

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»

«16» января 2020 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой ГСАиД

К.А. Головин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по самостоятельной работе студентов
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: *очная*

Идентификационный номер образовательной программы: 540301-01-20

Тула 2020 год

Разработчик методических указаний

Ушакова Ирина Владимировна, доц. каф., 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.

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 м², 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.




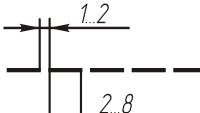
Государственным стандартом установлены следующие линии и их назначение (таблица 3).

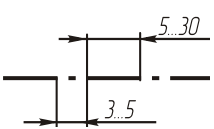

Толщина сплошной основной линии s должна быть в пределах от **0,5** до **1,4 мм** в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

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 основ- ной 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		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		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии обрыва
4. Штриховая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии разграничения вида и разреза Линии невидимого контура Линии перехода невидимые

5. Штрихпунктирная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями для наложенных или вынесенных сечений
6. Сплошная тонкая изломами		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	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 А и тип Б, с наклоном и без наклона. В настоящем пособии подробно рассмотрен шрифт тип А 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 a – наибольшая ширина буквы, измеренная в соответствии с рисунками 1 и 2, определяется по отношению к размеру шрифта h , например, $a = 6/10h$, или по отношению к толщине линии шрифта d , например, $a = 6d$.

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

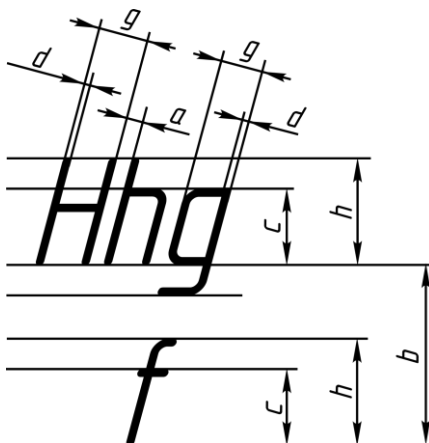


Рисунок 1

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

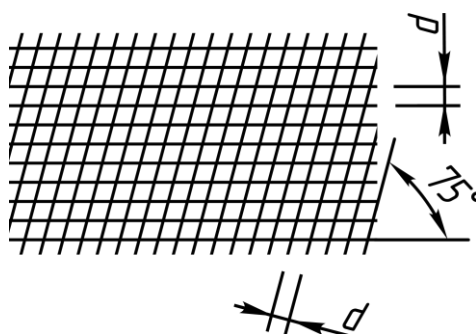


Рисунок 2

Таблица 4

Шрифт типа *A* ($d = h/14$) с наклоном

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер		Размеры мм						
Размер шрифта высота прописных букв	<i>h</i>	<i>(14/14) h</i>	<i>14 d</i>	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Высота строчных букв	<i>c</i>	<i>(10/14)h</i>	<i>10 d</i>	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Расстояние между буквами	<i>a</i>	<i>(2/14) h</i>	<i>2 d</i>	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	<i>b</i>	<i>(22/14) h</i>	<i>22 d</i>	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0
Минимальное расстояние между словами	<i>e</i>	<i>(6/14) h</i>	<i>6 d</i>	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
Толщина линии шрифта	<i>d</i>	<i>(1/14) h</i>	<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)



Рисунок 3

ЛАТИНСКИЙ АЛФАВИТ



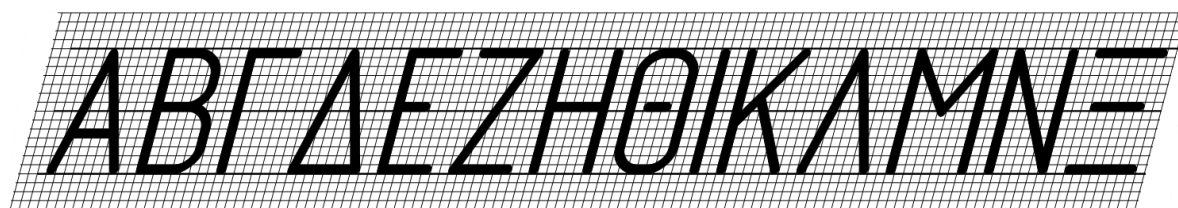
Рисунок 4

АРАБСКИЕ И РИМСКИЕ ЦИФРЫ

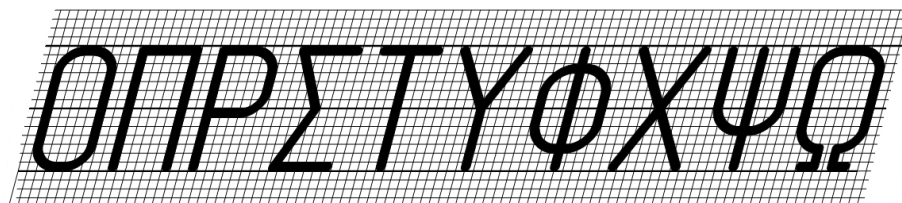


Рисунок 5

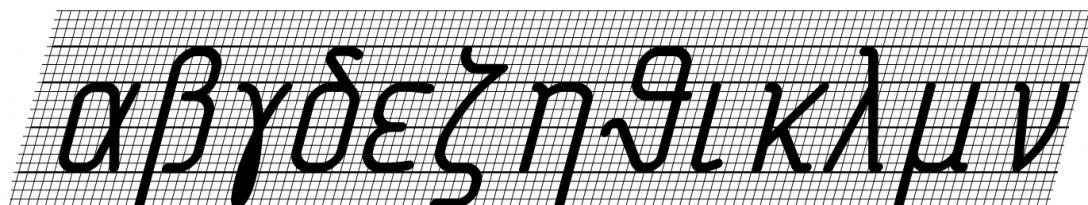
ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ



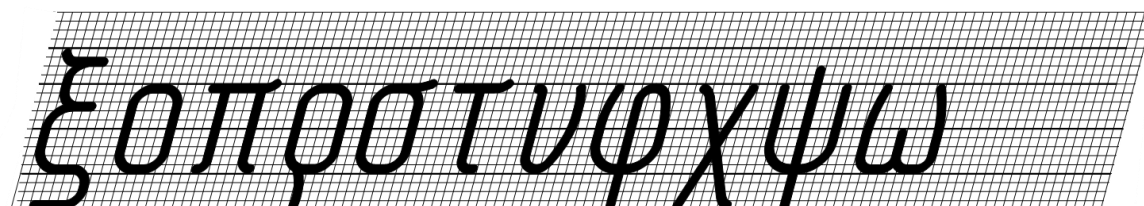
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



15 16 17 18 19 20 21 22 23 24



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13



14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

Рисунок 6

Наименование букв греческого алфавита, приведенных на рисунке 6

1 – альфа
2 – бета
3 – гамма
4 – дельта
5 – эпсилон
6 – дзета
7 – эта
8 – тэта

9 – йота
10 – каппа
11 – ламбда
12 – мю
13 – ню
14 – кси
15 – омикрон
16 – пи

17 – ро
18 – сигма
19 – тау
20 – ипсилон
21 – фи
22 – хи
23 – пси
24 – омега

ЗНАКИ

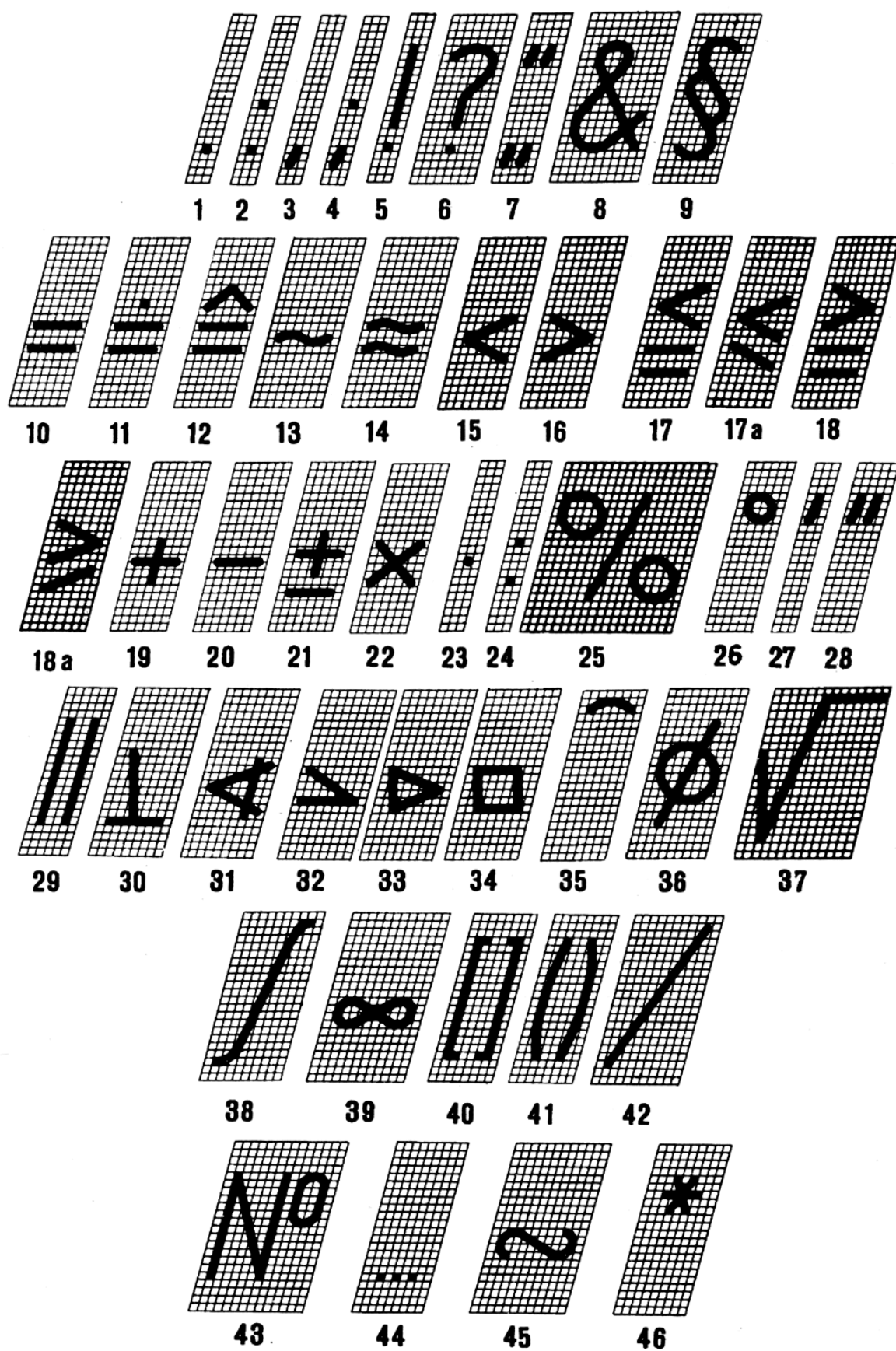


Рисунок 7

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 17a	Меньше или равно	41	Круглые скобки
18 и 18a	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).

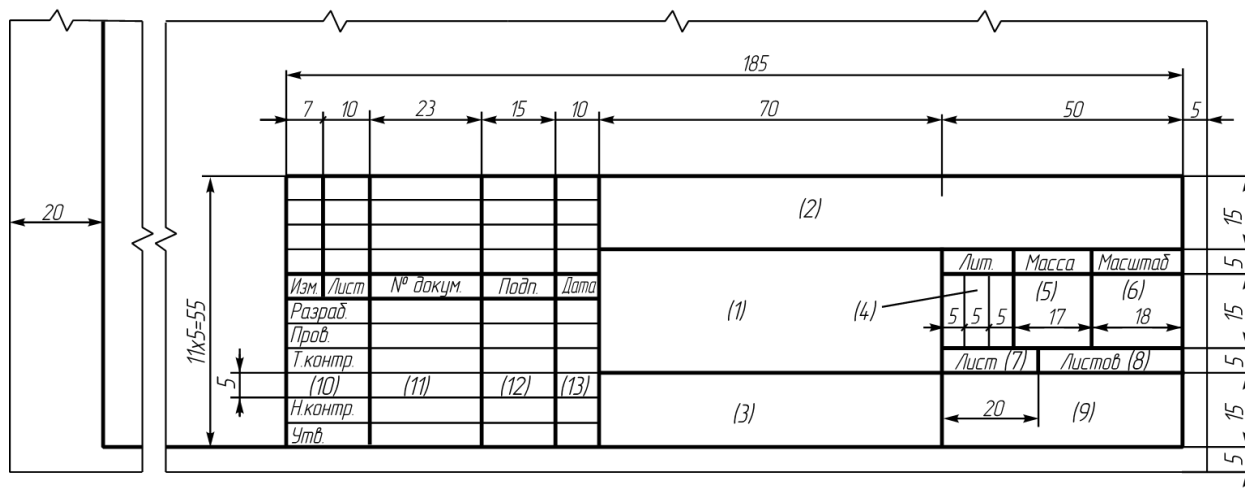


Рисунок 8

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 литературу 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.

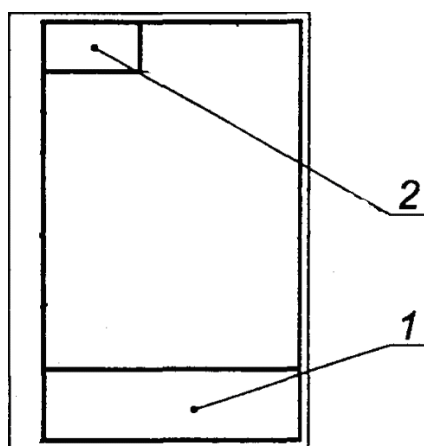


Рисунок 9

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.

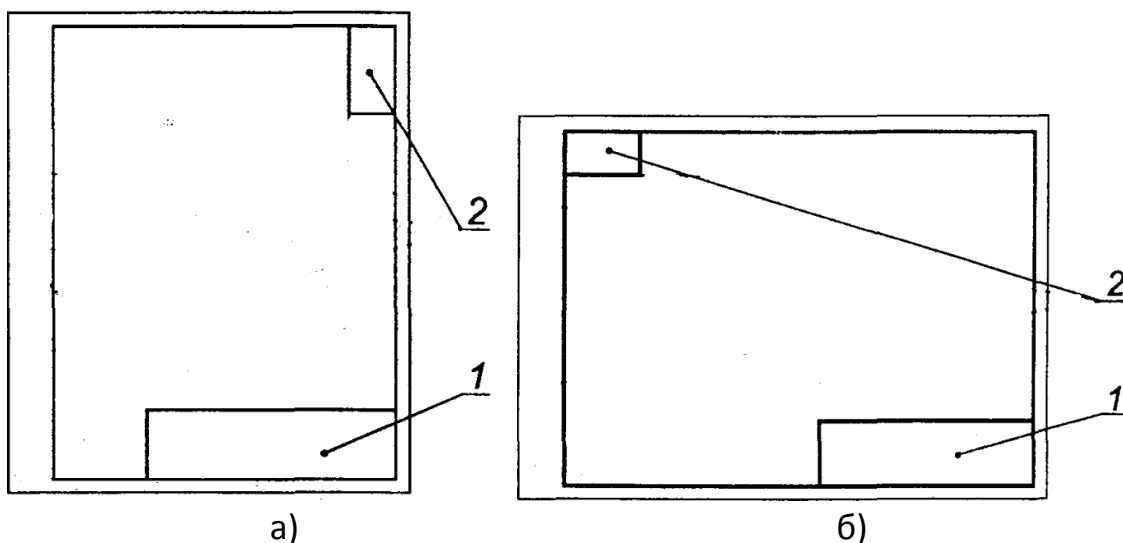


Рисунок 10

1.7 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).

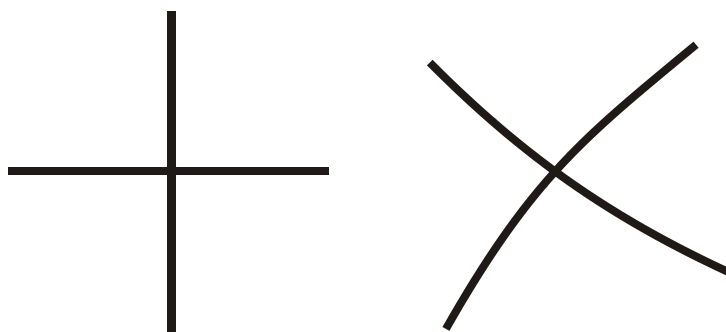


Рисунок 11

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).

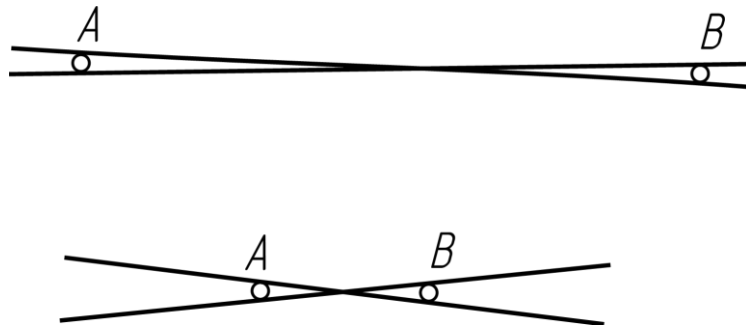
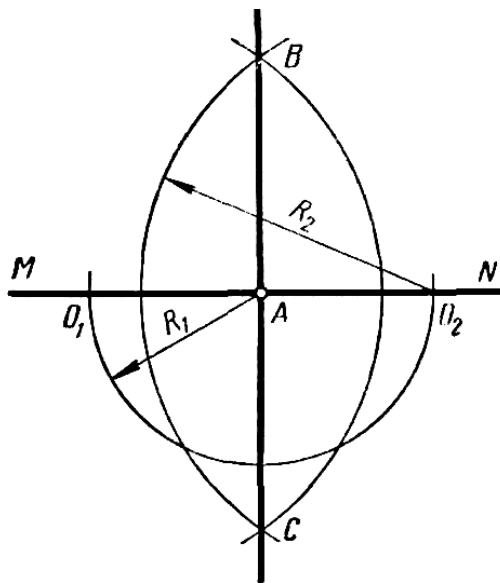


Рисунок 12

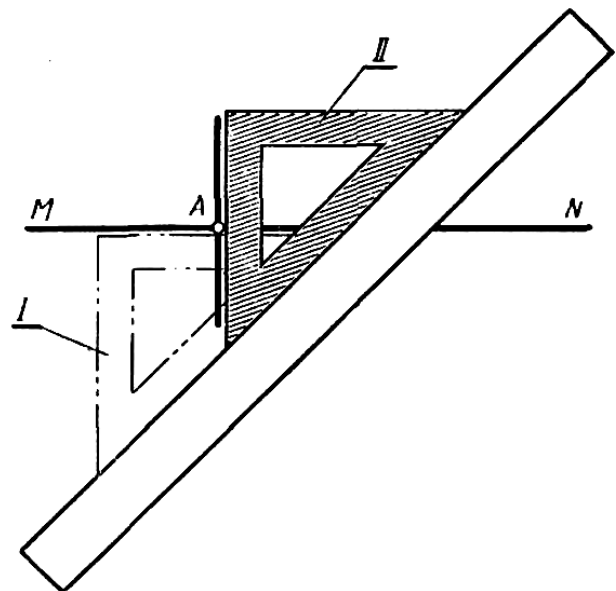
1.7.1 ПОСТРОЕНИЕ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРЯМЫХ

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.



а)



б)

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.

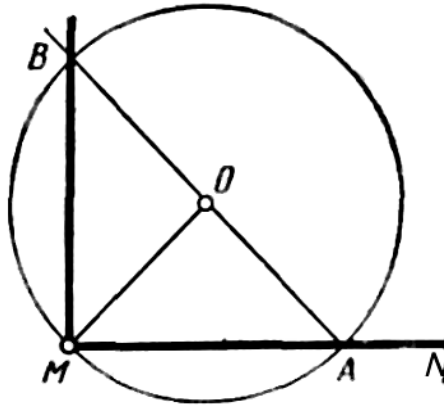


Рисунок 14

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.

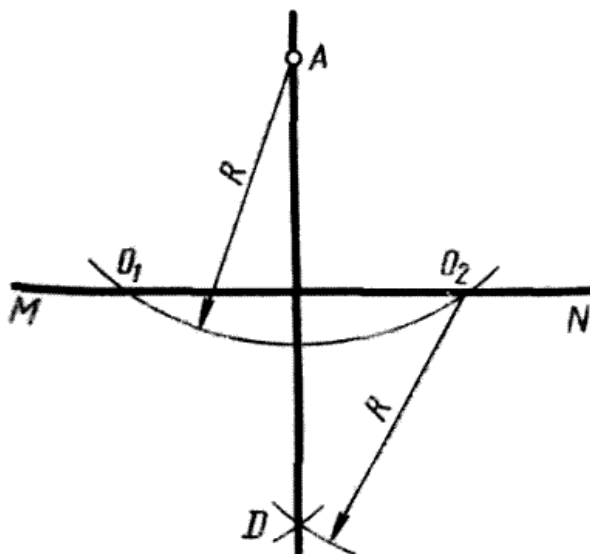


Рисунок 15

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 $ACDE$.

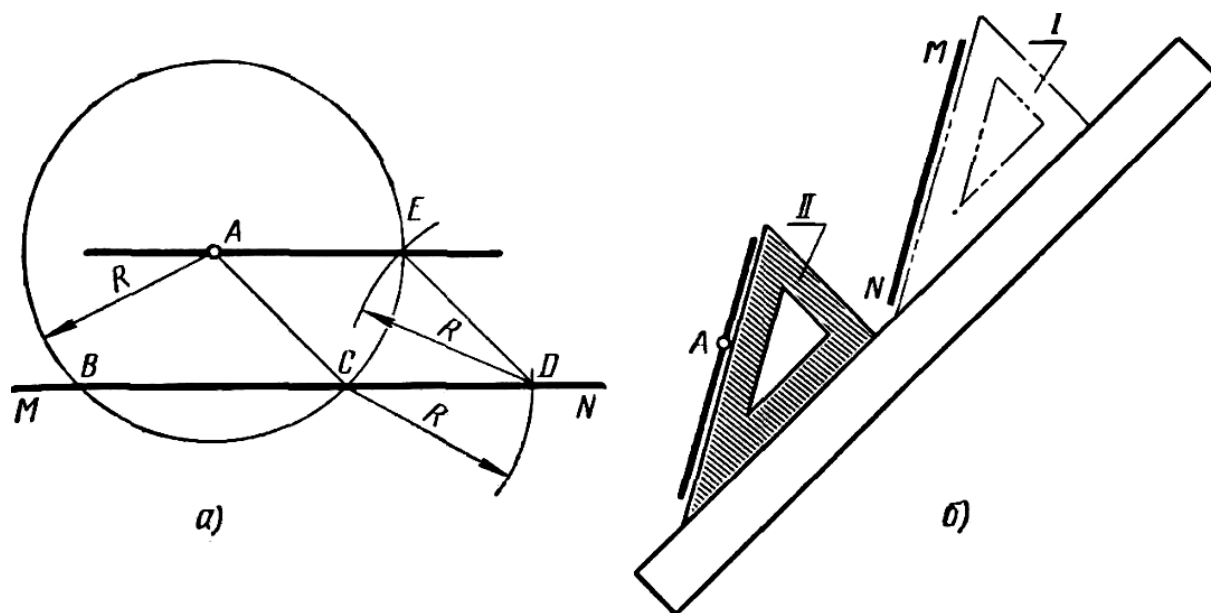


Рисунок 16

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.

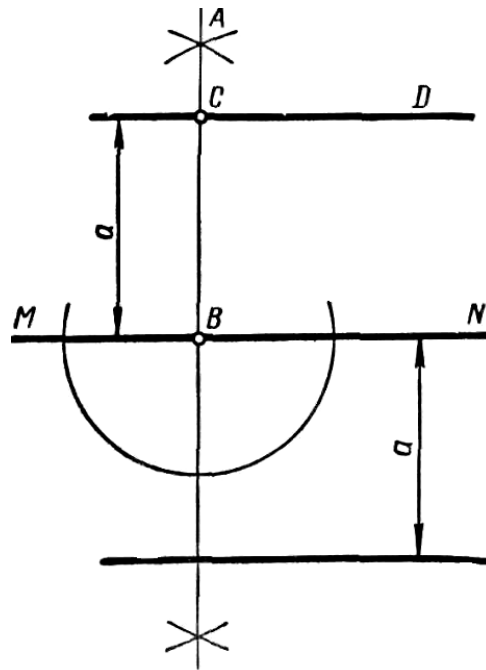


Рисунок 17

Построение углов с помощью рейсшины и двух угольников.

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 18).

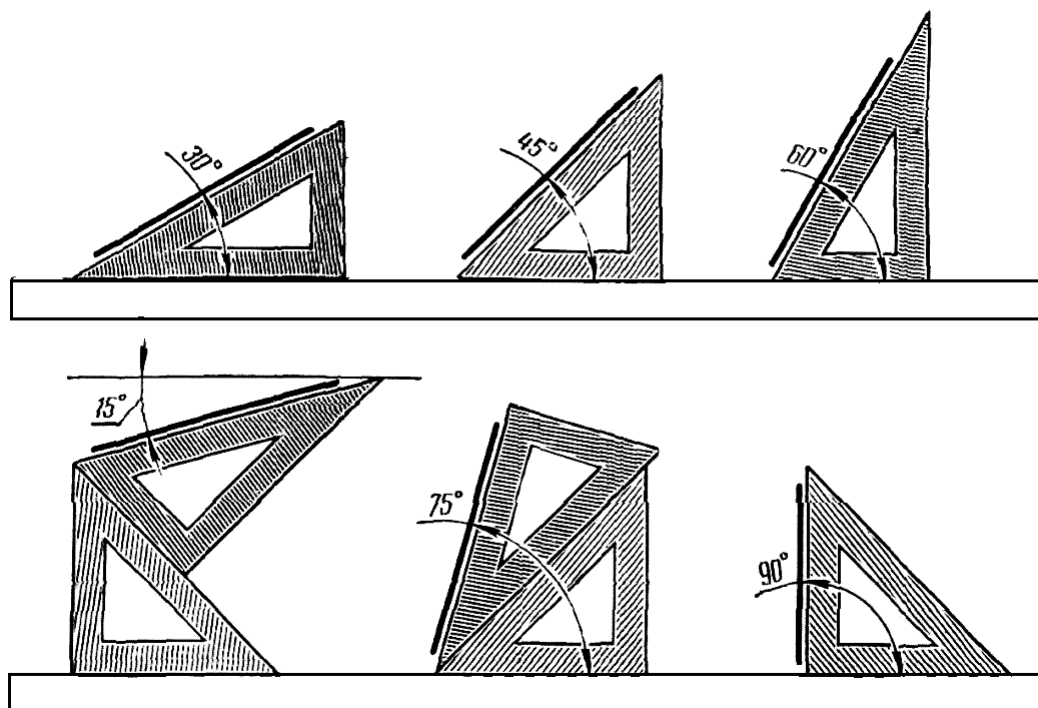


Рисунок 18

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 19) построить угол NBA , равный 107° . Центр полуокружности 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.

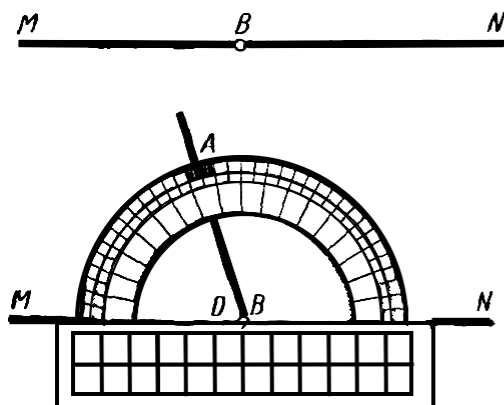


Рисунок 19

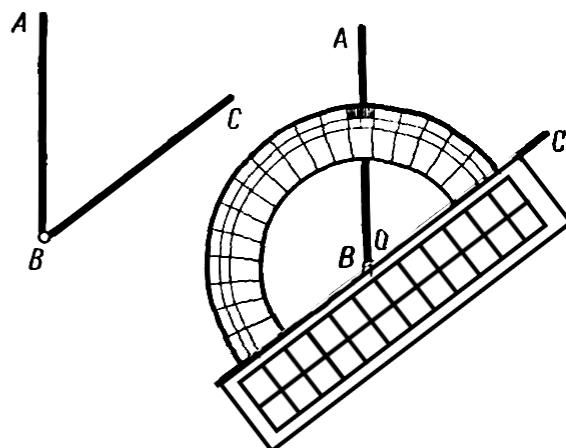


Рисунок 20

Измерение углов. На рисунке 20 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.

Деление углов

Деление угла пополам (рисунок 21, 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 21, б).

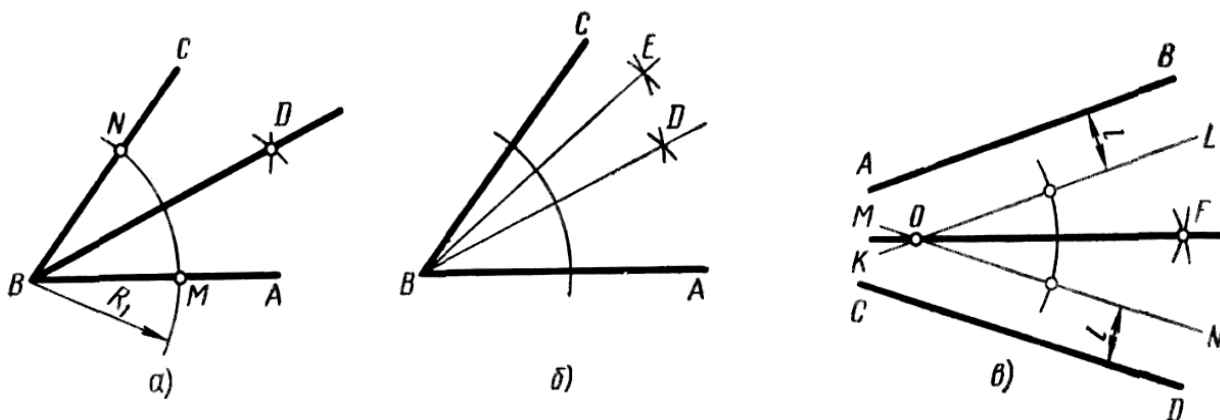


Рисунок 21

В том случае, когда угол задан сторонами, не пересекающимися в

пределах чертежа, например **AB** и **CD** на рисунке 21, 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 22). 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.

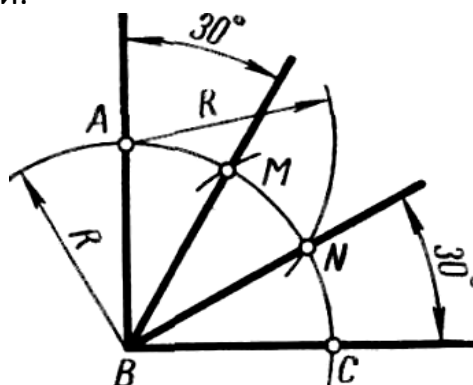


Рисунок 22

1.7.2 ДЕЛЕНИЕ ОКРУЖНОСТИ НА РАВНЫЕ ЧАСТИ, ПОСТРОЕНИЕ ПРАВИЛЬНЫХ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

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 23, а). Разделив каждую четвертую часть пополам, получают восьмые части, а при дальнейшем делении – шестнадцатые, тридцать вторые части и т. д. (рисунок 23, б). Если соединить прямыми точки деления, то можно получить стороны правильного вписанного квадрата (**a₄**), восьмиугольника (**a₈**) и т. д. (рисунок 23, в).

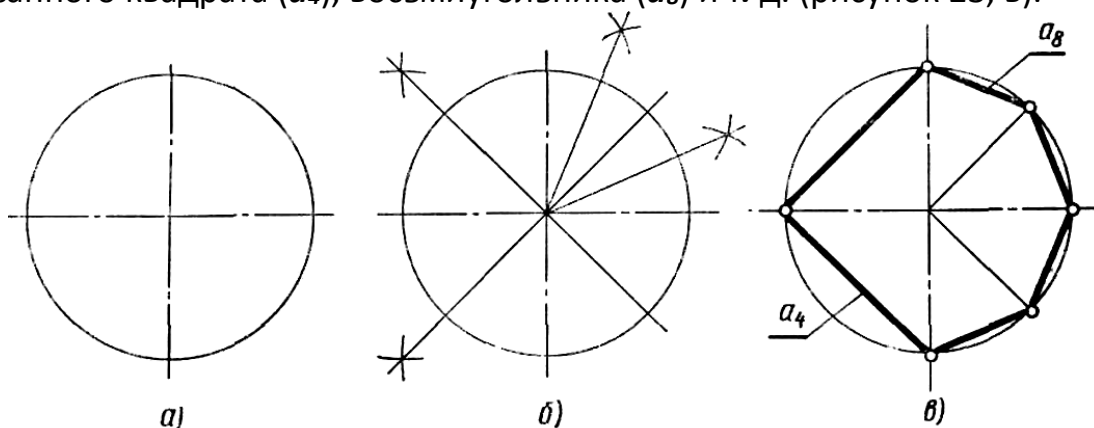


Рисунок 23

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 24 а). Из точек **1** и **2** как из центров описывают дуги радиусом окружности **R** до пересечения с ней в точках **A, B, C** и **D**. Точки **A, B, 1, C, D** и **2** делят окружность на шесть равных частей. Эти же точки, взятые через одну, разделяют окружность на три равные части (рисунок 24, б). Для деления окружности на 12 равных частей описывают еще две дуги радиусом окружности из точек **3** и **4** (рисунок 24, в).

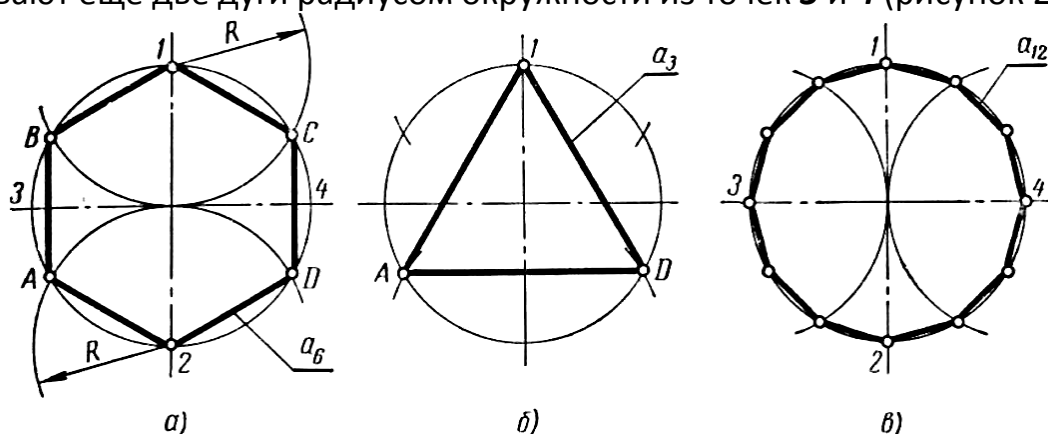


Рисунок 24

Построить правильные вписанные треугольник, шестиугольник и т. д. можно также с помощью линейки и угольника в 30° и 60° . На рисунке 25 приведено подобное построение для вписанного треугольника.

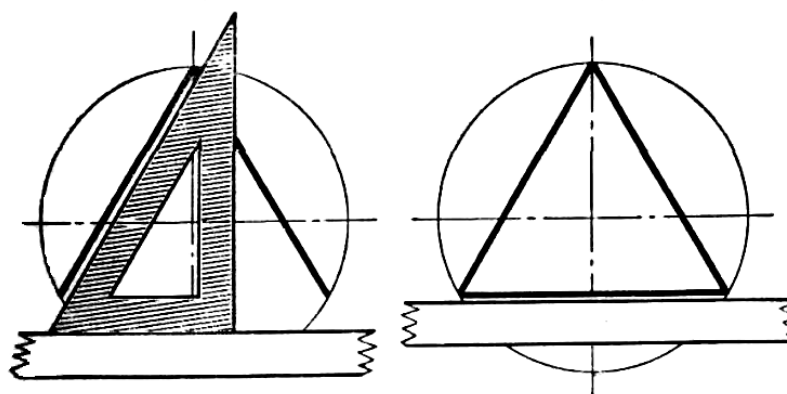


Рисунок 25

Деление окружности на семь равных частей и построение правильного вписанного семиугольника (рисунок 26) выполняют с помощью половины стороны вписанного треугольника, приблизительно равной стороне вписанного семиугольника.

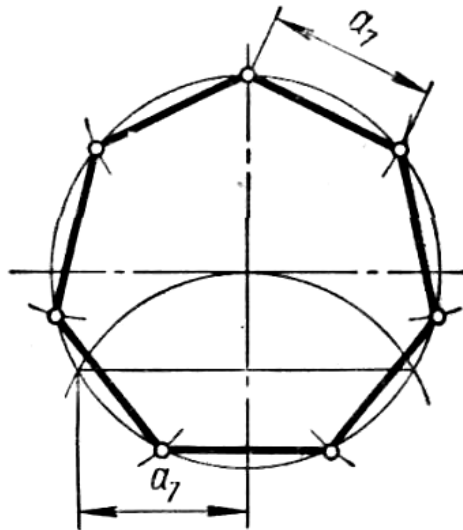


Рисунок 26

Для деления окружности на пять или десять равных частей проводят два взаимно перпендикулярных диаметра (рисунок 27, 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 27, б. Примером использования деления окружности на пять частей является пятиконечная звезда (рисунок 27, в).

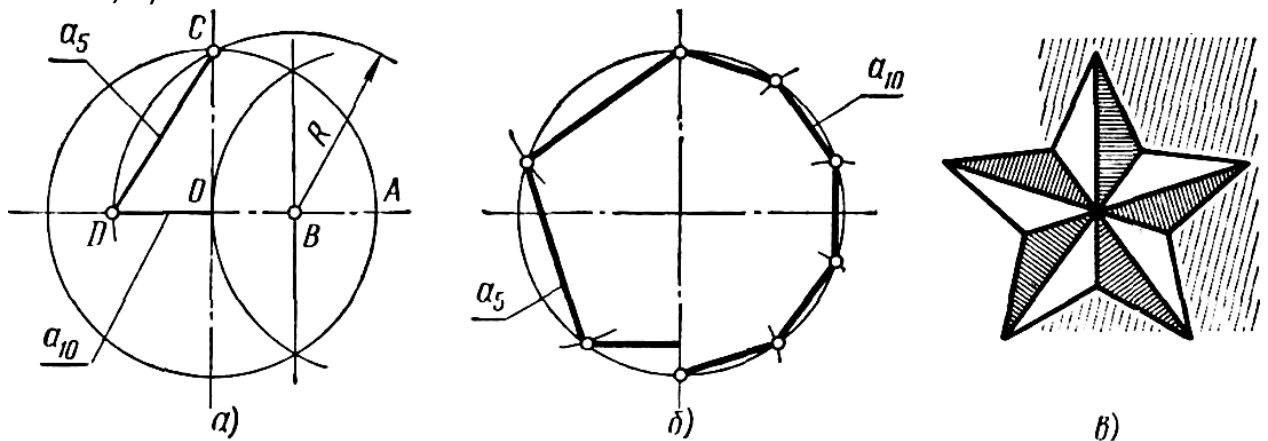


Рисунок 27

На рисунке 28 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 28, 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 28, б).

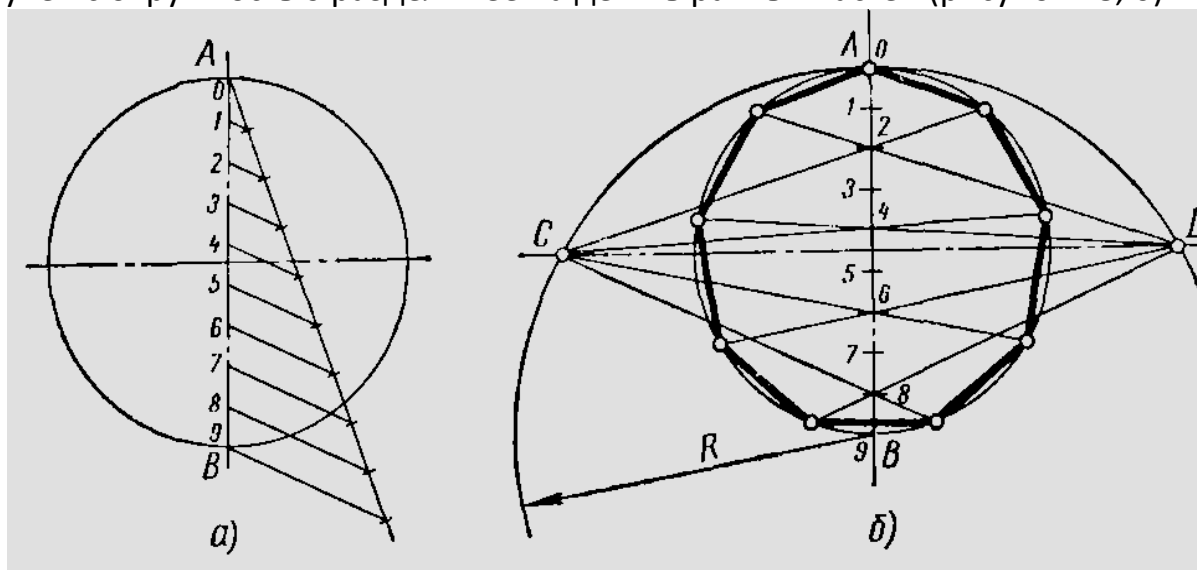


Рисунок 28

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

2. 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.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, основанном 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.29,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.29,б. Для построения угла 30° берут приближенное соотношение катетов прямоугольного треугольника 4:7 (рис.29,г) или 3:5 (рис.29,в).

Для приближенного построения углов 7° или 41° осей в прямоугольной диметрии берут соотношение катетов 1:8, 7:8 (рис.29,д). Построение угла 120° аналогично построению угла 30° (рис.29,е).

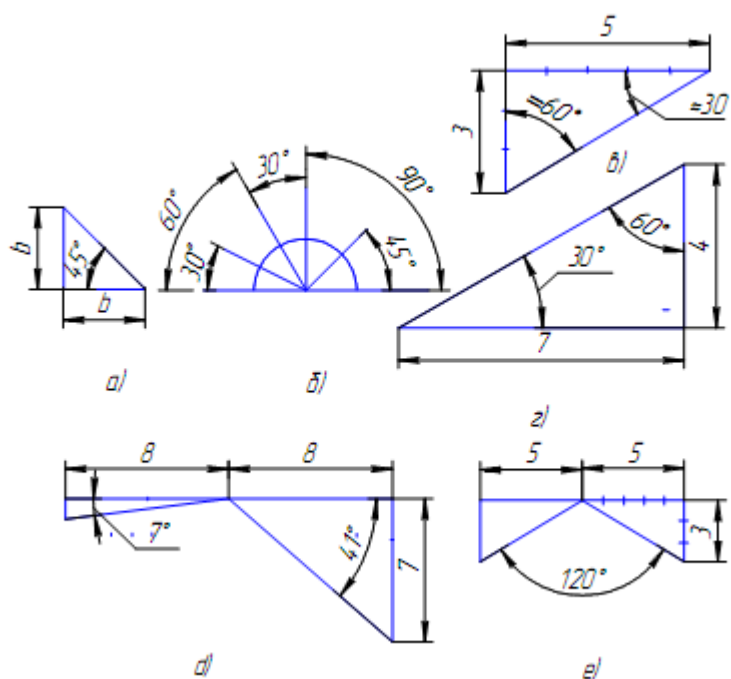


Рисунок 29

Ниже указаны отношения количества клеток, образующие некоторые углы:

$$\begin{array}{ll}
 10^\circ - \frac{1}{6} \left(\frac{2}{12} \right) & 50^\circ - \frac{6}{5} \\
 20^\circ - \frac{3}{8} & 60^\circ - \frac{7}{4} \\
 30^\circ - \frac{4}{7} & 70^\circ - \frac{8}{3} \\
 40^\circ - \frac{5}{6} & 80^\circ - \frac{6}{1} \left(\frac{12}{2} \right)
 \end{array}$$

3.2. РИСУНКИ ПЛОСКИХ ФИГУР

Равносторонний треугольник: Для построения равностороннего треугольника (рис.30) 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.

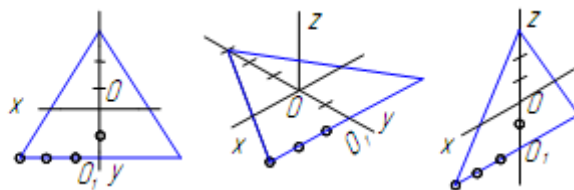


Рисунок 30

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.31,а (изометрическая проекция) и рис. 31,б (диметрическая проекция). В аксонометрии сначала проводят аксонометрические оси, затем по осям от точки 0 откладывают половину заданных величин сторон.

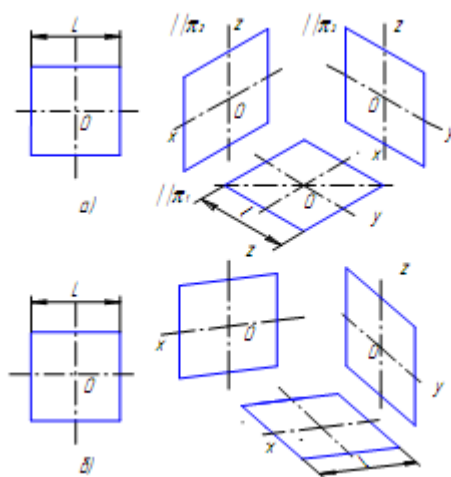


Рисунок 31

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.32,а (изометрическая проекция), рис. 32,б (диметрическая проекция).

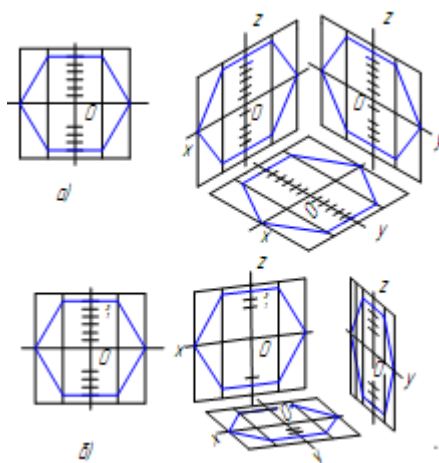


Рисунок 32

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. 33) 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.

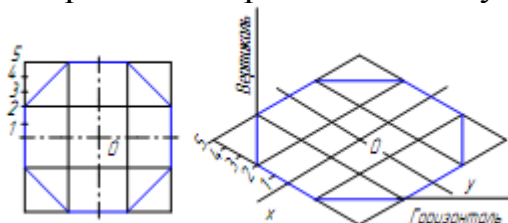


Рисунок 33

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.34)

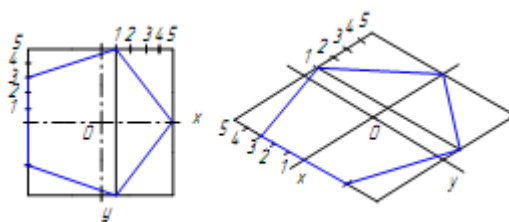


Рисунок 34

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 Е, G, F, H, затем проводят диагонали квадрата и на них отмечают точки А, В, С 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.35).

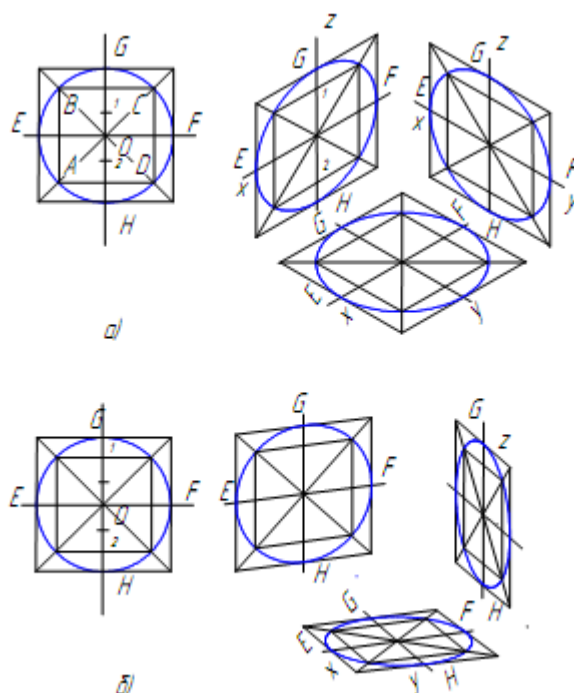


Рисунок 35

На рис. 36 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.

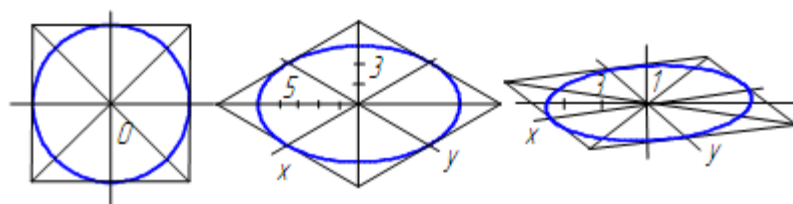


Рисунок 36

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. 37).

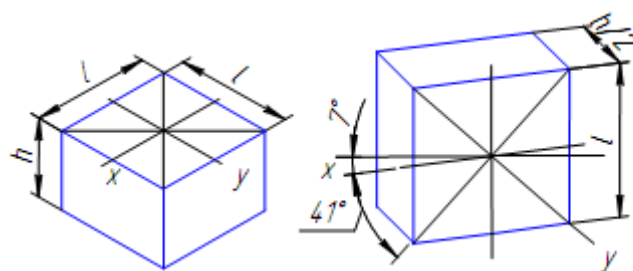


Рисунок 37

Пирамиду рисуют, начиная с основания, затем проводят линию высоты и намечают на ней вершину S , ее соединяют с вершинами основания (рис. 38).

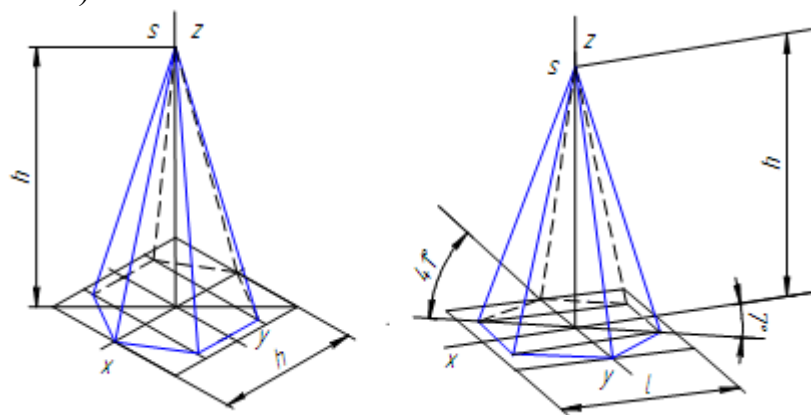


Рисунок 38

Вертикально расположенный цилиндр начинают рисовать с верхнего основания (рис.39), затем проводят касательные к эллипсу, образующие цилиндра; параллельно построенному основанию строят нижнее основание.

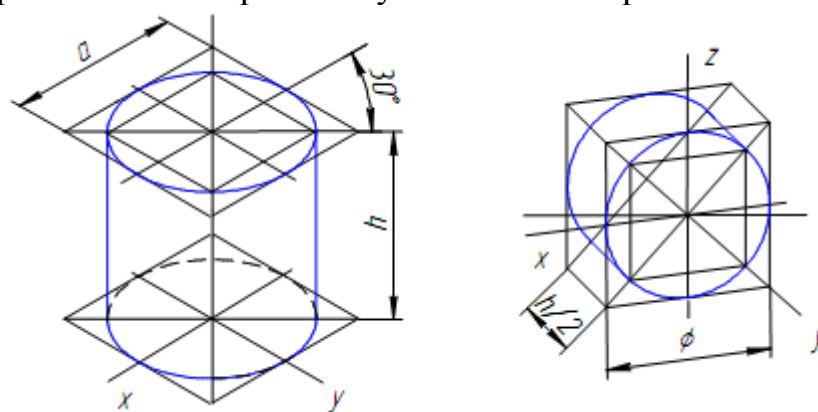


Рисунок 39

На рис.40 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.

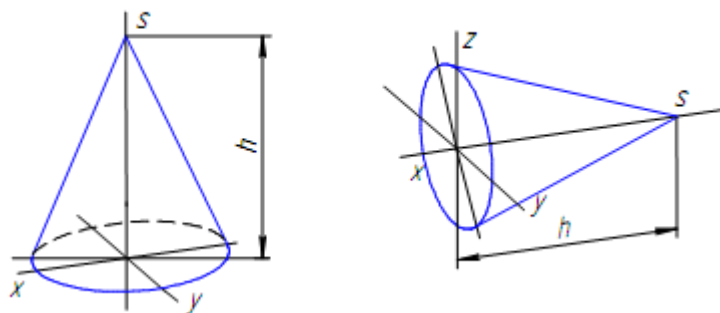


Рисунок 40

Шар в прямоугольной аксонометрии изображается окружностью (рис. 41).

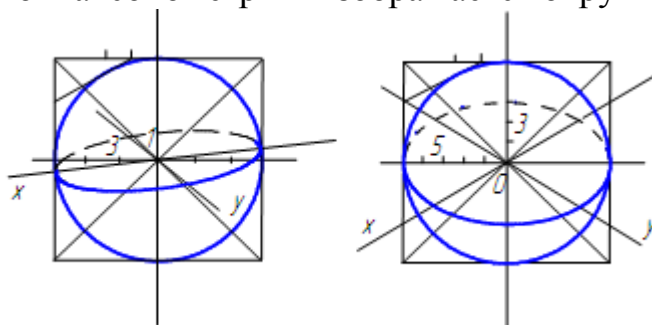


Рисунок 41

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, образуемая 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. 42).

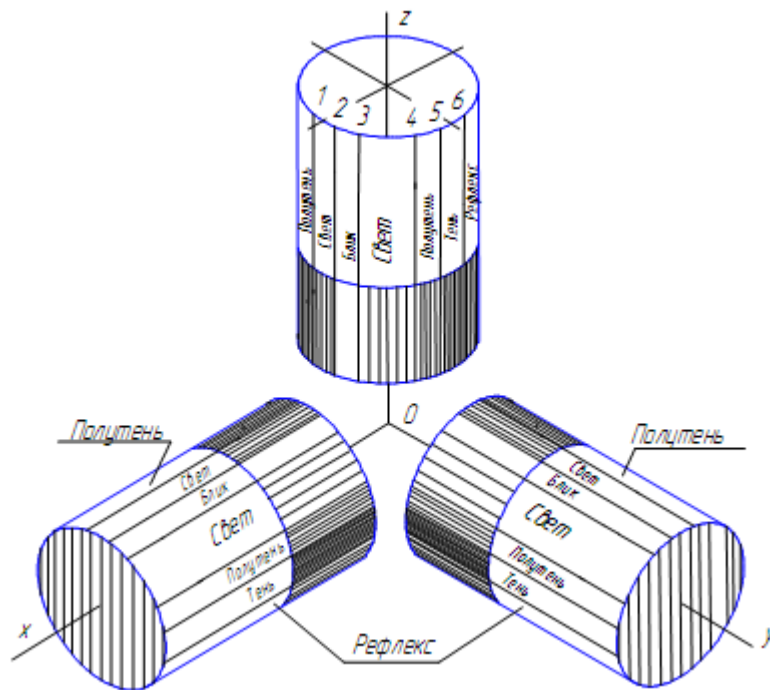


Рисунок 42

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

Параллельная штриховка (рис. 43). 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.

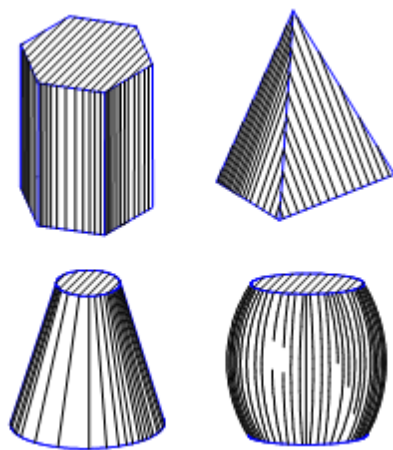


Рисунок 43

Шраффировка (рис. 44) – 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.

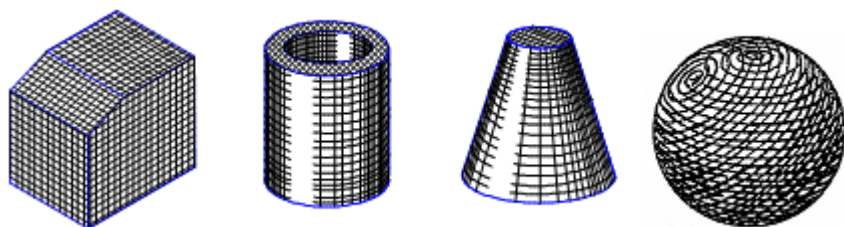


Рисунок 44

Оттенение точками (рис. 45) 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.

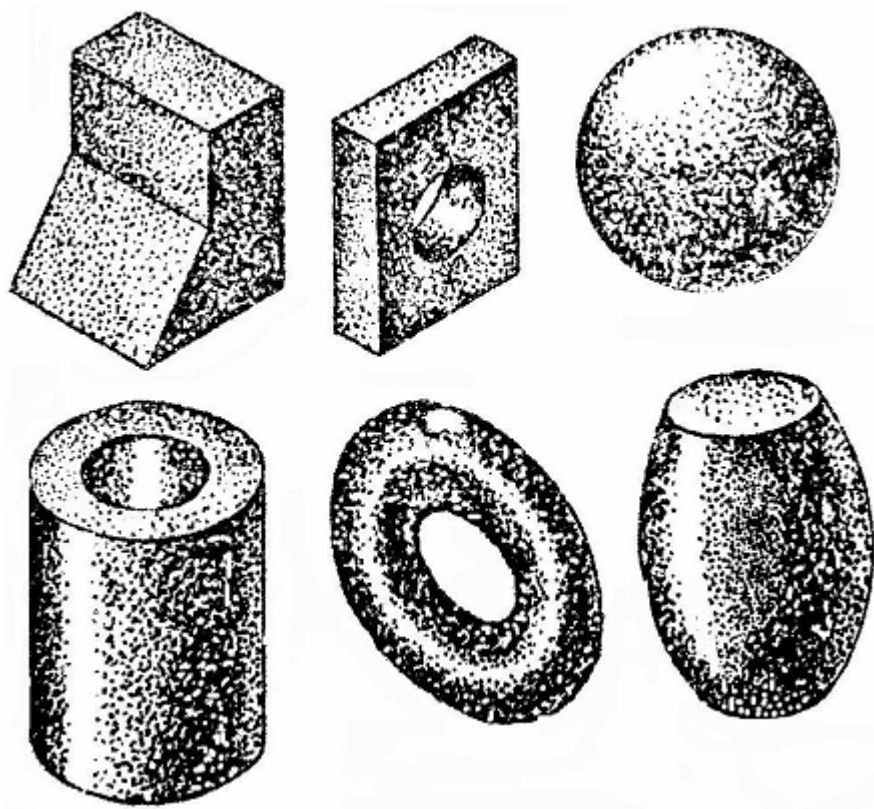


Рисунок 45

3.5 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.

3.6 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. 46).

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.

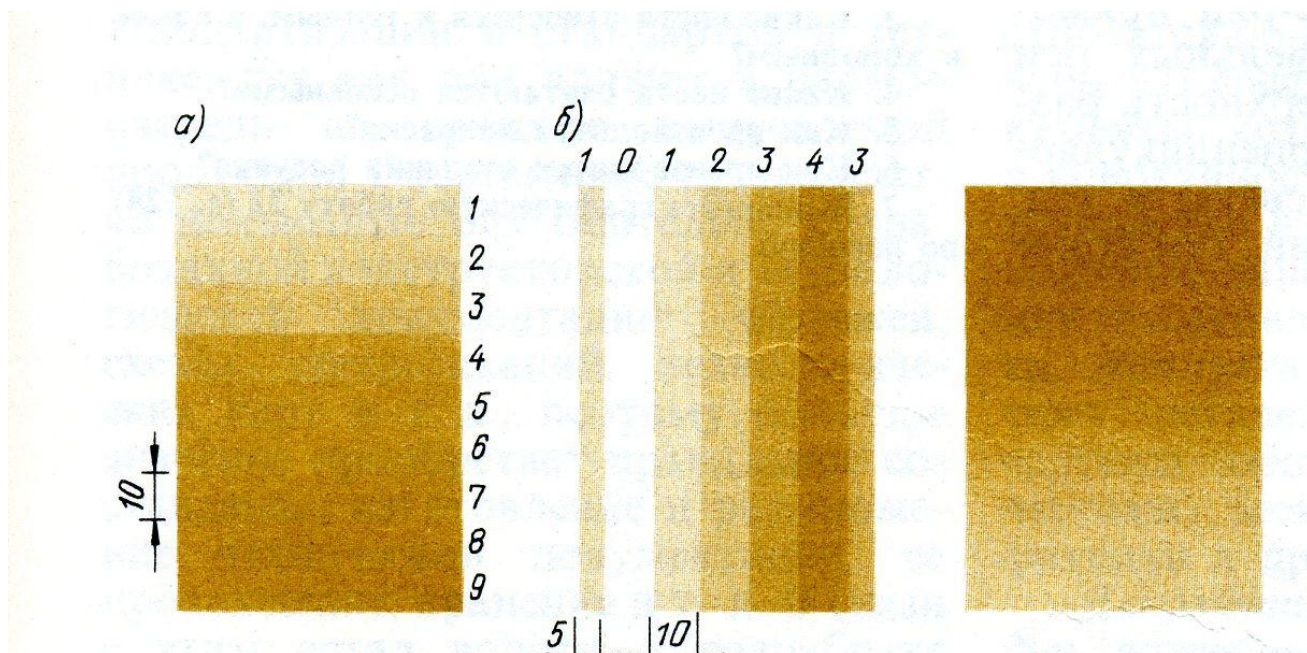


Рисунок 46

4.РАЗВЕРТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

4.1.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 развертывается и называется **косой поверхностью**.

Таким образом, к числу развертывающихся линейчатых поверхностей относятся **цилиндрические** (рис. 47а), **конические** (рис. 47б) и **торсы** (рис. 47 в).

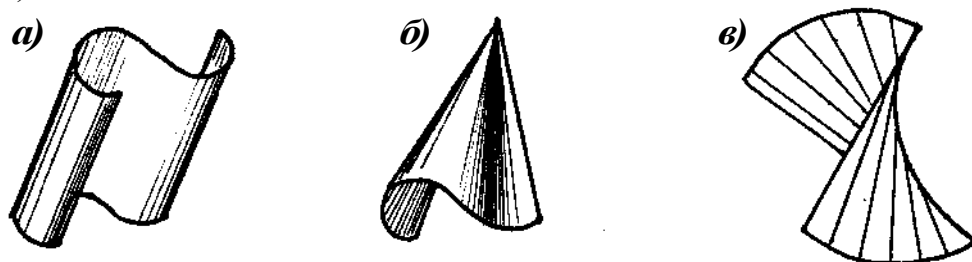


Рисунок 47

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

4.1.1 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. 48) 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

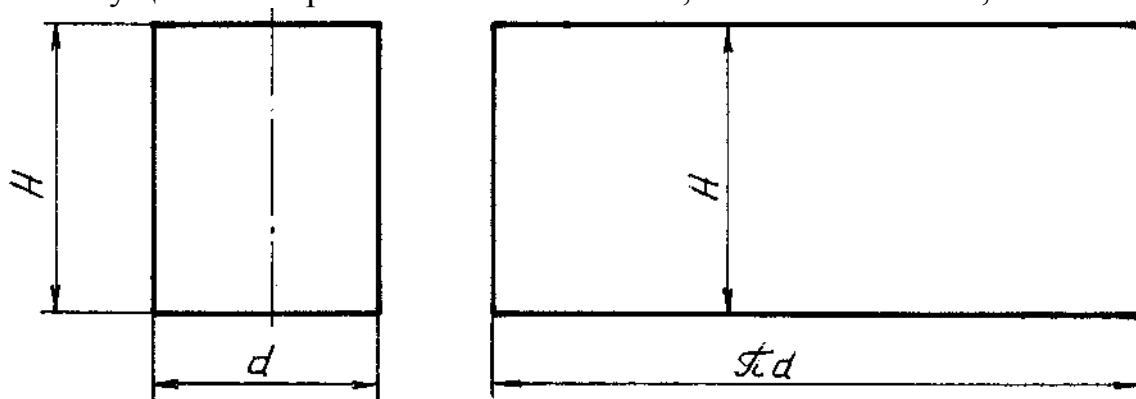


Рисунок 48

Конус. Развертка прямого кругового конуса (рис. 49) представляет собой сектор круга, радиус которого R равен длине образующей конуса, а центральный угол φ° определяется формулой:

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

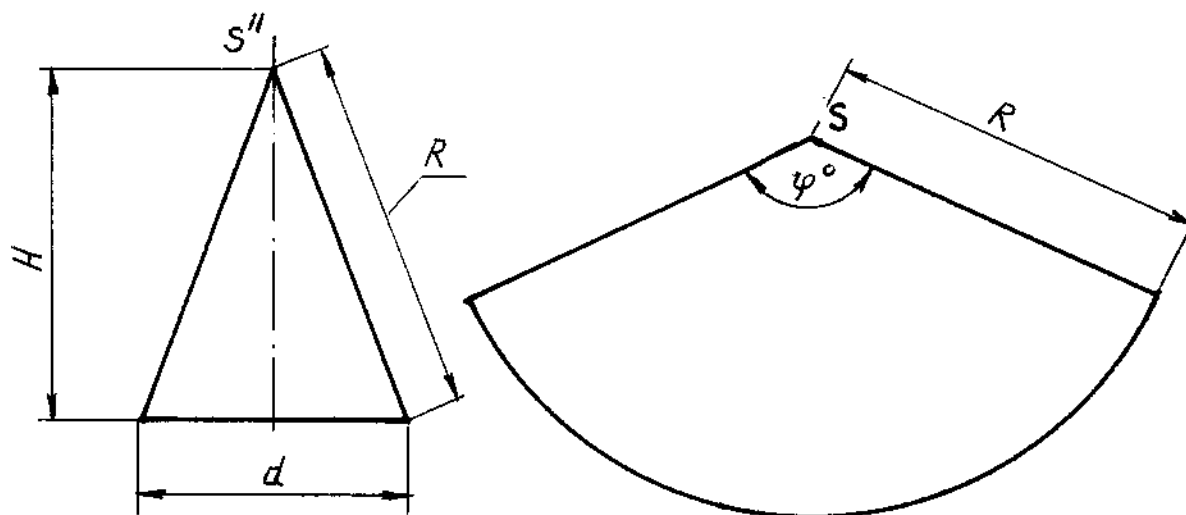


Рисунок 49

4. ПОСТРОЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

4.1. 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 обзораемость предмета. Его составные части не должны загораживать друг друга.

Угол зрения φ - угол между проецирующими лучами, направленными в крайние точки плана предмета (рис. 50), 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_1 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. 51.

Для переноса точек с комплексного чертежа на картину применяют поворотную линейку, изготовленную также из листового картона по размерам (рис. 52).

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.

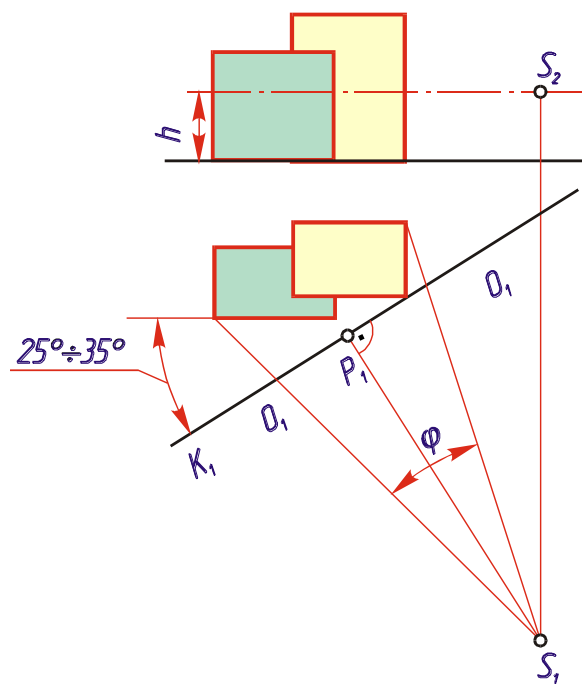


Рисунок 50

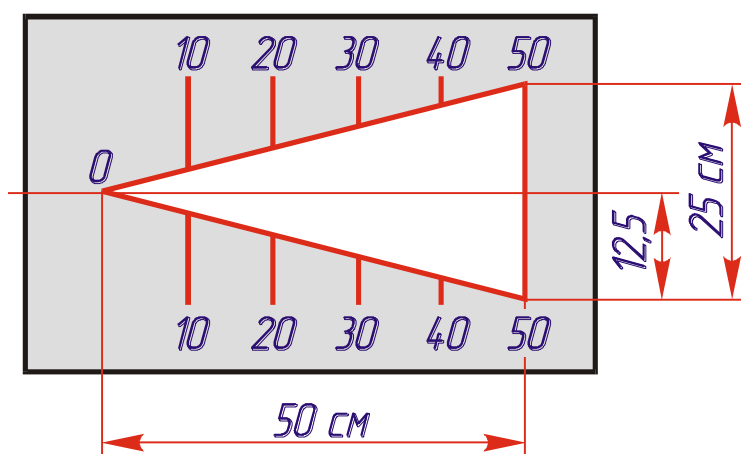


Рисунок 51

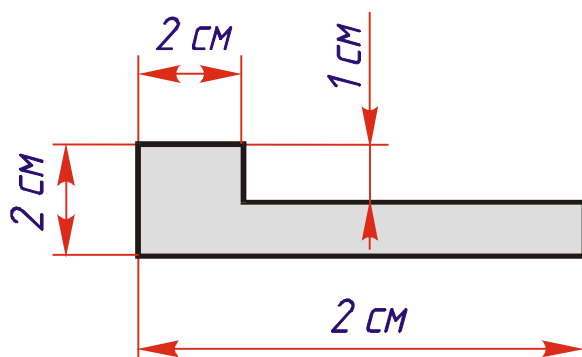


Рисунок 52

4.2 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. 53.

Построение проводим в следующем порядке.

1. Руководствуясь вышеизложенными правилами назначения точки зрения и картины, через ребро $D_I \equiv E_I$ 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. 53) 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. 54) и проводим через них тонкие вертикальные линии. Переносим в перспективу также точки $D_I \equiv E_I$ и A_I' .

3. Проводим на горизонтальной проекции прямые $S_I F_I$ и $S_I F_I'$ (проекции лучей SF и SF'), параллельные сторонам основания предмета, до пересечения с основанием картины K_I в точках F_I и F_I' (горизонтальные проекции точек схода); определяем (см. рис. 54) на линии горизонта точки схода F и F' горизонтальных ребер данного тела.

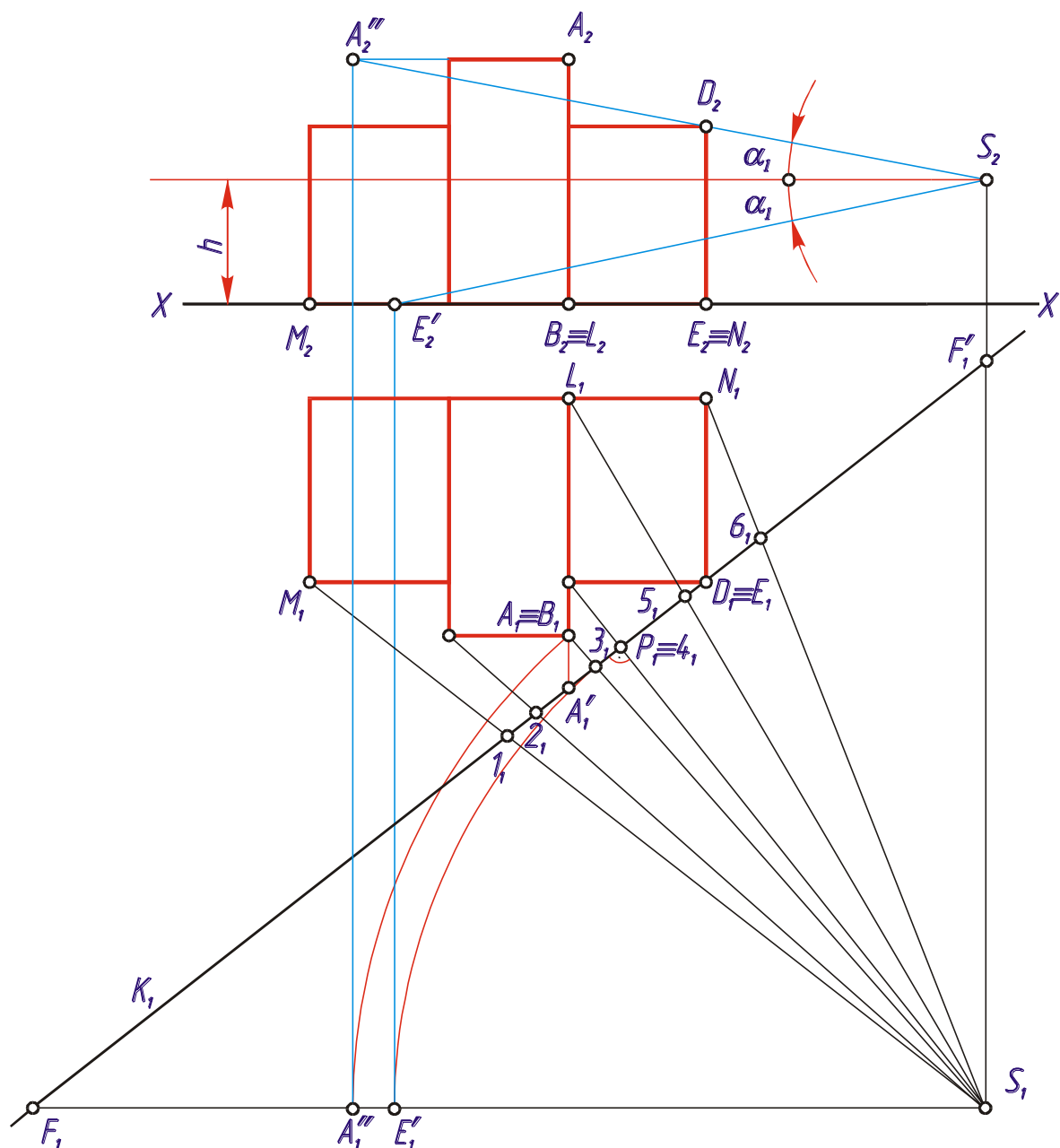


Рисунок 53

4. Строим перспективу основания тела, пользуясь способом, рассмотренным в прим. 1 предыдущей темы.

Прежде всего, строим перспективу сторон EN , EM и BL , соединяя точку $D_I \equiv E_I$ (см. рис. 54) с точками F и F' , а точку A' - с точкой F' , и определяем положение вершин N , M , B и L (в перспективе они не обозначены) при помощи вертикальных прямых, проходящих через точки 1, 3, 5 и 6.

После этого, имея перспективу вершин E , N , M и B , строим перспективу остальных сторон и вершин основания.

5. Строим перспективу ребра DE или (DD_1) , откладывая от точки D_1 вверх вдоль вертикальной прямой натуральную длину этого ребра.

6. Строим перспективу ребра AB , откладывая его натуральную длину в виде отрезка $A_1'A'$, расположенного в картинной плоскости.

Отрезок $A_1'A'$ можно рассматривать или как проекцию ребра AB на плоскости K , или как линию пересечения с плоскостью картины продолженной грани предмета.

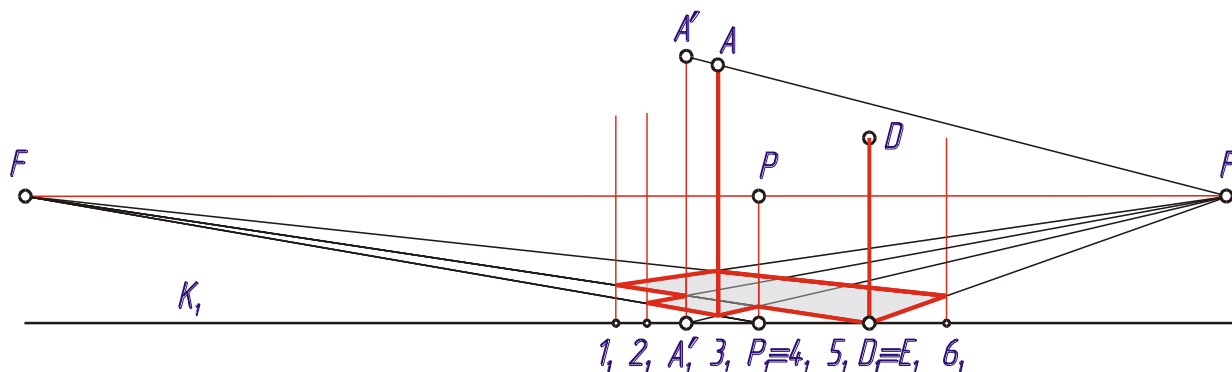


Рисунок 54

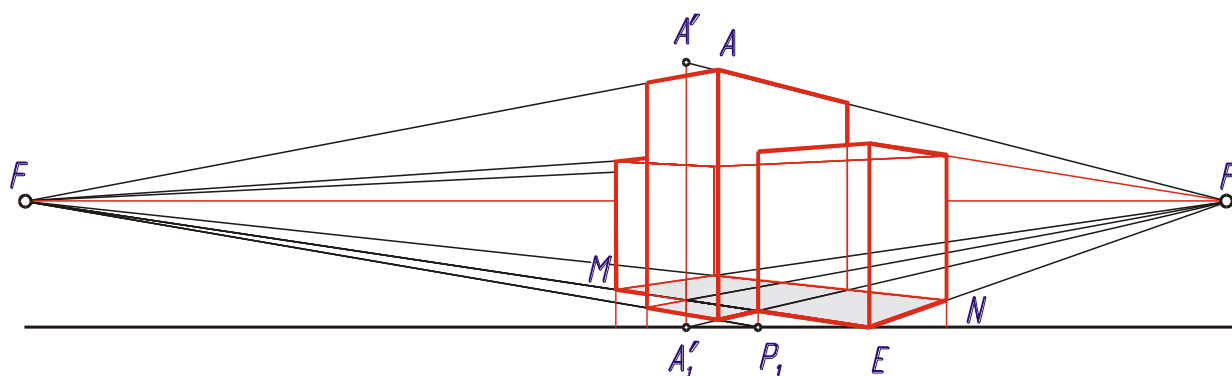


Рисунок 55

7. Дальнейшие построения выполнены на рис.55 и заключаются в проведении горизонтальных ребер предмета, идущих в точки схода F и F' .

Примечание. Перспектива тела на рис. 54 и 55 построена в масштабе 2:1 по отношению к размерам ортогонального чертежа (см. рис. 53).

5. 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 объёмно-пространственной 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. 56,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 б), полутона (зоны 1, 2, 3, 4, 5), рефлекс и контраст (рис. 56,б).

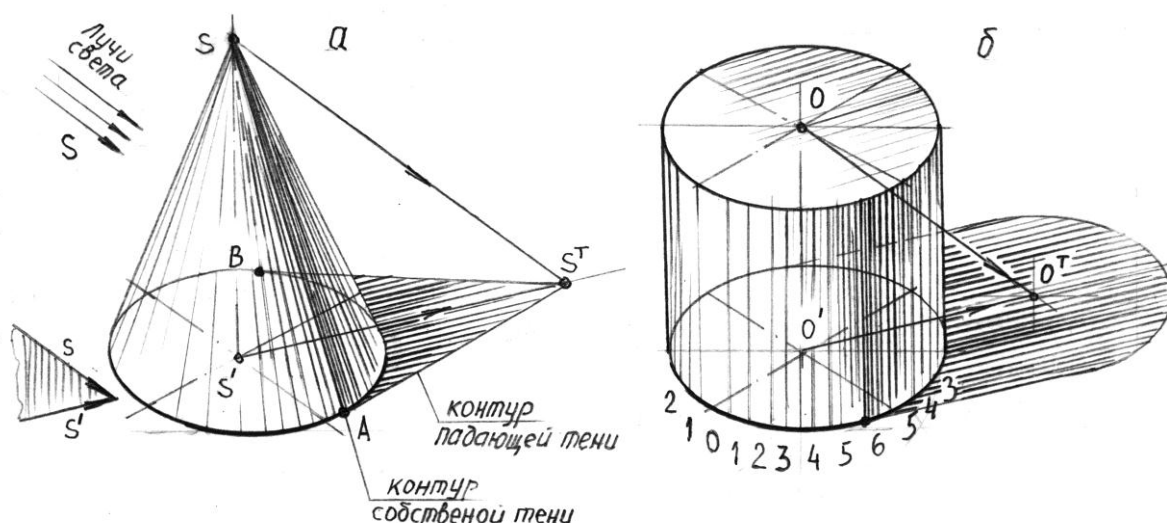


Рисунок 56

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. 57,а). Проекции светового луча S' и S'' составляют с осью x угол 45° (рис 57,б).

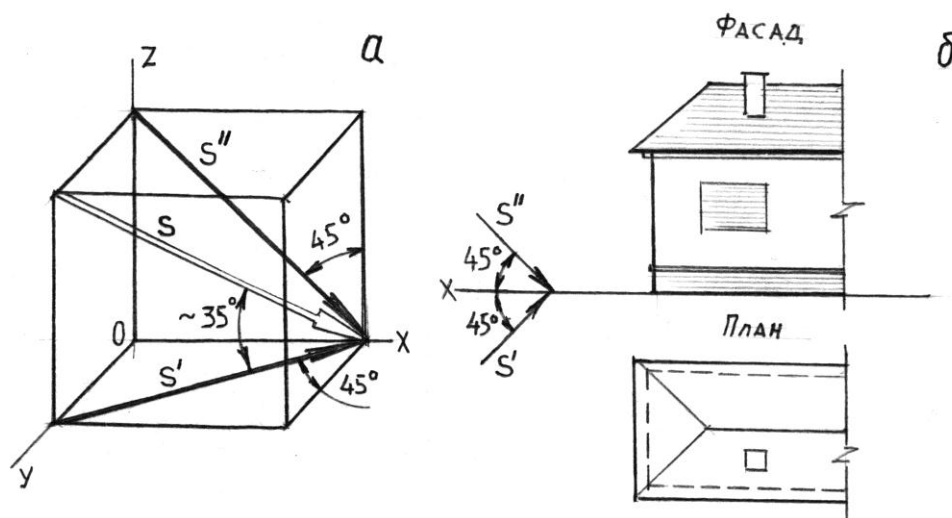


Рисунок 57

Истинный угол наклона луча к горизонтальной плоскости проекций равен $\sim 35^\circ$, который строится так: вычерчивается квадрат $ABCD$ (рис. 58), 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.

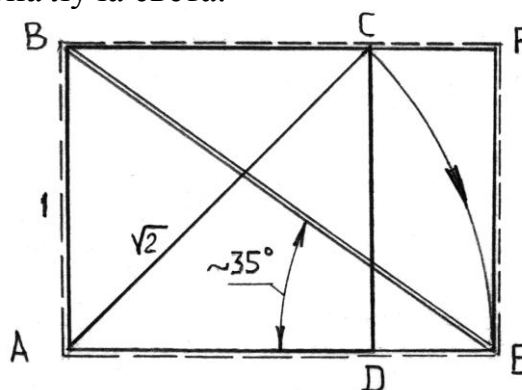


Рисунок 58

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

6 ПОСТРОЕНИЕ ТЕНЕЙ В ПЕРСПЕКТИВЕ

Для придания перспективным изображениям большей выразительности строят собственные и падающие тени изображенных объектов. В основу этих построений положены геометрические предпосылки теории теней, рассмотренные ранее в предыдущих курсах при изучении начертательной геометрии. Не повторяя их заново, перейдем к конкретным примерам построения, на которых покажем некоторые особенности, присущие этим методам.

Построение теней в перспективе имеет много общего с аналогичными построениями в аксонометрии. Так же как и в аксонометрии, в перспективе для построения теней необходимо задать направление светового луча и иметь на чертеже его вторичную проекцию. Но поскольку в основе перспективы - центральное проецирование, а не параллельное, то и лучевые прямые, их проекции, параллельные в пространстве, имеют в перспективе свои точки схода.

Так как источник света S считается удаленным в бесконечность, то вторичная проекция его должна быть на линии горизонта. В зависимости от направления лучей и положения источника света относительно зрителя и картины возможны следующие три основные схемы теней (рис.59).

На **первой** из них солнце находится позади зрителя, слева. При этом точка схода проекции лучей расположена на горизонте S_1 , точка схода самих лучей (перспектива солнца S) - ниже горизонта на одной вертикали с точкой S_1 .

На **второй** схеме солнце расположено перед зрителем. Теперь перспектива солнца (S) находится впереди зрителя выше горизонта на одной вертикали с точкой S_1 .

На **третьей** схеме лучи света параллельны картинной плоскости, поэтому они изображаются и на перспективе параллельными, а вторичные их проекции - параллельными основанию картины, т.е. горизонтальными.

Очевидные удобства построений по третьей схеме позволяют использовать ее для выполнения задания. Все дальнейшие примеры будут даны по этой схеме.

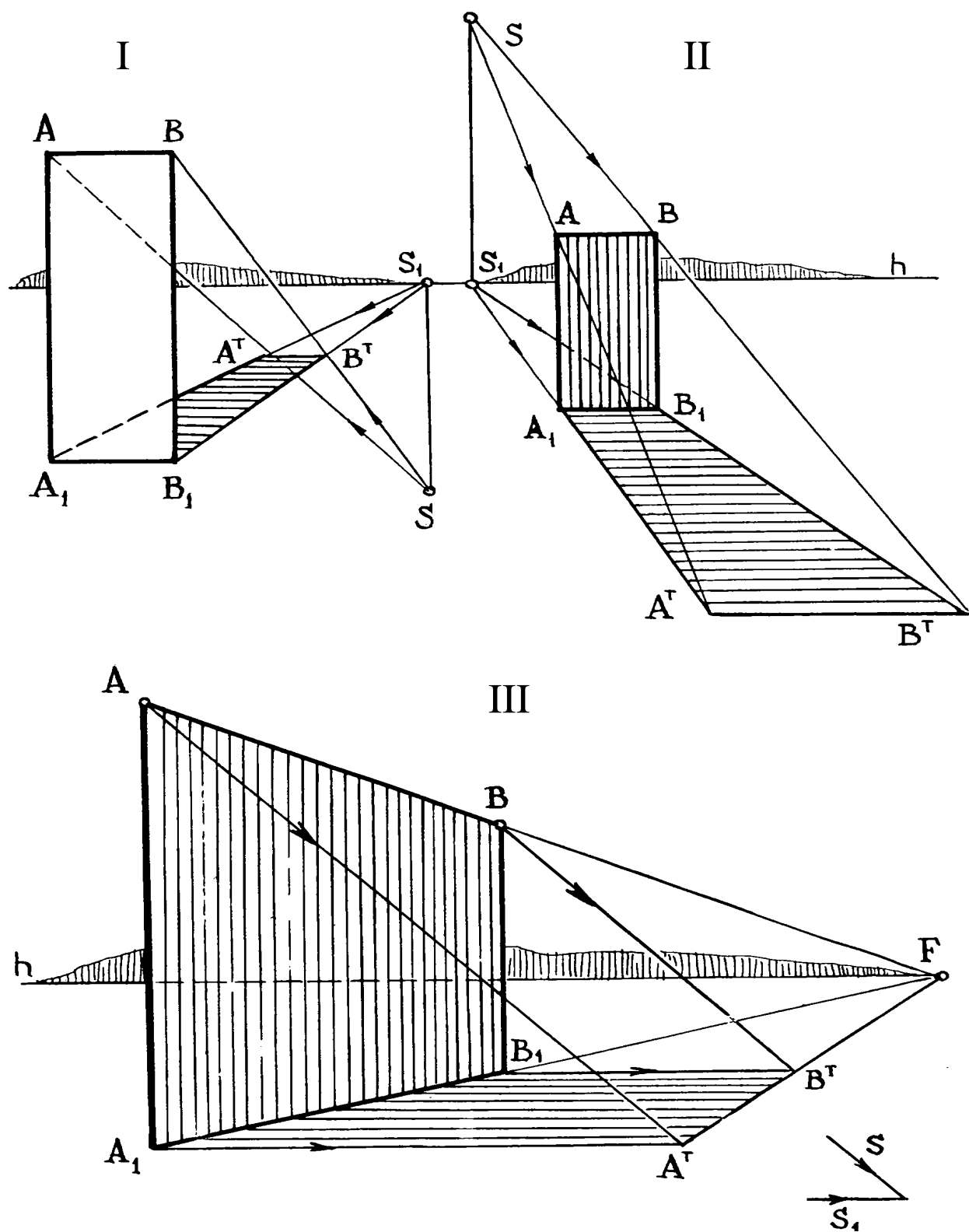


Рис. 59

6.1 ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ

Лучи света, падая на поверхность какого-либо тела, образуют на ней освещенную и неосвещенную часть (рис.60). Тень, образующаяся на неосвещенной части предмета, называется собственной тенью.

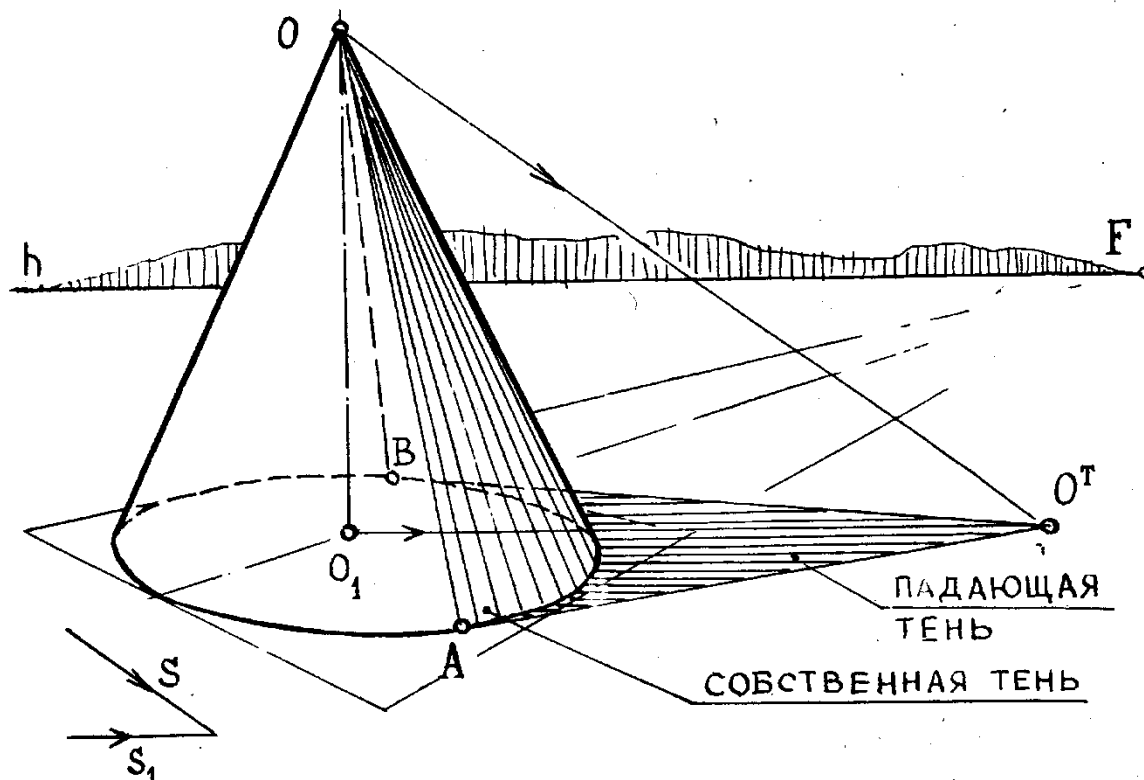


Рис. 60

Линия, разделяющая на поверхности предмета освещенную и затененную части, называется контуром собственной тени (линия AOB). В свою очередь, данный предмет отбрасывает тень на тела, находящиеся позади него. Тень, образующаяся от одного предмета на другом, называется *падающей тенью*, а ее внешняя граница - *контуром падающей тени* (линия AO^TB).

Рассматривая рис.60 мы видим, что между контуром собственной и падающей тени существует прямая связь: оба контура образуются лучевой поверхностью, как бы обертывающей данный предмет и пересекающей затем предметную плоскость.

Иными словами, контур падающей тени является тенью контура собственной тени.

Таким образом, нашей задачей является построение контуров теней. Выявление градаций освещенности внутри зоны тени и света будет рассмотрено ниже.

При выполнении задания используем три основных способа построения теней.

2) **Способ лучевых сечений** состоит в том, что при построении теней как собственных, так и падающих, предметы рассекаются плоскостями, параллельными лучу света, т.е. параллельными плоскости картины. Так, на рис.61 лучевая плоскость α рассекает предмет по линии $1_1 1_{22_1}$, на которой и будет падающая тень от прямой AA_1 отрезками $1_1 1$ и $1A^T$. Этим способом можно построить собственные и падающие тени любых поверхностей, хотя построения могут быть весьма насыщенными и сложными.

The diagram shows a rectangular prism (cuboid) positioned within a beam plane labeled "Лучевая плоскость α ". The prism's vertices are labeled: A (top-left), A_1 (bottom-left), A^T (top-right), and 2 (top-back). The prism's edges are labeled: 1 (left vertical), 1_1 (bottom-left horizontal), and 2_1 (bottom-right horizontal). A dashed line connects A to A_1 . A horizontal line with a point F is shown to the right of the prism. A small triangle at the bottom right shows the beam plane α and a vector S pointing towards it, with a label S_1 below it.

Рис. 61

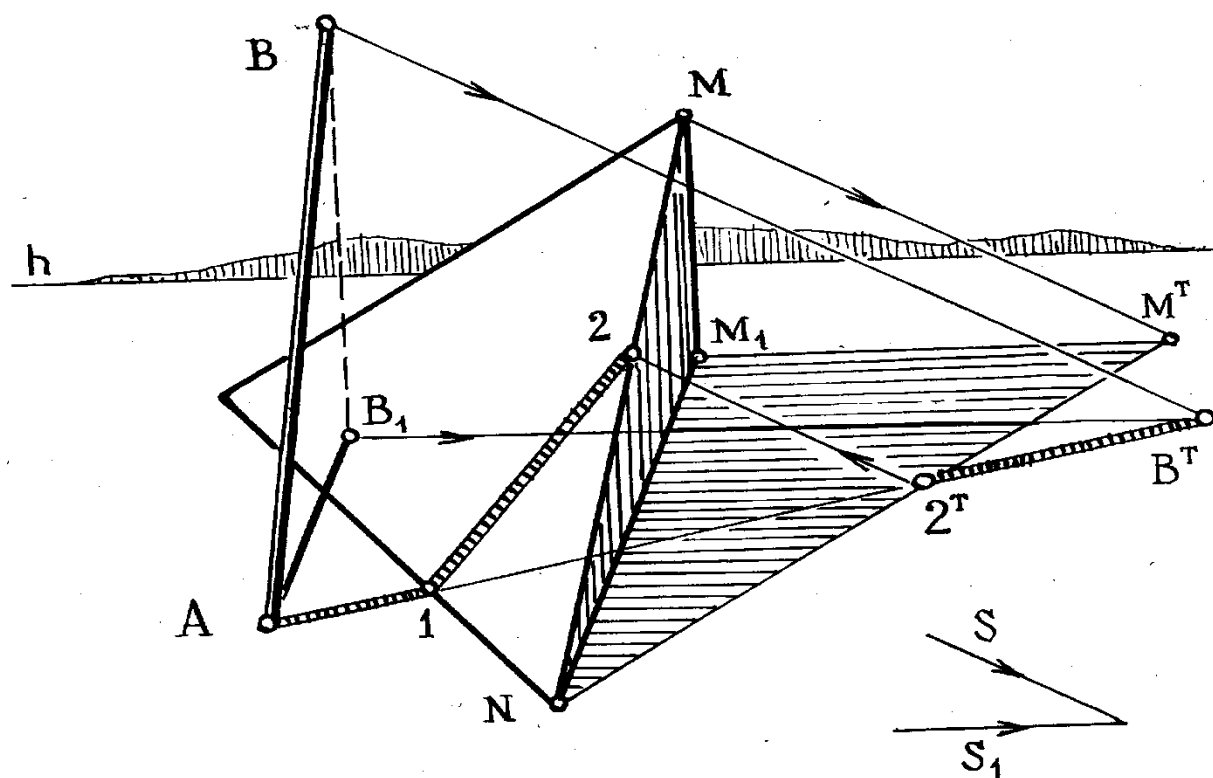


Рис. 62

Так, на рис.62 падающая тень от прямой **AB** состоит из трех отрезков – **A-1**; **1-2** и **2^TB^T**. На предметной плоскости построен контур падающей тени предмета и тень прямой **AB**. Точка **2^T** в пересечении контура **NM^T** с тенью прямой **AB^T** **обратным** лучом перенесена на контур собственной тени предмета, т.е. на ребро **NM**. Далее построение видно из чертежа.

Способ обратных лучей очень прост и дает возможность легко строить характерные точки падающей тени – ее пересечения с контуром собственной тени.

6.2 ТЕНЬ ОТ ТОЧКИ И ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ НА ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ И ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ПЛОСКОСТИ

Для получения тени от точки **A** (рис.63) на чертеже через точку **A** и ее вторичную проекцию проводят соответственно луч **S** и его вторичную проекцию **S₁** до их взаимного пересечения. Полученная точка **A^T** – след луча на предметной плоскости, т.е. тень от точки **A**.

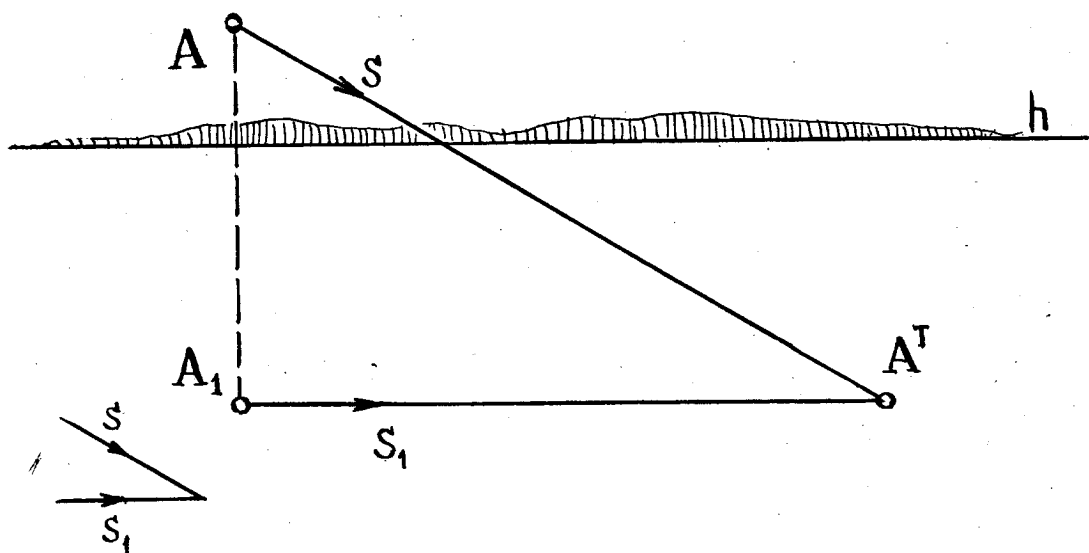


Рис. 63

Для нахождения тени от отрезка различного положения методом следа луча учитывают следующие положения начертательной геометрии.

1) Если прямая перпендикулярна горизонтальной плоскости, то ее тень на этой плоскости совпадает со вторичной проекцией светового луча или параллельна ей (рис.64 и рис.65).

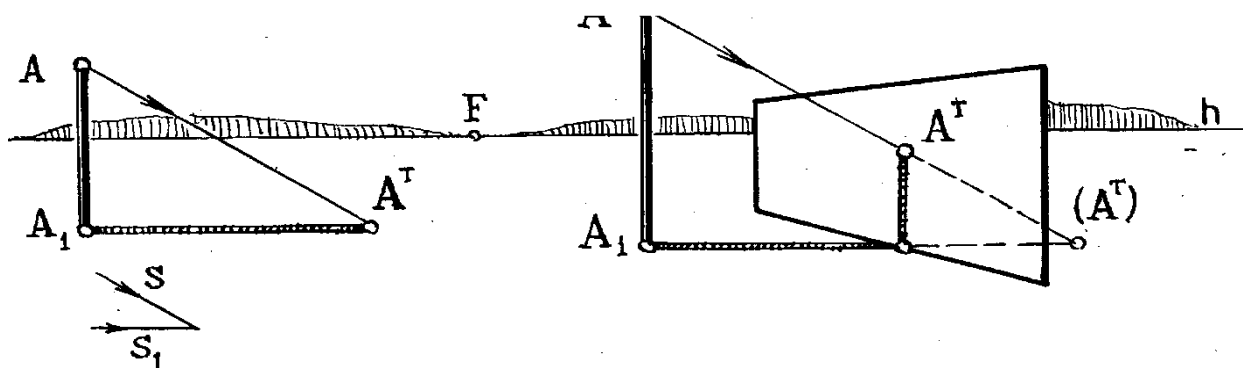


Рис. 14

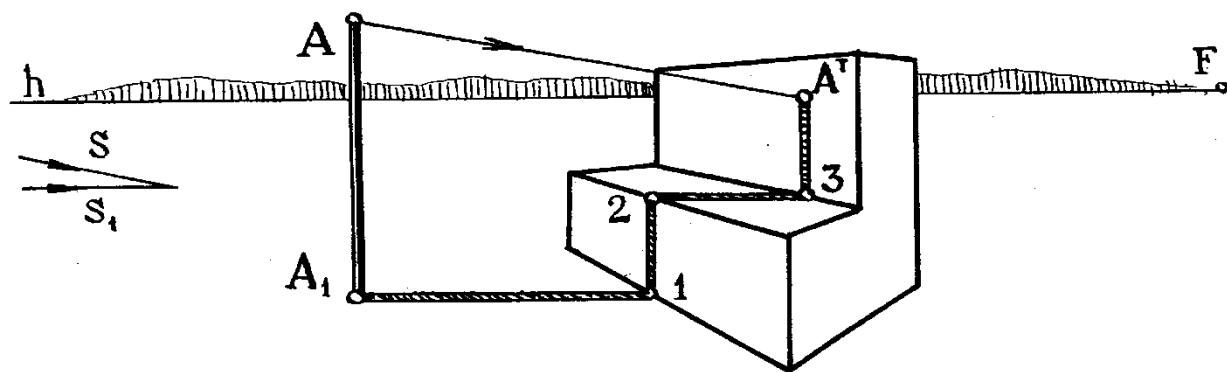


Рис. 65

2) Если прямая параллельна какой-либо плоскости, то ее тень на этой плоскости параллельна прямой. Для вертикальных прямых их параллельность своим теням на вертикальных плоскостях сохраняется и в перспективе, а для горизонтальных прямых эта параллельность учитывается в перспективе общей точкой схода F на линии горизонта (рис.66, рис.67).

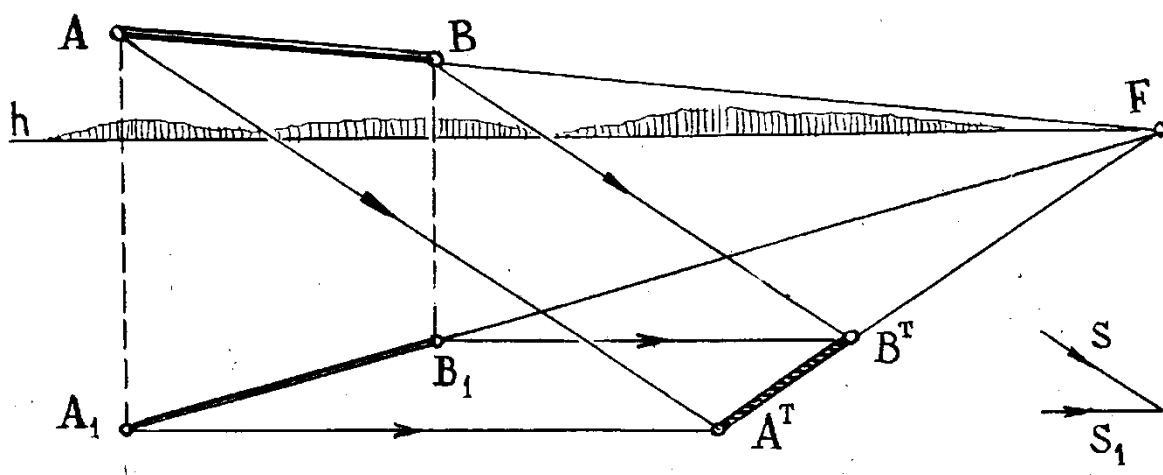


Рис. 66

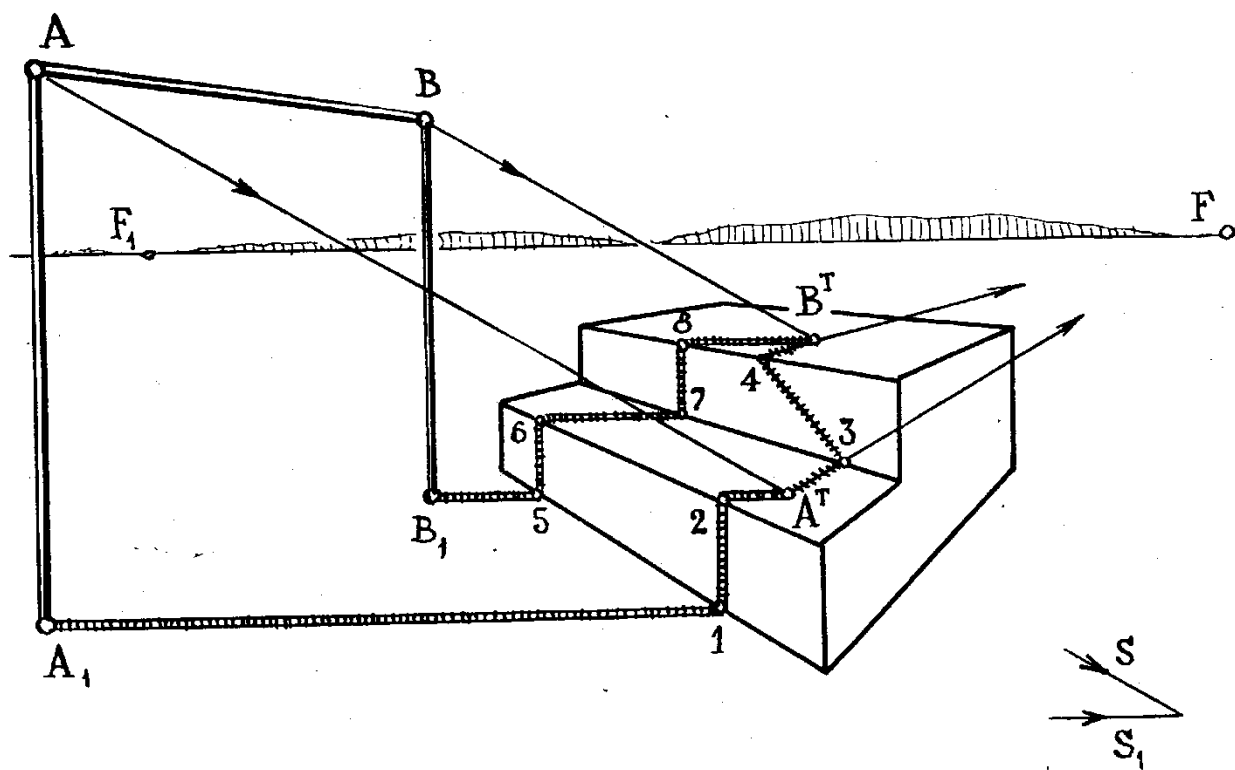


Рис. 67

На рис.67 тени от вертикальных прямых AA_1 и BB_1 либо совпадают с направлением вторичной проекции светового луча S_1 (отрезки A_11 и B_15 на предметной плоскости), либо ему параллельны на горизонтальных площадках предмета (отрезки $6-7$, $8B^T$ и $2A^T$). На вертикальных плоскостях предмета тени от прямых AA_1 и BB_1 им параллельны (отрезки $1-2$, $5-6$ и $7-8$).

Тени от горизонтальной прямой AB на горизонтальных площадках предмета имеют общую точку схода F на линии горизонта (отрезки A^T3 и $4B^T$). Отрезок тени $3-4$ получен по построению: сначала построена тень B^T , затем проведен отрезок $B4$ с направлением в точку F , аналогично найдена тень точки A – A^T , и проведен отрезок A^T3 с направлением в точку F , наконец, соединены точки 3 и 4 .

На рис.68 показано построение тени от стержня AK (кронштейна), выходящего из плоскости вертикальной стены под прямым углом.

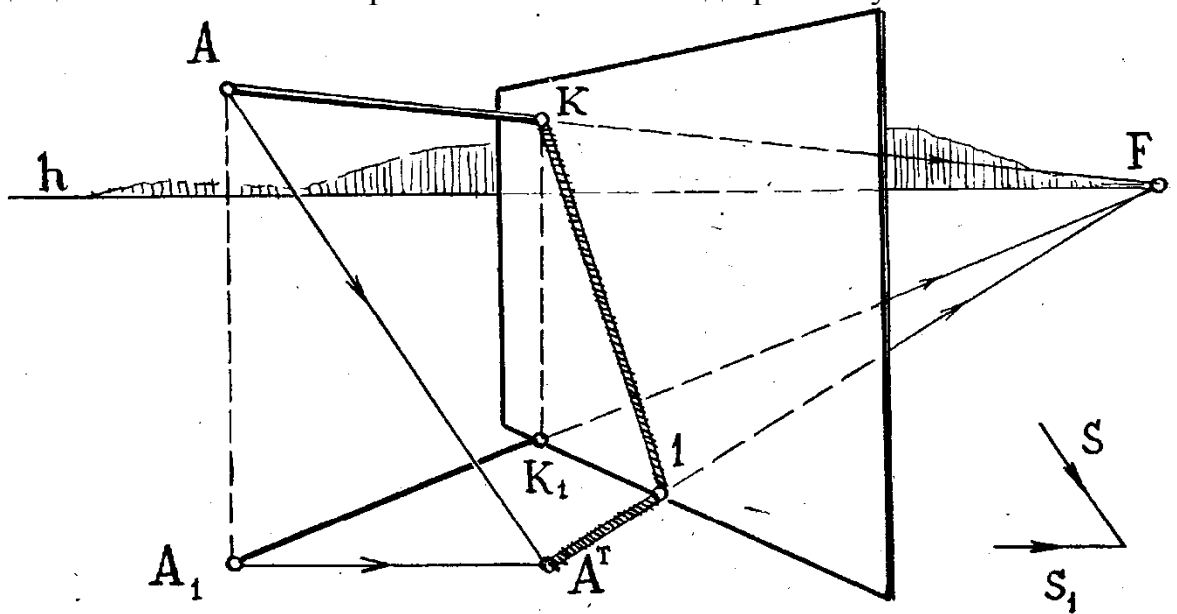


Рис. 68

Тень от точки A получена на предметной плоскости методом следа луча. Отрезок тени до стены A^T1 имеет направление в точку F , т.к. кронштейн горизонтален. Тень на стене получена соединением точки перелома тени 1 с основанием K кронштейна.

На рис.69 построена тень от стержня AK , выходящего из плоскости стены под произвольным углом.

лестницы на предметную плоскость — поверхность земли и другие поверхности (рис.71).

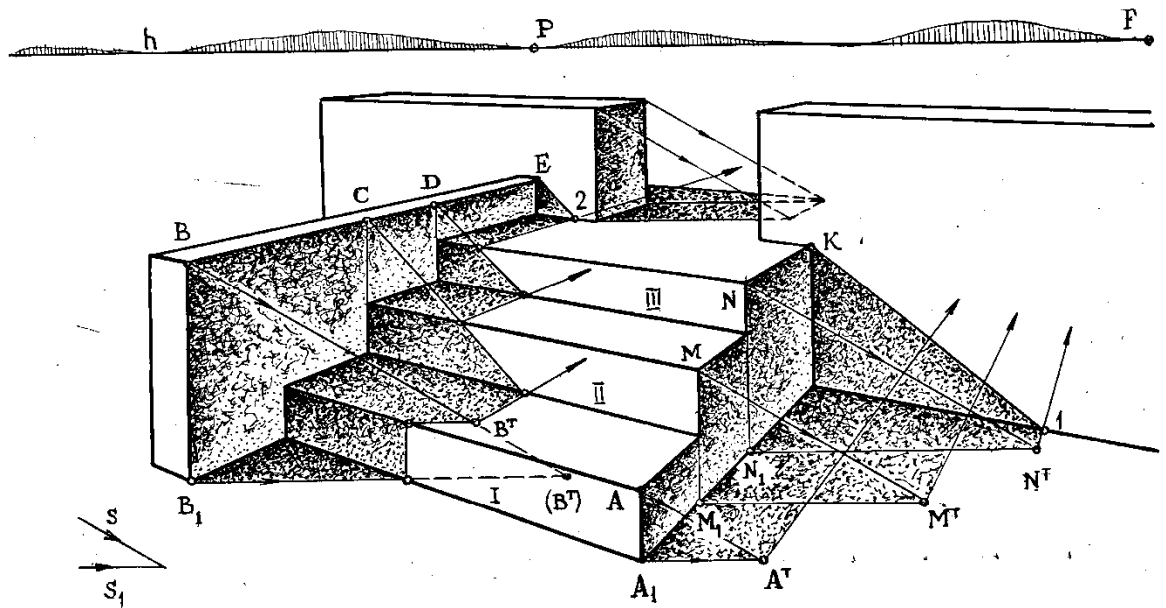


Рис. 71

1. Тень от вертикального ребра **ВВ₁** на предметную плоскость и на горизонтальную плоскость первой ступени параллельна вторичной проекции светового луча, т.е. параллельна основанию картины.

2. Тень от того же ребра **ВВ₁** на вертикальную плоскость подступенка **I** (первой ступени) параллельна самому ребру.

3. Тени от горизонтального ребра **ВЕ** на параллельные ему плоскости ступеней имеют общую с самим ребром точку схода **F** на линии горизонта.

4. Тени от ребра **ВЕ** на вертикальные плоскости подступенков **II** и **III** направлены к точкам **C** и **D**, в которых прямая **ВЕ** пересекает продолженные вверх плоскости подступенков.

5. Тень от точки **A** построена методом следа луча, аналогично построены тени от точек **M** и **N**.

6. Контуры теней подступенков на предметной плоскости параллельны горизонтальной проекции светового луча, т.е. горизонтальны.

7. Контуры теней горизонтальных проступей, как и перспектива их ребер, идущих из точек **A**, **M** и **N**, имеют общую точку схода **F**.

8. Тени ребер **ВЕ** и **NK** на вертикальную плоскость фасада пройдут через их основания, т.е. через точки **E** и **K** от точек перегиба **2** и **1**. Остальные построения ясны из чертежа.

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]: учебно-методическое пособие/ Захарова Н.В.— Электрон. текстовые данные.— Комсомольск-на-Амуре: 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. — Ростов-н/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