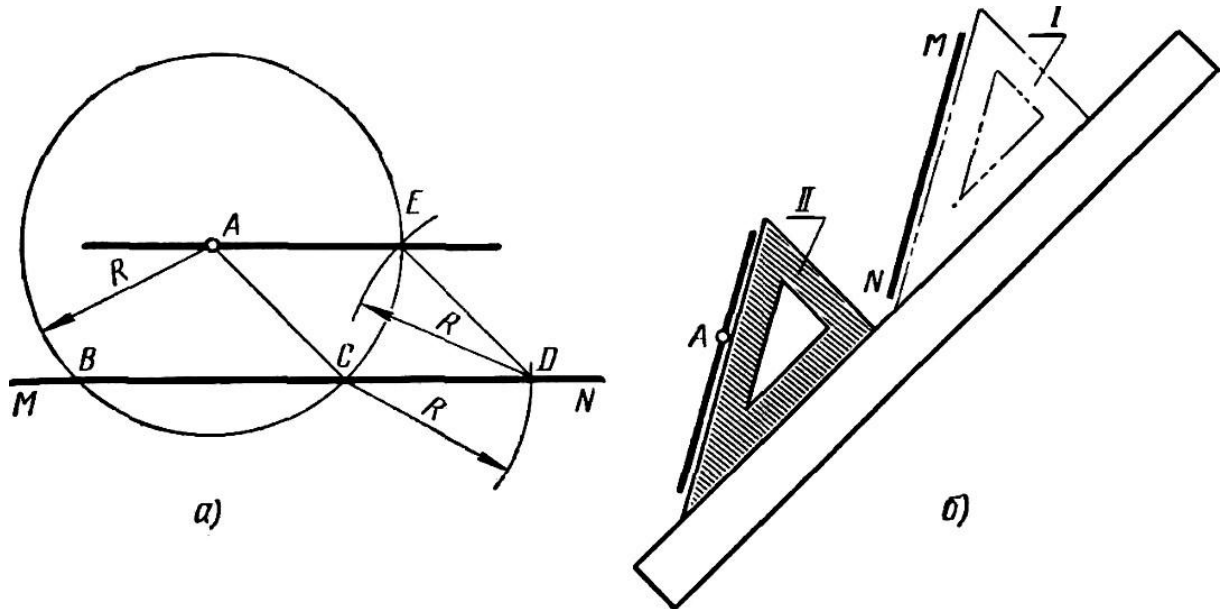


Рисунок 16

При наличии угольника и линейки задача решается проще (рисунок 16, б). К прямой MN прикладывают угольник гипотенузой (положение угольника I), а к его катету – линейку.

Придерживая линейку левой рукой, правой угольник передвигают до совпадения его гипотенузы с точкой A (положение угольника II) и через нее проводят прямую, параллельную заданной.

Провести прямую, параллельную заданной прямой MN и отстоящую от нее на расстоянии a (рисунок 17). Через произвольную точку B на прямой MN проводят прямую AB , перпендикулярную к заданной. На перпендикуляре от точки B откладывают отрезок BC , равный заданному расстоянию a . Через точку C с помощью угольника и линейки проводят прямую CD , параллельную заданной. Отрезок $BC = a$ можно отложить на перпендикуляре в обе стороны, поэтому задача имеет два ответа.

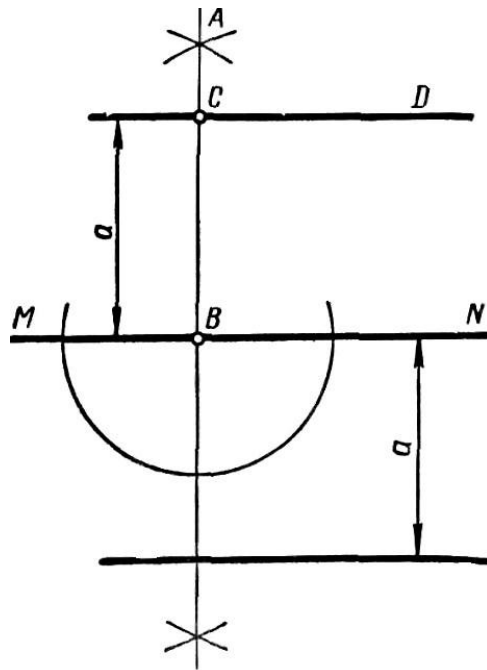


Рисунок 17

2.2 ДЕЛЕНИЕ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ

2.2.1 Деление отрезка прямой на равные части

Деление отрезка AB пополам (рисунок 18, а). Из концов отрезка AB радиусом R , большим половины отрезка, проводят две дуги до пересечения их между собой в точках M и N . Прямая, проходящая через точки M и N , делит заданный отрезок в точке C пополам.

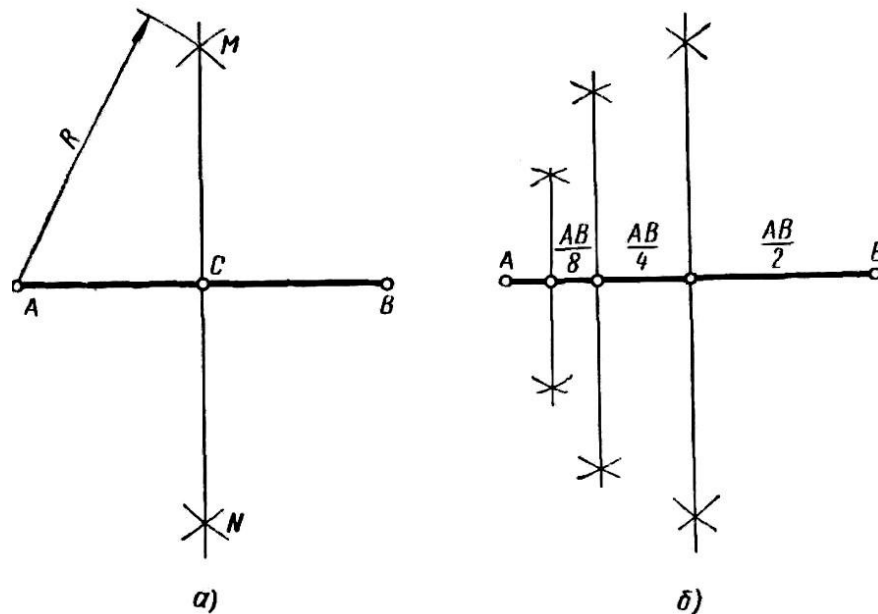


Рисунок 18

Если продолжить деление отрезка и последовательно каждую половину его делить пополам, то отрезок AB будет разделен на 4, 8, 16 и т. д. равных

частей (рисунок 18, б). **Деление отрезка прямой на произвольное число равных частей.** Такое деление основано на свойстве подобных треугольников. На рисунке 19 показано деление отрезка AB на семь равных частей. Через любой конец отрезка AB под произвольным углом к нему (лучше острым) проводят вспомогательную прямую AC . С помощью циркуля от точки A на прямой AC откладывают семь произвольных, но равных между собой отрезков. Последнюю точку 7 соединяют с точкой B , а через остальные точки $1, 2, \dots, 6$ проводят прямые, параллельные прямой $B7$, до пересечения их с отрезком AB . Точки пересечения разделят отрезок AB на семь равных частей.

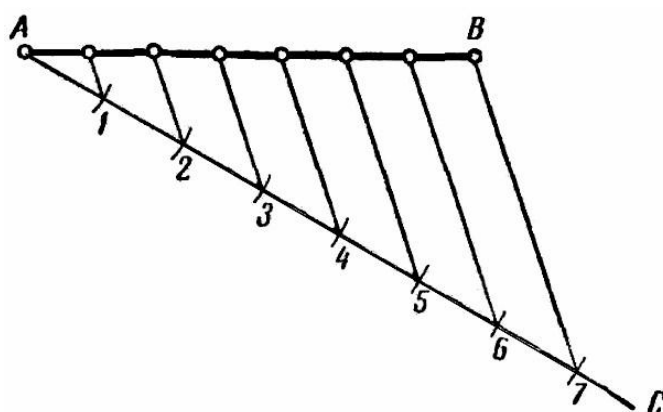


Рисунок 19

3.2.2 Деление отрезка прямой на пропорциональные части *Деление отрезка AB на две части, находящиеся в отношении $AC:CB=2:3$* (рисунок 20, а). Через точку A проводят под произвольным углом к заданному отрезку прямую AD . На этой прямой от точки A откладывают пять $(2+3)$ равных отрезков произвольной длины. Точки B и V соединяют прямой линией. Через точку II проводят прямую, параллельную BV , до пересечения ее с отрезком AB в точке C . Точка C делит отрезок AB в отношении $2:3$.

Если отношение задано не цифрами, а в отрезках $m:n$, то на вспомогательной прямой AD вместо отрезков произвольной длины откладывают отрезки m и n . Подобное построение учащемуся предлагается проделать самостоятельно, взяв размеры с рисунка 20, б.

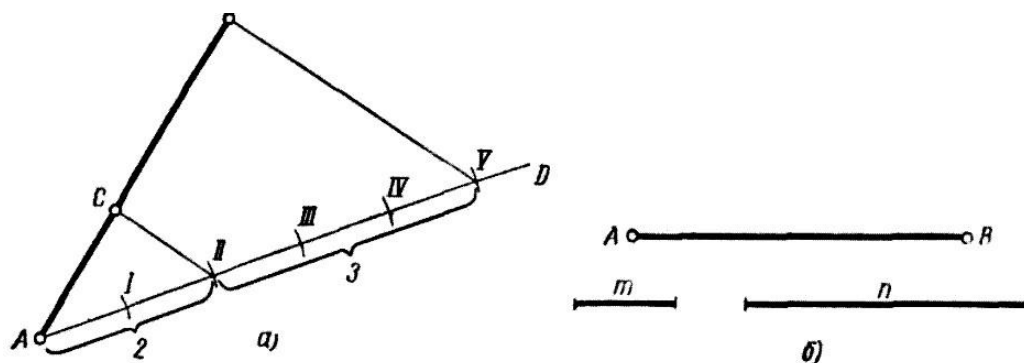


Рисунок 20

Деление отрезка AB в среднем и крайнем отношении (рисунок 21). Отрезок AB делят в точке C пополам и через один из его концов, например точку B , проводят прямую BM , ему перпендикулярную (рисунок 21, а). От точки B на перпендикуляре откладывают отрезок $BD = BC$. Точки A и D соединяют прямой (рисунок 21, б). На отрезке AD получают точку E при помощи дуги радиуса DB с центром в точке D . Из точки A как из центра проводят дугу радиусом AE , которая пересечет отрезок AB в точке F . Точка F является точкой деления отрезка AB в среднем и крайнем отношении, так

$$\frac{AF}{AB} \text{ как } \frac{FB}{AF}$$

Разобранную пропорцию часто называют «золотым сечением». Это название связано с тем, что в пропорциях человеческого тела, в формах животных, отличающихся изяществом, среди творений мастеров архитектуры и прикладного искусства – всюду встречаются пропорции, подчиненные закону о среднем и крайнем отношении. Деление отрезка в среднем и крайнем отношении позволяет подобрать наилучшие пропорции для одного предмета или выбрать соразмерность нескольких предметов.

Возьмем для примера прямоугольник с отношением сторон, равным построенной пропорции (рисунок 21, в), и сравним его с другим прямоугольником (рисунок 21, г), у которого эта пропорция нарушена. Не трудно заметить, что пропорции первого прямоугольника более приятны для глаза. Простейшее применение пропорции «золотого сечения» можно наблюдать в форматах книг, альбомов, размерах открыток и т. д.

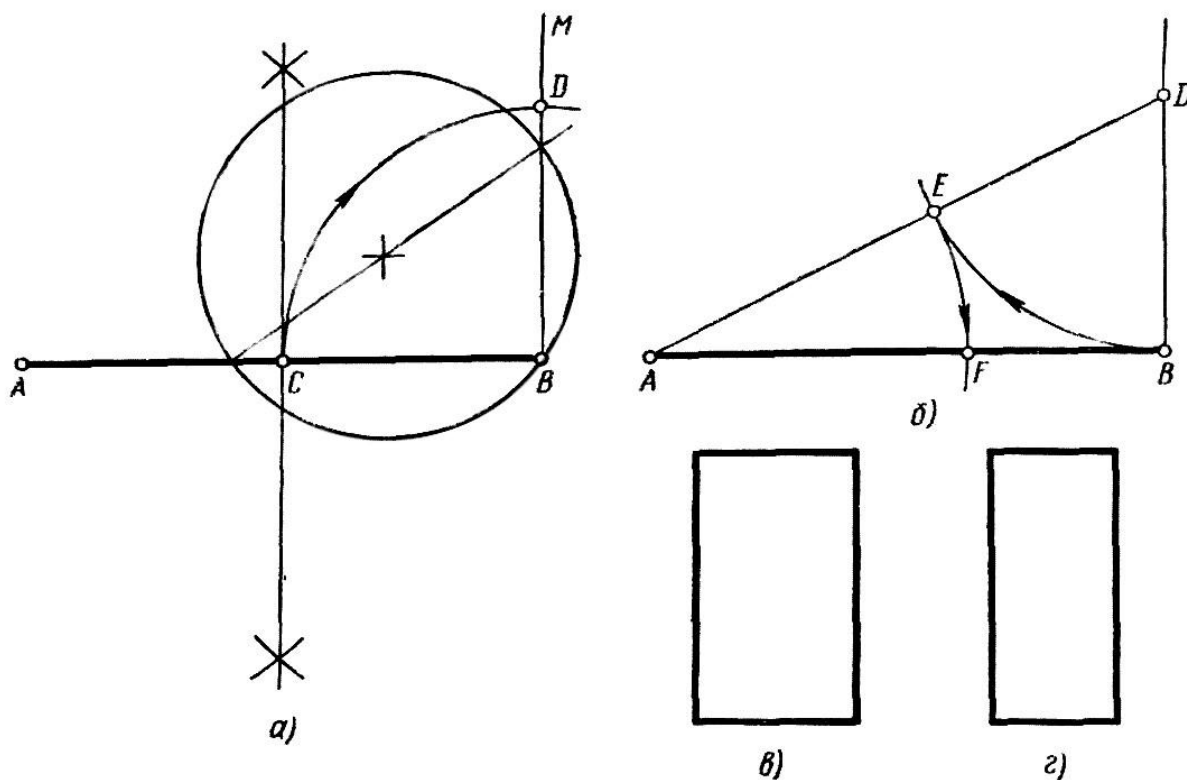


Рисунок 21

2.3 ПОСТРОЕНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ, ДЕЛЕНИЕ УГЛОВ, ПОСТРОЕНИЕ УКЛОНОВ

2.3.1 Построение и измерение углов *Построение угла, равного данному.*

Пусть требуется на прямой MN при точке D построить угол, равный углу ABC (рисунок 22). Произвольным радиусом R проводят две дуги: одну из вершины угла ABC , пересекающую стороны его в точках K и L (рисунок 22, а), другую из точки D , пересекающую прямую MN в точке F (рисунок 22, б). Из точки F радиусом $r=KL$ проводят дугу до пересечения с дугой радиуса R в точке E . Проводя через точки D и E прямую линию, получают угол EDF , равный заданному ABC .

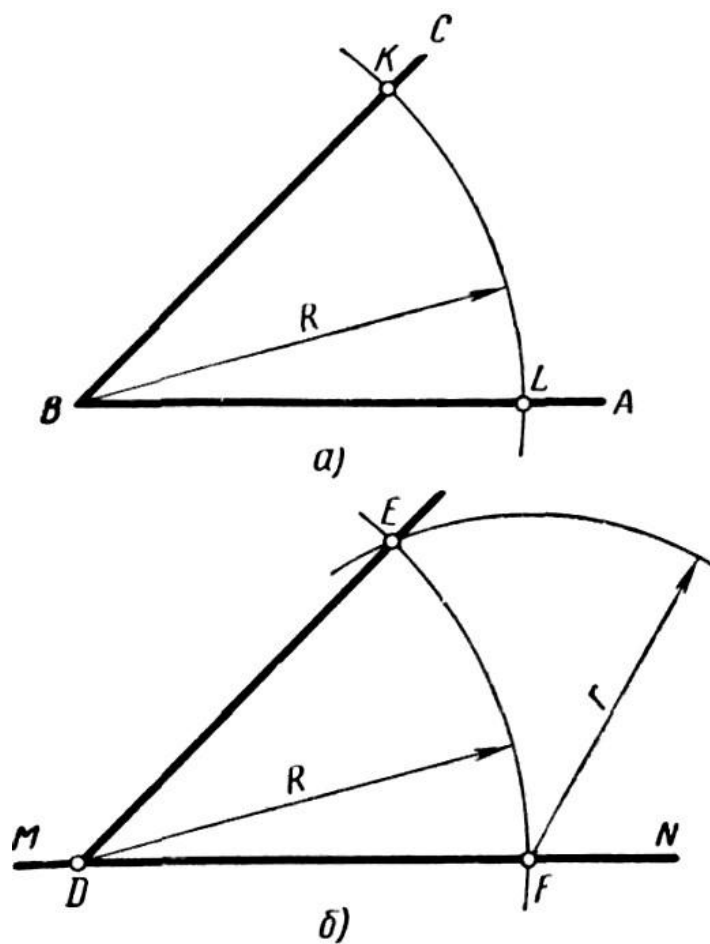


Рисунок 22

Построение углов с помощью рейсшины и двух угольников (рисунок 23). Два угольника с углами 45° , 30° и 60° в сочетании с рейсшиной дают возможность построить любой угол, кратный 15° . Постройте самостоятельно угол, равный 105° .

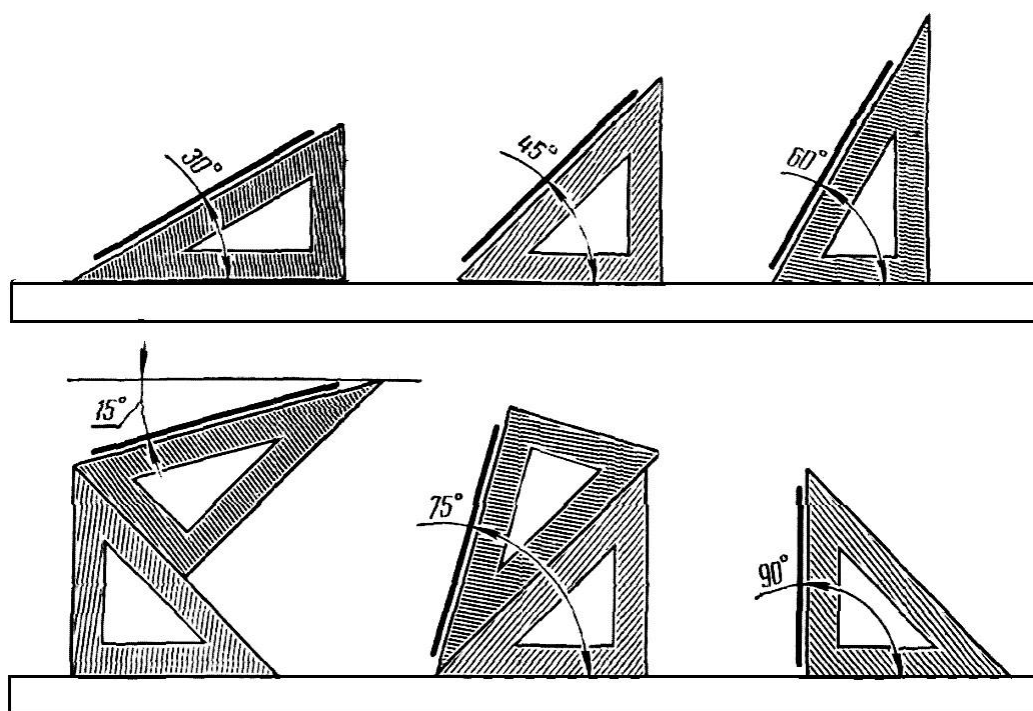


Рисунок 23

Построение углов с помощью транспортира. По транспортиру строят преимущественно те углы, которые нельзя построить с помощью угольников. Пусть требуется на прямой MN при точке B (рисунок 24) построить угол NBA , равный 107° . Центр полукруглости транспортира – точку O совмещают с точкой B , а его начальную прямую – с прямой MN . По шкале против деления 107° отмечают точку A и через точки A и B проводят вторую сторону угла.

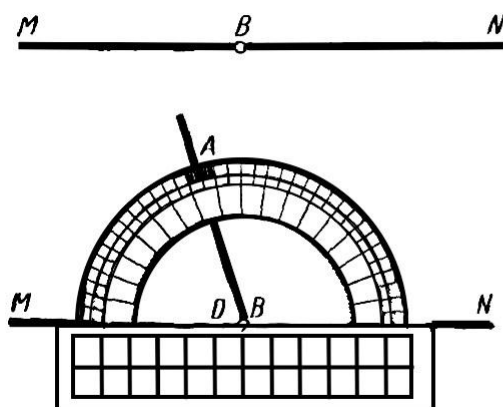


Рисунок 24

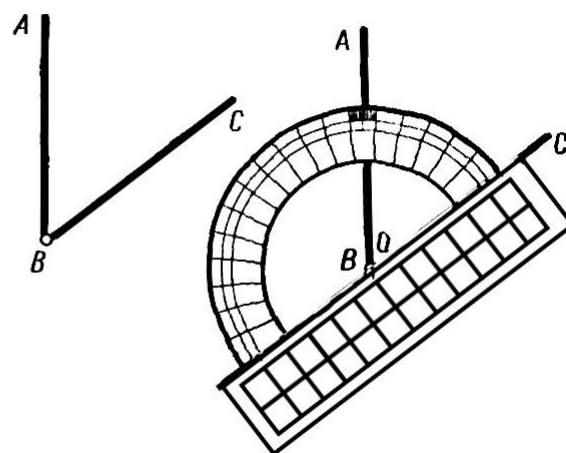


Рисунок 25

Измерение углов. На рисунке 25 показано измерение транспортиром угла ABC . Начальную прямую транспортира совмещают с одной из сторон измеряемого угла так, чтобы вершина B совпала с точкой O . Тогда деление

шкалы, совпадающее с другой стороной угла, укажет на число градусов измеряемого угла.

2.3.2 Деление углов

Деление угла пополам (рисунок 26, а). Из вершины B угла ABC произвольным радиусом R_1 проводят дугу до пересечения ее со сторонами угла в точках M и N . Затем из точек M и N проводят дуги радиусом $>R_1$ до взаимного пересечения их в точке D . Прямая BD разделит данный угол пополам.

Деление угла на 4, 8 и т. д. равных частей осуществляется последовательным делением пополам каждой части угла (рисунок 26, б).

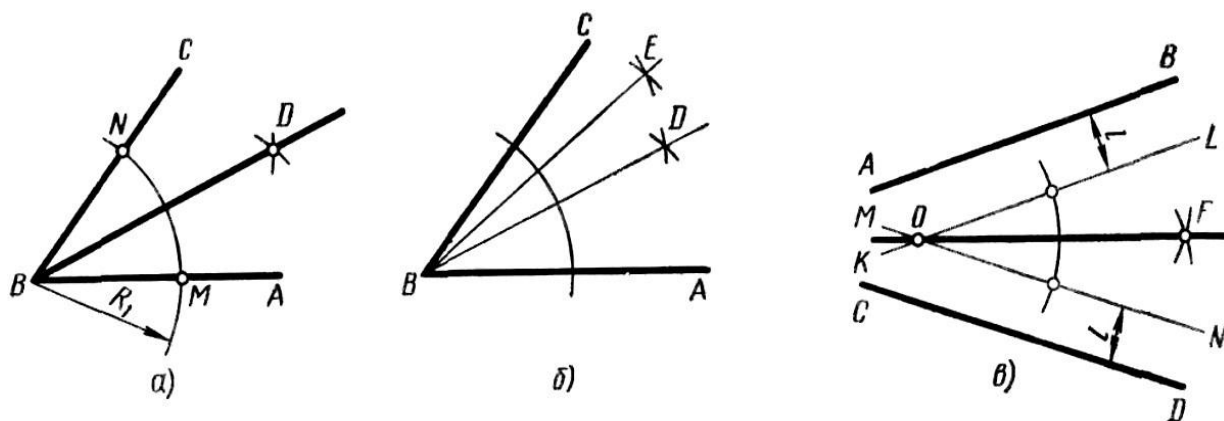


Рисунок 26

В том случае, когда угол задан сторонами, не пересекающимися в пределах чертежа, например AB и CD на рисунке 26, в, деление угла пополам выполняют так. На произвольном, но одинаковом расстоянии l от сторон угла проводят прямые $KL \parallel AB$ и $MN \parallel CD$ и продолжают их до пересечения в точке O . Полученный угол LON делят пополам прямой OF . Прямая OF разделит пополам также и заданный угол.

Деление прямого угла на три равные части (рисунок 27). Из вершины прямого угла — точки B проводят дугу произвольным радиусом R до пересечения ее с обеими сторонами угла в точках A и C . Тем же радиусом R из точек A и C проводят дуги до пересечения с дугой AC в точках M и N . Прямые, проведенные через вершину угла B и точки M и N , разделят прямой угол на три равные части.

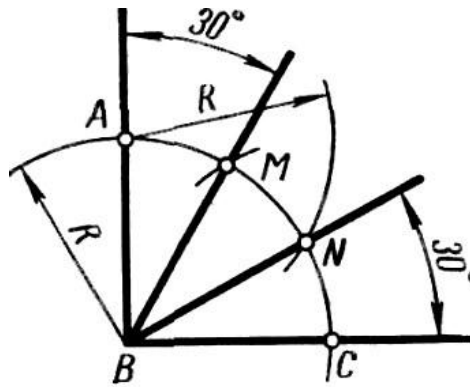


Рисунок 27

2.4 ДЕЛЕНИЕ ОКРУЖНОСТИ НА РАВНЫЕ ЧАСТИ, ПОСТРОЕНИЕ ПРАВИЛЬНЫХ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

2.4.1 Деление окружности на равные части и построение правильных вписанных многоугольников

Для деления окружности пополам достаточно провести любой ее диаметр. Два взаимно перпендикулярных диаметра разделят окружность на четыре равные части (рисунок 28, а). Разделив каждую четвертую часть пополам, получают восьмые части, а при дальнейшем делении – шестнадцатые, тридцать вторые части и т. д. (рисунок 28, б). Если соединить прямыми точки деления, то можно получить стороны правильного вписанного квадрата (a_4), восьмиугольника (a_8) и т. д. (рисунок 28, в).

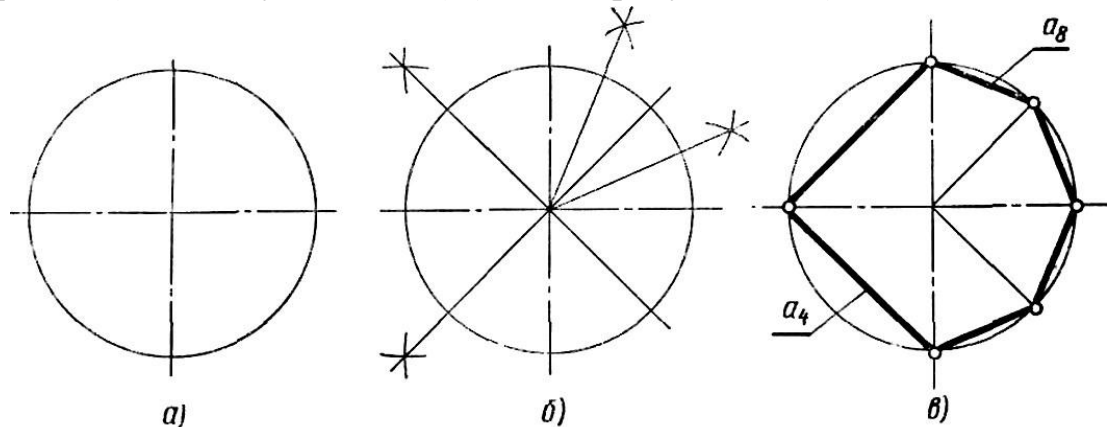


Рисунок 28

Деление окружности на 3, 6, 12 и т. д. равных частей, а также построение соответствующих правильных вписанных многоугольников осуществляют следующим образом. В окружности проводят два взаимно перпендикулярных диаметра 1–2 и 3–4 (рисунок 29 а). Из точек 1 и 2 как из центров описывают дуги радиусом окружности R до пересечения с ней в точках А, В, С и D. Точки А, В, 1, С, D и 2 делят окружность на шесть равных частей. Эти же точки, взятые через одну, разделят окружность на три равные

части (рисунок 29, б). Для деления окружности на 12 равных частей описывают еще две дуги радиусом окружности из точек 3 и 4 (рисунок 29, в).

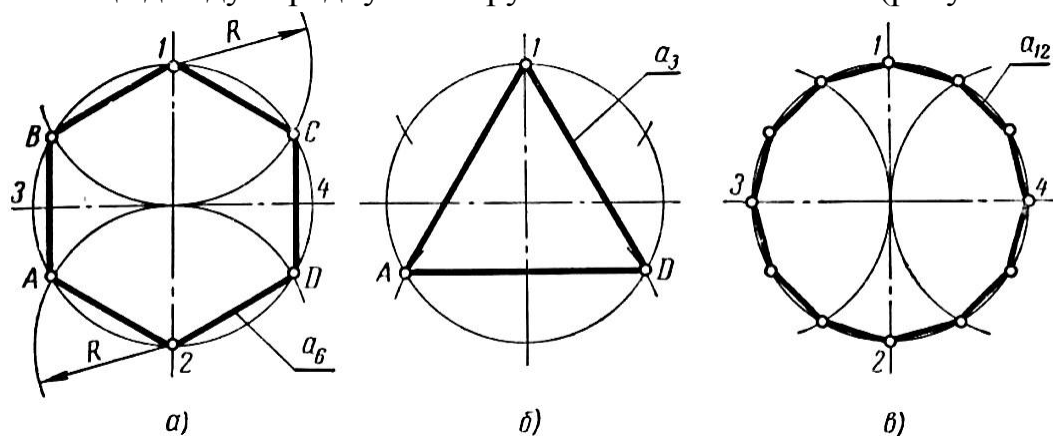


Рисунок 29

Построить правильные вписанные треугольник, шестиугольник и т. д. можно также с помощью линейки и угольника в 30° и 60° . На рисунке 30 приведено подобное построение для вписанного треугольника.

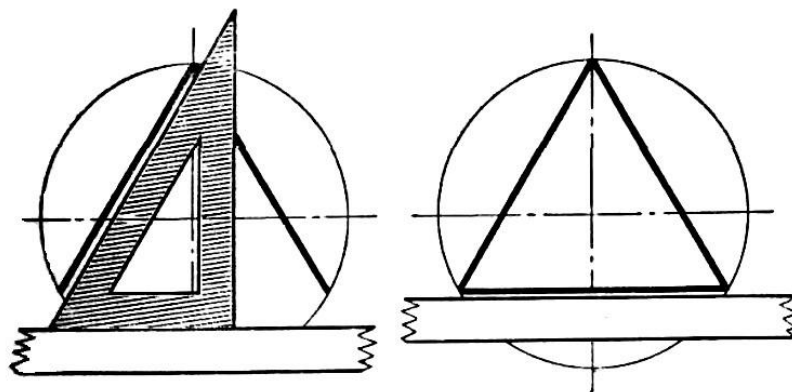


Рисунок 30

Деление окружности на семь равных частей и построение правильного вписанного семиугольника (рисунок 31) выполняют с помощью половины стороны вписанного треугольника, приблизительно равной стороне вписанного семиугольника.

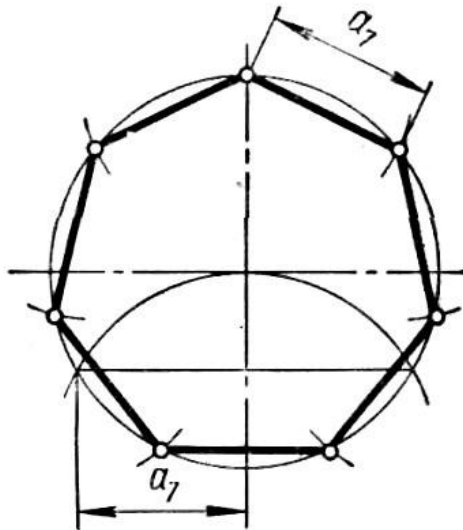


Рисунок 31

Для деления окружности на пять или десять равных частей проводят два взаимно перпендикулярных диаметра (рисунок 32, а). Радиус OA делят пополам и, получив точку B , описывают из нее дугу радиусом $R=BC$ до пересечения ее в точке D с горизонтальным диаметром. Расстояние между точками C и D равно длине стороны правильного вписанного пятиугольника (a_5), а отрезок OD равен длине стороны правильного вписанного десятиугольника (a_{10}). Деление окружности на пять и десять равных частей, а также построение вписанных правильных пятиугольника и десятиугольника показаны на рисунке 32, б. Примером использования деления окружности на пять частей является пятиконечная звезда (рисунок 32, в).

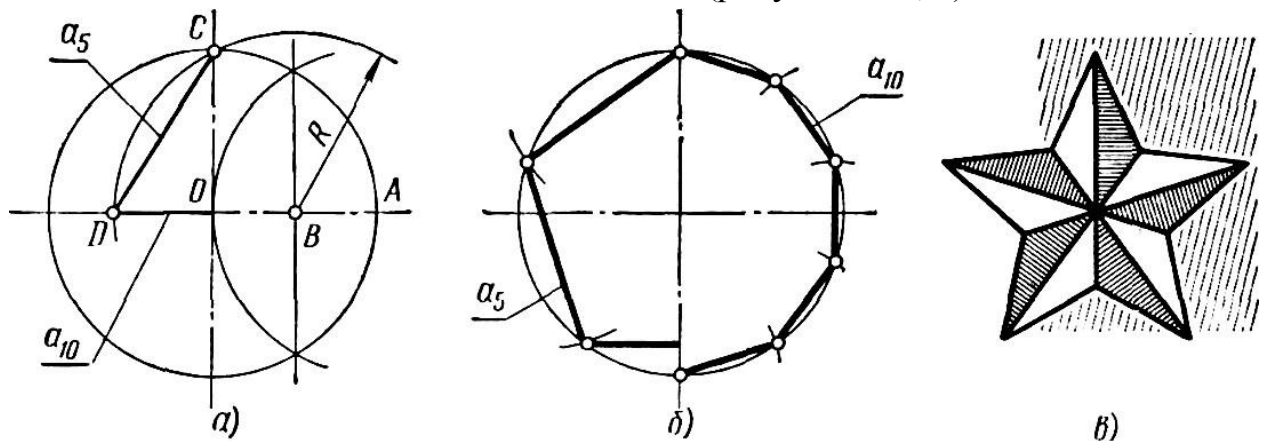


Рисунок 32

На рисунке 33 приведен **общий способ приближенного деления окружности на равные части**. Пусть требуется разделить окружность на девять равных частей. В окружности проводят два взаимно перпендикулярных диаметра и вертикальный диаметр AB делят на девять равных частей с

помощью вспомогательной прямой (рисунок 33, а). Из точки B описывают дугу радиусом $R = AB$ и на пересечении ее с продолжением горизонтального диаметра получают точки C и D . Из точек C и D через четные или нечетные точки деления диаметра AB проводят лучи. Точки пересечения лучей с окружностью разделят ее на девять равных частей (рисунок 33, б).

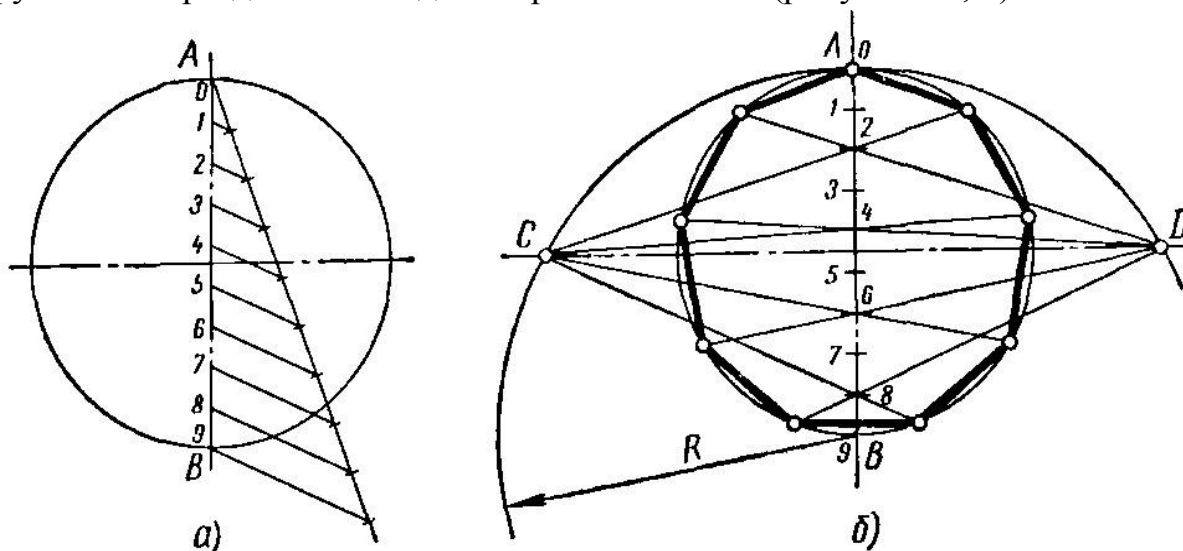


Рисунок 33

При построении необходимо учитывать, что такой способ деления окружности на равные части требует особенно большой точности выполнения всех операций.

3.ТЕХНИЧЕСКИЙ РИСУНОК

3.1. ООБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО РИСУНКА

Технические рисунки чаще всего применяются в конструкторской практике. Ими пользуются для того, чтобы быстро выразить свою мысль в наиболее наглядной форме или пояснить сложный чертеж. Эскизы и рисунки являются первичной формой изображения предмета, а чертеж вторичной и окончательной. Рисунки уступают чертежу в точности, но превосходят его в наглядности.

Технический рисунок предмета выполняется по правилам аксонометрии от руки на глаз без применения чертежных инструментов. Построение технического рисунка основано на свойствах параллельных проекций; этим он отличается от рисунка, построенного по правилам перспективы,

основанным на свойствах центральных проекций. Приступая к выполнению технических рисунков, нужно поупражняться в проведении от руки на глаз линий различного направления и толщины, в глазомерном делении отрезков прямых и дуг на равные части, в изображении углов различной величины. Первоначальный контур изображения выполняется карандашом средней твердости «М» («В») с тем, чтобы можно было удалять резинкой лишние и неверные линии. Окончательно обводить изображение лучше более мягким карандашом «М» («В»), «2М» («2В»). Перед выполнением технического рисунка детали необходимо тщательно рассмотреть эту деталь, изучить ее геометрическую форму, взаимное положение и размерное соотношение его составных частей.

Для равномерного заполнения поля выбранного формата следует продумать компоновку рисунка. Построение технического рисунка начинается с построения аксонометрических осей.

Для построения угла 45° на сторонах угла 90° на глаз откладывают отрезки равной величины (рис.34,а) и полученные точки соединяют наклонной прямой линией. Построение углов 30° , 45° , 60° , 90° приемом деления дуги окружности на равные части на глаз показано на рис.34,б. Для построения угла 30° берут приближенное соотношение катетов прямоугольного треугольника 4:7 (рис.34,г) или 3:5 (рис.34,в).

Для приближенного построения углов 7° или 41° осей в прямоугольной диметрии берут соотношение катетов 1:8, 7:8 (рис.34,д). Построение угла 120° аналогично построению угла 30° (рис.34,е).

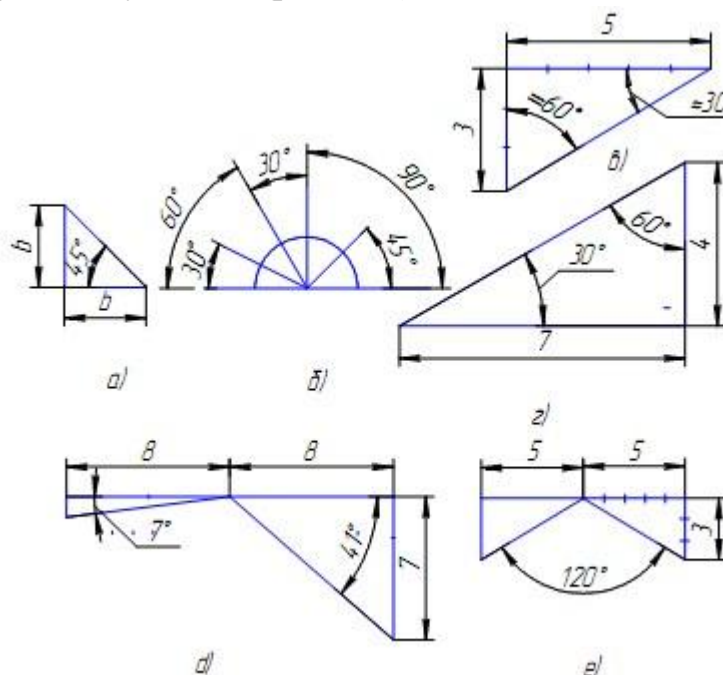


Рисунок 34

Ниже указаны отношения количества клеток, образующие некоторые углы:

$$\begin{aligned}
 10^\circ &= \frac{1}{6} \left(\frac{2}{12} \right) \\
 20^\circ &= \frac{3}{8} \\
 30^\circ &= \frac{4}{7} \\
 40^\circ &= \frac{5}{6}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 50^\circ &= \frac{6}{5} \\
 60^\circ &= \frac{7}{4} \\
 70^\circ &= \frac{8}{3} \\
 80^\circ &= \frac{6}{1} \left(\frac{12}{2} \right)
 \end{aligned}$$

3.2. РИСУНКИ ПЛОСКИХ ФИГУР

Равносторонний треугольник: Для построения равностороннего треугольника (рис.35) на прямой линии откладывают отрезок, равный стороне треугольника. Делят его пополам и в полученной точке O проводят перпендикуляр. Половину стороны треугольника делят на равные части, на высоте (перпендикуляре) откладывают пять равных частей. Полученные точки на прямых линиях отмечают короткими штрихами. Через них сначала тонкими линиями проводят стороны треугольника.

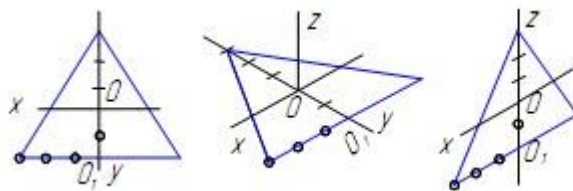


Рисунок 35

Квадрат. Построение квадрата или прямоугольника начинают с проведения сторон прямого угла, на которых на глаз отмечают заданные величины сторон, затем параллельно построенным сторонам проводят две другие стороны прямоугольного четырехугольника. Рисунки квадрата показаны на рис.36,а (изометрическая проекция) и рис. 36,б (диметрическая проекция). В аксонометрии сначала проводят аксонометрические оси, затем по осям от точки O откладывают половину заданных величин сторон.

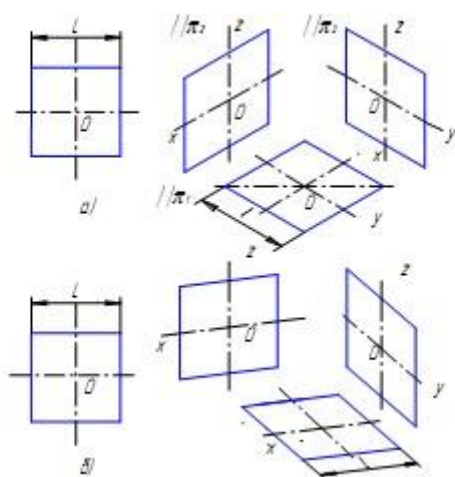


Рисунок 36

Правильный шестиугольник. Рисунок правильного шестиугольника выполняют на основании рисунка квадрата, сторона которого равна большей диагонали шестиугольника. Сторону квадрата делят на равные части и через точки деления проводят параллельные линии, рис.37,а (изометрическая проекция), рис. 37,б (диметрическая проекция).

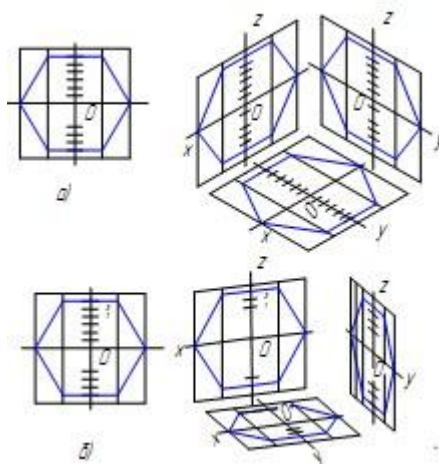


Рисунок 37

Правильный восьмиугольник. Для построения рисунка восьмиугольника также удобнее сначала построить квадраты, а затем вписать в них правильные многоугольники.

Для построения в прямоугольной изометрии правильного восьмиугольника следует разделить половину стороны квадрата на пять равных частей (рис. 38) и через вторые единицы, считая от оси координат, провести вертикальный и горизонтальный отрезки до пересечения со сторонами изометрии квадрата.

Противоположные стороны восьмиугольника строят, проводя вертикальные и горизонтальные прямые или прямые, параллельные осям координат через построенные вершины восьмиугольника.

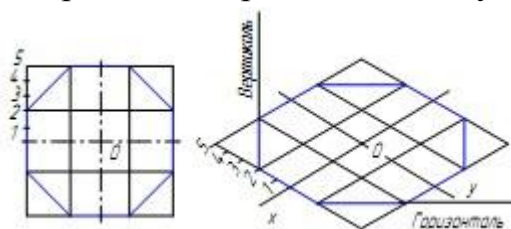


Рисунок 38

Правильный пятиугольник. В изометрии стороны квадрата делят на пять равных частей. Вершинами служит точка деления половины сторон — третья от оси OX , строим остальные вершины и стороны пятиугольника (рис.39).

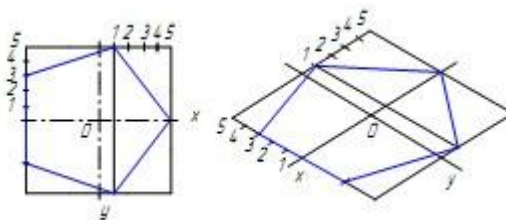


Рисунок 39

Окружность. Для изображения окружности в изометрии и диметрии сначала рисуют квадрат, а затем вписывают в него окружность. На пересечении сторон квадрата с осями симметрии отмечают точки касания E, G, F, H , затем проводят диагонали квадрата и на них отмечают точки A, B, C и D для этого нужно разделить одну из осей в пределах квадрата на 6 частей и через точки 1 и 2 провести прямые, параллельные сторонам квадрата. Через полученные восемь точек можно провести эллипс (рис.40).

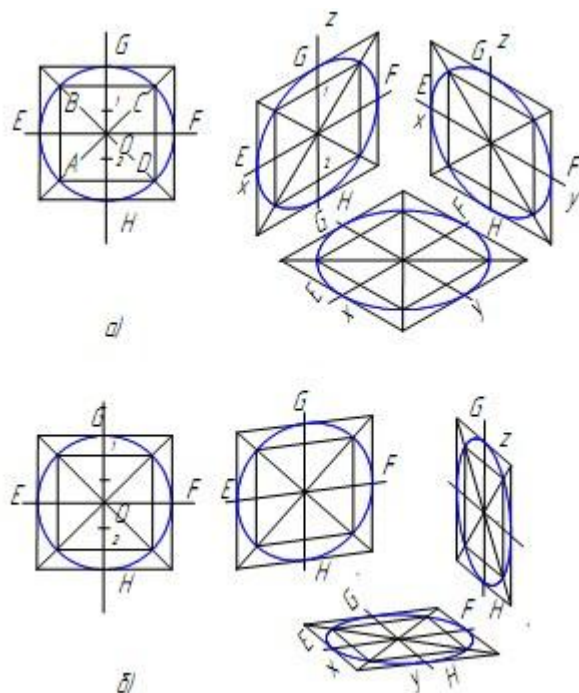


Рисунок 40

На рис. 41 также приведены рисунки окружности в прямоугольной изометрии и прямоугольной диметрии. Сначала строят аксонометрические оси, на осях откладывают половину диаметра (в диметрии на оси Oy в два раза меньше). Параллельно осям проводят стороны описанного квадрата (ромб). В диметрии через начало координат проводят горизонтальную прямую – направление большой оси эллипса. Отмечают концы осей эллипсов, выдерживая соотношение размеров осей (в прямоугольной изометрии $3/5$, в диметрии $1/3$). Рисуют эллипс тонкой линией, обводят.

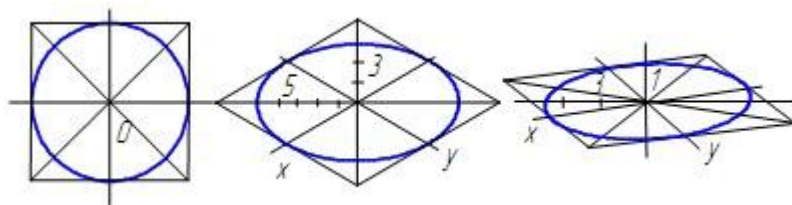


Рисунок 41

3.3. РИСОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Детали всегда можно мысленно расчленить на основные геометрические тела – параллелепипед, призму, пирамиду, цилиндр, конус, шар. Рисунки геометрических тел выполняют в той же последовательности, в какой составляют аксонометрические чертежи. Для призмы, прежде всего, рисуют основание. При вертикальном расположении призмы удобнее начинать рисунок с верхнего основания, а при горизонтальном с переднего.

Нарисовав основание, из его вершин проводят ребра призмы; видимые стороны второго основания проводят параллельно сторонам первого. Если на рисунке необходимо сохранить невидимые линии, то меняют последовательность и рисуют, начиная с оснований (рис. 42).

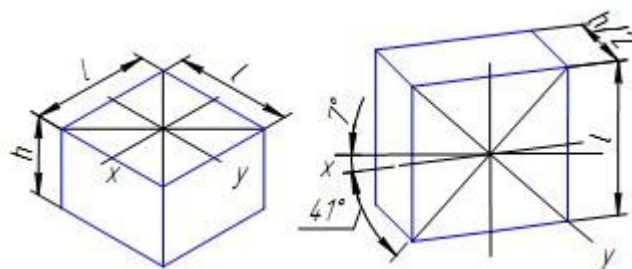


Рисунок 42

Пирамиду рисуют, начиная с основания, затем проводят линию высоты и намечают на ней вершину S, ее соединяют с вершинами основания (рис. 43).

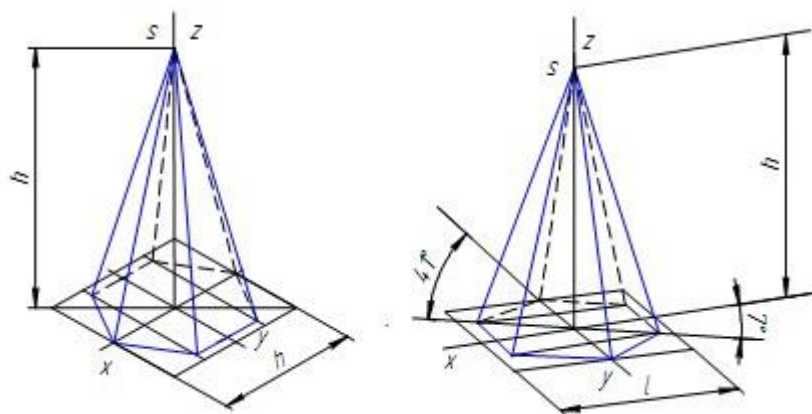


Рисунок 43

Вертикально расположенный цилиндр начинают рисовать с верхнего основания (рис.44), затем проводят касательные к эллипсу, образующие цилиндра; параллельно построенному основанию строят нижнее основание.

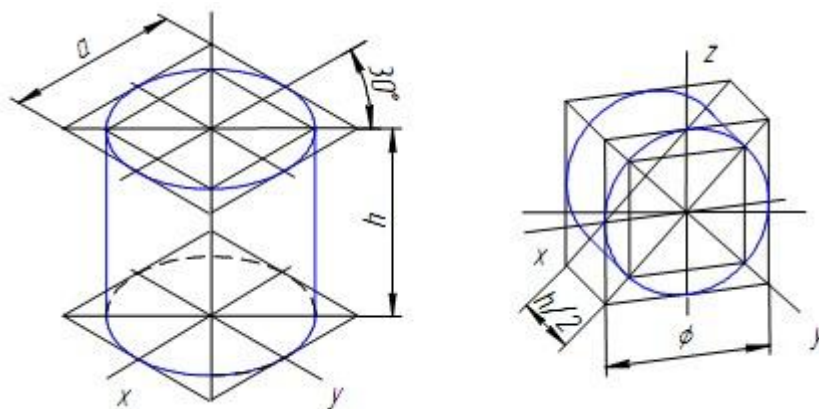


Рисунок 44

На рис.45 приведен рисунок конуса, стоящего на горизонтальной плоскости. Рисунок следует начинать с изображения основания конуса. Затем рисуют вершину конуса и крайние видимые образующие, которые касаются эллипса.

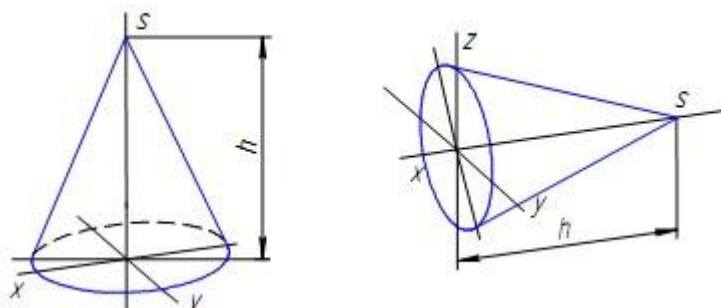


Рисунок 45

Шар в прямоугольной аксонометрии изображается окружностью (рис. 46).

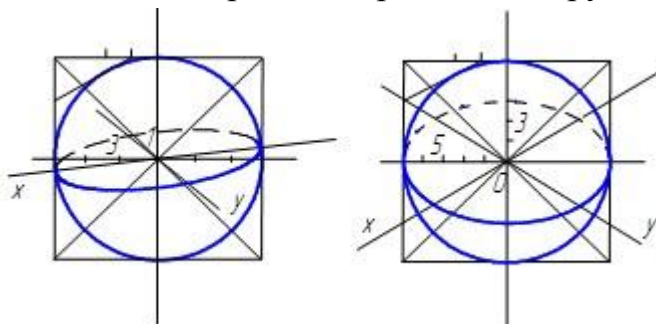


Рисунок 46

3.4. НАНЕСЕНИЕ СЕТОТЕНИ

Для придания рисунку большей наглядности на него наносят светотени. Светотень показывает распределение света на поверхности предмета, она способствует восприятию объемной формы предмета. Светотень состоит из собственной тени, падающей тени, рефлекса, полутени и блика.

Собственная тень – тень, образующаяся на неосвещенной части предмета.

Падающая тень – тень, отбрасываемая самим предметом на какую-либо поверхность. Она на техническом рисунке не показывается.

Полутень – слабоосвещенные места, постепенный переход от тени к свету.

Рефлекс – высветление собственной тени отраженными лучами. На неосвещенную часть предмета падают отраженные лучи, которые ее

подсвечивают, создавая рефлекс, значит рефлекс – отраженный свет на поверхности предмета.

Свет – наиболее освещенная часть предмета.

Блик – наиболее освещенное место (пятно) на поверхности предмета.

В техническом рисунке блики показывают на поверхностях вращения. Наиболее освещенными частями поверхности являются те части, к которым лучи света перпендикулярны. В техническом рисовании принято направление лучей света сверху, слева направо. Наиболее освещенные участки поверхности оттеняют светлее, чем расположенные от света дальше (рис. 47).

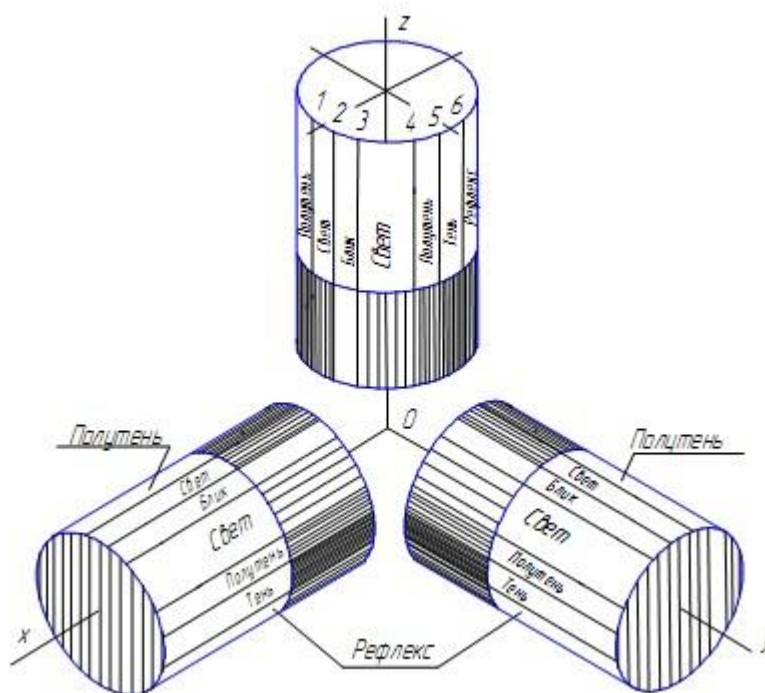


Рисунок 47

Для нанесения теней на техническом рисунке применяют **параллельную штриховку, шраффировку, точки**.

Параллельная штриховка (рис. 48). Способ оттенения параллельной штриховкой является самым простым и наиболее распространенным. Штриховку наносят от руки по форме изображаемого предмета. Этим способом пользуются при выявлении объемной формы деталей, обработанных точением, сверлением и резанием. Направление штрихов, их длина и толщина, так же расстояние между штрихами зависят от формы изображаемого предмета. На поверхностях многогранников направление штрихов соответствует направлению аксонометрических осей. Наклонные плоскости штрихуют прямыми, параллельными их образующей. Грани пирамиды штрихуют прямыми линиями, совпадающими с образующими. Округлость и освещенность выявляются соответствующим направлением и

плотностью штрихов. Можно уменьшать расстояние между штрихами и увеличивать толщину линий штрихов. Расстояние между штрихами принимают равным от 1 до 3 мм.

Штриховка в техническом рисовании не имеет ничего общего со штриховкой, принятой для условного изображения различных материалов в разрезах и сечениях.

Прежде чем приступить к нанесению штриховки, необходимо определить самые темные и светлые поверхности.

Горизонтальные поверхности считают более освещенными, их оттеняют слабее.

Штриховку сначала наносят тонкими параллельными линиями, затем обводят. В тени штрихи наносят чаще, толще и ярче.

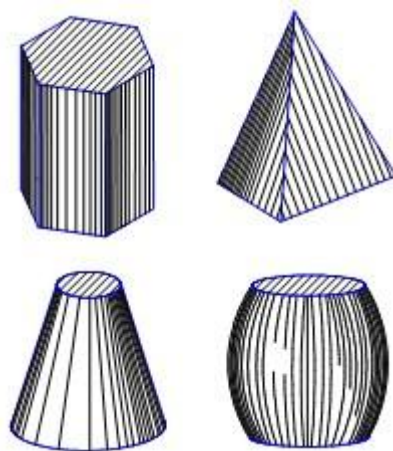


Рисунок 48

Шраффировка (рис. 49) – штриховка в виде сетки, линии ее наносят параллельно линиям образующей и направляющей изображаемой поверхности. На рисунке цилиндра и конуса линии штриховки параллельны образующим и их основанию.

На рисунке граненого тела линии шраффировки параллельны ребрам и сторонам основания. На наклонных плоскостях проводят сначала наклонные линии, затем линии, параллельные сторонам основания. При работе над рисунком отдельные штрихи могут получаться слишком яркими. Яркость штрихов можно уменьшить с помощью мягкой резинки. Резинку следует прикладывать, но не растирать, иначе рисунок может получиться смазанным.

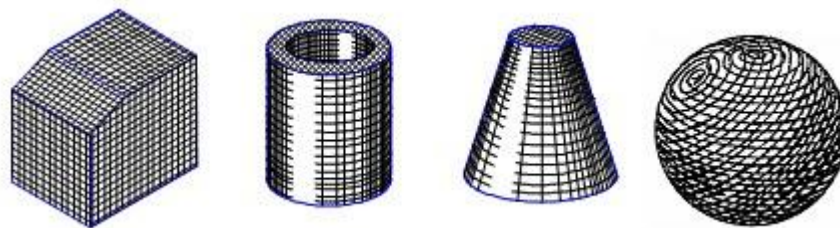


Рисунок 49

Оттенение точками (рис. 50) При точечном методе оттенения светотень наносят точками. На темные части предмета точки наносят ближе друг к другу, с увеличением освещенности поверхности расстояния между ними увеличивают.

Оттенение точками применяют на рисунках, содержащих изображение необработанных деталей (литых, кованных, горячештампованных) и неметаллических материалов (мягких, пористых, сыпучих). Нужно выполнять плавный переход от темного к светлому. Оттенение следует наносить так, чтобы точки не сливались. Точки наносят одновременно на все затененные части, постепенно сгущая их в теневых местах, затем переходят к полутени и свету.

Оттенение точками выполняют пером, наполненным тушью, краской или мягким карандашом.

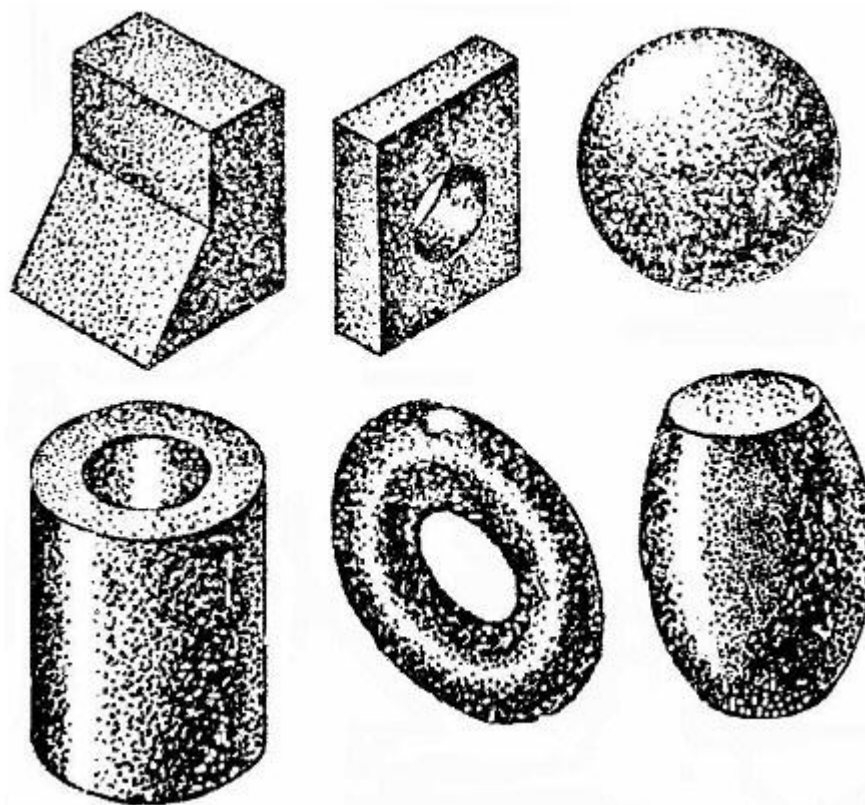


Рисунок 50

3.5.ОСНОВЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Многие предметы по своей форме представляют сочетания элементарных геометрических тел.

Чтобы хорошо уяснить форму и конструкцию предмета, нужно научиться мысленно расчленять предмет на простые элементы – геометрические тела, т.е. различать поверхности (граненные, цилиндрические, конические, сферические), ограничивающие предмет, и уметь выполнять геометрические построения.

При построении эскизов предмет раскладывается на составляющие элементы, которые указываются сначала в проекциях, а потом и в техническом рисунке. Но эскизы не дают полного представления обо всей детали. Однако, существует более эффективный способ, при котором в техническом рисунке возможно передать наиболее полное представление об изделии. В этом случае техническое изделие изображается на листе бумаги в аксонометрии, но элементы детали указываются отдельно отстоящими от основного изделия, но напротив той стороны, куда они крепятся. При таком изображении происходит подробный анализ всех элементов детали, вплоть до отверстий. Таким

образом, изображение детали расчленяется на составляющие ее элементы, до элементарных геометрических тел. Это так называемая «взрывная аксонометрия».

3.6. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО РИСУНКА

Отдельные элементы композиции должны быть связаны между собой, а внимание сосредоточено на главном предмете (композиционном центре), которому должно подчиняться все второстепенное (элементы). Расположение всех относительно главного должно быть таким, чтобы создалось зрительное равновесие между их рисунками и пустыми местами между ними.

Компоновка рисунка на листе, т.е. расположение его пропорционально формату листа, имеет большое значение для построения целостного произведения. Положение листа может быть горизонтально или вертикально по отношению к рисуемому и зависит от конфигурации изображаемого предмета. Изображение предмета должно занимать на листе примерно около $\frac{3}{4}$ полезной площади листа. Изображение не должно быть слишком мелким или очень крупным по отношению к формату. Недопустимо изображение предмета, которое будет выходить за пределы формата.

Чтобы композиционно правильно расположить рисунок, необходимо слегка наметить линиями общую форму и взаимное расположение его основных частей. Рекомендуется при компоновке изображения сначала выполнить нескольких схематических (упрощенных) рисунков и выбрать из них лучший. В процессе выполнения таких упрощенных изображений получают возможность полнее представить в своем воображении будущий рисунок и определить наиболее удачное его размещение на листе бумаги. Основными характерными признаками любого рисуемого предмета являются его конструкция и пропорции. Начиная рисунок, необходимо, прежде всего, понять объемную форму предмета и ясно представить его строение. Анализируя конструкцию формы, нужно правильно понять как располагаются в пространстве поверхности предмета и как образуется его объемная форма. Например, рисуя с натуры многогранник (призму, пирамиду, призматойд и др.), не следует ограничиваться анализом видимых поверхностей, а надо представить остальные, не видимые с данной точки зрения поверхности.

5. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛОСКОСТЬЮ

Цель задания - изучить способы построения линий пересечения поверхностей многогранников и поверхностей вращения плоскостью, способы определения натуральной величины фигуры сечения, а также приобрести навыки построения аксонометрических проекции линий и поверхностей и нанесение отмывки поверхностей.

4.1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ С ПЛОСКОСТЬЮ

Построение линии пересечения поверхности с плоскостью (в объеме настоящего задания рассматриваются, только случаи сечения поверхностей проецирующей плоскостью) производится по ее отдельным точкам. Для построения точек линии пересечения поверхности с плоскостью используется способ вспомогательных секущих плоскостей, заключающийся в следующем: вводится ряд вспомогательных плоскостей, пересекающих данную поверхность по некоторым линиям, а секущую плоскость по прямым. Точки пересечения этих линий, с соответствующими прямыми, являясь общими для данной поверхности и данной плоскости, будут точками искомой линии пересечения. Соединив на чертеже одноименные проекции найденных точек плавной линией, получим проекции линии пересечения.

В качестве вспомогательных секущих плоскостей следует применять те, которые пересекают заданную поверхность по заранее известным и простым для построения на чертеже линиям (по прямым или окружностям). Обычно это плоскости уровня. Первоначально определяют так называемые опорные точки, а затем промежуточные. Опорные точки - это экстремальные точки (высшие, низшие и т.д.) и точки, лежащие на ребрах и на линиях оснований поверхностей. Приведенные в задании поверхности представляют собой комбинации гранных (пирамида, призма) сферических, цилиндрических и конических поверхностей.

4.1.1. Пересечение плоскости с поверхностью многогранника

Линией пересечения поверхности многогранника плоскостью является плоский многоугольник. Его вершины являются точками пересечения ребер с заданной плоскостью, а стороны — линиями пересечения граней с секущей плоскостью.

Таким образом, построение сечения многогранника плоскостью сводится к определению точек пересечения прямой с плоскостью или к определению линии пересечения плоскостей.

Плоская фигура, которая получается при пересечении многогранника плоскостью, называется **сечением**. Построение сечений значительно упрощается, если один из пересекающихся элементов (секущая плоскость или пересекаемая поверхность) занимают проецирующее положение и одна проекция сечения известна.

На рис. 51 показано сечение пирамиды фронтально-проецирующей плоскостью P . Фронтальная проекция A'' сечения совпадает с фронтальным следом P_V секущей плоскости. Проведя линии связи до горизонтальных проекций соответствующих ребер многогранника, получим горизонтальную проекцию сечения $A'B'C'$.

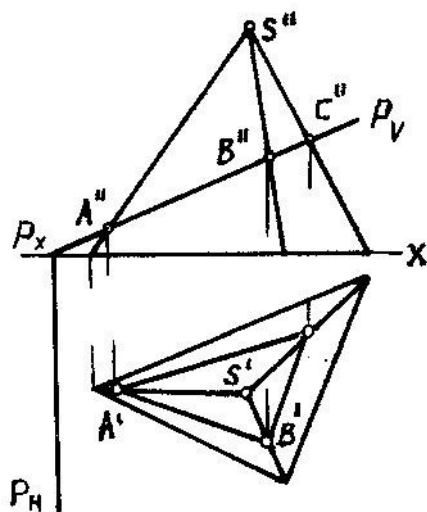


Рисунок 51

На рис. 52 показано сечение прямой четырехугольной призмы плоскостью общего положения. Секущая плоскость задана двумя пересекающимися прямыми — горизонталью и фронталью. Боковые грани призмы — горизонтально-проецирующие плоскости. Следовательно, горизонтальная проекция сечения известна, она совпадает с горизонтальной проекцией боковых граней и ребер призмы.

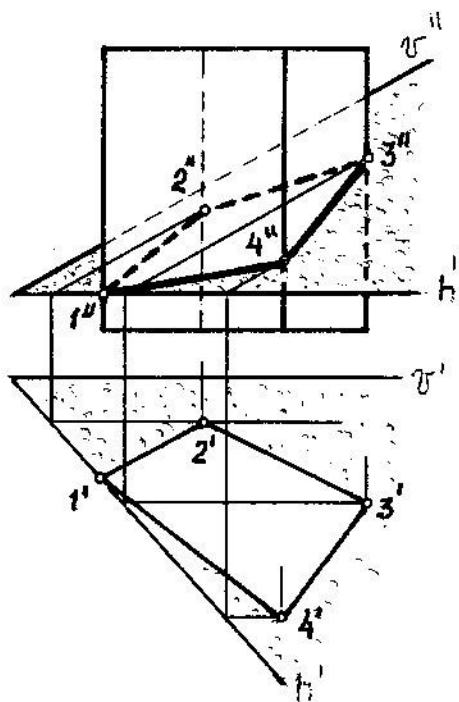


Рисунок 52

Для построения фронтальной проекции сечения необходимо спроецировать точки 1', 2', 3' и 4', принадлежащие секущей плоскости, на фронтальную проекцию. Воспользуемся какой-либо линией уровня, например фронталью. Проводим через точки 1', 2', 3' и 4' горизонтальные проекции фронталей, а затем строим их фронтальные проекции. В пересечении с соответствующими фронтальными проекциями ребер получим искомые проекции точек пересечения ребер с плоскостью. Соединив полученные точки прямыми в последовательности, которая задана горизонтальной проекцией и определив невидимые участки сечения, закончим построение.

4.1.2. Пересечение плоскостью поверхностей вращения

Линия пересечения кривой поверхности плоскостью представляет собой плоскую кривую линию (сечение), для построения которой необходимо определить отдельные точки сечения и соединить их последовательно плавной кривой.

Построение точек сечения поверхности вращения, как правило, начинают с определения **опорных точек**. К ним относятся следующие точки: высшая и низшая, ближайшая и наиболее удаленная, точки видимости и др.

Остальные точки (промежуточные) находятся либо по линиям связи, т.е. без дополнительных построений, либо с применением вспомогательных секущих плоскостей.

Пример 1. На рис. 54 даны поверхность вращения и фронтальнопроецирующая плоскость P . Необходимо построить проекции и истинный вид сечения поверхности плоскостью.

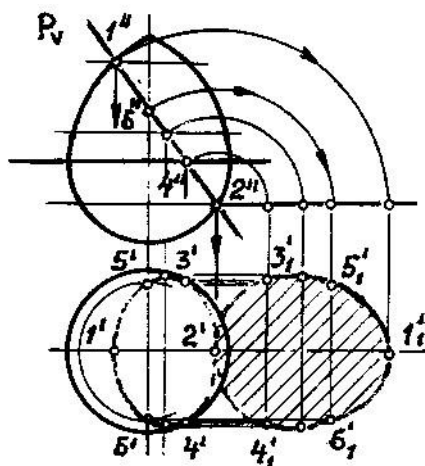


Рисунок 54

Сначала находим опорные точки линии пересечения, а потом ряд промежуточных ее точек. Опорными точками являются:

точки 1 и 2 — точки встречи главного меридиана с плоскостью P (одновременно это высшая и низшая, крайняя левая и крайняя правая точки сечения);

точки 3 и 4 — точки встречи экватора с плоскостью P (ближайшая и наиболее удаленная точки сечения).

Указанные точки являются также точками границ видимости линии сечения соответственно на фронтальной и на горизонтальной проекции.

Для построения горизонтальных проекций промежуточных точек проводим ряд вспомогательных горизонтальных плоскостей (Π_1, Π_2, Π_3), каждая из которых пересекает поверхность вращения по окружности соответствующего радиуса, а плоскость P — по горизонтали, перпендикулярной плоскости V . На пересечении горизонтальных проекций окружностей с горизонтальными проекциями горизонталей находятся горизонтальные проекции искомых точек.

4.1.3. Конические сечения

Коническими сечениями называются линии, которые получаются при пересечении поверхности конуса второго порядка с плоскостью. К числу этих линий относятся следующие: окружность, двойная прямая, две пересекающиеся прямые, эллипс, парабола, гипербола. Простейшим коническим сечением является точка.

Рассмотрим все виды конических сечений и условия, при которых они получаются, на примере конуса вращения, пересеченного проецирующими плоскостями рис. 55:

- 1) точка S , когда плоскость Π пересекает только вершину конуса ;
- 2) окружность, когда секущая плоскость перпендикулярна к оси конуса; 3) двойная прямая, когда секущая плоскость является предельной, т. е. касательной к поверхности конуса;
- 4) две пересекающиеся прямые, когда секущая плоскость проходит через вершину;
- 5) эллипс, когда плоскость пересекает все образующие конуса и когда она не перпендикулярна его оси.

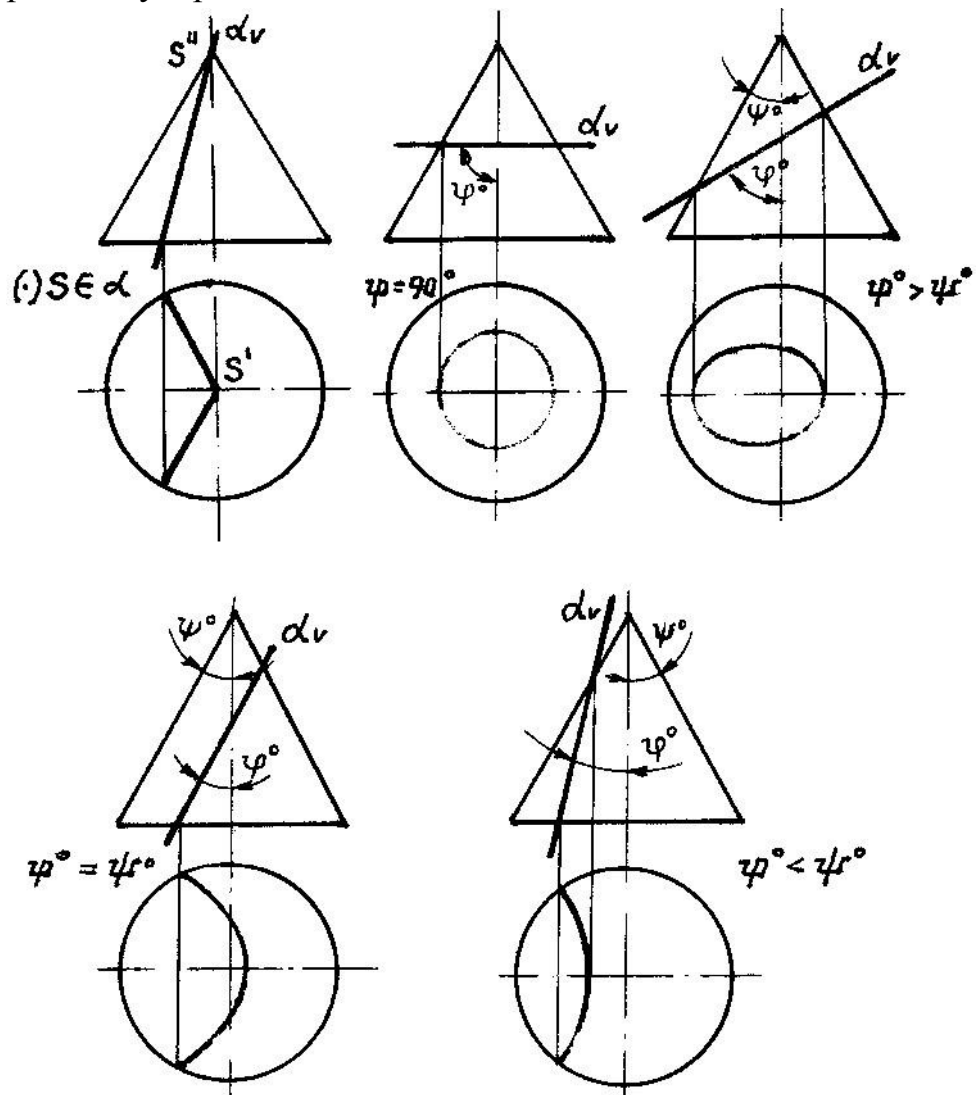


Рисунок 55

Признак, при котором получится эллипс, может быть выражен еще иначе. Обозначим половину угла при вершине конуса через ψ , а угол наклона секущей плоскости к оси конуса — через φ . Тогда $\varphi^\circ > \psi^\circ$.

Для построения фронтальной проекции эллипса вначале отмечаем опорные точки A и B . Отрезок $A''B''$ — фронтальная проекция большой оси эллипса (всей фигуры сечения).

Горизонтальная проекция эллипса строится по фронтальной. Для этого отрезок $A''B''$ делится точкой C'' пополам. В точку $C''D''$ спроецируется малая ось эллипса, перпендикулярная к плоскости проекций V .

Для построения горизонтальных проекций промежуточных точек проводим ряд вспомогательных горизонтальных плоскостей (Π_1, Π_2, Π_3), каждая из которых пересекает поверхность конуса по окружности соответствующего радиуса, а плоскость Π — по горизонтали, перпендикулярной плоскости V . На пересечении горизонтальных проекций окружностей с горизонтальными проекциями горизонталей находятся горизонтальные проекции искомых точек.

Натуральная величина эллипса может быть легко построена методом замены плоскостей проекций. Для этого на произвольном расстоянии проведена ось симметрии фигуры сечения (большая ось эллипса), параллельно фронтальному следу проецирующей плоскости Π , и в обе стороны от нее перпендикулярно отложены величины, взятые с горизонтальной проекции фигуры сечения (так как горизонтальные проекции хорд эллипса, параллельные его малой оси, равны их натуральной величине) (рис. 56).

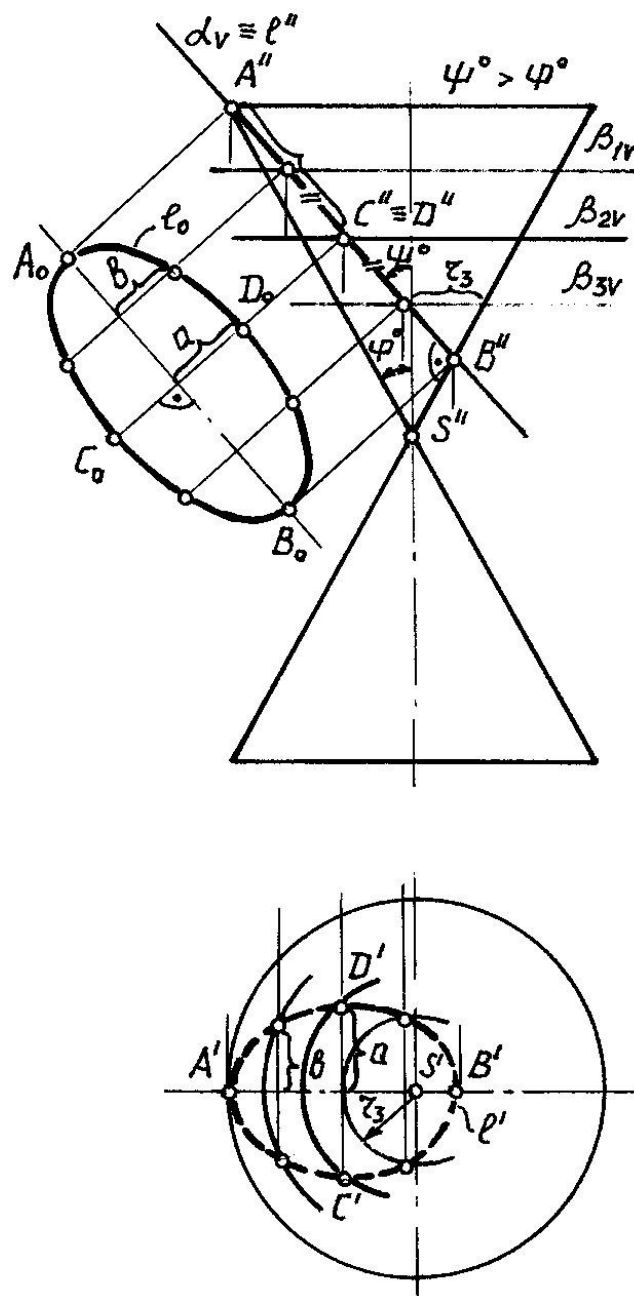


Рисунок 56

б) Парабола, когда секущая плоскость параллельна одной из образующих конуса; в этом случае \angle угол между плоскостью и осью конуса равен углу \angle между образующей и осью конуса (рис. 143). Фронтальная проекция параболы сливается со следом Π_1 секущей плоскости. Для построения горизонтальной проекции параболы проводим ряд вспомогательных горизонтальных плоскостей (Π_1, Π_2), каждая из которых пересекает поверхность конуса по окружности, а плоскость Π -- по горизонтали, перпендикулярной к плоскости V . В пересечении горизонтальных проекций этих горизонталей с горизонтальными проекциями соответствующих окружностей получаем точки D', E', J', K' . Горизонтальную проекцию A' вершины параболы, а также

горизонтальные проекции B' и C' точек, принадлежащих одновременно и окружности основания конуса получаем непосредственно, проводя линии из точек A'' и $B'' \square C''$ (рис.57).

Натуральная величина параболы строится аналогично натуральной величине эллипса (рис. 57).

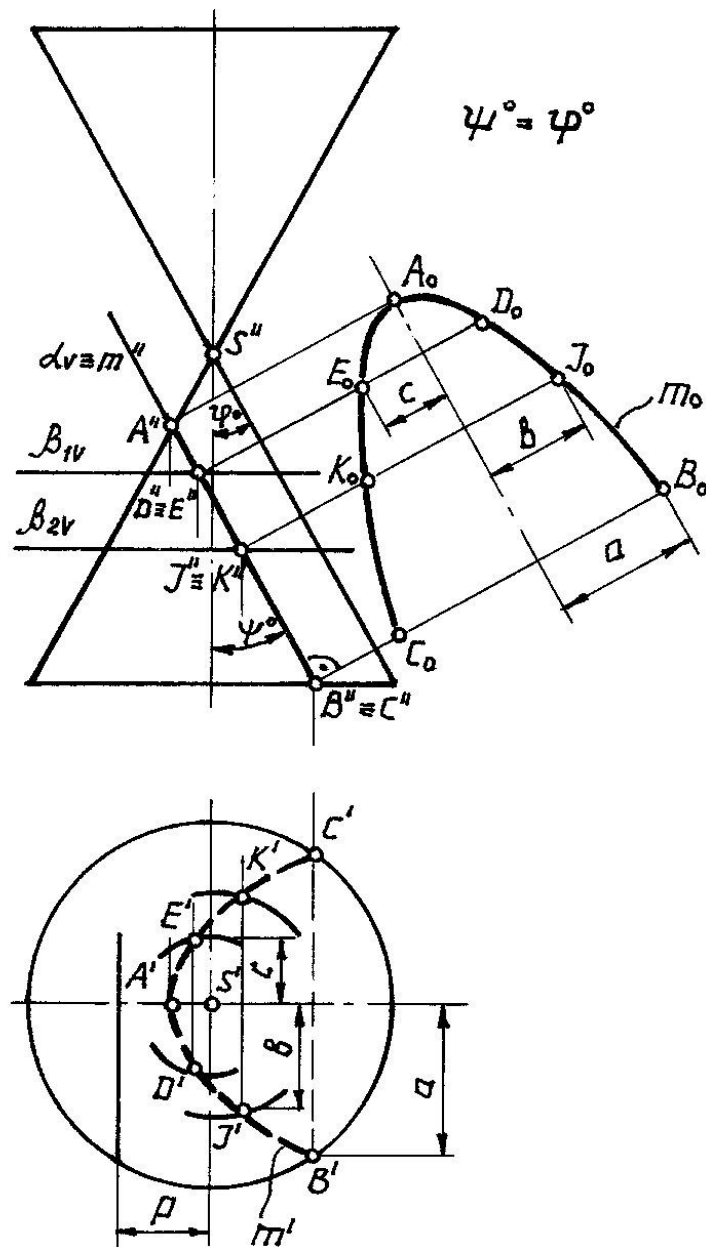


Рисунок 57

7) Гипербола, когда секущая плоскость параллельна оси конуса (рис. 57). В этом случае угол \square равен нулю.

Так как секущая плоскость \square - профильная плоскость, фронтальная и горизонтальная плоскости гиперболы являются отрезками прямых. Точки A'' и P'' являются фронтальными проекциями вершин параболы.

Их горизонтальные проекции $A' \square P'$ определяются по линии связи (рис. 144). Промежуточные точки D , E , J , K найдены с помощью вспомогательных горизонтальных плоскостей (\square_1, \square_2).

Для построения натуральной величины гипербола совмещена с плоскостью Н путем вращения вокруг хорды BC . Если образующие конуса, которым параллельна плоскость Π , ортогонально спроецировать на эту плоскость, то получим асимптоты гипербола, которые совмещены с горизонтальной плоскостью проекций Н (рис. 58).

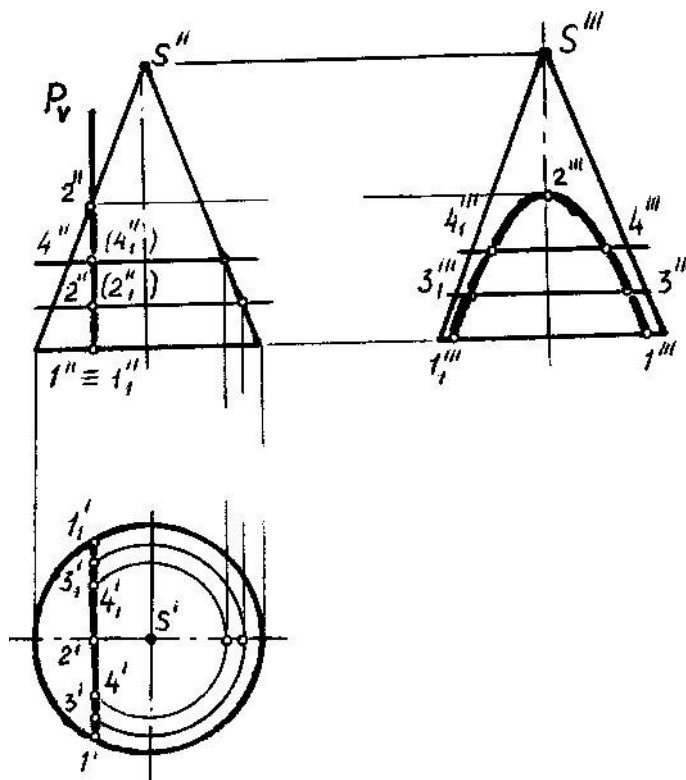


Рисунок 58

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ОТМЫВКИ

Отмывкой выражают объемность, следовательно, необходимо те или иные поверхности окрашивать в различные тона в зависимости от освещенности объема, от взаимного расположения, от цвета самого объема. Тень собственная всегда оказывается светлее, чем тень падающая. Круглые тела должны быть отмыты с плавным переходом от более светлых тонов к более темным. Все это достигается следующим образом: разводят слабый раствор краски (чая, кофе и т.п.) и покрывают им все отмываемые поверхности, за исключением самых светлых мест. После того, как покрашенные места высохнут, чертеж (изображение) покрывают тем же раствором вторично, но уже не везде, а только в тех частях, которые требуют усиления тона. После просыхания чертежа те места, которые требуют дальнейшего усиления тона, покрываются в третий раз и так далее. Таким образом, достигается различие тонов (рис. 59).

Кривые поверхности покрывают таким же образом многократно после того, как поверхность их разбита на части (рис.1). Так, поверхности цилиндра разбивают на ряд прямоугольных полос, параллельных оси цилиндра, шаровую поверхность разбивают на ряд колец, перпендикулярных направлению луча света, и т. д. Чем больше делений, тем более равномерным будет переход тона от светлого к темному.

Если необходимо получить поверхность контура с незаметным для глаз переходом тональностей, покраску производят способом размывки. В этом случае разводят краску сильного тона. На кисть набирают немного краски и наносят полосу сверху по контуру, а другой кистью (набирают чистую воду) с влажным концом размывают нанесенную краску в направлении осветления. По мере движения в сторону размыва кисть должна быть все суше. К работе с акварельными красками следует приступать с чистыми руками. От рук могут остаться пятна на бумаге, что препятствует ровному нанесению краски.

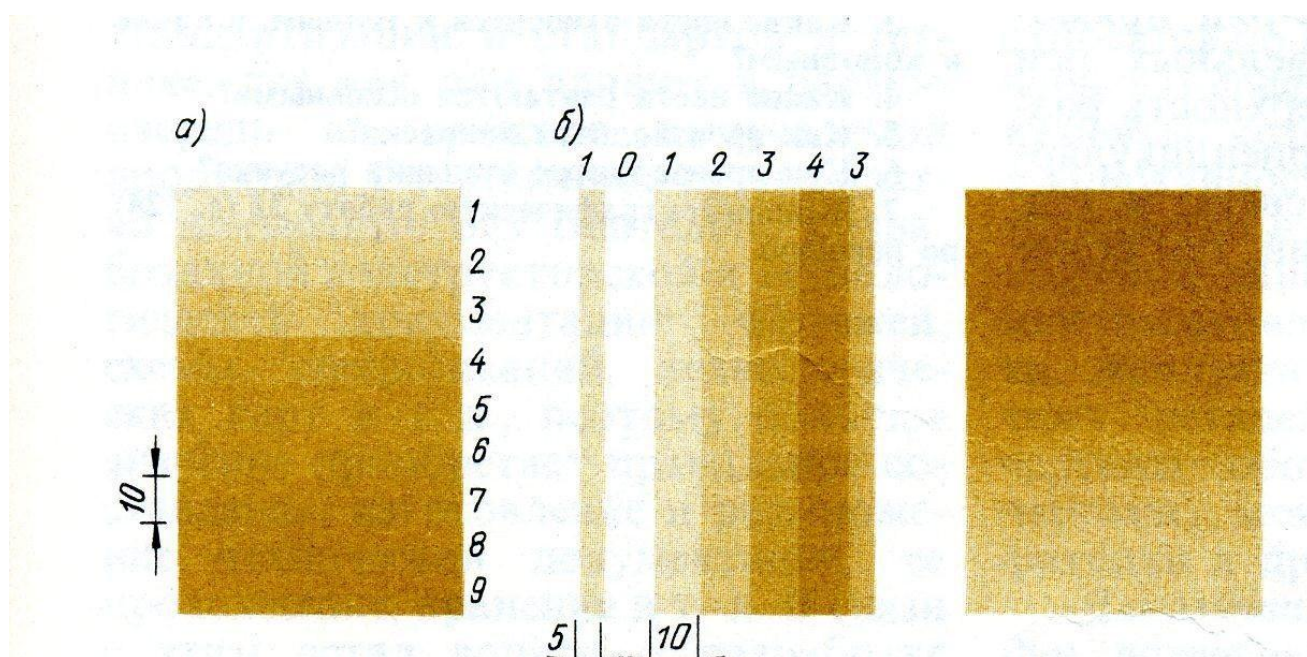


Рисунок 59

6. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

6.1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ ЛИНИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ.

6.1.1. Общие положения

В пересечении поверхностей получаются плоские или пространственные линии, которые рассматриваются как множество точек, принадлежащих

одновременно обеим поверхностям. Обычно линию пересечения двух поверхностей строят по ее отдельным точкам.

Общим способом построения этих точек является **способ поверхностей-посредников**:

— с е к у щ и х п л о с к о с т е й;

— с ф е р и ч е с к и х п о в е р х н о с т е й.

Каким бы способом ни производилось построение линии пересечения поверхностей, при нахождении точек этой линии необходимо соблюдать определенную последовательность.

1. Для построения линий пересечения выбирают вспомогательную плоскость (или поверхность) с таким расчетом, чтобы в пересечении с каждой из заданных поверхностей получились простые линии: прямые или окружности.

2. Далее обе поверхности пересекают этой вспомогательной плоскостью (или поверхностью) и определяют линию пересечения сначала с одним телом, а затем — с другим. В пересечении этих линий находят общие точки: в первую очередь — опорные (высшую, низшую и т.д.), так как они всегда позволяют видеть, в каких пределах расположены проекции линии пересечения, и где между ними имеет смысл определять промежуточные точки для более точного построения линии пересечения поверхностей; затем — промежуточные.

3. Найденные точки соединяют ломаной или плавной кривой, которая будет искомой линией пересечения заданных поверхностей.

4. Определение видимости линии пересечения производят отдельно для каждого участка, ограниченного точками видимости, при этом видимость всего участка совпадает с видимостью какой-нибудь случайной точки этого участка.

На рис. 60 показано построение точек 1 и 2 линии пересечения; K и K_1 — пересекающиеся поверхности; P — одна из вспомогательных секущих плоскостей.

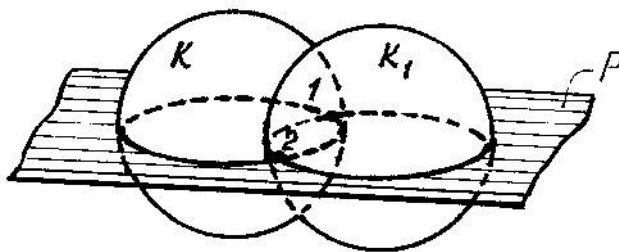


Рисунок 60

6.1.2. Пересечение многогранников

Для построения линии пересечения поверхностей двух многогранников определяют точки встречи ребер одного многогранника с гранями другого. В этом случае каждую грань многогранника рассматривают самостоятельно и

построение сводят к определению точек встречи прямых с плоскостью. Для этого проводят проецирующие плоскости через ребра одного из многогранников. **Правило:**

— соединять между собой можно только те точки искомой линии пересечения, которые лежат в одной и той же грани какой-либо из двух данных поверхностей;

— каждую точку соединяют только с двумя другими точками.

В результате должен получиться замкнутый контур или два замкнутых контура.

ПРИМЕР 1.

Даны прямая треугольная призма, стоящая на плоскости H , и произвольно расположенная треугольная пирамида. Построить линию пересечения заданных поверхностей (рис. 61).

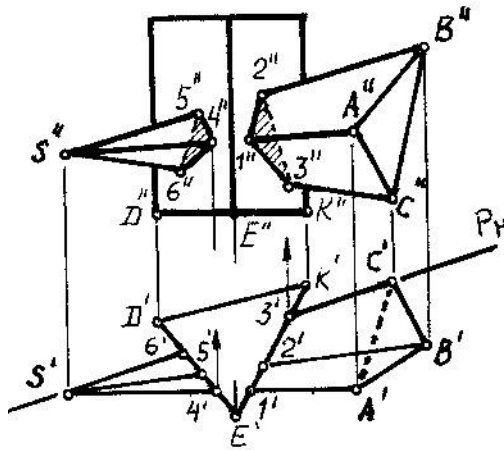


Рисунок 61

Ребра призмы обозначим одной буквой (D, E, K), а пирамиды — двумя буквами (SA, SB, SC).

Задачу сводим к определению точек встречи ребер пирамиды с гранями призмы. Особенность этого примера — грани призмы являются проецирующими плоскостями (ее ребра перпендикулярны к плоскости H). Горизонтальные проекции 1-2-3 и 4-5-6 линий пересечения уже имеются, они совпадают с горизонтальной проекцией самой призмы. С помощью линий связи находят фронтальные проекции этих точек на соответствующих ребрах. В результате получают две замкнутые ломаные линии: 1''-2''-3'' у входа и 4''-5''-6'' у выхода. Отрезки 2''-3'' и 5''-6'' этих линий невидимые, так как они лежат на задней грани пирамиды.

6.1.3.Способ секущих плоскостей

Рассмотрим частный случай — способ вспомогательных ПРОЕЦИРУЮЩИХ плоскостей. Он заключается в следующем: вводится ряд плоскостей частного положения (уровня или проецирующих), пересекающих данные поверхности по графически простым линиям (прямым или окружностям). Пересечение этих линий между собой дает точки, которые будут общими для каждой из данных поверхностей и, следовательно, будут принадлежать искомой линии пересечения.

Рассмотрим случай пересечения двух поверхностей вращения: конуса и цилиндра (рис. 62).

Построение линии пересечения начинаем с определения опорных точек 1 и 2. Их фронтальные проекции находятся на пересечении очерковых линий пересекающихся поверхностей. Горизонтальные проекции 1' и 2' находятся по линиям связи.

Для нахождения промежуточных точек вводим вспомогательные горизонтальные плоскости Π_1, Π_2, Π_3 , пересекающие обе поверхности по окружностям. Пересечение окружностей между собой дает горизонтальные проекции точек (3', 4', 5', ... 10'), общих для конуса и цилиндра. Фронтальные проекции 3'', 4'' ... находятся по линиям связи.

Соединяя найденные точки, получим искомую линию пересечения на комплексном чертеже.

Для нахождения линии пересечения в аксонометрии, строим изометрическую проекцию данных поверхностей (рис. 63). Для обеспечения точности аксонометрического изображения пересекающихся поверхностей устанавливаем оси координат (x, y, z) также и на комплексном чертеже.

Далее выполняем в изометрии построение линии пересечения в координатной плоскости $x_0O_0y_0$, то есть построение вторичной проекции. От каждой отмеченной линии пересечения откладываем по вертикальной линии (параллельной оси z_0) высоту, измеренную на комплексном чертеже. То есть получаем аксонометрические проекции точек 1₀, 2₀, 3₀, ... 10₀. Соединяя найденные точки плавной кривой, получим аксонометрическое изображение линии пересечения данных поверхностей (рис. 63).

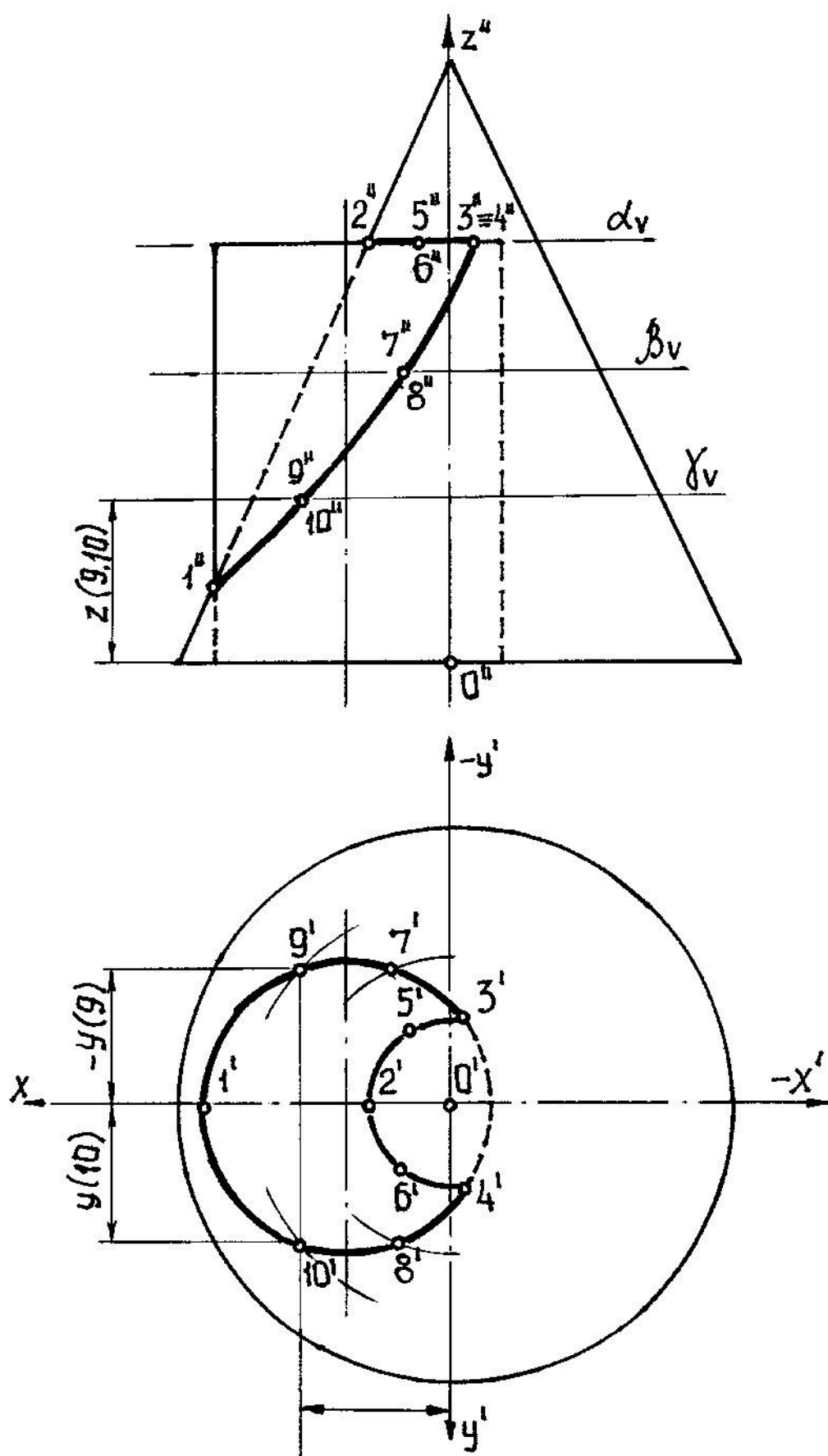


Рисунок 62

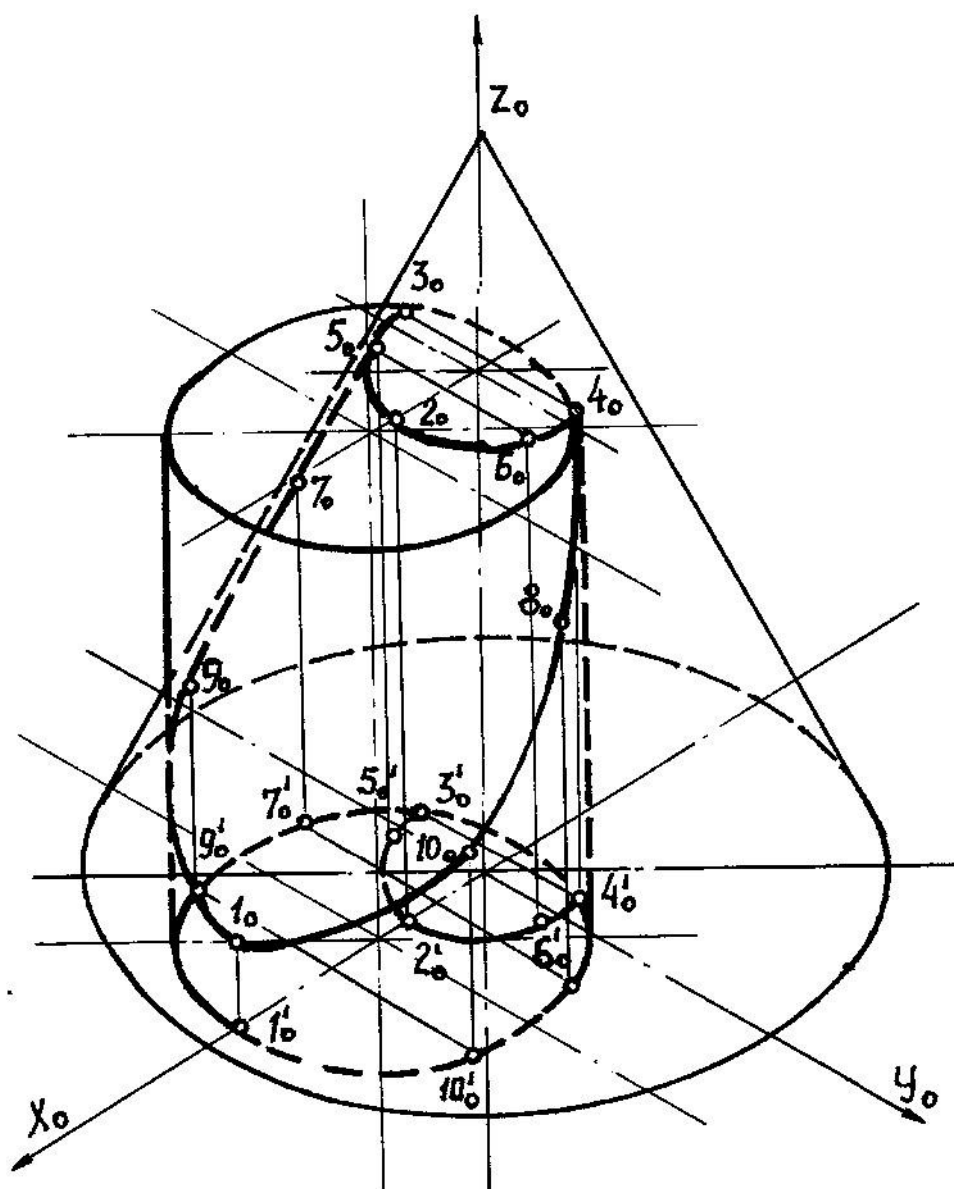


Рисунок 63

Построение разверток цилиндра и конуса с нанесением линии пересечения:

Развертка боковой поверхности цилиндра — прямоугольник, длина которого равна длине окружности основания радиуса R , а высота — высоте цилиндра H . Разбиваем основание цилиндра (горизонтальная проекция) на 8 равных частей и через каждую точку деления проводим соответствующие образующие, откладывая на них высоты точек линии пересечения. Дальнейшее построение развертки цилиндра видно из чертежа.

Развертка конуса представляет собой сектор круга радиуса L , с углом при вершине $\angle = 360 R/L$, где R — радиус основания конуса, L — образующая конуса. Для нанесения линии пересечения делим окружность основания на 12

равных частей, проводя затем через каждую точку деления соответствующие образующие.

На определенном расстоянии от них строим дополнительные образующие через каждую точку линии пересечения. Поскольку, кроме очерковых фронтальных, образующие конуса представляют собой прямые общего положения, истинный размер расстояния от основания или вершины до лежащих на них точек можно получить, относя его к натуральным образующим, то есть пользуясь методом вращения.

6.1.4.Способ концентрических сфер

Этот способ применяется в случае, когда оси двух поверхностей вращения пересекаются под некоторым углом и находятся в плоскости, параллельной какой-либо плоскости проекций (особенно в том случае, когда на чертеже дана только одна проекция деталей).

Шар со всякой поверхностью вращения, ось которой проходит через центр шара, пересекается по окружностям. Эти окружности находятся в плоскостях, перпендикулярных к оси поверхности вращения, и проецируются на одну из плоскостей проекций в виде прямых, в этом состоит преимущество способа сфер.

На рис. 64 дана фронтальная проекция шара, пересекающегося с конусом и цилиндром. Как видно, центр шара находится на пересечении осей данных поверхностей, а линии его пересечения с ними — окружности диаметров: 1-2, 3-4, 5-6.

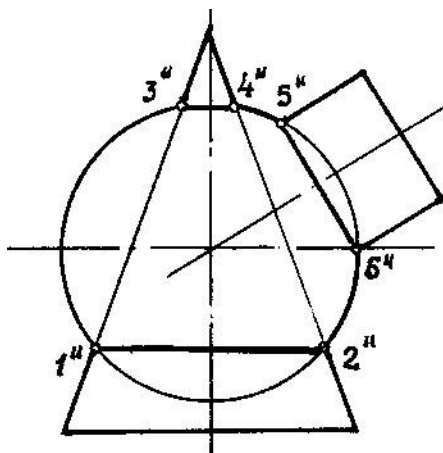


Рисунок 64

Пр и м е р.

Даны конус и цилиндр, оси которых пересекаются под некоторым углом. Построить линию пересечения заданных поверхностей (рис.65).

Самую высокую и самую низкую точки 1 и 2 линии пересечения находят непосредственно в пересечении крайних образующих на фронтальной проекции заданных поверхностей.

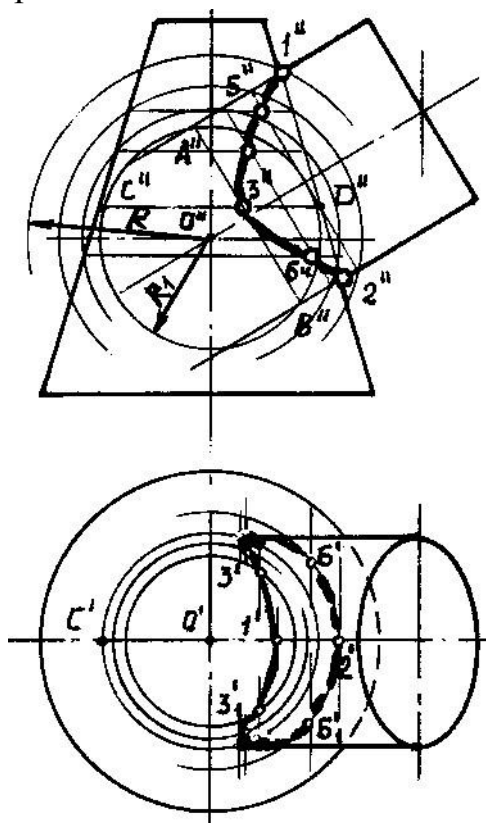


Рисунок 65

Для нахождения промежуточных точек 3, 4, 5, ... проводят из центра O'' ряд вспомогательных концентрических сфер радиуса от R до R_1 , которые пересекают заданные тела по окружностям. На фронтальной проекции эти окружности проецируются в прямые линии и, пересекаясь между собой, определяют точки линии перехода.

Так, для нахождения точек 3 (одна из них невидима) проводят сферу радиуса R_1 , которая пересечет цилиндр по окружности диаметра $a''b''$, конус — по окружности диаметра c'' . В пересечении указанных окружностей определяются точки 3. Горизонтальные проекции этих точек находятся на окружности (параллели), проведенной из центра O' радиусом, равным $c''d''/2$. Все остальные промежуточные точки определяются аналогично. Так как пересекающиеся тела симметричны, их линия пересечения также симметрична. На фронтальной проекции невидимая часть линии пересечения сливается с видимой. Точки 4 (на горизонтальной проекции) служат границами раздела видимой и невидимой части линии пересечения. Найденные точки соединяют плавной кривой по лекалу.

6.1.5. Способ эксцентрических сфер

Указанный способ построения линии пересечения двух поверхностей состоит в применении вспомогательных сфер, имеющих различные центры. Пример 1 (рис. 66).

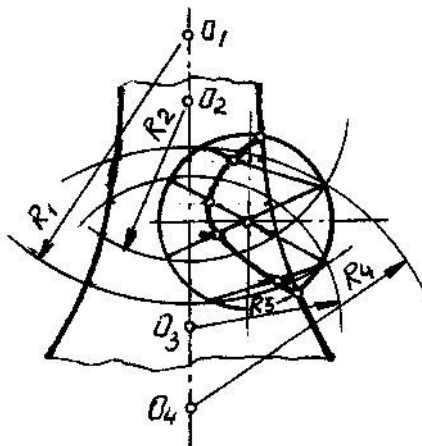


Рисунок 66

В этом примере центры вспомогательных сфер можно брать в любой точке оси поверхности вращения. Поэтому построение линии пересечения в этом случае можно выполнить не только способом концентрических сфер, но и способом эксцентрических сфер.

В примере проведены четыре сферы радиусов r_1, r_2, r_3, r_4 из различных центров O_1, O_2, O_3, O_4 , расположенных на оси i поверхности вращения. Каждая из этих сфер пересекается с данными поверхностями по окружностям, точки пересечения которых и будут точками линии пересечения поверхностей. Пример 2 (рис. 67).

Даны усеченный конус и четверть кольца, оси которых пересекаются под углом 90° . Построить линию пересечения заданных поверхностей.

Наивысшую и наинизшую точки 1 и 2 линии пересечения заданных поверхностей находят непосредственно в пересечении крайних образующих на фронтальной проекции. Для нахождения промежуточных точек 3 через центр кругового кольца проводят фронтально-проецирующую плоскость P . Она пересечет кольцо по окружности; a'' — ее фронтальная проекция, которая находится на сфере, проведенной из центра O_1 . Проекцию O_1 центра сферы находят на пересечении оси конуса и касательной $t''O_1$ к направляющей окружности кольца в точке t'' . Сфера с центром в точке O_1 пересекает конус по окружности d'' .

В пересечении a'' и c'' получают две общие точки 3 и 3₁ линии пересечения. Промежуточные точки 4 и 5 определяют аналогично.

Горизонтальные проекции точек 3, 4, 5 линии пересечения определяют при помощи фронтальной плоскости Q . Эта плоскость рассекает кольцо по

параллели, что видно из чертежа. Точки 4 лежат на крайних образующих горизонтальной проекции конуса и служат границами раздела между видимой и невидимой частями линии пересечения. Найденные точки соединяют плавной кривой по лекалу. Часто этот способ называют способом скользящего шарика.

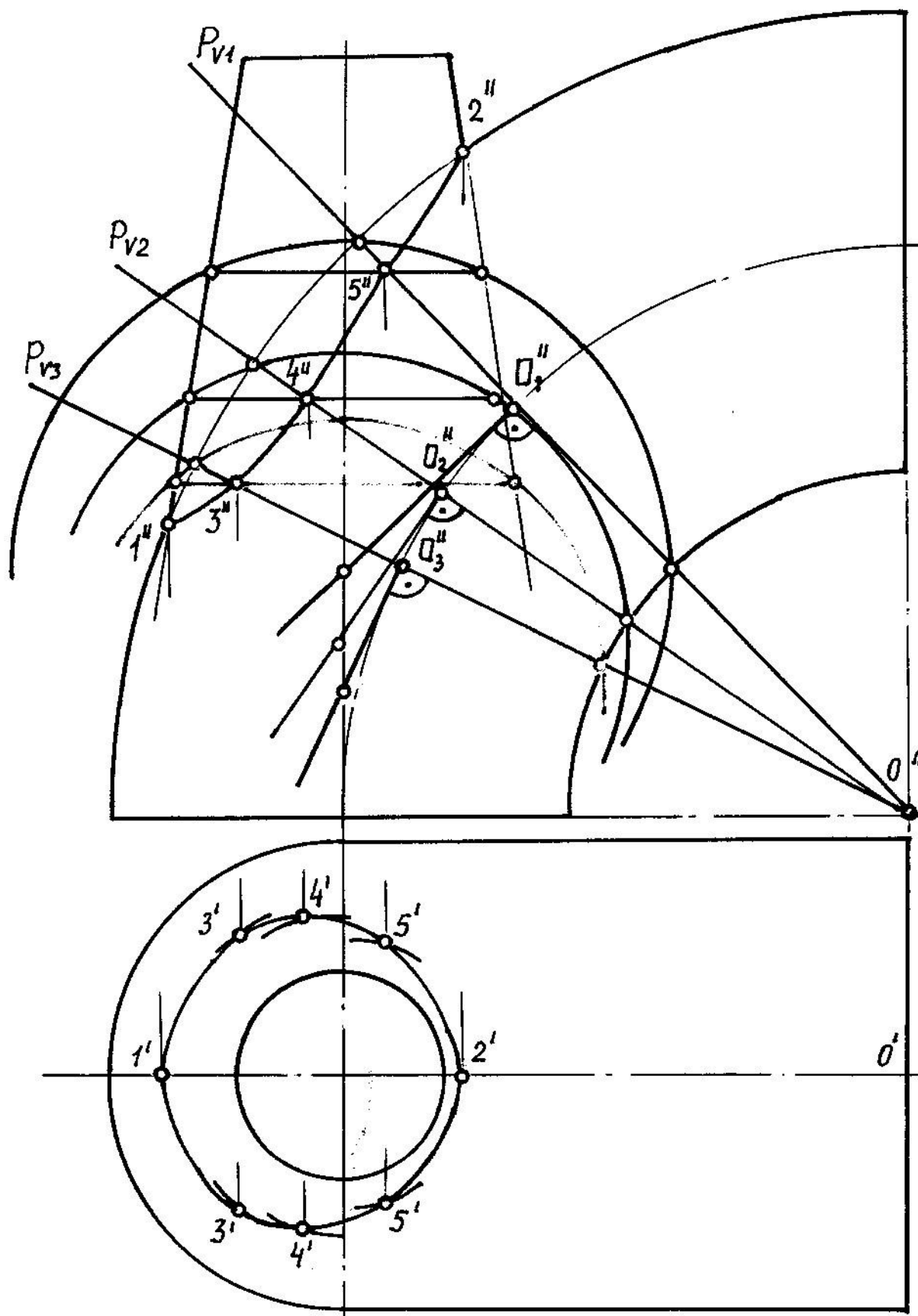


Рисунок 67

6.1.6. Особые случаи пересечения.

касания имеют общие касательные плоскости.

1. Поверхности в точках касания имеют общие касательные плоскости. Те о р е м а (о двойном соприкосновении).

Если две поверхности второго порядка имеют две точки соприкосновения и общие касательные плоскости в этих точках, то линия их пересечения распадается на две плоские кривые второго порядка.

Сфера и эллиптический цилиндр пересекаются по двум окружностям. Они имеют две общие точки А и В и две общие касательные плоскости в этих точках. Пространственная линия пересечения распалась на две плоские кривые — окружности (рис. 68).

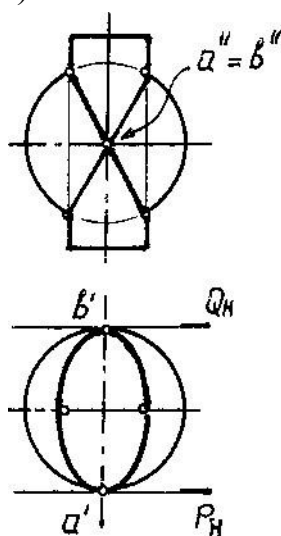


Рисунок 68

2. Две пересекающиеся поверхности касаются третьей поверхности второго порядка.

Те о р е м а (теорема Г.Монжа).

Если две пересекающиеся поверхности второго порядка могут быть описаны вокруг третьей поверхности второго порядка или вписаны в нее, то они пересекаются по двум плоским кривым второго порядка.

Теорема Монжа — частный случай теоремы о двойном соприкосновении.

Например, поверхности конуса и цилиндра с общей фронтальной плоскостью симметрии касаются сферы по окружностям $1''-2''$ и $3''-4''$. Линия пересечения поверхностей представляет собой два эллипса, плоскости которых перпендикулярны фронтальной плоскости проекций (рис. 69).

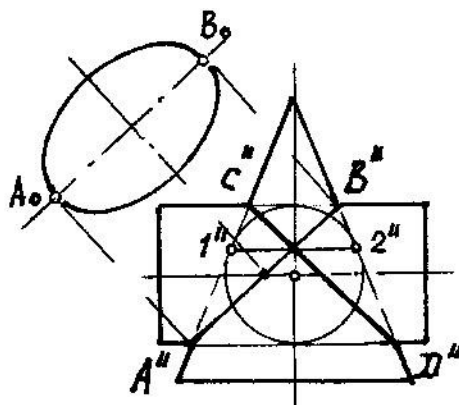


Рисунок 69

На рис. 70 даны два конуса, описанные вокруг одного и того же шара. Оси которых пересекаются под прямым углом. Построить линию пересечения заданных поверхностей.

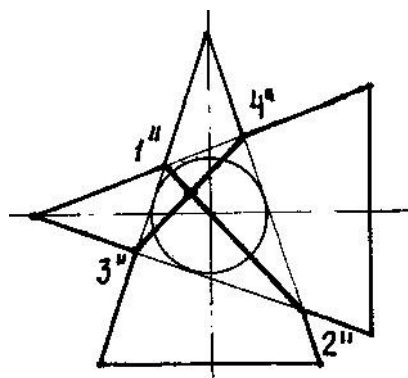


Рисунок 70

Наивысшие 1, 3 и наинизшие 2, 4 точки линии перехода находят в пересечении крайних образующих на фронтальной проекции заданных поверхностей. Если сфера касается обеих поверхностей, то линия их пересечения распадается на две плоские кривые (в нашем примере — на два различных эллипса). На фронтальной проекции эти эллипсы изображаются отрезками прямых, а на горизонтальной — эллипсами.

Точки 5 и 6 пересечения эллипсов находят на окружности радиуса $c''/2$. Построение промежуточных точек ясно из чертежа.

Для определения видимости линий пересечения на горизонтальной проекции проводят секущую плоскость P (через ось конуса с вершиной S). Точки 7, 8 и 9, 10 служат границами раздела между видимой и невидимой частями линий пересечения. На фронтальной проекции невидимая часть линии пересечения сливается с видимой.

Прямые 1-4 и 2-3 — большие оси эллипсов. Прямые 5-6 и 11-12 -- малые оси эллипсов.

На рис. 71 даны два цилиндра с одинаковыми диаметрами. Оси цилиндров пересекаются под прямым углом.

Здесь в пересечении цилиндров получаются два одинаковых эллипса 1-2 и 3-4, которые проецируются на плоскость V в виде прямых, а на плоскость H — в виде окружностей, сливающихся с проекцией основания одного из цилиндров.

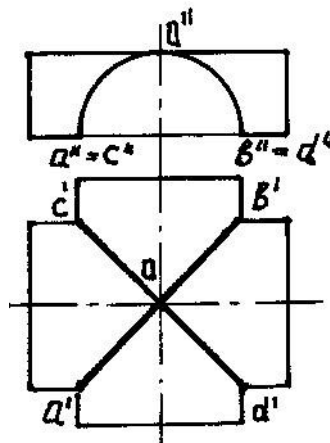


Рисунок 71

7. РАЗВЕРТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

7.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Под развертыванием следует понимать совмещение всей поверхности тела с плоскостью.

РАЗВЕРТКОЙ называется фигура, в которую преобразуется при совмещении с плоскостью поверхность, подразумеваемая как гибкая, но нерастяжимая и несжимаемая пленка.

Развертываемые поверхности могут быть *развертывающимися* и *неразвертывающимися*.

К РАЗВЕРТЫВАЮЩИМСЯ относятся такие поверхности, которые могут быть совмещены с плоскостью без разрывов и складок. К этому типу относятся все многогранные поверхности. Разверткой многогранной поверхности является плоская фигура, полученная последовательным совмещением с одной и той же плоскостью всех ее граней. Поэтому построение развертки многогранной поверхности сводится к определению натурального вида ее отдельных граней.

Из кривых поверхностей к числу развертывающихся относятся только те линейчатые поверхности, у которых касательная плоскость во всех точках

одной и той же образующей постоянна. Если же у линейчатой поверхности в различных точках одной и той же образующей разные касательные плоскости, то она не разворачивается и называется **косой поверхностью**.

Таким образом, к числу разворачивающихся линейчатых поверхностей относятся **цилиндрические** (рис. 72а), **конические** (рис. 72б) и **торсы** (рис. 72в).

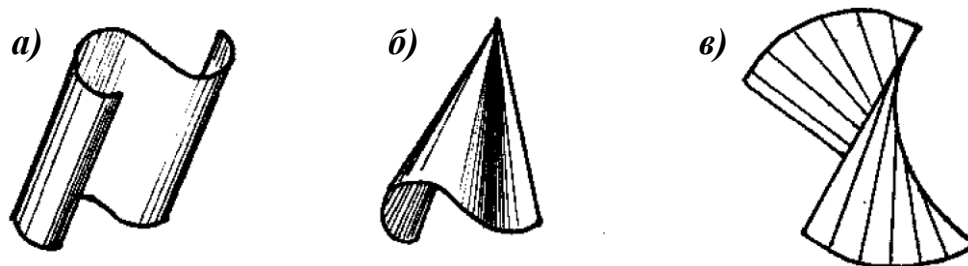


Рисунок 72

Все остальные кривые поверхности не разворачиваются на плоскость и поэтому при необходимости изготовления этих поверхностей из листового материала их приближенно заменяют разворачивающимися поверхностями.

СВОЙСТВА РАЗВЕРТОК:

- 1) каждой точке поверхности соответствует единственная точка ее развертки;
- 2) длина линии на развертке равна длине соответствующей линии на поверхности;
- 3) на развертке сохраняются величины плоских углов. Построение развертки графически.

7.1.1..Аналитический способ

Этот способ заключается в нанесении на чертеж развертки всех предварительно вычисляемых размеров, необходимых для раскроя материала. Цилиндр. Развертка боковой поверхности прямого кругового цилиндра (рис. 73) представляет собой прямоугольник, высота которого равна высоте цилиндра (H), а длина — длине окружности (диаметр d) основания. может быть осуществлено различными способами, как аналитически, так и

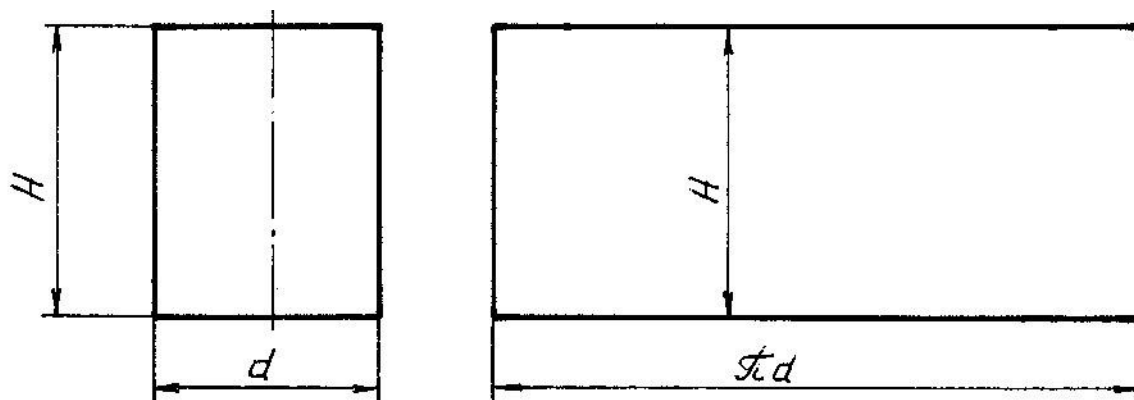


Рисунок 73

Конус. Развертка прямого кругового конуса (рис. 74) представляет собой сектор круга, радиус которого R равен длине образующей конуса, а центральный угол φ° определяется формулой:

$$\varphi = 180^\circ d / R .$$

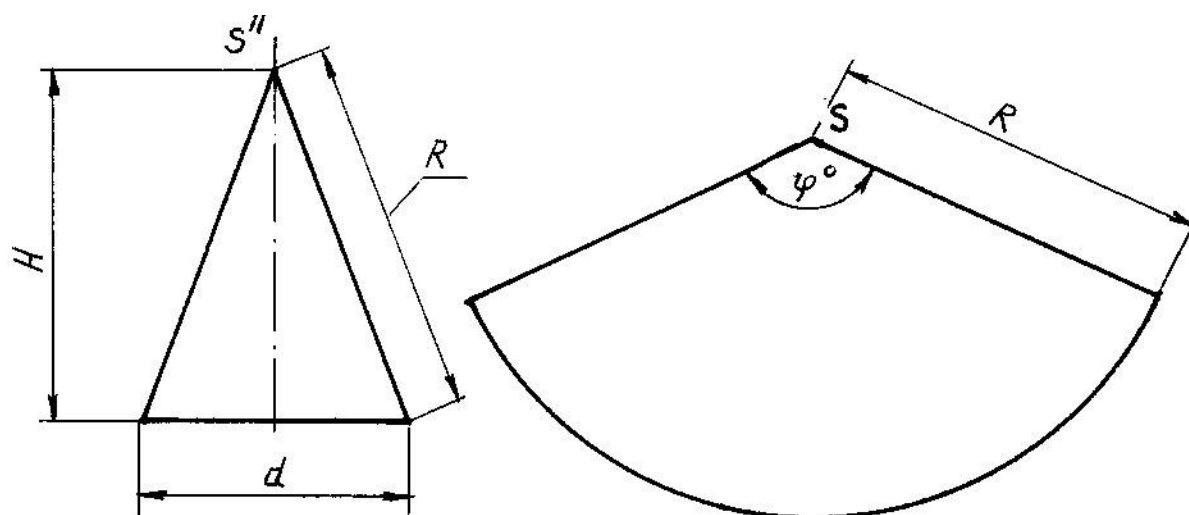


Рисунок 74

8. Построение перспективы геометрических тел

8.1. Выбор точки зрения и положения картинной плоскости

Для получения хорошего перспективного изображения рекомендуется при выборе точки зрения и положения картинной плоскости руководствоваться следующими правилами, выработанными практикой.

1. **Положение точки зрения** должно обеспечивать хорошую обозреваемость предмета. Его составные части не должны загораживать друг друга.

Угол зрения φ - угол между проецирующими лучами, направленными в крайние точки плана предмета (рис. 75), можно брать в пределах от 18° до 53° .

Для того чтобы предмет был ясно виден без поворота головы, угол зрения должен быть не более 23° . Так как размеры картины всегда немного больше размеров изображаемого на ней предмета, то **наилучшим углом зрения для картины** считается угол $\varphi = 28^\circ$. При этом значении наибольший размер (00) картины (ширина или высота) **вдвое меньше** её удаленности (d) от точки зрения, т.е. $d/00 = 2$.

2. Картинную плоскость ориентируют так, чтобы главная точка P оказалась в пределах средней трети ширины картины, а горизонтальный след K_I картинной плоскости с одной из сторон плана (чаще всего - с главным фасадом) составлял угол от 25° до 35° .

Целесообразно, кроме того, картинную плоскость совместить с одним из ребер предмета, которое на перспективной проекции будет изображено в истинную величину.

На практике для выбора точки зрения и положения картинной плоскости применяют шаблон, изготовленный из листового картона по размерам, указанным на рис. 76.

Для переноса точек с комплексного чертежа на картину применяют поворотную линейку, изготовленную также из листового картона по размерам рис. 77.

3. Высоту горизонта обычно принимают на уровне глаз человека, стоящего на земле, т.е. $h = 1,5 - 1,7$ м. При изображении застройки большого района высоту горизонта берут равной 100 м и более. Такую перспективу называют перспективой "с птичьего полета".

Итак, на первом этапе построения перспективы по заданным прямоугольным проекциям здания или предмета необходимо:

- выбрать положение точки зрения относительно предмета;
- установить направление главного луча;
- определить положение картинной плоскости.

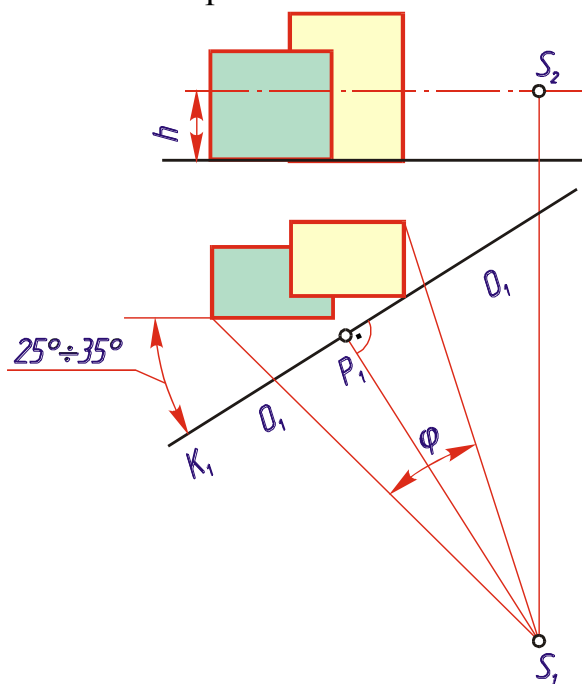


Рисунок 75

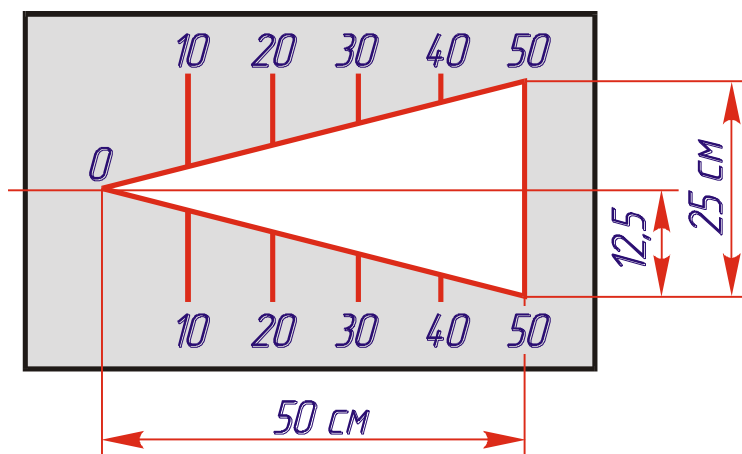


Рисунок 76

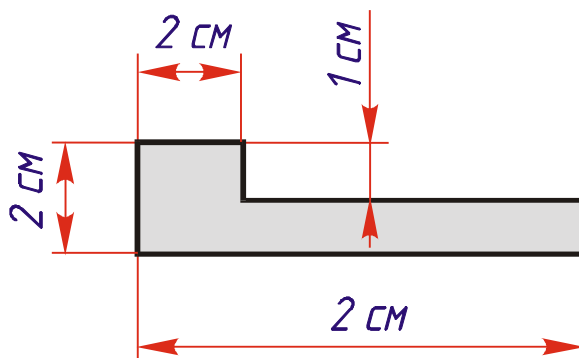


Рисунок 77

8.2.Метод архитекторов

В практике работы архитектурных мастерских широко применяется метод построения перспективных изображений с использованием точек схода параллельных прямых.

Построение перспективы данным методом основано на использовании ортогональных проекций предмета и может осуществляться на отдельном листе. Сущность метода сводится к построению перспективы основания (плана) предмета и к последующему определению положения отдельных точек изображения по высоте.

ПРИМЕР. Построить перспективу геометрического тела, заданного в ортогональных проекциях на рис. 78.

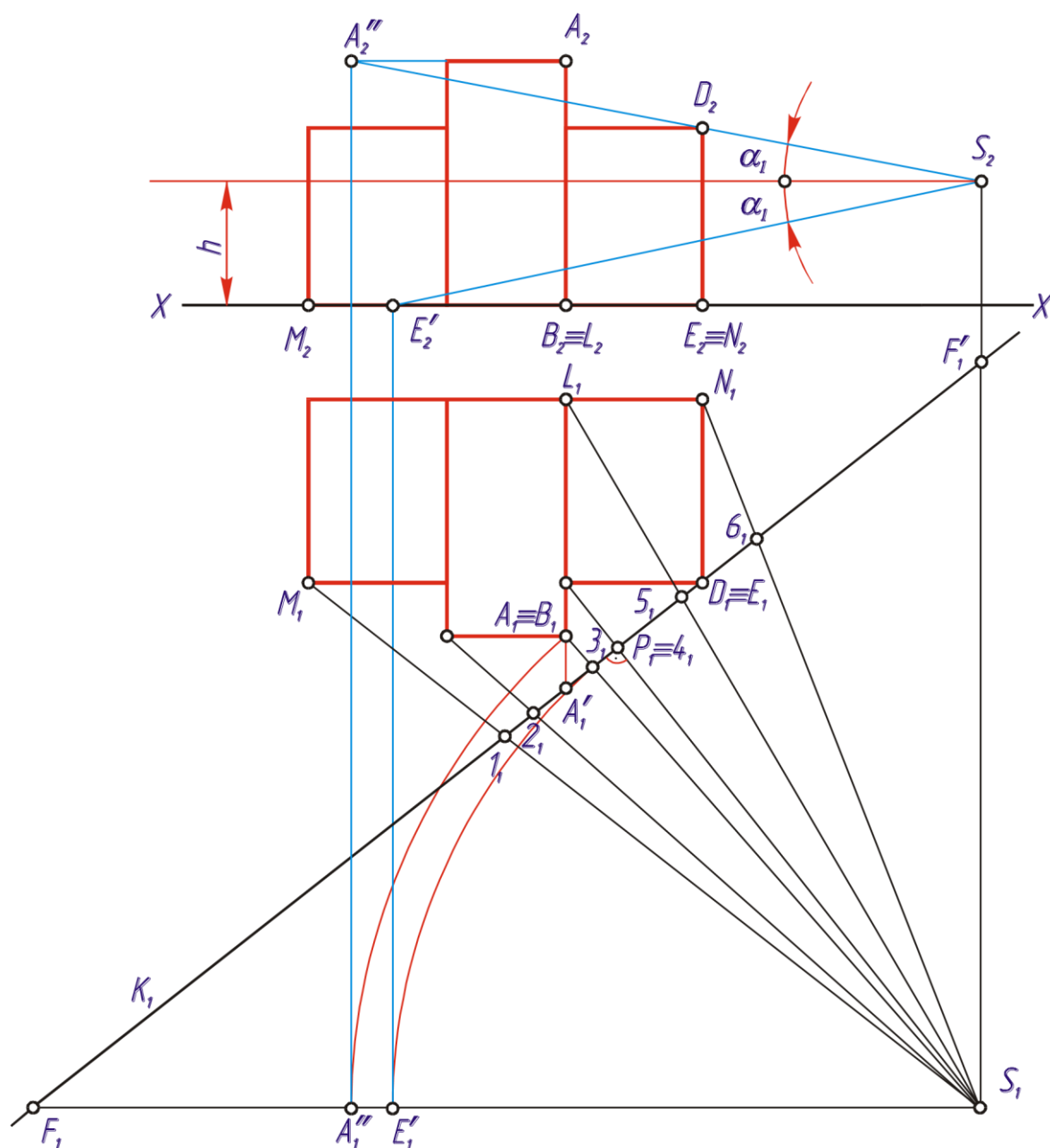
Построение проводим в следующем порядке.

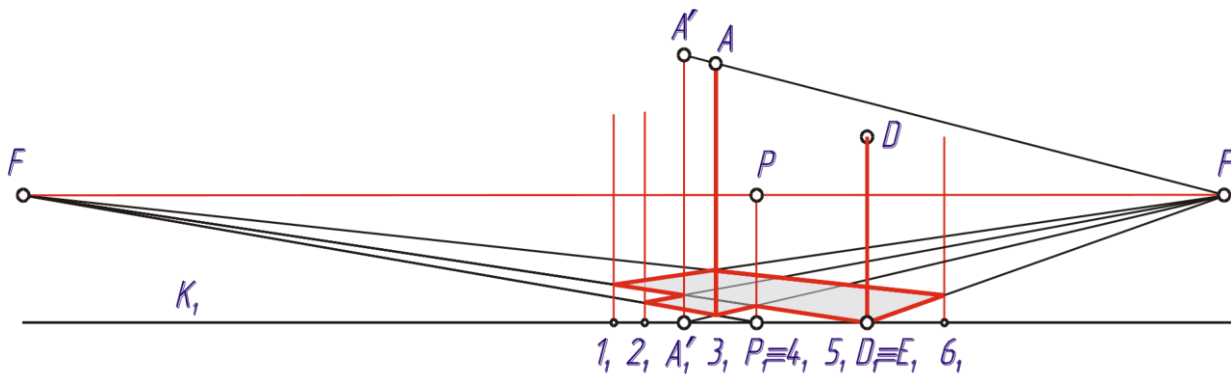
1. Руководствуясь вышеизложенными правилами назначения точки зрения и картины, через ребро $D_I \square E_I$ плана тела проводим след $K_I(0_I 0_I)$ картинной плоскости, намечаем основания точки зрения S_I (точку зрения) и главной точки P_I . Проводим линию горизонта на расстоянии h от линии основания картины (на фронтальной проекции).

2. На горизонтальной проекции (см. рис. 78) проводим прямые, соединяющие основание точки зрения S_I со всеми видимыми вершинами основания предмета.

Точки пересечения 1, 2, 3, 4, 5 и 6 этих прямых с основанием картины переносим в перспективу (рис. 79) и проводим через них тонкие вертикальные линии. Переносим в перспективу также точки $D_1 E_1$ и A_1' . □

3. Проводим на горизонтальной проекции прямые $S_1 F_1$ и $S_1 F_1'$ (проекции лучей SF и SF'), параллельные сторонам основания предмета, до пересечения с основанием картины K_1 в точках F_1 и F_1' (горизонтальные проекции точек схода); определяем (см. рис. 79) на линии горизонта точки схода F и F' горизонтальных ребер данного тела.





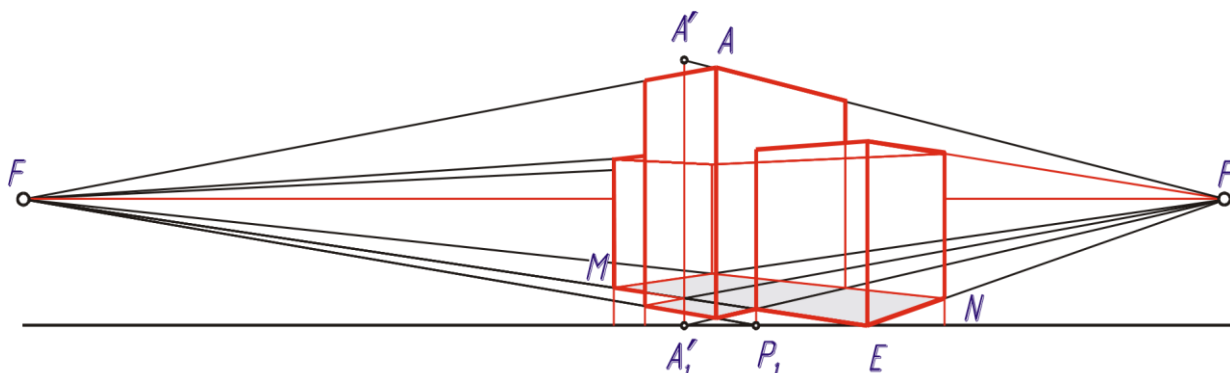


Рисунок 80

7. Дальнейшие построения выполнены на рис. 1.42 и заключаются в проведении горизонтальных ребер предмета, идущих в точки схода F и F' .

Примечание. Перспектива тела на рис. 79 и 80 построена в масштабе 2:1 по отношению к размерам ортогонального чертежа (см. рис. 78).

9. Основы построения теней

Построение теней и изображение светотени на архитектурных чертежах зданий помимо придания им большей наглядности и выразительности имеет и другие конкретные цели. Зная масштаб чертежа, можно без плана определить размер или «вынос» любой выступающей от плоскости фасада части здания.

По величине тени, падающей на землю, можно судить о высоте здания на чертежах генплана. Поэтому тени должны строиться точными приёмами геометрических построений. Рисование теней «на глаз», не имеющее проекционной связи с формой объекта, ведёт к ошибкам в оценке объёмнопространственной композиции будущего сооружения и на чертеже недопустимо.

На ортогональном чертеже и в аксонометрии применяют естественное (солнечное) освещение, когда источник света удалён в бесконечность, и световые лучи параллельны друг другу.

Тень на неосвещённой части предмета называют *собственной тенью* (рис. 81,а). Граница (линия) на поверхности предмета, разделяющая освещённую часть от находящейся в тени, называется *контуром собственной тени*.

Тень, отбрасываемая предметом на плоскость или поверхность, называется *падающей тенью*, а линия, ограничивающая её – контуром падающей тени (линия AS^TB).

Контур падающей тени определяется контуром собственной тени.

Контуры собственной и падающей тени всегда представляют собой замкнутую фигуру.

Учитывая воздушную среду, выявляют самую светлую зону (блик), самую тёмную зону (зона 6), полутона (зоны 1, 2, 3, 4, 5), рефлекс и контраст (рис. 81,б).

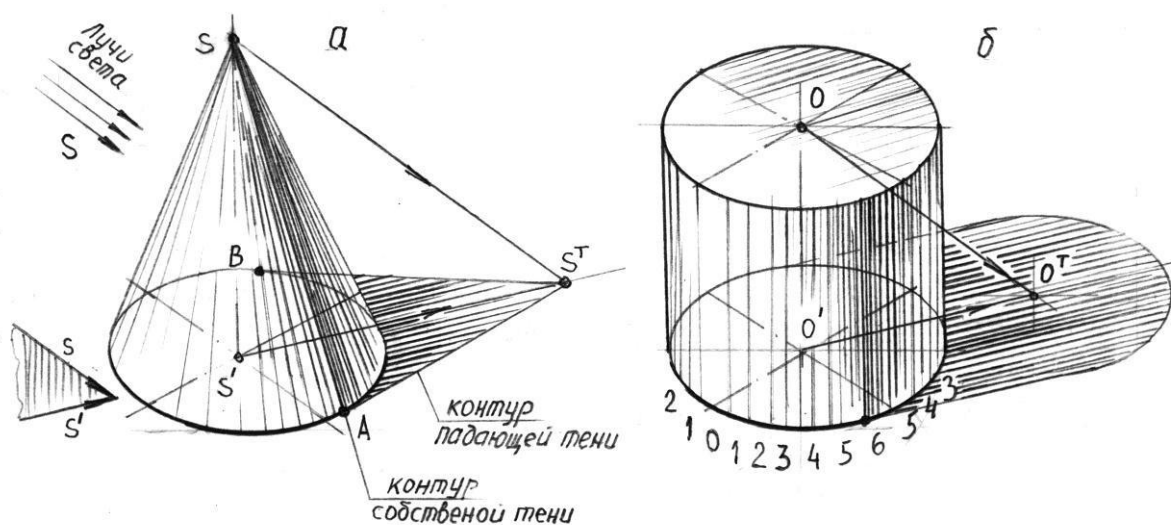


Рисунок 81

Зону падающей тени показывают темнее собственной с растяжкой к светлому тону около её контура.

Наглядность изображения достигается *двумя операциями*.

Первая – построение контуров (границ) теней, что является задачей начертательной геометрии, называется «*геометрия теней*».

Вторая – графическое выявление градаций светотени с учётом физических законов освещения и физиологии восприятия – «*физика теней*», которая называется воздушной перспективой.

Направление лучей света при ортогональном проецировании принимают параллельным *диагонали куба*, грани которого совмещены с плоскостями проекций (рис. 82,а). Проекция светового луча S' и S'' составляют с осью x угол 45° (рис 82,б).

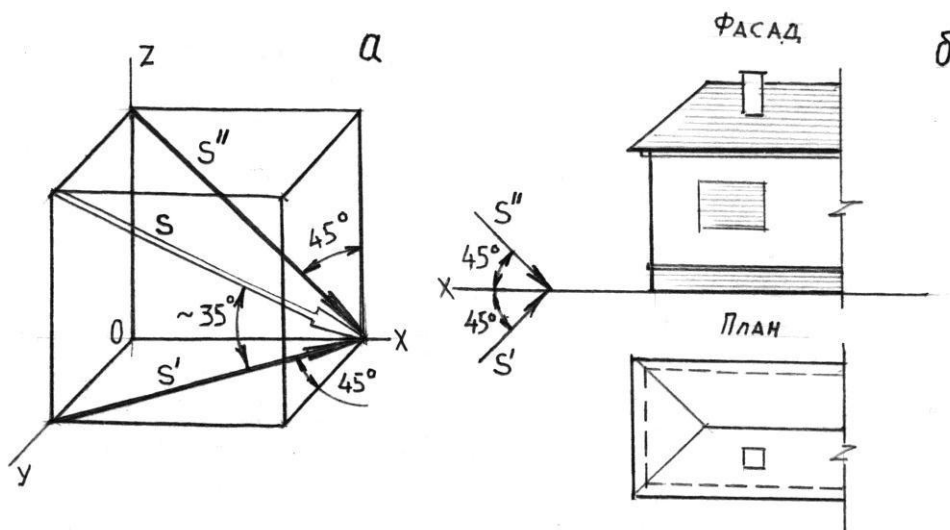


Рисунок 82 Истинный угол наклона луча к горизонтальной плоскости проекций равен $\sim 35^\circ$, который строится так: вычерчивается квадрат $ABCD$ (рис. 83), затем его диагональ AC откладывается на продолжении стороны AD . Полученная точка E соединяется с точкой B , тогда угол AEB и будет равен истинному углу наклона луча света.

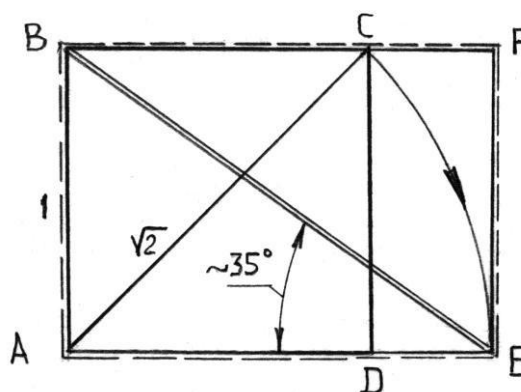


Рисунок 83

Построенный таким образом прямоугольник $ABFE$ с соотношением сторон $1:\sqrt{2}$ подобен стандартному основному формату чертёжного листа.

10. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

10.1 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЗАДАНИЯ

1) Произвести компоновку материала на листе. При этом учесть, что фигуры с относящимися к ним размерами должны размещаться на поле чертежа равномерно, для чего между фигурами и рамками следует оставить соответствующее расстояние.

Вычертить всё задание тонкими линиями согласно ГОСТ 2.303–68.
Нанесение всех линий дополнительного построения обязательно.

2) Заполнить основную надпись. Все надписи должны быть выполнены чертежным шрифтом тип А с наклоном по ГОСТ 2.304–81.

Для этого необходимо изучить построение чертежного шрифта по ГОСТ 2.304-81, приобрести навыки в написании букв и цифр в соответствии со стандартом, освоить выполнение надписей.

Заполнить основную надпись, выполненную по ГОСТ 2.104-2006, чертежным шрифтом:

- 1) в графах 1, 2 – использовать размер шрифта 7; в графах 10, 11, 13 и т.д. – использовать размер шрифта 3,5
- 2) Работа, выполненная в тонких линиях карандаша, самостоятельно проверяется и предъявляется преподавателю для проверки, а затем обводится сплошной толстой основной линией.

10.1.1. ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА – ШРИФТ ЧЕРТЕЖНЫЙ Необходимо изучить построение чертежного шрифта по ГОСТ 2.304-81, приобрести навыки в написании букв и цифр в соответствии со стандартом, освоить выполнение надписей.

На листе формата А3 выполнить: написание русского алфавита прописными и строчными буквами, написание цифр и обозначений шрифтом типа А с наклоном, размер шрифта 14 (приложение А).

Заполнить основную надпись, выполненную по ГОСТ 2.104-2006, чертежным шрифтом:

- 3) в графах 1, 2 – использовать размер шрифта 7;
- 4) в графах 10, 11, 13 и т.д. – использовать размер шрифта 3,5 (рис.84).

10.1.2. ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА – ТЕХНИЧЕСКИЙ РИСУНОК

Чертеж выполняется на листе формата А3 (А2). Построение следует начинать с проведения осей симметрии окружностей, выполненных линиями по ГОСТ 2.303-68. Все геометрические построения осуществляются тонкими четкими линиями и сохраняются на чертеже. Искомые линии выполняются толстой сплошной линией. Все цифры должны быть написаны чертежным шрифтом с разметкой или сеткой. Размер шрифта 5.

Задания:

- 1)разобраться в положении тел по отношению к плоскостям проекций;
- 2)выполнить технические рисунки призмы, пирамиды, цилиндра, конуса и шара в ортогональных и аксонометрических проекциях (рис.85);

Задание выбрать из приложения Б.

10.1.3 ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА – ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ Чертеж выполняется на листе формата *A2* по заданию из приложения В.

Построение линии пересечения поверхностей сводится к трем моментам: построению линии пересечения поверхностей (по определенным правилам находят общие точки, принадлежащие поверхностям, а затем соединяют их при помощи лекала - чем больше точек найдено, тем точнее построение); построению развертки одной из поверхностей с нанесением на нее линии пересечения; построению аксонометрической проекции поверхностей с нанесением линии пересечения по точкам (рис.86).

10.1.4. ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА – ПЕРСПЕКТИВА ГРУППЫ ТЕЛ И ТЕНИ В ПЕРСПЕКТИВЕ

Чертеж выполняется на листе формата *A2* по заданию из приложения Г (рис.87).

Задание состоит из двух частей:

1) построить перспективу группы тел (М 2:1); 2)

Построить тени в перспективе.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Графическая работа – шрифт чертежный

ШРИФТ ЧЕРТЕЖНЫЙ
ГОСТ 2.304-81
№ 14

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПРСТ
УФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ

абвгдежзийклмнопрст
уфхцчшщъыьэюя

1234567890 3

№ R ∅ □ ▸


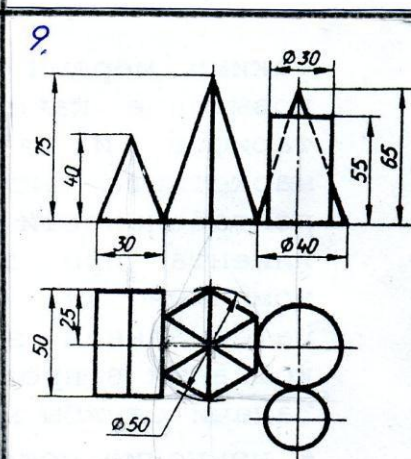
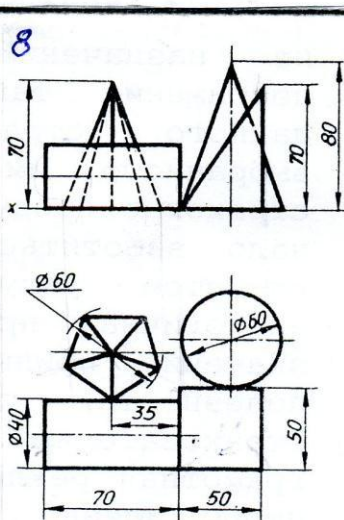
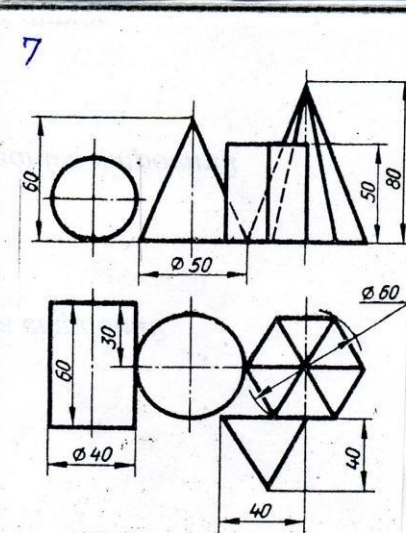
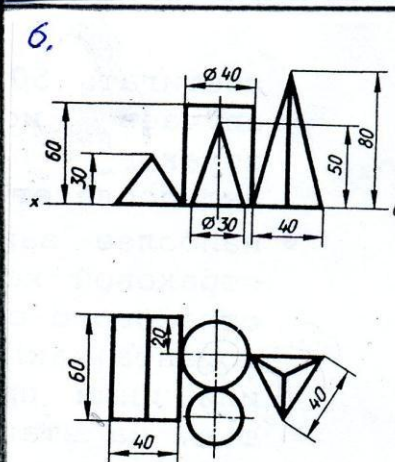
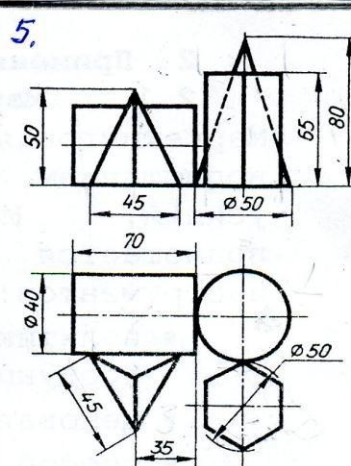
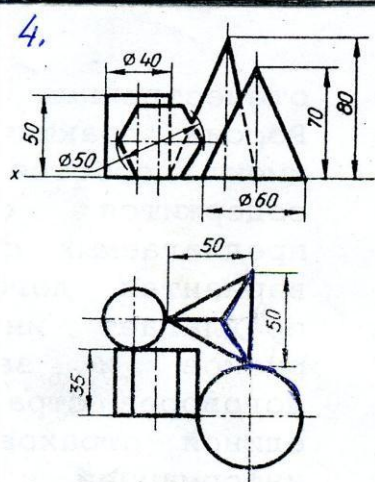
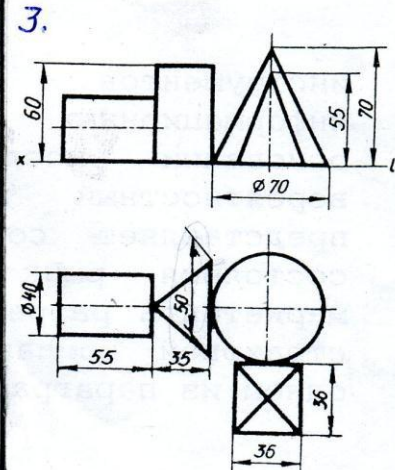
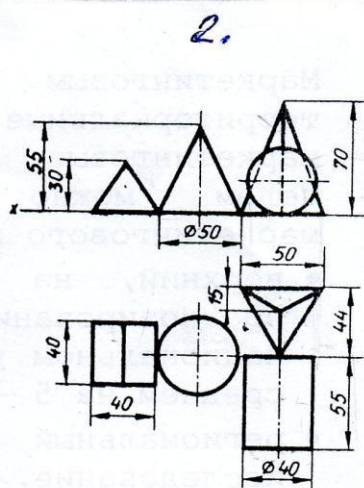
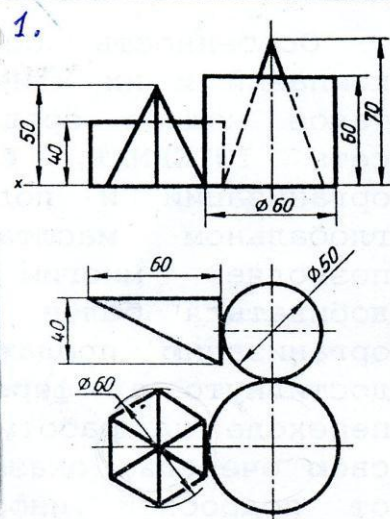
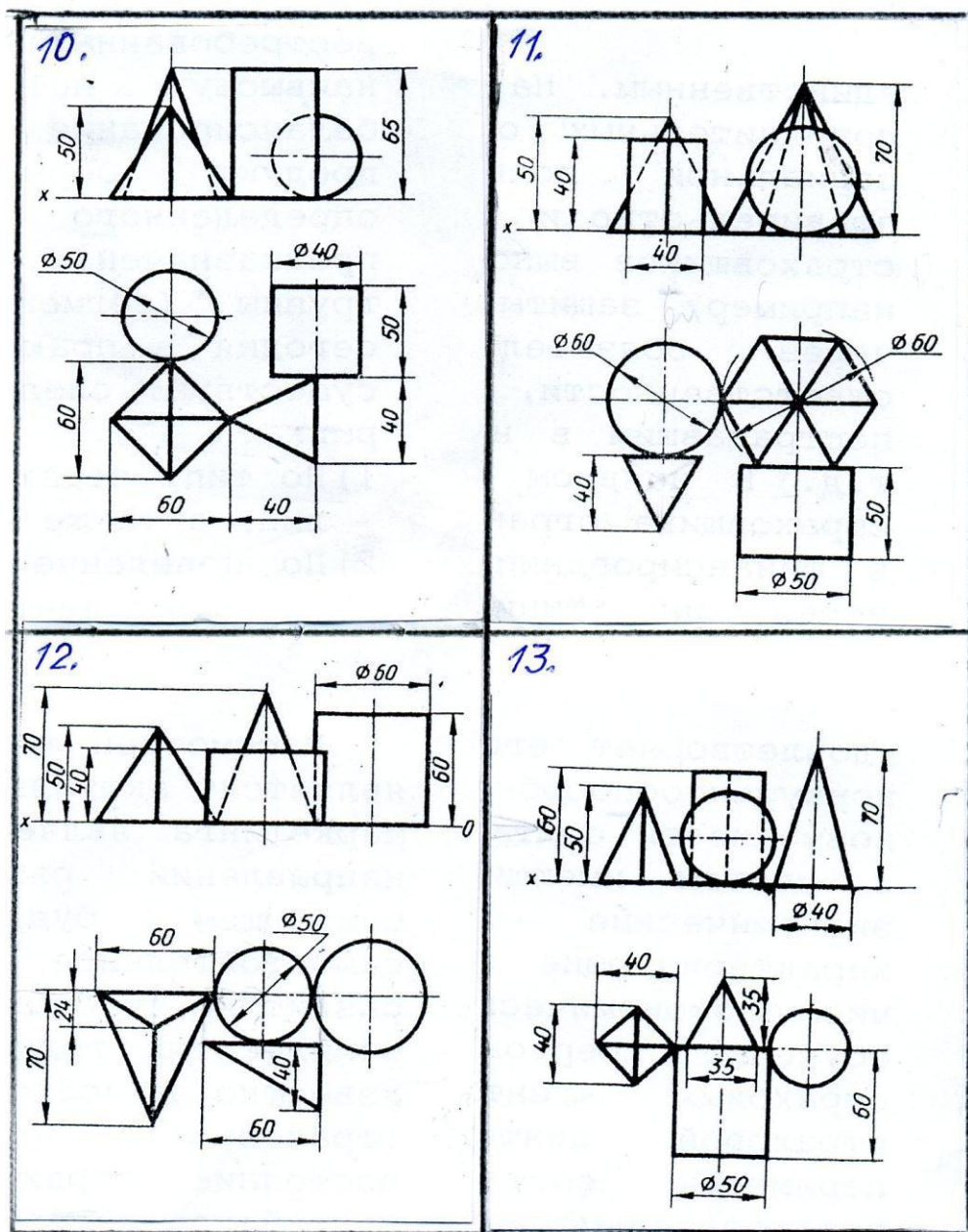
					1-04.00.001			
Цв.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Геометрическое черчение	Литера	Масса	Масшт.
Разраб.		Маслова Н.						
Пробер.								
Т. контр.								
Н. контр.						Лист Листов		
Утв.						ТулГУ зр.830661		

Рисунок 84 Пример оформления графической работы – шрифт
чертежный

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Задания для графической работы технический рисунок:





Графическая работа – группа тел

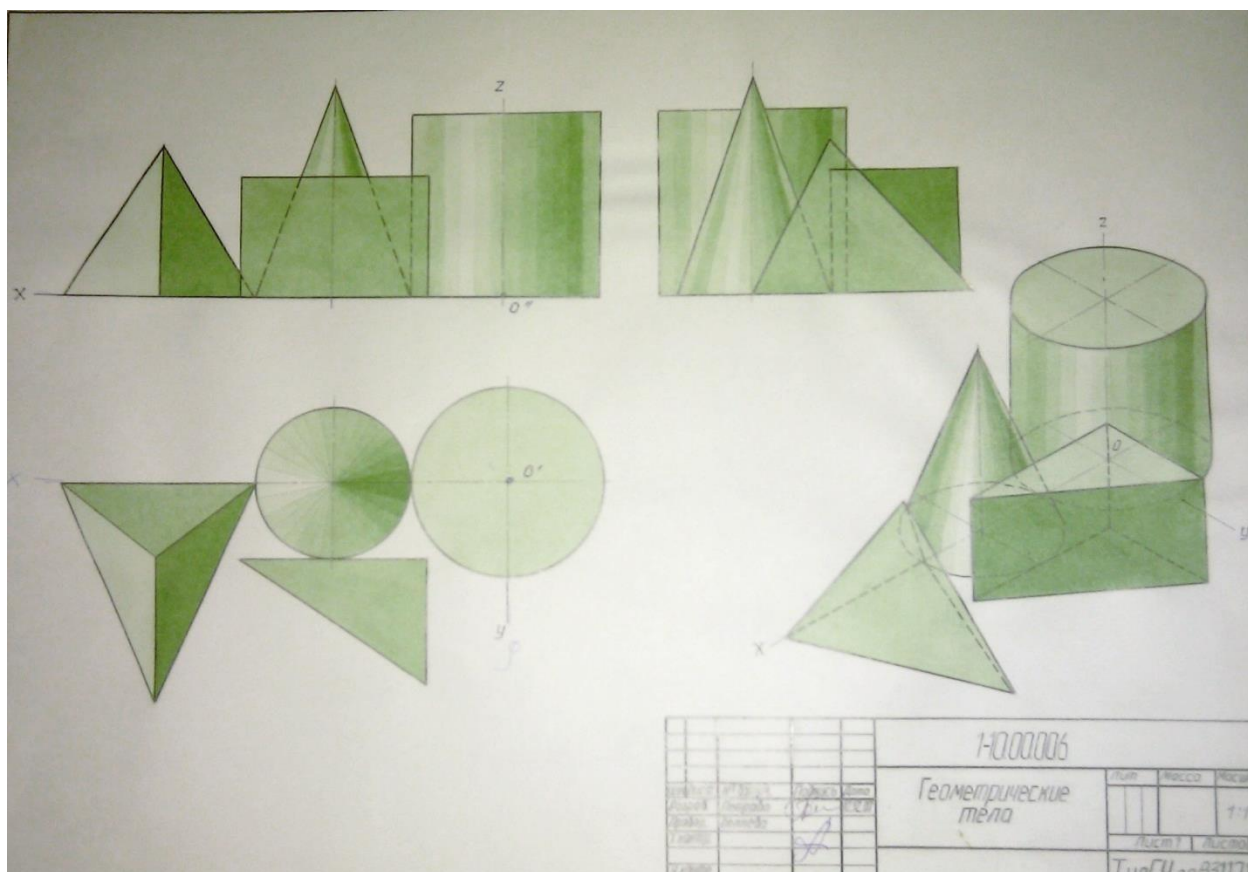


Рисунок 85

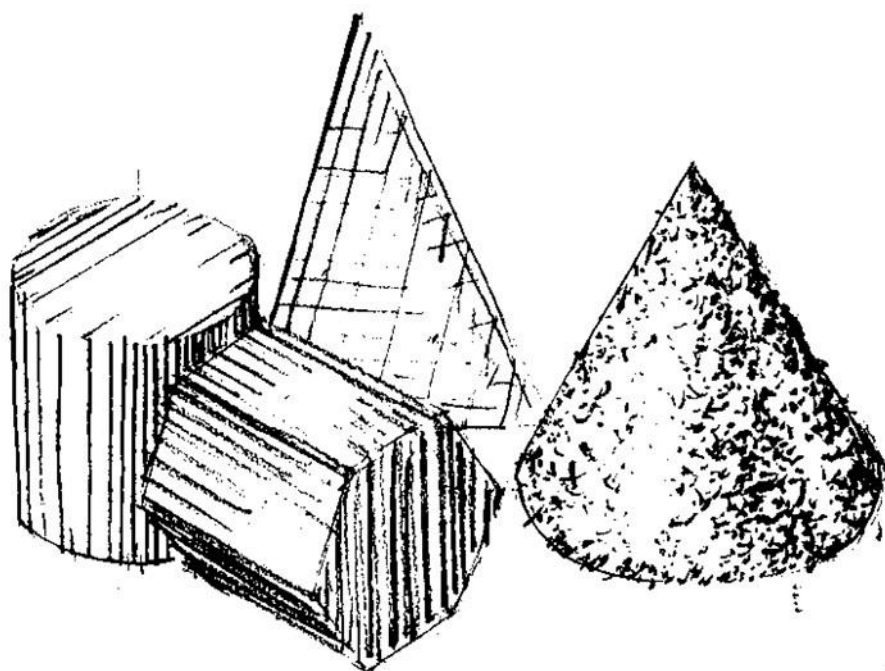
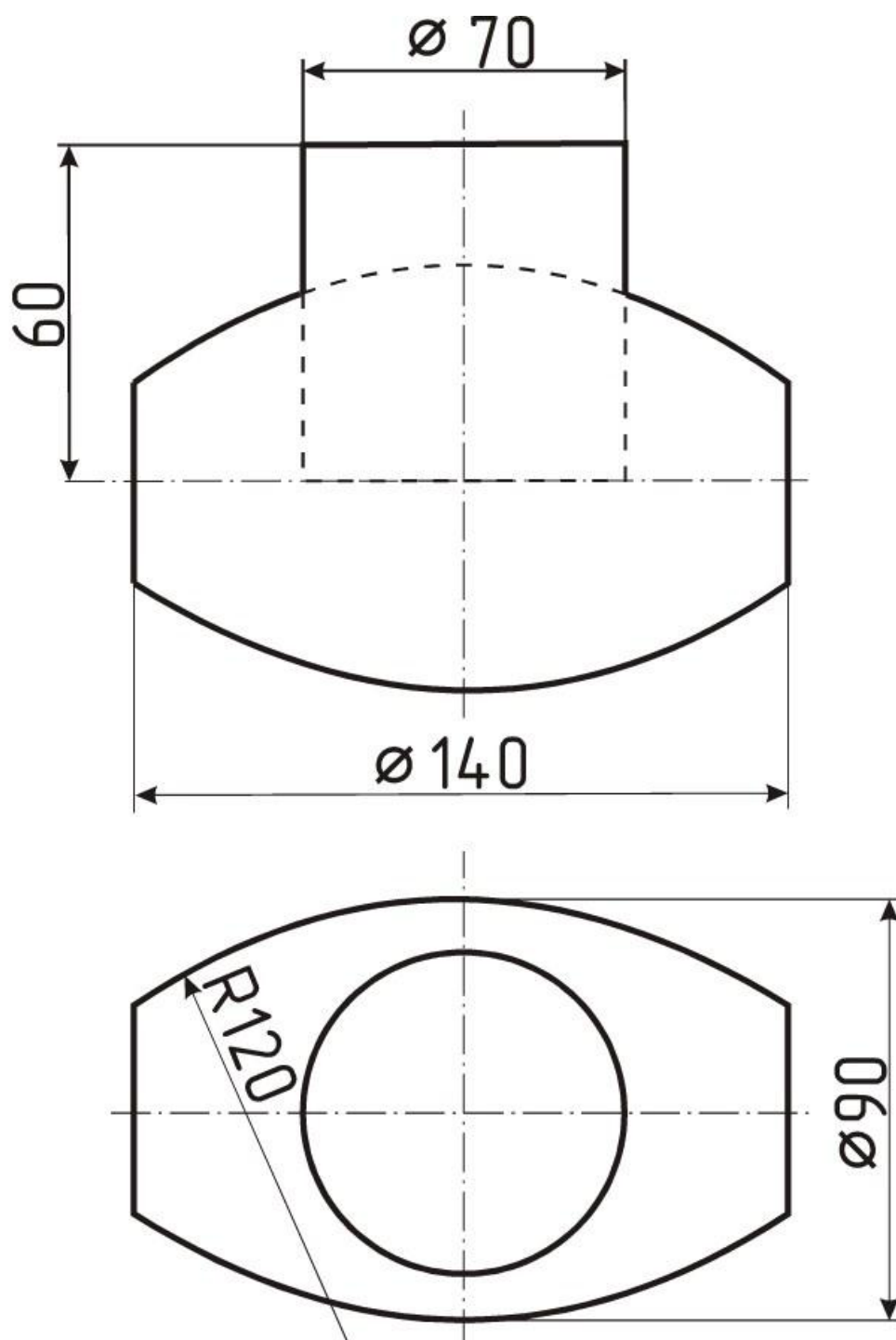


Рисунок 86 Пример оформления графической работы – технический рисунок

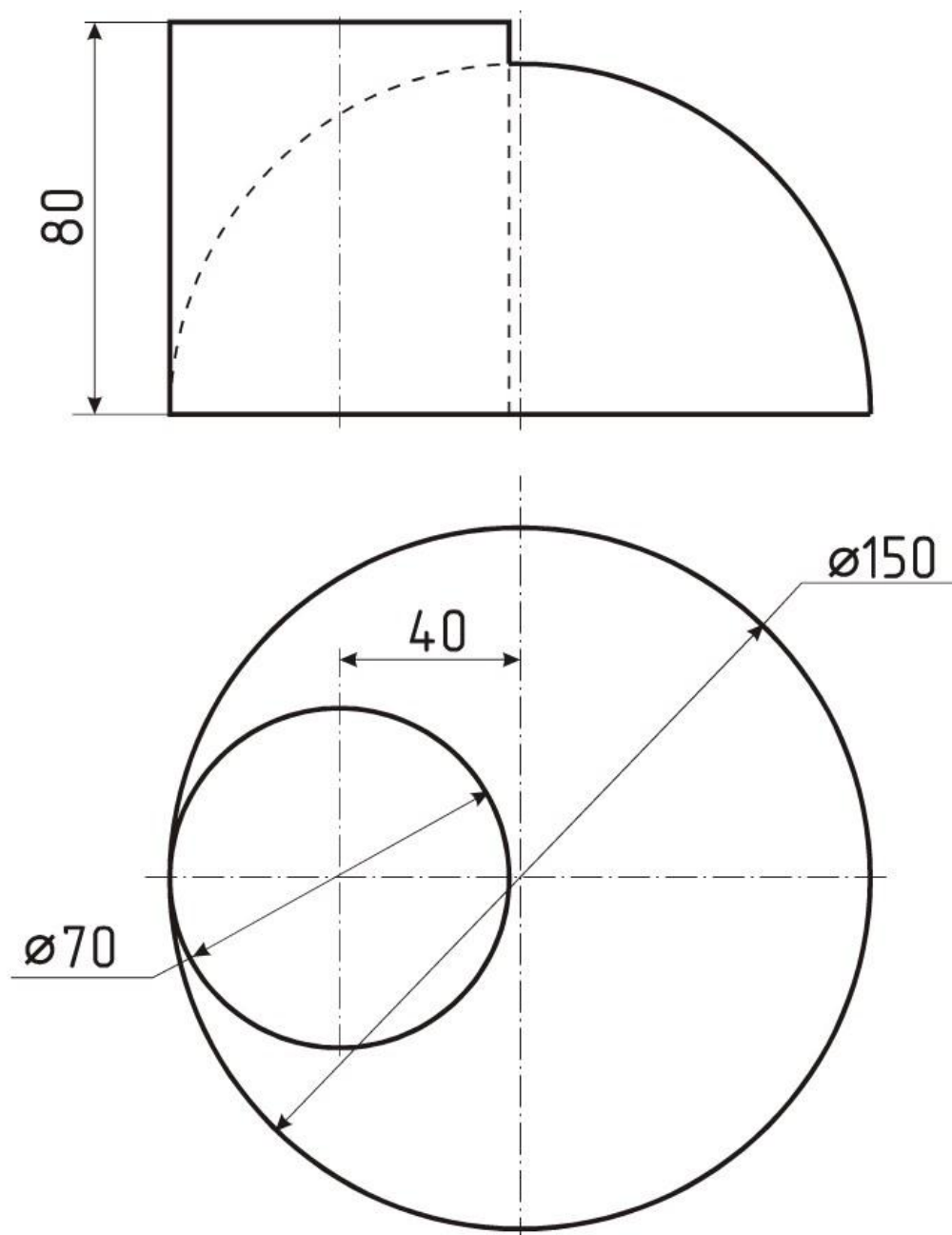
ПРИЛОЖЕНИЕ В

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ:

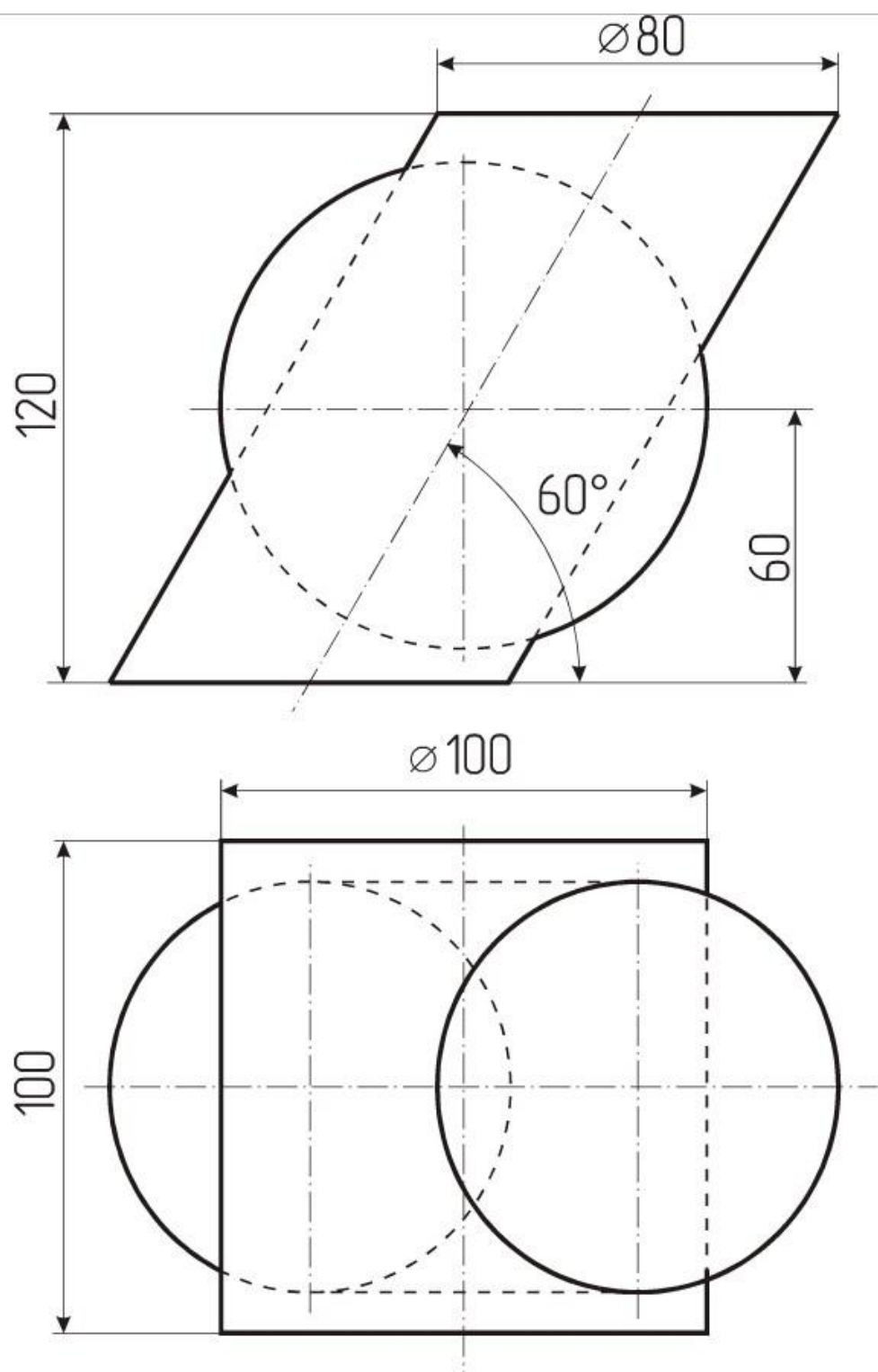
Вариант 1



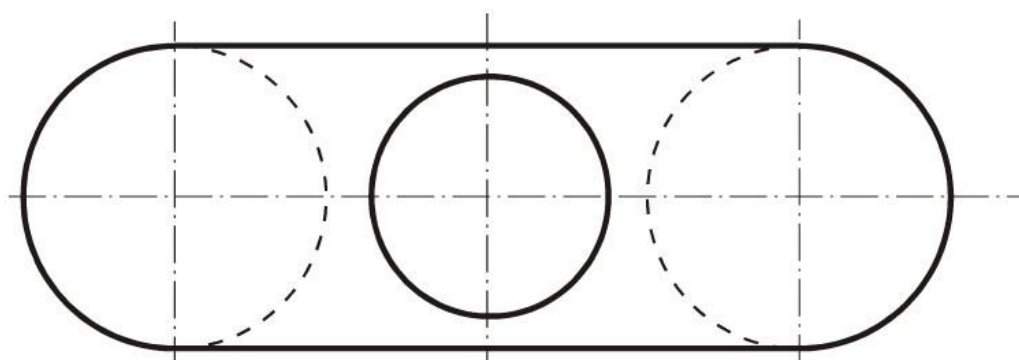
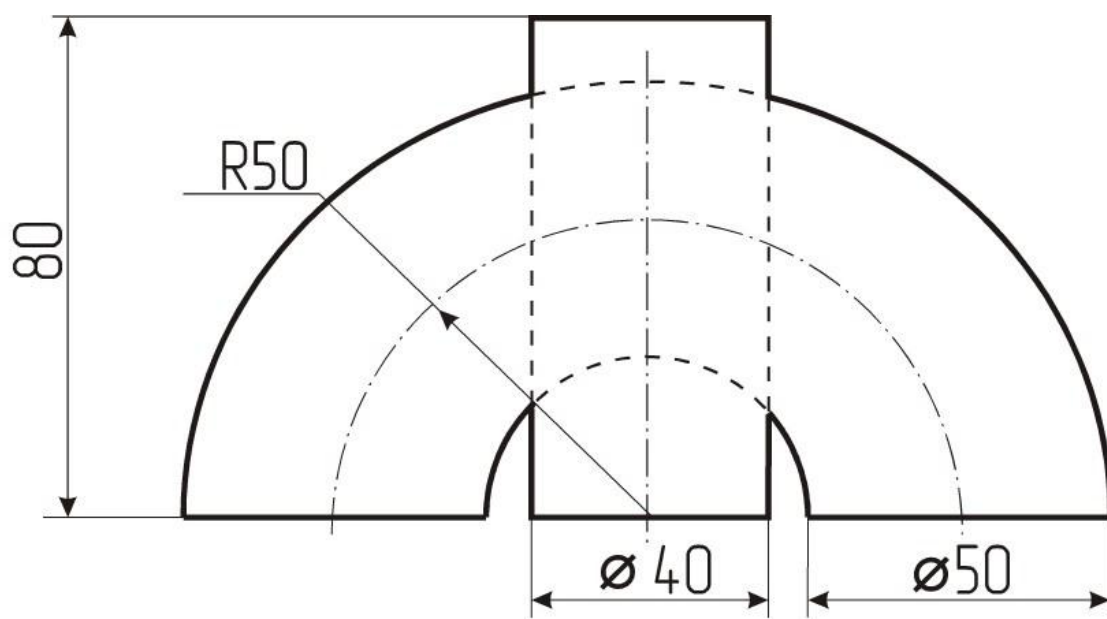
Вариант 2



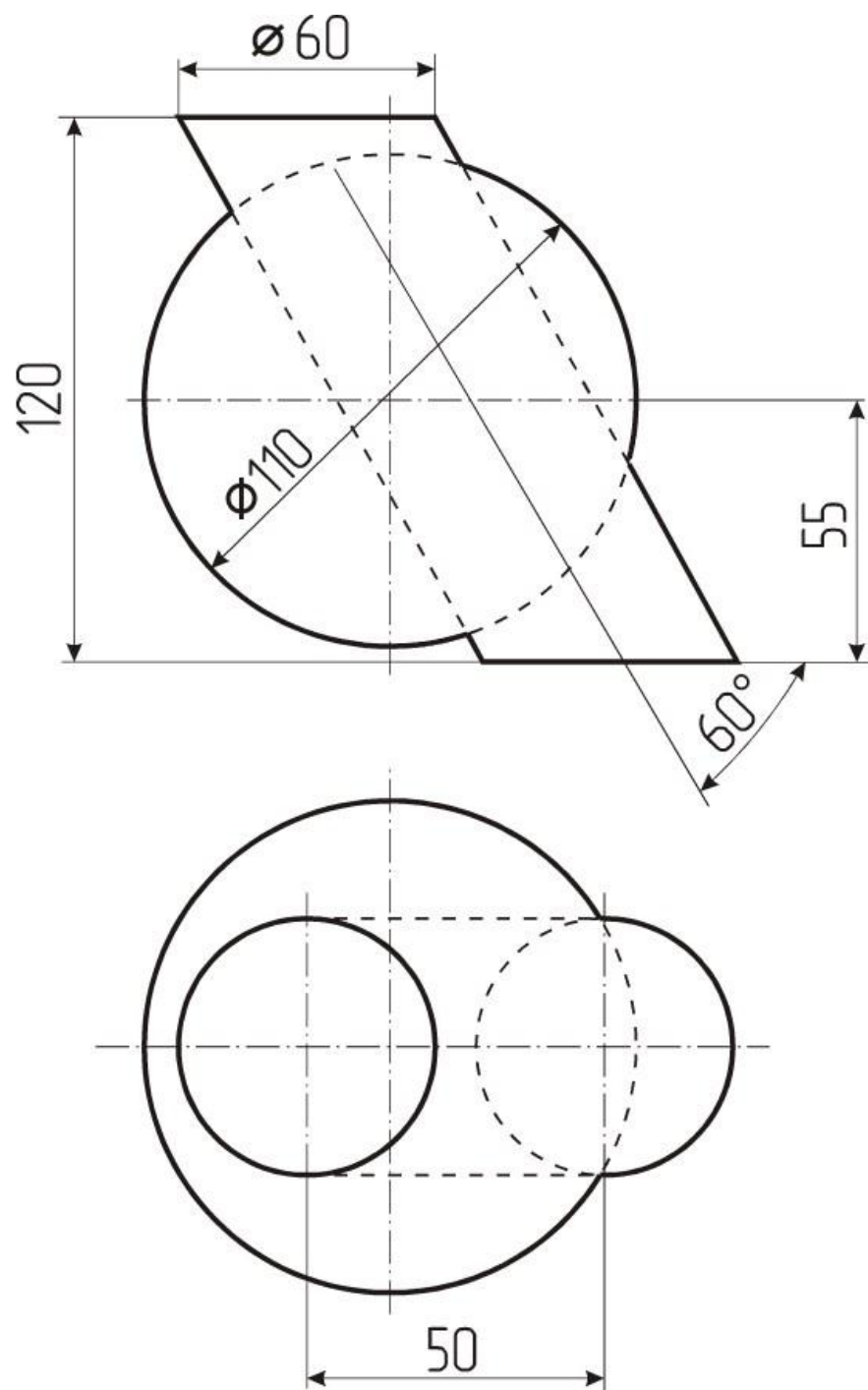
Вариант 3



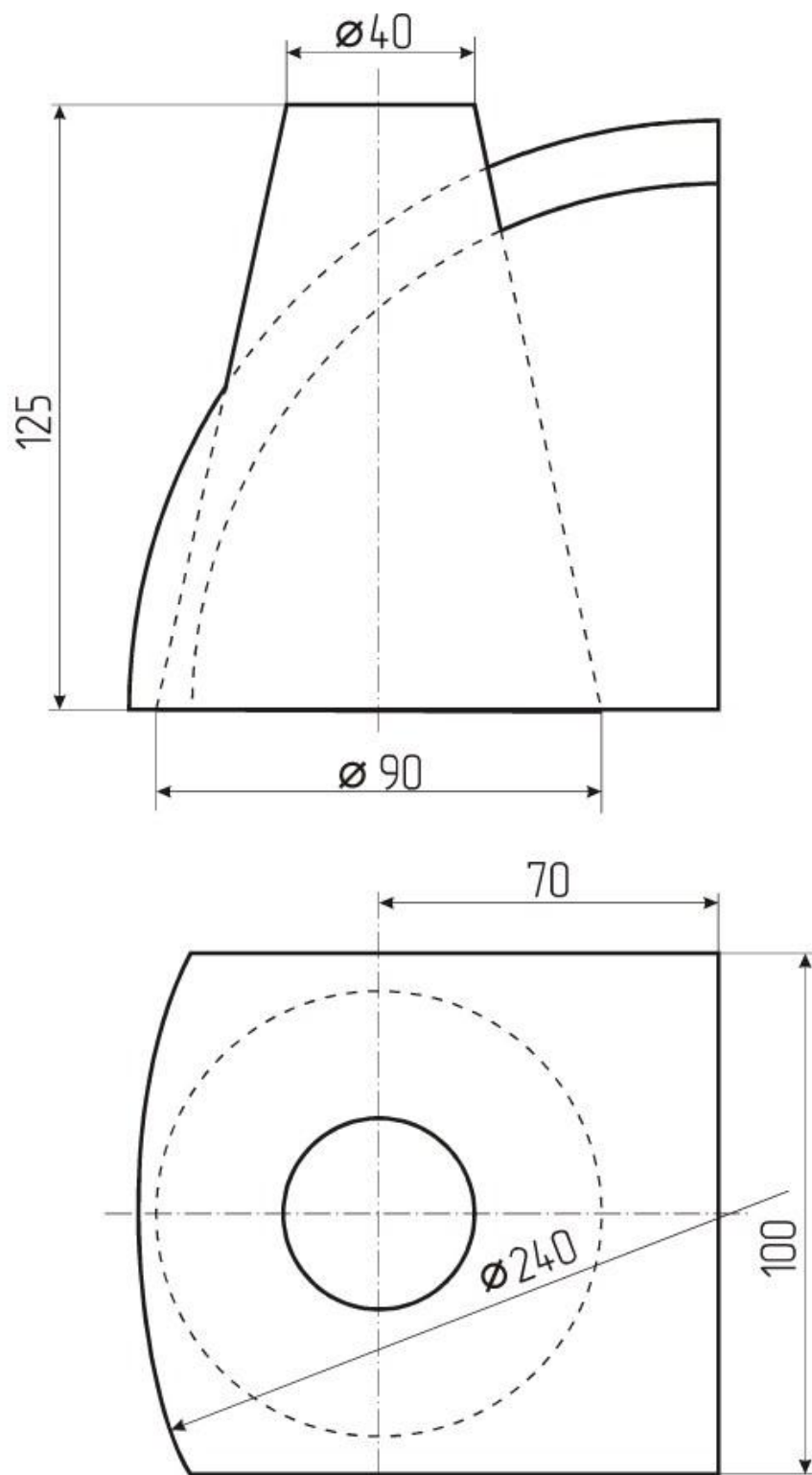
Вариант 4

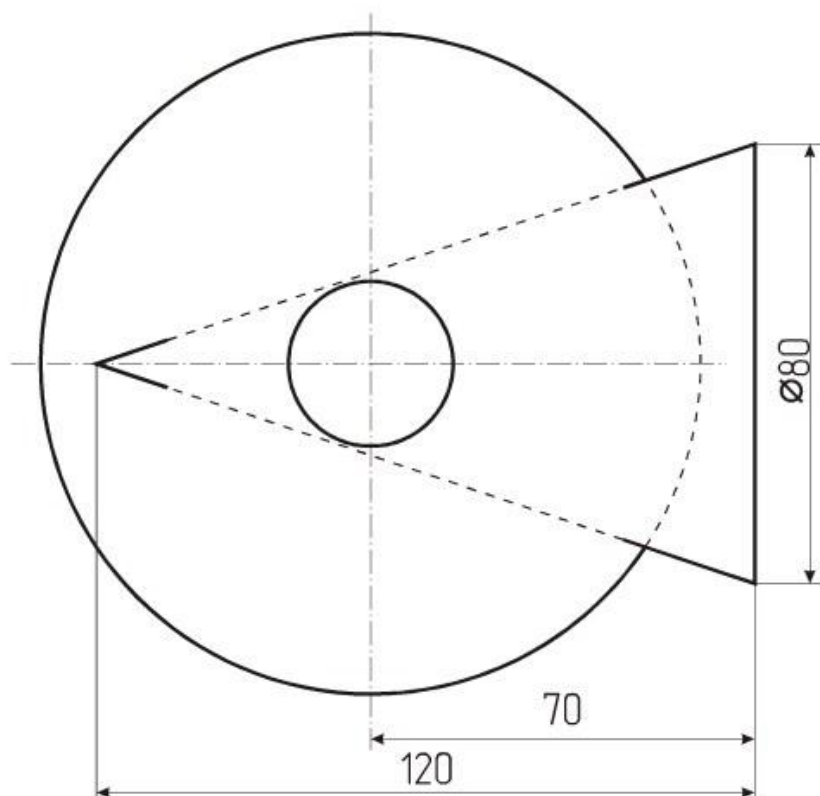
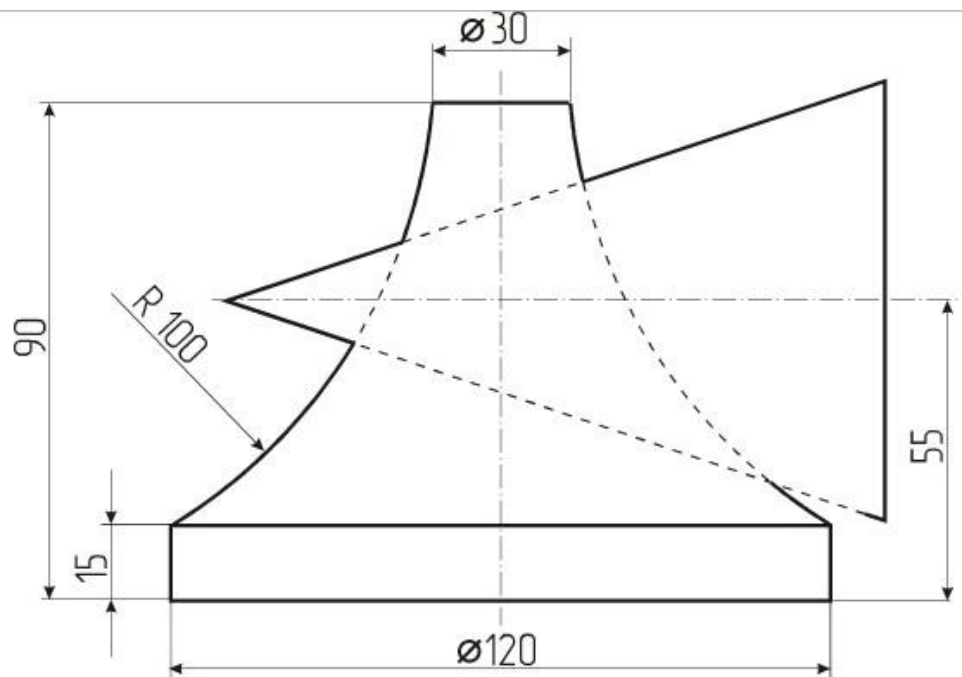


Вариант 5

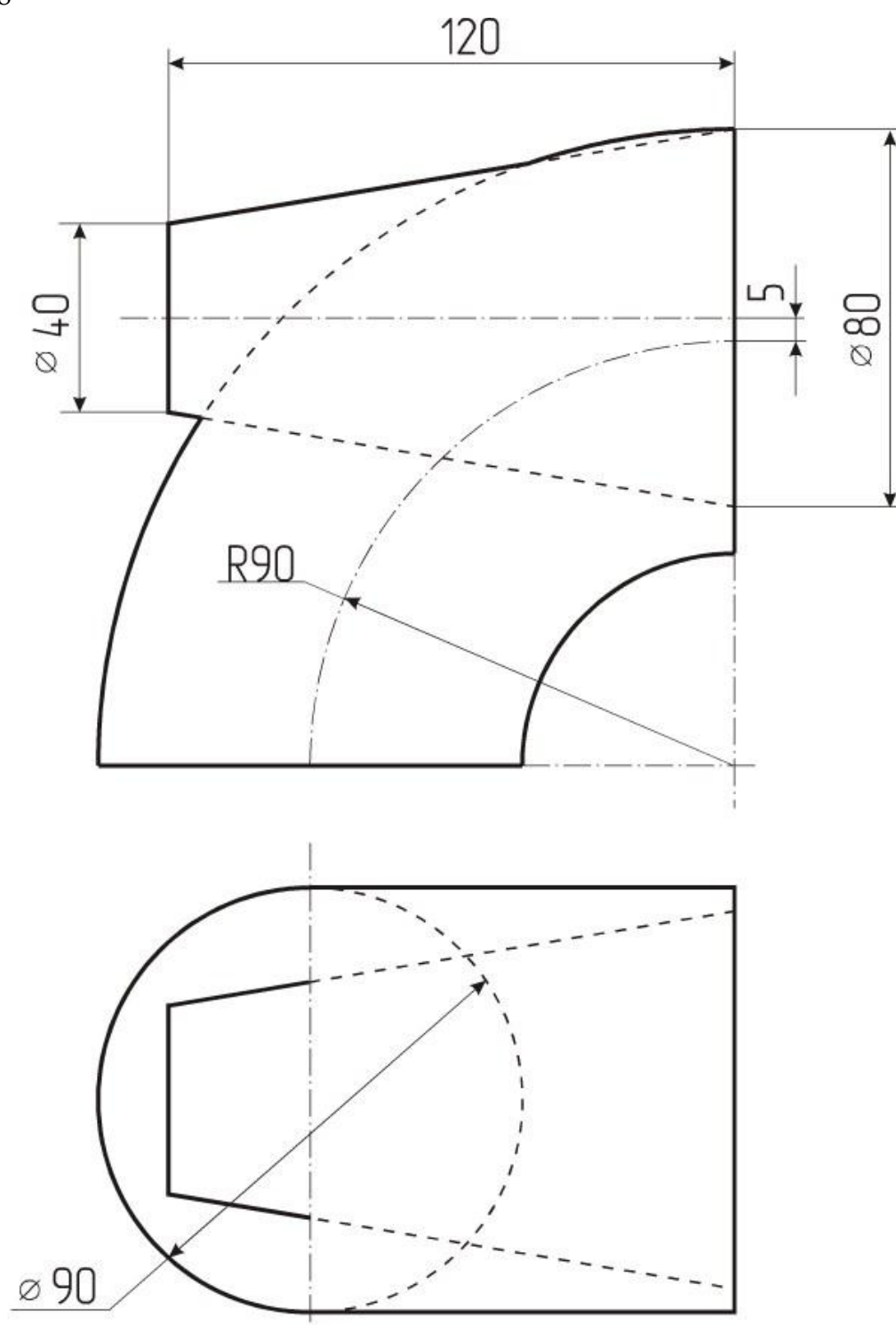


Вариант 6

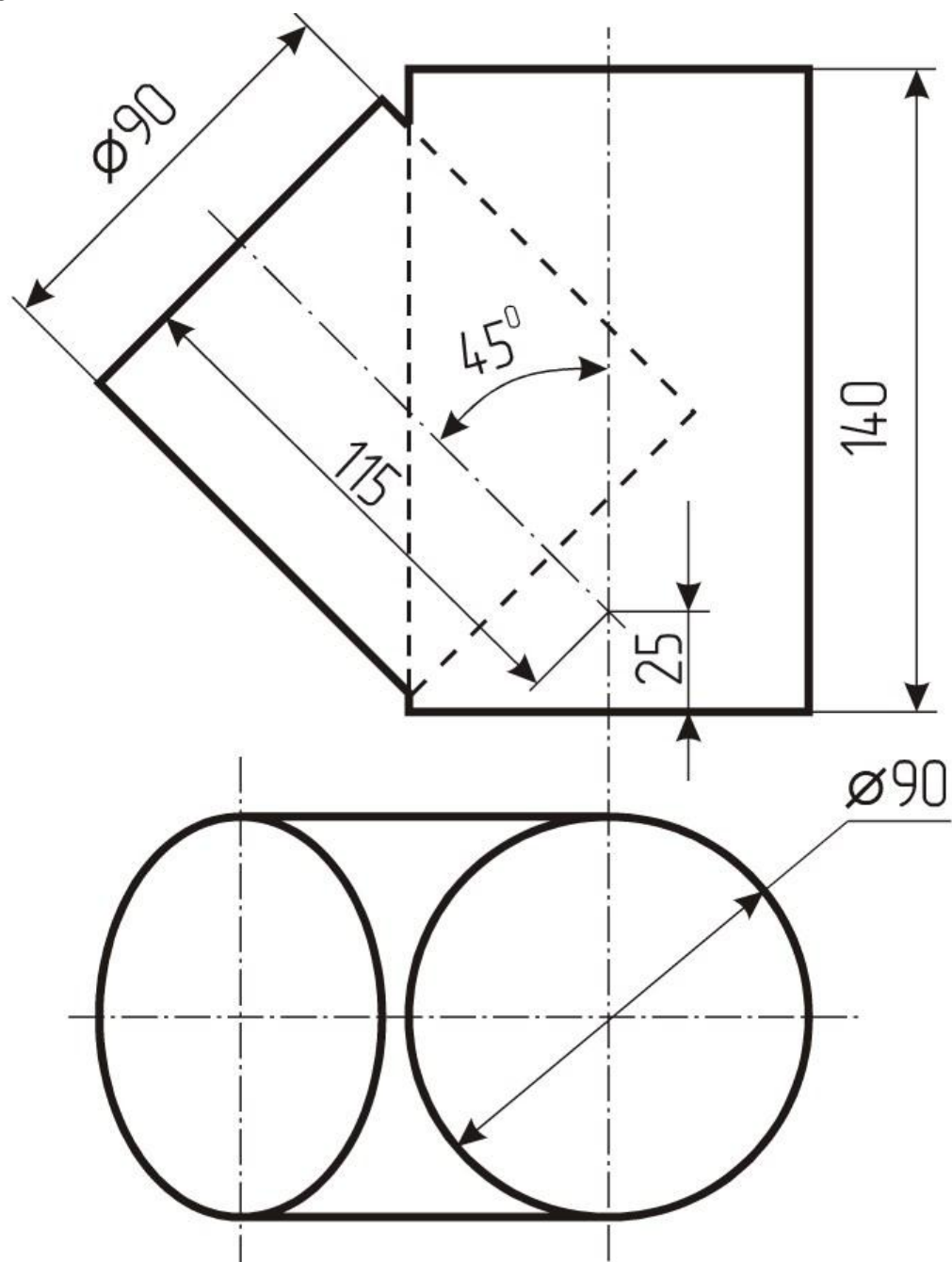




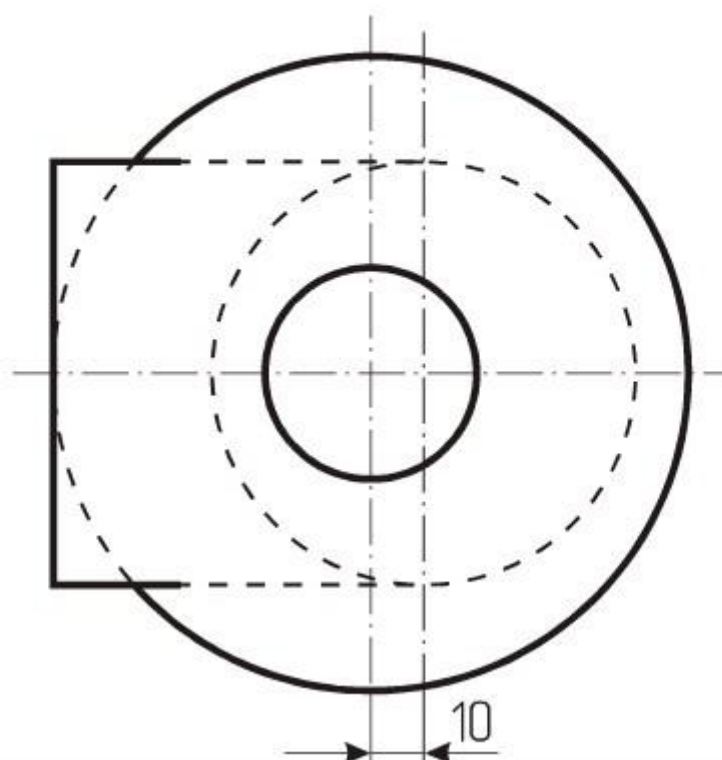
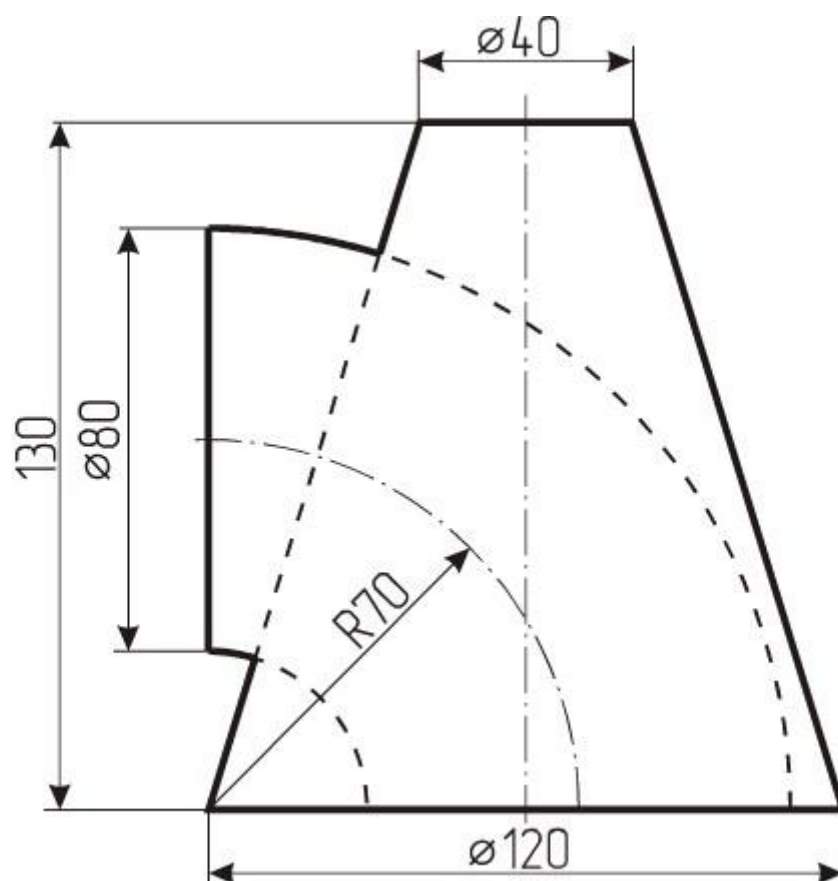
Вариант 8



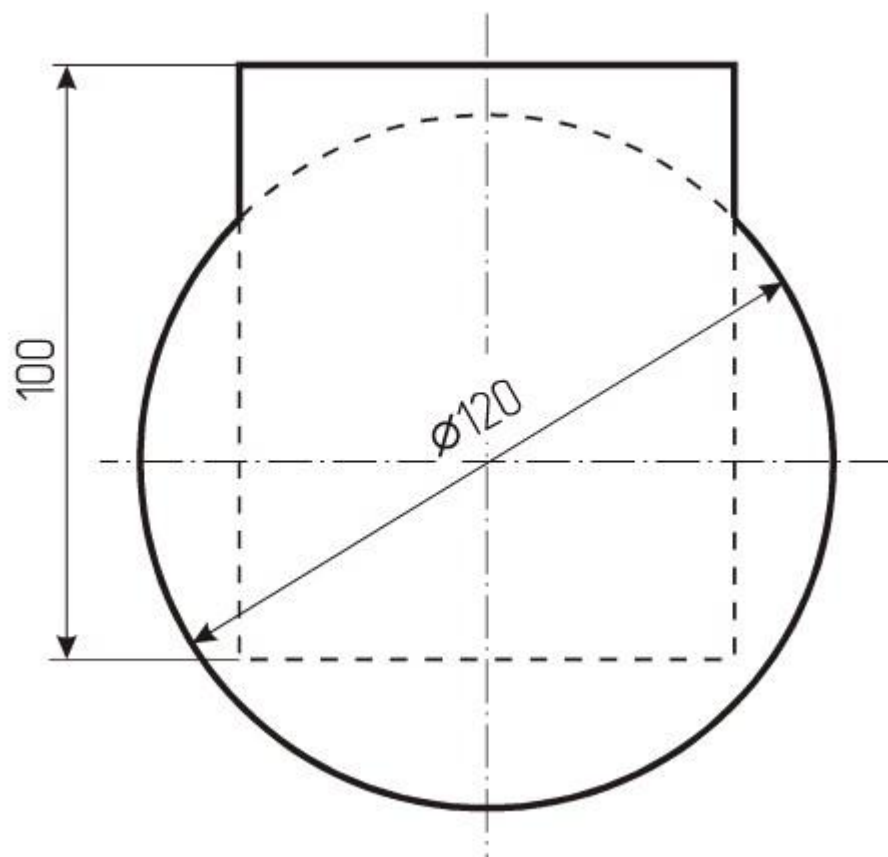
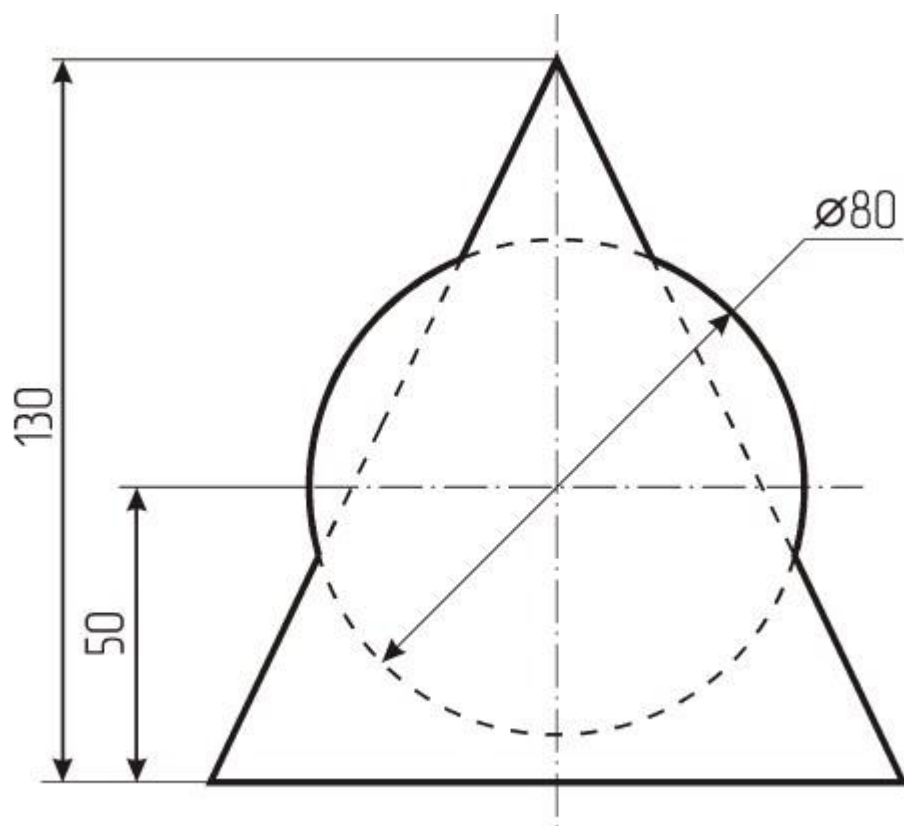
Вариант 9



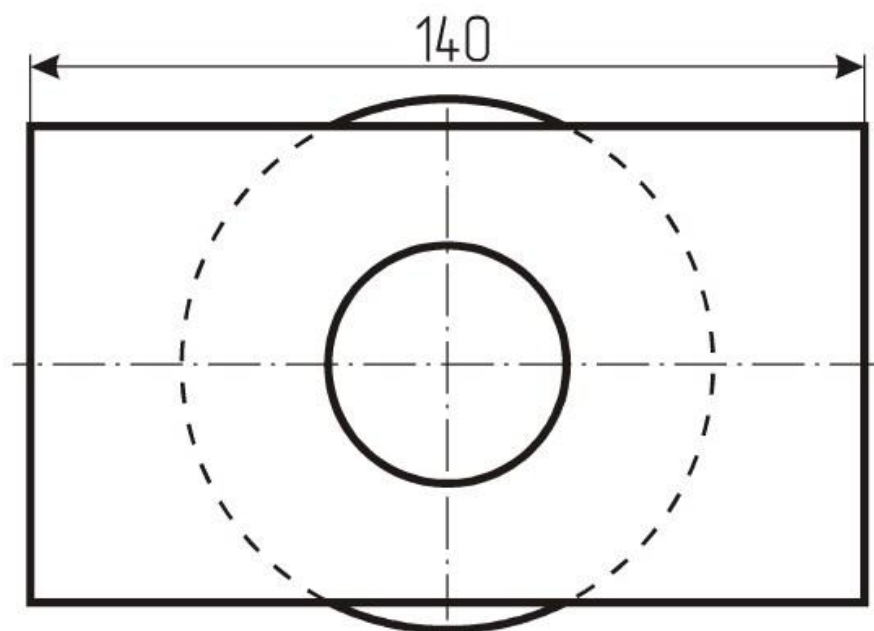
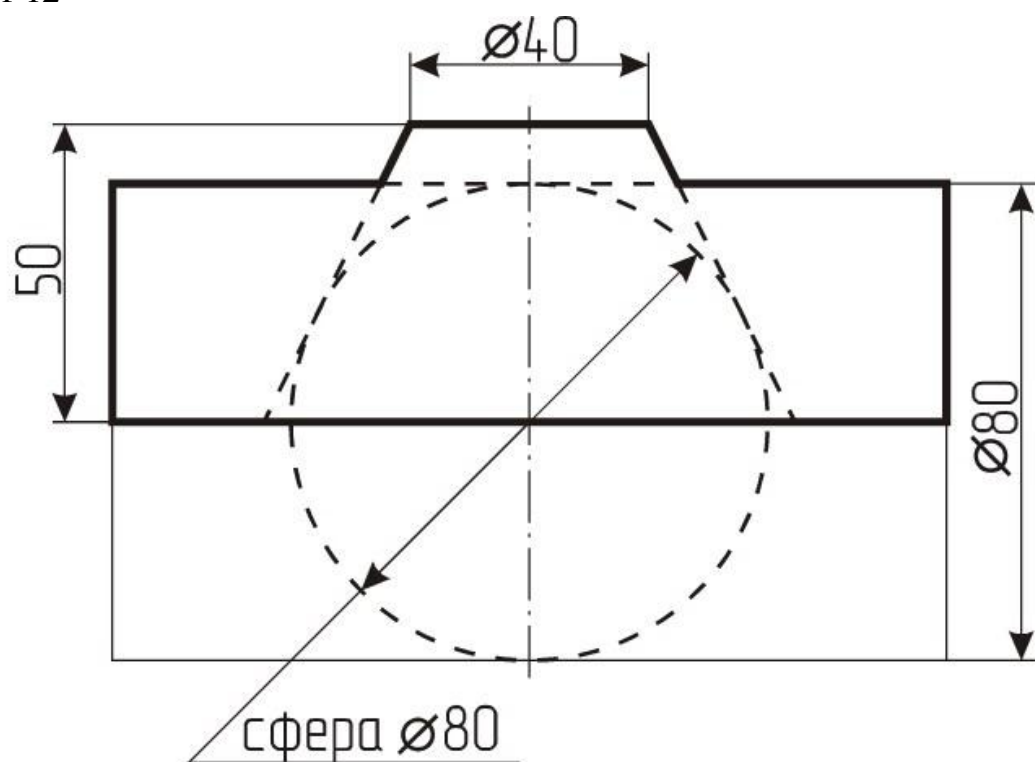
Вариант 10



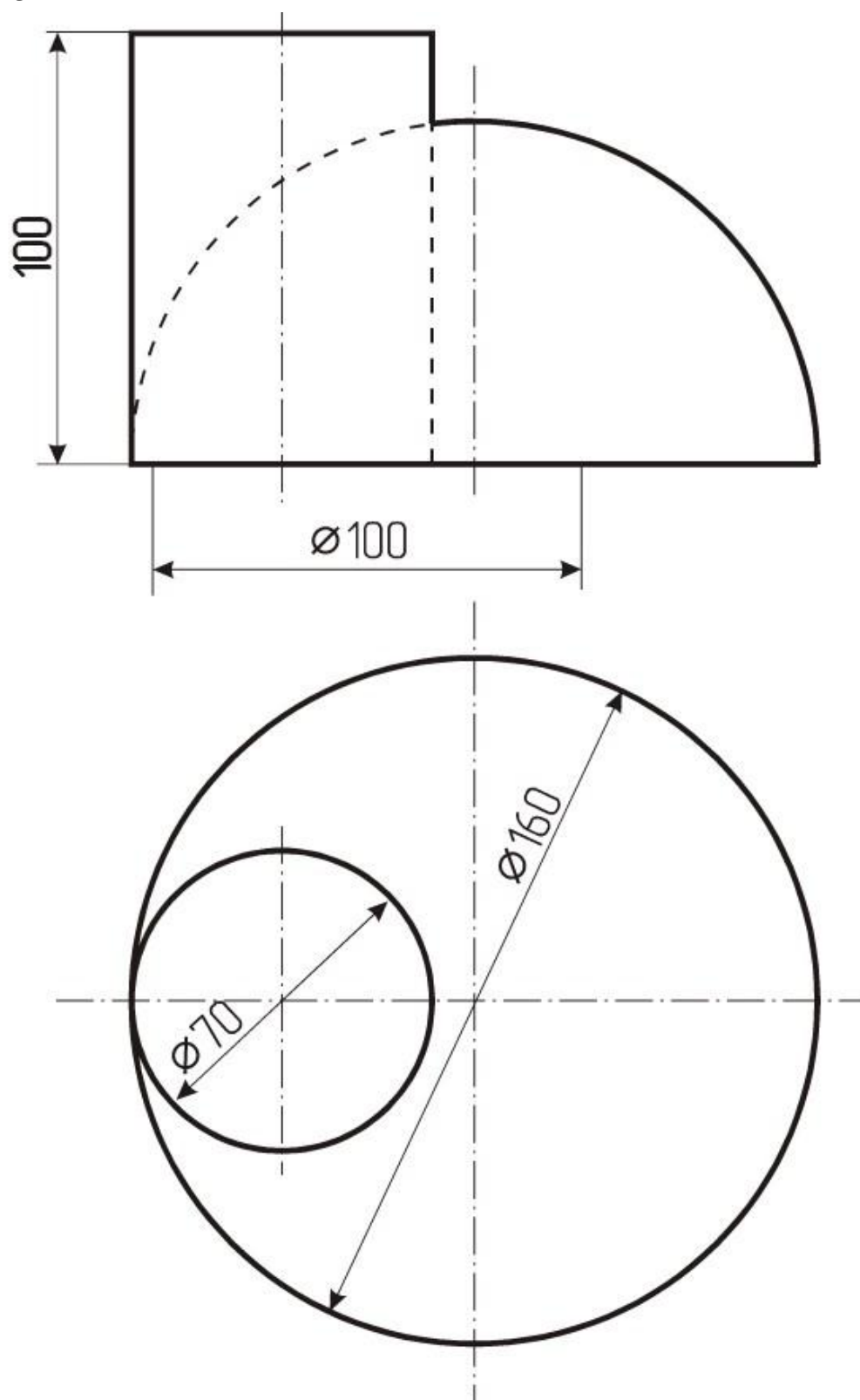
Вариант 11



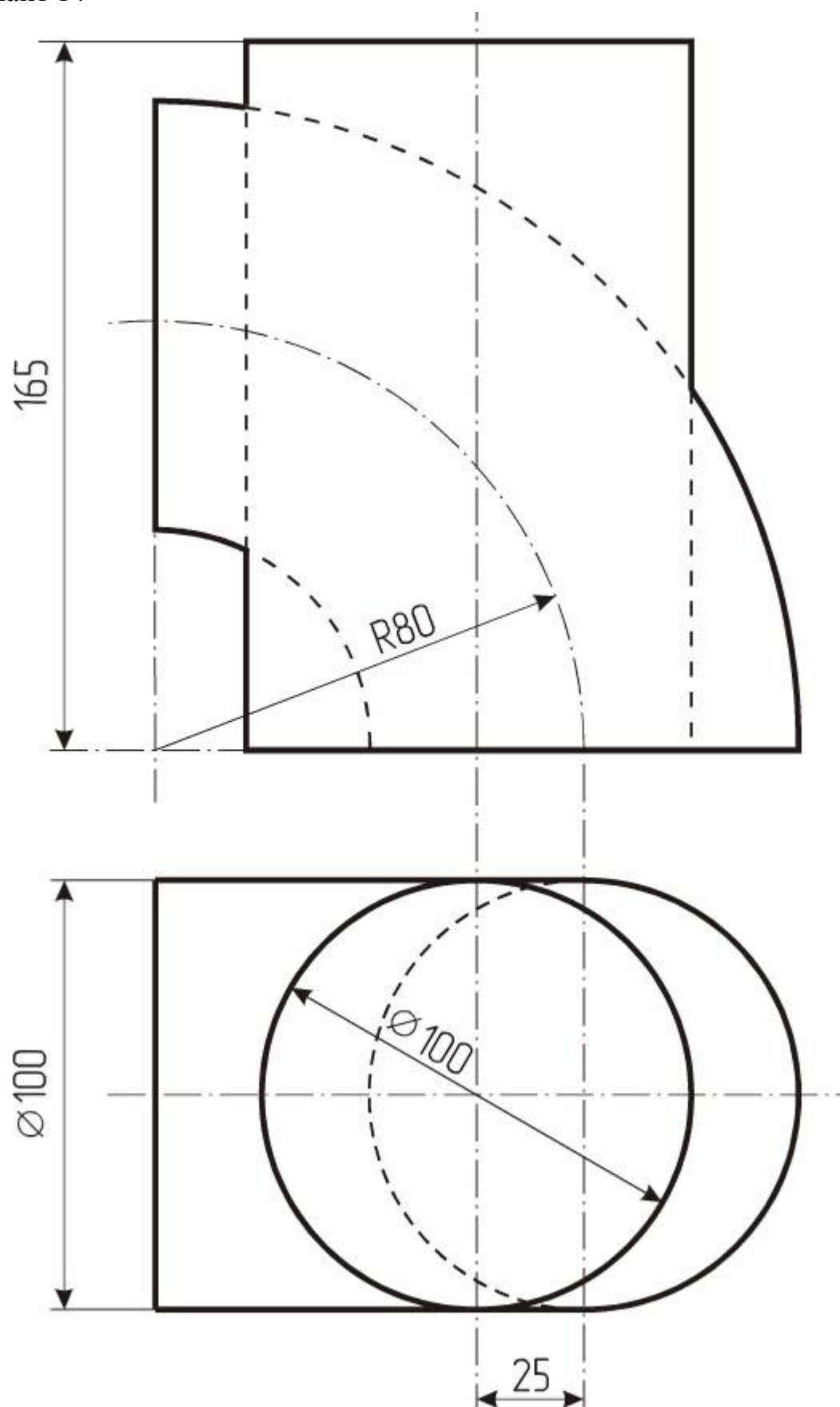
Вариант 12



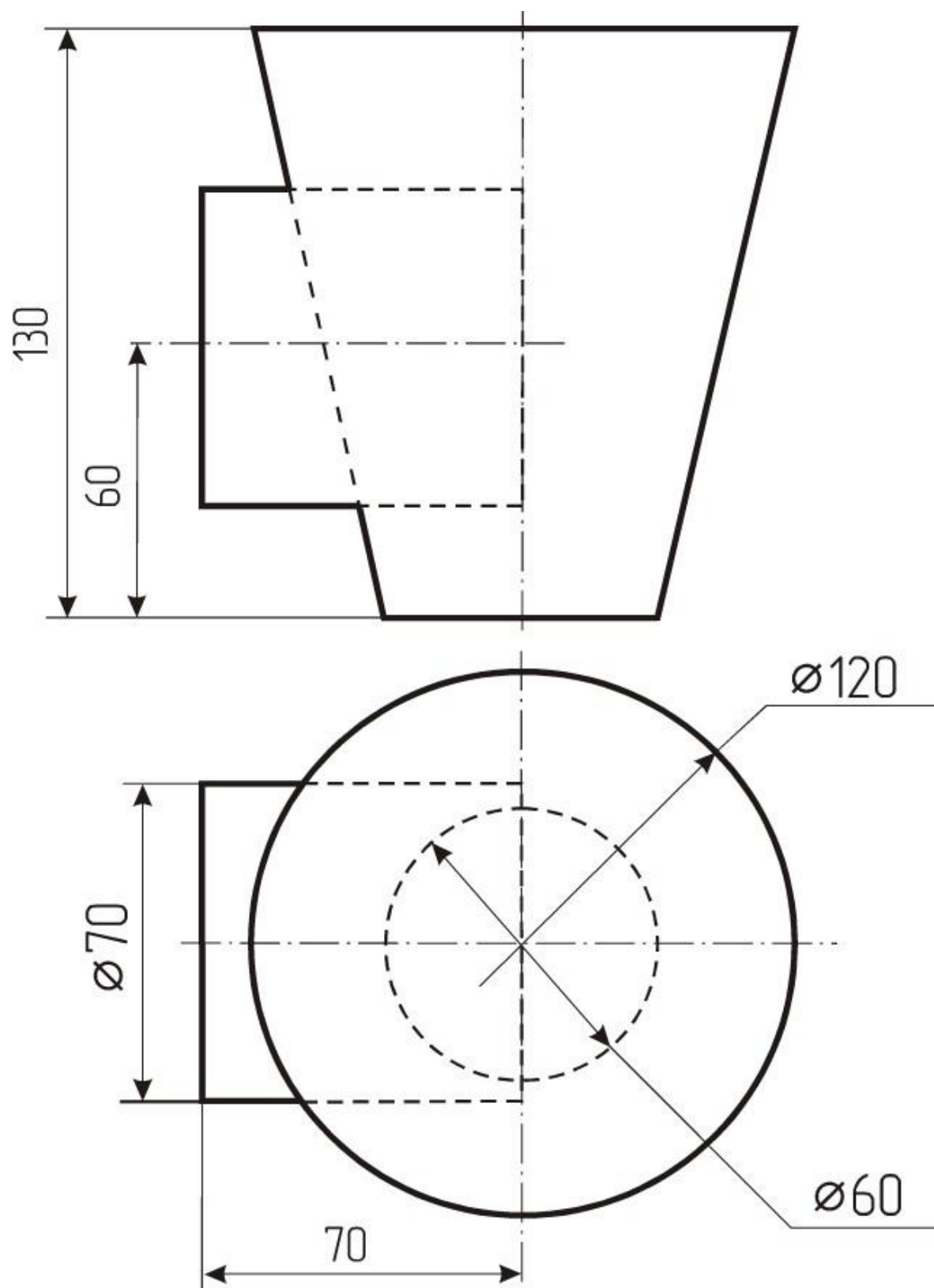
Вариант 13



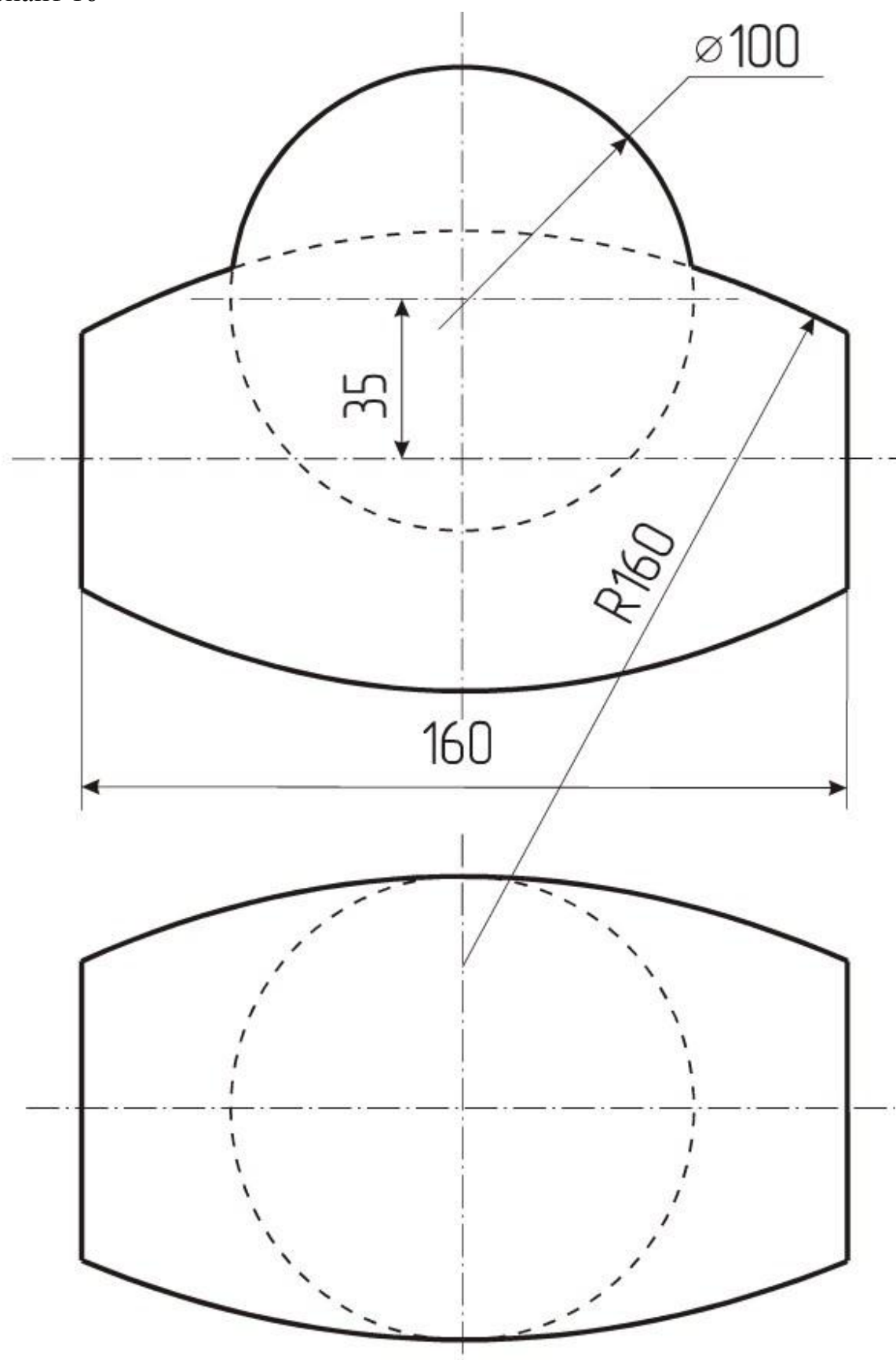
Вариант 14



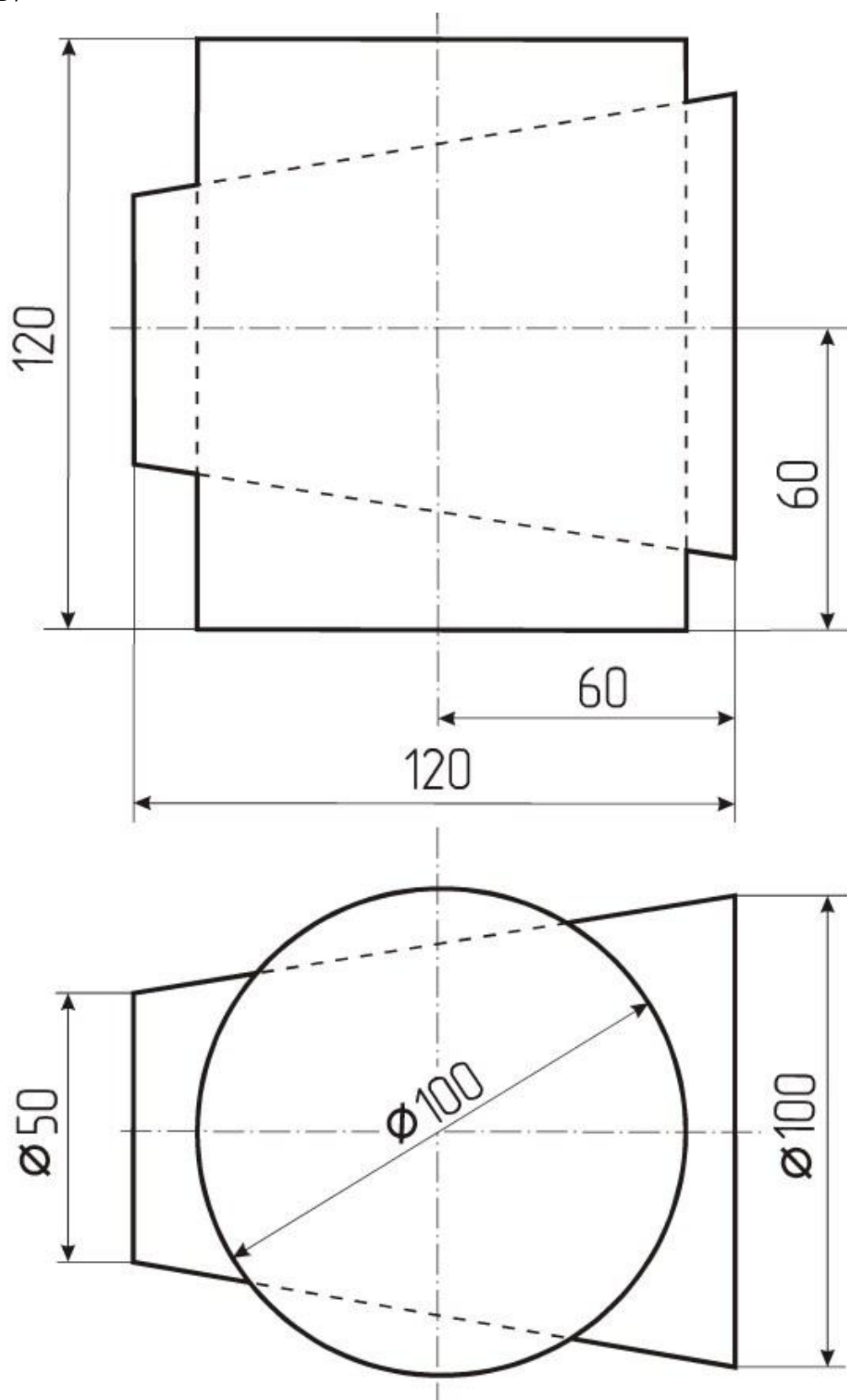
Вариант 15



Вариант 16



Вариант 17



Графическая работа – пересечение поверхностей

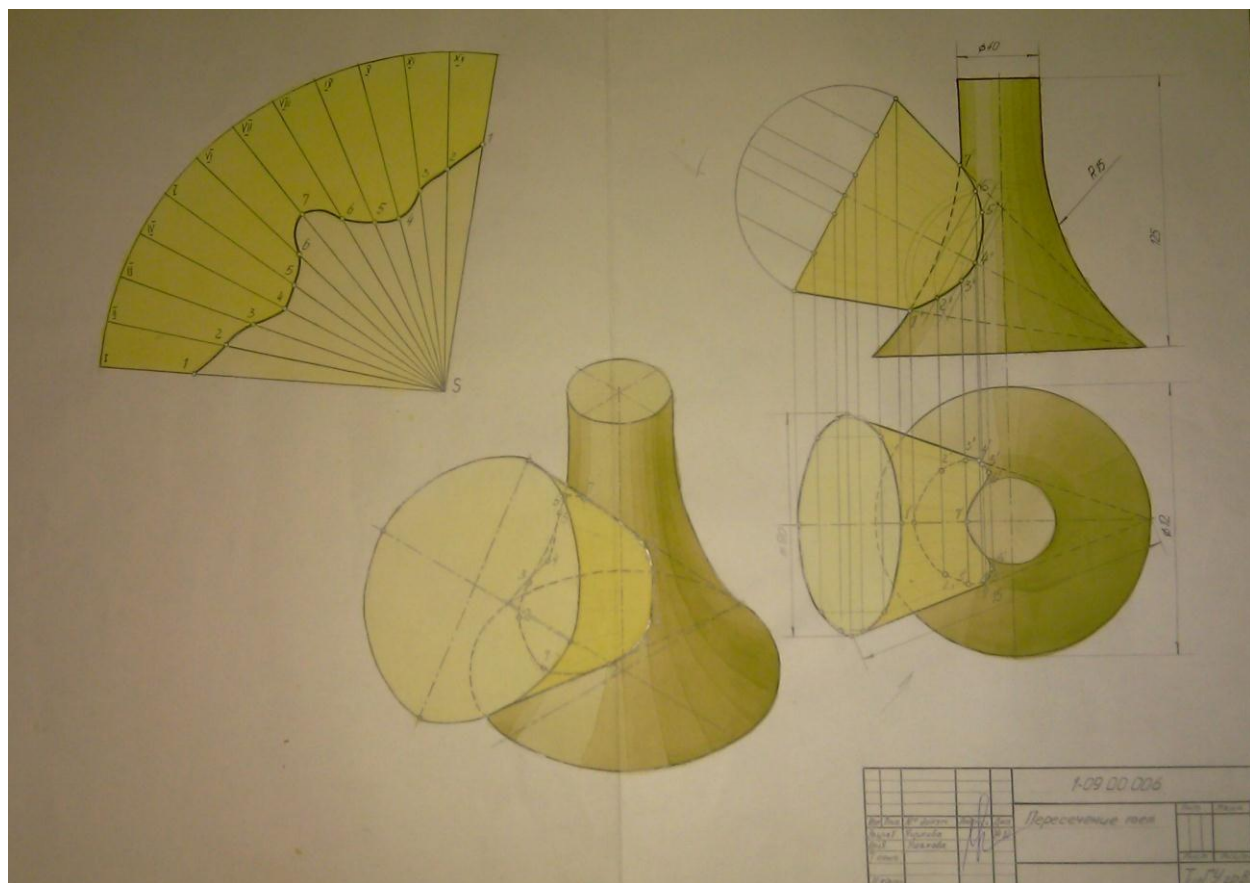
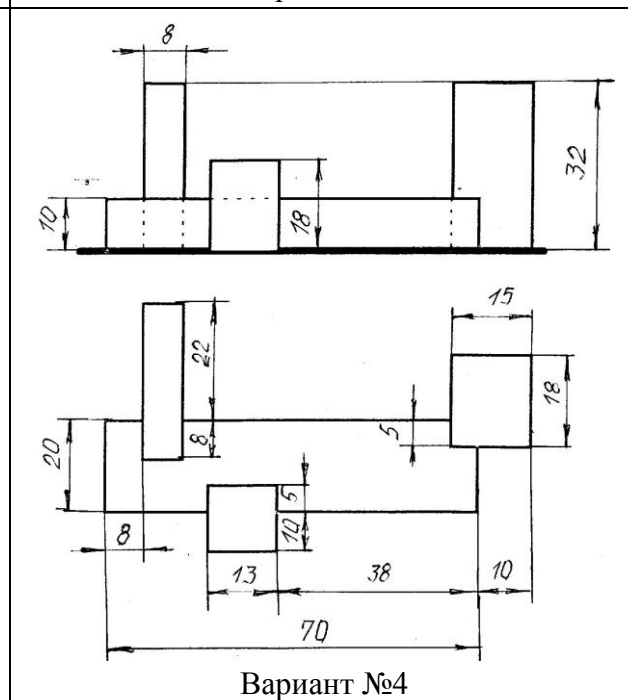
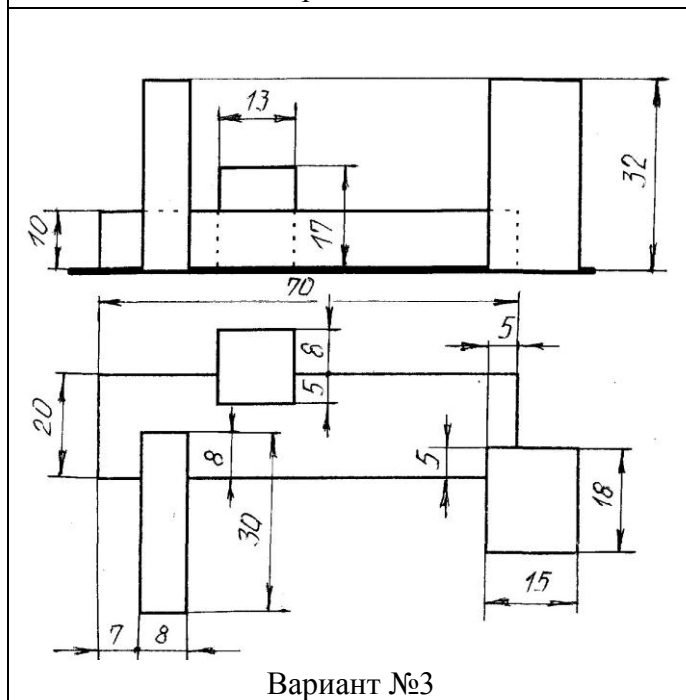
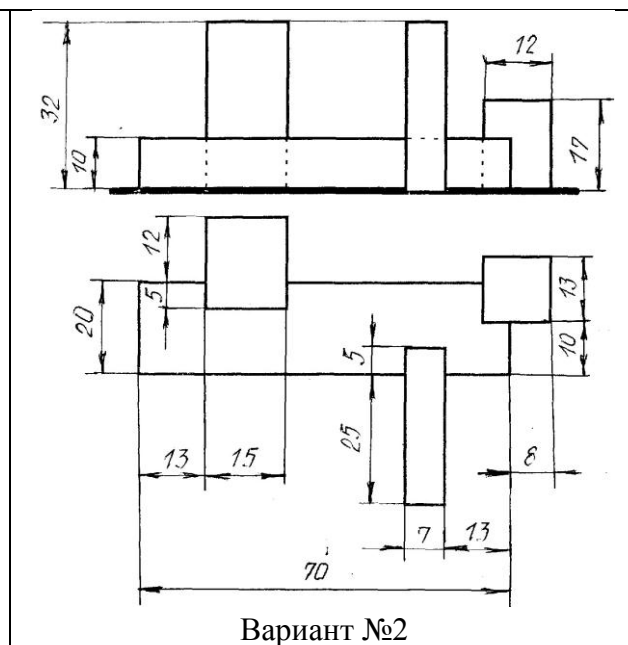
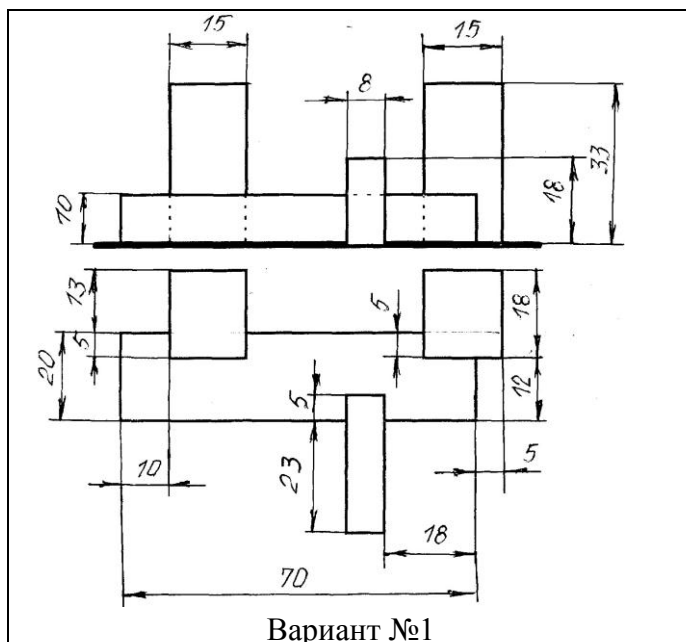
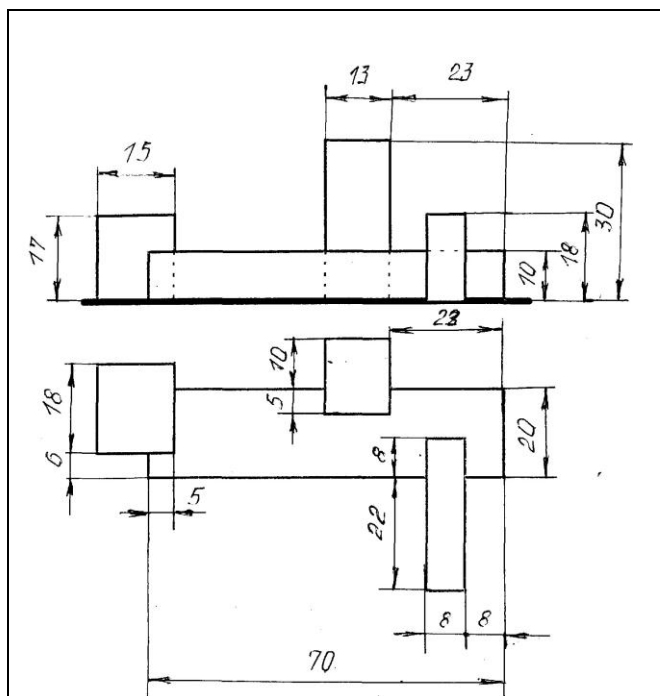


Рисунок 87

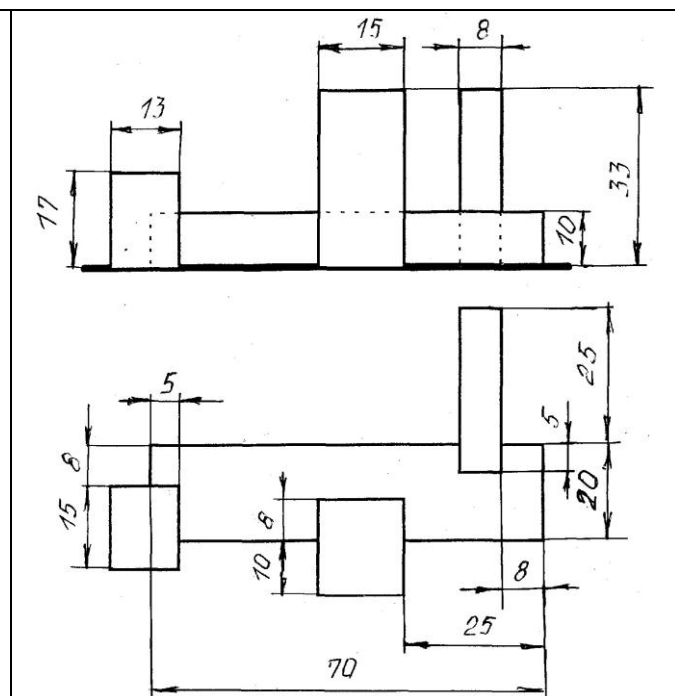
ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ:

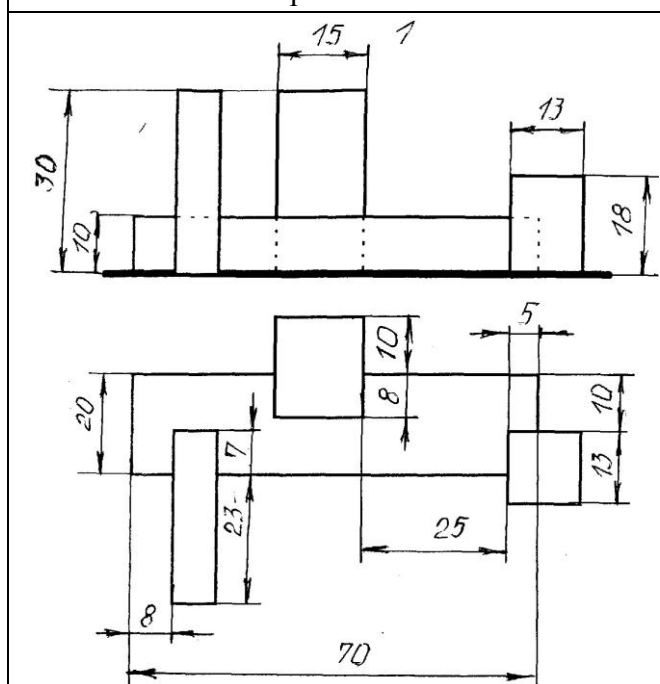




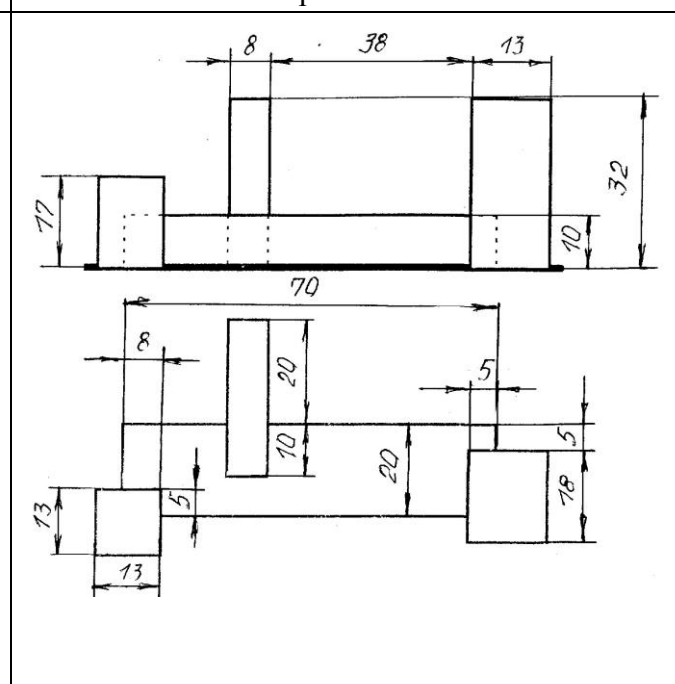
Вариант №5



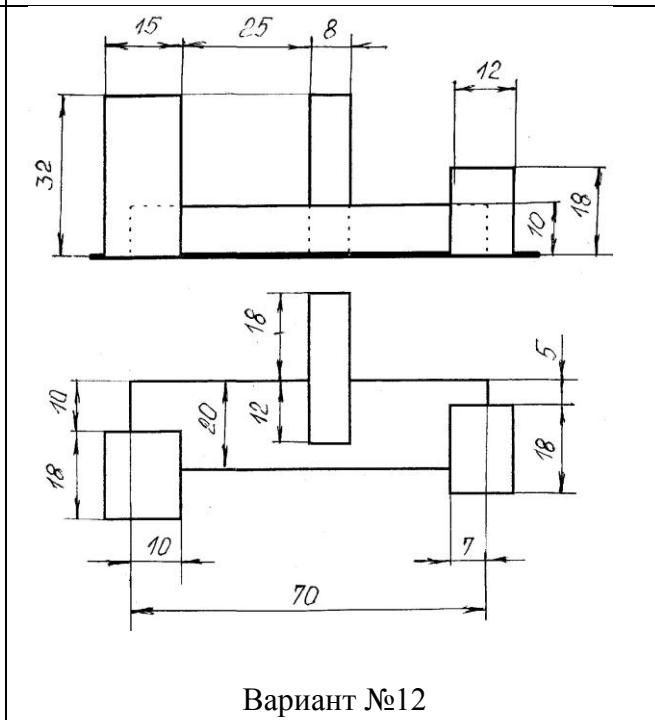
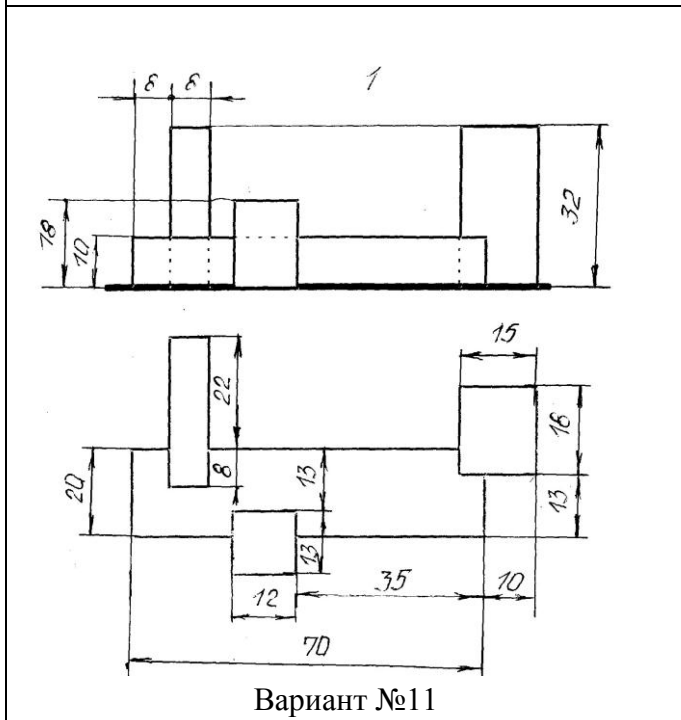
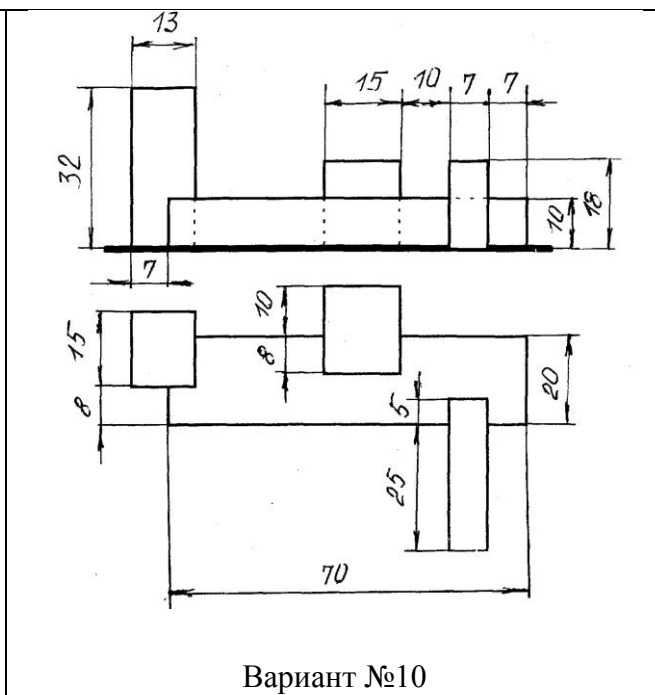
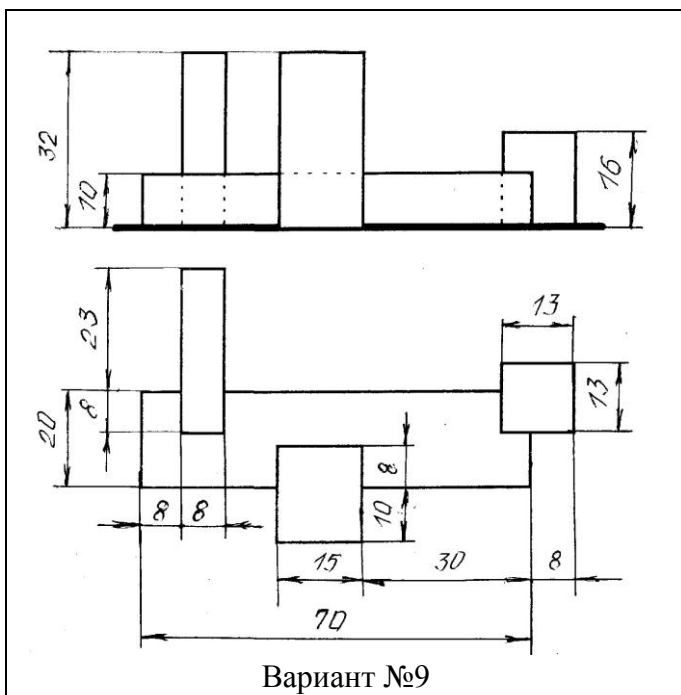
Вариант №6

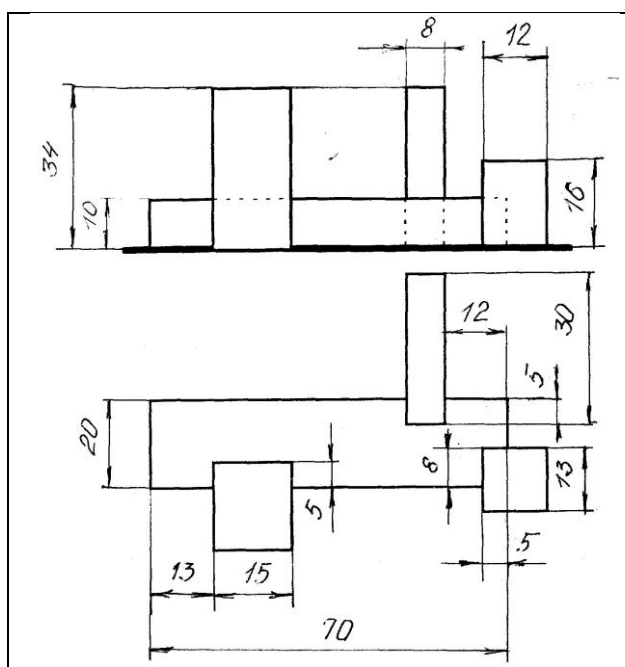


Вариант №7

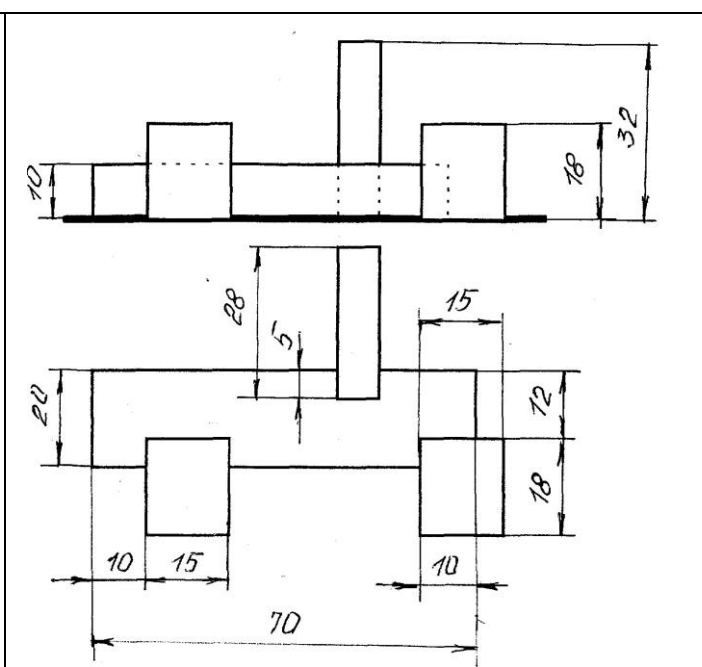


Вариант №8

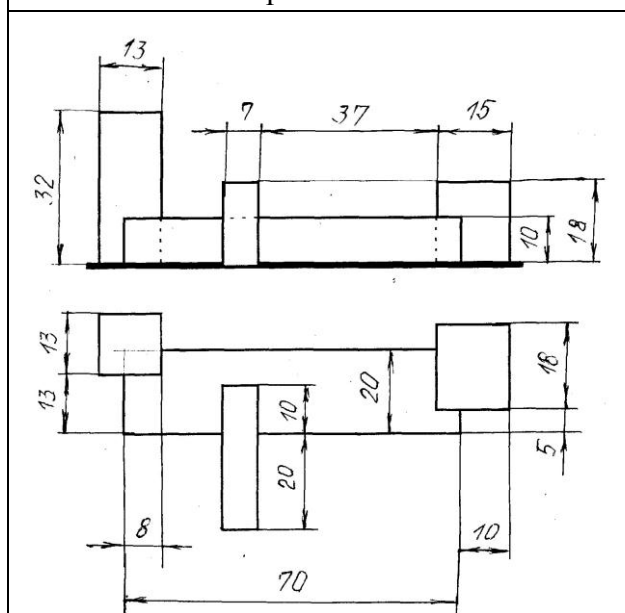




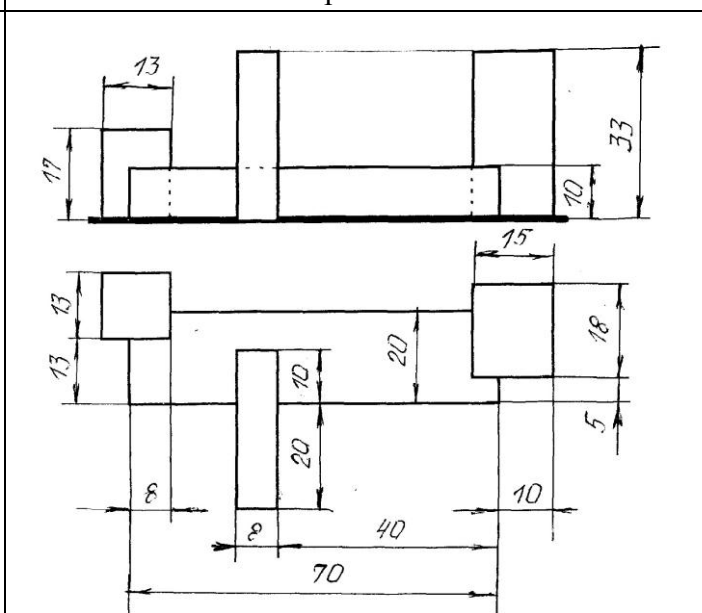
Вариант №13



Вариант №14



Вариант №15



Вариант №16

Графическая работа – перспектива и тени в перспективе

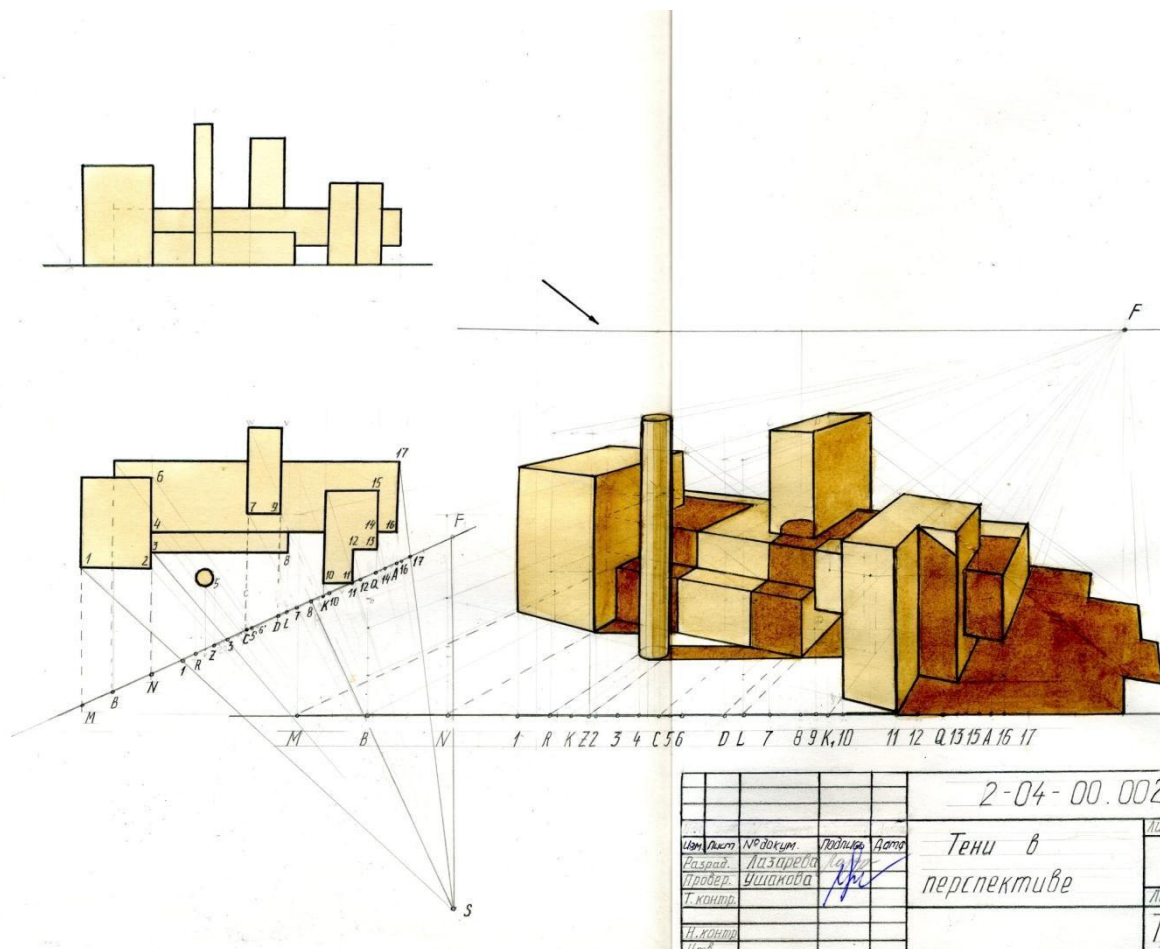


Рисунок 88

Пример оформления графической работы – перспектива и тени в перспективе

Список литературы

- 1.Фролов, С.А. Начертательная геометрия : учебник для вузов / С.А.Фролов .— 3-е изд.,перераб.и доп. — М. : Инфра-М, 2007 .— 286с. : ил.
- 2.Киселева Л.И.Технический рисунок. Методические указания по курсу “Машиностроительное черчение”, Ижевск: Издательство ИжГТУ, 2005 г. - 21 с.
- 3.Тени и перспектива. Ушакова И.В., Морозова Л.А., Воронкина Д.В. :учеб. пособие. Тула, ТулГУ, 2006. -164 с..
- 4.Королев, Ю.И. Начертательная геометрия : учебник для вузов / Ю.И.Королев .— М.[и др.] : Питер, 2007 .— 252с. : ил
- 5.Справчикова Н.А. Построение и реконструкция перспективы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Справчикова Н.А.— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 80 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20498>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю ISBN:978-5-9585-0309-4
- 6.Захарова Н.В. Технический рисунок. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебнометодическое пособие/ Захарова Н.В.— Электрон. текстовые данные.— Комсомольск-наАмуре: Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет, 2012.— 91 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22258>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю SSN:2227-8397
- 7.Георгиевский О.В. Начертательная геометрия:, Метод. Пособие. М.: Столицдат. 2002.80с., ил.
- 8.Грожан, Д.В. Справочник начинающего дизайнера / Д.В.Грожан .— 4-е изд. — Ростовн/Д : Феникс, 2006 .— 318с
- 9.Проектирование и моделирование промышленных изделий: Учеб. для вузов / С.А.Васин, А.Ю.Талашук, В.Г.Бандорин, Ю.А.Грабовенко, Л.А.Морозова, В.А.Редько; Под ред. С.А.Васина, А.Ю.Талашука. – М.: Машиностроение – 1, 2004 – 692 с.
- 10.Пугачев С.А., Никольский Л.П. Техническое рисование: Учеб. пособие. Изд 3-е перераб. и доп., М., Машиностроение, 1976.
- 11.Проектирование в графическом дизайне: Учеб. Для вузов / С.А. Васин, А.Ю. Талашук, Ю.В. Назаров, Л.А. Морозова, В.В. Сумароков; Под ред. С.А. Васина – М.: Машиностроение-1, 2006 – 320 с., ил.
- 12.Янес, М.Д. Рисунок для архитекторов / М.Д. Янес, Э.Р. Домигез; пер. с исп. Ю.В.Севостьяновой .— М. : АРТ-РОДНИК, 2005 .— 191с. : ил.
13. Капица Г.П. Оформление чертежей. Шрифты чертежные, надписи, спецификации [Электронный ресурс]: методические указания/ Капица Г.П., Саблина Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2013.— 56 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/21765>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю ISSN:2227-8397

14. М.Н.Макарова Перспектива. Учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Изобразительное искусство». – М.: Академический Проект, 2002. – 512 с.
15. ГОСТ 2.104-2006. Основные надписи – Взамен ГОСТ 2.104-68 ; введ. 2006-09-01. – М. : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М. : Стандартиформ. – 14 с. – (Единая система конструкторской документации).
16. Единая система конструкторской документации. ГОСТ 2.301-68 – ГОСТ 2.303-68, ГОСТ 2.304-81, ГОСТ 2.305-68 – ГОСТ 2.307-68, ГОСТ 2.308-79, ГОСТ 2.309-73, ГОСТ 2.310-68, ГОСТ 2.311-68, ГОСТ 2.312-72, ГОСТ 2.313-82, ГОСТ 2.314-68 – ГОСТ 2.316-68, ГОСТ 2.317-69, ГОСТ 2.318-81, ГОСТ 2.320-82, ГОСТ 2.321-84 : сборник. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 159 с. : ил. – (Национальные стандарты)

Периодические издания

Периодические издания не предусмотрены

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. http://www.cherch.ru/graficheskoe_otobrazhenie/technicheskiy_risunok.html
2. http://www.granitvtd.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=7
3. http://www.extraform.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=46&Itemid=62

Интернет ресурсы

1. *Электронный читальный зал “БИБЛИОТЕХ”* : учебники авторов ТулГУ по всем дисциплинам.- Режим доступа: <https://tsutula.bibliotech.ru/>, по паролю.- Загл. С экрана
2. ЭБС *IPRBooks* универсальная базовая коллекция изданий.-Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>, по паролю.- .- Загл. с экрана
3. Научная Электронная Библиотека *eLibrary* – библиотека электронной периодики, режим доступа: <http://elibrary.ru/> , по паролю.- Загл. с экрана.
4. НЭБ КиберЛенинка научная электронная библиотека открытого доступа, режим доступа <http://cyberleninka.ru/> ,свободный.- Загл. с экрана.
5. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://window.edu.ru/> .- Загл. с экрана

