



ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКОВСКИЙ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ

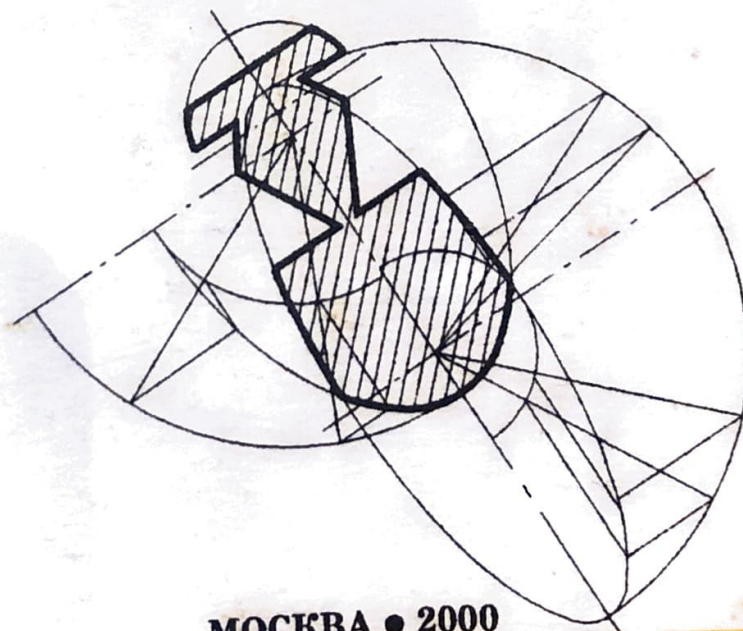
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

А. С. Корнеев

**ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ
И ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ**

Методические указания
к практическим занятиям

А-А



МОСКВА • 2000

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

А. С. Корнеев

**ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ
И ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ**

**Методические указания
к практическим занятиям**

**Утверждено
на заседании редсовета
17 апреля 2000 г.**

**Москва
Издательство МАИ
2000**

Корнеев А. С.

Геометрическое и проекционное черчение:

Методические указания к практическим занятиям.

— М.: Изд-во МАИ, 2000. — 96 с.: ил.

ISBN

Рассмотрены основные правила выполнения и оформления учебных чертежей. Даны рекомендации по выполнению заданий первой части курса “Инженерная графика”. Представлены примеры решения задач на сопряжения, построение третьего изображения по двум заданным и выполнение сечений.

Для студентов технических факультетов вузов.

© Московский авиационный институт, 2000

© А.С. Корнеев, 2000

1. ЧТО НЕОБХОДИМО ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ?

Чтобы время занятий по инженерной графике в институте не пропадало впустую, необходимо приносить с собой следующие чертежные принадлежности:

1. Бумага формата А3 (297x420 мм).
2. Карандаши, лучше марки "Кохинор" или "Конструктор", трех степеней твердости: "Т" (для выполнения чертежей в тонких линиях), "ТМ" (для обводки) и "М" (понадобятся в следующем семестре для выполнения эскизов). У карандашей импортного производства соответствующие обозначения твердости имеют вид: "Н", "НВ" (или "F") и "В". В циркуль следует вставлять грифель на одну степень мягче, чем используемый карандаш. Тогда обводка будет выглядеть однородной.
3. Два деревянных угольника (пластмассовые и металлические пачкают бумагу!): один с углами, равными 45° , другой — 30° и 60° .
4. Деревянную линейку длиной не менее 30 см.
5. Ластик белый, желательна марки "Кохинор". В последнее время появились хорошие ластики других фирм, в том числе красные ("чернильные"), позволяющие стереть неправильные обведенные толстые линии.
6. Два циркуля: большой и маленький ("балеринка").
7. Набор лекал (хотя бы у нескольких студентов в группе).
8. Пенал ("тубус") для переноски чертежей. На первых порах можно использовать самодельный тубус из двух пластмассовых бутылок из-под напитков с отрезанными горлышками. Они надеваются с двух сторон на свернутый в трубочку чертеж и заворачиваются в газету.
9. Кнопки для крепления чертежа.
10. Желательно также иметь лист наждачной бумаги ("шкурку") для заточки грифеля.

2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ПО ЕСКД

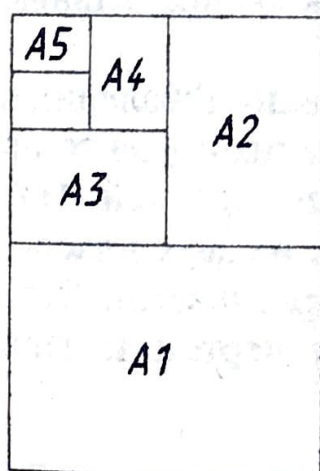
Чертежи должны выполняться в соответствии с требованиями Государственных стандартов (ГОСТов). В курсе инженерной графики изучаются, в основном ГОСТы, входящие в Единую Систему Конструкторской Документации (ЕСКД) [1,2]. На принадлежность стандарта к классу ЕСКД указывает первая цифра 2 в номере ГОСТа, которая отделяется от следующих цифр **точкой**, например:

ГОСТ 2.301–68*. Форматы.

Цифра после точки — **классификационная группа**, в данном случае группа “3” — “Общие правила выполнения чертежей”. Дальнейшие две цифры (здесь — “01”) — **порядковый номер стандарта** в данной группе. После тире указывается **год регистрации стандарта**. Если в стандарт были внесены изменения, то в конце его обозначения ставится **звездочка**.

2.1. Форматы

Форматы листов чертежей определяются размерами внешней рамки, выполняемой сплошной тонкой линией. Различают **основные и дополнительные форматы**. В соответствии с ГОСТ 2.301–68* установлены следующие **основные форматы** (рис. 2.1).



Обозначение формата:	Размеры сторон формата, мм:
A0	841x1189
A1	594x841
A2	420x594
A3	297x420
A4	210x297
Допускается применение:	
A5	148x210

Рис. 2.1

За основу принят формат A0 (841x1189 мм), его площадь составляет 1 м^2 . Каждый последующий меньший формат получается **делением пополам предыдущего формата параллельно его меньшей стороне**.

Дополнительные форматы образуются увеличением коротких сторон основных форматов в целое число раз, например, формат А4х3 имеет размеры 297х630 мм (рис. 2.2).

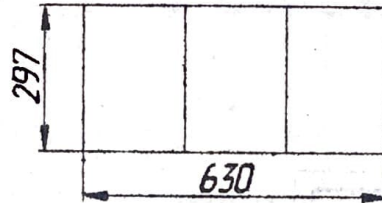


Рис. 2.2

Перед выполнением чертежа лист бумаги должен быть размечен: тонкой линией проведена внешняя рамка, соответствующая выбранному формату, сплошной основной ("толстой") линией – внутренняя рамка, основная надпись и дополнительная графа (рис. 2.3).

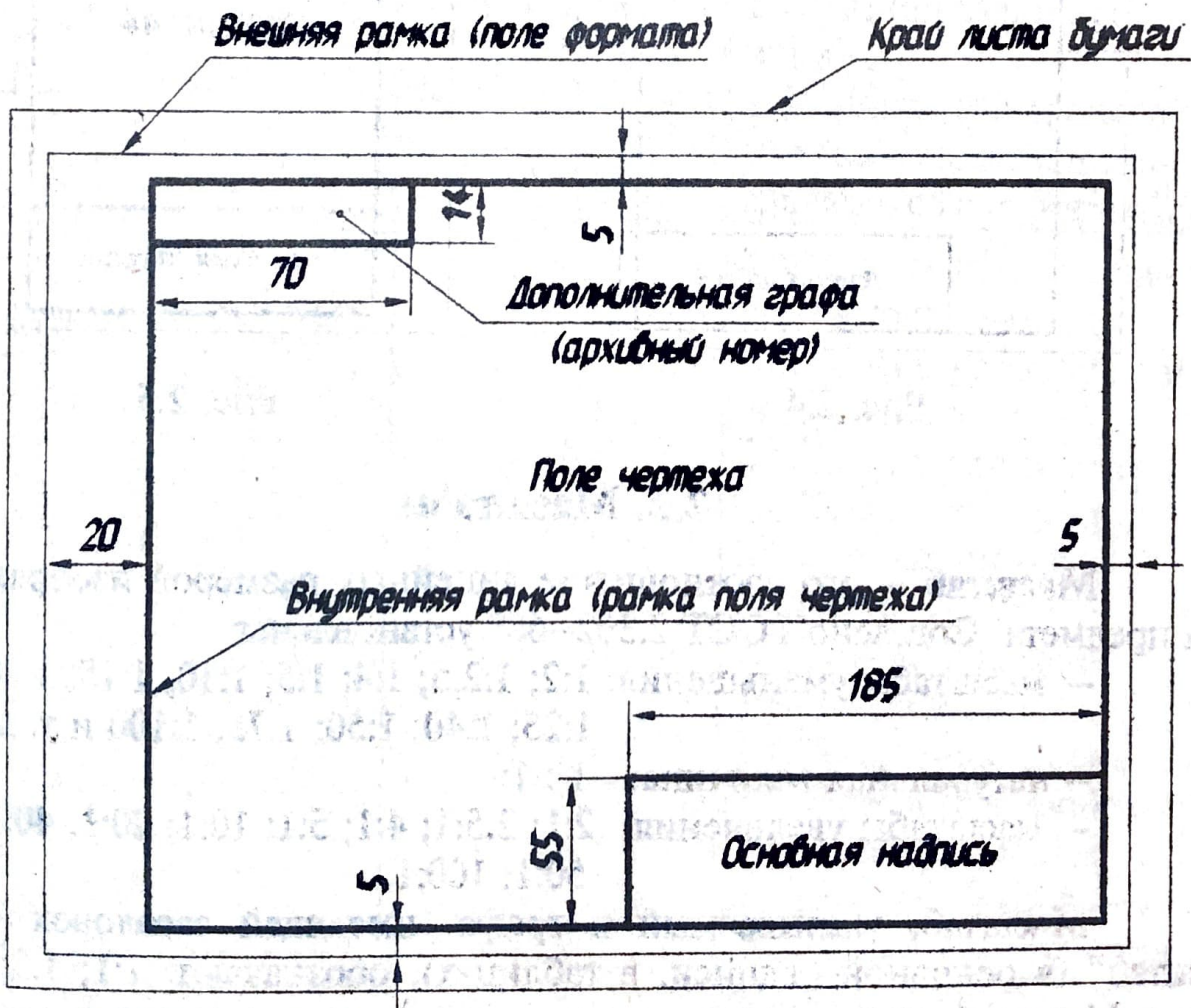


Рис. 2.3

Если формат, начиная с А3 и более, располагается вертикально, то дополнительная графа (архивный номер) переносится в **правый верхний угол** (рис. 2.4). Для формата А4 эта графа размещается в **левом верхнем углу** (рис. 2.5), а сам формат А4 может быть расположен **только вертикально!**

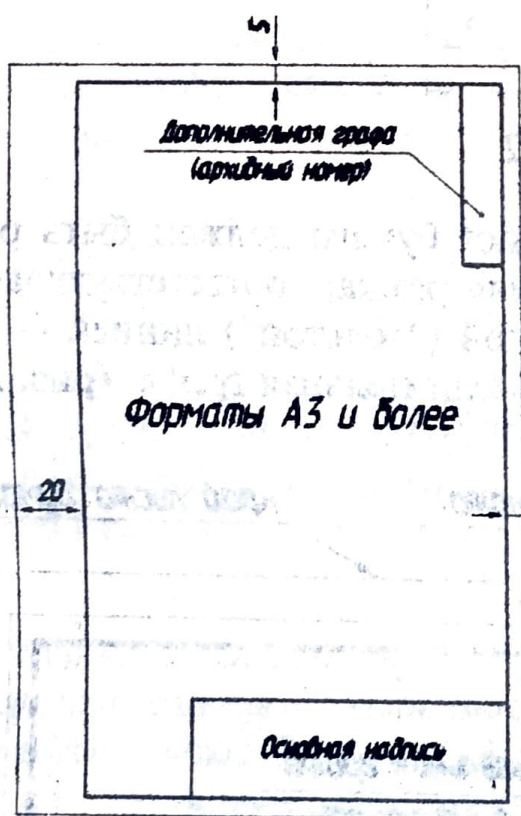


Рис. 2.4

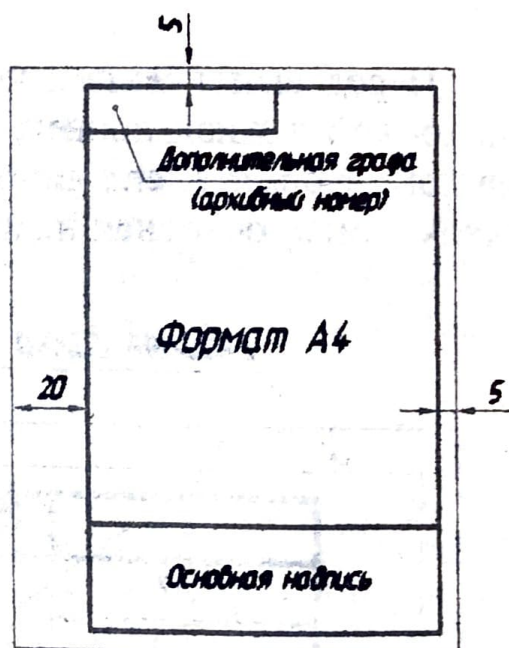


Рис. 2.5

2.2. Масштабы

Масштаб – это соотношение линейных размеров изображения и предмета. Согласно ГОСТ 2.302–68* установлены:

- 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 и т. д.
- натуральная величина: 1 : 1;
- масштабы увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

Масштаб, указываемый в графе, имеющей заголовок “Масштаб” (в основной надписи, в таблицах), обозначают: 1:1; 1:2; 2:1 и т.д. Масштаб изображения, отличающийся от указанного в основной надписи, указывают в скобках (без буквы “М”) рядом с обозначением изображения. Например: А (2:1), Б–Б (2:1).



Независимо от масштаба изображения, размерные числа всегда должны быть номинальными, т.е. соответствующими действительным размерам предмета.

В работах 1 и 2 все задания выполняются в масштабе 1:1.


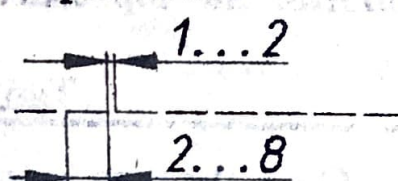
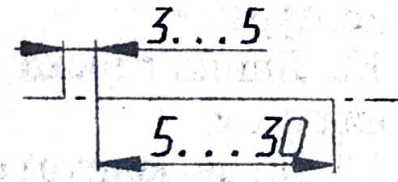
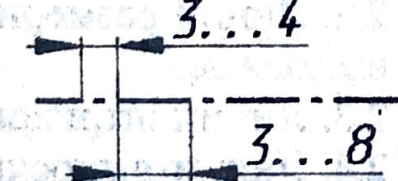


2.3. Линии

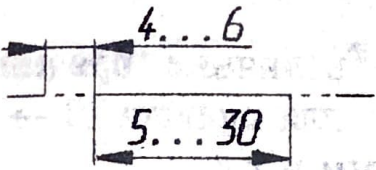
Начертания и основные назначения линий на чертежах устанавливает ГОСТ 2.303-68* (табл. 1).

Таблица 1

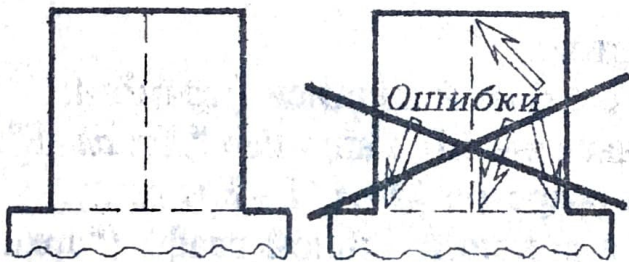
№ п/п	Наименование и начертание	Толщина	Основное назначение
1	Сплошная основная 	$s = 0,5...1,4$ мм (рекомендуется: $s = 0,8...1$ мм)	1.1. Линии видимого контура. 1.2. Линии перехода видимые. 1.3. Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза).
2	Сплошная тонкая 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	2.1. Линии контура наложенного сечения. 2.2. Линии размерные и выносные. 2.3. Линии штриховки. 2.4. Линии-выноски. 2.5. Полки линий-выносок. 2.6. Линии перехода воображаемые. 2.7. Линии построения. 2.8. Линии для изображения пограничных деталей («обстановка»). 2.9. Линии ограничения выносных элементов.

Продолжение табл. 1

№ п/п	Наименование и начертание	Толщина	Основное назначение
3	Сплошная волнистая 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	3.1. Линии обрыва. 3.2. Линии разграничения вида и разреза.
4	Штриховая 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	4.1. Линии невидимого контура. 4.2. Линии перехода невидимые.
5	Штрихпунктирная тонкая 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	5.1. Линии осевые и центровые. 5.2. Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений.
6	Штрихпунктирная утолщенная 	$\frac{s}{2} \dots \frac{2}{3}s$	6.1. Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию. 6.2. Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью ("наложенная проекция").
7	Разомкнутая 	$s \dots 1 \frac{1}{2} s$	7.1. Линии сечений.
8	Сплошная тонкая с изломами 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	8.1. Длинные линии обрыва.

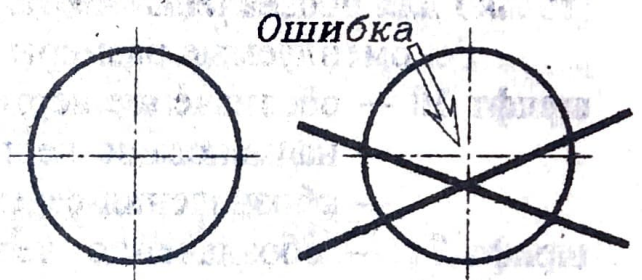
9	<p>Штрихпунктирная тонкая с двумя точками</p> 	$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	<p>9.1. Линии сгиба на развертках. 9.2. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях. 9.3. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом.</p>
---	---	---------------------------------	---

Штриховые и штрихпунктирные линии должны начинаться, пересекаться и кончаться штрихами (рис. 2.6 и 2.7).



а) правильно б) неправильно

Рис. 2.6



а) правильно б) неправильно

Рис. 2.7

Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях выбирают в зависимости от величины изображения. Штрихи в линии и промежутки между ними должны быть одинаковой длины.

Штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, заменяют сплошными тонкими линиями, если диаметр окружности или размеры других геометрических фигур в изображении менее 12 мм.

2.4. Шрифты чертежные (по ГОСТ 2.304–81*)

Размер шрифта h определяется высотой прописных букв (и цифр) в миллиметрах, измеряемой перпендикулярно основанию строки.

Предусмотрены следующие размеры шрифта h : 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 40.

Высота строчных букв соответствует величине предыдущего номера шрифта (кроме шрифта 1,8). Например, для шрифта 10 \rightarrow 7 мм, для шрифта 7 \rightarrow 5 мм, для шрифта 5 \rightarrow 3,5 мм и т.д.

Стандартом установлены шрифты с наклоном в 75° к основанию строки или без наклона, с толщиной линий шрифта $h/14$ (тип А) или $h/10$ (тип Б). На учебных чертежах рекомендуется использовать шрифт типа Б с наклоном (для размерных чисел и для всех надписей, за исключением обозначений чертежей) и шрифт типа Б без наклона (только для обозначений чертежей).

Рекомендуемые размеры шрифтов:

- шрифт 10 — обозначение чертежа в основной надписи (прямой);
 - наименование чертежа (наклонный), например “Деталь Е”;
 - обозначения сечений и разрезов (А–А, Б–Б и т.д.);
- шрифт 7 — обозначение чертежа в дополнительной графе (“архивный номер” — прямой перевернутый);
 - надпись “Размеры для справок” и другие технические требования (над основной надписью);
 - масштаб (1:1);
 - допускается вместо шрифта 10 для обозначения сечений и разрезов (А–А, Б–Б и т.д.);
 - длинные наименования чертежей, например “Пневмоаппарат клапанный”;
 - обозначения осей координат в аксонометрии (строчные буквы);
 - номера позиций на сборочных чертежах;
- шрифт 5 — цифры в размерах;
 - литера “у” в основной надписи;
 - номер учебной группы в основной надписи;
- шрифт 3,5 — фамилии студента и преподавателя в основной надписи;
- шрифт 2,5 — длинные фамилии.

Начертания букв и цифр и их основные размеры приведены в приложении.

Во всех работах первого семестра все надписи и размерные цифры следует писать с разметкой (по сетке). Пример написания представлен на рис. 2.8. Для построения сетки удобно использовать два сложенных вместе прямоугольных треугольника с острыми углами 30° и 45° , перемещая их по линейке (рис. 2.9). В готовых чертежах разметку не стирать и не обводить.

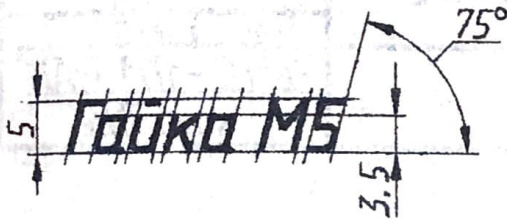


Рис. 2.8

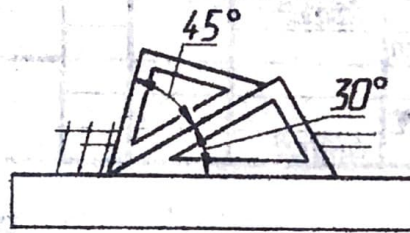


Рис. 2.9

Следует обратить внимание на то, что после заглавной буквы "Г" промежуток перед следующей буквой не делается, чтобы устранить кажущееся увеличение этого промежутка (рис. 2.8). Аналогично поступают в необходимых случаях с буквой "Т".

2.5. Основная надпись (по ГОСТ 2.104-68*)

Каждый конструкторский документ должен иметь основную надпись, помещаемую в правом нижнем углу формата, вплотную к рамке (рис. 2.3-2.5). Для чертежей применяется основная надпись по форме 1 ГОСТ 2.104-68* (рис. 2.10).

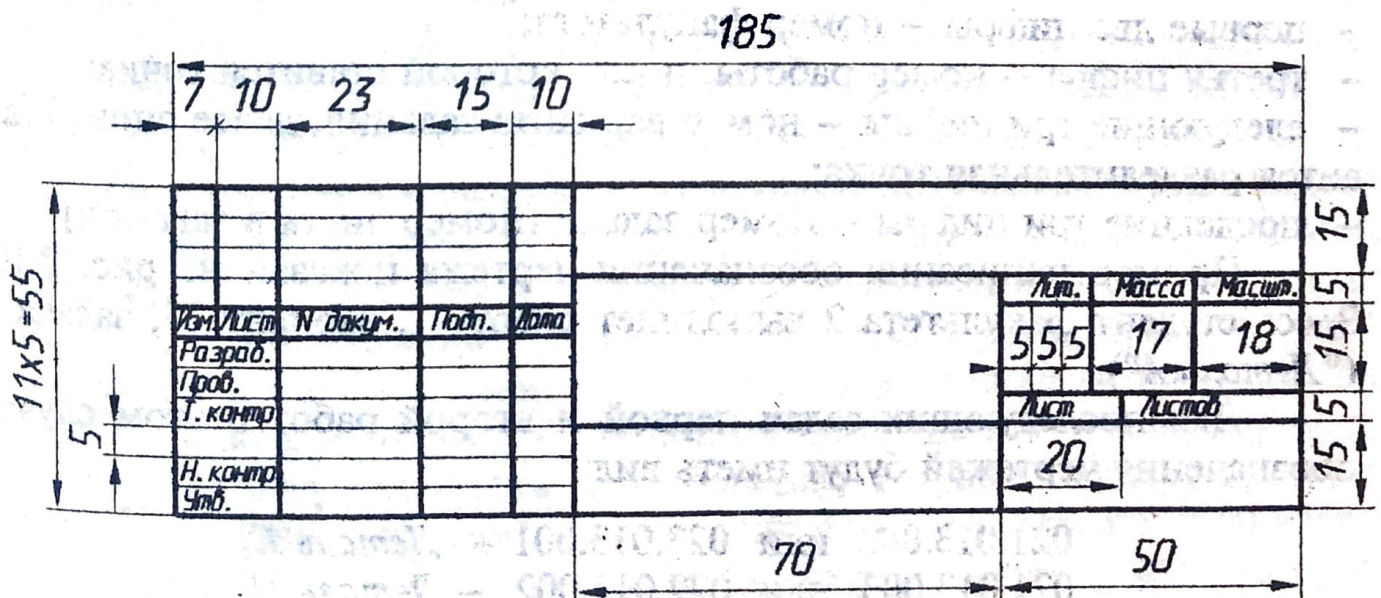


Рис. 2.10

Пример заполнения основной надписи приведен на рис. 2.11.

				021.013.001			
Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЛАНЕЦ	Лист	Масса	Масшт.
Разраб.	Исполн.				4		1:1
Проб.	Вестрб.				Лист	Листов	1
Т. контр.				Фр. 02-101 МАИ			
Н. контр.				каф. 904			
Утв.	Вестрб.						

Рис. 2.11

Здесь 021.013.001 – обозначение чертежа. Его пишут в середине соответствующей графы прямым шрифтом размера 10.

Структура обозначения, принятая на кафедре инженерной графики МАИ следующая (рис. 2.12):

Рис. 2.12

- первые две цифры – номер факультета;
- третья цифра – номер работы, после которой ставится точка;
- следующие три цифры – номер варианта задания, далее снова ставится разделительная точка;
- последние три цифры – номер задачи (номер листа в задании).

Пример написания обозначения чертежа показан на рис. 2.13. Здесь студент факультета 2 выполняет работу 1, вариант 13, задача 1 (“Деталь А”).

Для последующих задач первой и второй работ в этом случае обозначения чертежей будут иметь вид:

021.013.002 или 022.013.001 – Деталь Е,
 021.013.003 или 022.013.002 – Деталь И,
 021.013.004 или 022.013.003 – Деталь Л.

Вариант обозначений выбирать по указанию преподавателя.

Обозначение чертежа повторяется в дополнительной графе прямым шрифтом размера 7, повернутым на 180° для формата А3 и более, основная надпись на котором расположена вдоль длинной стороны листа (рис. 2.3), а также для формата А4 (рис. 2.5). На форматах А3 и более при расположении основной надписи вдоль короткой стороны листа обозначение поворачивается на 90° (рис. 2.4).

В средней части основной надписи помещается **наименование изделия**. Для первой задачи работы 1 наименование берется из текста задания, например, “Кулиса”, “Фланец” (рис. 2.11) и т. п. Следующие задачи имеют условные наименования типа “Деталь Е”, “Деталь И”, “Деталь Л”. Наименование пишется в **середине** соответствующей графы наклонным шрифтом размера 10 (если название длинное, то допускается применение шрифта 7).

В левом верхнем углу основной надписи располагается так называемая таблица изменений (графы “Изм.”, “Лист”, “№ документа”, “Подпись”, “Дата”). Здесь указываются сведения об изменениях, вносимых в чертеж по соответствующему документу (“листка изменения”). На учебных чертежах эти графы не заполняют.

В строке рядом со словом «Разработал» указывается фамилия студента (наклонным шрифтом 3,5 или 2,5), его подпись и дата окончания чертежа в тонких линиях. После получения первой подписи преподавателя **фамилия студента обводится чернилами**. Рядом со словами «Проверил» и «Утвердил» записывается фамилия преподавателя (тем же шрифтом). Надписи в графах основной надписи выполняют с отступлением от линий на **0,8 ... 1 мм**.

Условия приемки графических работ, выработанные на кафедре инженерной графики МАИ, следующие: на первом этапе чертеж выполняется в тонких линиях (карандашом “Т”, полностью, за исключением штриховки в разрезах и сечениях), получается **первая подпись преподавателя** в графе “Проверил”. Это является разрешением на обводку. После этого чертеж обводится в соответствии с требованиями ГОСТа (карандашом “ТМ”, а для грифеля в циркуле – “М”, основные линии – толщиной $s = 0,8...1$ мм, тонкие линии – толщиной $s/3$, буквы и цифры – толщиной $h/10$, где h – размер шрифта), получается **вторая подпись преподавателя** в графе “Утвердил”. Подписанный таким образом чертеж считается принятым и хранится у студента до зачета. Все чертежи приносятся на зачет, в ходе которого по ним задаются вопросы.

Графа "Лит." ("литера") служит для указания степени отработки конструкторской документации изделия ("О" — опытный образец, "А" — первая промышленная партия и т. д.). На учебных чертежах в первой колонке этой графы записывается буква "у" (наклонным шрифтом размера 5) — "учебное изделие".

Графа "Масса" не заполняется.

В графе "Масштаб" указывают 1:1 (наклонным шрифтом 7).

В графе "Лист" записывают порядковый номер листа (только если их больше одного). На документах, состоящих из одного листа, эту графу не заполняют. Используется наклонный шрифт 3,5. При этом считаются листы документа с одинаковым обозначением (например, если аксонометрическое изображение выполнено на отдельном листе, то это будет лист №2, а листом №1 будет комплексный чертеж; обоим чертежам дается одинаковое обозначение, например, 021.025.003).

В графе "Листов" указывают общее количество листов (графу заполняют только на первом листе). Примеры заполнения:

Лист *Листов 1* — для документа на одном листе;

Лист 1 *Листов 2* — на первом листе для документа, состоящего из двух листов;

Лист 2 *Листов* — на втором листе для документа, состоящего из двух или более листов.

В правой нижней части основной надписи приводится наименование предприятия, выпустившего чертеж. В данном случае указывается **учебная группа** студента (наклонным шрифтом размера 5), которая после получения первой подписи **обводится чернилами**, а также слова: *МАИ, кафедра 904* (наклонным шрифтом размера 5).

Нижняя графа основной надписи предназначена для указания материала детали. В работах 1 и 2 она не заполняется.

2.6. Основные сведения о нанесении размеров (по ГОСТ 2.307-68*)

Вопросы нанесения размеров подробно изложены в учебниках [3] и [4]. Здесь представлены краткие сведения из работы [3].

Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах, без обозначения единиц, угловые — в градусах, минутах и секундах, например: 4°; 0°30'; 2°15'24". Для размеров, приводимых в технических требованиях и в надписях на поле чертежа, единицы указывают.

Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями, ограничиваемыми стрелками. Размерные линии проводят параллельно отрезку, размер которого указывают, а выносные линии — перпендикулярно размерным, за исключением случаев, когда они вместе с измеряемым отрезком образуют параллелограмм (рис. 2.14). Как правило, используют внутренние стрелки. Если расстояние между выносными линиями меньше суммы длин стрелок, то внутренние стрелки заменяют внешними (рис. 2.15).

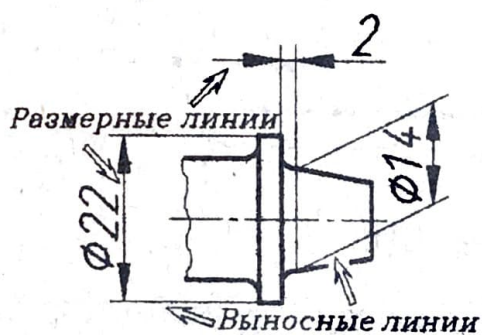


Рис. 2.14



Рис. 2.15

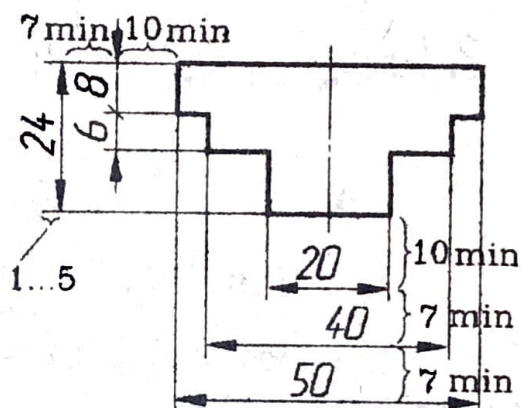


Рис. 2.16

При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки заменяют засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям (рис. 2.16, размеры 6 и 8).

Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями — 7 мм, а между размерной и линией контура — 10 мм.

Необходимо избегать пересечения размерных линий какими-либо другими линиями, располагая их так, как показано на рис. 2.16 (сначала меньшие размеры, затем — большие). На пересечение выносных линий (т.е. линий без стрелок) ограничений нет.

Выносные линии должны выходить за концы стрелок на 1...5 мм (рис. 2.16). На учебных чертежах это расстояние рекомендуется делать равным 2...3 мм.

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

Для размерных чисел обычно используют наклонный шрифт 5 (для него ширина цифры 1 составляет 1,5 мм, цифры 4 — 3 мм, ширина остальных цифр — 2,5 мм, расстояние между цифрами — 1 мм). Числа пишут над размерной линией вблизи ее середины, над ее продолжением или над полкой линии-выноски. Между цифрами и размерной линией должны оставаться промежутки в 0,5...1 мм.

ГОСТом предусмотрены два вида стрелок: зачерненные (рис. 2.17, а) и разомкнутые (рис. 2.17, б). Рекомендуется применять разомкнутые стрелки, как более простые в начертании, длиной 5...6 мм.

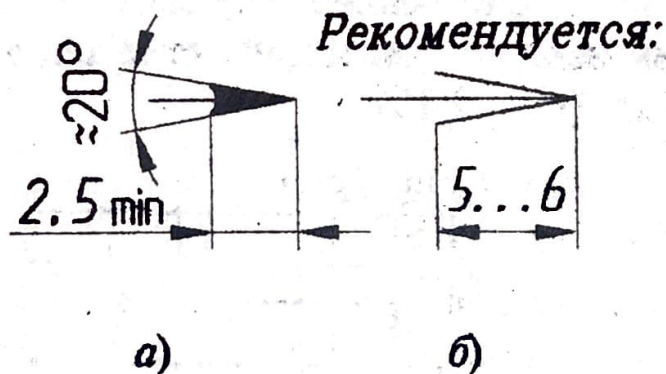


Рис. 2.17

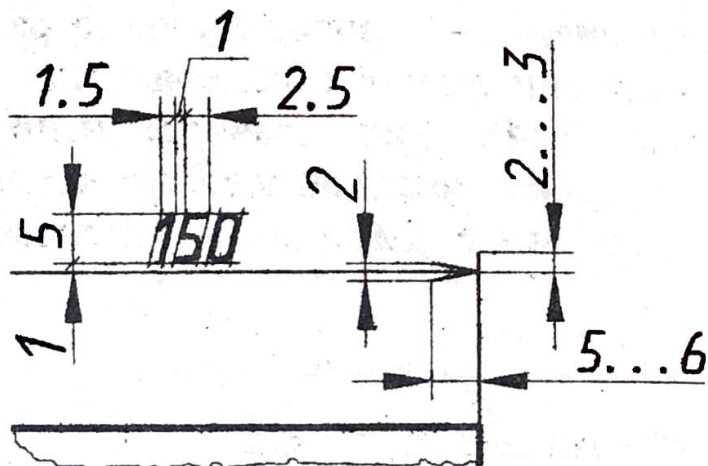


Рис. 2.18

В работах первого семестра размеры наносят по разметочной сетке (рис. 2.18).

Над параллельными или концентричными размерными линиями размерные числа располагают в шахматном порядке, т.е. со смещением относительно середины — у одного размера влево, у другого вправо (рис. 2.16, размеры 20, 40, 50).

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рис. 2.19. Если необходимо указать размер в заштрихованной зоне (в пределах сектора с углом 30°), то размерное число наносят на полке линии-выноски.

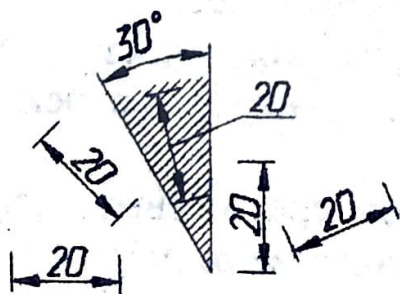


Рис. 2.19

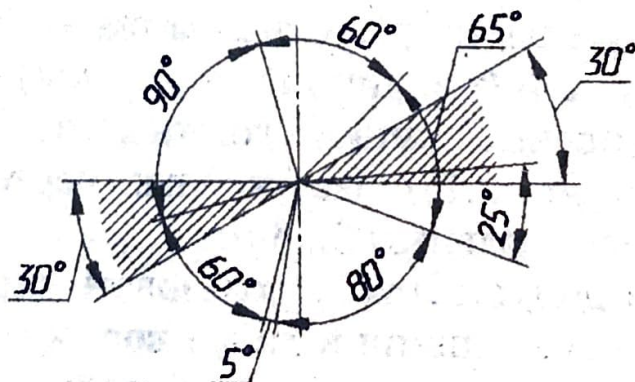


Рис. 2.20

Угловые размеры наносят так, как показано на рис. 2.20, для углов малых размеров размерные числа помещают на полках линий-выносок в любой зоне (рис. 2.20, размер 5).

Размерные числа нельзя разделять или пересекать какими бы то ни было линиями чертежа. Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий. В подобных случаях следует сместить число. Осевые, центровые линии и линии штриховки прерывать допускается. Контурную линию можно прерывать, если она пересекает стрелку (рис. 2.21, прерывание контурных и осевых линий).

При указании диаметра перед размерным числом наносят знак "Ø" (рис. 2.21). Не следует путать его начертание с буквой "Ф" (рис. 2.22).

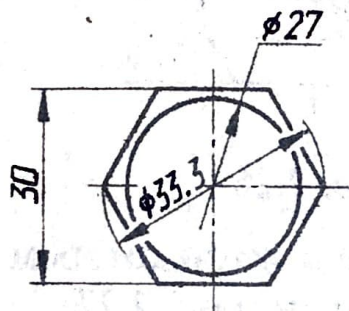


Рис. 2.21

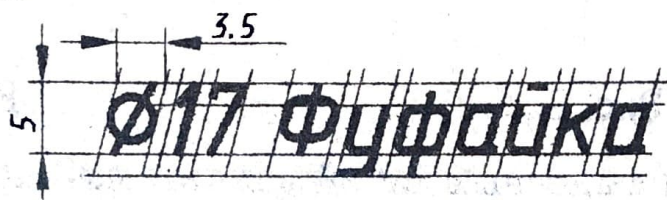


Рис. 2.22

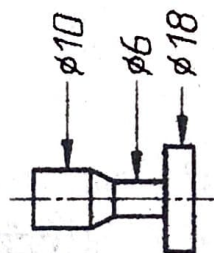


Рис. 2.23

Размерные линии можно проводить с обрывом (т.е. оставлять только одну стрелку), при этом обрыв размерной линии делают дальше центра окружности или соответствующей линии симметрии (рис. 2.21, размер "Ø27").

Размеры диаметров изделия сложной конфигурации можно наносить, как показано на рис. 2.23. Обратите внимание на то, что в этом случае знак "Ø" и число пишутся не над размерной линией, а рядом с ней.

При указании радиуса перед размерным числом помещают прописную букву R (рис. 2.24). Ее нельзя отделять от числа любой линией чертежа. Если необходимо указать положение центра дуги, то его изображают в виде пересечения центровых или выносных линий, причем при большой величине радиуса центр допускается приближать к дуге. В этом случае размерную линию радиуса показывают с изломом под углом 90° (рис. 2.25, размер R67).

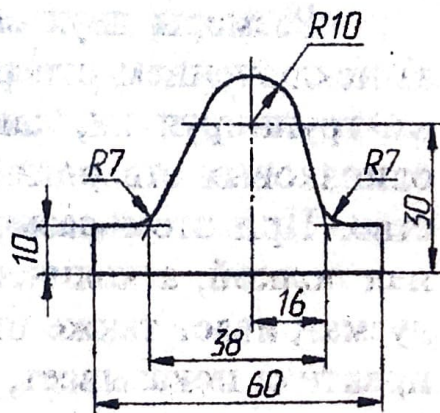


Рис. 2.24

Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги, то размерную линию радиуса допускается не доводить до центра и даже смещать ее относительно центра (рис. 2.25).

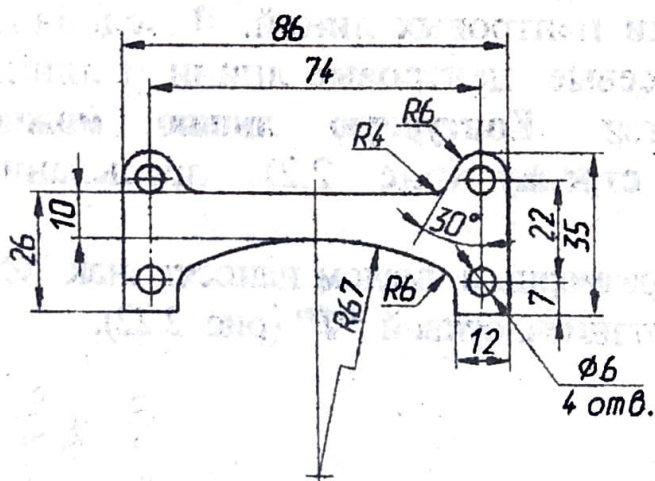


Рис. 2.25

Если дуга имеет длину больше половины окружности, то вместо радиуса принято задавать ее диаметр (рис. 2.26).

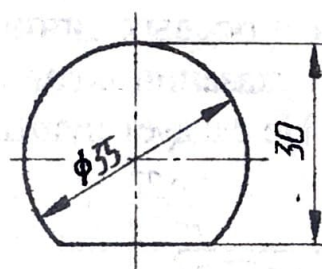


Рис. 2.26

Полки выносных линий должны начинаться на некотором расстоянии (обычно не менее 10 мм) от конца стрелки (рис. 2.27).



а) правильно б) неправильно

Рис. 2.27

Размеры двух симметрично расположенных элементов изделия, за исключением отверстий, наносят один раз без указания количества, группируя их, как правило, в одном месте (рис. 2.25). Размеры одинаковых отверстий наносят только один раз, указывая их количество. При этом размерное число пишут над размерной линией или над полкой, а количество — под линией или под полкой. ГОСТ предусматривает также второй вариант записи типа "2 отв. Ø6", однако практика показывает, что он менее удобен при чтении чертежа.

Аналогично указывают размеры нескольких одинаковых фасок. Фаска — это срезанная кромка детали. Размеры фасок под углом 45° наносят по типу " $2 \times 45^\circ$ ". Здесь первое число означает катет прямоугольного треугольника с углом 45° (рис. 2.28).

Размеры фасок под углами, отличными от 45° , наносят путем указания катета и угла, либо двух катетов соответствующего треугольника (рис. 2.29).

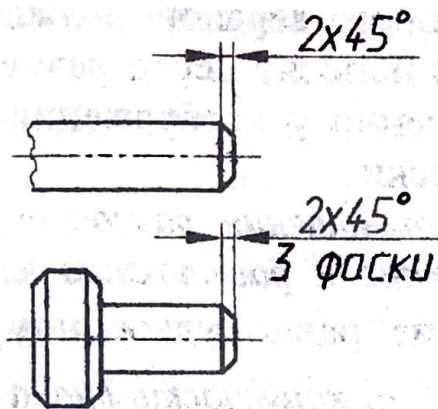


Рис. 2.28

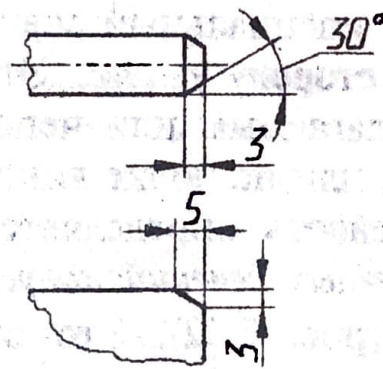


Рис. 2.29

Размеры сфер задают радиусом или диаметром. В тех случаях, когда сферу трудно отличить от других поверхностей, перед размерным числом наносят слово “Сфера” или знак по рис. 2.30. Диаметр знака сферы равен размеру размерных чисел на чертеже.

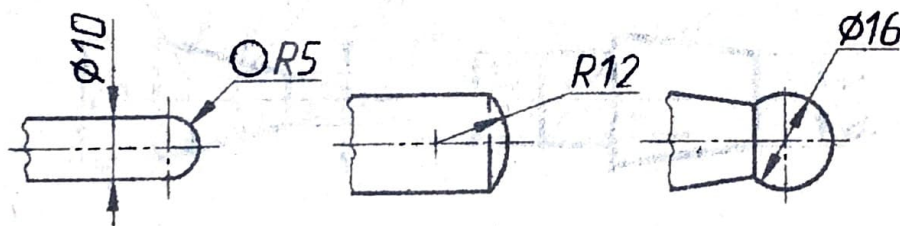


Рис. 2.30

Для указания размера квадрата используют специальный знак “□” (рис. 2.31). Высота знака “квадрат” приблизительно равна половине высоты цифр размерных чисел на чертеже h (точно: $(6/14)h$). Квадрат пишется без наклона даже при использовании наклонного шрифта (он не должен превращаться в ромб). При этом плоские поверхности рекомендуется обозначать тонкими линиями — диагоналями четырехугольника (рис. 2.32.)

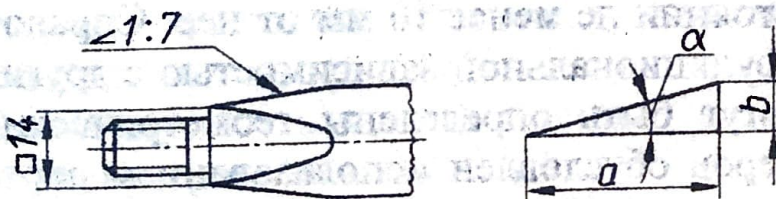


Рис. 2.31

Уклоны (двугранные углы) могут быть заданы не градусными размерами, а их тангенсами (рис. 2.31, где $\text{tg } \alpha = b/a$), выраженными отношением двух чисел ($b:a$), в процентах или в промилях. При этом используют специальный знак, у которого **вершина должна быть направлена в сторону уклона**. Этот знак наносят перед размерным числом, располагаемым или непосредственно у изображения поверхности уклона, или на полке линии-выноски.

Конусность определяется как *отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса вращения к расстоянию между ними*: $(D - d):L$ (рис. 2.32). Это отношение равно удвоенному тангенсу половины угла при вершине конуса, т. е. *конусность равна удвоенному уклону образующей конуса к его оси*. **Острый угол знака конусности должен быть обращен в сторону вершины конуса**. Конусность может быть задана отношением двух чисел или десятичной дробью. Размер указывают на полке линии-выноски или у оси конуса.

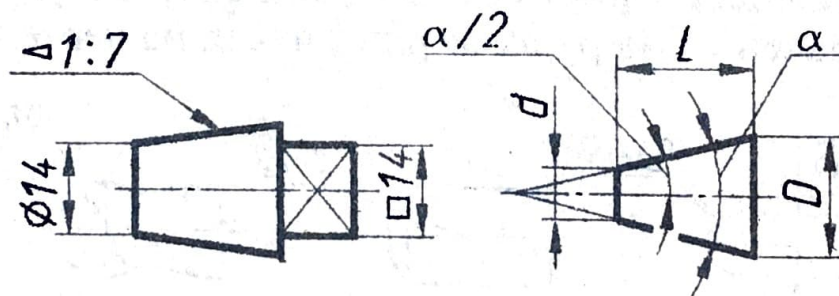


Рис. 2.32

Размеры, наносимые на чертеже, делятся на **исполнительные** (рабочие), используемые при изготовлении и контроле изделия, и **справочные**, указываемые только для большего удобства пользования чертежом (они контролю не подлежат). **Справочные размеры** отмечают знаком “*” после размерного числа, а в технических требованиях записывают: “* *Размер для справки*” (если он один) или “* *Размеры для справок*” (если их несколько). Эту надпись рекомендуется делать наклонным шрифтом размера 7 и располагать над основной надписью на расстоянии не менее 10 мм от нее. Справочные размеры обычно связаны функциональной зависимостью с другими размерами на чертеже и могут быть определены геометрически. Другой вид справочных размеров обусловлен использованием сортаментных материалов, например листа, толщина которого указывается в графе “материал” основной надписи.

3. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

3.1. Типовые задачи на сопряжения прямых и окружностей

Сопряжение – это плавный переход одной линии в другую. Общую точку, в которой осуществляется этот переход, называют *точкой сопряжения*. Необходимое условие плавного перехода – существование общей касательной в точке сопряжения [3].

3.1.1. Сопряжение двух прямых дугой окружности заданного радиуса

Заданы: прямые a и b , а также величина радиуса дуги сопряжения r . Требуется найти центр дуги сопряжения, точки сопряжения и построить сопрягающую дугу (рис. 3.1, а).

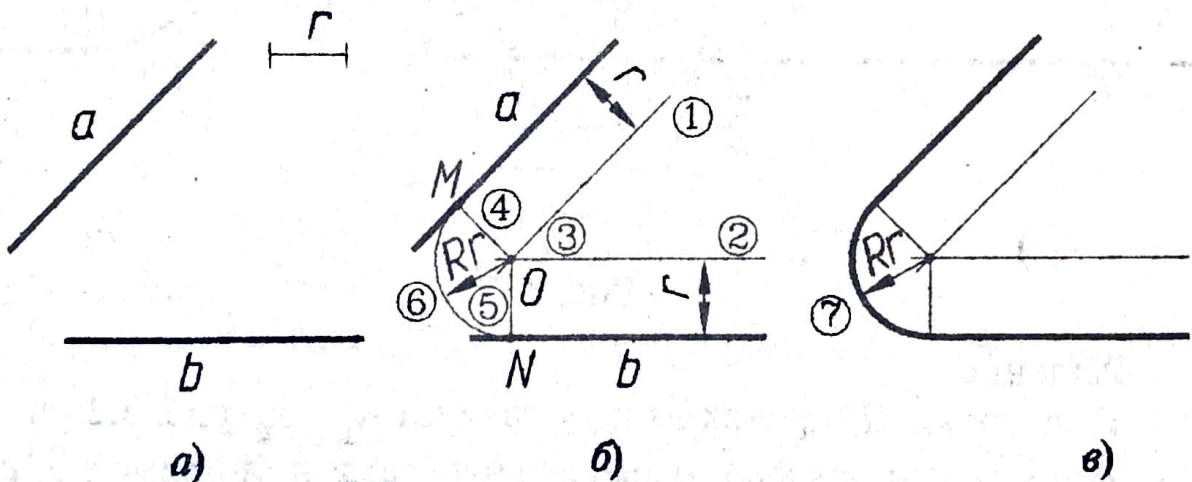


Рис. 3.1

Решение:

- 1), 2) проводим прямые, параллельные сопрягаемым прямым a и b , на расстоянии заданного радиуса дуги сопряжения r (рис. 3.1, б);
- 3) находим точку O пересечения вспомогательных прямых – центр дуги сопряжения;
- 4), 5) из точки O опускаем перпендикуляры на прямые a и b , находим точки сопряжения M и N ;
- б) проводим дугу сопряжения между точками M и N радиуса r из точки O как из центра;
- 7) стираем отрезки заданных прямых за точками M и N , но оставляем линии построения (рис. 3.1, в).

При выполнении задания вместо буквы r пишут соответствующее число, например, $R10$.

3.1.2. Сопряжение прямой и окружности дугой заданного радиуса

Заданы: прямая a , окружность радиуса R_1 с центром в точке O_1 и величина радиуса дуги сопряжения R_2 . Требуется найти центр дуги сопряжения, точки сопряжения и построить сопрягающую дугу (рис. 3.2, а).

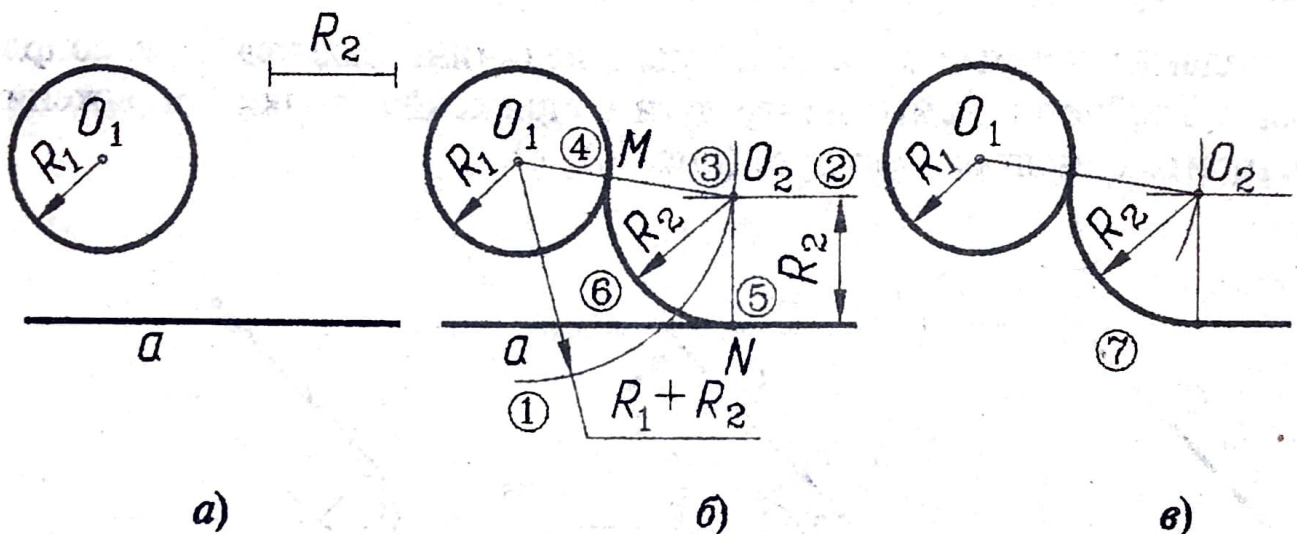


Рис. 3.2

Решение:

- 1) из точки O_1 проводим дугу радиуса $R_1 + R_2$ (рис. 3.2, б);
- 2) проводим прямую, параллельную заданной прямой a , на расстоянии заданного радиуса дуги сопряжения R_2 ;
- 3) находим точку O_2 пересечения вспомогательной дуги и прямой — центр дуги сопряжения;
- 4) соединяем точки O_1 и O_2 , находим точку сопряжения M ;
- 5) из точки O_2 опускаем перпендикуляр на прямую a , находим точку сопряжения N ;
- 6) проводим дугу сопряжения между точками M и N радиуса R_2 из точки O_2 как из центра;
- 7) стираем отрезок заданной прямой за точкой N , оставляя минимально необходимые участки линий построения (рис. 3.2, в).

3.1.3. Построение касательной к окружности из точки, лежащей вне этой окружности

Заданы: окружность радиуса R с центром в точке O и точка A . Требуется найти точку касания и построить касательную прямую (рис. 3.3, а).

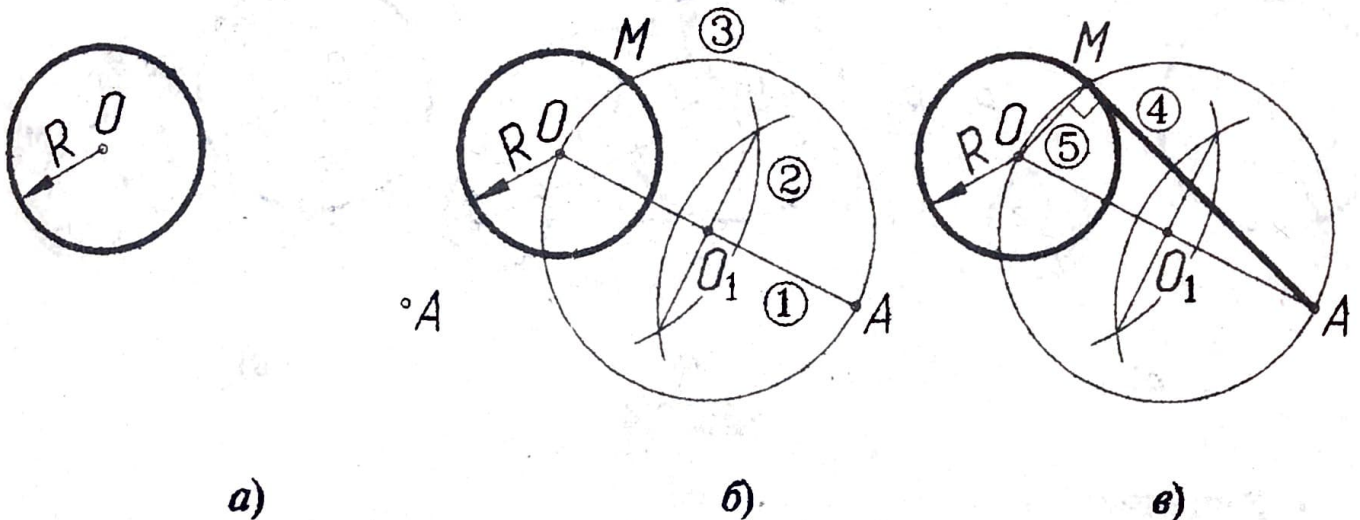


Рис. 3.3

Решение:

- 1) соединяем точки O и A прямой линией (рис. 3.3, б);
- 2) делим отрезок OA пополам, для этого из точек O и A проводим две дуги одинакового произвольного (но большего половины OA) радиуса и соединяем точки пересечения этих дуг; находим точку O_1 — середину отрезка OA ;
- 3) из точки O_1 как из центра проводим вспомогательную окружность радиуса $OO_1 = O_1A$; находим точку M пересечения вспомогательной и заданной окружностей — точку касания;
- 4) соединяем точки A и M — задача решена (рис. 3.3, в);
- 5) строим нормаль OM к прямой AM . Отметим, что в первой задаче работы 1 построение нормалей к проведенным касательным является обязательным!

Здесь были использованы следующие теоремы геометрии:

- вписанный угол OMA , опирающийся на диаметр OA , является прямым (рис. 3.3, в);
- радиус OM , проведенный в точку касания M , перпендикулярен касательной MA к окружности.

3.1.4. Построение внешней касательной прямой к двум окружностям

Заданы окружности радиуса R_1 с центром в точке O_1 и радиуса R_2 с центром в точке O_2 . Требуется найти точки касания и построить общую внешнюю касательную прямую к этим окружностям (рис. 3.4, а).

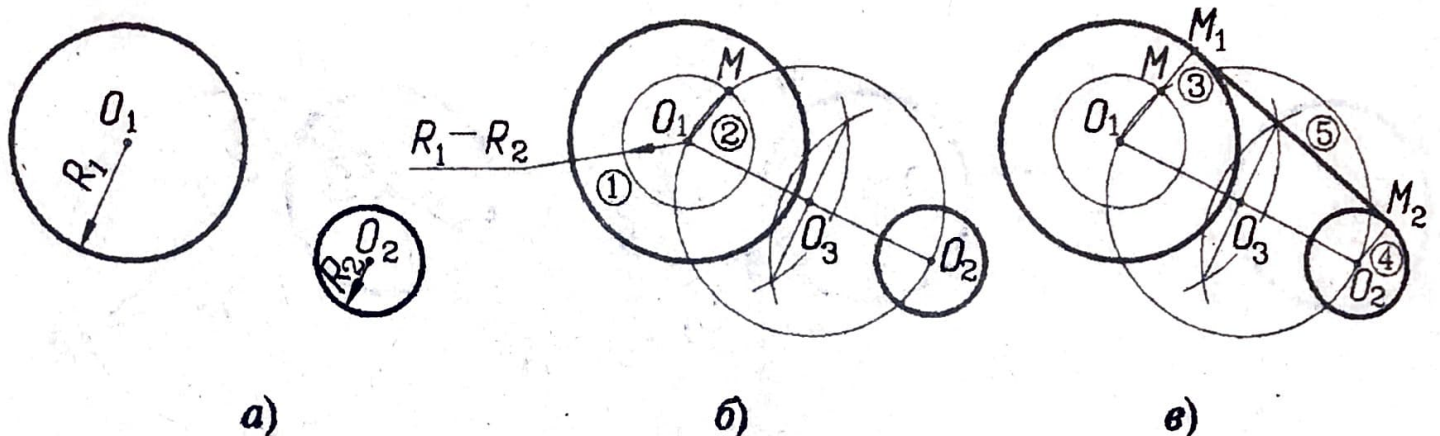


Рис. 3.4

Решение:

1) стягиваем окружность меньшего радиуса R_2 в точку; при этом радиус большей окружности уменьшится на R_2 и станет равным $R_1 - R_2$; практически это сводится к проведению вспомогательной окружности радиуса $R_1 - R_2$ (рис. 3.4, б);

2) повторяем решение задачи 3.1.3 – построение касательной прямой из точки O_2 к вспомогательной окружности радиуса $R_1 - R_2$:

а) соединяем точки O_1 и O_2 ;

б) делим отрезок O_1O_2 пополам, для этого из точек O_1 и O_2 проводим две дуги одинакового произвольного (но большего половины O_1O_2) радиуса и соединяем точки пересечения этих дуг; находим точку O_3 – середину отрезка O_1O_2 ;

в) из точки O_3 как из центра проводим вспомогательную окружность радиуса $O_1O_3 = O_3O_2$; находим точку M пересечения двух вспомогательных окружностей;

г) соединяем точки O_1 и M ;

3) продолжаем отрезок O_1M до пересечения с заданной окружностью радиуса R_1 в точке M_1 – в первой точке касания (рис. 3.4, в);

4) проводим радиус $O_2M_2 \parallel O_1M_1$; находим вторую точку касания M_2 ;

5) соединяем точки M_1 и M_2 – задача решена.

3.1.5. Построение внутренней касательной прямой к двум окружностям

Заданы окружности радиуса R_1 с центром в точке O_1 и радиуса R_2 с центром в точке O_2 . Требуется найти точки касания и построить общую внутреннюю касательную прямую к этим окружностям (рис. 3.5, а).

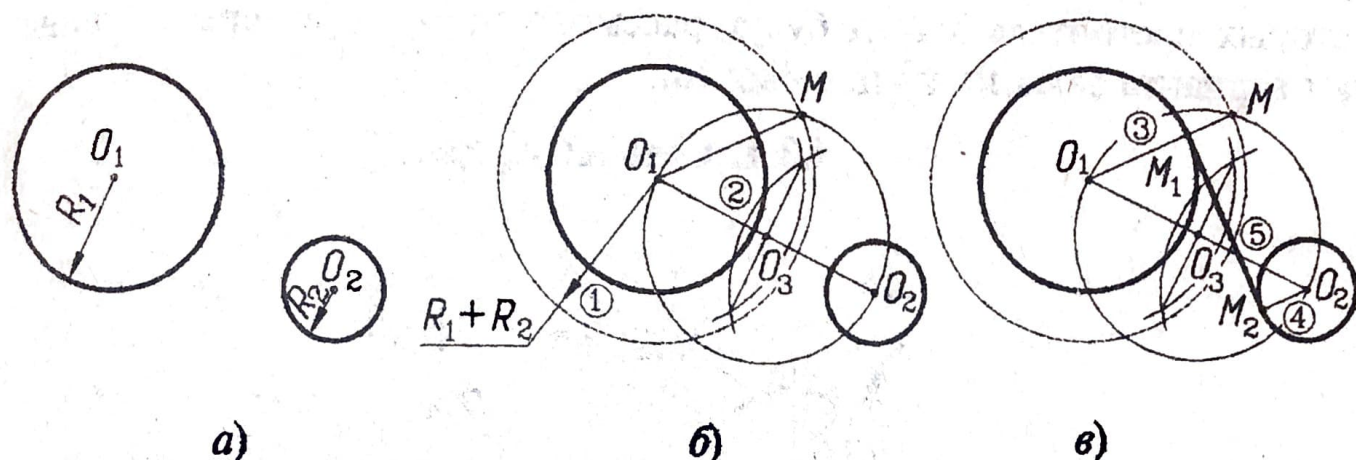


Рис. 3.5

Решение:

1) растягиваем окружность большего радиуса R_1 на величину радиуса меньшей окружности R_2 ; практически это сводится к проведению вспомогательной окружности радиуса $R_1 + R_2$ (рис. 3.5, б);

2) повторяем решение задачи 3.1.3 – построение касательной прямой из точки O_2 к вспомогательной окружности радиуса $R_1 + R_2$:

а) соединяем точки O_1 и O_2 ;

б) делим отрезок O_1O_2 пополам, для этого из точек O_1 и O_2 проводим две дуги одинакового произвольного (но большего половины O_1O_2) радиуса и соединяем точки пересечения этих дуг; находим точку O_3 – середину отрезка O_1O_2 ;

в) из точки O_3 как из центра проводим вспомогательную окружность радиуса $O_1O_3 = O_3O_2$; находим точку M пересечения двух вспомогательных окружностей;

г) соединяем точки O_1 и M ;

3) находим точку M_1 пересечения отрезка O_1M с заданной окружностью радиуса R_1 ; точка M_1 – первая точка касания (рис. 3.5, в);

4) проводим радиус $O_2M_2 \parallel O_1M_1$; находим вторую точку касания M_2 ;

5) соединяем точки M_1 и M_2 – задача решена.

3.1.6. Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса при внутреннем касании

Заданы окружности радиуса R_1 с центром в точке O_1 , радиуса R_2 с центром в точке O_2 и величина радиуса дуги сопряжения R_3 . Требуется найти точки касания, центр дуги сопряжения и построить общую дугу сопряжения к этим окружностям при внутреннем касании (рис. 3.6, а).

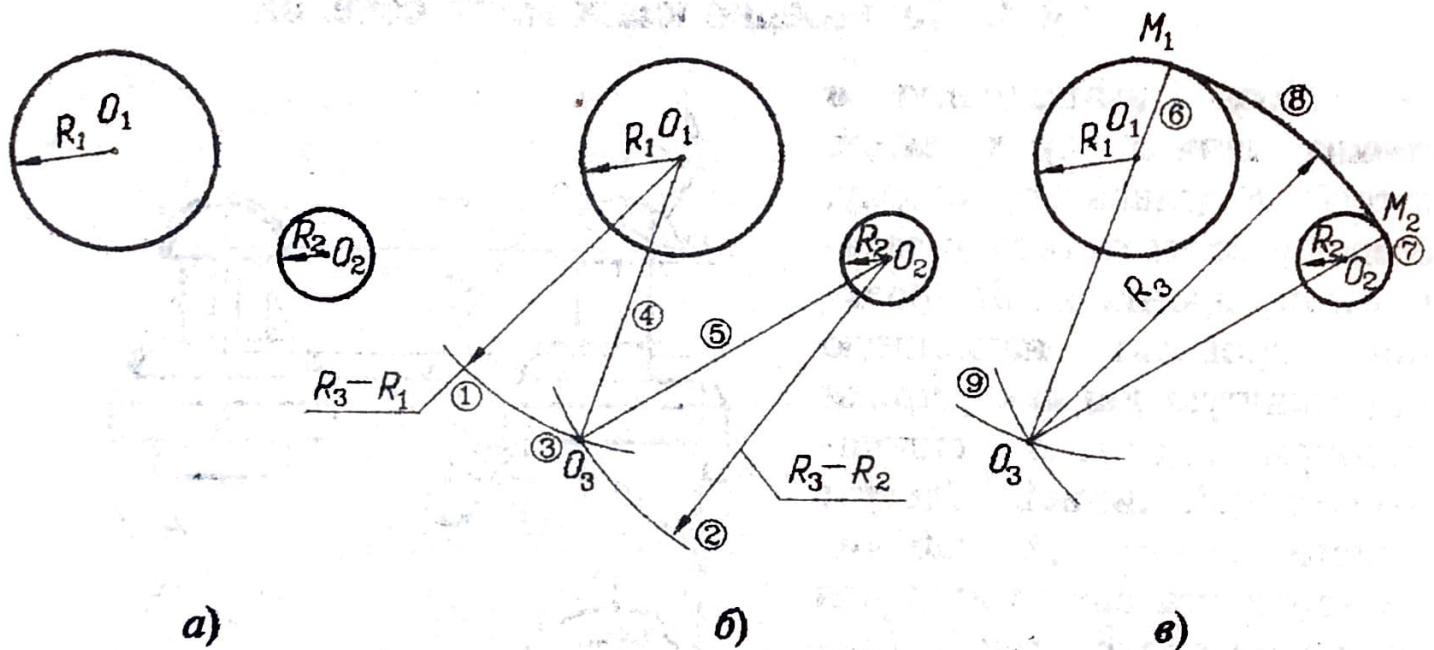


Рис. 3.6

При решении задачи используем следующие геометрические свойства (рис. 3.7):

- точка M_1 касания двух окружностей лежит на прямой, соединяющей их центры;
- расстояние между центрами окружностей при внутреннем касании равно разности их радиусов: $O_3 O_1 = R_3 - R_1$.

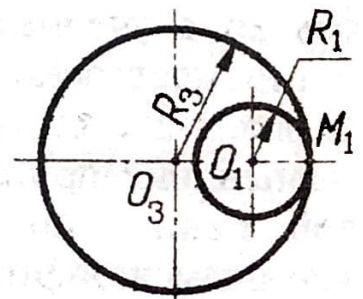


Рис. 3.7

То же самое относится к точке M_2 касания окружностей радиусов R_2 и R_3 .

Решение (рис. 3.6, б):

- 1) из точки O_1 как из центра проводим дугу радиуса $R_3 - R_1$;
- 2) из точки O_2 как из центра проводим дугу радиуса $R_3 - R_2$;
- 3) находим точку O_3 пересечения этих дуг – центр искомой дуги радиуса R_3 ;

- 4) соединяем точки O_3 и O_1 ;
- 5) соединяем точки O_3 и O_2 ;
- 6) продолжаем отрезок O_3O_1 до пересечения с заданной окружностью радиуса R_1 в точке M_1 – в первой точке касания (рис. 3.6, в);
- 7) продолжаем отрезок O_3O_2 до пересечения с заданной окружностью радиуса R_2 в точке M_2 – во второй точке касания;
- 8) из точки O_3 как из центра проводим дугу радиуса R_3 между точками M_1 и M_2 – задача решена;
- 9) оставляем минимально необходимые линии построения, стирая их ненужные участки.

3.1.7. Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса при внешнем касании

Заданы окружности радиуса R_1 с центром в точке O_1 , радиуса R_2 с центром в точке O_2 и величина радиуса дуги сопряжения R_3 . Требуется найти точки касания, центр дуги сопряжения и построить общую дугу сопряжения к этим окружностям при внутреннем касании (рис. 3.9, а).

При решении задачи используем следующие геометрические свойства (рис. 3.8):

- точка M_1 касания двух окружностей лежит на прямой, соединяющей их центры;
- расстояние между центрами окружностей при внешнем касании равно сумме их радиусов: $O_3O_1 = R_3 + R_1$.

То же самое относится к точке M_2 касания окружностей радиусов R_2 и R_3 .

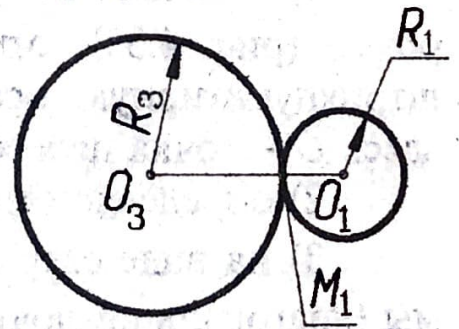


Рис. 3.8

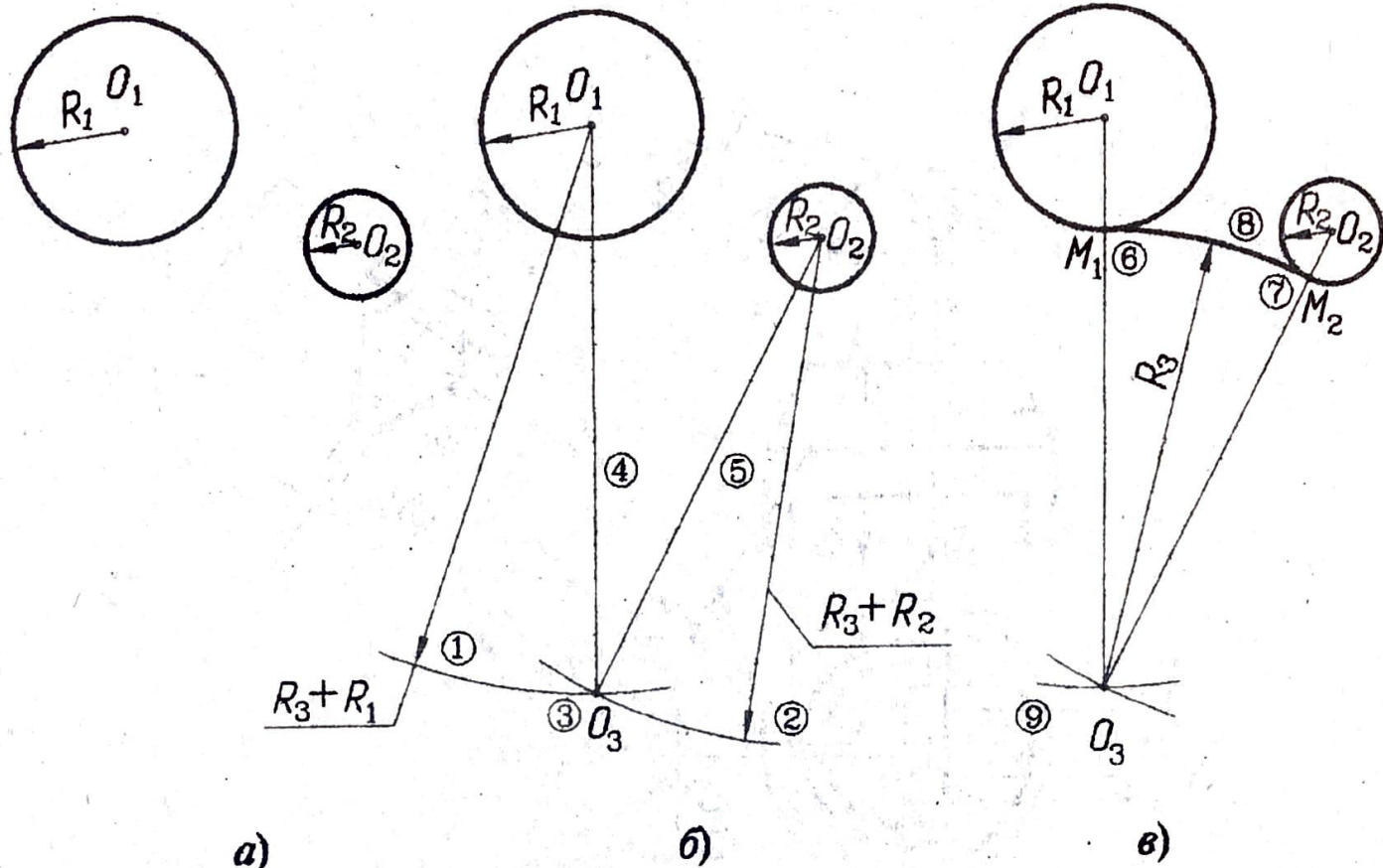


Рис. 3.9

Решение (рис. 3.9, б):

- 1) из точки O_1 как из центра проводим дугу радиуса $R_3 + R_1$;
- 2) из точки O_2 как из центра проводим дугу радиуса $R_3 + R_2$;
- 3) находим точку O_3 пересечения этих дуг — центр искомой дуги радиуса R_3 ;
- 4) соединяем точки O_3 и O_1 ;
- 5) соединяем точки O_3 и O_2 ;
- 6) находим точку M_1 пересечения отрезка O_3O_1 с заданной окружностью радиуса R_1 ; M_1 — первая точка касания (рис. 3.9, в);
- 7) находим точку M_2 пересечения отрезка O_3O_2 с заданной окружностью радиуса R_2 ; M_2 — вторая точка касания;
- 8) из точки O_3 как из центра проводим дугу радиуса R_3 между точками M_1 и M_2 — задача решена;
- 9) оставляем минимально необходимые линии построения, стирая их ненужные участки.

3.1.8. Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса при комбинированном касании

Заданы окружности радиуса R_1 с центром в точке O_1 , радиуса R_2 с центром в точке O_2 и величина радиуса дуги сопряжения R_3 . Требуется найти точки касания, центр дуги сопряжения и построить общую дугу сопряжения к этим окружностям при внутреннем касании к окружности радиуса R_1 и внешнем касании к окружности радиуса R_2 (рис. 3.10, а).

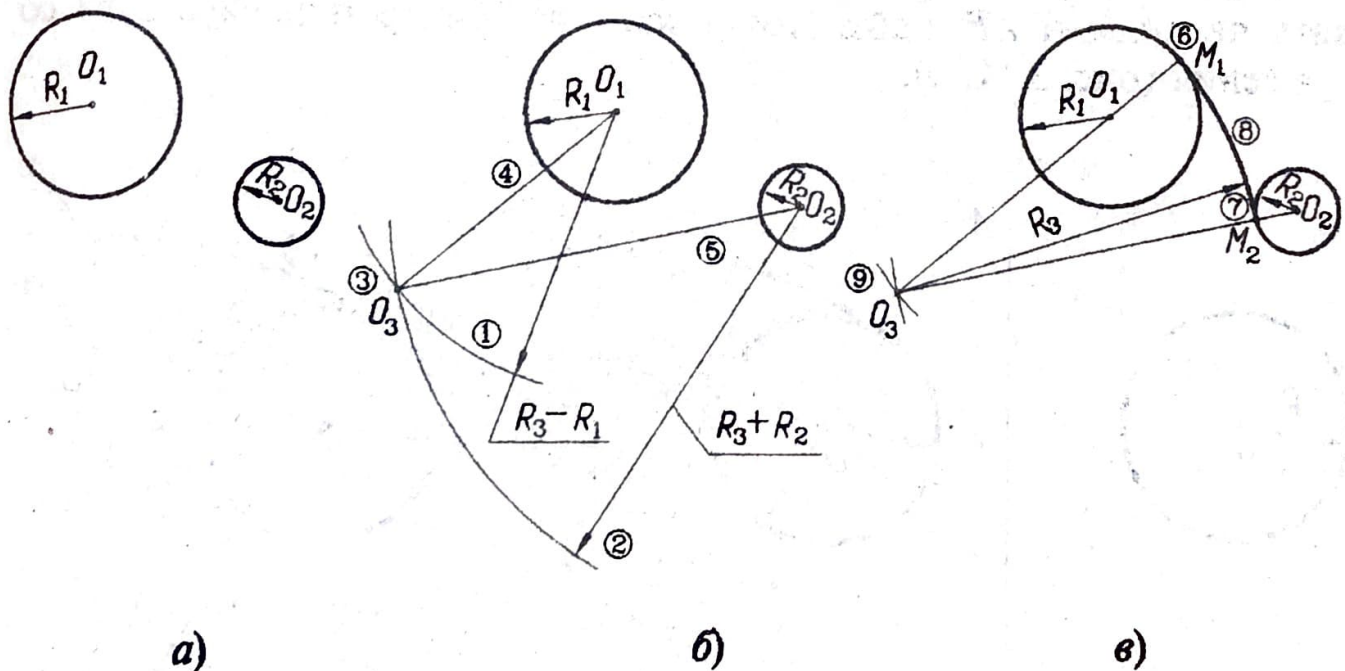


Рис. 3.10

Данная задача является комбинацией двух предыдущих.

Решение (рис. 3.10, б):

- 1) из точки O_1 как из центра проводим дугу радиуса $R_3 - R_1$;
- 2) из точки O_2 как из центра проводим дугу радиуса $R_3 + R_2$;
- 3) находим точку O_3 пересечения этих дуг — центр искомой дуги радиуса R_3 ;
- 4) соединяем точки O_3 и O_1 ;
- 5) соединяем точки O_3 и O_2 ;
- 6) продолжаем отрезок O_3O_1 до пересечения с заданной окружностью радиуса R_1 в точке M_1 — в первой точке касания (рис. 3.10, в);

7) находим точку M_2 пересечения отрезка O_3O_2 с заданной окружностью радиуса R_2 ; M_2 – вторая точка касания;

8) из точки O_3 как из центра проводим дугу радиуса R_3 между точками M_1 и M_2 – задача решена.

3.1.9. Нахождение центра и определение радиуса дуги сопряжения по заданным условиям

Заданы: окружность радиуса R_1 с центром в точке O_1 , прямая AB и точка A на этой прямой. Требуется: построить дугу сопряжения, проходящую через точку A , причем центр этой дуги должен лежать на прямой AB ; найти точку касания, центр и радиус дуги сопряжения (рис. 3.11, а).

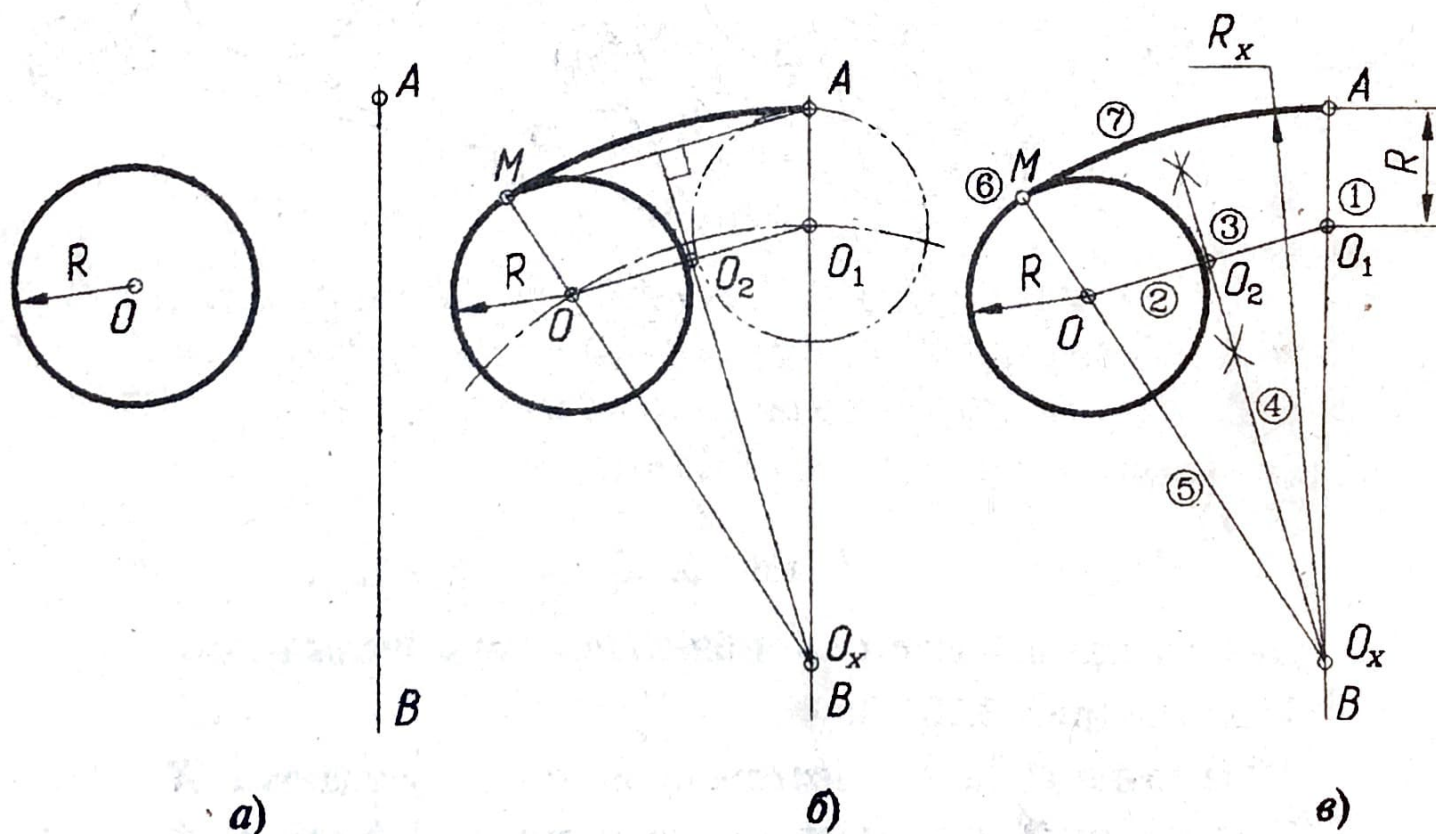


Рис. 3.11

Предположим, что задача решена. Мысленно перекатим заданную окружность по дуге искомого радиуса так, чтобы она прошла через точку A , а центр этой окружности O переместился в точку O_1 на прямой AB (рис. 3.11, б). Равнобедренные треугольники MAO_x и OO_1O_x подобны друг другу. Медиана (она же высота) каждого из этих треугольников пройдет через центр O_x искомой окружности.

После определения радиуса R_x необходимо измерить на чертеже его значение и нанести соответствующий размер, после которого поставить звездочку, например: $R57^*$. В технических требованиях (на расстоянии 10-20 мм над основной надписью) наклонным шрифтом размера 7 дается пояснение: **Размер для справки* (если он один) или **Размеры для справок* (если их больше одного). Пример написания (с разметкой) показан на рис. 3.13.

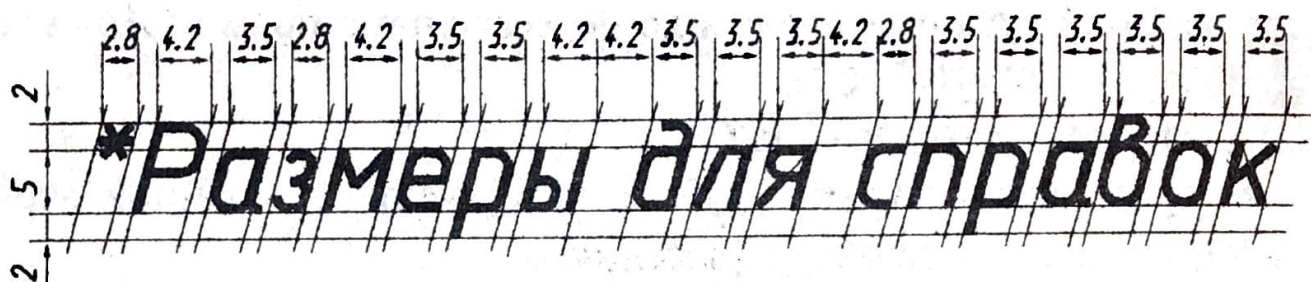


Рис. 3.13

3.2. Рекомендации по выполнению первого задания

Пример выполнения первого задания (“Деталь А”) представлен на рис. 3.14.

3.2.1. Выполнение чертежа в тонких линиях

Изображение нужно размещать в средней части листа и строить в натуральную величину (в масштабе 1:1), т.е. размеры изображения на чертеже должны строго соответствовать размерным числам, указанным в задании.

Построения выполняют карандашом Т (или Н) тонкими линиями без нажима. Сначала проводят осевые и центровые линии. Затем строят элементы чертежа, которые определены в задании с помощью размерных чисел и не требуют дополнительных построений. Например, на рис. 3.14 это окружности $\varnothing 10$ и $\varnothing 14$.

Далее нужно проанализировать задание и найти в нем типовые задачи, рассмотренные в разд. 3.1. Для облегчения этого следует мысленно продолжить дуги до полных окружностей. В представленном примере на рис. 3.14 имеются задачи:

- построение внутренней касательной к двум окружностям, в данном случае к дугам радиусов $R15$ и $R25$ (разд. 3.1.5),
- геометрические свойства при внешнем касании двух дуг окружностей радиусов $R10$ и $R25$ (разд. 3.1.7),

– построение дуги сопряжения неизвестного радиуса (размер R_{57}^* на рис. 3.14, который в задании указан в виде R_x), касающейся окружности радиуса R_{10} и проходящей через точку на оси симметрии, отмеченную размером 120 (п. 3.1.9).

Затем нужно выполнить все построения, указанные в соответствующих пунктах разд. 3.1 и нанести размеры в соответствии с тем, как это сделано в задании. **Нельзя использовать линии построения в качестве размерных или выносных линий!** В первой задаче требуется **проводить нормали во всех точках сопряжения.**

Следует избегать типичных ошибок, показанных на рис. 3.15. В качестве упражнения разберите этот рисунок и попробуйте понять, в чем состоят отмеченные ошибки. После этого проверьте себя по пояснениям, приведенным ниже.

3.2.2. Обводка чертежа

После получения первой подписи преподавателя все линии (за исключением сеток разметки) обводятся: линии контура (“толстые”) – толщиной $s = 0,8...1$ мм (контролировать с помощью линейки); выносные, размерные и **линии построения** – толщиной $s/3...s/2$. **Линии построения не стирать!** Можно стереть только неиспользуемые части линий построения. Числа и надписи обводятся толщиной $d = h/10$, где h – размер шрифта.

Типы линий и их начертания должны соответствовать требованиям разд. 2.3. Обводку рекомендуется начинать с тонких линий (сплошные тонкие, штрихпунктирные тонкие, волнистые линии, т.е. с осевых, центровых, размерных, выносных и **линий построения**).

Затем обводятся сплошные основные (“толстые”) линии: сначала окружности и лекальные кривые, потом прямые линии. Все линии нужно обводить строго между точками сопряжений (они должны быть предварительно отмечены нормальями), **выступание линий за точки сопряжения не допускается.** Далее обводят стрелки, цифры размерных чисел, надписи на поле чертежа, в основной надписи и в дополнительной графе.

При обводке обычно используют карандаш ТМ (НВ или F) для прямых линий и М (В) – для окружностей (вставляют в циркуль).

Фамилия студента и номер его группы **обводятся чернилами.**

Обведенный чертеж представляется на вторую подпись.

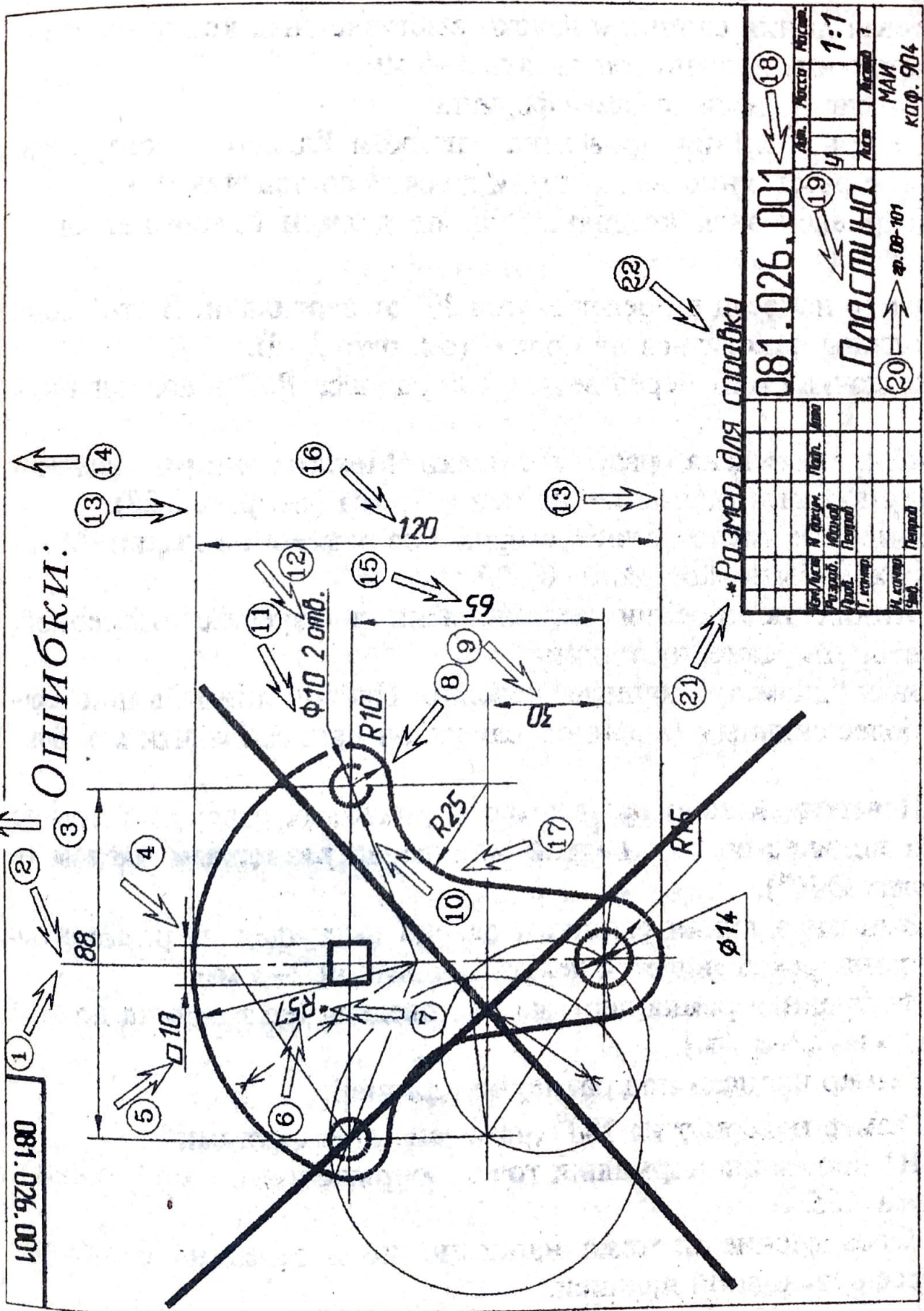


Рис. 3.15

Пояснения к ошибкам, показанным на рис. 3.15:

1. Изображение смещено относительно середины листа. Его следует переместить правее.
2. Осевая линия слишком далеко выступает над контуром детали. Это выступание должно составлять 3–5 мм.
3. Отсутствует внешняя рамка формата.
4. Размерная линия проведена слишком близко к контурной. Минимальное расстояние между ними должно составлять 10 мм.
5. Искривлен знак квадрата. Он не должен превращаться в ромб.
6. Размер нанесен в пределах угла 30° от вертикали. В этой зоне размеры должны наноситься на полках (см. рис. 2.19).
7. Звездочка стоит перед величиной радиуса $R57$, а должна быть после нее.
8. Полка проведена сразу от стрелки. Между концом стрелки и полкой должно быть расстояние не менее 10 мм (см. рис. 2.27).
9. Размерное число написано прямо на размерной линии. Между ними должно быть расстояние 0,5–1 мм.
10. Линия построения использована в качестве размерной. Нужно повернуть размерную линию.
11. Знак “диаметр” написан неверно. Наклон линии в нем должен быть более сильным (в данном случае он написан почти как буква “эф”).
12. Неверно указано количество одинаковых отверстий: нужно писать это количество под полкой или перед размерным числом (в виде: “2 отв. $\varnothing 10$ ”).
13. Выносная линия слишком далеко выступает за размерную. Это выступание рекомендуется делать величиной 2–3 мм.
14. Внутренняя рамка чертежа не обведена (ее толщина должна составлять $s = 0,8–1$ мм).
15. Размер написан под размерной линией.
16. Размер повернут на 180° (написан “вверх ногами”).
17. Не проведена нормаль к точке сопряжения прямой линии и дуги радиуса $R25$.
18. Обозначение чертежа написано не в середине соответствующей графы основной надписи.

19. Наименование чертежа написано слишком низко, не в середине соответствующей графы основной надписи.

20. Группа указана в графе "Материал" основной надписи. Ее нужно писать в правой нижней графе.

21. Звездочка написана слишком низко. Ее верхняя точка должна быть на одной высоте с верхней точкой буквы "Р".

22. Надпись "*Размер для справки" расположена слишком низко. Ее расстояние от основной надписи должно быть не менее 10 мм.

3.3. Выполнение задания средствами компьютерной графики

Программа ряда факультетов предполагает изучение компьютерной графики. Ниже представлен пример выполнения первого задания ("Деталь А") с помощью системы Автокад [11]*. **Возможность такого выполнения чертежей следует согласовать с преподавателем.**

При отсутствии принтера формата А3 первое задание ("Деталь А") можно выполнять средствами компьютерной графики на формате А4. Предположим, что в качестве прототипа установлен файл А4.DWG, в котором содержится формат А4 с заготовкой основной надписи. Установку прототипа можно провести средствами Автокада [11] или сделать копию файла А4.DWG, которую затем редактировать. Пример команды копирования в среде DOS:

copy A4.DWG A26.DWG

Здесь А26.DWG — имя файла чертежа ("Деталь А", вариант 26).

Ниже приводится протокол выполнения изображения детали, показанной на рис. 3.14. Квадратиками с цифрами обозначены характерные точки чертежа. Цифры в скобках — декартовы координаты точек (x, y). Начало отсчета (0, 0) находится в левом нижнем углу внешней рамки чертежа. Ось x направлена вправо, ось y — вверх. Вводимые команды Автокада и ответы на запросы системы выделены полужирным шрифтом, комментарии заключены в фигурные скобки. Этапы выполнения задания показаны на рис. 3.16 - 3.19. Для удобства построений ось симметрии сначала выполняется сплошной тонкой линией, которая затем с помощью команды BREAK ("РАЗОРВИ") преобразуется в штрихпунктирную.

* Автокад (AutoCAD) — зарегистрированная торговая марка программного продукта фирмы Autodesk, Inc. (США).

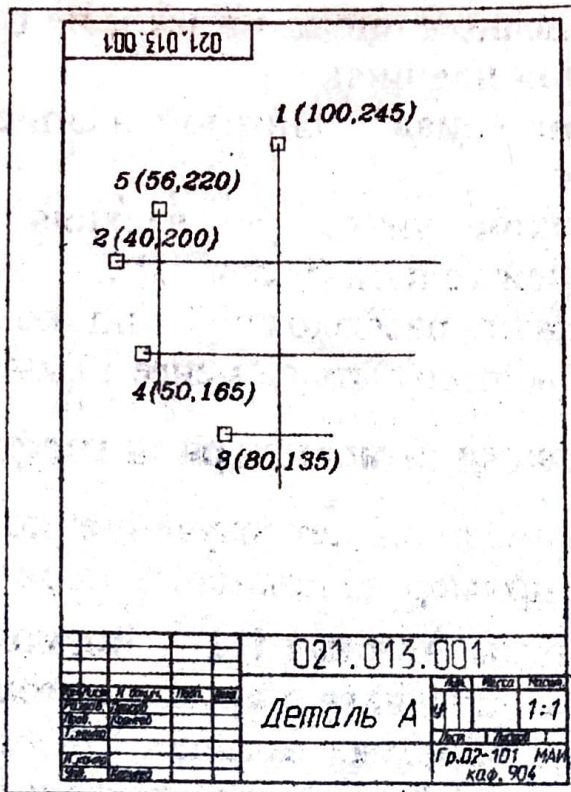


Рис. 3.16

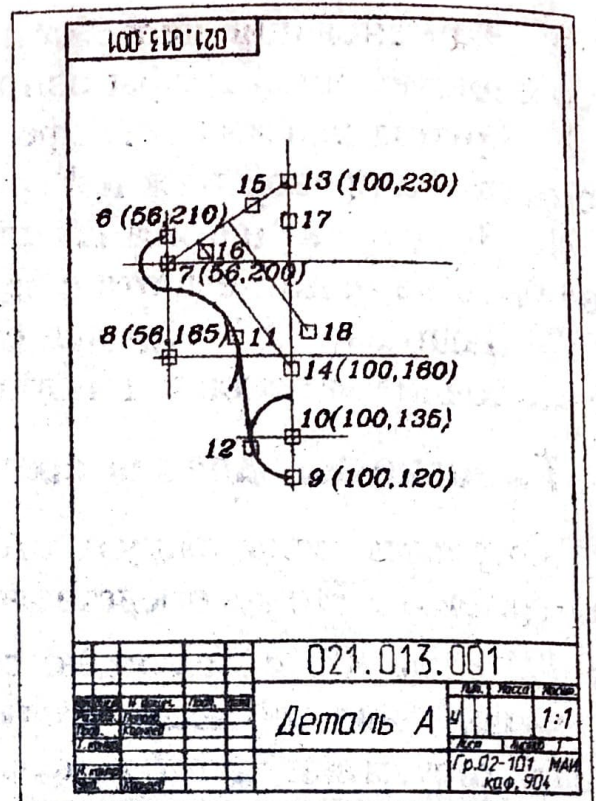


Рис. 3.17

- 1) Command: **LINE**
 From point: **100,245**
 To point: **@0,-130**
 To point:
 - 2) Command: **LINE**
 From point: **40,200**
 To point: **160,200**
 To point:
 - 3) Command: **LINE**
 From point: **80,135**
 To point: **120,135**
 To point:
 - 4) Command: **LINE**
 From point: **50,165**
 To point: **150,165**
 To point:
 - 5) Command: **LINE**
 From point: **56,220**
 To point: **@0,-70**
- { Вертикальная ось
от точки 1 (100, 245)
вниз на 130 мм; знак @ — признак
относительных координат,
отсчитываемых от предыдущей точки}
- { Горизонтальная ось от точки 2 (40,200)
до точки (160, 200)}
- { Ось нижнего отверстия от точки 3}
- { Линия центров дуги R25 от точки 4}
- { Вертикальная ось отверстия $\varnothing 10$
от точки 5 длиной 70 мм}

{ Дальнейшие построения иллюстрируются рис. 3.17 }

- 6) Command: **PLINE** { Дуга R10,
From point: **56,210** начальная точка 6 (56, 210) }
Current LINE-width is 1 { Установка толщины линии 1 мм }
Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<End point of LINE>: **W**
Starting width <0.8000> 1
Ending width <1.0000>
Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<End point of LINE>: **A**
{ Вход в режим черчения дуги - Arc }
Angle/CENTER/CLose/Direction/Half width/LINE/Radius/Second pt
/Undo/Width/<Endpoint of arc>: **CE** { Задание центра дуги R10
7) Center point: **56,200** - точки 7 (56, 200) }
Angle/Length/<End point>: **A** { Задание центрального угла дуги
Included angle: **180** Angle - 180°, против часовой стрелки }
8) Angle/CENTER/CLose/Direction/Half Width/LINE/Radius/Second
pt/Undo/Width/ <Endpoint of arc>: **CE** { Дуга R25,
Center point: **56,165** центр - точка 8 (56, 165) }
Angle/Length/<End point>: **A** { Центральный угол - 120°,
Included angle: **-120** знак "минус" - по часовой стрелке }
Angle/CENTER/CLose/Direction/Half width/LINE/Radius/Second
pt/Undo/Width/
<Endpoint of arc>:
9) Command: **PLINE** { Дуга R15 }
From point: **100,120** начальная точка 9 (100, 120) }
Current LINE-width is 1
Arc/Close/Half width/Length/Undo/Width/<Endpoint of LINE>: **A**
Angle/CENTER/CLose/Direction/Half width/LINE/Radius/Second pt
/Undo/Width/<Endpoint of arc>: **CE** { Центр - точка 10 (100, 135) }
Center point: **100,135**
Angle/Length/<End point>: **A** { Центральный угол 180°,
Included angle: **-180** отсчет по часовой стрелке }
11) Command: **PLINE** { Касательная к дугам R25 и R15 }
From point: **TAN** to { Указать дугу R25 - точку 11 }
Current LINE-width is 1
Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of LINE>:
12) **TAN** to { Указать дугу R15 - точку 12 }
Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of LINE>:

- 13) Command: **LINE** { Наклонная линия построения R_x }
 From point: **56,200** от точки 7 (56, 200)
 To point: **100,230** до точки 13 (100, 230)
 To point:
- 14) Command: **LINE** { Серединный перпендикуляр }
 From point: **100,160** { От любой точки 14 на вертикальной оси }
- 15) To point: **PER to** { Указать любую точку 15 на линии 7-13 }
 To point:
 Command: **MOVE** { Перемещение в середину линии 7-13 }
 Select objects: { Указать любую точку 16 на перпендикуляре }
 Select objects: 1 selected, 1 found.
 Base point or displacement: **END** { Указать точку 16 у конца линии }
 Second point of displacement: **MID** { Указать точку 15 линии 7-13 }
- 17) Command: **TRIM** { Обрезка серединного перпендикуляра }
 Select cutting edge(s)...
 Select objects: { Указать любую точку 17 на вертикальной оси }
 Select objects: 1 selected, 1 found.
 Select objects:
- 18) Select object to **TRIM**: { Указать точку 18 на обрезаемой линии }
 Select object to **TRIM**:
 { Дальнейшие построения иллюстрируются рис. 3.18. }
- 19) Command: **LINE** { Нормаль в точке сопряжения дуг R₁₀ и R_x }
 From point: **CEN** { Указать точку 19 на дуге R₁₀ }
- 20) To point: **INT** { Указать точку 20 пересечения линий 17 и 21 }
 To point:
- 21) Command: **EXTEND** { Удлинение линии 21 до дуги 19 }
 Select boundary edge(s) . . .
 Select objects: { Указать точку 19 на дуге R₁₀ }
 Select objects: 1 selected, 1 found.
 Select objects:
 Select object to **EXTEND**: { Указать точку 21 удлиняемой линии }
 Select object to **EXTEND**:
- 22) Command: **PLINE** { Дуга R_x }
 From point: **INT** { Указать точку 22 пересечения
 Current **LINE**-width is 1 линии 21 и дуги 19 }
 Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of **LINE**>: **A**
 { Вход в режим построения дуги - Arc }

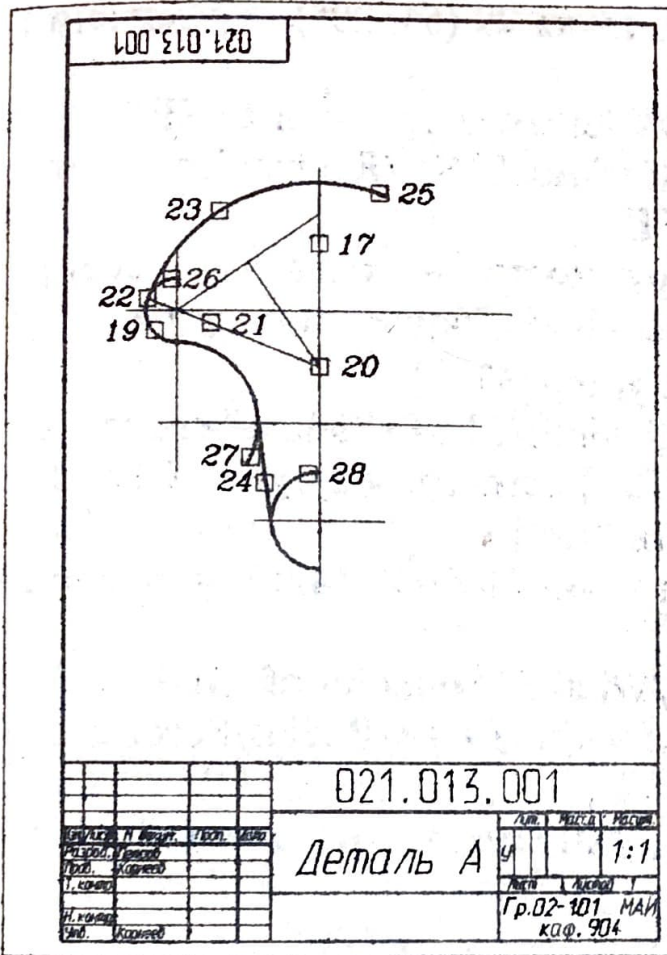


Рис. 3.18

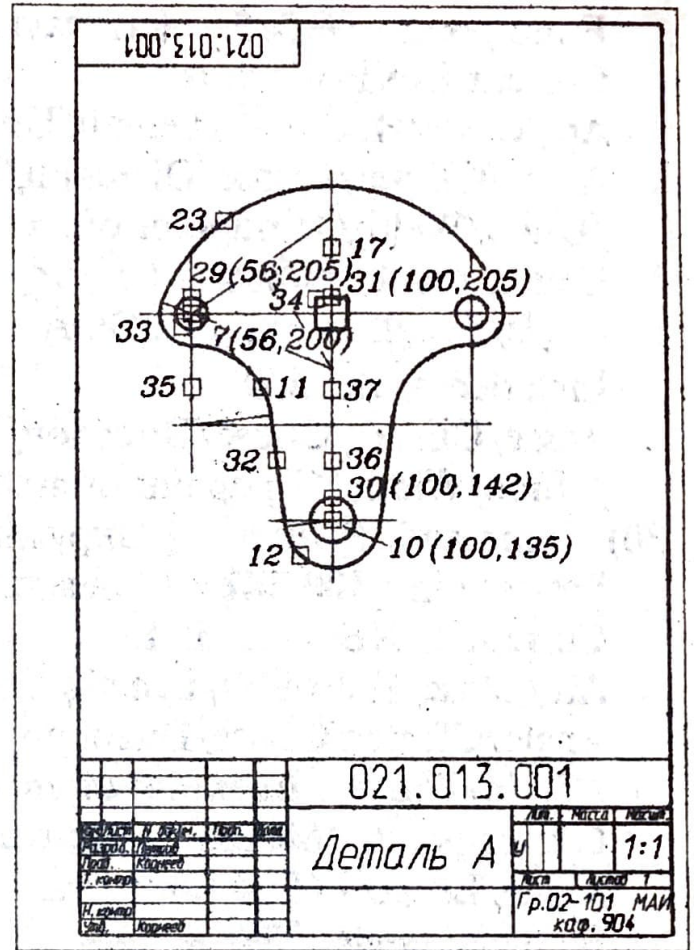


Рис. 3.19

Angle/CENTER/CLOSE/Direction/Half width/LINE/Radius/Second pt /Undo/Width/<Endpoint of arc>: **CE** { Режим задания центра дуги }
 Center point: **INT** { Указать точку 20 пересечения линий 17 и 21 }
 Angle/Length/<End point>: **A** { Режим задания центрального угла }
 Included angle: **-90** { Угол 90° по часовой стрелке }
 Angle/CENTER/CLOSE/Direction/Half width/LINE/Radius/Second pt /Undo/Width/ <Endpoint of arc>:

- 23) Command: **TRIM** { Обрезка концов дуг }
- Select cutting edge(s)... { Указание режущих кромок }
- 24) Select objects: { Указать точки 17, 23, 24 }
- Select objects: 1 selected, 1 found.
- Select objects:
- 25) Select object to TRIM: { Указать обрезаемые участки дуг }
- ... Select object to TRIM: ... — точки 25, 26, 27, 28 }
- 28)

{ Результат этапа и дальнейшие построения показаны на рис. 3.19 }

- 29) Command: **PLINE** { Окружность $\varnothing 10$ }
 From point: **56,205** { Начальная точка 29 (56, 205) окружности }
 Current LINE-width is 1
 Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of LINE>: A
 Angle/CENTER/CLOSE/Direction/Half width/LINE/Radius/Second pt
 /Undo/Width/<Endpoint of arc>: **CE**
 Center point: **56,200** { Центр окружности – точка 7 (56, 200) }
 Angle/Length/<End point>: **A** { Заменяем окружность дугой
 Included angle: **359** с углом 359° }
 Angle/CENTER/CLOSE/Direction/Half width/LINE/Radius/Second pt
 /Undo/Width/<Endpoint of arc>: **CL** { Замыкаем дугу – CLOSE }
- 30) Command: **PLINE** { Окружность $\varnothing 14$ }
 From point: **100,142** { Начальная точка 30 (100, 142) окружности }
 Current LINE-width is 1
 Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of LINE>: A
 Angle/CENTER/CLOSE/Direction/Half width/LINE/Radius/Second pt
 /Undo/Width/<Endpoint of arc>: **CE**
 Center point: **100,135** { Центр окружности – точка 10 (100, 135) }
 Angle/Length/<End point>: **A**
 Included angle: **359**
 Angle/CENTER/CLOSE/Direction/Half width/LINE/Radius/Second pt
 /Undo/Width/<Endpoint of arc>: **CL**
- 31) Command: **PLINE** { Половина квадрата }
 From point: **100,205** { Начальная точка 31 (100, 205) квадрата }
 Current LINE-width is 1
 Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of LINE>:
 @-5,0 { Вторая точка на 5 мм левее первой }
 Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of LINE>:
 @0,-10 { Третья точка на 10 мм ниже второй }
 Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of LINE>:
 @5,0 { Четвертая точка на 5 мм правее третьей }
 Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of LINE>:
- 32) Command: **LINE** { Нормаль в точке сопряжения дуги 11
 и прямой 32 }
 From point: **CEN** of { Указать точку 11 дуги R10 }
 To point: **PER** to { Указать точку 32 прямой }
 To point:

- Command: **LINE** { Нормаль в точке сопряжения дуги 12 и прямой 32 }
- From point: **CEN** of { Указать точку 12 дуги R15 }
- To point: **PER** to { Указать точку 32 прямой }
- To point:
- 33) Command: **MIRROR** { Зеркальное отражение }
- 34) Select objects: { Указать отражаемые объекты: дуги 23, 11, 12, прямую 32, окружность 33, половину квадрата 34 и осевую линию 35 }
- Select objects: 1 selected, 1 found.
- 35) Select objects: ...
- Select objects:
- First point of mirror line: **END** { Указать точку 17 у верхнего конца зеркальной линии }
- 36) Second point: **END** { Указать точку 36 у нижнего конца зеркальной линии }
- Delete old objects? <N> { Не удалять отражаемые объекты }
- 37) Command: **snap** { Величина шага перемещения курсора }
- Snap spacing or ON/OFF/Aspect/Rotate/STYLE <1> 2
- Command: **BREAK** { Разрыв линии 17-36 – преобразование ее в штрихпунктирную }
- Select { Указать точку 17 осевой линии на расстоянии примерно 15 мм от ее конца }
- Enter second point { Указать точку на 2 мм ниже от предыдущей }
- Command: **BREAK**
- Select { Указать точку на 2 мм ниже от предыдущей }
- Enter second point { Указать точку на 2 мм ниже от предыдущей }
- ... { Разорвать линию 17-36 еще в двух местах }
- F9** { Выключение режима шагового перемещения курсора }
- <Snap off>
- 38) { Нанесение размеров – команда **DIM** }
- 39) { Нанесение надписи “*Размер для справки” – команда **DTEXT** }
- 40) { Корректировка основной надписи – команда **CHANGE** }
- 41) { Завершение работы – команда **END** }
- 42) { Выход из Автокада }

Описание указанных команд представлено в пособии [11]. В результате получается чертеж, аналогичный показанному на рис. 3.14, но выполненный на формате A4.

4. ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

4.1. Изображения – виды, разрезы, сечения

4.1.1. Метод прямоугольного проецирования

Изображения предметов на чертежах выполняют по методу прямоугольного проецирования (рис. 4.1). Предмет помещают внутрь воображаемого куба и освещают параллельными лучами, перпендикулярными граням куба, на которых в общем случае получаются 6 изображений. Грани разворачивают на плоскость чертежа и получают так называемый **комплексный чертеж** (рис. 4.2), или чертеж Монжа – назван по фамилии французского ученого Гаспара Монжа (1746-1818 гг.), разработавшего этот метод получения изображений.

Дальнейшее изложение данного раздела проводится в соответствии с учебником [3].

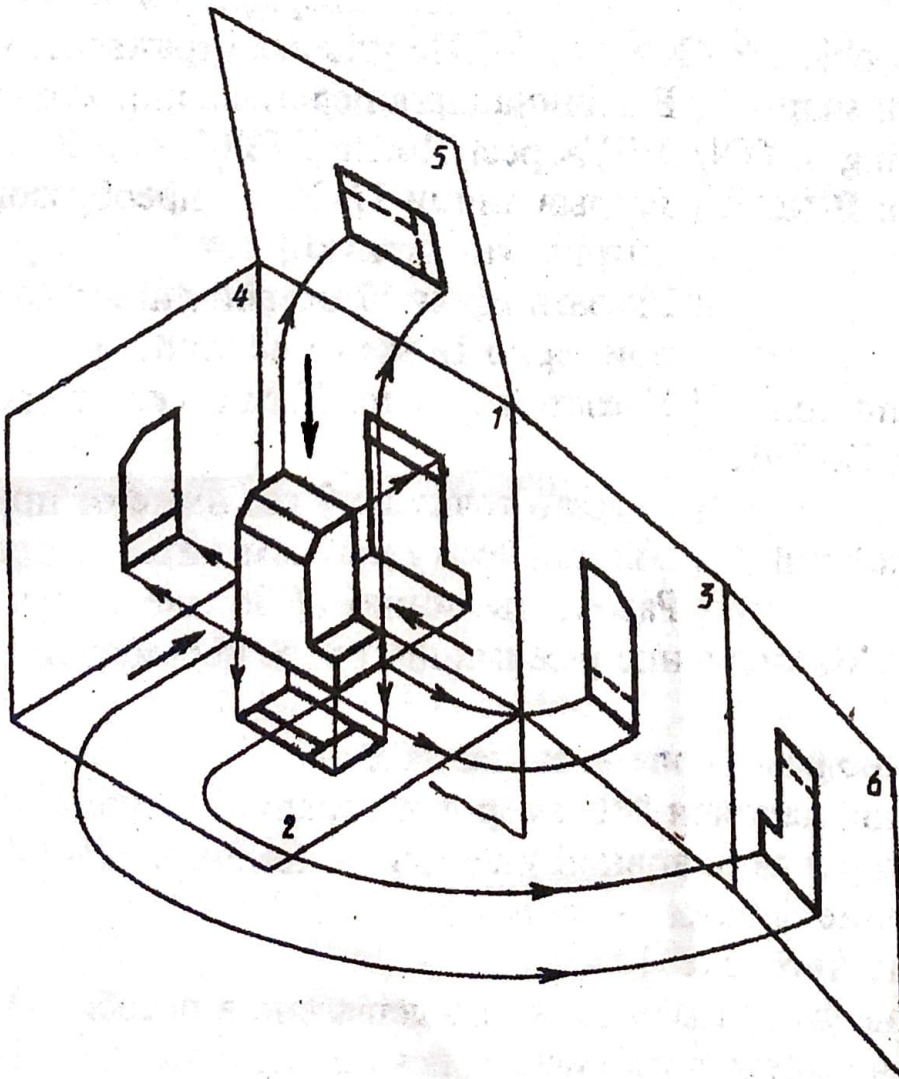


Рис. 4.1

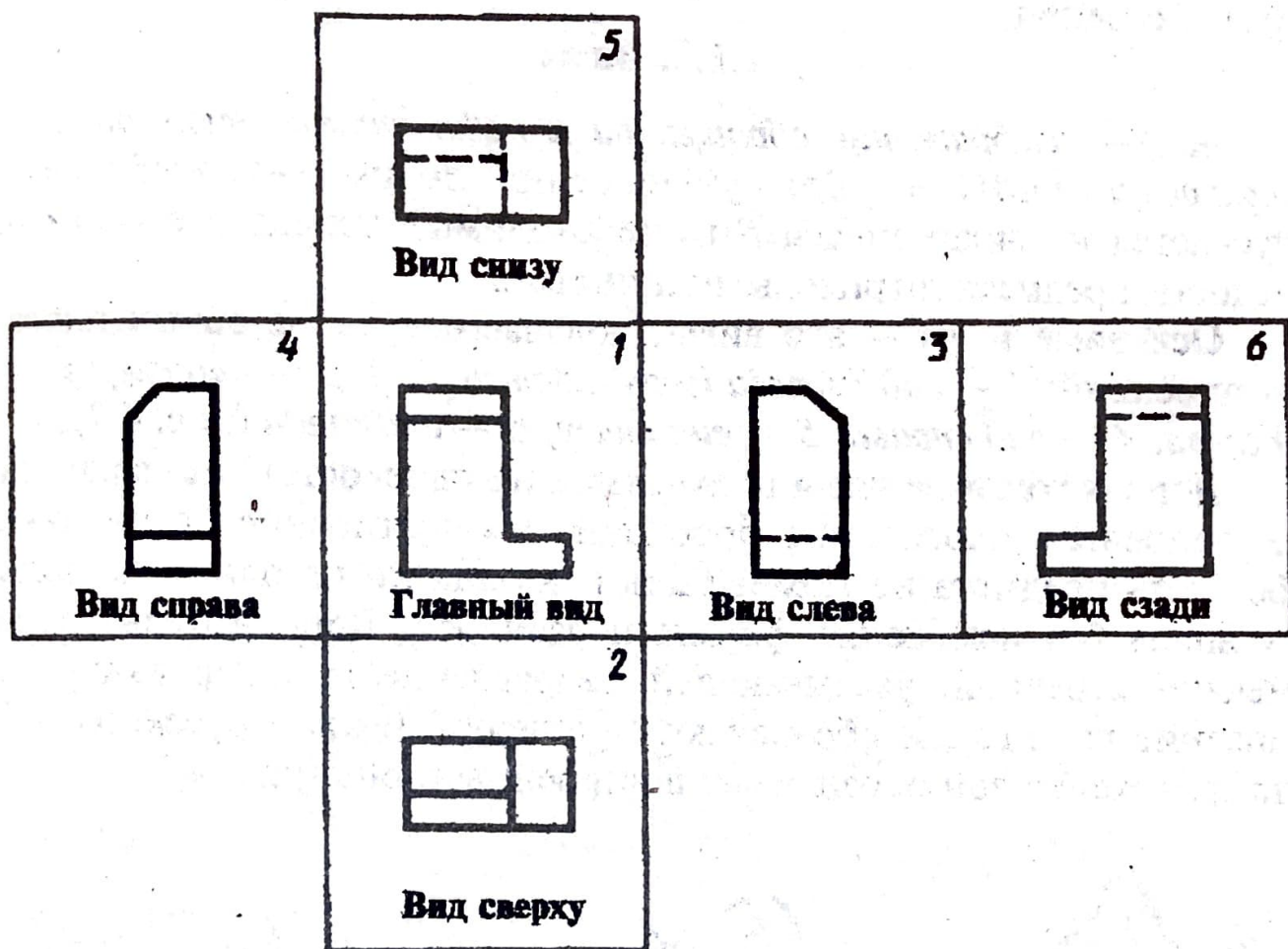


Рис. 4.2

Представленный на рис. 4.2 чертеж получен так называемым *методом первого угла* (методом *E* — “европейским”), когда изображаемый предмет расположен между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекции. Он принят в России и в большинстве стран Европы. Учебные чертежи **должны выполняться методом первого угла.**

Существует также *метод третьего угла* (метод *A* — “американский”) — плоскость проекций располагают между наблюдателем и изображаемым предметом (изображение получается как бы в зеркале). При этом расположение видов слева и справа, а также сверху и снизу меняются между собой местами. Данный метод принят в Англии, США и некоторых других странах.

Согласно ГОСТ 2.305-68** изображение на фронтальной плоскости проекций принимают за **главное**. Его выбирают так, чтобы оно давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета. (Отметим, что две звездочки в обозначении стандарта означают, что он был заменен или отменен в частях.)

В зависимости от содержания изображения разделяют на виды, разрезы, сечения.

4.1.2. Виды

Вид — изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета штриховыми линиями.

Основные виды — это виды, получаемые на основных плоскостях проекций: 1 — вид спереди (или главный вид), 2 — вид сверху, 3 — вид слева, 4 — вид справа, 5 — вид снизу, 6 — вид сзади (рис. 4.2).

Дополнительные виды получают на плоскостях, не параллельных основным плоскостям проекций. Их применяют, если какая-либо часть предмета не может быть показана ни на одном из основных видов без искажения формы и размеров. Дополнительный вид отмечают стрелкой, указывающей направление проецирования (направление взгляда), и обозначают прописной буквой русского алфавита, той же буквой обозначают построенный вид (рис. 4.3, а).

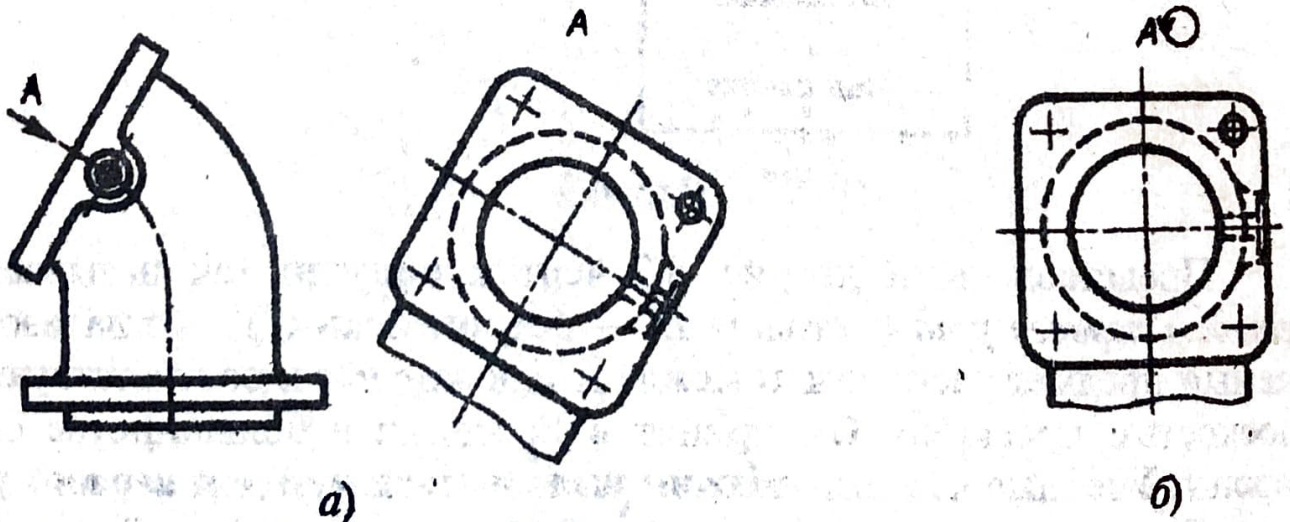


Рис. 4.3

Буквенные обозначения присваивают в алфавитном порядке, начиная с буквы А, без пропусков (за исключением букв Й, О, Х, Ъ, Ы, Ь) и повторений, независимо от общего количества листов чертежа. Для них рекомендуется наклонный шрифт размера 10 или 7.

Не допускается использовать одну и ту же букву для разных типов изображений, например для вида и для разреза.

Если дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением и не отделен от него другими изображениями, то его не обозначают.

Если какой-либо из **основных видов** не находится в непосредственной проекционной связи с главным изображением или отделен от него другим изображением, то этот вид должен быть отмечен на чертеже аналогично дополнительному виду (стрелкой и буквой).

Предусмотрены **три вида стрелок, указывающих направление взгляда** (рис. 4.4). Рекомендуется использовать вариант по рис. 4.4, б.

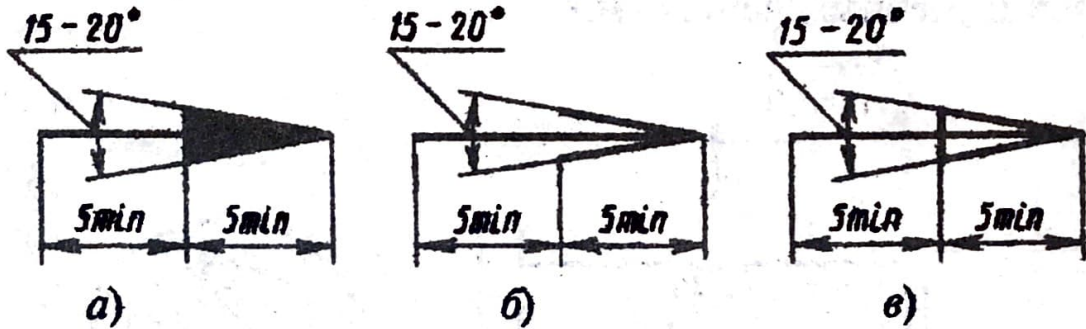


Рис. 4.4

Отметим, что для **стрелок размерных линий** по ГОСТ 2.307-68* (рис. 2.17) установлены только **два вида начертаний** (зачерненные и разомкнутые). Третий их вид (приблизительно соответствующий рис. 4.4, в) допускается только для чертежей, выполняемых с помощью графопостроителя (плоттера).

Допускается поворачивать дополнительный вид, при этом к надписи добавляют знак "повернуто" (рис. 4.3, б). Форма знака показана на рис. 4.5. При необходимости после знака "повернуто" указывают угол поворота.

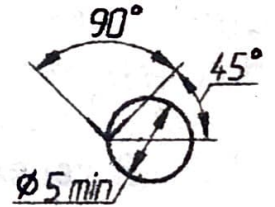


Рис. 4.5

Местный вид изображает ограниченное место предмета (рис. 4.6). Он может быть ограничен линией обрыва или не ограничен ей. В последнем случае ограничителем служит линия контура изображаемого элемента предмета. Местный вид отмечают на чертеже подобно дополнительному виду.

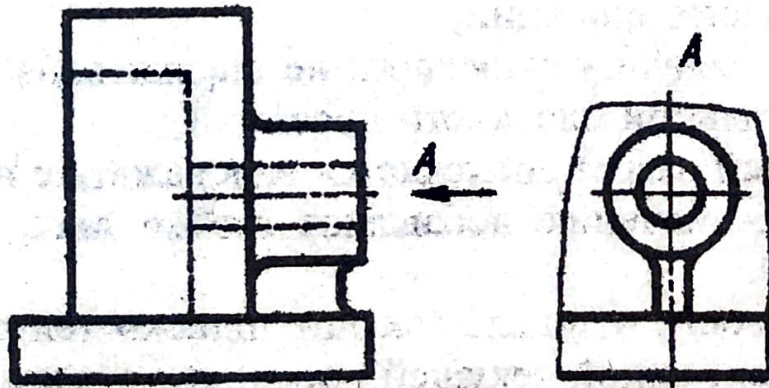


Рис. 4.6

4.1.3. Разрезы

Разрез – изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (рис. 4.7). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета (это не относится к учебным чертежам!).

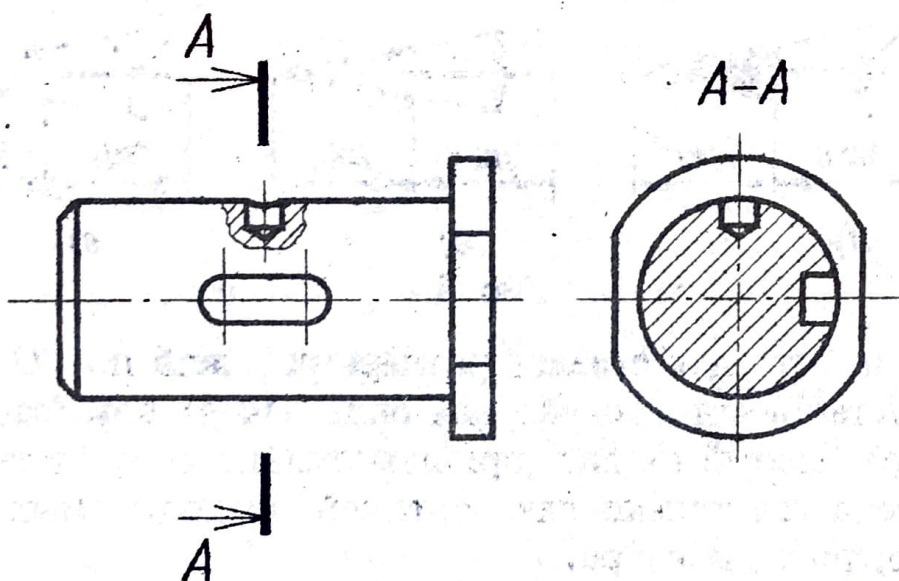


Рис. 4.7

В зависимости от положения секущей плоскости разрезы подразделяются на:

- **горизонтальные** – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций;
- **вертикальные** – секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций; вертикальные разрезы называют **фронтальными**, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, и **профильными**, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций;
- **наклонные** – секущая плоскость не параллельна и не перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций.

Наклонный разрез допускается изображать с поворотом. В этом случае к его обозначению добавляют тот же знак, что у повернутых видов (рис. 4.5).

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяют на **простые** – при одной секущей плоскости и **сложные** – при двух и более секущих плоскостях.

Сложный разрез называют **ступенчатым**, если секущие плоскости параллельны (рис. 4.8), и **ломаным**, если секущие плоскости пересекаются (рис. 4.9).

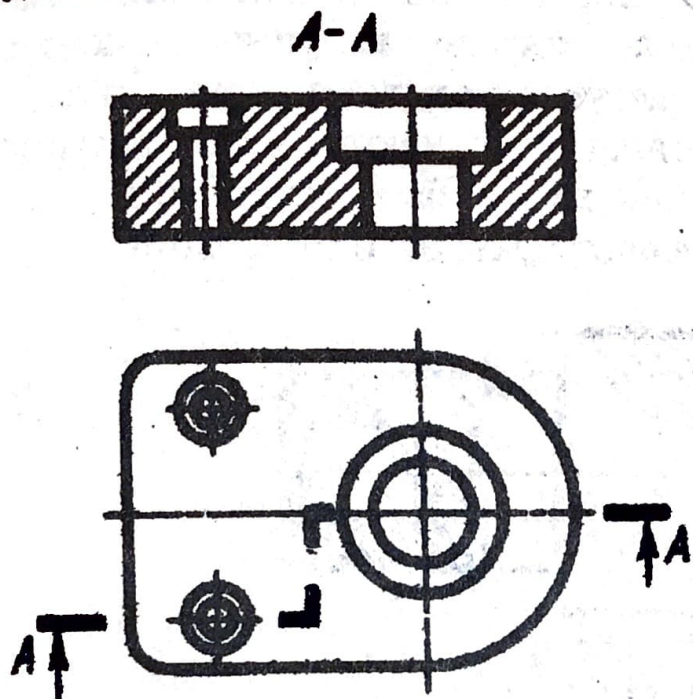


Рис. 4.8

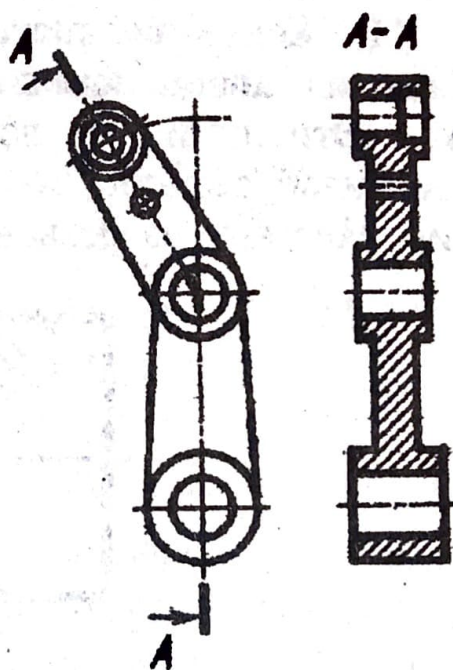


Рис. 4.9

При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчивают так, как они проецируются на плоскость, до которой производится совмещение (рис. 4.10).

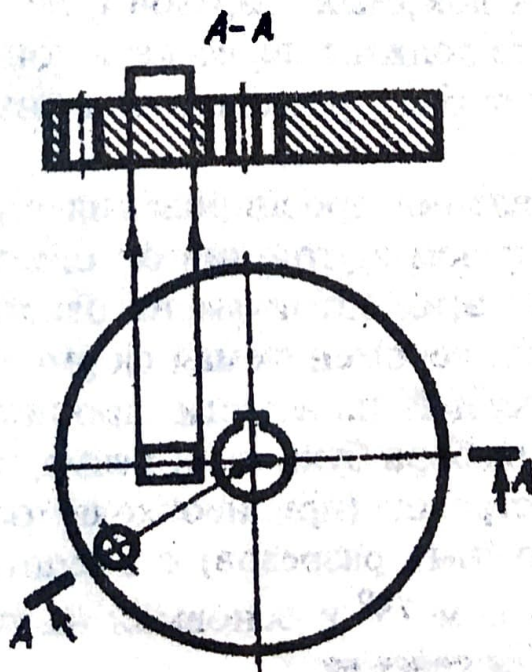


Рис. 4.10

Местный разрез (ранее его также называли “вырыв”) служит для выяснения формы детали лишь в отдельном ограниченном месте. Его ограничивают на виде волнистой линией или линией с изломами (рис. 4.11). **Концы волнистой линии не должны выступать за контур изображения, концы ломаной линии могут выходить за этот контур на 2...4 мм.** Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения. Ломаная линия может быть наклонена к оси изделия. Местные разрезы не обозначают буквами и стрелками.

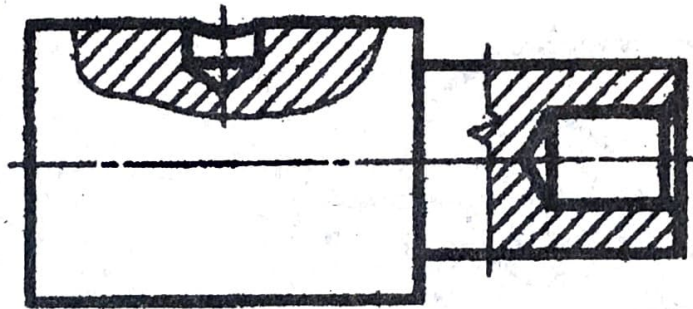


Рис. 4.11

Обозначение разреза в общем случае содержит:

- указание положения секущей плоскости (линии сечения) штрихами разомкнутой линии (рис. 4.7); при сложных разрезах штрихи проводят также у мест перехода от одной секущей плоскости к другой для ступенчатых разрезов (рис. 4.8) или у мест пересечения секущих плоскостей для ломаных разрезов (рис. 4.9 и 4.10); начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур изображения, но при необходимости могут быть расположены внутри контура изображенного предмета;

- указание направления проецирования стрелками на начальном и конечном штрихах разомкнутой линии; стрелки должны располагаться перпендикулярно этим штрихам на расстоянии 2...3 мм от внешних концов штрихов; рекомендуемая форма стрелок – по рис. 4.4, б;

- обозначение секущей плоскости прописными буквами русского алфавита (правила выбора букв и их размеров см. в разд. 4.1.2); буквы наносят около стрелок (при необходимости и в местах пересечения плоскостей сложных разрезов) с внешней стороны угла; ориентация букв – под углом 75° к основной надписи чертежа, независимо от наклона плоскости сечения;

- обозначение разреза теми же буквами, что и у соответствующей секущей плоскости по типу: А – А (рис. 4.7–4.10).

Разрезы не обозначают буквами и стрелками, если одновременно выполняются следующие условия:

- секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета;
- секущая плоскость параллельна одной из основных плоскостей проекций;
- горизонтальные и профильные разрезы расположены в непосредственной проекционной связи с главным изображением и не отделены от него какими-либо другими изображениями.

Допускается совмещать часть вида и часть разреза. Правила совмещения будут рассмотрены в разд. 4.6.

4.1.4. Сечения

Сечение — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывают только то, что получается непосредственно в секущей плоскости. Исключение делается только для осесимметричных отверстий — для них контур показывается полностью (рис. 4.12, сравните его с рис. 4.7, на котором изображен разрез подобной детали).

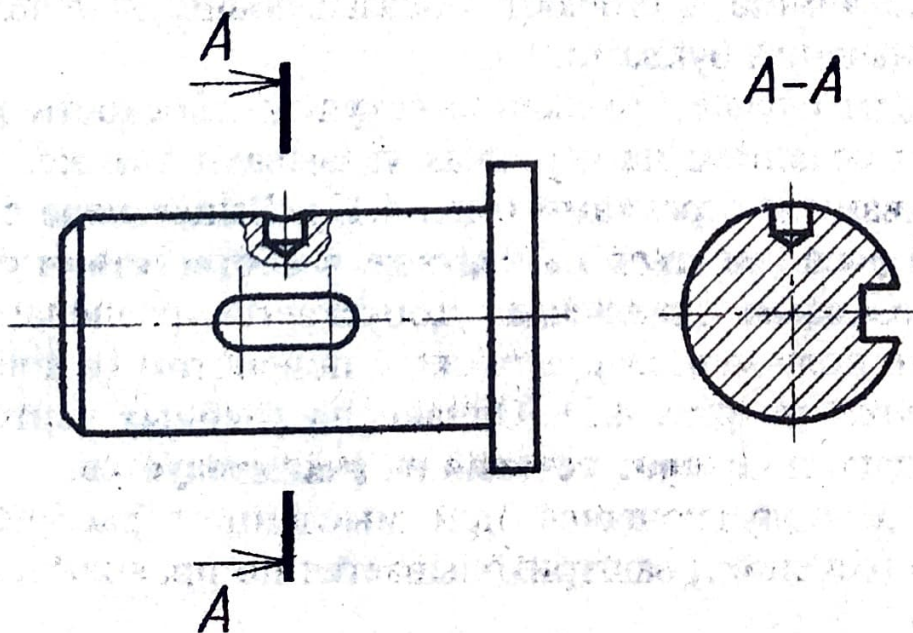


Рис. 4.12

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на **вынесенные** (рис. 4.12) и **наложенные** (рис. 4.13). Вынесенные сечения предпочтительны.

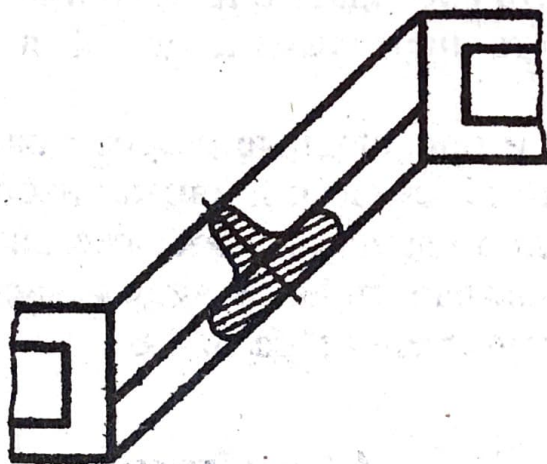


Рис. 4.13

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают **сплошными основными линиями**, контур наложенного — **сплошными тонкими**, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (рис. 4.13).

Если наложенное сечение — симметричная фигура, то ось симметрии указывают **штрихпунктирной тонкой линией**, но разомкнутую линию не проводят, обозначение буквами и стрелками не делают (рис. 4.13). В случае несимметричного наложенного сечения строят разомкнутую линию и стрелки, показывающие направление взгляда, но без обозначений буквами.

В общем случае положение секущей плоскости и надпись над вынесенным сечением на чертежах указывают так же, как и для разрезов — буквами и стрелками (рис. 4.12). **Вынесенное сечение должно строиться и располагаться на чертеже в соответствии с направлением взгляда, указанным стрелками.** Допускается располагать сечение в любом месте поля чертежа, а также с поворотом (с добавлением знака “повернуто” по рис. 4.5). Однако на учебных чертежах применение этого знака и поворот сечения не рекомендуется.

Фигура, получающаяся при мысленном рассечении предмета плоскостью (сечение), заштриховывается по правилам, изложенным в разд. 4.1.6.

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (рис. 4.12 – верхнее отверстие осесимметричное, поэтому показана его контурная линия, не находящаяся непосредственно в секущей плоскости; боковой паз не является осесимметричным, поэтому его аналогичная линия не показана; сравните с изображением разреза на рис. 4.7)

Если вынесенное сечение является симметричной фигурой, то его ось симметрии указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначений буквами и стрелками. Штрихпунктирная линия должна быть общей для исходного изображения и для сечения (рис. 4.14).

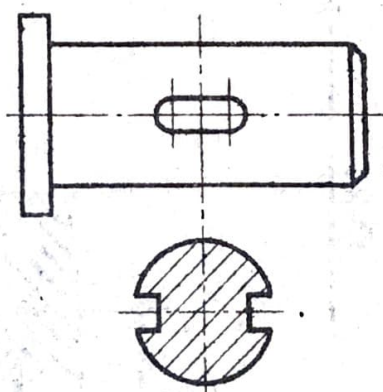
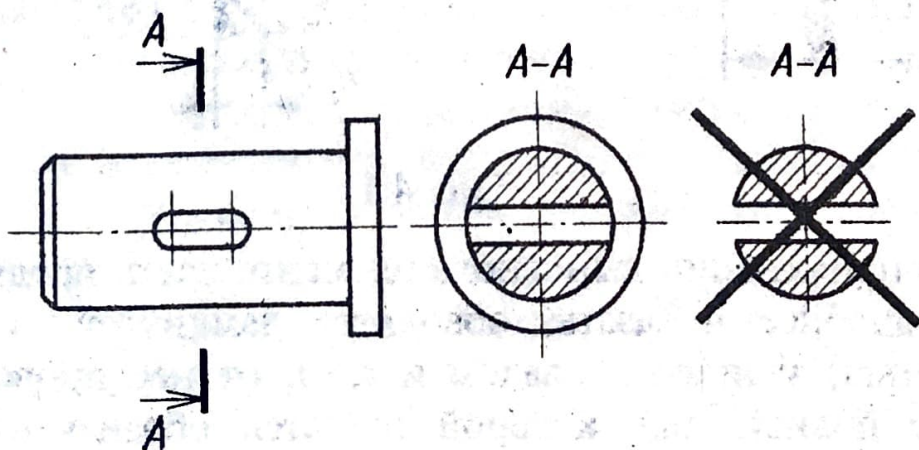


Рис. 4.14

Если сечение получается состоящим из отдельных частей (рис. 4.15, б), то следует применить разрез (рис. 4.15, а).



а) правильно

б) неправильно

Рис. 4.15

4.1.5. Выносные элементы

Выносной элемент – изображение в более крупном масштабе какой-либо части предмета, содержащее подробности, не указанные на соответствующем изображении (рис. 4.16, выносной элемент “А”). Он может отличаться от основного изображения по содержанию (например, изображение может быть видом, а выносной элемент – разрезом).

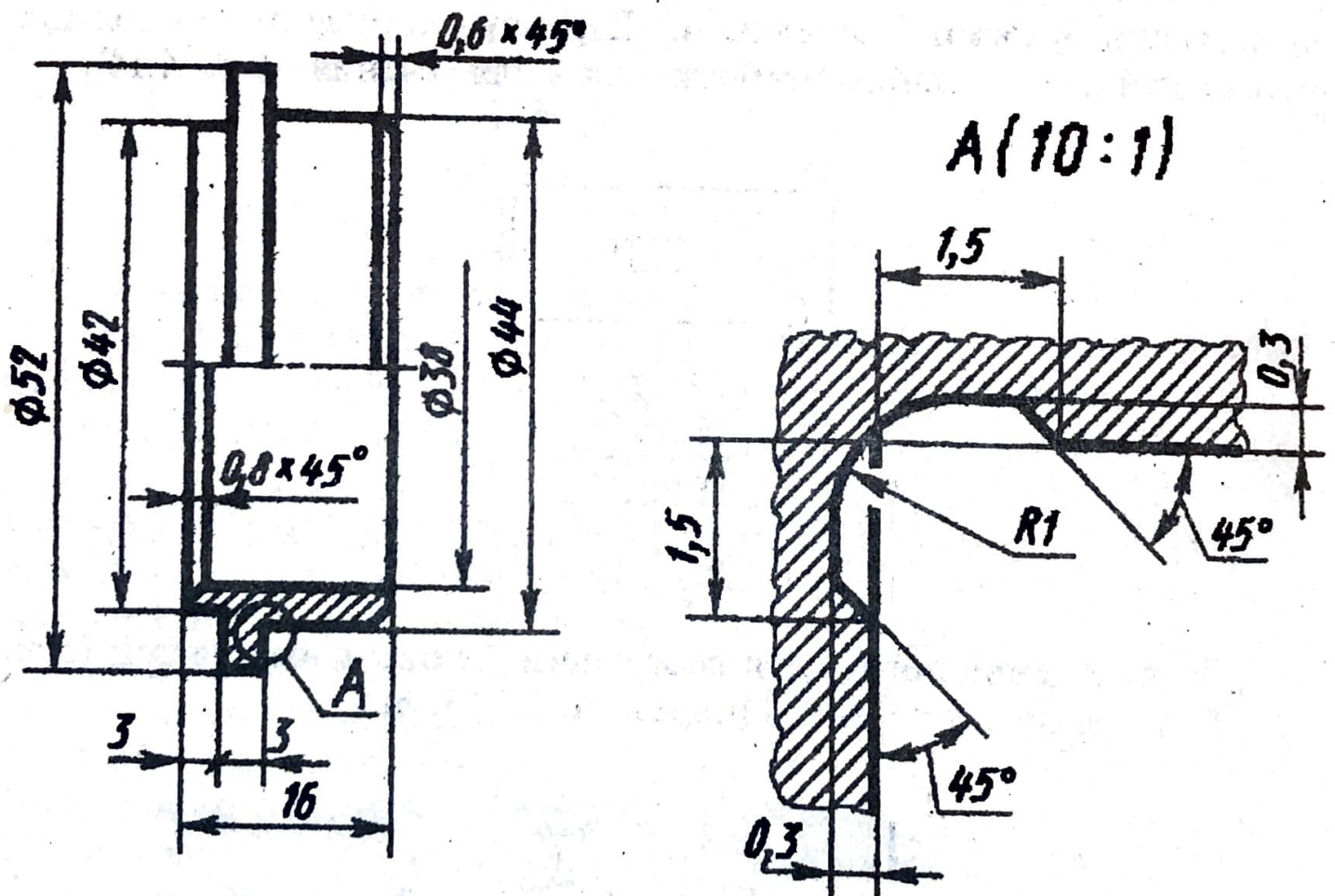


Рис. 4.16

При применении выносного элемента часть предмета, которую нужно подробнее показать, обводится замкнутой тонкой линией (окружностью, эллипсом, овалом и т.п.), от нее проводится линия-выноска с полкой, над которой пишется обозначение выносного элемента (прописной буквой русского алфавита – см. разд. 4.1.2). Над изображением выносного элемента указывают его обозначение и масштаб, в котором он выполнен, по типу: $A (10:1)$.

4.1.6. Графические обозначения материалов в сечениях

Общее графическое обозначение материалов в сечениях независимо от вида материала, установленное ГОСТ 2.306-68*, представлено на рис. 4.17, а. Его применяют на чертежах деталей, так как материал детали указывается в основной надписи ее чертежа (см. разд. 2.5). Такой же вид штриховки (рис. 4.17, а) на сборочных чертежах и на чертежах общего вида обозначает металлы и твердые сплавы. Среди других видов обозначений отметим только штриховку (рис. 4.17, б), применяемую для неметаллических материалов, таких, как пластмасса, резина и т. п. Подробнее этот вопрос изучается в последующих работах.

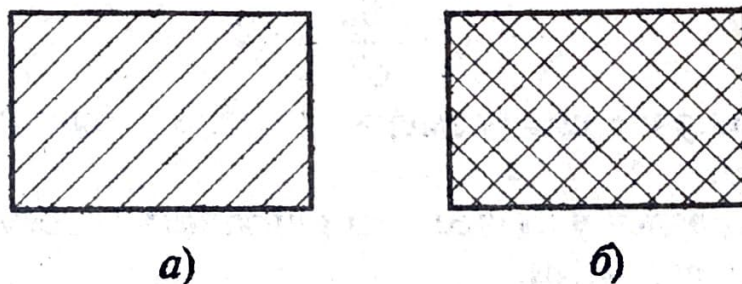


Рис. 4.17

Параллельные линии штриховки проводят с наклоном вправо или влево под углом 45° :

- к линии рамки чертежа,
- или к оси вынесенного или наложенного сечения (рис. 4.13),
- или к контуру сечения.

Расстояние между линиями (шаг штриховки) выбирается от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки. Для учебных чертежей шаг штриховки рекомендуется принимать равным 2...4 мм. Линии штриховки должны наноситься с наклоном в одну сторону и с одинаковым шагом на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали, независимо от количества листов чертежа. При совпадении направления линий штриховки с контурными или осевыми линиями вместо угла наклона 45° (к линии рамки) применяют угол 30° или 60° .

Штриховку смежных сечений соприкасающихся частей изделия (например, на сборочных чертежах) наносят для одной детали с наклоном вправо, для другой - влево или изменяют расстояние между линиями, кроме того, применяют сдвиги линий штриховки. При штриховке в клетку (для неметаллических материалов) расстояние между линиями штриховки для разных деталей должно быть разным.

4.2. Построение третьего вида по двум заданным (“Деталь E”)

В соответствии с заданием на задачу №2 требуется выполнить 3 вида детали (главный, сверху, слева) и построить указанное сечение. Для ряда факультетов, кроме того, необходимо задать и нанести размеры.

При тиражировании заданий они были уменьшены. Требуется пропорционально увеличить все размеры так, чтобы высота детали составила 100 мм. Для этого можно использовать коэффициент пропорциональности k . Предположим, что высота главного вида в задании составляет 67 мм. Тогда этот коэффициент будет равен

$$k = \frac{100}{67} = 1,49.$$

В данном случае все размеры, взятые с бланка задания, нужно умножить на 1,49.

Однако гораздо удобнее использовать “треугольник пропорциональностей” (рис. 4.18).

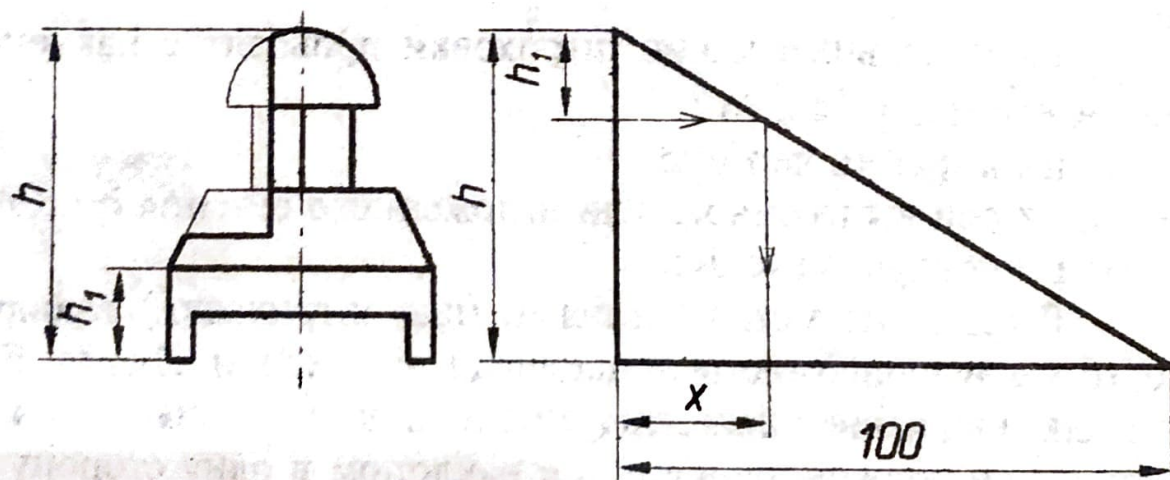


Рис. 4.18

На листе бумаги в клетку строят прямоугольный треугольник, один катет которого равен 100 мм, а другой — высоте главного изображения на бланке задания h . Для того чтобы определить натуральную величину x какого-либо элемента, размер которого на бланке задания имеет значение h_1 , циркулем откладывают размер h_1 вниз от верхнего угла треугольника (рис. 4.18), поворачивают циркуль на 90° и раскрывают его на расстояние x . Затем откладывают этот размер на чертеже

Таким образом можно быстро, не производя никаких вычислений, осуществить требуемое преобразование подобия. Так же следует поступать и для следующего задания (*“Деталь И”*).

Прежде чем строить требуемые изображения, нужно подготовить бумагу: провести внешнюю и внутреннюю рамки, наметить контуры основной надписи и дополнительной графы. Лист формата А3 обычно располагают горизонтально.

Далее нужно выполнить **компоновку чертежа**: по предварительно определенным габаритным размерам детали наметить контуры и провести осевые линии всех трех изображений (рис. 4.19). Если требуется наносить размеры, следует оставить для них место: примерно по 30...40 мм от верхней линии рамки, между главным видом и видом сверху, а также между главным видом и видом слева. Вертикальную осевую линию для главного вида детали *E* следует проводить на расстоянии 80...100 мм от левой линии рамки. Необходимо не забыть оставить место для построения сечения *A-A*. Если программа факультета не предусматривает построения этого сечения, то все изображения следует сдвинуть правее так, чтобы они располагались по возможности симметрично относительно середины листа.

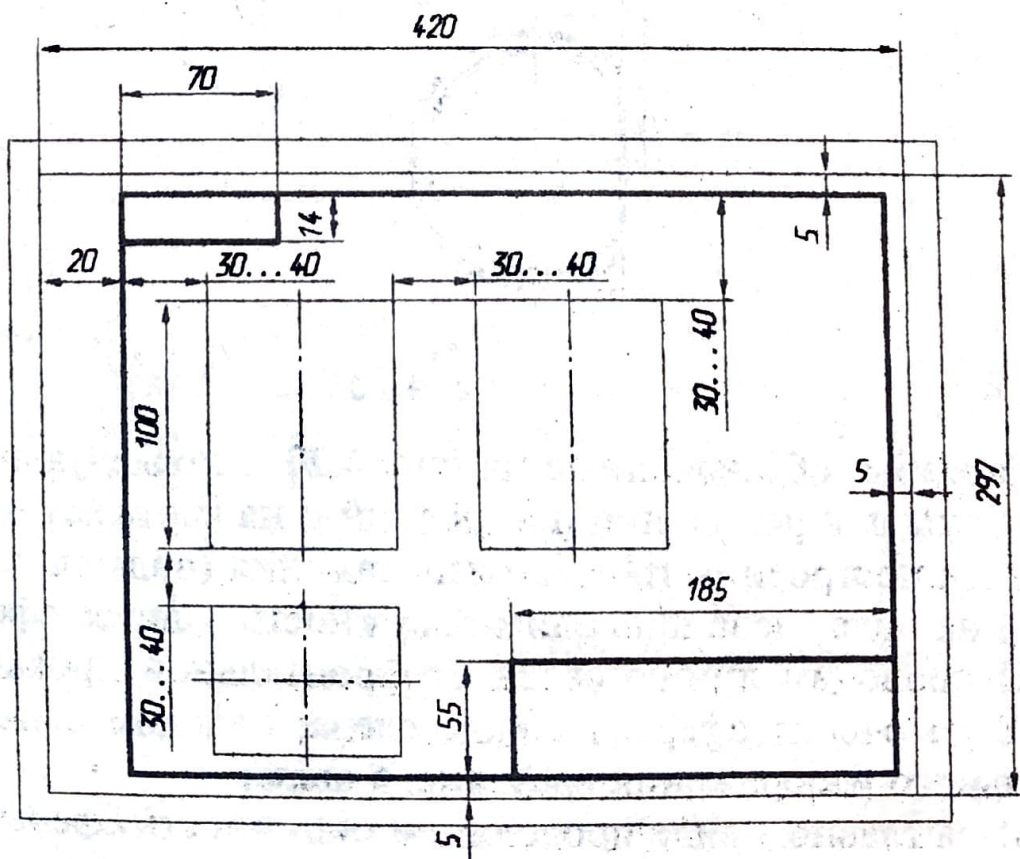


Рис. 4.19

Затем следует выделить отдельные элементы, из которых состоит деталь (обычно это половина шара, цилиндр, конус, призма, пирамида) и строить каждый из этих элементов одновременно на всех трех изображениях. Некоторые студенты сначала перечерчивают из задания главный вид, вид сверху и лишь потом начинают строить вид слева. Этот путь нерационален: он приводит к большим погрешностям построений и требует гораздо больше времени.

4.2.1. Шар

Во всех заданиях имеется часть половины шара с вертикальными и горизонтальными плоскими срезами (рис. 4.18). Центр сферической поверхности лежит точно в экваториальной плоскости полушара (не выше и не ниже!). На рис. 4.20 половина шара срезана снаружи вертикальной Γ и горизонтальной Σ плоскостями.

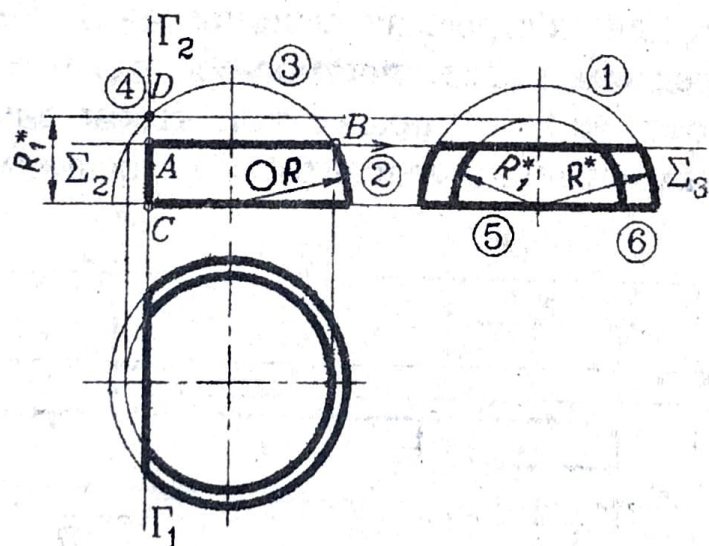


Рис. 4.20

Размеры, обозначенные на рис. 4.20 и последующих звездочками (*), даны для пояснения построений и на чертежах не наносятся.

Порядок построения третьего изображения (вида слева) для шара:

- 1) на виде слева проводим окружность радиуса сферы R ;
- 2) проводим линию связи от фронтальной проекции AB плоскости Σ до очерка сферы на виде слева; находим верхнюю границу профильного изображения срезанного шара;
- 3) на главном виде продолжаем окружность сферы до экватора;
- 4) продолжаем вертикальную линию среза CA плоскости Γ до пересечения с очерком сферы в точке D ; находим радиус окружности R_1 , которая получается при сечении сферы плоскостью Γ ;

5) строим окружность радиуса R_1 на виде слева;

6) выполняем обводку видимых линий (они обводятся толщиной $s = 0,8...1$ мм после получения первой подписи преподавателя).

При построении изображений срезанного шара был использован принцип: **в любом сечении сферы плоскостью получается окружность** (если смотреть перпендикулярно этой плоскости).

На рис. 4.21 показан полушар, имеющий паз, образованный горизонтальной плоскостью Σ и профильными плоскостями Γ и Ω .

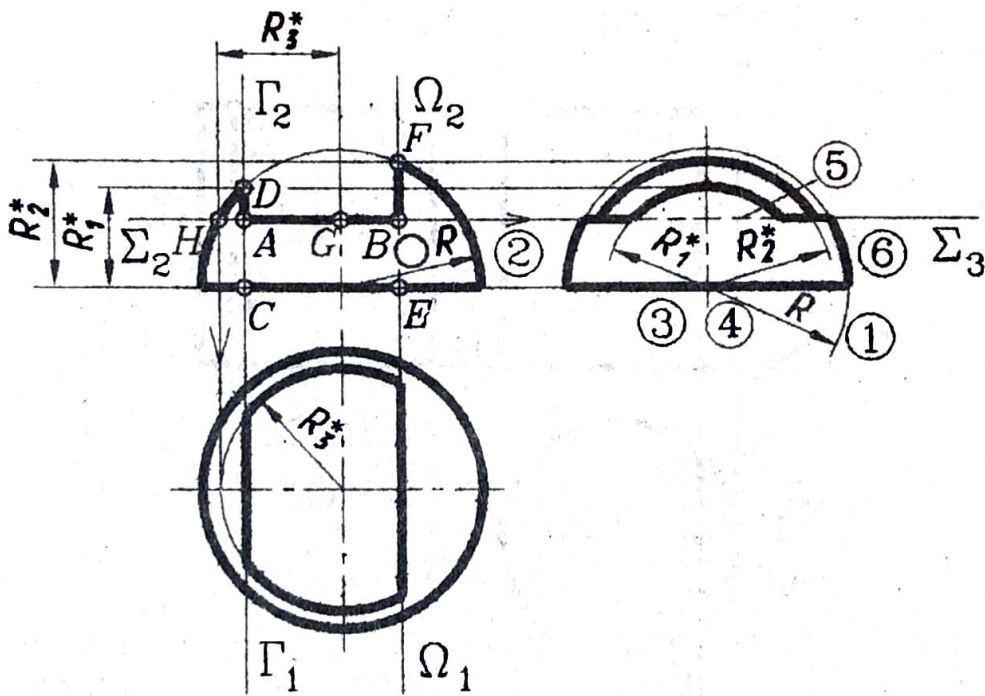


Рис. 4.21

Порядок построения профильного изображения:

- 1) на виде слева проводим окружность радиуса сферы R ;
- 2) проводим линию связи от фронтальной проекции AB плоскости Σ до очерка сферы на виде слева;
- 3) радиусом $R_1 = CD$ строим окружность, которая получается при сечении сферы вертикальной плоскостью Γ ;
- 4) радиусом $R_2 = EF$ строим окружность, которая получается при сечении сферы вертикальной плоскостью Ω ;
- 5) проводим штриховую (невидимую) линию внутри окружности радиуса R_1 (невидимый участок профильной проекции Σ_2 плоскости Σ);
- 6) выполняем обводку видимых линий толщиной $s = 0,8...1$ мм после получения первой подписи преподавателя. Стираем линии связи, но оставляем линии построения!

4.2.2. Цилиндр

При сечении цилиндра плоскостью могут получаться следующие фигуры:

- две прямые линии – образующие цилиндра (если секущая плоскость параллельна его оси);
- окружность (если секущая плоскость перпендикулярна оси);
- эллипс (в остальных случаях).

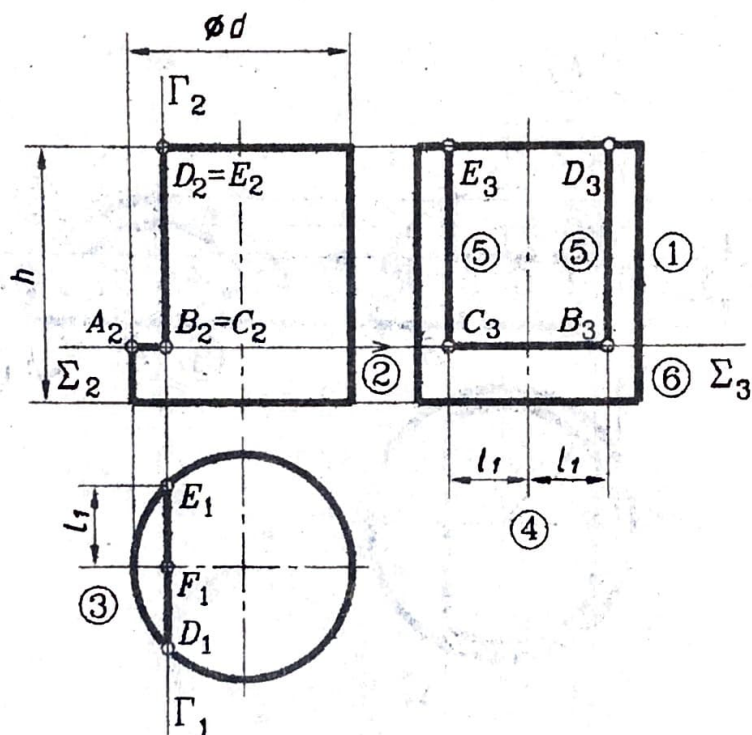


Рис. 4.22

В примере на рис. 4.22 цилиндр срезан вертикальной плоскостью Γ и горизонтальной плоскостью Σ . Порядок построения профильного изображения:

- 1) строим контур цилиндра диаметром d и высотой h ;
- 2) проводим линию связи от фронтальной проекции A_2B_2 плоскости Σ до контура цилиндра на виде слева;
- 3) проводим линию связи от фронтальной проекции B_2D_2 плоскости Γ до вида сверху; циркулем измеряем длину $l_1 = E_1F_1$ половины хорды D_1E_1 , являющейся горизонтальной проекцией плоскости Γ ;
- 4) откладываем измеренное расстояние l_1 в обе стороны от оси на профильном изображении (размер l_1 ни на одном из изображений не наносится, он дан для пояснения построений);

- 5) строим вертикальные линии B_3D_3 и C_3E_3 – проекции линий пересечения плоскости Γ с поверхностью цилиндра;
- 6) после получения первой подписи преподавателя выполняем ободку видимых линий толщиной $s = 0,8...1$ мм. Стираем линии связи.

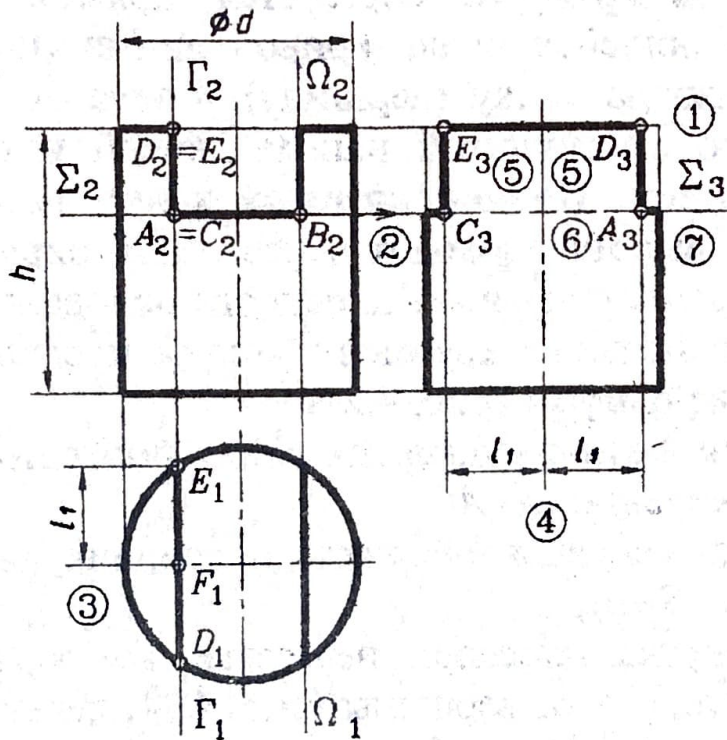


Рис. 4.23

В примере на рис. 4.23 показан цилиндр с пазом, образованным вертикальными плоскостями Γ , Ω и горизонтальной плоскостью Σ . Порядок построения профильного изображения:

- 1) строим контур цилиндра диаметром d и высотой h ;
- 2) проводим линию связи от фронтальной проекции A_2B_2 плоскости Σ до контура цилиндра на виде слева;
- 3) проводим линию связи от фронтальной проекции A_2D_2 плоскости Γ до вида сверху; циркулем измеряем длину $l_1 = E_1F_1$ половины хорды D_1E_1 , являющейся проекцией вертикальной плоскости Γ ;
- 4) откладываем измеренное расстояние l_1 в обе стороны от оси на профильном изображении (размер l_1 ни на одном из изображений не наносится, он дан для пояснения построений);
- 5) строим вертикальные линии A_3D_3 и C_3E_3 – проекции линий пересечения плоскости Γ с поверхностью цилиндра;
- 6) проводим штриховую (невидимую) линию между точками A_3 и C_3 (невидимый участок профильной проекции Σ_3 плоскости Σ);

7) после получения первой подписи преподавателя выполняем ободку видимых линий толщиной $s = 0,8...1$ мм. Стираем линии связи.

4.2.3. Конические сечения

Коническая поверхность образуется прямой линией (образующей), перемещающейся вдоль кривой линии (направляющей) и имеющей неподвижную точку (вершину). **Конус** ограничен конической поверхностью с замкнутой направляющей и плоскостью, являющейся основанием. **Прямой круговой конус** имеет в основании окружность, а его высота проходит через центр окружности основания (т.е. его ось перпендикулярна плоскости основания).

При сечении прямого кругового конуса плоскостью могут получаться следующие фигуры (рис. 4.24):

- 1) две прямые линии, если секущая плоскость проходит через вершину конуса (рис. 4.24, сечение $A-A$);
- 2) окружность, если секущая плоскость перпендикулярна оси конуса (рис. 4.24, сечение $B-B$);
- 3) эллипс, если секущая плоскость пересекает все образующие конуса, лежащие по одну сторону от вершины (рис. 4.24, сечение $B-B$ и множество других между $B-B$ и $\Gamma-\Gamma$);
- 4) парабола, если секущая плоскость параллельна одной образующей конуса (рис. 4.24, сечение $\Gamma-\Gamma$);

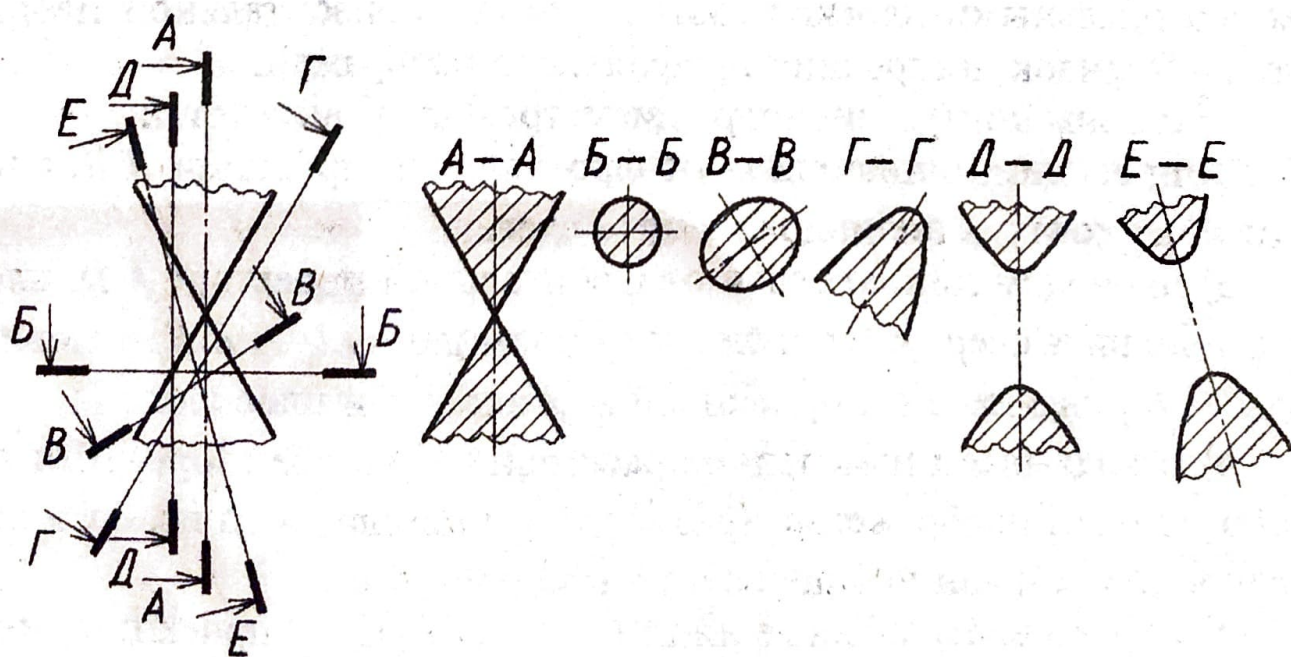


Рис. 4.24

5) гипербола в остальных случаях (рис. 4.24, сечения $\Gamma-\Gamma$, $E-E$ и множество других между $A-A$ и $\Gamma-\Gamma$).

Рассмотрим два варианта построения профильной проекции усеченного конуса, когда в сечениях плоскостями получаются гиперболы, аналогичные показанным на рис. 4.24 в сечении $\Gamma-\Gamma$: конус с боковым срезом (рис. 4.25) и конус с пазом (рис. 4.26).

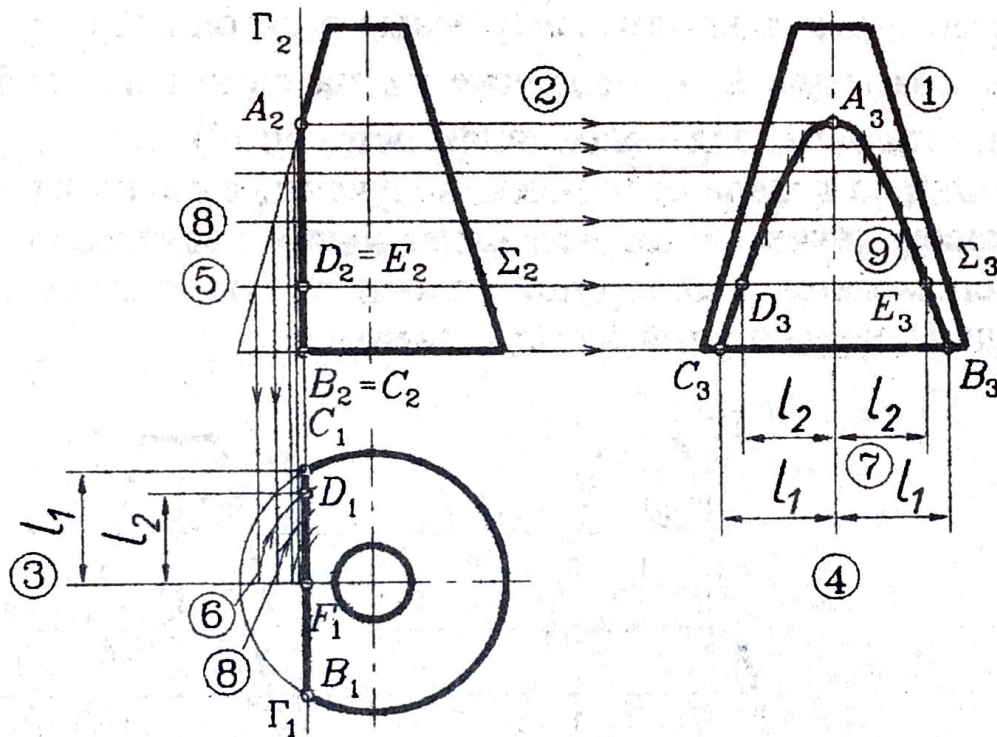


Рис. 4.25

Порядок построения профильного изображения (рис. 4.25):

- 1) строим контур конуса, совпадающий с его контуром на главном виде;
- 2) проводим линию связи от точки A_2 пересечения фронтальной проекции A_2B_2 вертикальной плоскости среза Γ с образующей конуса до оси на профильной проекции; находим вершину гиперболы — точку A_3 ;
- 3) на виде сверху циркулем измеряем длину $l_1 = C_1F_1$ половины хорды B_1C_1 , являющейся проекцией вертикальной плоскости Γ ;
- 4) откладываем измеренное расстояние l_1 в обе стороны от оси на виде слева, находим две нижние точки гиперболы B_3 и C_3 ;
- 5) на главном виде проводим вспомогательную горизонтальную секущую плоскость Σ и по линиям связи находим ее профильную проекцию Σ_3 ;

6) на виде сверху строим дугу окружности, получающейся в сечении конуса вспомогательной секущей плоскостью Σ ; эта дуга пересечет прямую B_1C_1 в точке D_1 ; циркулем измеряем длину $l_2 = D_1F_1$;

7) откладываем измеренное расстояние l_2 в обе стороны от оси на виде слева, получаем промежуточные точки гиперболы D_3 и E_3 ;

8) аналогично проводим еще несколько горизонтальных секущих плоскостей и откладываем измеренные расстояния l_3, l_4, l_5 и т. д. на виде слева (размеры l_1, l_2 и другие ни на одном из изображений не наносятся, они даны для пояснения построений);

9) с помощью лекала соединяем полученные точки гиперболы;

10) стираем линии связи, оставляем линии построения – контуры конуса, вспомогательные секущие плоскости на главном виде и на виде слева, дуги окружностей на виде сверху.

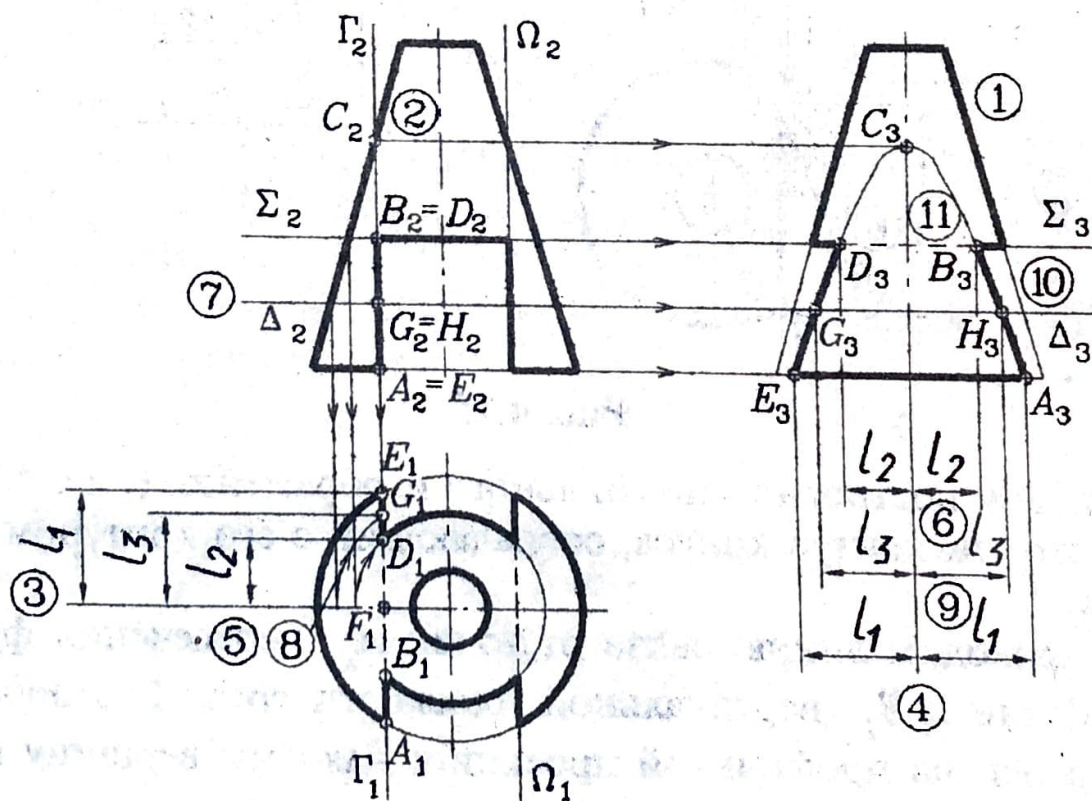


Рис. 4.26

Порядок построения профильного изображения (рис. 4.26):

- 1) строим контур конуса, совпадающий с контуром главного вида;
- 2) продолжаем фронтальную проекцию A_2B_2 вертикальной плоскости среза Γ до пересечения с образующей конуса в точке C_2 и с помощью линии связи находим вершину гиперболы – точку C_3 на профильной проекции;

3) на виде сверху циркулем измеряем длину $l_1 = E_1F_1$ половины хорды A_1E_1 , являющейся горизонтальной проекцией плоскости Γ ;

4) откладываем измеренное расстояние l_1 в обе стороны от оси на виде слева, находим две нижние точки гиперболы A_3 и E_3 ;

5) на виде сверху циркулем измеряем длину $l_2 = D_1F_1$ половины хорды окружности, получающейся в сечении конуса горизонтальной плоскостью паза Σ ;

6) откладываем измеренное расстояние l_2 в обе стороны от оси на виде слева, находим две верхние точки гиперболы B_3 и D_3 ;

7) на главном виде проводим вспомогательную горизонтальную секущую плоскость Δ и по линиям связи находим ее профильную проекцию Δ_3 ;

8) на виде сверху строим дугу окружности, получающейся в сечении конуса вспомогательной секущей плоскостью Δ ; эта дуга пересечет прямую D_1E_1 в точке G_1 ; циркулем измеряем длину $l_3 = G_1F_1$;

9) откладываем измеренное расстояние l_3 в обе стороны от оси на виде слева, находим две средние точки гиперболы G_3 и H_3 ;

10) с помощью лекала соединяем полученные точки гиперболы;

11) проводим штриховую (невидимую) линию между точками B_3 и D_3 (невидимый участок проекции Σ_3 плоскости Σ);

12) стираем линии связи, оставляем линии построения — вспомогательные секущие плоскости, дуги окружностей на виде сверху, контуры конуса и верхнюю часть гиперболы на виде слева.

4.2.4. Призма

В заданиях встречаются четырех-, пяти- и шестигранные призмы. Деление окружности на 4 равные части производится с помощью взаимно перпендикулярных диаметров (рис. 4.27, а), деление на 6 частей — с помощью дуг радиуса R , равных радиусу заданной окружности (рис. 4.27, б).

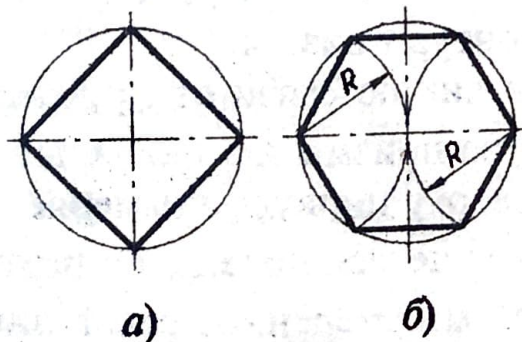


Рис. 4.27

Деление окружности на 5 равных частей производится следующим образом (рис. 4.28):

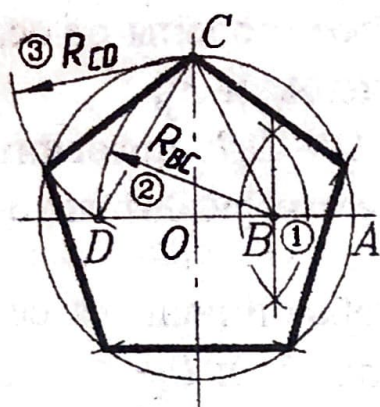


Рис. 4.28

1) делим радиус OA окружности пополам; находим точку B – середину OA ;

2) принимая за центр точку B , проводим дугу радиусом BC до пересечения ее с горизонтальным диаметром в точке D ; отрезок CD является стороной правильного вписанного пятиугольника;

3) делаем засечки радиусом CD , соединяя которые, получаем искомый пятиугольник.

Рассмотрим пример построения профильного изображения четырехгранной призмы, срезанной вертикальной плоскостью Γ и горизонтальной плоскостью Σ (рис. 4.29):

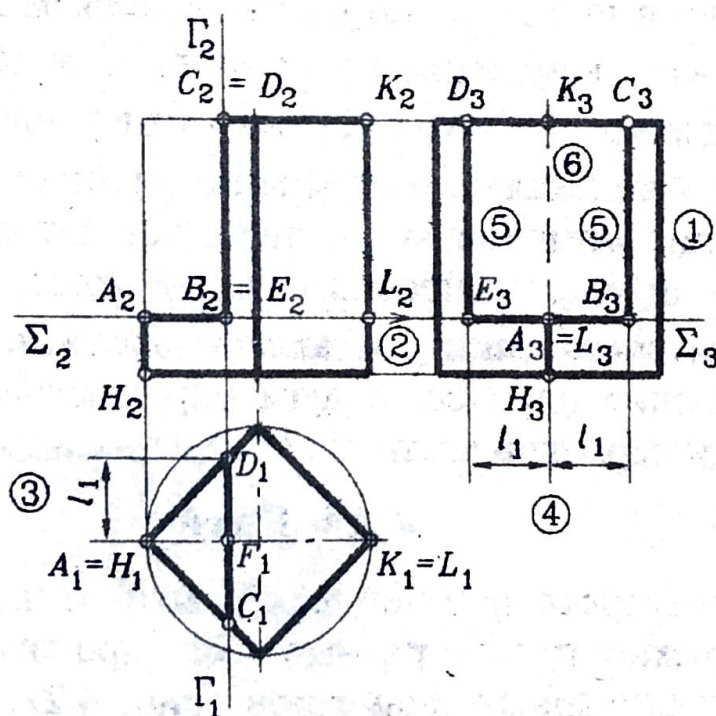


Рис. 4.29

1) строим контур призмы;

2) проводим линию связи от фронтальной проекции A_2B_2 плоскости Σ до контура призмы на профильной проекции;

3) на виде сверху циркулем измеряем длину $l_1 = D_1F_1$ половины отрезка C_1D_1 , являющегося проекцией вертикальной плоскости Γ ;

4) откладываем измеренное расстояние l_1 в обе стороны от оси на виде слева;

5) строим вертикальные линии B_3C_3 и D_3E_3 – проекции линий пересечения плоскости Γ с поверхностью призмы;

6) выполняем видимые A_3H_3 и невидимые K_3L_3 участки ребер призмы, совпадающие с осью симметрии.

Рассмотрим пятигранную призму, в которой сделан паз, образованный вертикальными плоскостями Γ , Ω и горизонтальной плоскостью Σ (рис. 4.30).

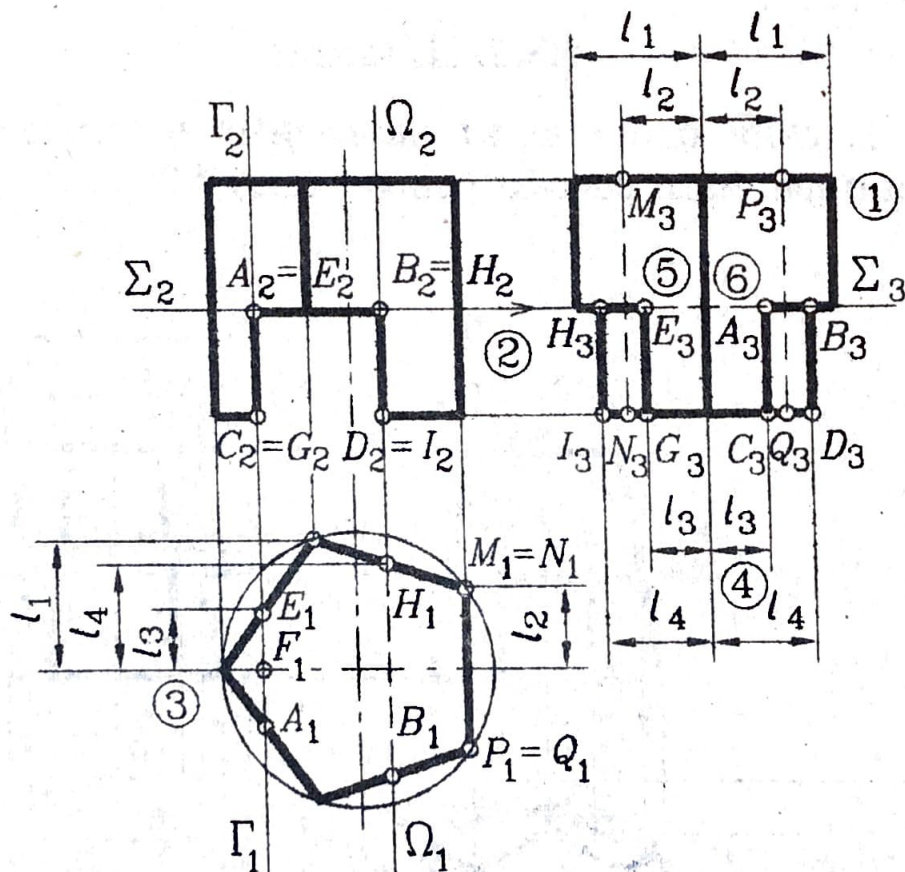


Рис. 4.30

Порядок построения профильного изображения:

- 1) строим контур призмы с учетом размеров l_1 и l_2 , которые берутся с горизонтального изображения;
- 2) проводим линию связи от фронтальной проекции A_2B_2 плоскости Σ до контура призмы на виде слева;
- 3) проводим линию связи от фронтальной проекции A_2C_2 плоскости Γ до вида сверху; циркулем измеряем длину $l_3 = E_1F_1$ половины отрезка A_1E_1 , являющегося горизонтальной проекцией плоскости Γ ;
- 4) откладываем измеренное расстояние l_3 в обе стороны от оси на виде слева;

5) строим вертикальные линии A_3C_3 и E_3G_3 — проекции линий пересечения плоскости Γ с поверхностью призмы; аналогичным образом с помощью размера l_4 строим линии B_3D_3 и H_3I_3 — проекции линий пересечения вертикальной плоскости Ω с поверхностью призмы;

6) проводим штриховую (невидимую) линию толщиной $s/3$ между точками A_3 и E_3 (невидимый участок проекции Σ_3 плоскости Σ), а также строим проекции невидимых ребер пирамиды M_3N_3 и P_3Q_3 (с помощью размера l_2).

4.2.5. Пирамида

Методы деления окружности на равные части, необходимые для построения пирамиды, рассмотрены в разд. 4.2.4.

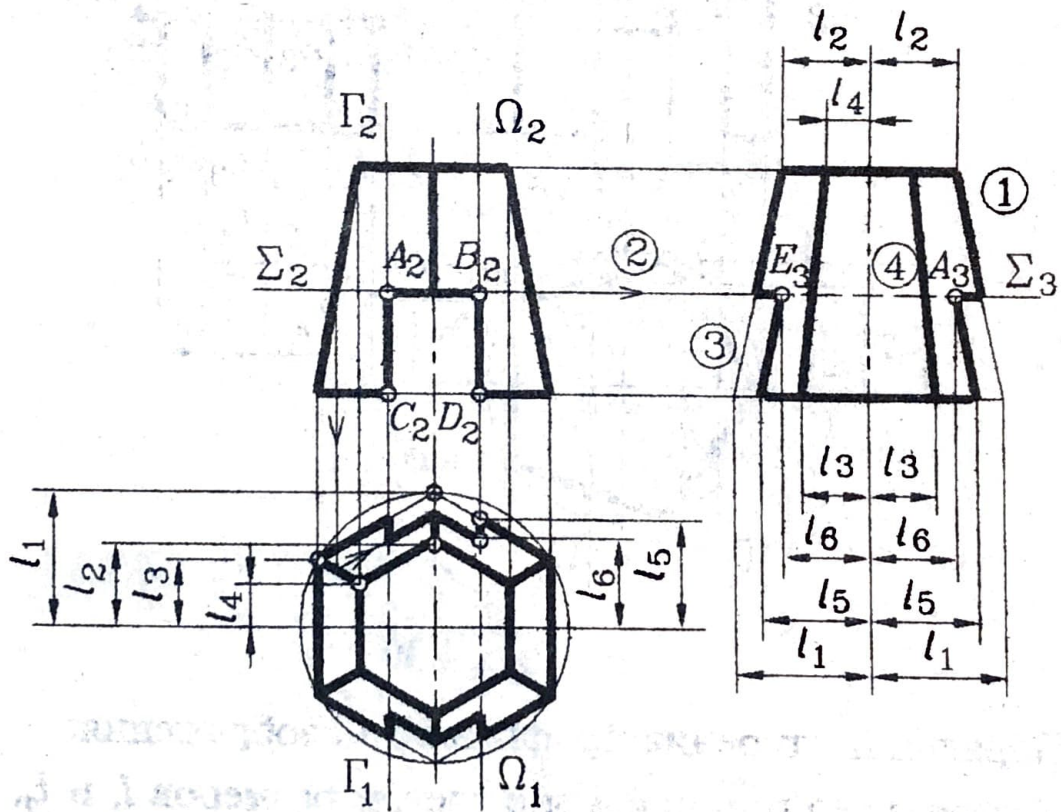


Рис. 4.31

Рассмотрим пример построения профильной проекции шестигранной пирамиды, в которой имеется паз, образованный вертикальными плоскостями Γ , Ω и горизонтальной плоскостью Σ (рис. 4.31):

1) строим контур пирамиды с учетом размеров l_1 и l_2 , а также проекции ребер по размерам l_3 и l_4 , которые берутся с горизонтального изображения и откладываются в обе стороны от оси на виде слева;

2) проводим линию связи от фронтальной проекции A_2B_2 плоскости Σ до контура пирамиды на виде слева;

3) с использованием размеров l_5 и l_6 (взятых с вида сверху) строим профильную проекцию линий пересечения вертикальных плоскостей Γ и Ω (их фронтальные проекции A_2C_2 и B_2D_2) с гранями призмы;

4) проводим штриховую (невидимую) линию толщиной $s/3$ между точками A_3 и E_3 (невидимый участок проекции Σ_3 плоскости Σ).

4.3. Построение наклонного сечения

После выполнения в тонких линиях трех видов детали E (главного, сверху, слева) в соответствии с заданием на фронтальной проекции проводят наклонную разомкнутую линию, штрихи которой соединяют сплошной тонкой линией. Следует отметить, что на рабочих чертежах эта соединительная линия не проводится, в данном случае она используется только в учебных целях как линия построения (рис. 4.32). С внешних сторон стрелок, перпендикулярных разомкнутой линии, по сетке наклонным шрифтом размера 10 или 7 пишут буквы "А". Размеры стрелок приведены на рис. 4.4, б. Правильное положение стрелок и букв показано на рис. 4.39, а. На рис. 4.39, б отмечены типичные ошибки, допускаемые при обозначении секущей плоскости. Параллельно разомкнутой линии на оставленном для этой цели месте листа проводят осевую линию вынесенного сечения и штрихами отмечают габаритный размер $L = BC$ этого сечения (рис. 4.32). Здесь B и C — точки пересечения плоскости $A-A$ с контуром предмета.

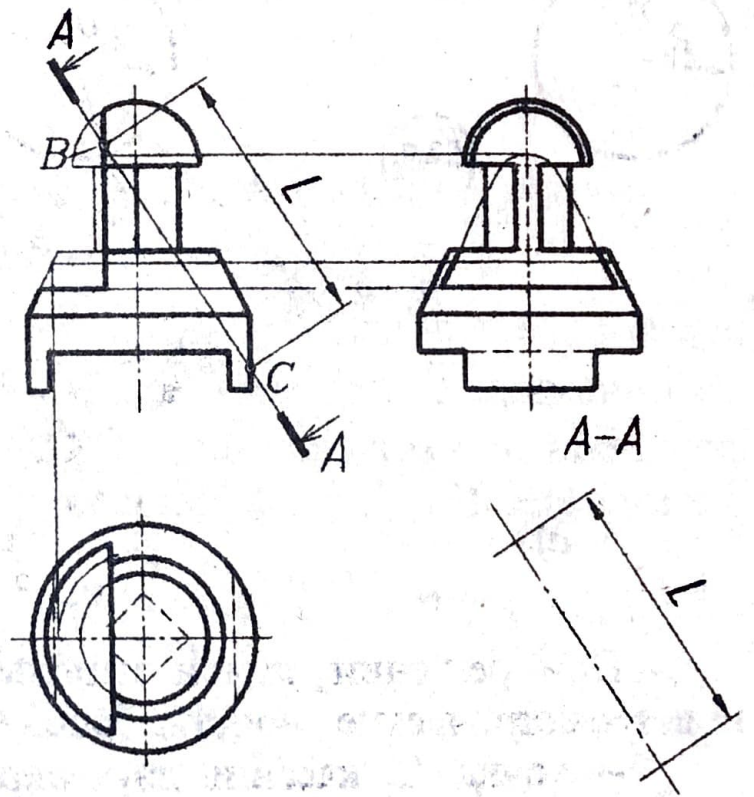


Рис. 4.32

Размеры стрелок приведены на рис. 4.4, б. Правильное положение стрелок и букв показано на рис. 4.39, а. На рис. 4.39, б отмечены типичные ошибки, допускаемые при обозначении секущей плоскости. Параллельно разомкнутой линии на оставленном для этой цели месте листа проводят осевую линию вынесенного сечения и штрихами отмечают габаритный размер $L = BC$ этого сечения (рис. 4.32). Здесь B и C — точки пересечения плоскости $A-A$ с контуром предмета.

Над сечением пишут его обозначение по типу: "А-А" (тем же шрифтом, который был использован при обозначении секущей плоскости). В случае недостатка места допускается поворот сечения с добавлением к обозначению знака "повернуто" по рис. 4.5. Однако использование поворота сечения не рекомендуется по методическим соображениям. Дальнейшие построения проводятся по элементам, из которых состоит деталь, и будут рассмотрены на примере выполнения варианта задания из пособия [6].

4.3.1. Сечение сферы

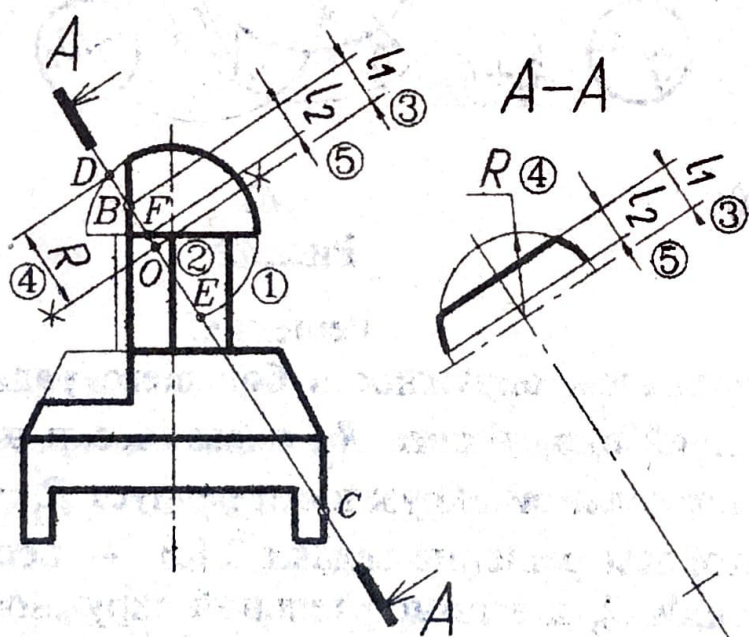


Рис. 4.33

Порядок выполнения сечения сферы:

- 1) продолжаем окружность образующей сферы до пересечения с секущей плоскостью А-А в точке Е (рис. 4.33);
- 2) делим пополам хорду DE, находим точку О — центр окружности, по которой плоскость А-А пересекает сферу;
- 3) откладываем координату $l_1 = BO$ центра этой окружности от верхнего штриха (рис. 4.32) вдоль оси сечения и проводим штрихпунктирную осевую линию, перпендикулярную оси сечения;
- 4) находим радиус $R = OD$ окружности сечения и проводим дугу этой окружности;
- 5) от границы фигуры откладываем отрезок $l_2 = BF$ — нижнюю границу сечения сферы; здесь F — точка пересечения прямой А-А с проекцией нижней границы полушара.

4.3.2. Сечение призмы

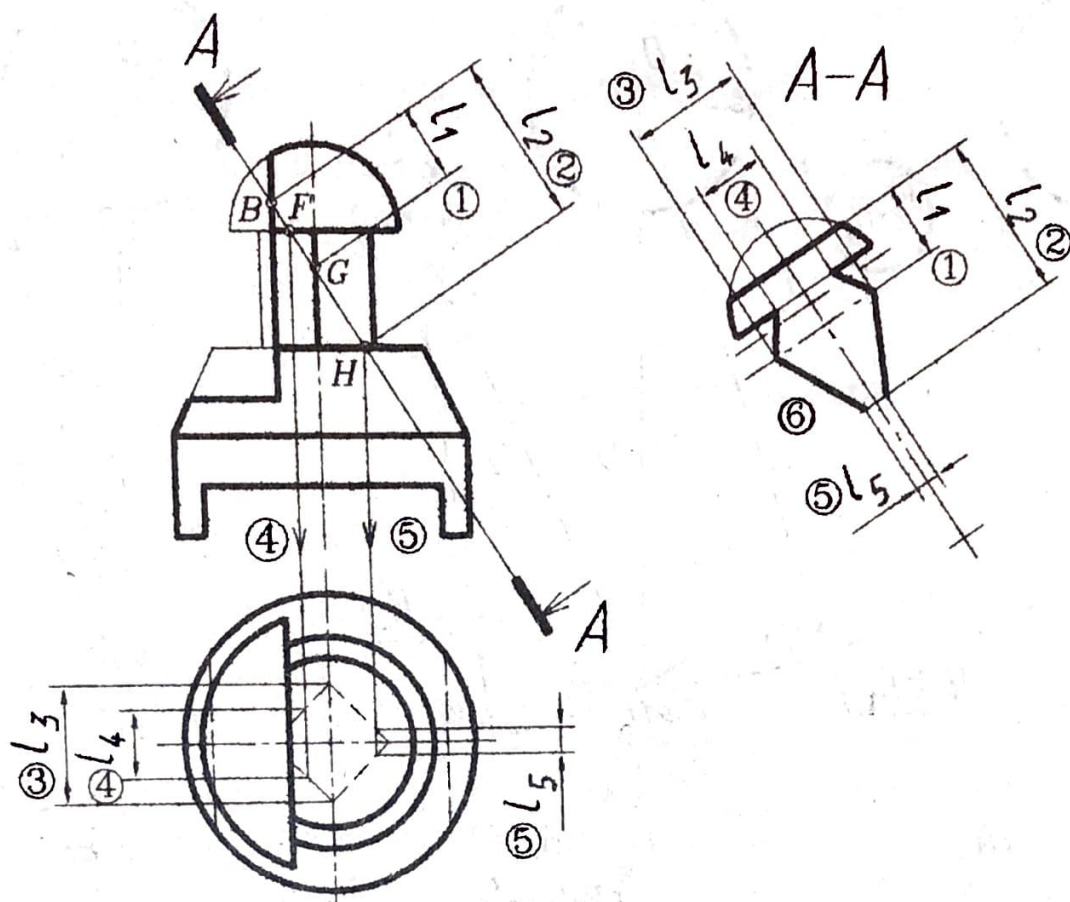


Рис. 4.34

I способ – для призмы с любым числом граней:

1) находим координату $l_1 = BG$ центра сечения призмы, откладываем ее от границы фигуры и проводим штрихпунктирную осевую линию, перпендикулярную оси сечения; здесь G – точка пересечения оси предмета с плоскостью $A-A$ (рис. 4.34);

2) определяем нижнюю границу $l_2 = BH$ сечения призмы;

3) на виде сверху находим габаритный размер l_3 сечения призмы (диагональ квадрата);

4) по линии связи от точки F определяем ширину l_4 сечения призмы на верхней границе (на виде сверху); откладываем этот размер в сечении;

5) по линии связи от точки H определяем ширину l_5 сечения призмы на нижней границе и откладываем этот размер в сечении;

6) соединяем полученные точки и окончательно получаем форму сечения.

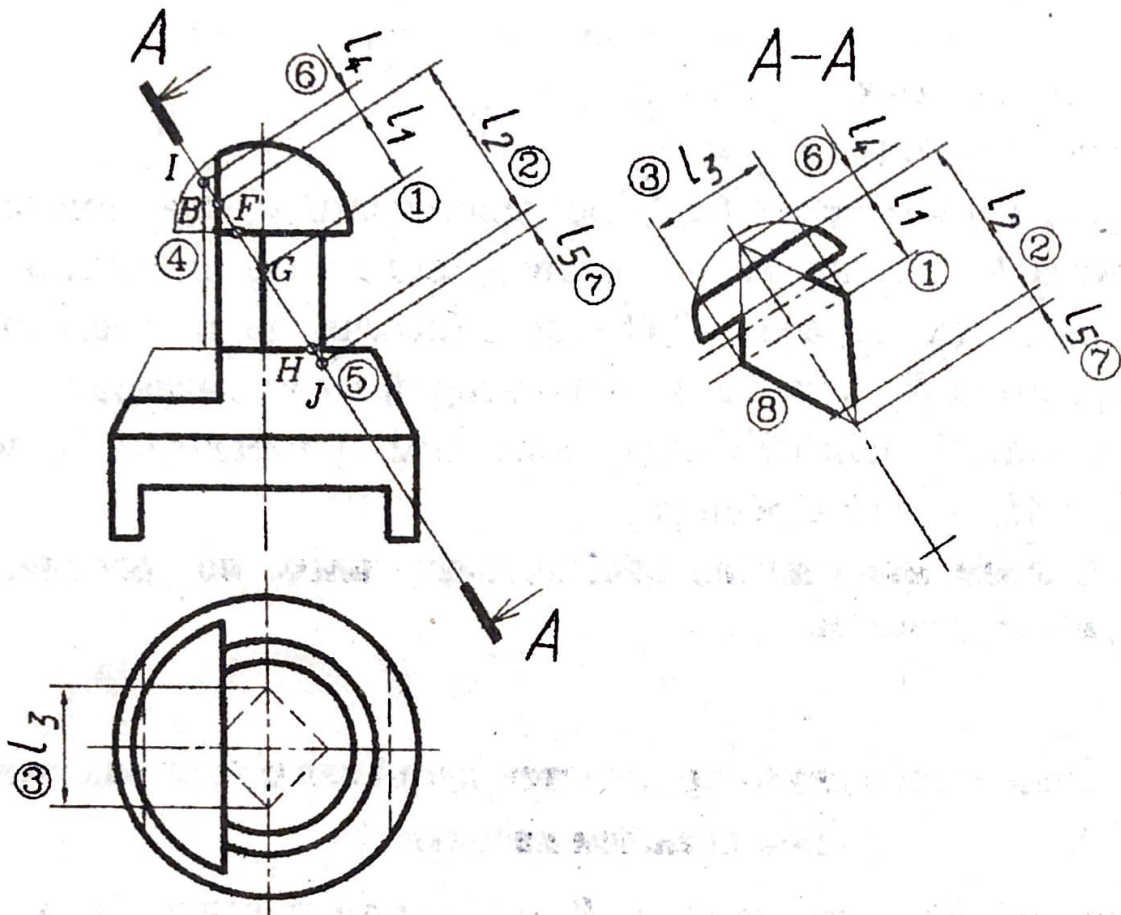


Рис. 4.35

II способ – только для четырехгранной призмы:

- 1) находим координату $l_1 = BG$ центра сечения призмы – ромба (рис. 4.35), откладываем ее от границы фигуры и проводим штрихпунктирную осевую линию, перпендикулярную оси сечения; здесь G – точка пересечения оси предмета с линией $A-A$;
- 2) определяем нижнюю границу $l_2 = BH$ сечения призмы;
- 3) на виде сверху находим габаритный размер l_3 сечения призмы (диагональ квадрата);
- 4) продолжаем левое вертикальное ребро призмы до пересечения с линией $A-A$ в точке I ;
- 5) продолжаем правое вертикальное ребро призмы до пересечения с линией $A-A$ в точке J ;
- 6) вдоль оси сечения откладываем расстояние $l_4 = BI$, определяющее верхний угол ромба, получающегося при рассечении четырехгранной призмы плоскостью;
- 7) откладываем расстояние $l_5 = HJ$, определяющее нижний угол ромба;
- 8) соединяем полученные точки и получаем фигуру сечения.

4.3.3. Сечение конуса

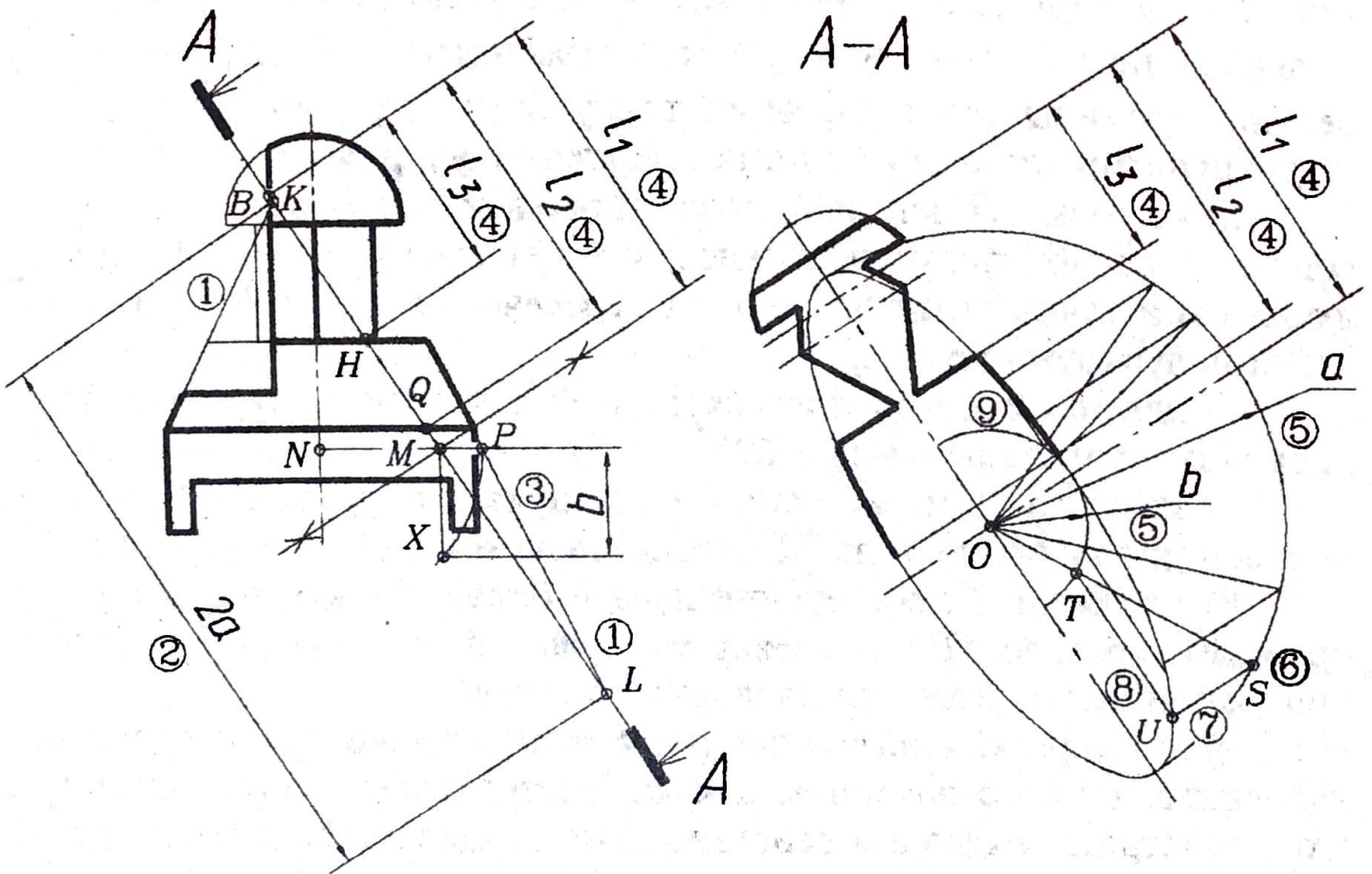


Рис. 4.36

При сечении конуса плоскостью $A-A$ в данном случае получается эллипс (см. разд. 4.2.3). Его построение производится по величинам большой $2a$ и малой $2b$ осей (рис. 4.36):

1) продолжаем очерковые образующие конуса до пересечения с плоскостью $A-A$ в точках K и L ;

2) отрезок $KL = 2a$ является **большой осью** искомого эллипса;

3) для нахождения **малой оси**:

– делим отрезок KL пополам; его середина – точка M является центром сечения;

– через точку M проводим вспомогательную горизонтальную плоскость, которая пересекает конус по окружности радиуса NP с центром в точке N ;

– из точки N как из центра проводим дугу этой окружности PX радиусом NP ; половина хорды этой дуги MX , проведенной из точки M , дает малую полуось b ;

выполненные построения являются фрагментом наложенного сечения конуса горизонтальной плоскостью (рис. 4.13);

4) от границы фигуры вдоль оси сечения откладываем расстояние $l_1 = BM$ (до центра эллипса), $l_2 = BQ$ (до нижней границы эллипса), а также используем ранее отложенный отрезок $l_3 = BH$ (до верхней границы эллипса); через точку O (центр эллипса) проводим штрихпунктирную осевую линию, перпендикулярную оси сечения;

5) из точки O как из центра проводим полуокружности радиусов a (большой полуоси эллипса) и b (радиуса малой полуоси); получили три точки эллипса — точки пересечения его осей с построенными полуокружностями;

6) для нахождения промежуточной точки из центра эллипса O проводим произвольный луч OS ;

7) из точки S пересечения этого луча с окружностью **большой** полуоси проводим прямую SU , **параллельную малой оси** эллипса;

8) из точки T пересечения луча с окружностью **малой** полуоси проводим прямую TU , **параллельную большой оси**; точка U пересечения указанных прямых принадлежит эллипсу;

9) повторяем построения пп. 6–8 несколько раз и соединяем найденные точки с помощью лекала; достраиваем эллипс, используя его симметрию; выделяем действительно существующую часть эллипса между координатами l_2 и l_3 .

4.3.4. Сечение цилиндра

При сечении цилиндра наклонной плоскостью получается эллипс (см. разд. 4.2.2). Его большая полуось a равна расстоянию GC (рис. 4.37) от точки G пересечения плоскости $A-A$ с осью предмета до точки C пересечения этой плоскости с очерковой образующей цилиндра. Малая полуось эллипса b равна **радиусу цилиндра**.

Порядок построения:

1) находим большую полуось эллипса $a = GC$ (расстояние от точки G пересечения плоскости $A-A$ с осью предмета до точки C пересечения этой плоскости с образующей цилиндра);

2) находим малую полуось эллипса b (радиус цилиндра);

3) используем ранее найденное расстояние $l_1 = BG$ (до центра эллипса, совпадающего с центром призмы), а также $l_2 = BQ$ (до верхней границы эллипса) и $L = BC$ (до нижней границы эллипса);

расстояние L совпадает с габаритным размером фигуры сечения (рис. 4.32); центр эллипса в сечении обозначим буквой V ;

4) из точки V как из центра проводим полуокружности радиусов a (большой полуоси эллипса) и b (радиуса малой полуоси); получили три точки эллипса — точки пересечения его осей с построенными полуокружностями;

5) для нахождения промежуточной точки из центра эллипса V проводим произвольный луч VS ;

6) из точки S пересечения этого луча с окружностью большой полуоси проводим прямую SU , параллельную малой оси;

7) из точки T пересечения луча с окружностью малой полуоси проводим прямую TU , параллельную большой оси; точка U пересечения указанных прямых принадлежит эллипсу;

8) повторяем построения пунктов 5–7 несколько раз и соединяем найденные точки с помощью лекала; достраиваем эллипс, используя его симметрию; выделяем действительно существующую часть эллипса между координатами l_2 и L .

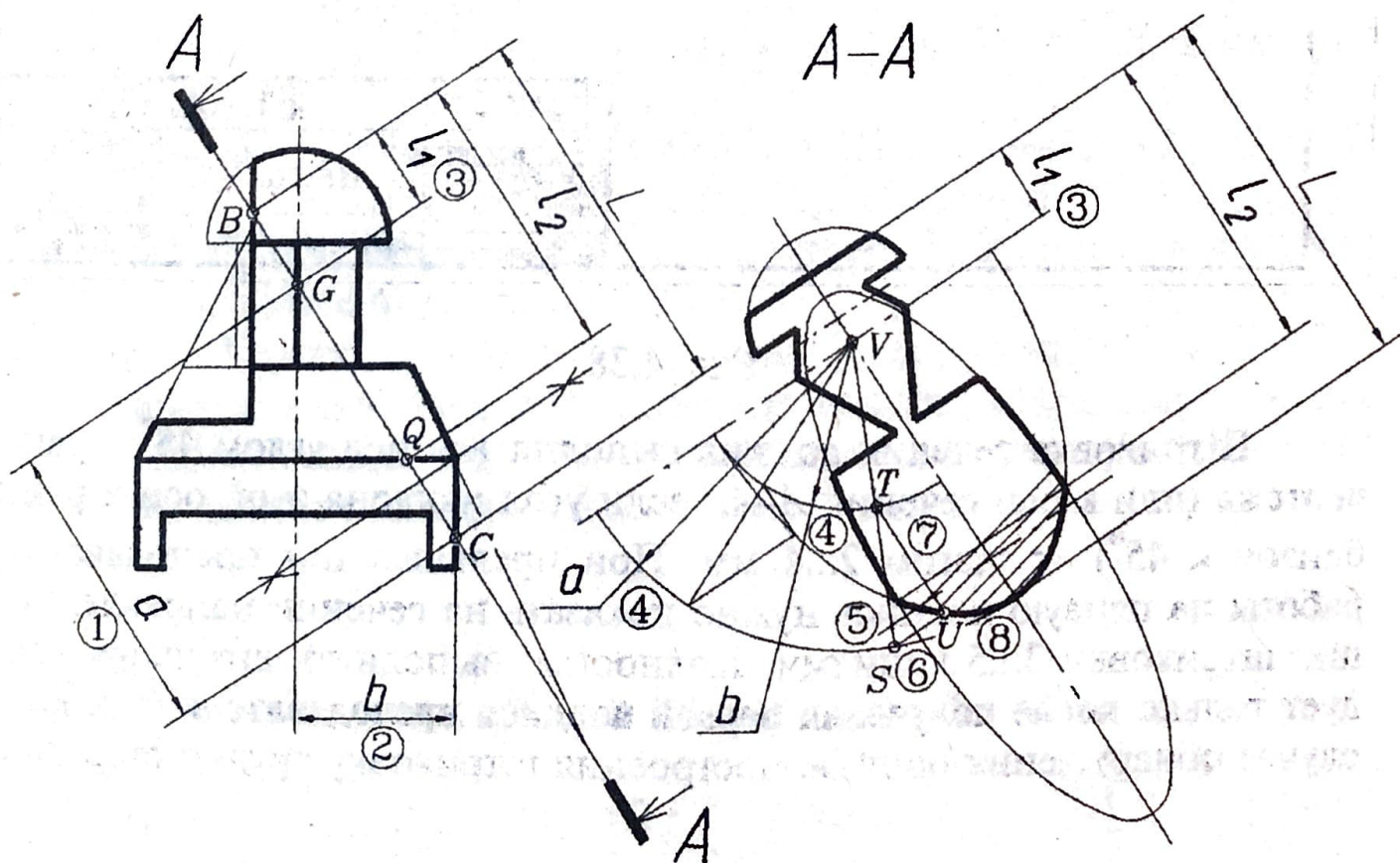


Рис. 4.37

Результаты построения профильной проекции заданного предмета и сечения $A-A$ показаны на рис. 4.38. Обратите внимание на оставленные линии построения.

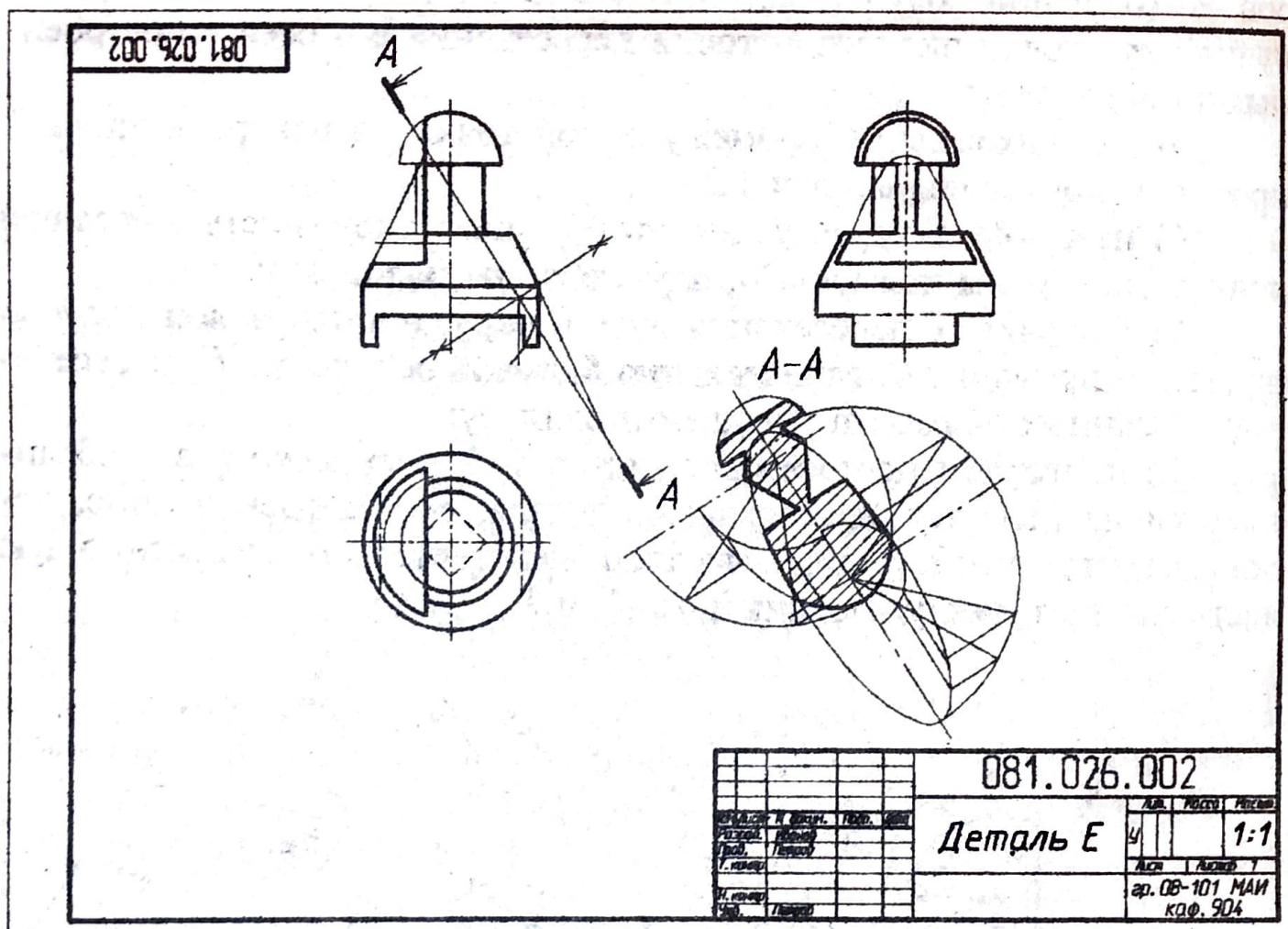


Рис. 4.38

Штриховка сечения должна выполняться под углом 45° к рамке чертежа (или к оси сечения $A-A$, если угол наклона этой оси к рамке близок к 45°) с шагом 2...4 мм. При предъявлении преподавателю работы на первую подпись нужно показать на сечении направление и шаг штриховки 3...5 линиями. Полностью выполнять штриховку следует только после получения первой подписи преподавателя (так как в случае обнаружения ошибок построения штриховку трудно стереть).

При указании секущей плоскости А—А стрелки должны располагаться с **внешних сторон** разомкнутой линии, на расстоянии 2...3 мм от ее концов (рис. 4.39, а). Также с внешних сторон должны размещаться буквы. Толщина разомкнутой линии составляет (1...1,5) s, где $s = 0,8...1$ мм — толщина сплошных основных линий; длина стрелок — не менее 5 мм.

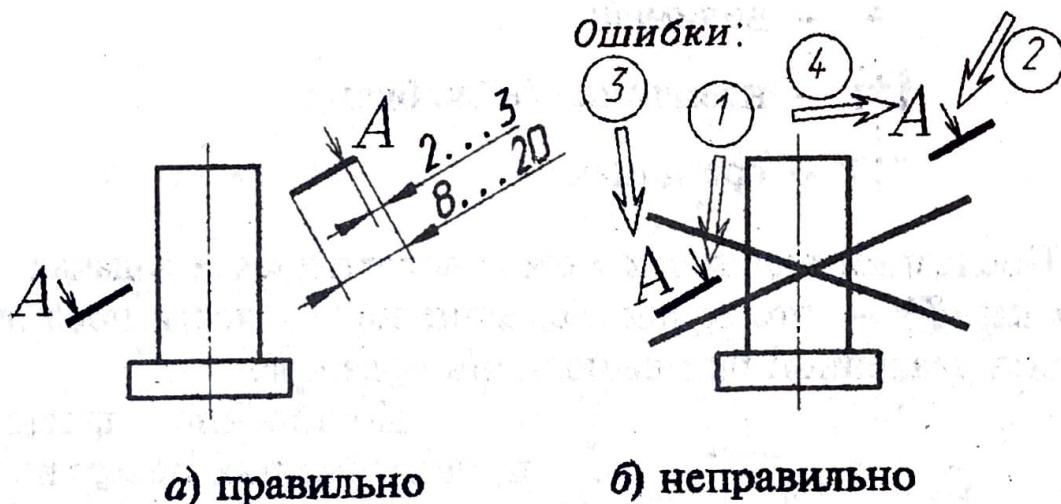


Рис. 4.39

На рис. 4.39, б показаны **типичные ошибки**, допускаемые при обозначении линии сечения:

- 1) стрелка расположена с внутренней стороны разомкнутой линии;
- 2) стрелка находится в середине разомкнутой линии;
- 3) буква "А", обозначающая линию сечения, повернута относительно основной надписи чертежа;
- 4) буква "А" расположена внутри разомкнутой линии.

Пример написания наименования изделия представлен на рис. 4.40. Наименование пишется в **середине** соответствующей графы основной надписи **наклонным шрифтом** размера 10.

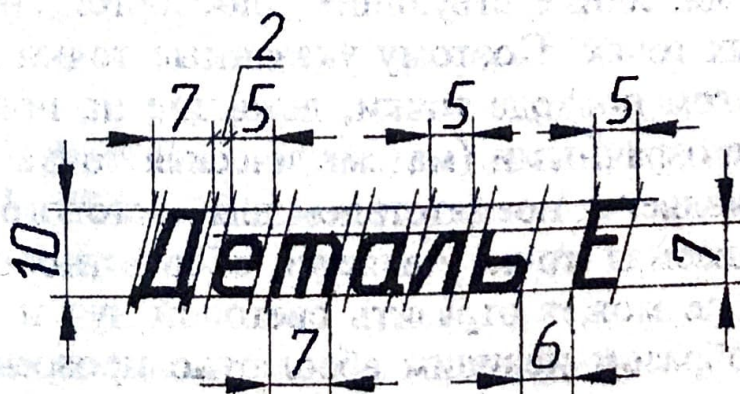


Рис. 4.40

4.4. Нахождение проекций точек геометрических тел

В задание входит также нахождение двух недостающих проекций точек, лежащих на поверхности тел. Приняты следующие обозначения точек:

\pm — заданная преподавателем;

$+$ — видимая;

$\{+\}$ — невидимая (в скобках);

\dashv — срезанная.

Последний вид точек может встретиться в задачах “Деталь И” и “Деталь Л” — это точки, лежащие на той части предмета, которая оказалась удаленной при выполнении разреза.

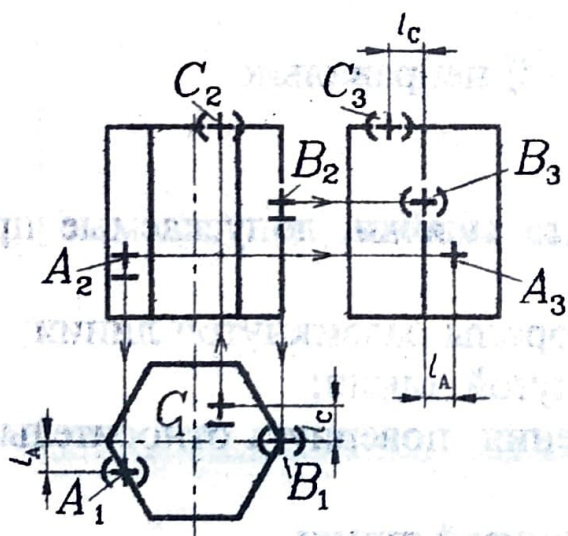


Рис. 4.41

Построение проекций точек, принадлежащих поверхности **призмы**, показано на рис. 4.41. Заданы точки: A_2, B_2, C_1 . Для нахождения недостающих проекций использованы линии связи и соответствующие координаты (l_A и l_C), взятые с горизонтальной проекции и отложенные от оси на профильной проекции.

Дадим пояснения относительно видимости некоторых точек. Видимость обусловлена тем, что луч света от источника падает на рассматриваемую точку, отражается от нее и попадает в глаз наблюдателю. В случае проекций A_1, B_1, C_2 и C_3 лучи **скользят** вдоль соответствующих плоскостей, не отражаясь от рассматриваемых точек. Поэтому указанные точки являются невидимыми. При другом подходе точки, лежащие на поверхности, считаются абсолютно прозрачными (математическая точка не имеет размеров и поэтому не является препятствием для светового луча). В этом случае и рассматриваемая точка является абсолютно прозрачной, следовательно, она не может отразить световой луч и является невидимой. Подобным образом невидим абсолютно прозрачный воздух, в котором нет оптических неоднородностей. Таким образом, при любом подходе проекции A_1, B_1, C_2 и C_3 являются **невидимыми**.

На рис. 4.42 заданы точки на сфере: A_2, B_1, C_3 .

Нахождение проекций

точки A:

- 1) проводим горизонтальную секущую плоскость Δ ;
- 2) на виде сверху проводим дугу окружности радиуса R_A , по которой плоскость Δ пересекает сферу;
- 3) с помощью линии связи находим проекцию A_1 ;
- 4) на виде сверху циркулем измеряем размер l_A ;
- 5) откладываем этот размер l_A вправо от оси на виде слева и с помощью линии связи находим профильную проекцию точки A_3 .

Нахождение проекций точки B:

- 6) на виде сверху проводим дугу радиуса R_B , по которой вспомогательная горизонтальная плоскость Ω пересекает сферу;
- 7) с помощью линии связи находим фронтальную проекцию Ω_2 плоскости Ω ;
- 8) по линии связи определяем положение проекции B_2 ;
- 9) с помощью размера l_B , взятого с горизонтальной проекции, находим профильную проекцию точки B_3 .

Аналогично находятся проекции точки C . При этом использована вспомогательная горизонтальная плоскость Σ .

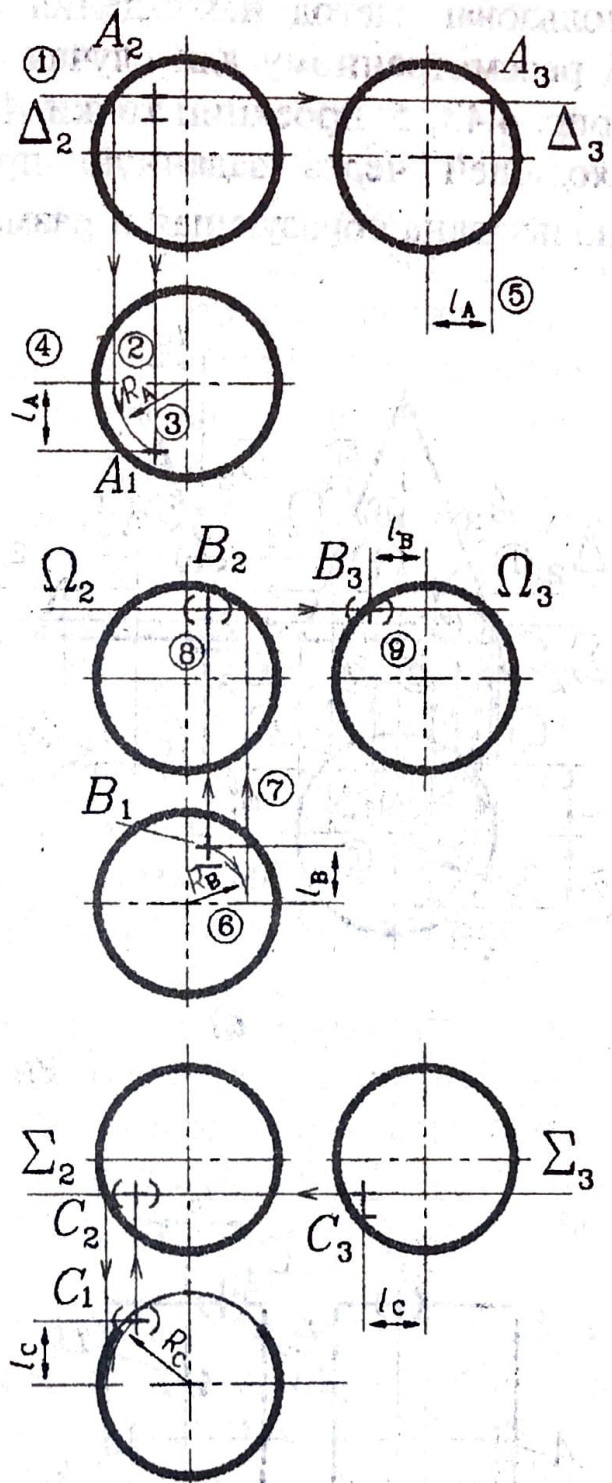


Рис. 4.42

На рис. 4.43, а заданы точки на поверхности конуса: A_2, B_1, C_3 .
 Использован метод нахождения недостающих проекций, аналогичный рассмотренному для случая сферы (см. пояснения к рис. 4.42).
 На рис. 4.43, б проекции точки A найдены с помощью плоскости Φ , проходящей через заданную проекцию точки A_2 и ось конуса (использована образующая и размер l_A).

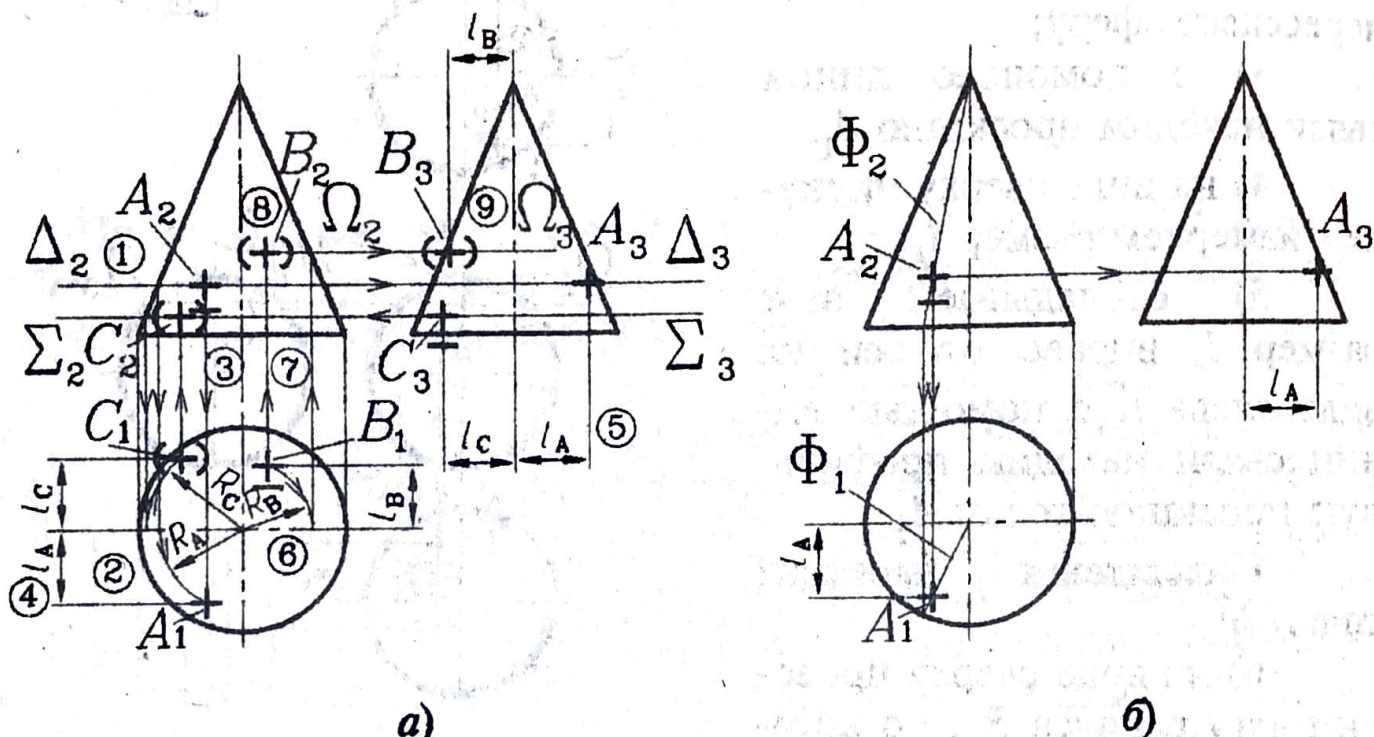


Рис. 4.43

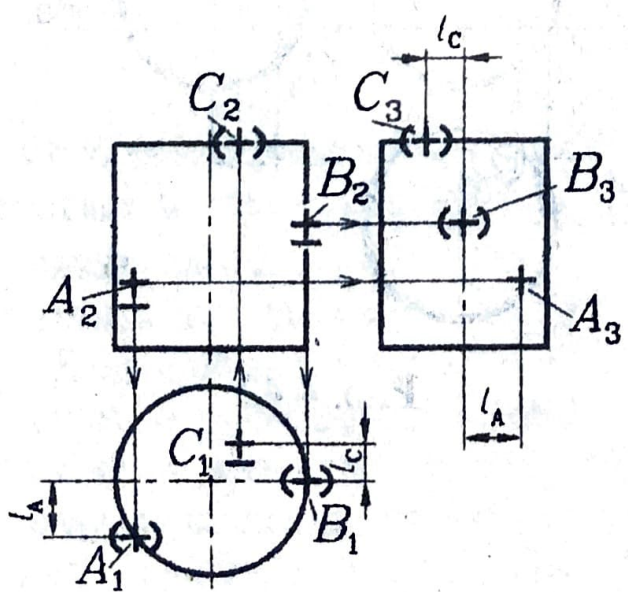


Рис. 4.44

На поверхности цилиндра заданы проекции точек A_2, B_2, C_1 (рис. 4.44). Недостающие проекции найдены с помощью линий связи и соответствующих координат.

На чертежах деталей $E, И, Л$ буквенные обозначения точек (A_1, A_2, A_3 и т. д.) можно не указывать.

4.5. Задание размеров

В программу ряда факультетов входит задание размеров на детали *Е*. Основные сведения о нанесении размеров по ГОСТ 2.307-68* были даны в разд. 2.6. Однако для правильного нанесения размеров только соблюдения требований, установленных этим ГОСТом, недостаточно. Практикой выработаны определенные правила, не всегда нашедшие отражение в стандартах, но обеспечивающие удобство чтения чертежа, облегчающие разработку технологических процессов изготовления изделий и уменьшающие вероятность появления ошибок и брака в работе. Многие из этих правил указаны в учебниках [3], [4], [6]–[8] и кратко будут изложены ниже.

1. В соответствии с ГОСТ 2.305-68** главное изображение должно давать наиболее полное представление о форме и размерах предмета. Поэтому **наибольшее количество размеров должно находиться на главном изображении**. Нельзя “разбрасывать” размеры по всем изображениям чертежа. На виде сверху нужно наносить только те размеры, которые нельзя указать на главном виде. То же относится к виду слева и к остальным видам. Общее правило состоит в следующем: **на любом изображении, кроме главного, должны наноситься размеры тех элементов предмета, из-за которых возникла необходимость в этом изображении**.

Применительно к детали *Е* это означает, что на виде слева никакие размеры наноситься не должны (есть редкие исключения, например конус, срезанный с двух сторон – для него неудобно задавать размеры на главном виде). Это связано с тем, что вид слева выполняется здесь только в учебных целях, с точки зрения задания формы предмета он является “лишним”.

2. Существуют три основных способа задания линейных размеров (рис. 4.45): **ценной, координатный** (или базовый) и **комбинированный**. Выбор того или иного способа зависит от особенностей конструкции и технологии изготовления изделия. Он в значительной степени обусловлен тем, что на практике никакой размер не может быть выполнен точно. Поэтому на рабочих чертежах размеры (кроме справочных) указывают вместе с их допустимыми отклонениями (“допусками”). Этот вопрос изучается на старших курсах. На учебных чертежах по инженерной графике допустимые отклонения размеров не наносят.

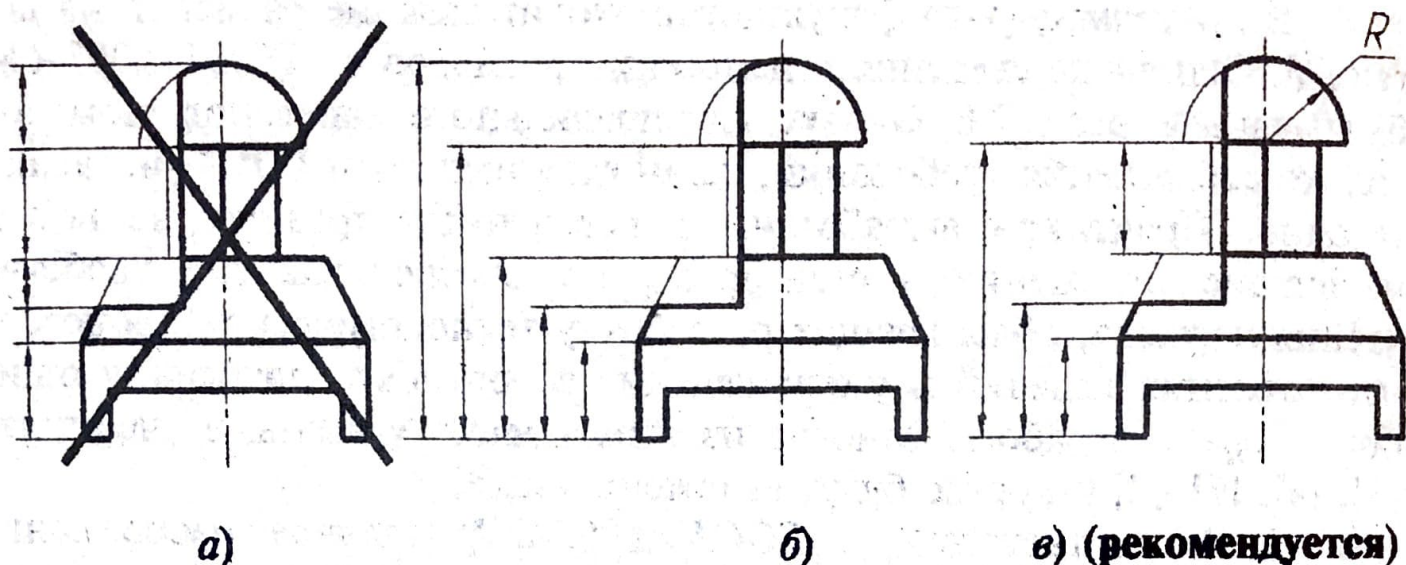


Рис. 4.45

Цепной способ (рис. 4.45, *а*) применяют в тех случаях, когда важна точность выполнения относительных размеров каждого элемента изделия. Однако при этом погрешности изготовления этих элементов складываются и габаритный размер может иметь очень большую суммарную погрешность. Поэтому на учебных чертежах **цепной способ применять не следует.**

При **координатном способе** (рис. 4.45, *б*) размеры задают от одной общей **размерной базы**, поэтому достигается высокая точность абсолютного положения поверхностей, но меньшая точность относительных размеров элементов.

Комбинированный способ (рис. 4.45, *в*) позволяет разумно сочетать точность габаритных размеров и размеров отдельных элементов.

3. Для элементов, расположенных **симметрично** относительно оси, необходим **один размер** (рис. 4.46, *а*), а для **несимметричных** элементов — **два размера** (рис. 4.46, *б*).

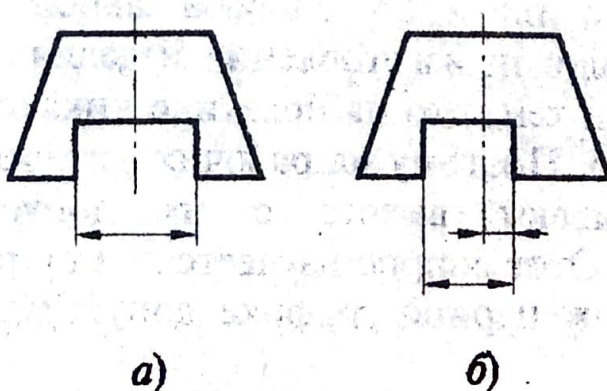


Рис. 4.46

4. Размеры оснований четырехгранных призм и пирамид задают на виде сверху стороной квадрата, а пяти- и шестигранников — диаметром описанной окружности (на рабочих чертежах деталей для шестигранников указывают также “размер под ключ”).

Пример нанесения размеров детали *E* дан на рис. 4.47.

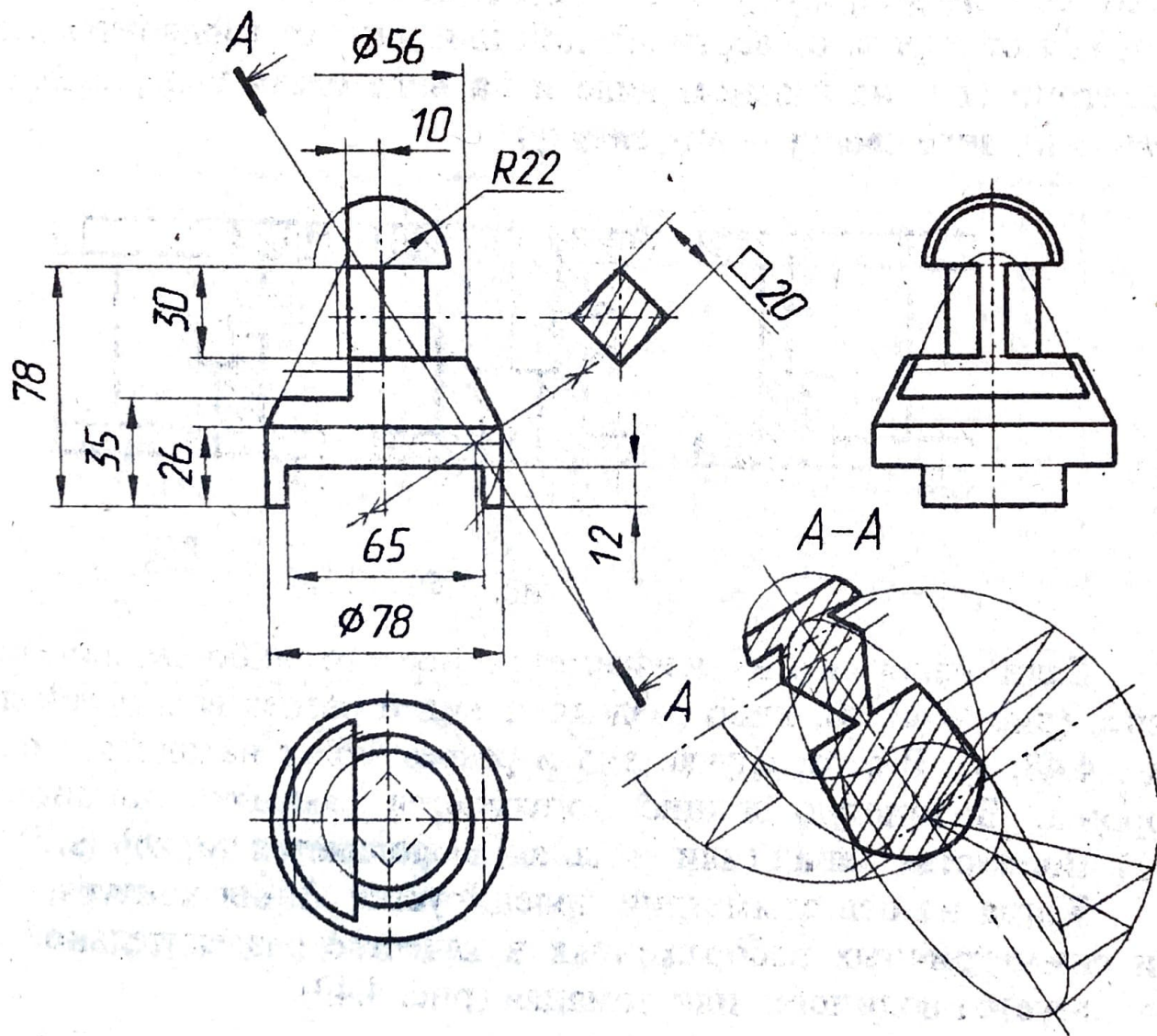


Рис. 4.47

Общим требованием при задании размеров является указание габаритных размеров (наибольших для контура изображения) по всем осям координат. Случай, представленный на рис. 4.47, является исключением. Оно встречается, если телом, ограничивающим предмет, является сфера: здесь необходимо задать положение центра сферы, а вертикальный габаритный размер может быть легко вычислен как сумма координаты центра и радиуса сферы ($78 + 22 = 100$ мм). Габаритный размер здесь можно задать как справочный (см. разд. 2.6).

4.6. Совмещение части вида и части разреза

4.6.1. Основные правила

Разрешается совмещать часть вида и часть разреза. Если каждый из них является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии (рис. 4.48, а). При этом, как правило, разрезы располагают справа от вертикальной или вниз от горизонтальной оси симметрии (т.е. на главном виде и на виде слева вид располагается слева, а на виде сверху – вид сверху).

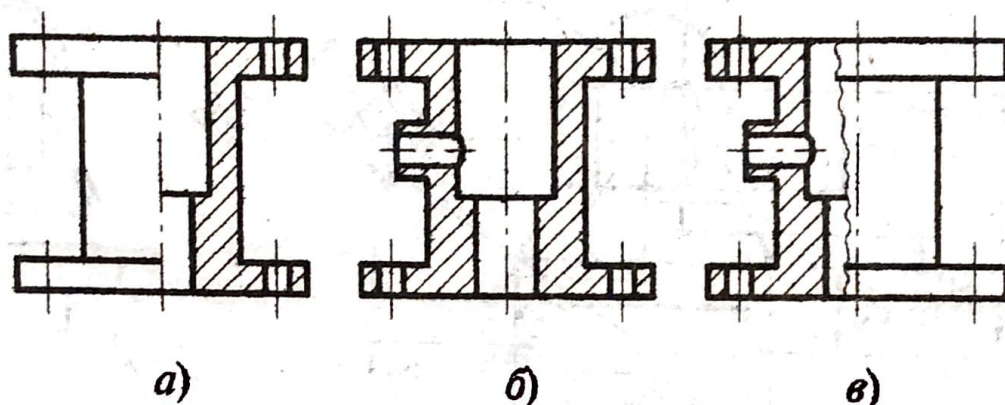


Рис. 4.48

Если изображение несимметричное, то либо делают полный разрез (рис. 4.48, б), либо разделяют вид и разрез волнистой линией (рис. 4.48, в). В этом случае вид и разрез могут находиться с любой стороны. Волнистую линию допускается заменять ломаной (рис. 4.11). Волнистая линия (или ломаная) выполняется тонкой ($s/3$).

Когда на ось симметрии проецируется линия контура, то даже при симметричных изображениях в качестве разделительной линии используется волнистая или ломаная (рис. 4.49).

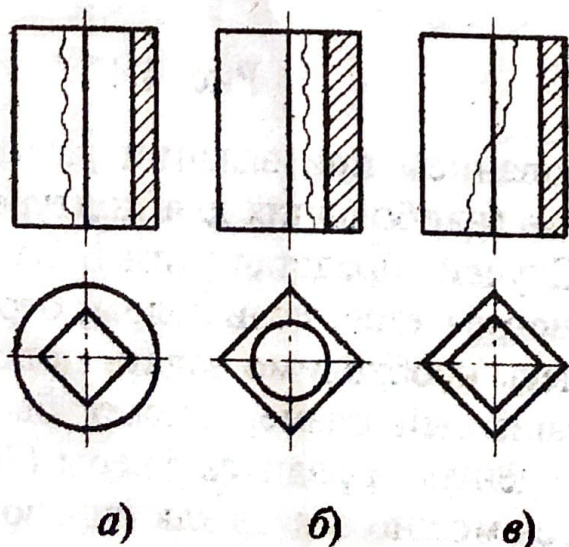


Рис. 4.49

Если на ось симметрии попадает линия внутреннего контура, то волнистую линию проводят так, что увеличивается **разрез** (рис. 4.49, а), если **внешнего** – **вид** (рис. 4.49, б), если обе линии, то волнистая **частично увеличивает вид, а частично – разрез** (рис. 4.49, в).

Элементы типа **тонкой стенки** или **ребра жесткости** в продольном разрезе (т.е. таком, когда секущая плоскость направлена вдоль длинной стороны элемента) показываются **разрезанными, но незаштрихованными** (правое ребро на рис. 4.50).

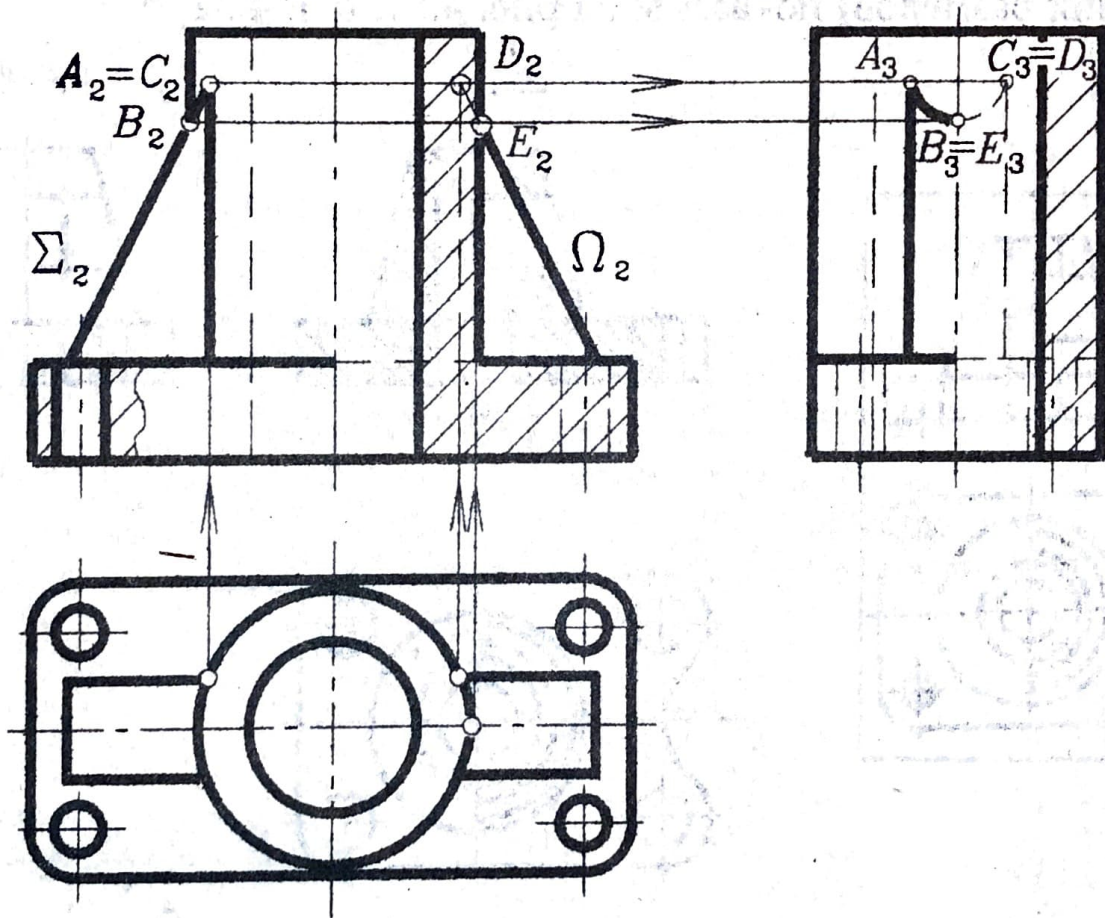


Рис. 4.50

Отметим, что в данном случае профильная проекция линий пересечения наклонных плоскостей ребер Σ_2 и Ω_2 с наружной поверхностью цилиндра представляют собой дугу эллипса $A_3B_3C_3$ (невидимая часть D_3E_3 , срезанная точка C_3). Эту дугу можно строить приближенно, по трем точкам, которые находят с помощью линий связи.

Нанесение невидимых линий на разрезах ГОСТами не предусмотрено. Однако в учебных целях в первой работе невидимые линии на разрезах наносятся (рис. 4.50).

4.6.2. Рекомендации по выполнению заданий

В соответствии с заданием необходимо по двум изображениям (главному виду и виду сверху) построить третье — вид слева и дать разрезы. При этом нужно увеличить изображения так, чтобы их высота на фронтальной проекции составила 100 мм. Это можно сделать с помощью “треугольника пропорциональностей” (см. разд. 4.2).

Примеры заданий из пособия [6] представлены на рис. 4.51, а (“Деталь И”) и 4.52, а (“Деталь Л”). Примеры их выполнения (до нанесения размеров) показаны на рис. 4.51, б и 4.52, б.

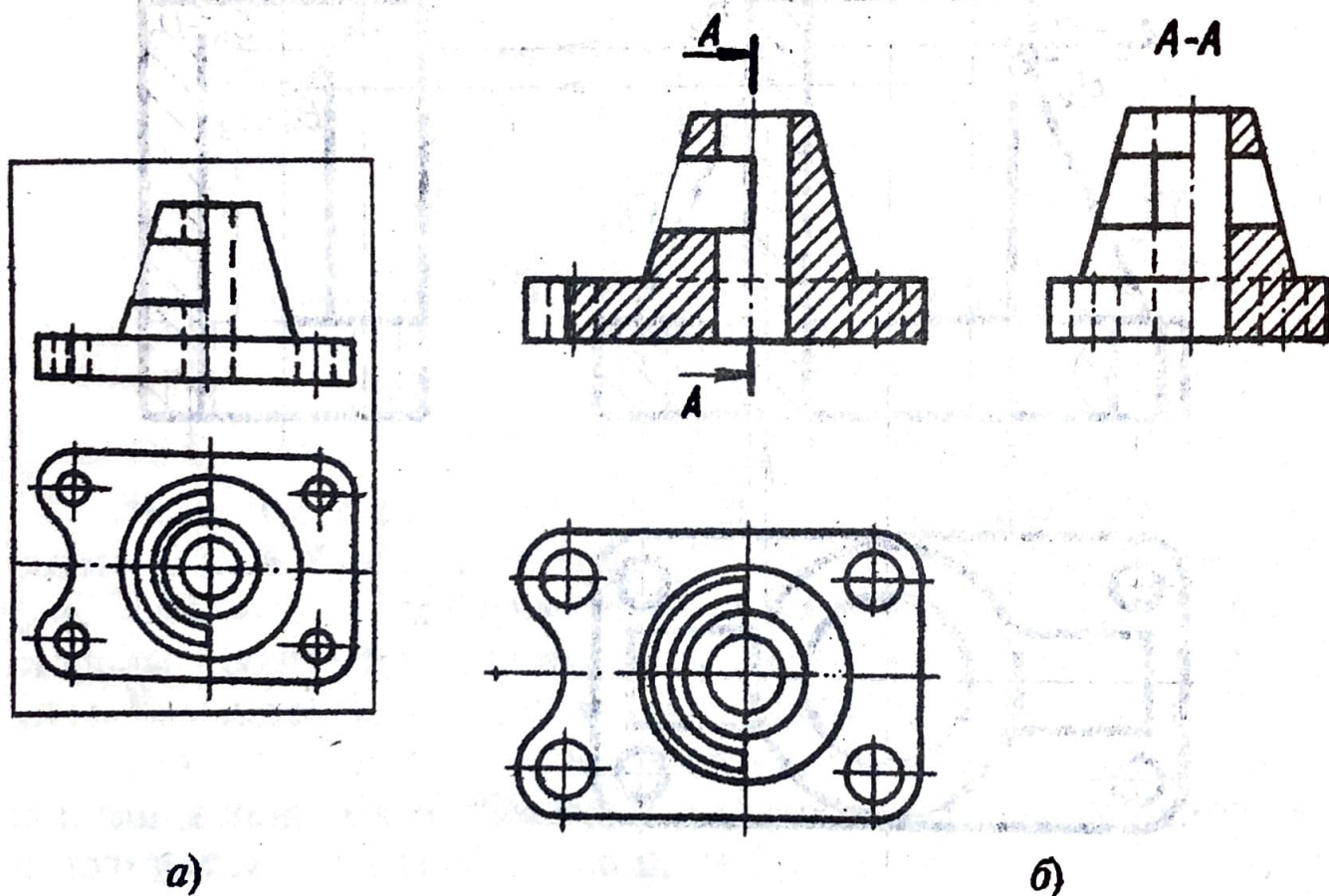


Рис. 4.51

В примере, показанном на рис. 4.51, главный вид является несимметричным, поэтому он преобразован в **полный разрез**. Вид слева и профильный разрез оба **симметричны**, поэтому выполнена **половина вида и половина разреза**. На горизонтальной плоскости проекций оставлен вид, так как горизонтальный разрез в данном случае не дал бы никакой новой информации о внутренней форме изделия. Фронтальная секущая плоскость является плоскостью симметрии, поэтому разрез на главном изображении не обозначен буквами. В то же время профильная секущая плоскость не является плоскостью симметрии, из-за этого профильный разрез обозначен “А–А”.

На профильном разрезе "А-А", показанном на рис. 4.51, имеется незаштрихованный участок, так как в этом месте секущая плоскость не пересекает предмет, а как бы скользит по его поверхности.

Для завершения задания по рис. 4.51 осталось нанести размеры. Рекомендации по их нанесению приведены ниже в этом разделе.

На рис. 4.52 как главное изображение, так и профильное являются симметричными. Поэтому в обоих случаях выполнена половина вида и половина разреза. Секущие плоскости являются плоскостями симметрии, таким образом давать буквенные обозначения разрезов не нужно. На фронтальной проекции в качестве разделителя вида и разреза использована осевая штрихпунктирная линия, а на профильной – волнистая, так как на ось симметрии здесь проецируется ребро внутренней шестигранной призмы (увеличен разрез). Для показа одного из четырех отверстий применен местный разрез на профильной проекции. Правая тонкая стенка на фронтальной проекции разрезана, но не заштрихована, так как секущая плоскость направлена вдоль нее (сравните горизонтальные проекции точек A_2 и B_2). Обратите внимание на правильное изображение линий пересечения вертикальных плоскостей верхних пазов с внутренней и наружной цилиндрической поверхностями на профильной проекции (см. разд. 4.2.2 и рис. 4.23). После нанесения размеров задание будет закончено.

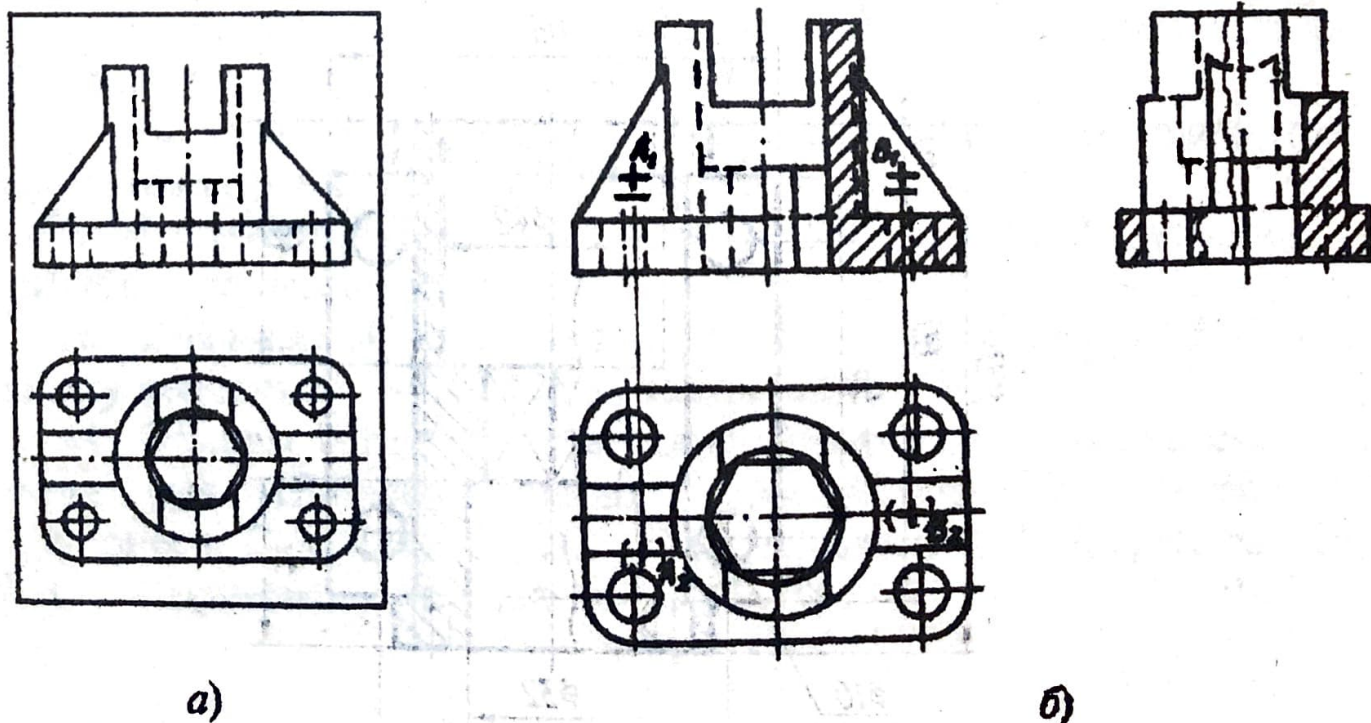


Рис. 4.52

4.6.3. Особенности нанесения размеров в заданиях

“Деталь И” и “Деталь Л”

В заданиях указаны размерные и выносные линии. Их можно, в основном сохранить, учитывая следующие рекомендации:

1. Не следует ставить размеры к невидимым линиям. В необходимых случаях можно применить местный разрез, сделав элемент видимым, или перенести эти размеры на профильное изображение.

2. При совмещении вида и разреза размеры, относящиеся к внешнему контуру, наносят со стороны вида, а к внутреннему – со стороны разреза. В последнем случае обычно применяют размерные линии с обрывом (с одной стрелкой, обращенной к линии контура на разрезе). Линию обрывают за осью симметрии (рис. 4.53, размеры $\varnothing 32$ и $\varnothing 42$).

3. Размеры, относящиеся к одному элементу, группируют в одном месте. Например, все размеры, относящиеся к четырем отверстиям $\varnothing 10$ на рис. 4.53, нанесены на главном изображении (координаты центров по двум осям и диаметры).

4. Размеры в задаче “Деталь И” следует округлять до ближайших нормальных линейных размеров (Приложение 2). При этом первый ряд следует предпочитать второму, второй третьему и т.д.

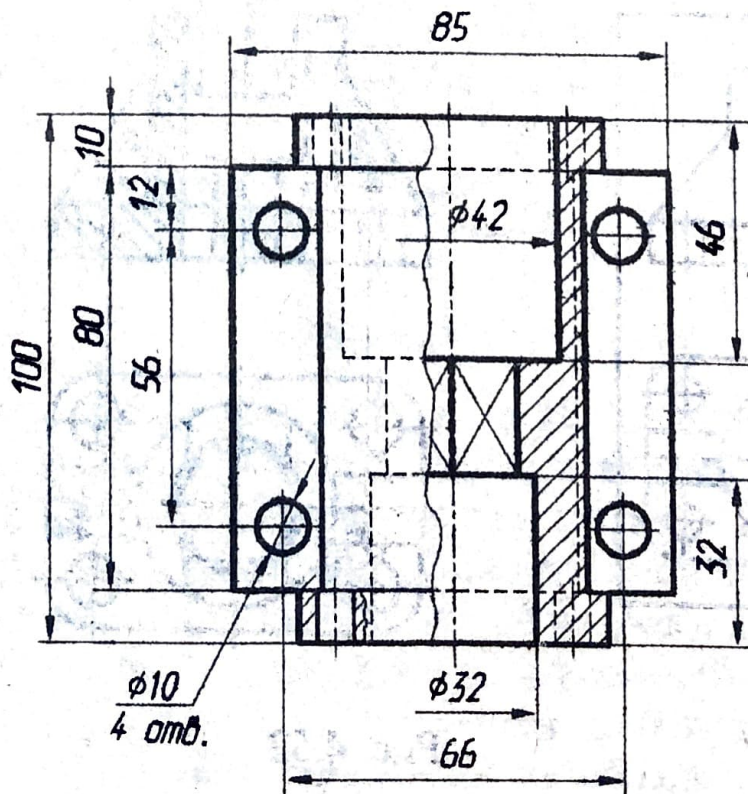
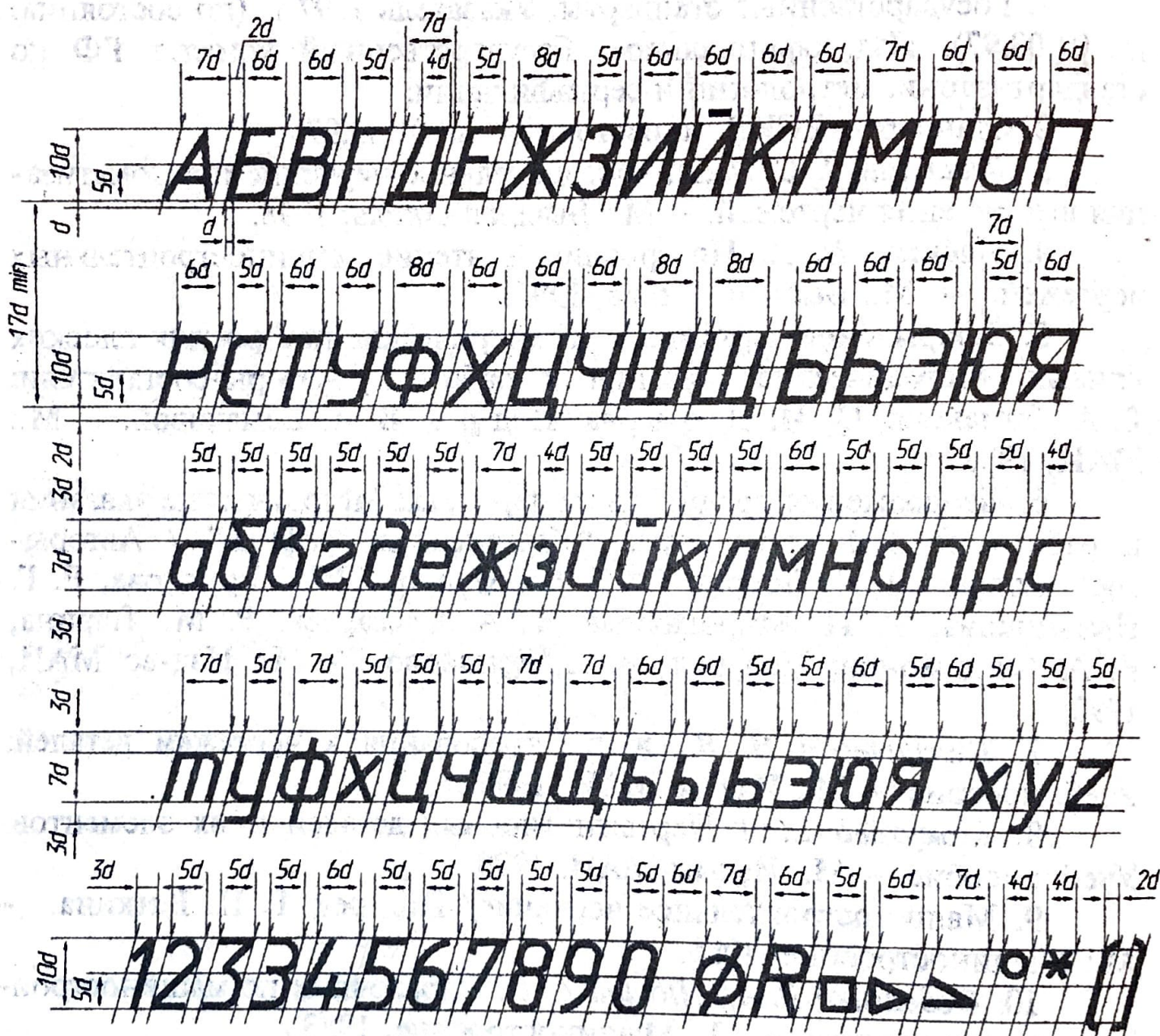


Рис. 4.53

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственные стандарты. Указатель 1997 г. (по состоянию на 01.03.97). Изд. официальное. Государственный комитет РФ по стандартизации, метрологии и сертификации.
2. Стандарты ЕСКД по состоянию на 01.03.97.
3. *Левицкий В. С.* Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей. — М.: Высшая школа, 1998.
4. *Бабулин Н. А.* Построение и чтение машиностроительных чертежей. — М.: Высшая школа, 1997.
5. Оформление чертежей и геометрические построения плоских кривых: Методические указания к работе 1 / Авторы-составители: В. А. Ермакова, О. И. Некрасова; Под ред. В. А. Ермаковой. — М.: МАИ, 1988.
6. Изображения предметов на чертежах: Методические указания к работе по 1-й части курса "Инженерная графика" / Авторы-составители: Л. П. Бобрик, Т. Т. Бородулина, В. А. Ермакова, Е. Г. Иванникова, Т. И. Миролюбова, Т. А. Слесарева, Р. М. Тюрина, В. А. Филимонов; Под ред. В. А. Ермаковой. — М.: Изд-во МАИ, 1990.
7. *Пшеничнова Н. В.* Общие требования к чертежам деталей: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МАИ, 1995.
8. *Кожухова Е. А.* Чертежи типовых деталей и их элементов: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МАИ, 1996.
9. Машиностроительное черчение / Под ред. Г. П. Вяткина. — М.: Машиностроение, 1985.
10. *Федоренко В. А., Шошин А. И.* Справочник по машиностроительному черчению. — Л.: Машиностроение, 1983.
11. Основы Автокада. Машинная графика на основе системы Автокад для IBM-совместимых персональных компьютеров / А.С. Корнеев, С.А. Леонова, Л.Г. Стрельникова, В.В. Бодрышев; Под ред. А.С. Корнеева. — М.: Изд-во МАИ, 1997.

Приложение 1. Шрифт чертежный типа Б (по ГОСТ 2.304-81*)



В последней строке представлены знаки: диаметр, радиус, квадрат, конусность, уклон, градус, звездочка, скобки.

Расстояние между буквами — $2d$, минимальное расстояние между словами — $6d$, где $d = h/10$, h — размер шрифта (высота прописных букв; такую же высоту имеют цифры).

Стандартные размеры шрифта: 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20.

Приложение 2. Нормальные линейные размеры, мм
(из ГОСТ 6636-69)

1 ряд	2 ряд	3 ряд	4 ряд	1 ряд	2 ряд	3 ряд	4 ряд	1 ряд	2 ряд	3 ряд	4 ряд		
0,40	0,40	0,40	0,40	4,0	4,0	4,0	4,0	40	40	40	40		
			0,42				4,2				42		
			0,45				4,5				45		
			0,48				4,8				48		
	0,50	0,50	0,50			5,0	5,0			5,0	50	50	50
			0,53							5,3			53
0,63	0,63	0,63	0,63	6,3	6,3	6,3	6,3	63	63	63	63		
			0,67				6,7				67		
			0,71				7,1				71		
			0,75				7,5				75		
	0,80	0,80	0,80			8,0	8,0			8,0	80	80	80
			0,85							8,5			85
1,0	1,0	1,0	1,0	10	10	10	10	100	100	100	100		
			1,05				10,5				105		
			1,1				11				110		
			1,15				11,5				120		
	1,2	1,2	1,2			12	12			12	125	125	125
			1,3							13			130
1,6	1,6	1,6	1,6	16	16	16	16	160	160	160	160		
			1,7				17				170		
			1,8				18				180		
			1,9				19				190		
	2,0	2,0	2,0			20	20			20	200	200	200
			2,1							21			210
2,5	2,5	2,5	2,5	25	25	25	25	250	250	250	250		
			2,6				26				260		
			2,8				28				280		
			3,0				30				300		
	3,2	3,2	3,2			32	32			32	320	320	320
			3,4							34			340
3,6	3,6	3,6	3,6	36	36	36	36	360	360	360	360		
			3,8				38				380		

Приложение 3. Вопросы для повторения

1. Основные и дополнительные форматы. Принципы их образования.
2. Стандартные масштабы увеличения и уменьшения.
3. Линии чертежа (наименование, начертание, толщина, назначение).
4. Шрифты чертежные. Типы и размеры шрифтов.
5. Расположение размерных чисел относительно размерных линий при различных положениях размерных линий.
6. Как наносятся размеры, если для их написания недостаточно места над размерной линией?
7. Нанесение размеров нескольких одинаковых элементов.
8. Как наносятся размерные числа, если размерные линии параллельны или концентричны? Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями на чертеже.
9. Нанесение размеров углов. Привести примеры.
10. Нанесение размеров фасок под углом 45° и под другими углами.
11. Нанесение размера сферы, квадрата, уклона, конусности.
12. Построение сопряжения пересекающихся прямых дугой окружности.
13. Построение касательной к окружности, проведенной из точки, не лежащей на окружности.
14. Как называются изображения в зависимости от их содержания?
15. Основные и дополнительные виды, обозначение и расположение.
16. Какое изображение называется местным видом? В каких случаях он применяется на чертежах? Обозначение местного вида.
17. Разрезы (определение, классификация). Обозначение разрезов. В каких случаях при выполнении разрезов положение секущей плоскости не указывается и разрез не обозначается?
18. Как разделяются разрезы в зависимости от числа секущих плоскостей и положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций? В каких случаях допускается соединение половины вида с половиной разреза?
19. Сечения (определение), классификация, обозначение сечений, расположение на чертежах, обводка. В каких случаях сечение не обозначают стрелками и буквами?
20. Правила нанесения штриховки в разрезах и сечениях.
21. Сечение цилиндра и конуса вращения. Перечислить фигуры сечений. Их построение.
22. Какие существуют условности при изображении разрезов тонкой стенки типа ребра жесткости?

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ЧТО НЕОБХОДИМО ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ?	3
2. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ПО ЕСКД.....	4
2.1. Форматы.....	4
2.2. Масштабы.....	6
2.3. Линии.....	7
2.4. Шрифты чертежные (по ГОСТ 2.304-81*).....	10
2.5. Основная надпись (по ГОСТ 2.104-68*).....	11
2.6. Основные сведения о нанесении размеров (по ГОСТ 2.307-68*).....	14
3. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ.....	21
3.1. Типовые задачи на сопряжения прямых и окружностей.....	21
3.1.1. Сопряжение двух прямых дугой окружности заданного радиуса.....	21
3.1.2. Сопряжение прямой и окружности дугой заданного радиуса.....	22
3.1.3. Построение касательной к окружности из точки, лежащей вне этой окружности.....	23
3.1.4. Построение внешней касательной прямой к двум окружностям.....	24
3.1.5. Построение внутренней касательной прямой к двум окружностям.....	25
3.1.6. Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса при внутреннем касании.....	26
3.1.7. Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса при внешнем касании.....	27
3.1.8. Сопряжение двух окружностей дугой заданного радиуса при комбинированном касании.....	29
3.1.9. Нахождение центра и определение радиуса дуги сопряжения по заданным условиям.....	30
3.2. Рекомендации по выполнению первого задания.....	32
3.2.1. Выполнение чертежа в тонких линиях.....	32
3.2.2. Обводка чертежа.....	33
3.3. Выполнение задания средствами компьютерной графики.....	37

4. ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ	44
4.1. Изображения – виды, разрезы, сечения.....	44
4.1.1. Метод прямоугольного проецирования.....	44
4.1.2. Виды.....	46
4.1.3. Разрезы.....	48
4.1.4. Сечения.....	51
4.1.5. Выносные элементы.....	54
4.1.6. Графические обозначения материалов в сечениях.....	55
4.2. Построение третьего вида по двум заданным (“Деталь Е”).....	56
4.2.1. Шар.....	58
4.2.2. Цилиндр.....	60
4.2.3. Конические сечения.....	62
4.2.4. Призма.....	65
4.2.5. Пирамида.....	68
4.3. Построение наклонного сечения.....	69
4.3.1. Сечение сферы.....	70
4.3.2. Сечение призмы.....	71
4.3.3. Сечение конуса.....	73
4.3.4. Сечение цилиндра.....	74
4.4. Нахождение проекций точек геометрических тел.....	78
4.5. Задание размеров.....	81
4.6. Совмещение части вида и части разреза.....	84
4.6.1. Основные правила.....	84
4.6.2. Рекомендации по выполнению заданий.....	86
4.6.3. Особенности нанесения размеров в заданиях “Деталь И” и “Деталь Л”.....	88
Литература.....	89
Приложение 1. Шрифт чертежный типа Б (по ГОСТ 2.304-81*)....	90
Приложение 2. Нормальные линейные размеры (из ГОСТ 6636-69)	91
Приложение 3. Вопросы для повторения.....	92

Тем. план 2000 г., поз. 52

Анатолий Степанович Корнеев

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ И ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Подписано в печать 6.07.2000.

Бум. газетная. Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 6,00. Тираж 300.

Зак. 2179/1399. С. 46.

Отпечатано с готового оригинала-макета
в типографии Издательства МАИ
125871, Москва, Волоколамское шоссе, 4