

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

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

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**  
**(руководство по выполнению**  
**контрольных работ)**

Под общей редакцией кандидата технических наук,  
доцента Л.Г. Полякова

Рекомендовано Редсоветом университета в качестве учебного пособия  
для студентов факультета открытого и заочного образования,  
обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2014

УДК 744.4:69:725.4 (075.8)

ББК 30.11+38.72я73

И62

Рецензенты: кандидат технических наук, доцент  
И.И. Привалов (Пензенский государственный  
технологический университет);  
кандидат технических наук, доцент  
О.Л. Викторова (Пензенский государственный  
университет архитектуры и  
строительства)

Авторы: Л.Г. Поляков, Г.С. Слюсар, Е.М. Тишина,  
М.А. Гаврилов, Н.А.Федин

И62      **Инженерная** графика (руководство по выполнению контрольных работ): учеб. пособие / под общ. ред. Л.Г. Полякова. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 152 с.

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

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Начертательная геометрия и графика» и предназначено для студентов факультета открытого и заочного образования, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство».

## ПРЕДИСЛОВИЕ

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

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

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

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

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

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

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

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

Шестой раздел посвящен построению архитектурно-строительных чертежей.

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

В приложениях приведены варианты исходных данных для контрольных работ и образцы их выполнения.

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

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

- титульного листа (образец в прил. 1);
- листа с решением задачи по определению точки встречи прямой с плоскостью (образец на рис. 92, 93);
- листа с построением сечения прямого кругового конуса проецирующей плоскостью (образец на рис.95);
- одного или двух листов по определению линии пересечения тел и построению развертки одного из них (образец на рис. 96 и 97);
- листа с чертежом технической детали (образец на рис. 98);
- листа по архитектурно-строительному черчению (образец на рис.99).

Титульный лист оформляется на листе формата А4, а остальные листы – на листах формата А3. Допускается оформление задачи №3 выполнять на двух листах форматов А4 (А3) и А3 или на одном листе формата А2. Архитектурно-строительный чертеж с изображением плана, разреза, фасада выполняется на листе формата А1.

# 1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖА

## 1.1. Основные требования стандартов по оформлению чертежа

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

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

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

На рис. 1 показаны размеры сторон формата А3.

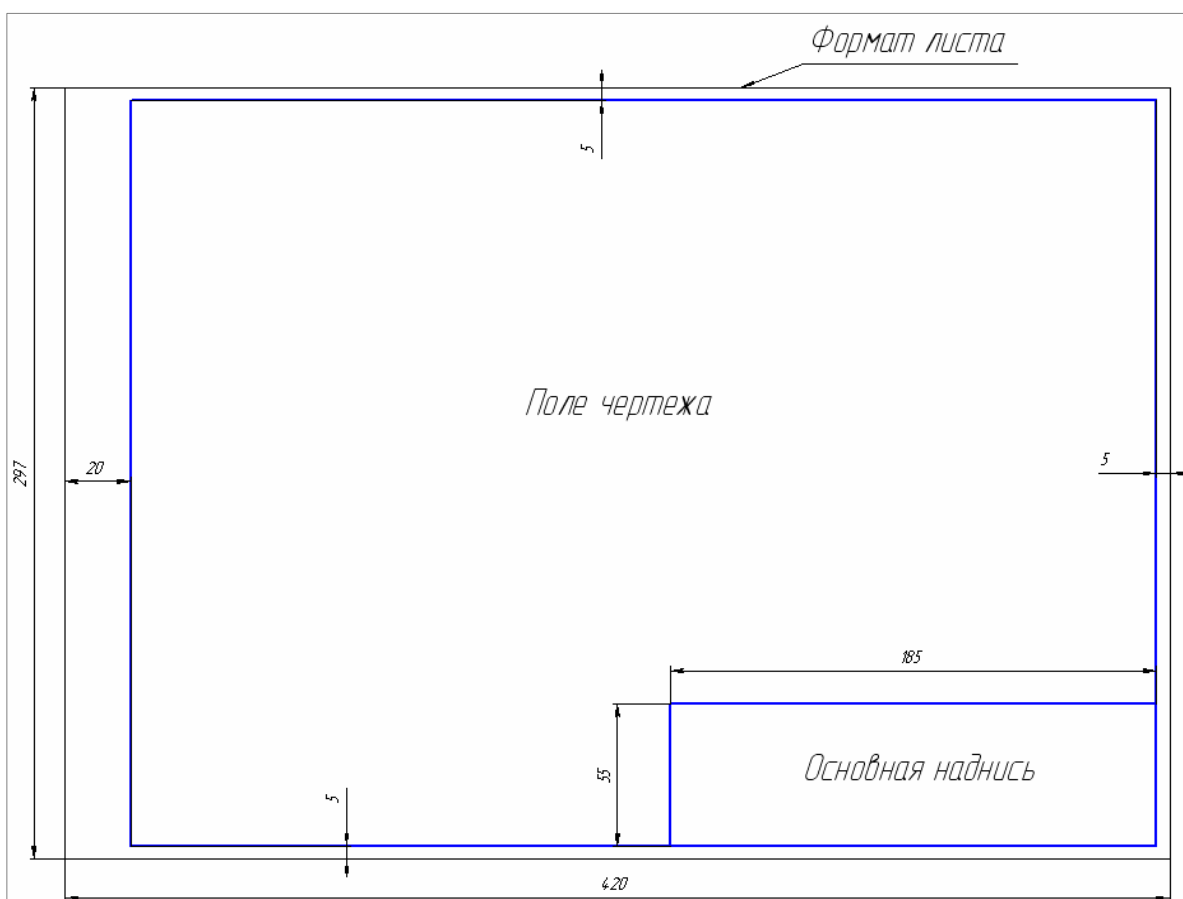


Рис. 1. Пример размеров сторон формата А3

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

Форматы чертежей могут располагаться горизонтально (альбомное) или вертикально (книжное). Следует отметить, что формат А4 располагается только вертикально. На формате чертежа сплошной толстой линией

наносят поле чертежа с отступами от левого края формата листа на 20 мм для подшивки, а со всех других сторон по 5 мм (см. рис. 1).

Т а б л и ц а 1

Размеры основных форматов

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Наименования изделий и изображений должны быть записаны в соответствии с принятой терминологией и быть, по возможности, краткими.

На рис. 3 показан пример заполнения основной надписи.







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

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


Всякий чертёж выполняется сначала тонкими, но чёткими карандашными линиями. Карандаши для этого должны быть сравнительно жёсткими, в зависимости от чертёжной бумаги (2Т, Т или 2Н, Н). Для того чтобы чертёж был выразительным и легко читался, необходимо выполнить его обводку. Выразительность чертежа зависит от его правильной обводки линиями различной толщины и начертания.

ГОСТ 2.303–68\* устанавливает начертание и основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

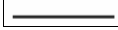

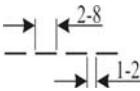
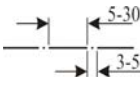


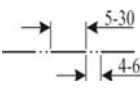
Наименование, начертание и толщины линий, применяемых для обводки чертежей контрольных работ, рекомендуется использовать согласно данным, приведенным в табл. 2. Карандаши для обводки выбираются марок: ТМ, М или НВ, В.

Т а б л и ц а 2

Линии чертежа и их назначение

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине сплошной основной линии	Основное назначение
1	2	3	4
1. Сплошная толстая – основная		S	1.1. Линии видимого контура, условные изображения элементов конструкций на схемах расположения сборочных конструкций 1.2. Линии перехода видимые 1.3. Линии контура вынесенного сечения 1.4. Линии контура сечения, входящего в состав разреза 1.5*. Линии контуров наложенных сечений (1,5S) для некоторых видов архитектурно-строительных чертежей

Окончание табл. 2

1	2	3	4
			1.6*. Линии рамки рабочего поля чертежа. 1.7*. Линии форм основных надписей и спецификаций 1.8*. Засечки размерных линий, стрелки знаков отметок уровней
2. Сплошная тонкая		от $S/3$ до $S/2$	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. Подчеркивание различных надписей 2.7. Линии для изображения пограничных деталей («обстановка») 2.8. Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях 2.9. Линии перехода воображаемые 2.10*. Линии упрощенных контурных очертаний строительных конструкций 2.11. Оси проекций, следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях 2.12*. Линии видимых контуров в разрезах на строительных чертежах, располагающихся за плоскостью сечения, линии заполнения проемов, линии знака открывания оконных переплетов наружу 2.13. Маркировочные и ссылочные кружки. 2.14*. Линии внешней рамки 2.15*. Линии форм основных надписей и спецификаций
3. Сплошная волнистая		от $S/3$ до $S/2$	3.1. Линии обрыва 3.2. Линии разграничения вида и разреза 3.3. Линия замкнутого контура измененной (или замененной) части изображения
4. Штриховая		от $S/3$ до $S/2$	4.1. Линии невидимого контура 4.2. Линии перехода невидимые 4.3*. Линии знака открывания оконных переплетов внутрь помещения
5. Штрих-пунктирная тонкая		от $S/3$ до $S/2$	5.1. Линии осевые и центровые 5.2. Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений
6. Разомкнутая		от $S$ до $1,5S$	6.1. Линии сечений
7. Сплошная тонкая с изломами		от $S/3$ до $S/2$	7.1. Длинные линии обрыва
8. Длинные линии обрыва		от $S/3$ до $S/2$	8.1. Линии сгиба на развертках. 8.2. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях 8.3. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом

\* Назначение линий указано в соответствии со стандартами СПДС

При выполнении обводки необходимо соблюдать последовательность:

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

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

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

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

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

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

ж) штриховку следует наносить в разрезах и сечениях;

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

и) стрелки, ограничивающие размерные линии;

к) размерные числа и надписи.

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

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

При обводке чертежа необходимо сразу проводить линию требуемой толщины.

На чертежах, кроме размерных чисел, наносят различные надписи как в графах основной надписи, так и на поле чертежа. Они должны отличаться аккуратностью и чёткостью графического исполнения. ГОСТ 2.304–1 устанавливает шрифты для надписей, наносимых от руки, на чертежах и в основной надписи. В качестве примера на рис.4 приведено написание букв русского алфавита и цифр шрифтом типа Б с наклоном около  $75^\circ$  к основанию строки.

Надписи, заголовки могут состоять только из прописных (заглавных) букв или из прописных и строчных букв. Размер шрифта определяется

высотой  $h$  прописных букв (в мм). Установлены следующие размеры шрифта: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Размеры шрифта типа Б и другие данные для его написания приведены в табл. 3 и 4.

Т а б л и ц а 3

Относительные размеры букв и цифр

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

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

Прежде чем приступить к выполнению надписи, надо хорошо изучить конструкцию букв и цифр выбранного шрифта. Чертёжные шрифты характеризуются простотой написания букв, цифр и знаков. Все элементы букв

представляют собой отрезки прямых и полуovalов. Конструкцию букв и цифр можно посмотреть на рис. 4.

Т а б л и ц а 4

Расстояния между буквами, словами, цифрами и числами в надписях

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

При выполнении надписи задаются размером шрифта и выполняют следующее:

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

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

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



## Вопросы для самоконтроля

1. Что является основанием для определения величины изготавливаемой по чертежу детали?
2. Какие форматы листов чертежей устанавливает ГОСТ 2.301–8 и каковы их размеры?
3. Как производится разметка форматов?
4. Как располагается основная надпись на листах различных форматов в зависимости от ориентации формата?
5. Порядок заполнения основной надписи.
6. Что называется масштабом и как он обозначается?
7. Какие масштабы устанавливает ГОСТ 2.302–68?
8. Какие линии устанавливает ГОСТ 2.303–68 и каково соотношение толщин этих линий?
9. Каково назначение линий чертежа?
10. Какова длина штрихов и промежутков между ними в штриховых и штрихпунктирных линиях?
11. Каковы толщины линий?
12. Что такое размер шрифта?
13. Какие размеры шрифтов устанавливает ГОСТ 2.304–81?
14. Какова последовательность выполнения чертежа?

## 2. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

### 2.1. Постановка задачи

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

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

Задача выполняется в трех проекциях на листе формата А3, расположенного горизонтально.

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

### 2.2. Порядок выполнения работы

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

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

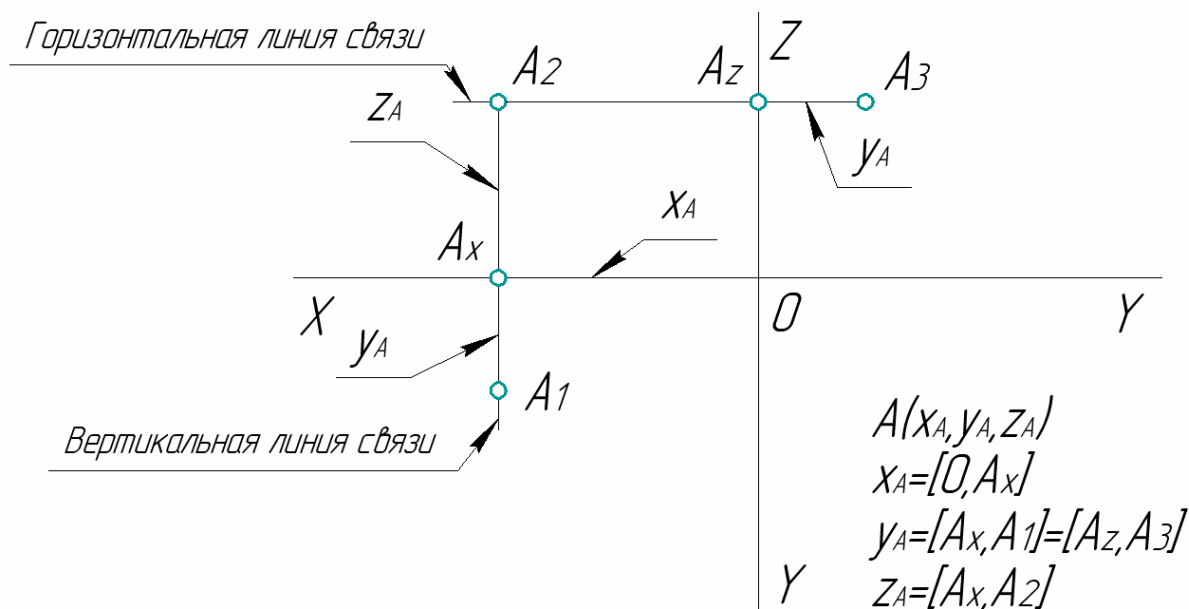


Рис. 5. Эпюр точки А



Следует помнить, что горизонтальная и фронтальная проекции точки лежат на одной прямой, перпендикулярной к оси  $OX$  (и параллельной осям  $OY$  и  $OZ$ ), а фронтальная и профильная проекции на прямой, перпендикулярной к осям  $OY$  и  $OZ$  (и параллельной оси  $OX$ ). Эти линии называются вертикальной и горизонтальной линиями связи.

Соединив соответствующие проекции точек  $A$ ,  $B$  и  $C$ , получим проекции треугольника  $ABC$  на плоскостях проекций  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  и  $\pi_3$ . Аналогично, соединив проекции точек  $D$  и  $E$ , получим проекции отрезка  $[DE]$  прямой  $l$  (рис. 6).

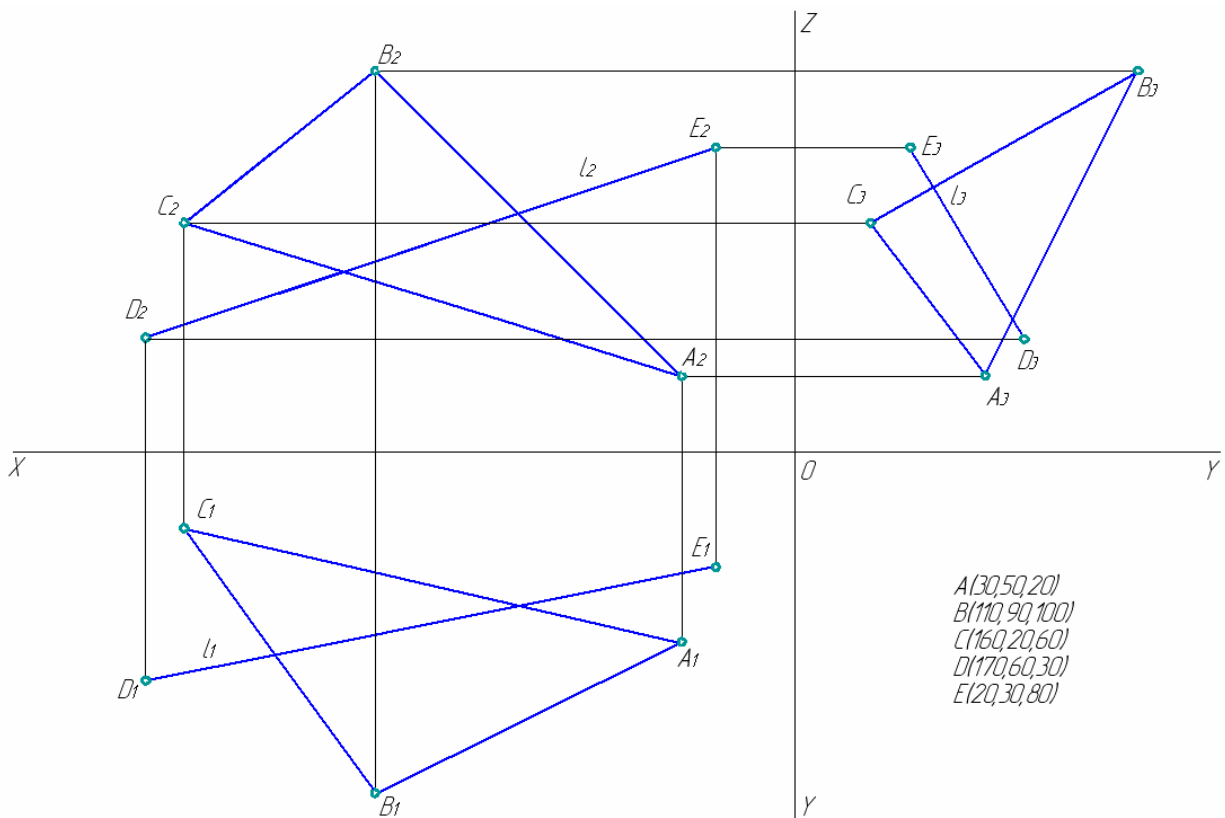


Рис. 6. Построение проекций плоскости и прямой

2.2.2. Определить точку встречи  $N$  прямой  $l$  с плоскостью  $a$ , заданной треугольником  $ABC$  (рис. 7).

Для этого, заключив прямую  $l$  в горизонтально-проецирующую или фронтально-проецирующую плоскость  $\beta$  (на рис. 3 использована фронтально-проецирующая плоскость), и находят линию пересечения плоскостей  $a$  и  $\beta$ .

Вторая проекция линии пересечения плоскостей  $a$  и  $\beta$  совпадает с вырожденной проекцией плоскости  $\beta_2$ , которая проходит через точки  $l_2$  и  $2_2$  плоскости  $a$ . Недостающую проекцию этой прямой строят по принадлежности прямой плоскости.

Точка пересечения горизонтальной проекции прямой  $l_1$  и первой проекции линии пересечения плоскостей  $\alpha$  и  $\beta$  является горизонтальной проекцией точки встречи  $N_1$  прямой  $l$  с плоскостью  $\alpha$ . Недостающие проекции точки встречи  $N_2$  и  $N_3$  определяются по принадлежности точки  $N$  прямой  $l$  с использованием вертикальной и горизонтальной линий связей.

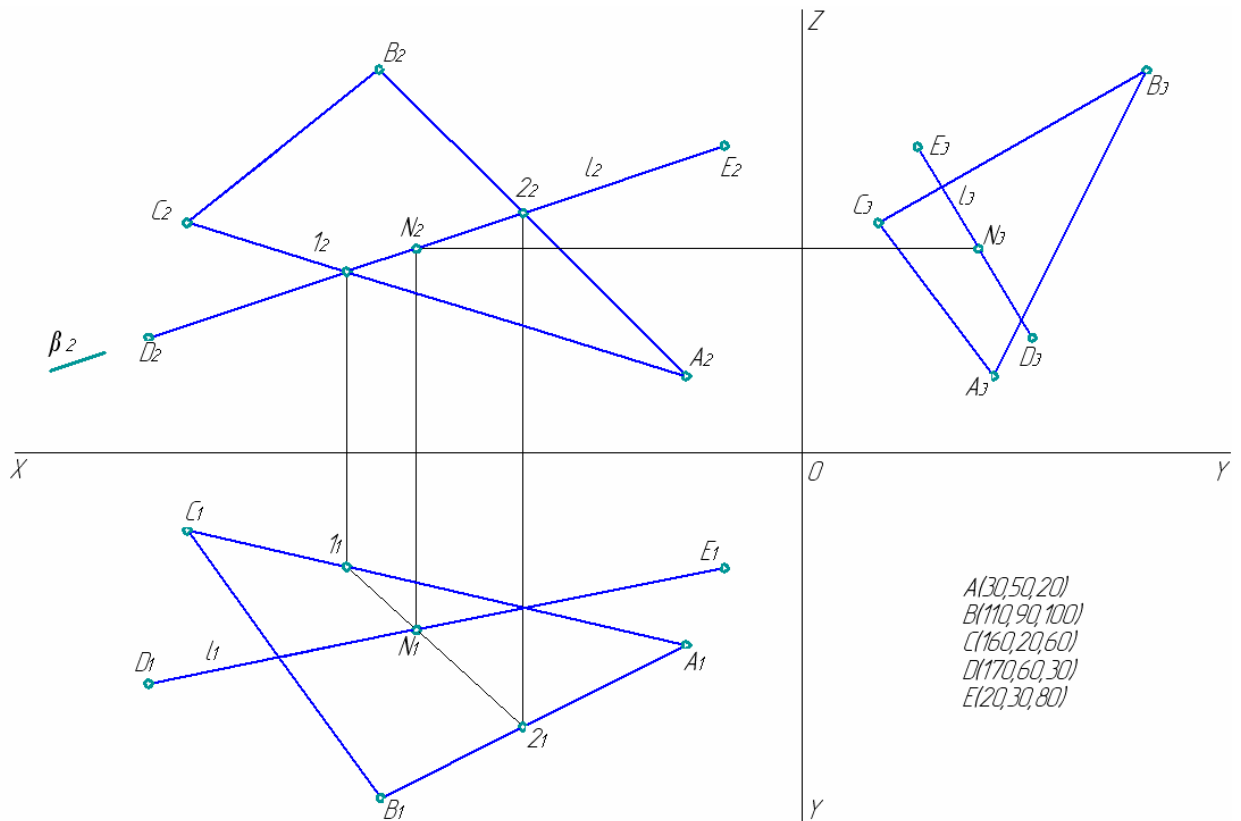


Рис. 7. Нахождение точки встречи прямой с плоскостью

Следует отметить, что точка встречи прямой  $l$  и плоскости  $\alpha$  не обязательно должна лежать в пределах плоскости, ограниченной треугольником  $ABC$  (см. прил. 2, рис. I, II).

2.2.3. Определить видимость прямой  $l$  относительно плоскости  $\alpha$ , ограниченной треугольником  $ABC$ .

Видимость определяется с помощью конкурирующих точек.

Видимость проекции прямой  $l$  на плоскости проекций  $\pi_1$ . Возьмем две скрещивающиеся прямые  $l$  и  $AB$  (см. рис. 4). Обозначим точку пересечения их проекций на  $\pi_1$  точками  $3_1$  и  $4_1$  при условии, что точка  $4$  принадлежит прямой  $l$ , а точка  $3$  – стороне  $AB$  треугольника  $ABC$ . По принадлежности точки прямой находим недостающие проекции точек  $3_2$  и  $4_2$ . Устремляем взгляд в бесконечность от оси  $OX$  в плоскости проекций  $\pi_2$  и смотрим (на рис. 4 символ « $\downarrow$ » – направление взгляда), какая проекция встречается пер-

вой. Проекция точки  $3_2$  встречается первой. Это означает, что проекция точки  $3_1$  видима, а проекция точки  $4_1$  не видима (закрыта проекцией точки  $3_1$ ). Следовательно, отрезок  $[3_1N_1]$  проекции прямой  $l_1$  будет закрыт, по-видимому, проекцией треугольника  $A_1B_1C_1$ .

Видимость проекций на плоскости проекций  $\pi_2$ . Возьмем две скрещивающиеся прямые  $l$  и  $AC$  (рис. 8). Обозначим точку пересечения их проекций на  $\pi_2$  точками  $1_2$  и  $5_2$  при условии, что точка 5 принадлежит прямой  $l$ , а точка 1 – стороне  $AC$  треугольника  $ABC$ . По принадлежности точки прямой находим недостающие проекции точек  $1_1$  и  $5_1$ . Располагаем взгляд в бесконечности от оси  $OX$  в плоскости проекций  $\pi_1$  и смотрим (на рис. 8 символ « $\uparrow$ » – направление взгляда), какая проекция встречается первой. Проекция точки  $5_1$  встречается первой. Это означает, что проекция точки  $5_2$  будет видима, а проекция точки  $1_2$  – не видима (закрыта проекцией точки  $5_2$ ).

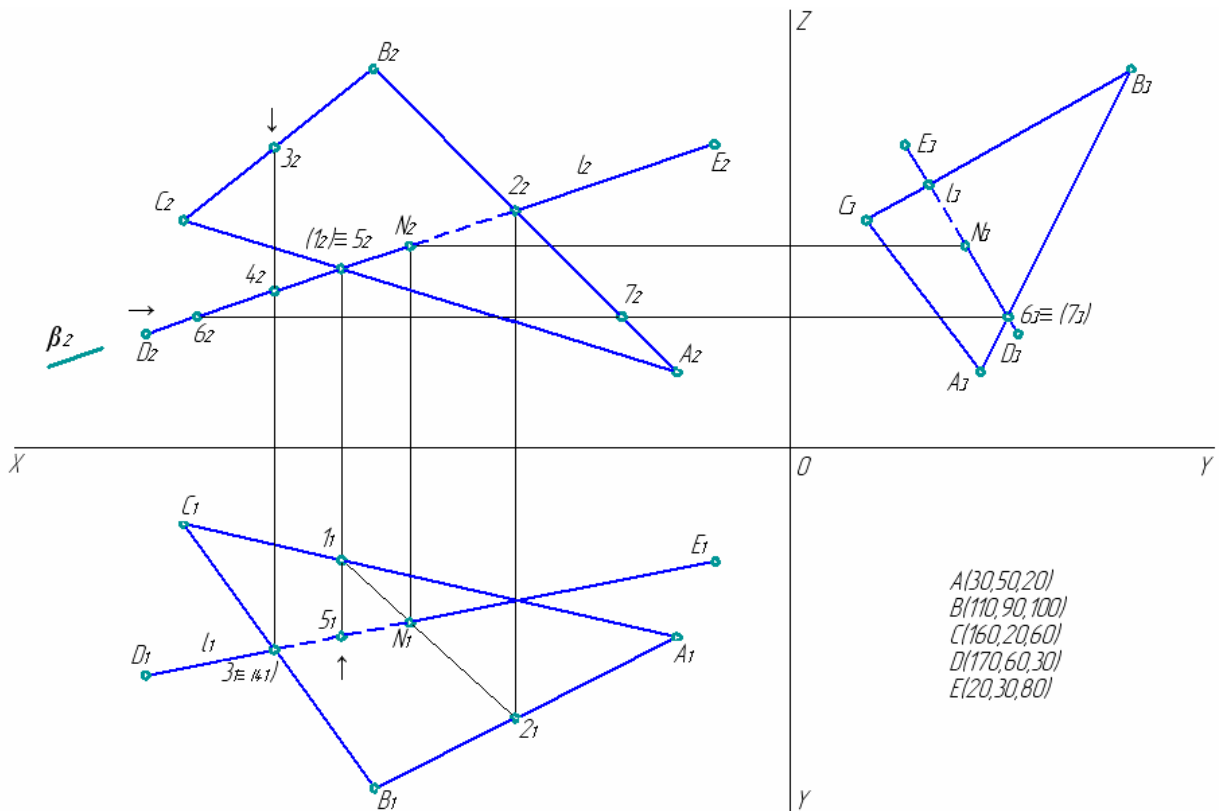


Рис. 8. Определение видимости прямой

Учитывая принадлежность точек 1 и 5, имеем, что отрезок  $[2_2N_2]$  проекции прямой  $l_2$  будет закрыт проекцией треугольника  $A_2B_2C_2$ .

Видимость проекции прямой  $l$  на плоскости проекций  $\pi_3$ . Возьмем две скрещивающиеся прямые  $l$  и  $AB$  (см. рис. 8). Обозначим точку пересечения их проекций на  $\pi_3$  точками  $6_3$  и  $7_3$  при условии, что точка 6 принадлежит прямой  $l$ , а точка 7 – стороне  $AB$  треугольника  $ABC$ . По принадлежности точки

прямой находим недостающие проекции точек  $b_2$  и  $7_2$ . Располагаем взгляд в бесконечности от оси  $OZ$  в плоскости проекций  $\pi_2$  и смотрим (на рис. 8 символ « $\rightarrow$ » – направление взгляда), какая проекция встречается первой. Проекция точки  $b_2$  встречается первой. Это означает, что проекция точки  $b_3$  видима, а проекция точки  $7_3$  не видима (закрыта проекцией точки  $b_3$ ). Следовательно, отрезок проекции прямой  $l_3$  от точки  $N_3$  до стороны  $B_3C_3$  будет закрыт, по-видимому, проекцией треугольника  $A_3B_3C_3$ .

## Вопросы для самоконтроля

1. Как определить по координатам расположение точки на эюре Монжа?
2. Какая проекция точки располагается на оси  $OX$ , если точка лежит в плоскости  $\pi_1$ , и какая, если точка находится в плоскости  $\pi_2$ ?
3. Как расположен отрезок прямой, если концевые его точки имеют:
  - равные координаты  $z$ ;
  - равные координаты  $y$ ;
  - равные координаты  $x$ ?
4. Какие точки называются конкурирующими?
5. Какие прямые проецируются в натуральную величину на плоскостях проекций  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  и  $\pi_3$ ?
6. Как проецируются на плоскостях проекций  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  и  $\pi_3$  фронтали, горизонтали и профильные прямые?
7. Как найти точку, делящую отрезок прямой в заданном отношении?
8. Как проецируется на плоскостях проекций  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  и  $\pi_3$  прямой угол, если одна из его сторон является фронталью, горизонталью или профильной прямой?
9. Как определяются точки встречи (следы) прямой с плоскостями проекций  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  и  $\pi_3$ ?
10. Как определить следы плоскости общего положения на плоскостях проекций  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  и  $\pi_3$ ?
11. Как на чертеже определяется видимость прямой относительно плоскости общего положения, заданной геометрической фигурой?
12. Как на чертеже провести плоскость, параллельную заданной?
13. Как на чертеже построить плоскость, перпендикулярную прямой общего положения?

## 3. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### 3.1. Постановка задачи

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

Построить проекции сечения конуса плоскостью.

Построить натуральную величину сечения конуса проецирующей плоскостью.

Задача выполняется на листе формата А3, расположенного горизонтально.

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

### 3.2. Необходимые сведения

Поверхность конуса вращения определяется уравнением 2-го порядка

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

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

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

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

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

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

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

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

На рис. 9 плоскость *A-A* проходит параллельно двум образующим конуса (*S-1* и *S-2*) и поэтому пересекает конус по гиперболе. Слева изображены истинная величина сечения *A-A* и 3-мерное изображение конуса с сечением *A-A*. Плоскость *B-B* проходит параллельной правой очерковой образующей *S-3* конуса; поэтому сечением является парабола, истинная

величина которой показана справа с сопровождающей надписью  $B-B$ . Ещё правее и ниже дано 3-мерное изображение конуса, усеченного плоскостью  $B-B$ . Плоскость  $B-B$  пересекает все образующие верхней полы конуса. Значит, сечением будет являться эллипс. Истинная величина сечения размещена справа с надписью  $B-B$ . Ещё правее и чуть выше показана 3-мерная модель конуса, усечённого плоскостью  $B-B$ .

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

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

На правой части рис. 9 изображены фронтальная и горизонтальная проекции того же конуса. Но здесь показаны приёмы получения в сечении гиперболы. Для этого через фронтальную проекцию  $S_2$  вершины  $S$  под любым углом проводим проекции образующих  $S-1$  и  $S-2$  конуса, лежащих во фронтально проецирующей плоскости. Затем параллельно плоскости этих образующих проводим фронтальный след  $\alpha_2$  плоскости  $\alpha$  сечения. Строим горизонтальную проекцию гиперболы, опорными точками которой являются точки  $A$ ,  $C$  и вершина  $B$ . Понятно, что эта проекция гиперболы не определяет истинной величины сечения.

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

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

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

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

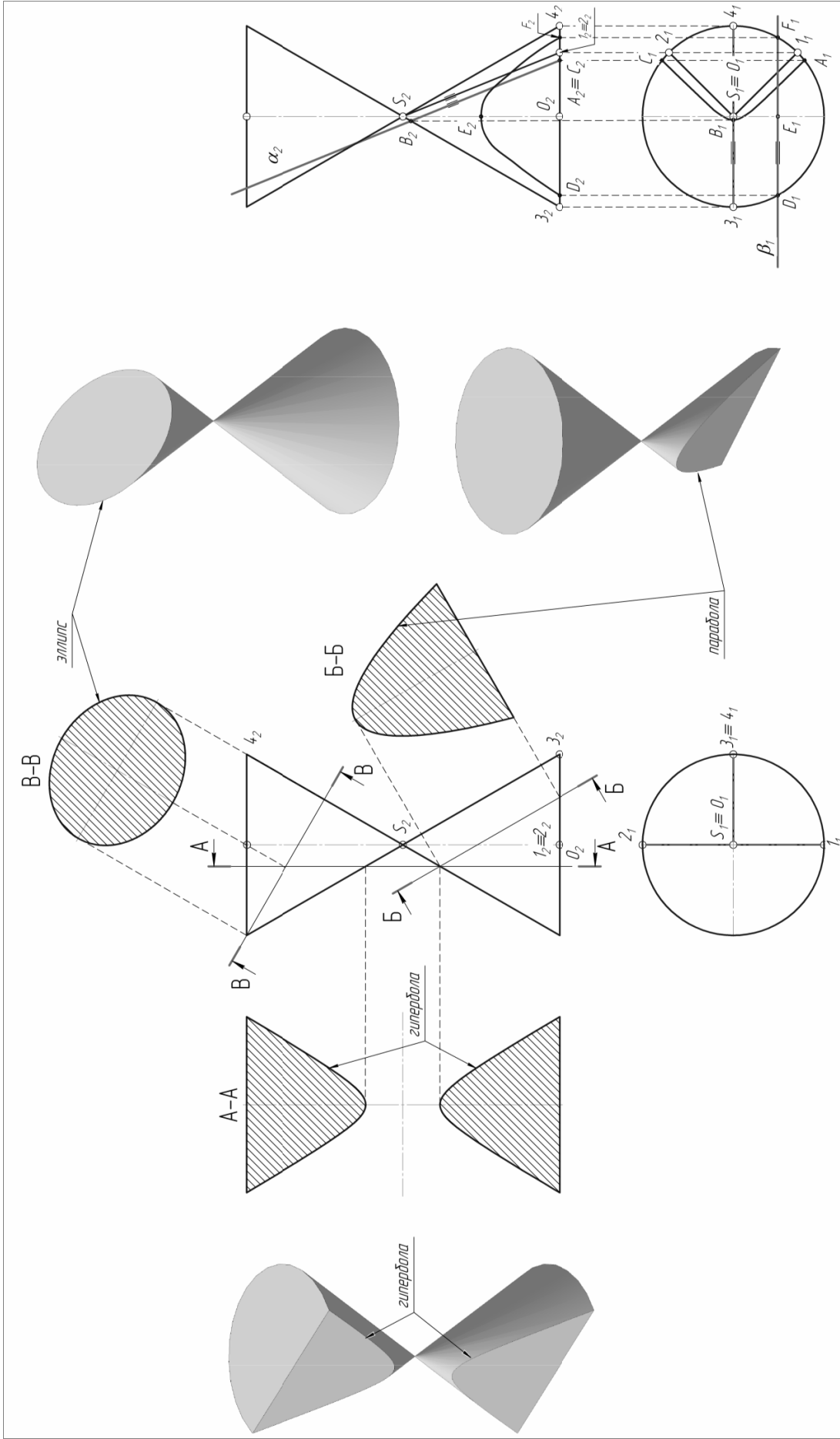


Рис. 9. Конические сечения

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

- способа замены плоскостей проекций;
- способа вращения;
- способа параллельного перемещения;
- свойств прямых частного положения.

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

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

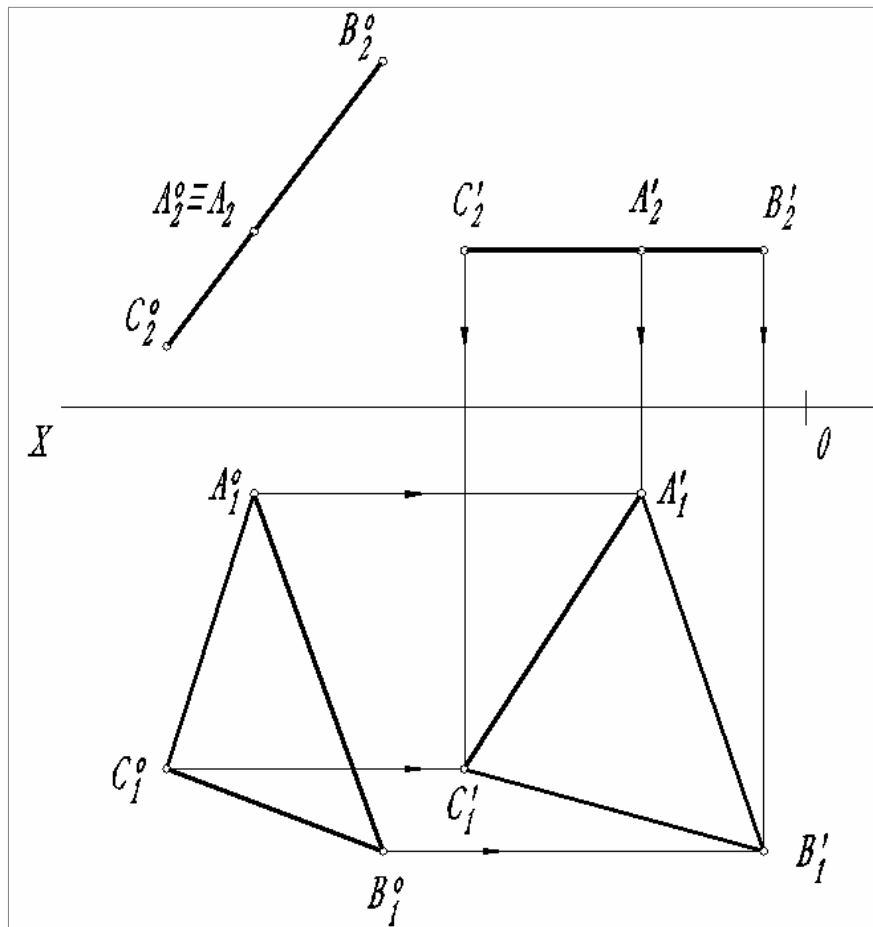


Рис. 10. Плоскопараллельный перенос



### 3.3. Пример решения РГР № 2

#### 3.3.1. Построение исходных данных.

Вертикальную ось симметрии конуса размещаем посередине между левой внутренней рамкой формата и левой границей основной надписи. Строим горизонтальную проекцию конуса в виде окружности заданного радиуса  $R$ . Проводим ось проекций  $x$  над окружностью. Строим фронтальную проекцию конуса симметрично относительно вертикальной оси. Используя высоту  $H$  и диаметр основания  $D$  конуса определяем положение вершины конуса  $S$  и строим очерковые образующие  $L$ . Проводим, согласно варианту задания, след  $\alpha_2$  фронтально проецирующей плоскости.

#### 3.3.2. Построение фигуры сечения.

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

След фронтально проецирующей плоскости пересекает все образующие конуса, т.е. фигурой сечения будет эллипс. Для построения горизонтальной проекции фигуры сечения делим основание конуса последовательно на 2, 4, 8 и 16 частей, в зависимости от радиуса основания конуса. Через точки деления и проекцию  $S_1$  вершины проводим горизонтальные проекции образующих конуса. Присвоим этим образующим последовательные номера 1-16 в направлении, например, по часовой стрелке от левой очерковой образующей конуса. Фронтальные проекции концов образующих находим на оси  $x_2$  помощью вертикальных линий связи. Соединив найденные проекции с  $S_2$ , получим изображение фронтальных проекций образующих конуса.

Отмечаем точки пересечения фронтальных проекций образующих с фронтальным следом  $\alpha_2$  секущей плоскости и обозначаем их в алфавитном порядке: на 1-й образующей –  $A_2$ , на 2-й –  $B_2$ , на 3-й –  $C_2$ , на 4-й –  $D_2$ , на 5-й –  $E_2$ , на 6-й –  $F_2$ , на 7-й –  $G_2$ , на 8-й –  $H_2$ , на 9-й –  $I_2$ , на 10-й –  $J_2$ , на 11-й –  $K_2$ , на 12-й –  $L_2$ , на 13-й –  $M_2$ , на 14-й –  $N_2$ , на 15-й –  $P_2$  и на 16-й –  $T_2$ .

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

#### 3.3.3. Построение сечения конуса.

Сечение конуса располагают в правом месте формата (см. прил. 3, рис. II). Для построения используем способ плоскопараллельного переноса.

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

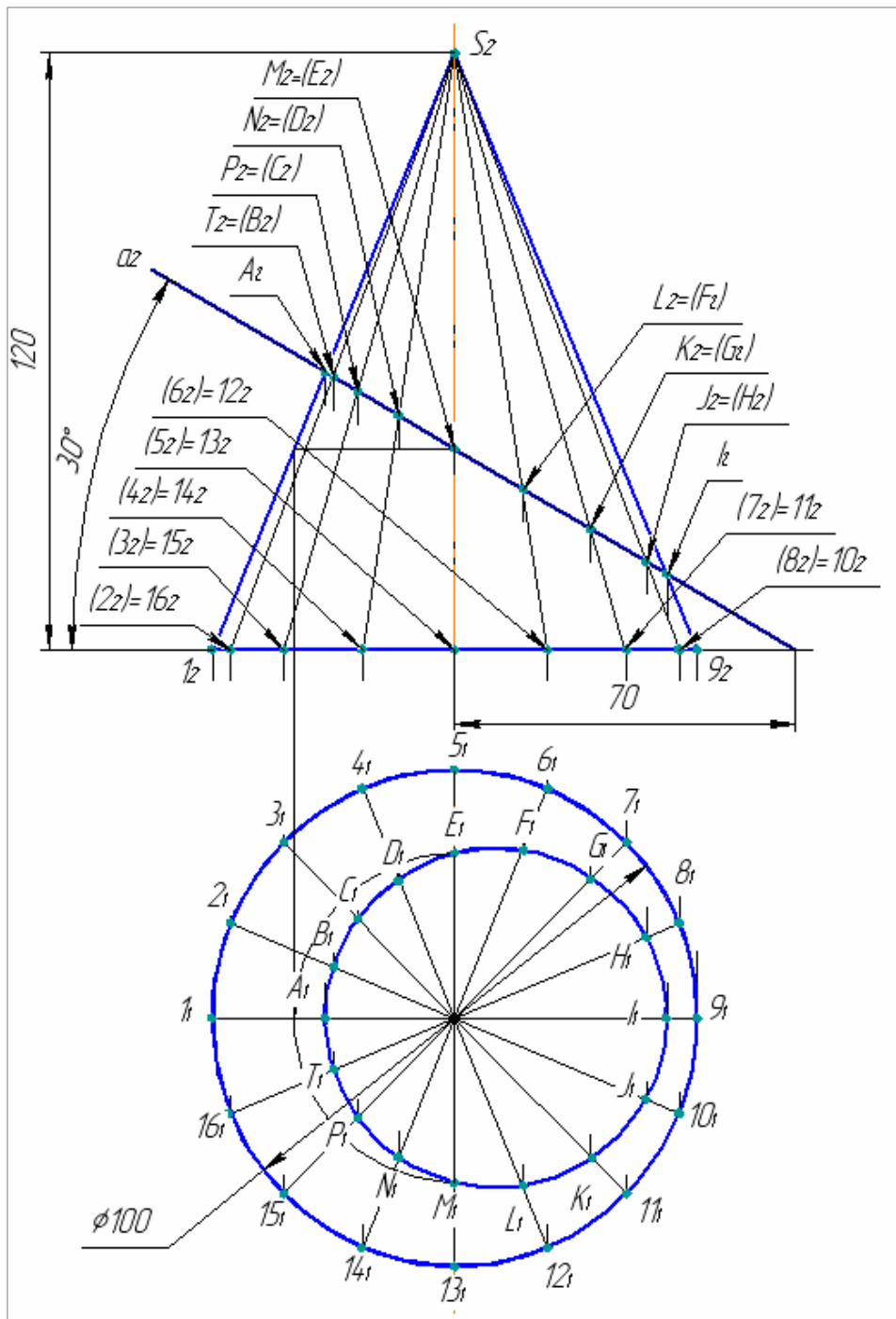


Рис. 11. Определение опорных точек сечения

Места расположения проекций выбираются из условий компоновки чертежа и требований применения способа плоскопараллельного переноса.

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

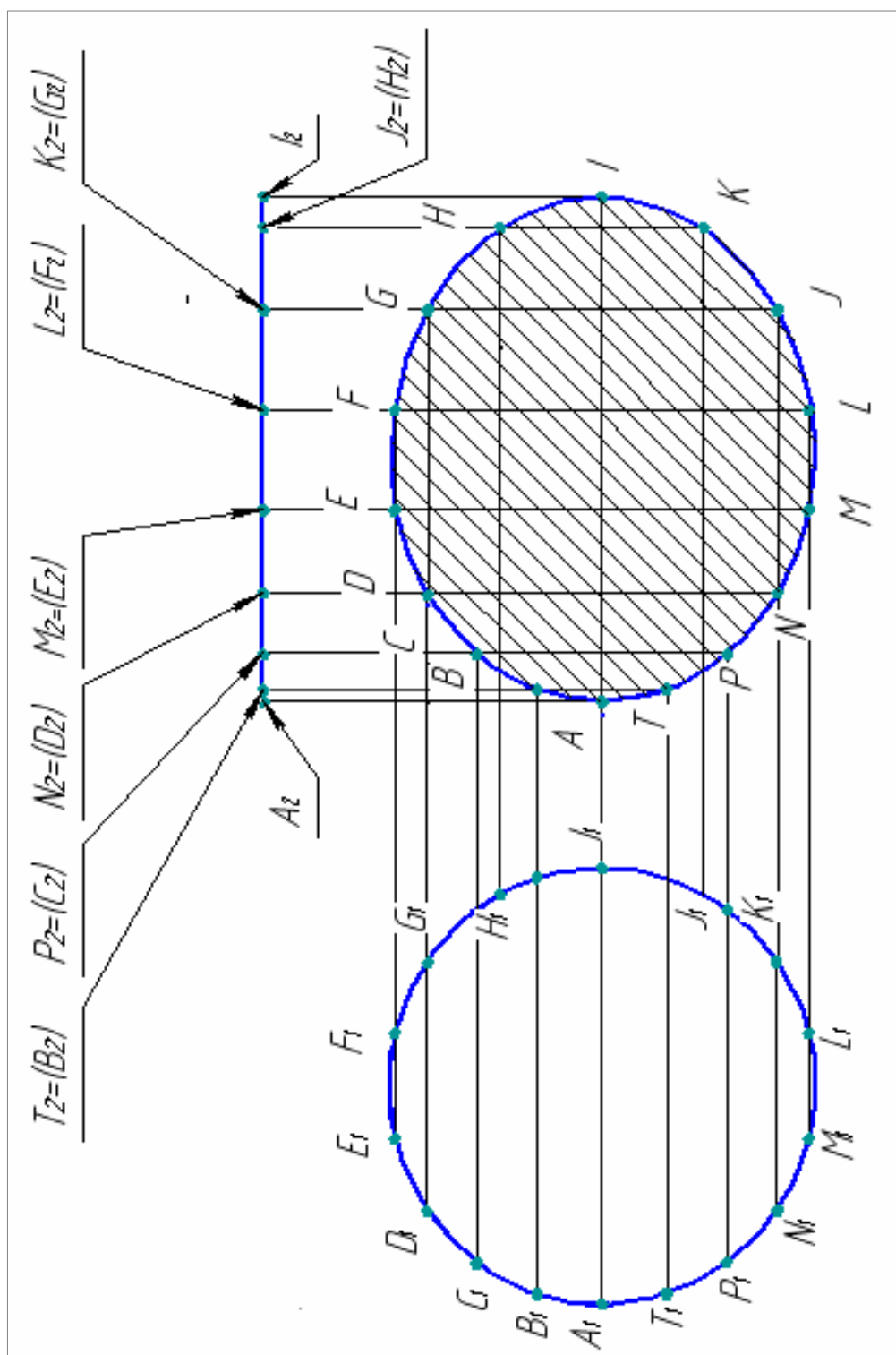


Рис. 12. Построение сечения конуса

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

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

### Вопросы для самоконтроля

1. Какая линия называется образующей?
2. Какая линия называется направляющей?
3. Какие линии называются очерковыми?
4. Каковы характерные признаки и особенности изображения горизонталей?
5. Каковы характерные признаки и особенности изображения фронталей?
6. Каковы характерные признаки и особенности изображения горизонтально-проецирующих прямых?
7. Каковы характерные признаки и особенности изображения фронтально-проецирующих прямых?
8. Каковы характерные признаки и особенности изображения горизонтально-проецирующей плоскости?
9. Каковы характерные признаки и особенности изображения фронтально-проецирующей плоскости?
10. Каковы характерные признаки и особенности изображения горизонтальной плоскости уровня?
11. Каковы характерные признаки и особенности изображения фронтальной плоскости уровня?
12. Что такое поверхность?
13. Как образуется поверхность?
14. Какие тела относятся к телам вращения?

## 4. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

### 4.1. Постановка задачи

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

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

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

### 4.2. Необходимые сведения

#### 4.2.1. Общие сведения о пересечении тел.

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

В РГР №3 рассматриваются три основных случая пересекающихся поверхностей:

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

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

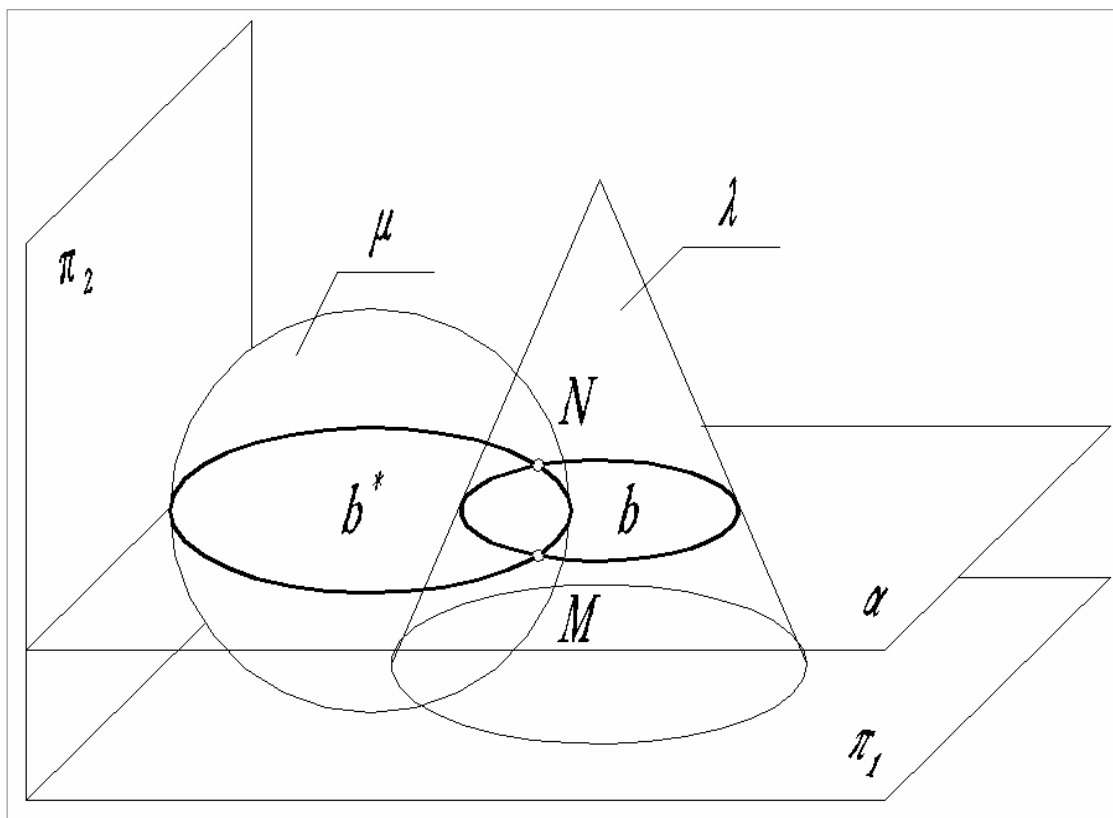


Рис. 13. Определение линии пересечения поверхностей

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

#### 4.2.2. Пересечение многогранников.

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

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

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

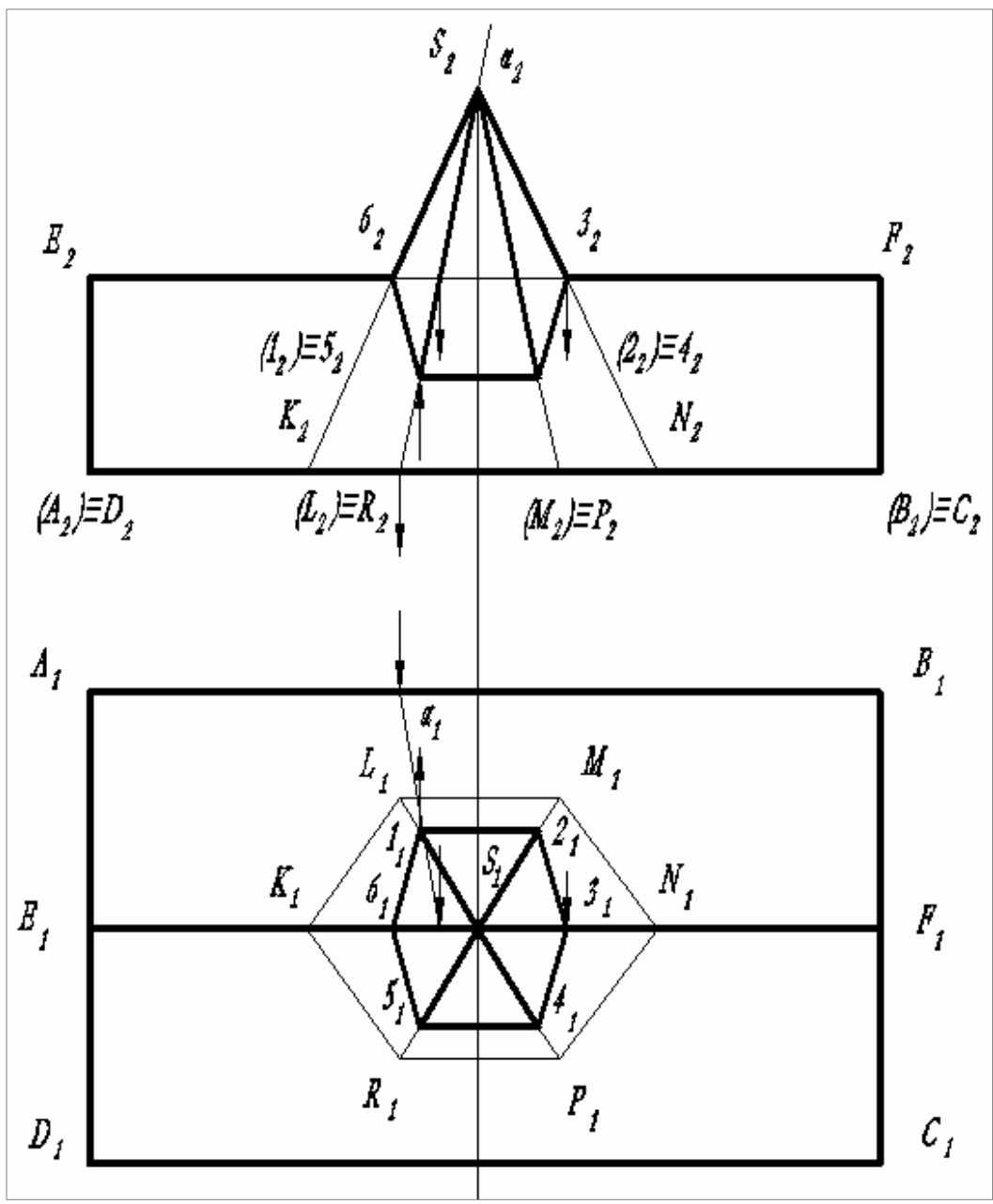


Рис. 14. Построение линии пересечения многогранников

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

Видимость линии пересечения определяется с помощью, конкурирующих точек.

#### 4.2.3. Пересечение многогранника с поверхностью второго рода.

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

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

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

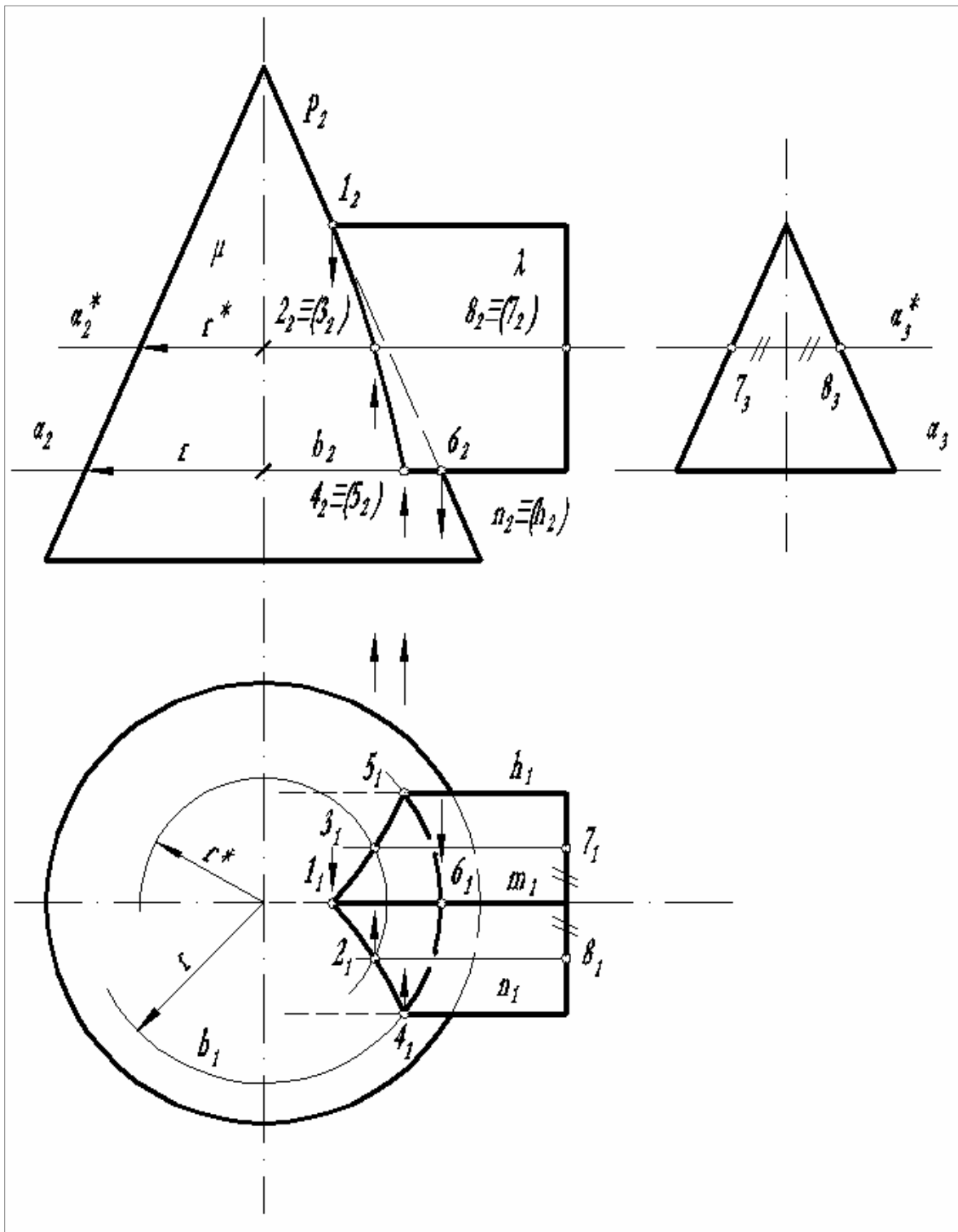


Рис. 15. Пример пересечения конуса с трехгранной призмой



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

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

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

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

#### 4.2.4. Пересечение двух поверхностей второго порядка.

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

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

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

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

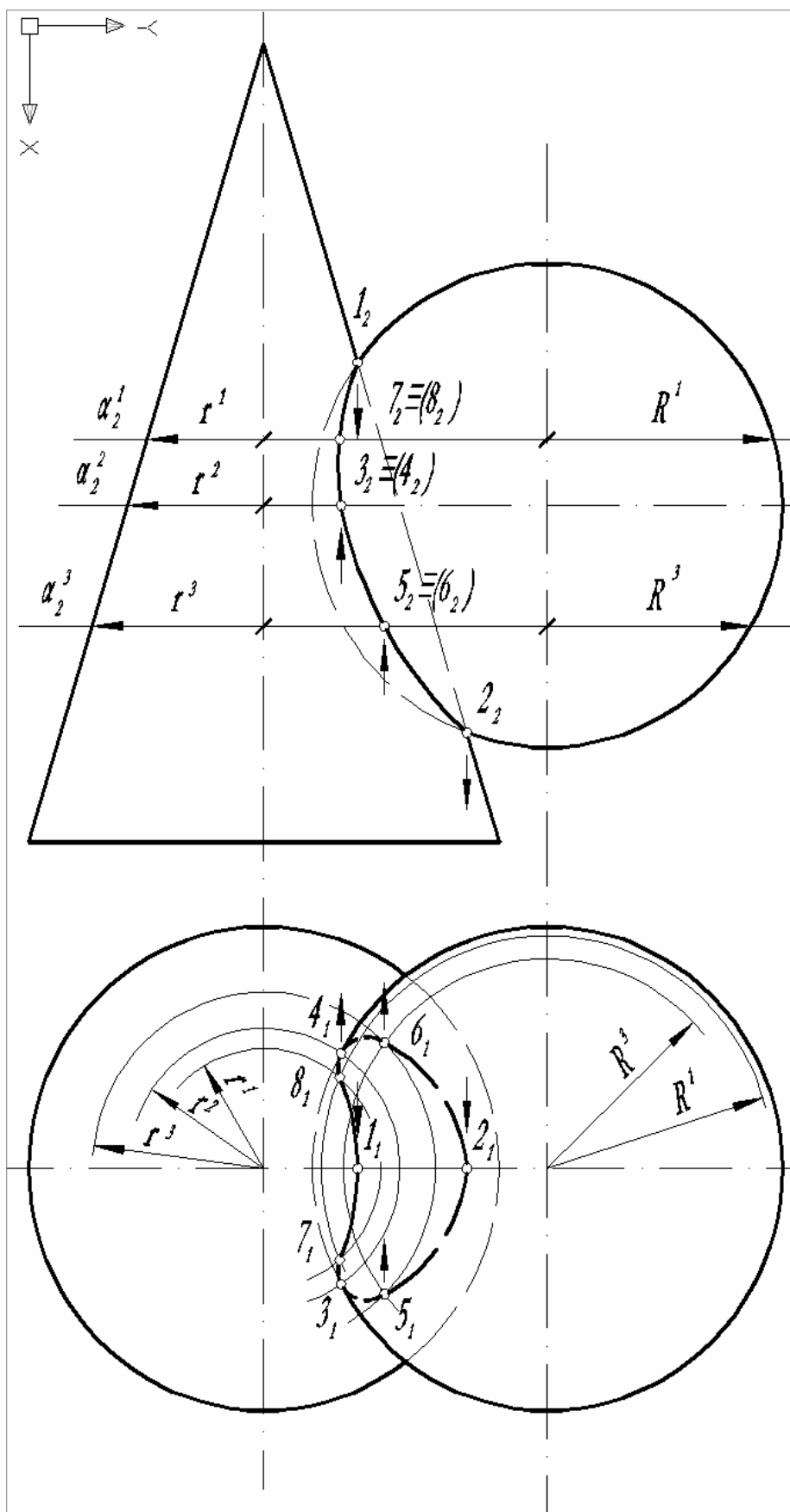


Рис. 16. Пример пересечения конуса и сферы

Сама линия пересечения строится:

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

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

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

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

Для построения промежуточных точек проводят несколько вспомогательных сфер ( $R_{min} < R < R_{max}$ ). Эти сферы пересекают заданные поверхности по окружностям  $b$  и  $n$ . Окружности  $b$  и  $n$ , пересекаясь, дают дополнительные точки линии пересечения  $3$  и  $4$ , проекции которых определяются вначале на  $\pi_2$  ( $b_2 \cap n_2 = 3_2, 4_2$ ), а затем на плоскости  $\pi_1$  как точки окружностей радиусами  $r$ .

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

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

#### 4.2.5. Общие сведения о построении развертки.

Разверткой поверхности называется плоская фигура, полученная в результате совмещения поверхности с плоскостью. Построение разверток поверхностей широко применяется при изготовлении различных изделий из листового материала. Это обшивка самолётов и судов, всевозможные

резервуары и трубопроводы в нефтехимической и газовой промышленности, изделия швейной и кожевенной промышленности и т.д.

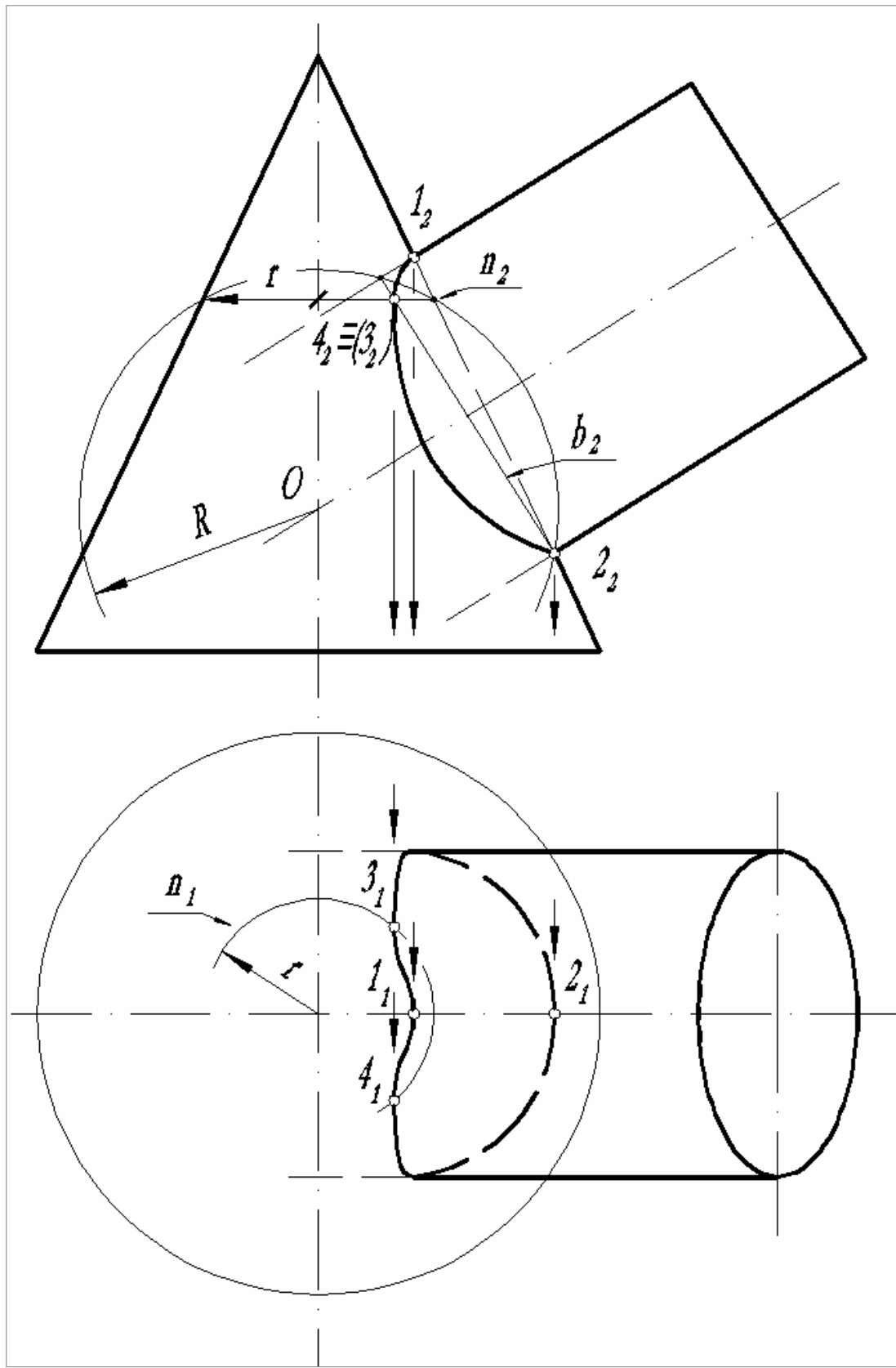


Рис. 17. Пример решения задачи методом сфер

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

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

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

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

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

#### 4.2.6. Развертка пирамиды.

Для построения развертки пирамиды (рис. 18) необходимо найти натуральные величины ее боковых ребер и основания. Основание пирамиды представляет собой треугольник, изображенный в натуральную величину на плоскости  $\pi_1$ . Для определения натуральных величин боковых ребер воспользуемся способом прямоугольного треугольника, где  $S_0B_1 = S_1B_1aS_2B_1$  – натуральная величина  $SB$ . Аналогично находятся и другие натуральные величины ребер.

После определения натуральных величин ребер строим развертку пирамиды. Для этого на любом из ребер, например  $S_2A_0$  (или отдельно), строим треугольники (границы и основание) по трем известным теперь сторонам. Построение боковых граней заканчивается тем же ребром, с которого начинается построение развертки боковой поверхности пирамиды.

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

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

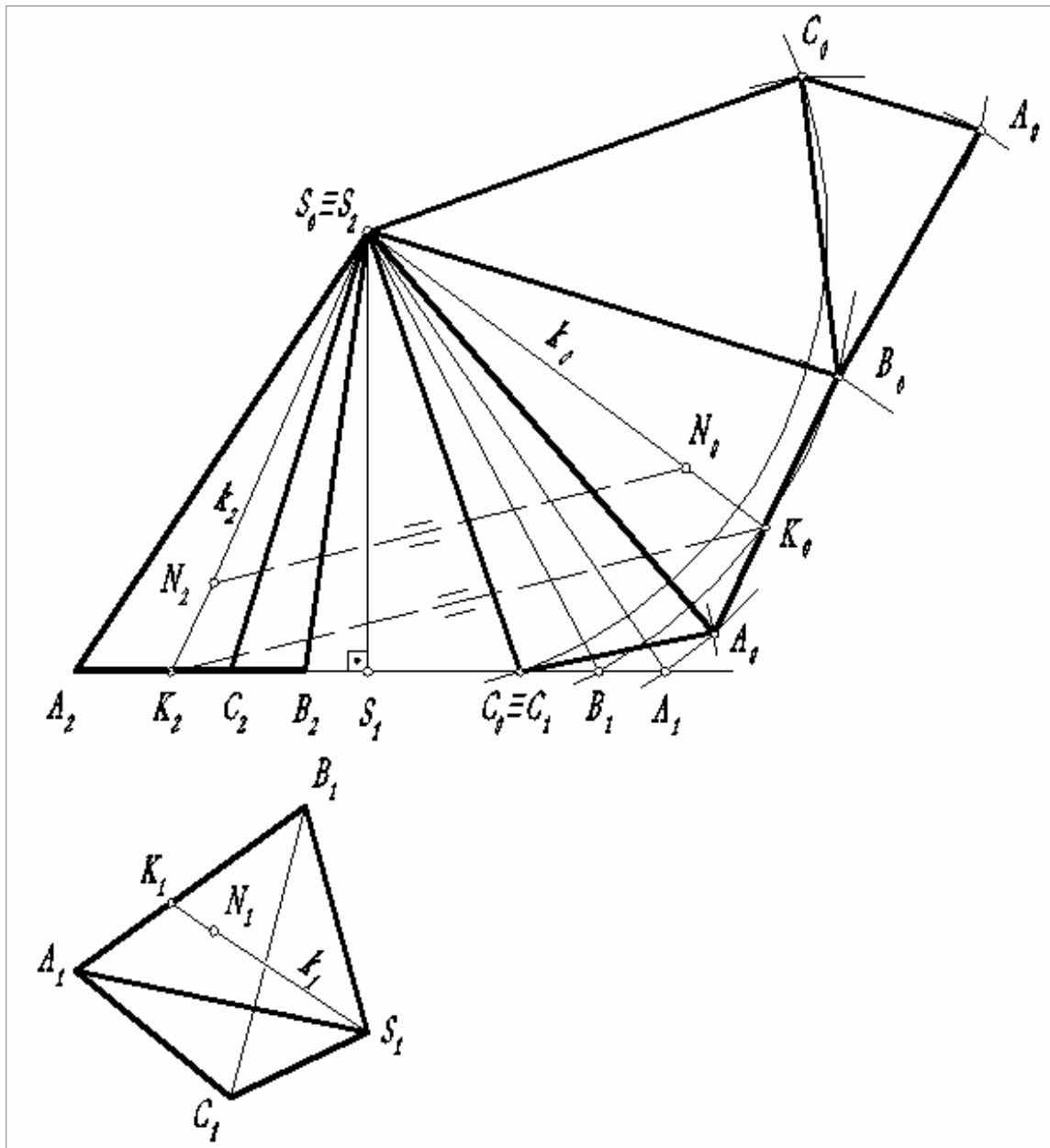


Рис. 18. Построение развертки пирамиды

#### 4.2.7. Развертка прямого кругового конуса.

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

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

где  $R$  – радиус основания конуса.

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

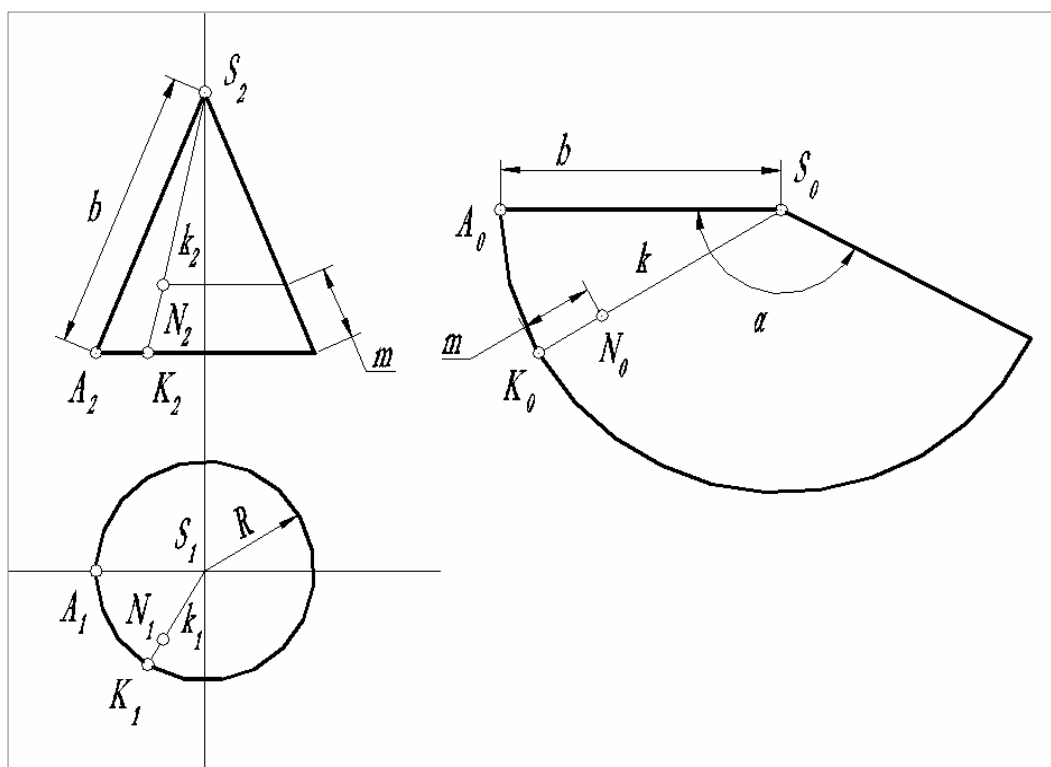


Рис.19. Нанесение проекции точки на развертку

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

#### 4.2.8. Развертка конической поверхности общего вида.

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

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

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

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

Методика построения линии пересечения поверхностей на развертке конуса аналогична методике, описанной в п. 4.26 «Развертка пирамиды».

#### 4.2.9. Развертка призмы.

В общем случае каждая грань призмы (рис. 20) имеет форму параллелограмма. В данном примере натуральная величина ребер определяется на плоскости  $\pi_2$  а оснований – на плоскости  $\pi_1$ .

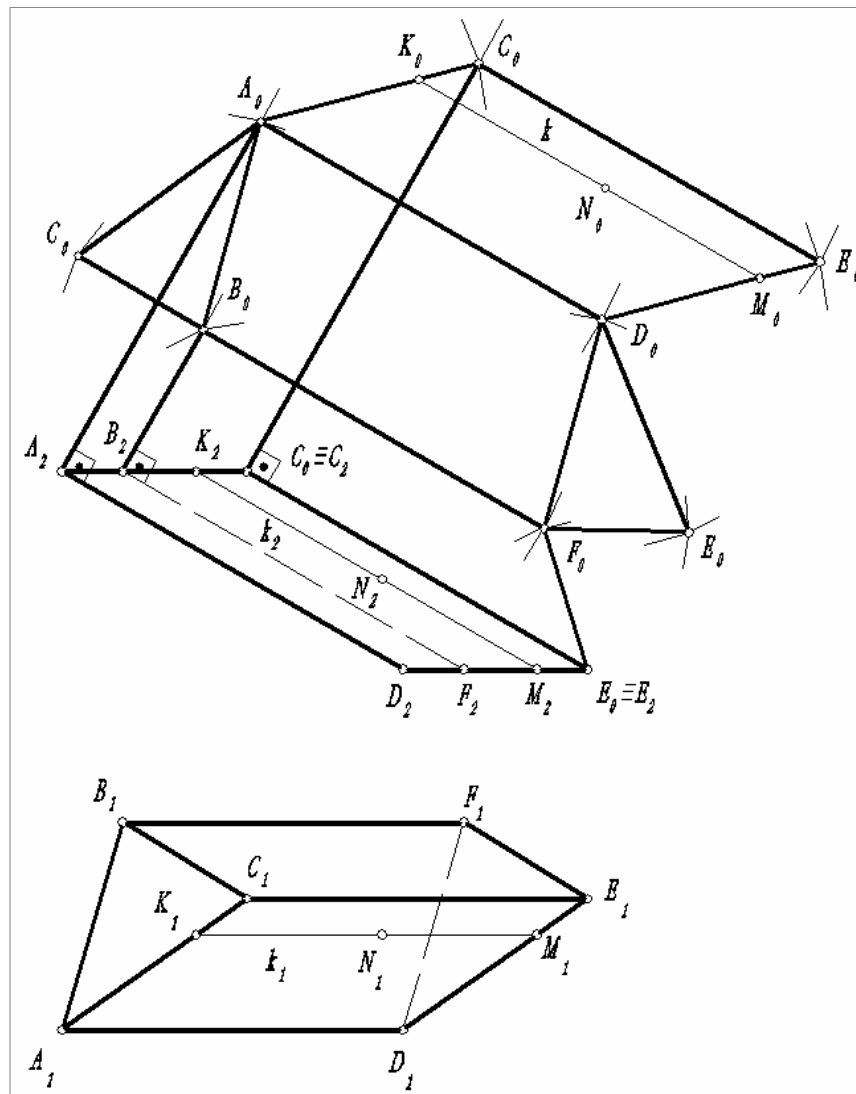


Рис. 20. Развертка призмы



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

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

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

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

#### 4.2.10. Развертка прямого цилиндра.

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

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

где  $R$  – радиус основания окружности.

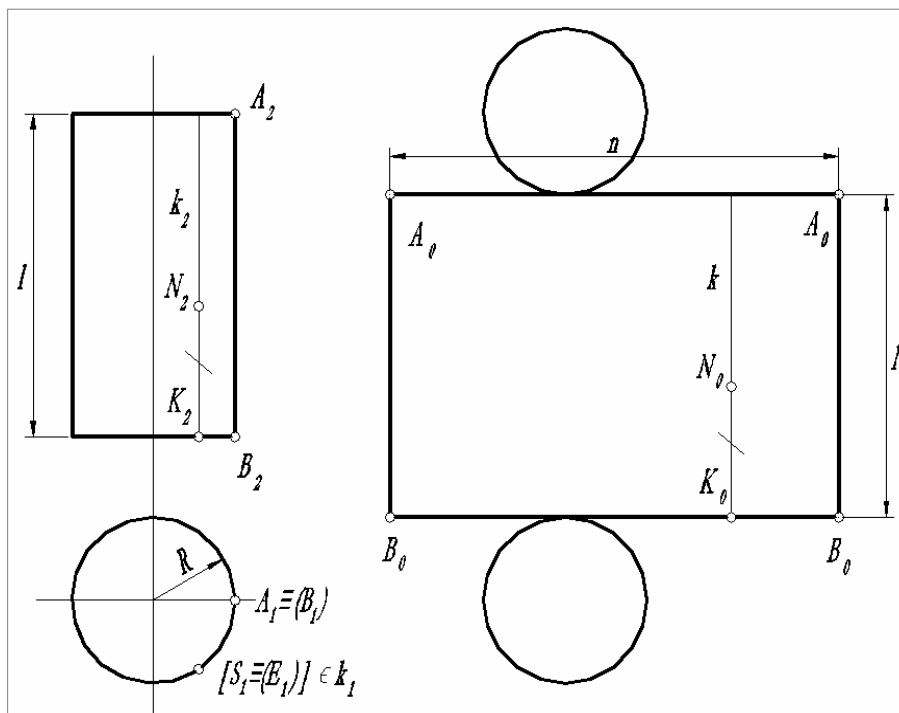


Рис. 21. Построение развертки цилиндра

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

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

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

#### 4.2.11. Развертка наклонного цилиндра.

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

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

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

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

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

#### 4.2.12. Развертка сферы.

Сферическая поверхность является неразвертываемой. Здесь можно говорить только об условном развертывании. На рис. 22 показан один из приемов построения. Поверхность «разрезают» несколькими плоскостями, проходящими через ось сферы, перпендикулярную  $\pi_1$ . Точность развертки зависит от числа плоскостей – чем больше плоскостей, тем точнее развертка. На рис. 22 число таких плоскостей 12 (фронтальные проекции линий пересечения не показаны).

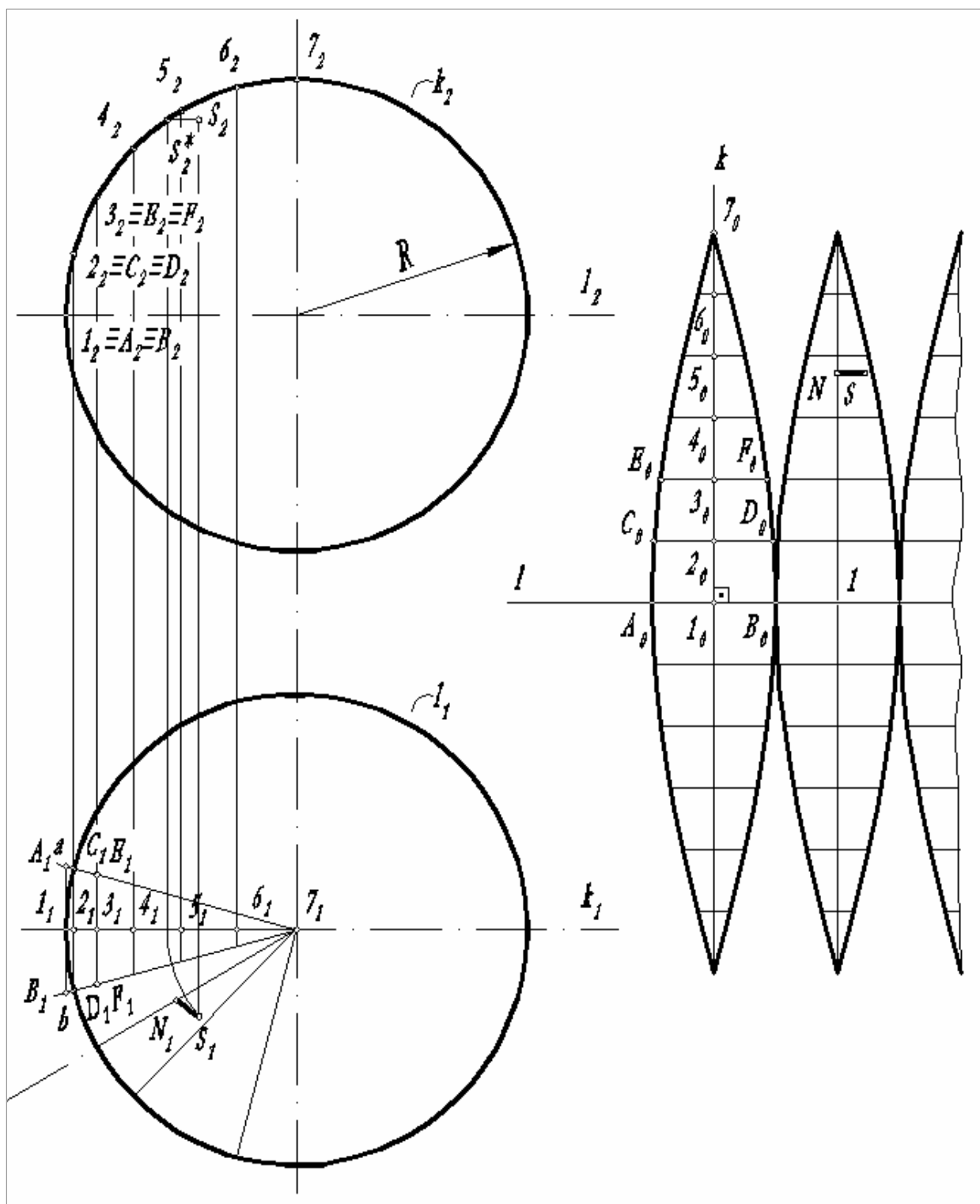


Рис. 22. Развертка сферы

Дуги окружностей на плоскости  $\pi_1$  в лепестках развертки заменяют прямыми, касательными к этим дугам, например: прямая  $A_1B_1$  заменяет дугу  $ав$ .

На плоскости  $\pi_2 \cup I_2\gamma_2$  делят на равные части:  $I_22_2=2_23_2=\dots=6_27_2$  (чем больше частей – тем точнее развертка). Принимая точки  $1_2, 2_2, 3_2, \dots$  за фронтальные проекции отрезков  $AB, CD, EF$  образующих лепестка развертки, строят их горизонтальные проекции  $A_1B_1, C_1D_1, E_1F_1, \dots$

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

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

#### Примечания:

1. Окружность сферы рекомендуется делить на 12 равных частей (лепестков) при  $R > 25$  мм и на 8 – при  $R < 25$  мм ( $R$  – радиус сферы).
2. Дугу  $I_2\gamma_2$  следует делить не менее чем на 4 равные части (6, 8, 10 или 12 частей).

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

Для нахождения положения точки на развертке, например  $S$ , определяют ее положение относительно экватора ( $\cup I_2S^*_2$ ) и центральной линии сегмента  $[S_1N_1]$ , в котором она находится. Далее полученные значения этих величин наносят на развертку, т.е.  $[IN]-\cup I_2S_2^*$  и  $[SN]=[S_1N_1]$ .

### 4.3. Пример решения РГР № 3

#### 4.3.1. Построение исходных данных.

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

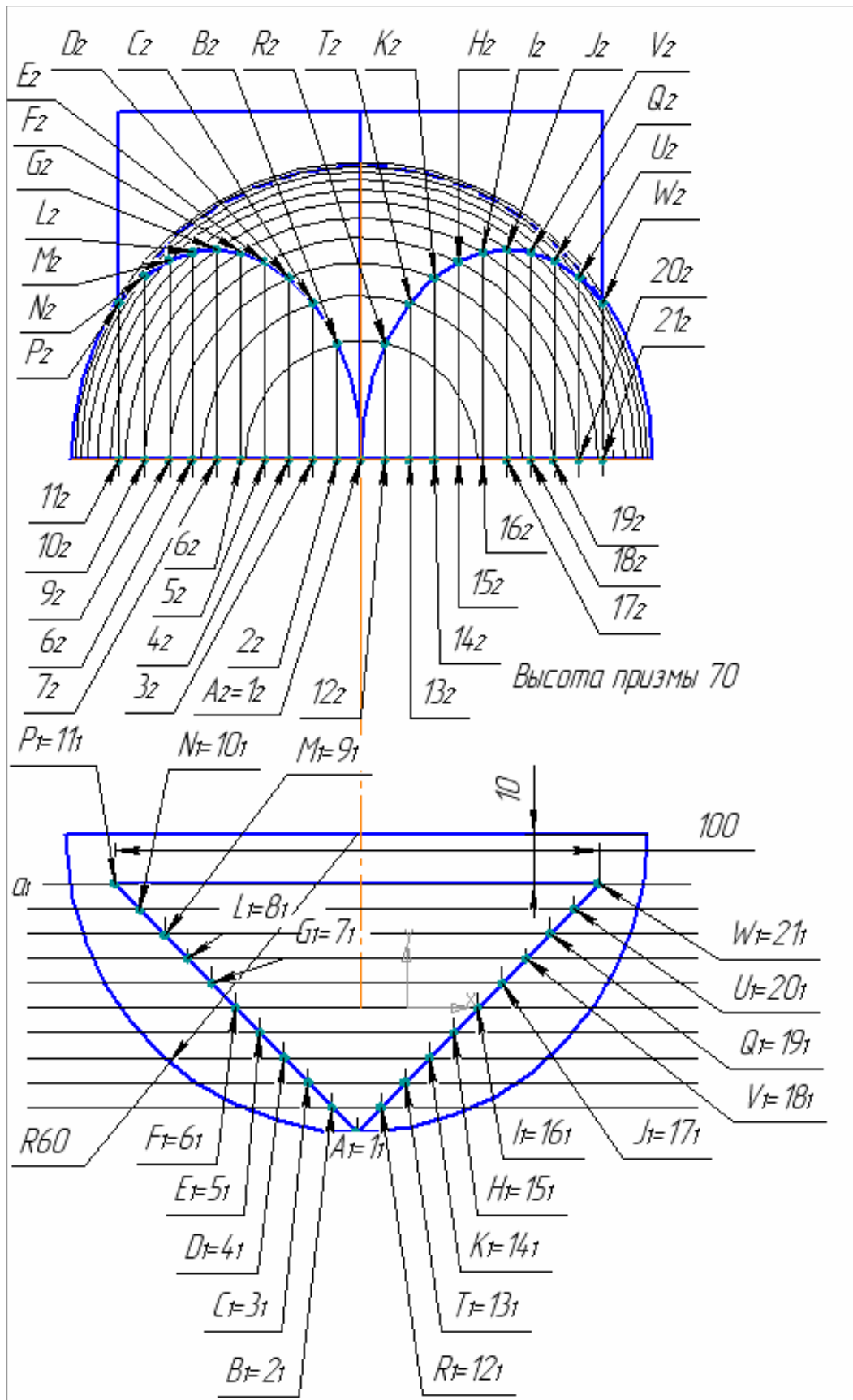


Рис. 23. Построение линии пересечения полусферы и прямой призмы

#### 4.3.2. Построение линии пересечения тел.

Линия пересечения полусферы и прямой призмы будет пространственной замкнутой ломаной линией, состоящей из отрезков кривых второго порядка. Точки излома линии пересечения – это точки встречи ребер призмы с поверхностью полусферы, а отрезки кривых являются линиями пересечения граней призмы с поверхностью полусферы.

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

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

Точки пересечения линий, ограничивающих эти сечения, принадлежат линии пересечения тел. Меняя положения плоскости-посредника  $\alpha$ , набираем необходимое количество точек для построения линии пересечения. Положения перемещения плоскости  $\alpha$  показаны перемещением ее проекции  $\alpha_1$ , а сечения тел – ограничивающими линиями. Проекции точек  $A, B, C, D, E, F, G, L, M, N, P, R, T, K, I, J, V, Q, U$  и  $W$  пересечения линий сечения тел являются точками линии пересечения тел. Горизонтальная проекция линии пересечения совпадает с горизонтальным очерком прямой призмы. Фронтальную проекцию строят с учетом ее видимости с использованием лекал по точкам  $A_2, B_2, C_2, D_2, E_2, F_2, G_2, L_2, M_2, N_2, P_2, R_2, T_2, K_2, I_2, J_2, V_2, Q_2, U_2$  и  $W_2$ . Обводку построения линии пересечения тел производят с учетом видимости тел относительно друг друга.

#### 4.3.3. Построение развертки одного из тел.

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

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

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

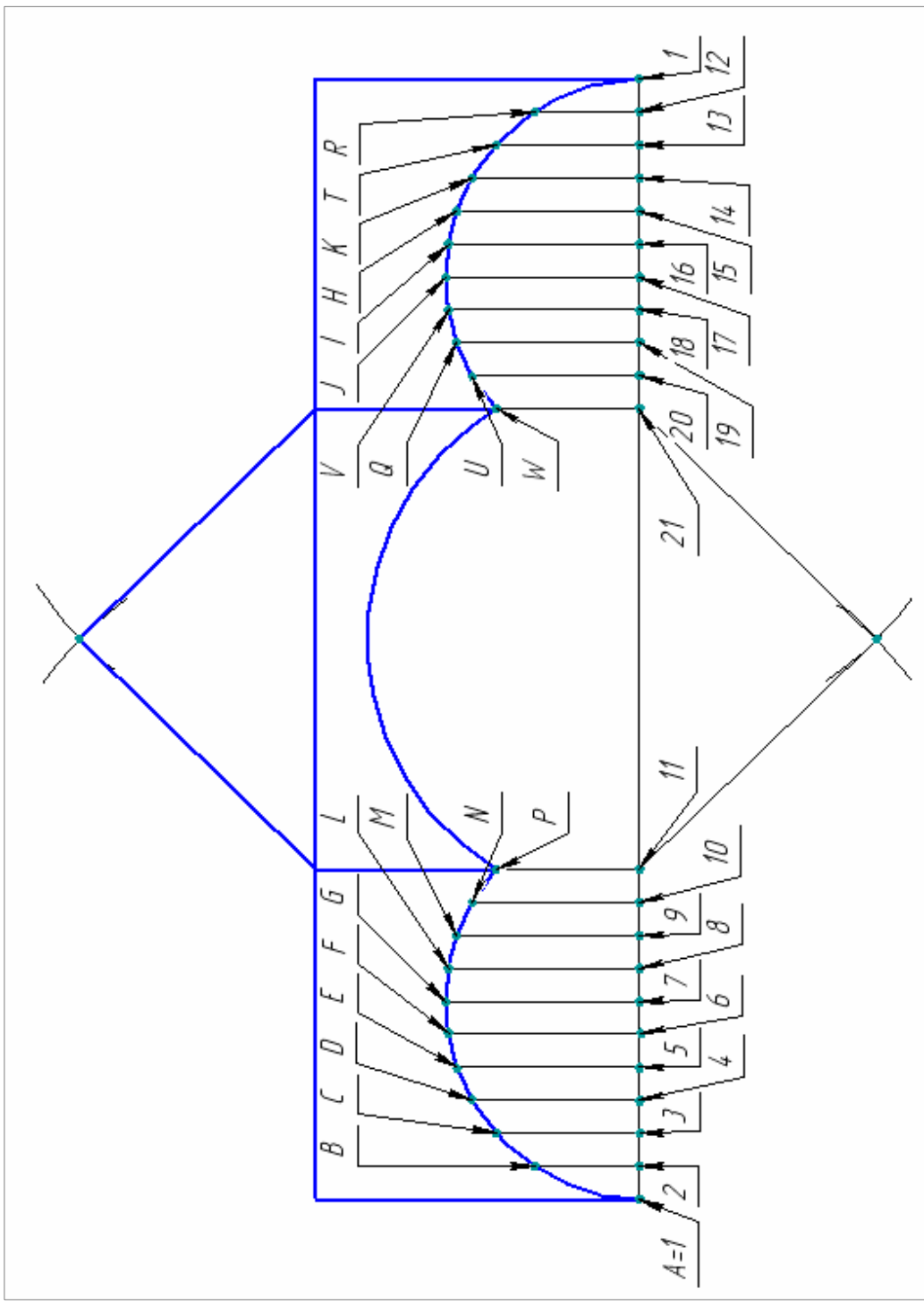


Рис. 24. Развертка призмы с нанесением линии пересечения

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

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

### Вопросы для самоконтроля

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



## 5. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

### 5.1. Постановка задачи

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

*Состав задания:*

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

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

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

### 5.2. Построение недостающего вида

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

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

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

Изображения на чертежах в зависимости от их содержания подразделяются на виды, разрезы, сечения. Правила изображений предметов установлены ГОСТ 2.305–68. Изображения предметов должны выполняться по методу прямоугольного проецирования. При этом предмет размещается между наблюдателем и соответствующими плоскостями проекций (рис. 25). За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба, внутри которого располагается предмет. Грани 1, 2 и 3 соответствуют фронтальной, горизонтальной и профильной плоскостям проекций. Такие проекции называются ортогональными проекциями.

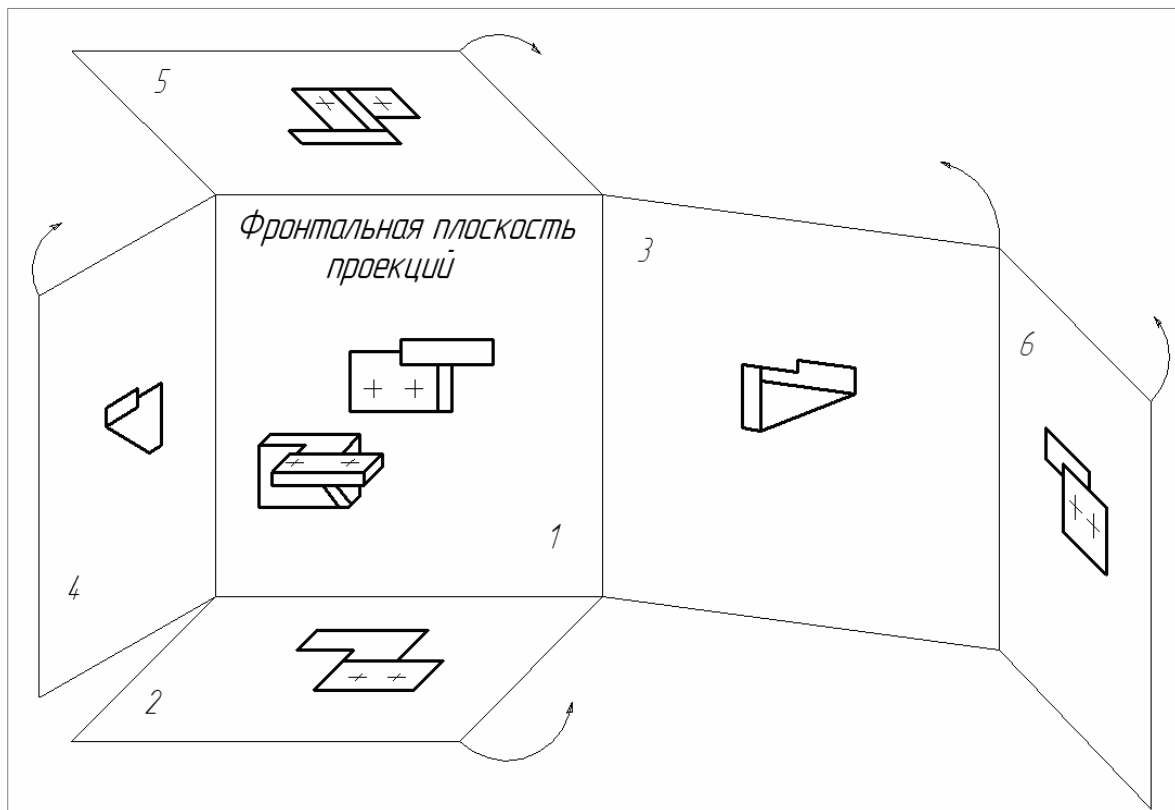


Рис. 25. Изображение предмета методом прямоугольного проецирования

Грани куба с полученными на них изображениями совмещают с плоскостью чертежа (см. рис. 25). При этом грань 6 можно расположить рядом с гранью 4. Изображение на фронтальной плоскости проекций считается главным.

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

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

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

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

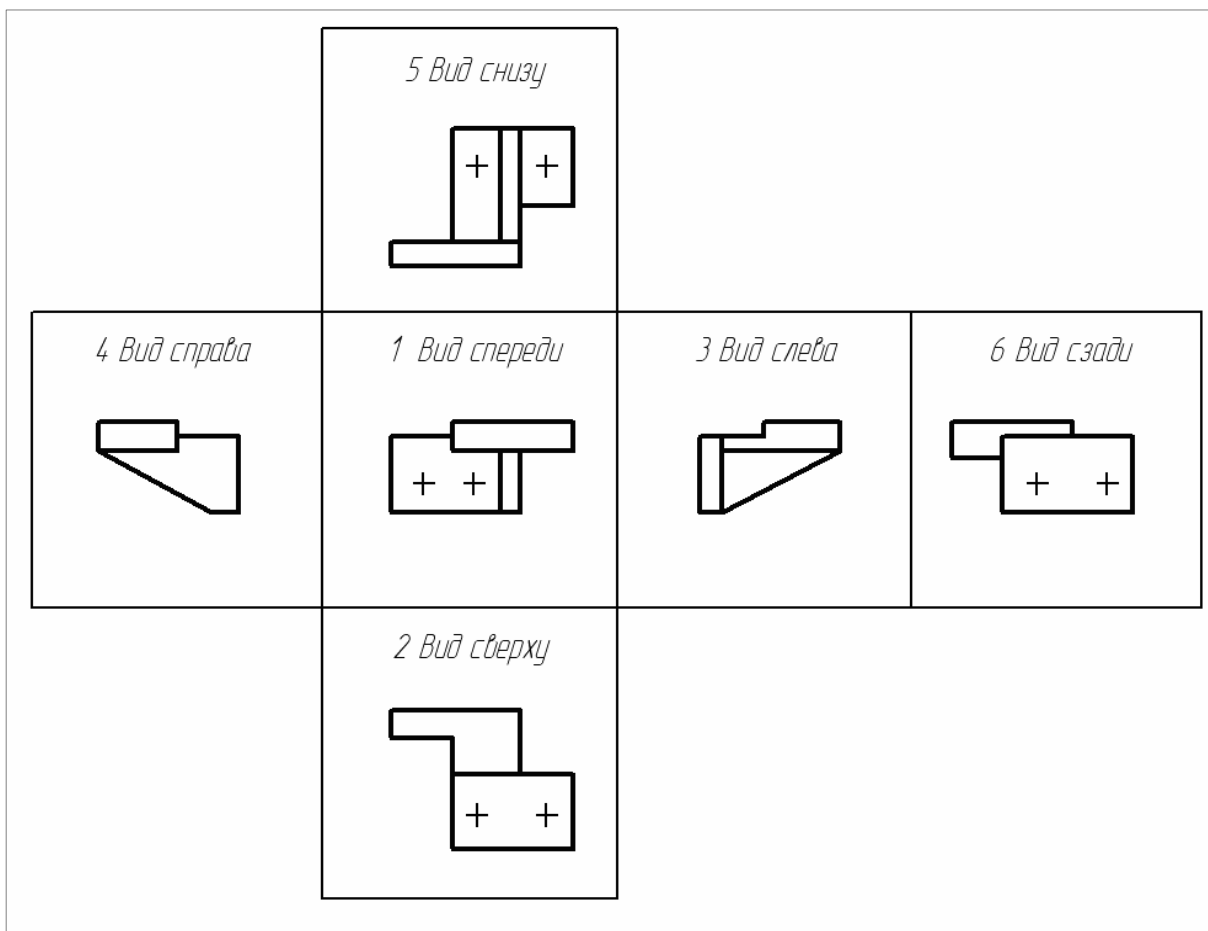


Рис. 26. Расположение видов на чертеже

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

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

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

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

### 5.2.2. Построение третьего вида по двум известным видам.

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

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

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

#### Построение третьего вида с помощью вспомогательной прямой.

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

Чтобы построить третью проекцию  $A_3$  вершины  $A$ , проведём через её фронтальную проекцию  $A_2$  горизонтальную прямую  $1$ . На ней будет находиться искомая проекция  $A_3$ . После этого через горизонтальную проекцию  $A_1$  проведём горизонтальную прямую  $2$  до пересечения ее со вспомо-

гательной прямой в точке  $A_0$ . Через точку  $A_0$  проведём вертикальную прямую  $3$  до пересечения с прямой  $1$  в искомой точке  $A_3$ .

Аналогично строятся профильные проекции остальных вершин предмета.

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

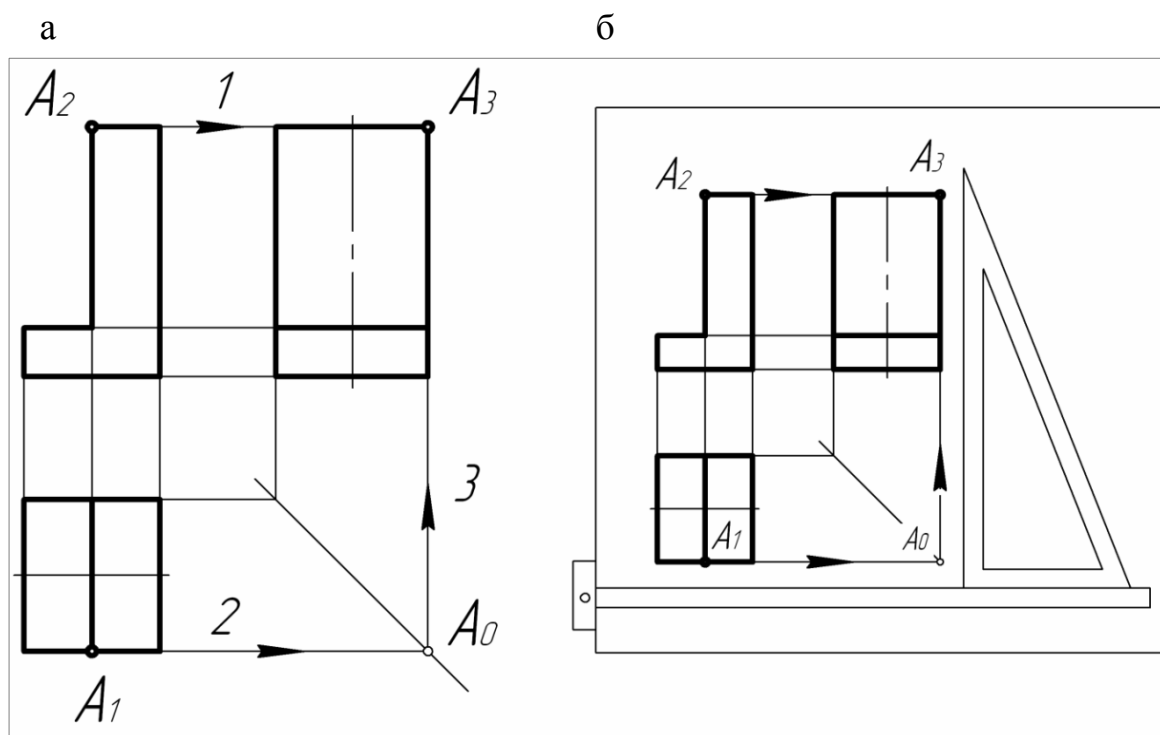


Рис. 27. Построение третьей проекции по двум данным

### Построение третьего вида с помощью базовых линий.

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

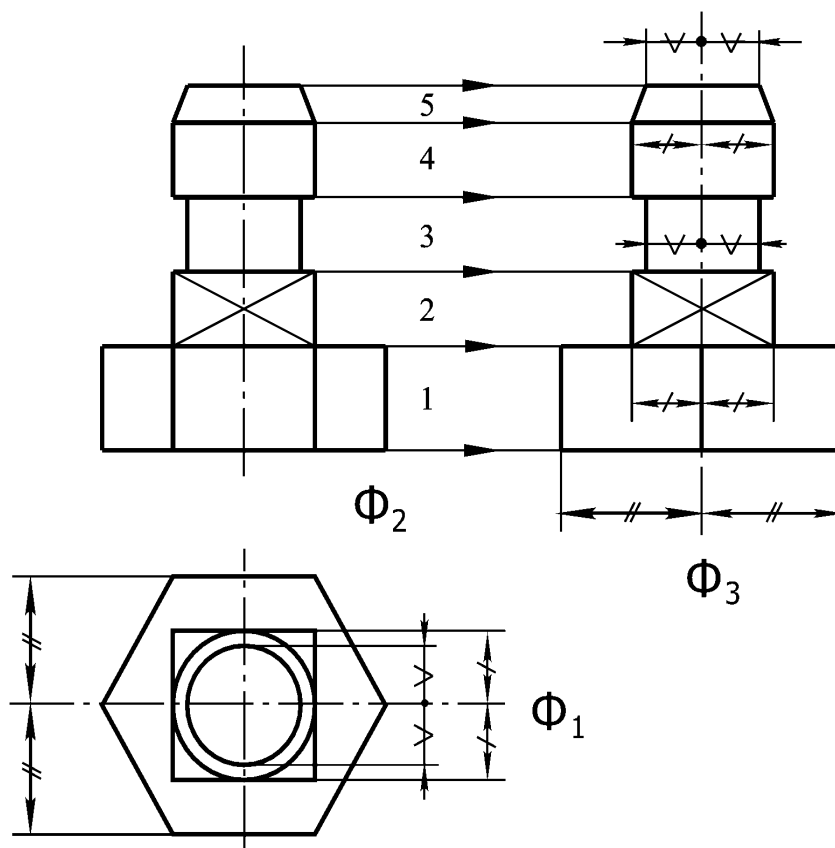


Рис. 28. Второй способ построения третьей проекции по двум данным

Сопоставив оба изображения (см. рис. 28), устанавливаем, что поверхность предмета включает в себя поверхности: правильной шестиугольной 1 и четырёхугольной 2 призм, двух цилиндров 3 и 4 и усечённого конуса 5. Предмет имеет фронтальную плоскость симметрии  $\Phi$ , которую удобно принимать за базу отсчёта размеров по ширине отдельных частей предмета при построении его вида слева. Высоты отдельных участков предмета отсчитываются от нижнего основания предмета и контролируются горизонтальными линиями связи.

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

На рис. 29 представлен вид слева предмета, поверхность которого образована поверхностью вертикального цилиндра вращения с  $T$ -образным вырезом в его верхней части и цилиндрическим отверстием, занимающим фронтально-проецирующее положение. В качестве базовых плоскостей взяты плоскость нижнего основания и фронтальная плоскость симметрии  $\Phi$ . Изображение  $T$ -образного выреза на виде слева построено с помощью точек  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  и  $E$  контура выреза, а линия пересечения цилиндрических по-

верхностей – с помощью точек  $K, L, M$  и им симметричных. При построении третьего вида учтена симметрия предмета относительно плоскости  $\Phi$ .

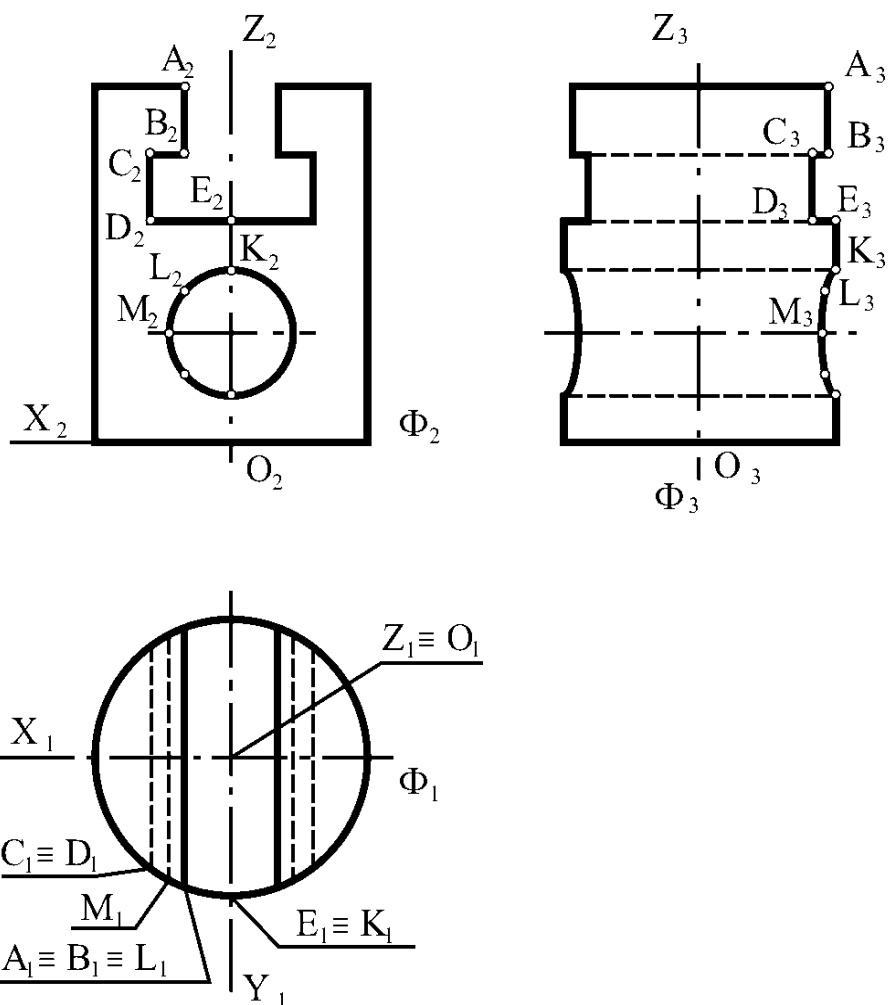


Рис. 29. Построение вида слева

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

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

Определяются характерные точки линии пересечения:

- 1) точки, наивысшие и наинизшие по отношению к плоскости  $\Pi_1$ , например  $1$  и  $6, 6'$ ;
- 2) точки, отделяющие видимую часть проекции линии пересечения от невидимой, например  $3$  и  $3'$  на  $\Pi_3$ .

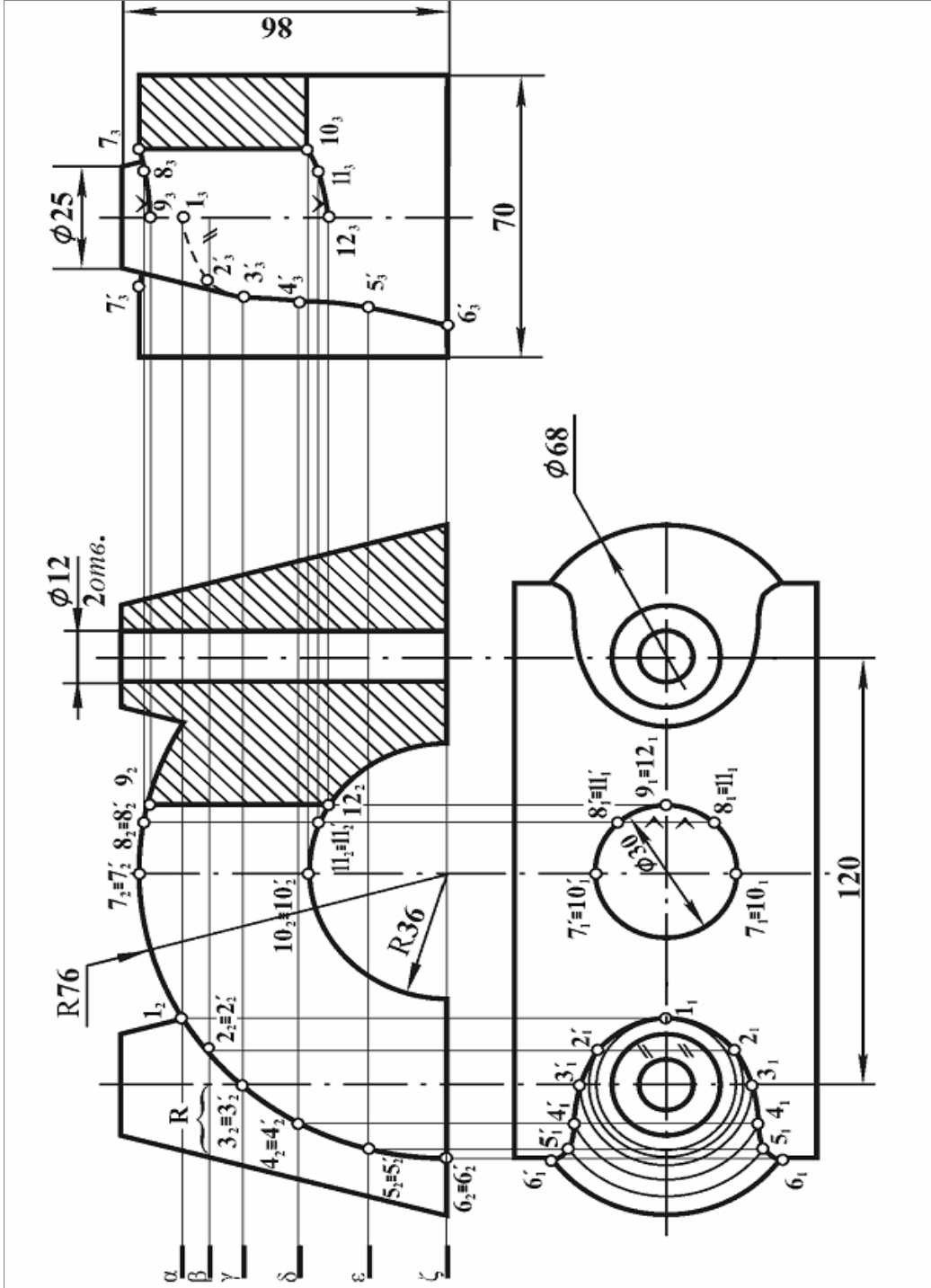


Рис. 30. Построение линии пересечений поверхностей



Линия пересечения цилиндрической  $R76$  и конических поверхностей строится с помощью вспомогательных секущих плоскостей  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \eta$ . Например, плоскость  $\beta$  пересекает конус по окружности радиуса  $R$ , а цилиндр – по его образующей. Пересекаясь между собой на плоскости  $\Pi_1$ , сечения определяют положение точек  $2$  и  $2'$ . Все остальные точки строятся аналогично.

### 5.3. Построение разрезов

Разрезом называется изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе (рис. 31) показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней. Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Согласно ГОСТ 2.30–68 линию сечения изображают разомкнутой линией, толщина которой в полтора раза больше толщины линии видимого контура. Длину ее штрихов выбирают от 8 до 20 мм, в зависимости от величины изображения. Штрихи этой линии не должны пересекать контур изображения. Стрелки, указывающие направление взгляда, наносят от конца штриха на расстоянии  $1/3$  длины штриха (рис. 32). У начала и конца линии сечения ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. Разрез должен быть отмечен надписью «А-А», т.е. двумя буквами через тире.

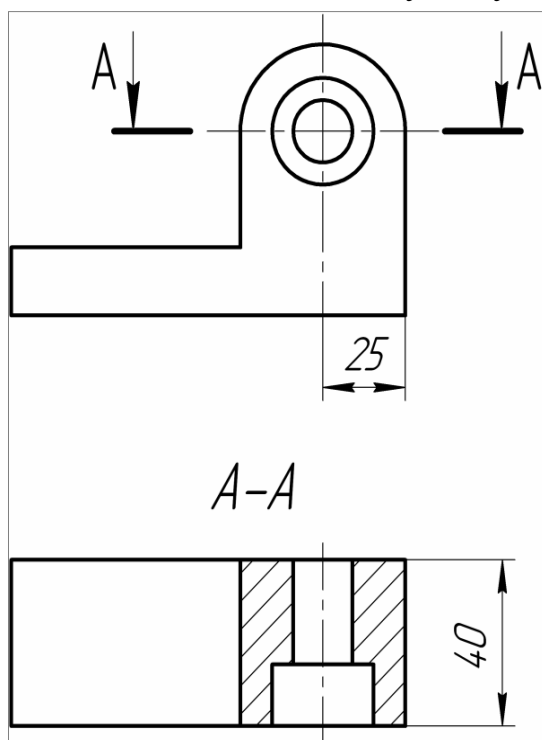


Рис. 31. Построение разреза

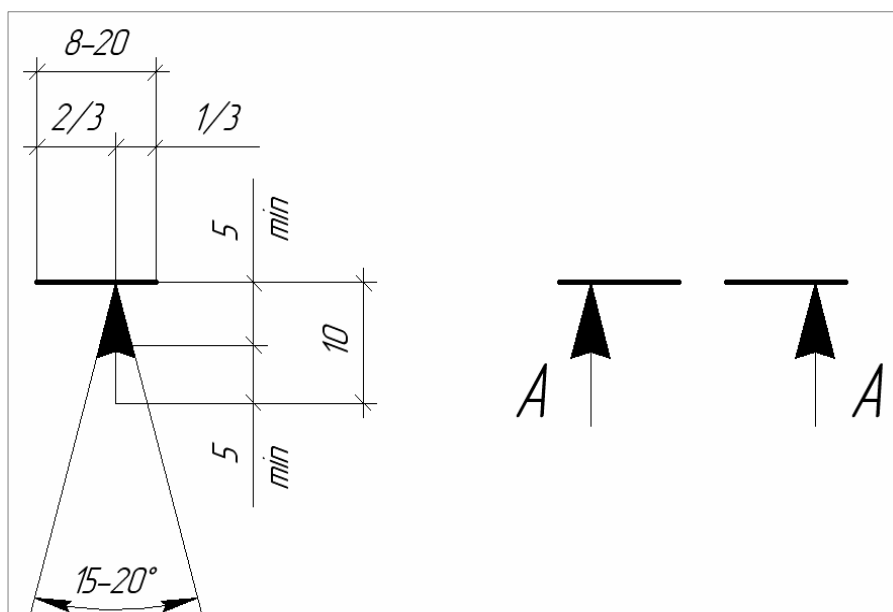


Рис. 32. Расположение стрелок, указывающих направление взгляда

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

Всякий разрез содержит сечение, которое заштриховывается.

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

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

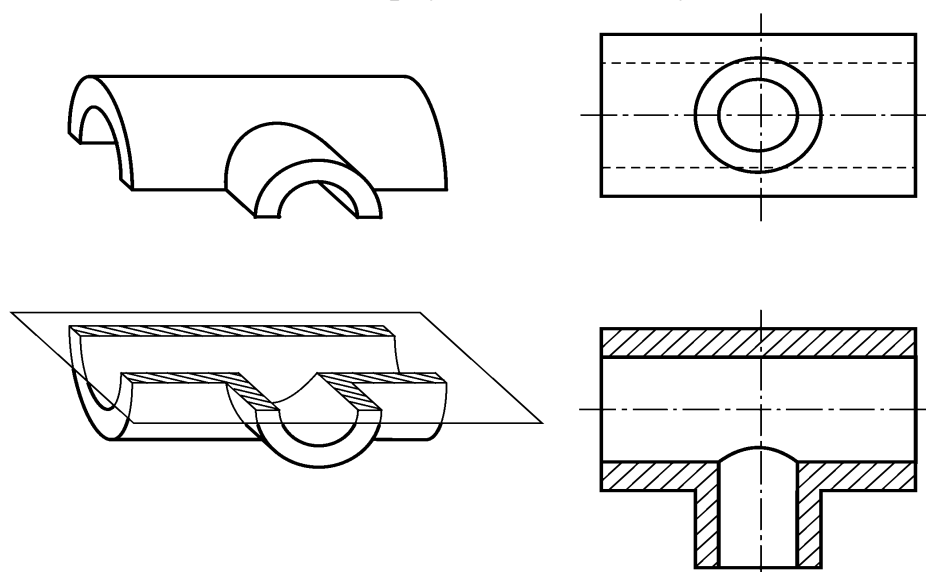


Рис. 33. Построение горизонтального разреза

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

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

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

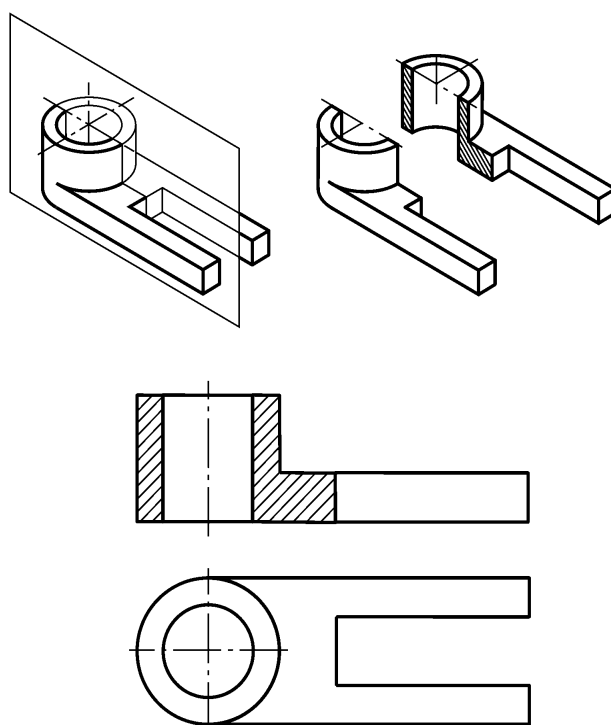


Рис. 34. Выполнение вертикального разреза

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

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

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

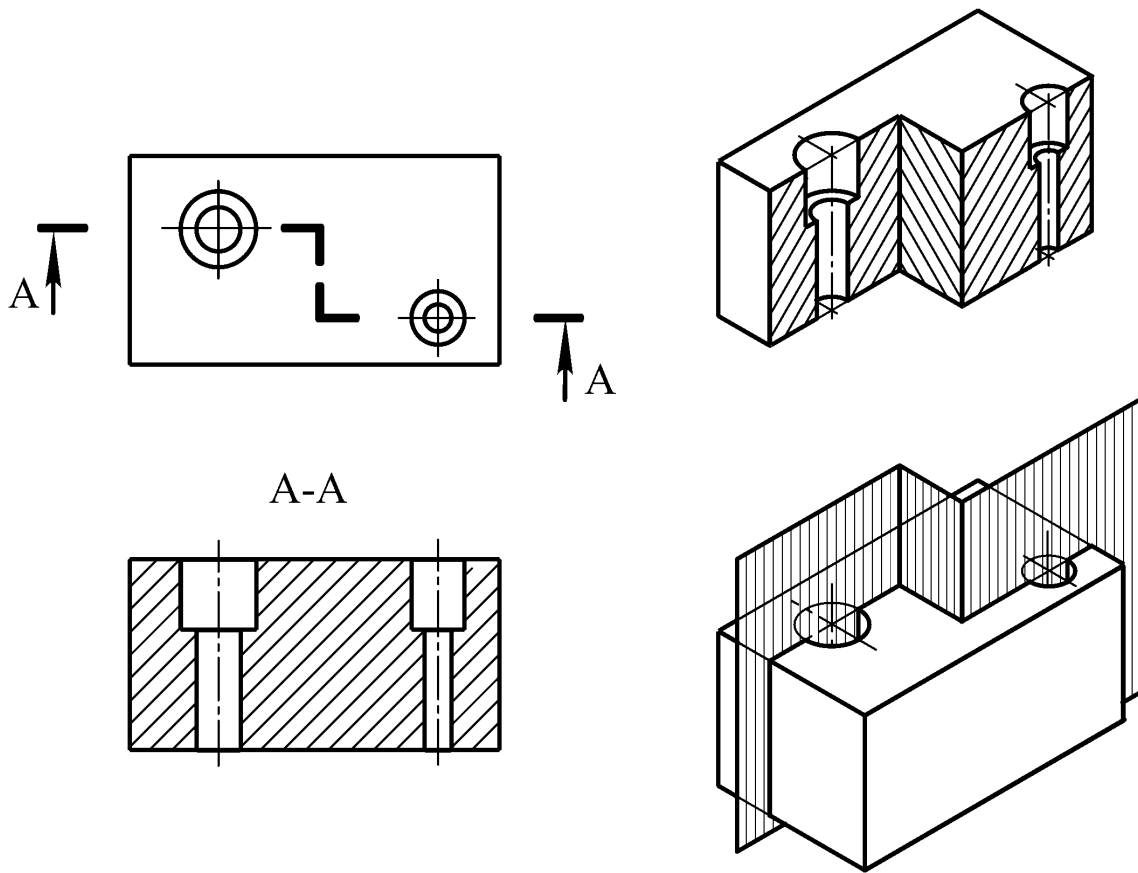


Рис. 35. Выполнение ступенчатого разреза

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

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

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

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

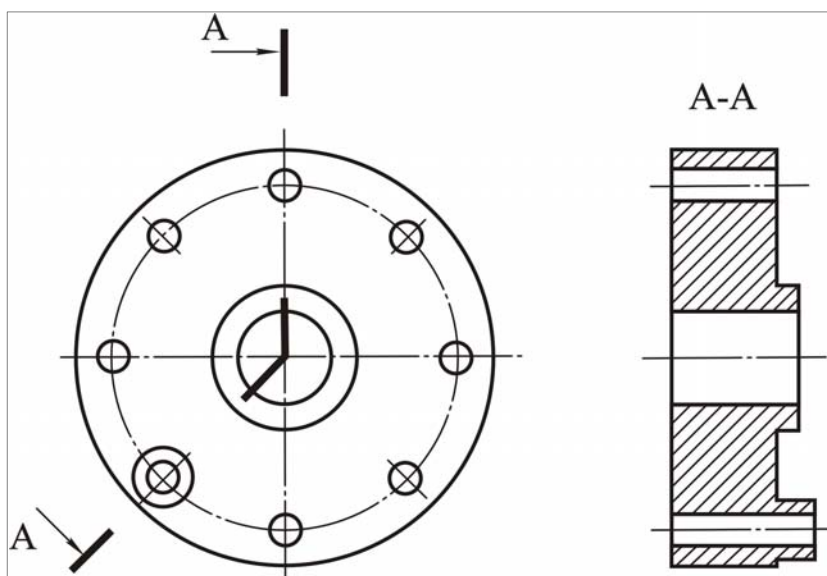


Рис. 36. Построение ломаного разреза

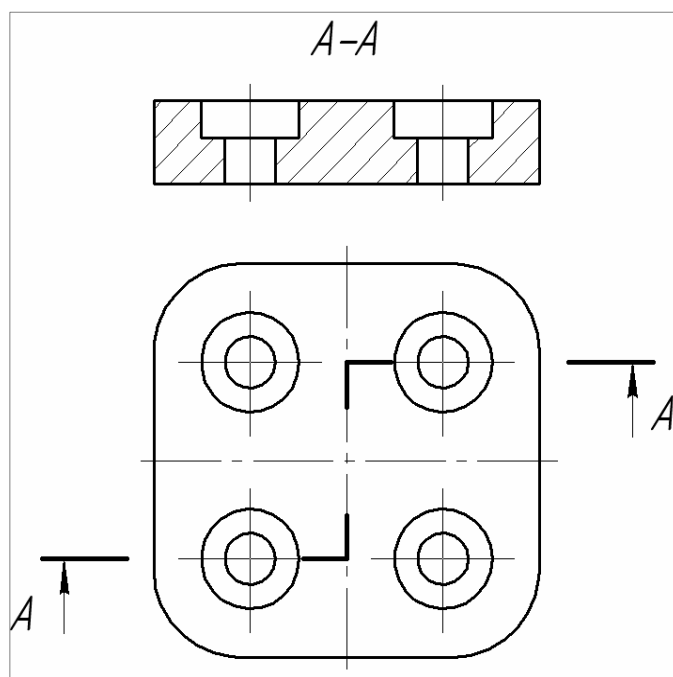


Рис. 37. Выполнение ступенчатого разреза

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

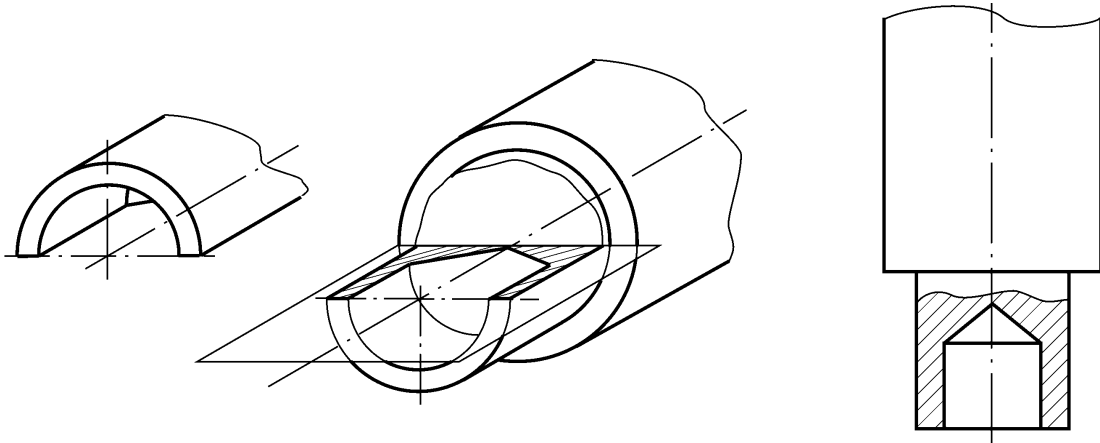


Рис. 38. Построение местного разреза

Местный разрез не надписывается и не обозначается.

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

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

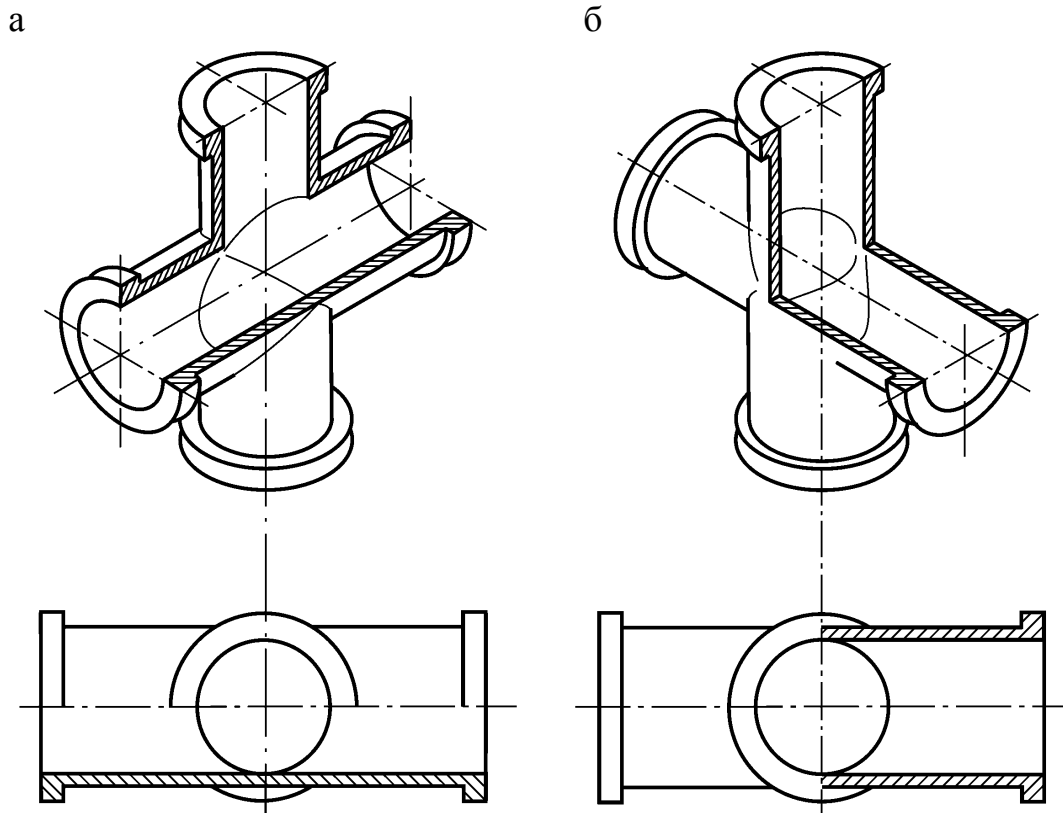


Рис. 39. Соединение симметричных видов с разрезами

### Примечания :

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

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

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

4. Не следует делать бесполезных разрезов, если никаких внутренних особенностей формы они не выявляют.

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

## 5.4. Нанесение размеров

Обычно детали изготавливают по чертежу; поэтому на чертеже проставляются все те размеры, которые позволят затем её изготовить. Крайне затруднительно дать в данном пособии все сведения, относящиеся к нанесению размеров. Ограничимся общими представлениями о нанесении размеров на чертеже.

Линейные размеры на чертеже дают в миллиметрах без указаний на единицу измерения. При отступлении от этого правила к соответствующим размерным числам добавляется единица измерения или оговаривается это на чертеже особым способом. На чертеже выполняют такое количество размеров, которое позволило бы полностью перерисовать данный чертёж, пользуясь только нанесёнными размерами и не производя новых измерений. Проставляя каждый размер, следует спрашивать себя: удобно ли будет использовать его при выполнении детали?

При изготовлении детали основанием для суждения о её размерах служат только цифровые обозначения, проставленные на чертеже, независимо от масштаба последнего. (При вычерчивании предмета в масштабе, отличном от натурального, на чертеже дают фактические размеры этого предмета.) Каждый размер следует указывать на чертеже только один раз, повторение размеров возможно лишь в виде исключения. Размеры на чертеже не допускается наносить в виде замкнутой цепи, кроме случаев, когда один из размеров указан как справочный.

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

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

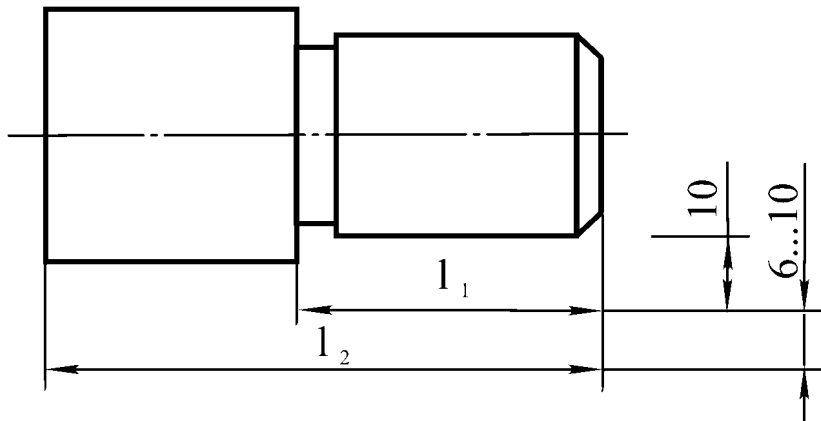


Рис. 40. Нанесение размерных линий на чертеже

Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных; необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий. Выносные линии проводятся от линий видимого контура и располагаются как вне контура детали, так и внутри него. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерных линий на 1...5 мм.

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

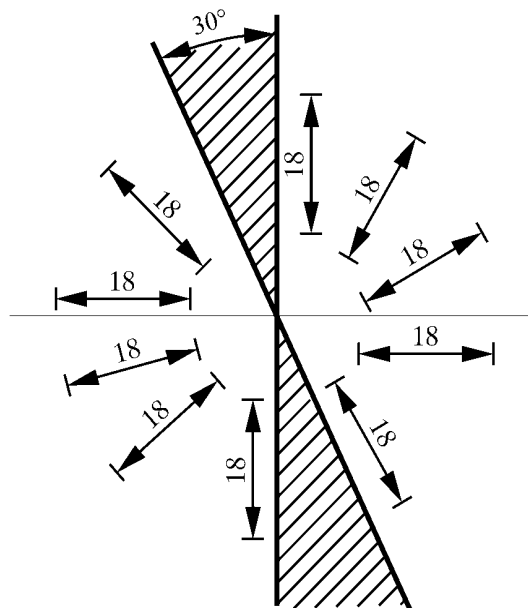


Рис. 41. Нанесение размерных чисел при различных наклонах размерных линий



Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий.

В месте нанесения размерного числа осевые, центровые и линии штриховки прерывают (рис. 42, 43).

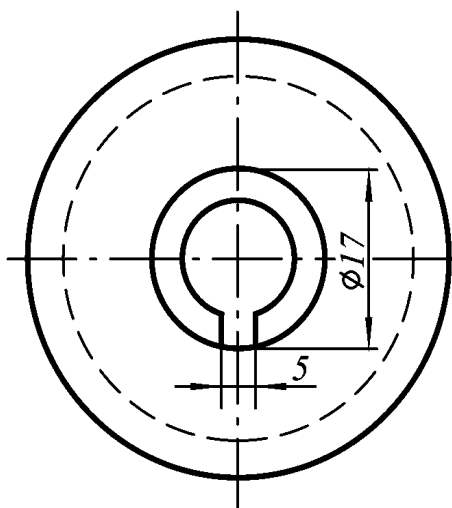


Рис. 42. Прерывание осевых линий при нанесении размера

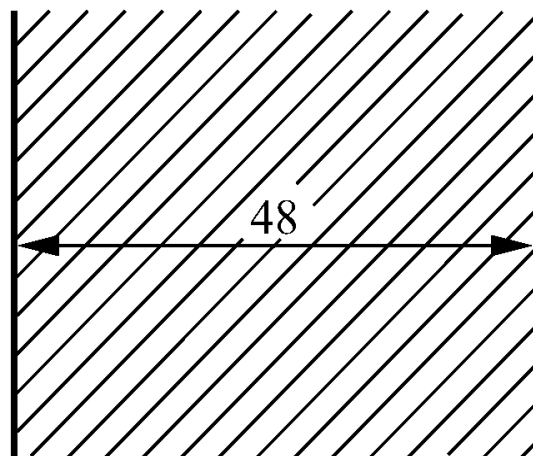


Рис. 43. Прерывание штриховки при нанесении размера

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

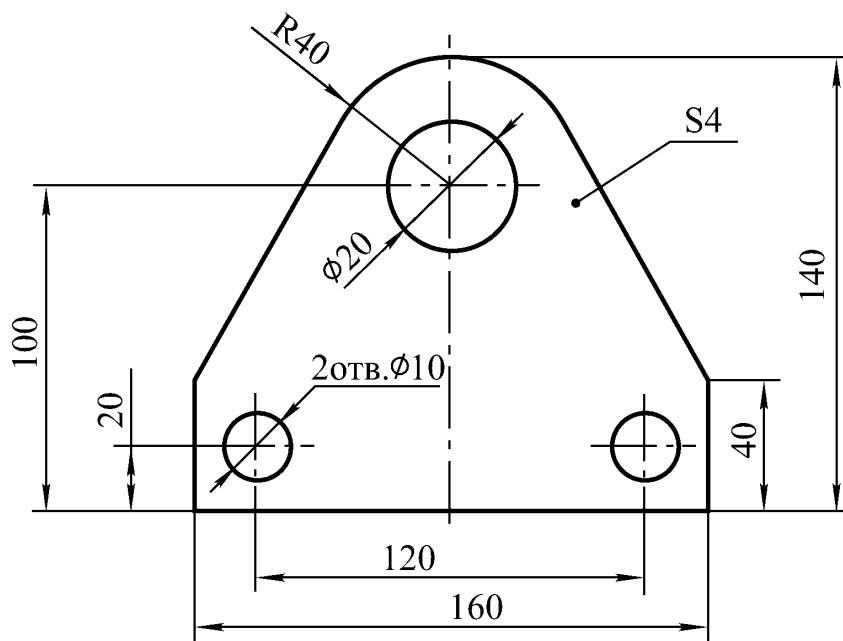


Рис. 44. Распределение размерных чисел по полю чертежа

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

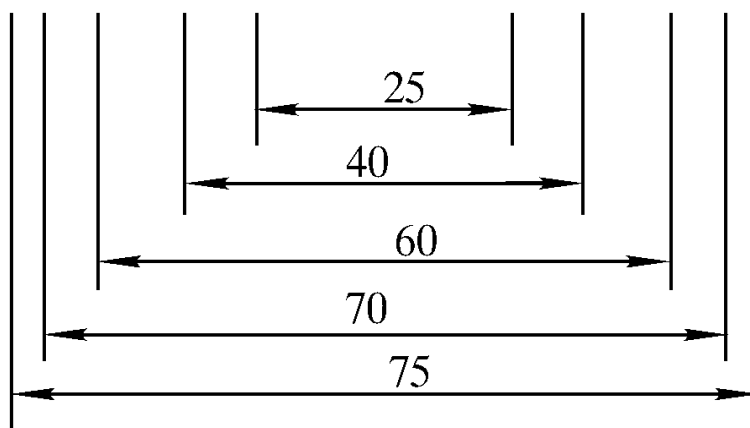


Рис. 45. Нанесение размерных чисел в шахматном порядке

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

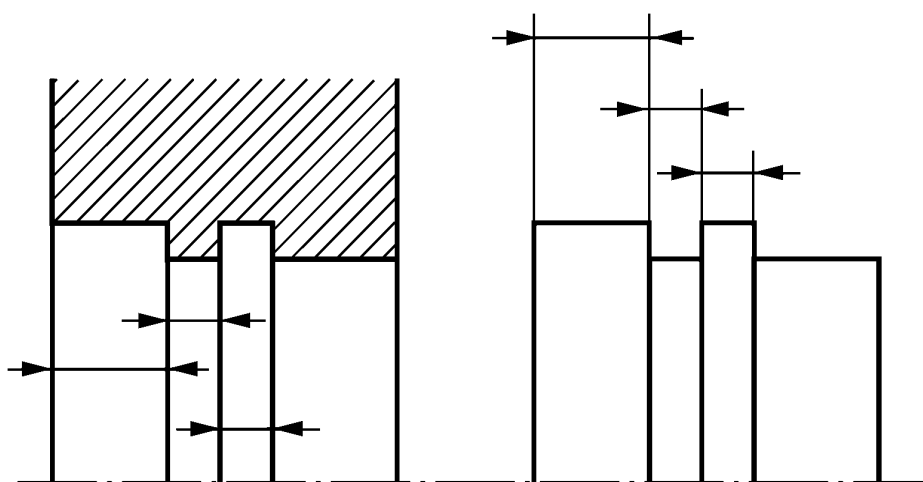


Рис. 46. Размещение размерных линий при недостатке места для выполнения стрелок

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

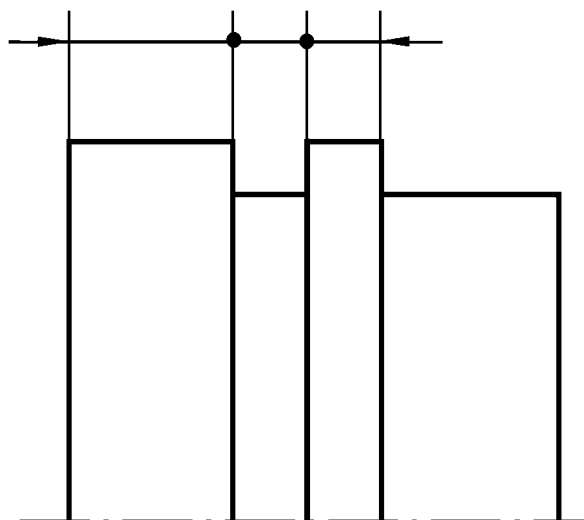


Рис. 47. Выполнение размерных линий

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

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

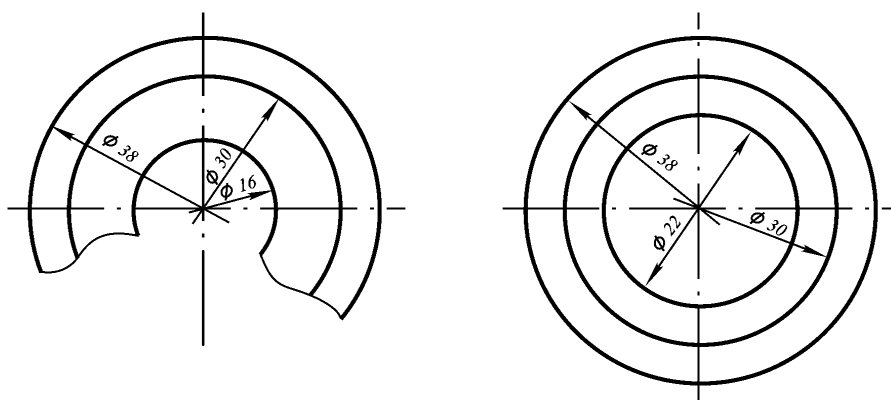


Рис. 48. Нанесение размеров диаметров окружностей

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

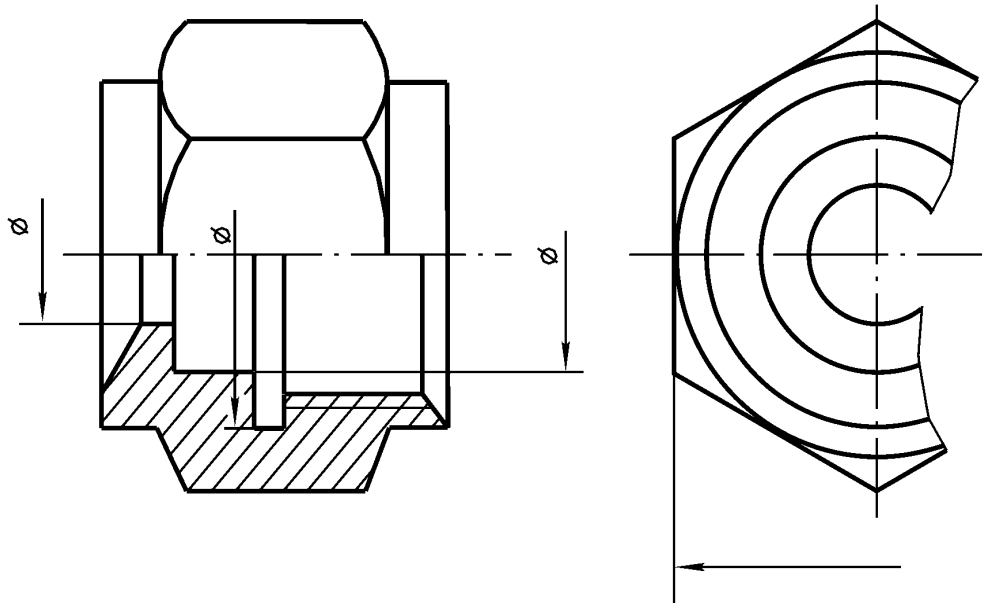


Рис. 49. Нанесение размерных линий с обрывом

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

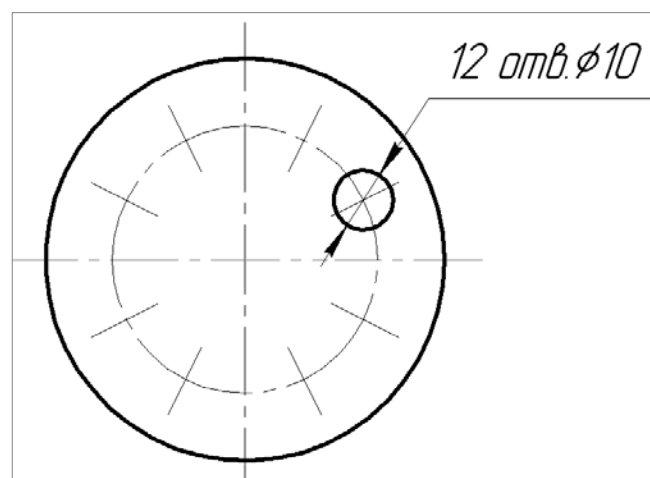


Рис. 50. Нанесение на чертеже нескольких одинаковых отверстий

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

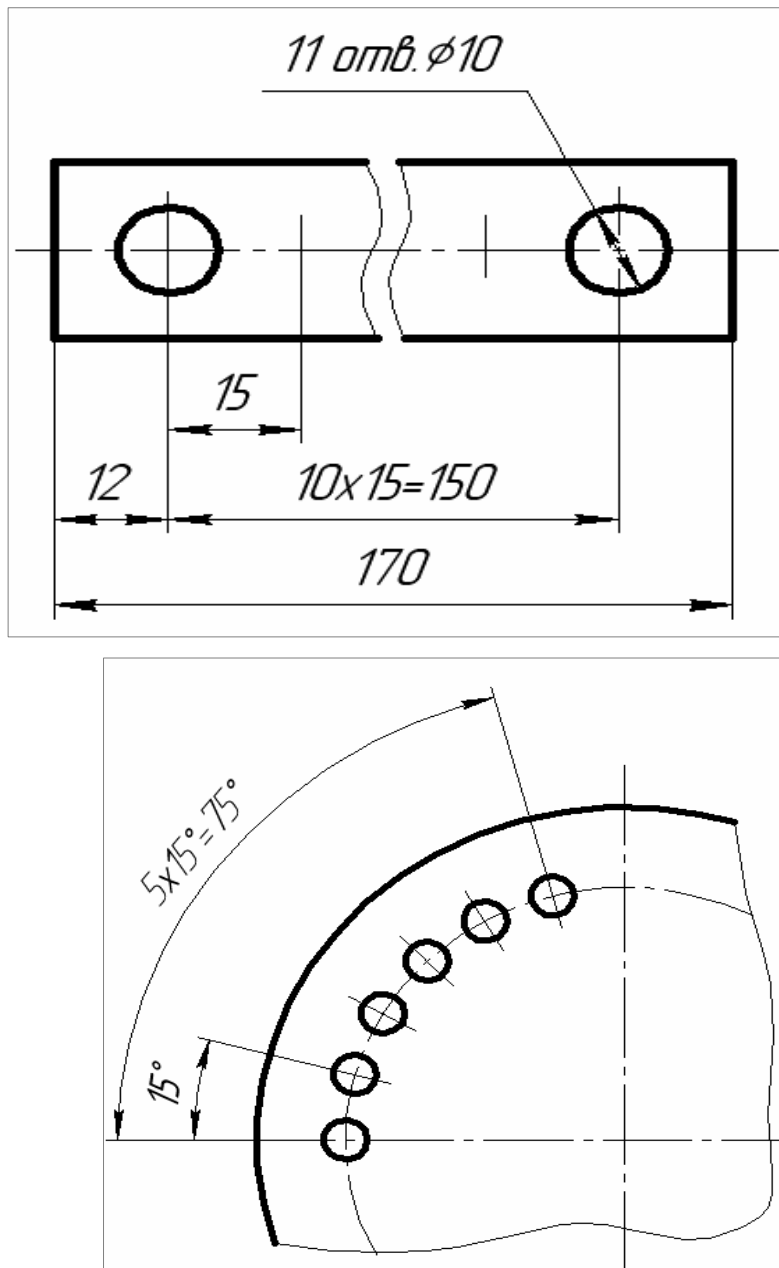


Рис. 51. Нанесение размеров между одинаковыми элементами

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

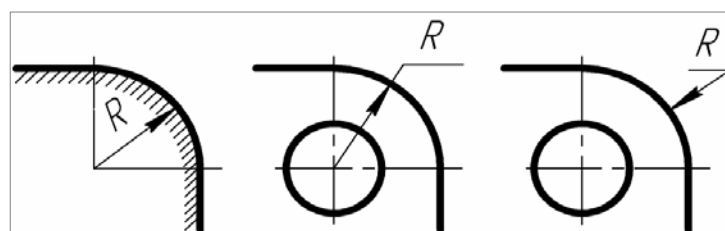


Рис. 52. Расположение размерных чисел радиуса окружности

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

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

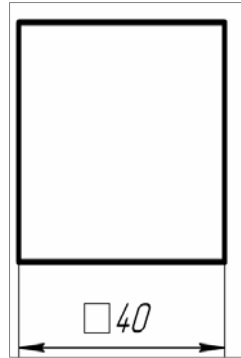


Рис. 53. Нанесение размера квадрата

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

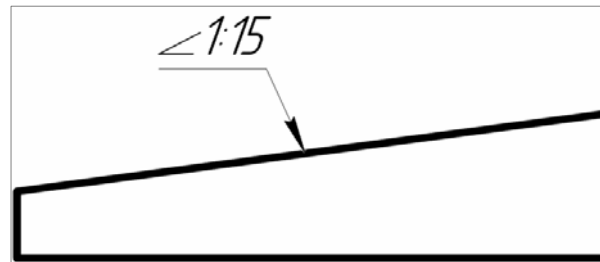


Рис. 54. Изображение уклона

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

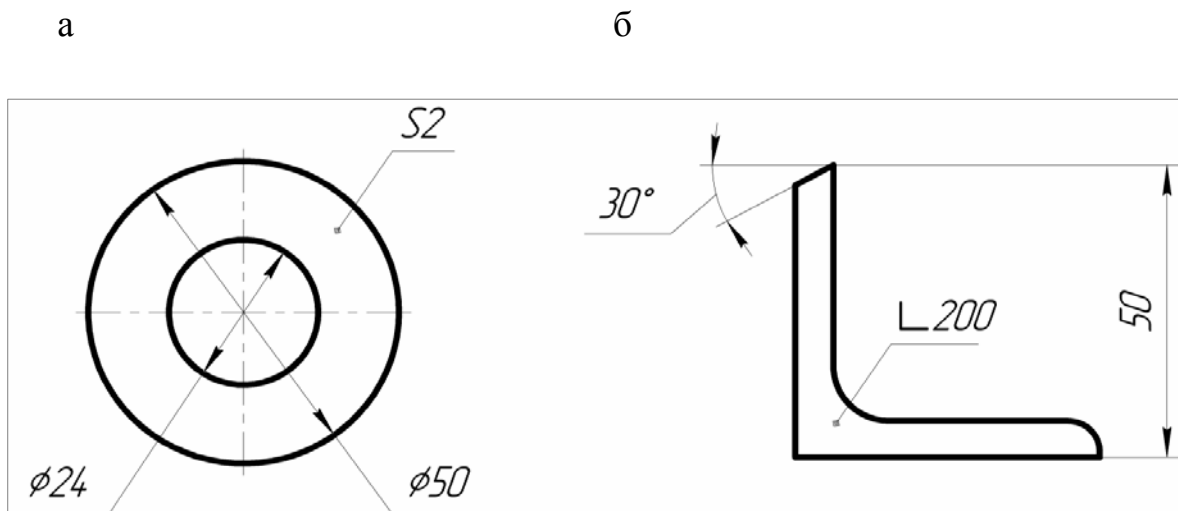


Рис. 55. Изображение детали в одной проекции

## 5.5. Построение аксонометрических проекций

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

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

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

Правила выполнения аксонометрических проекций устанавливаются ГОСТ 2.317–69.

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

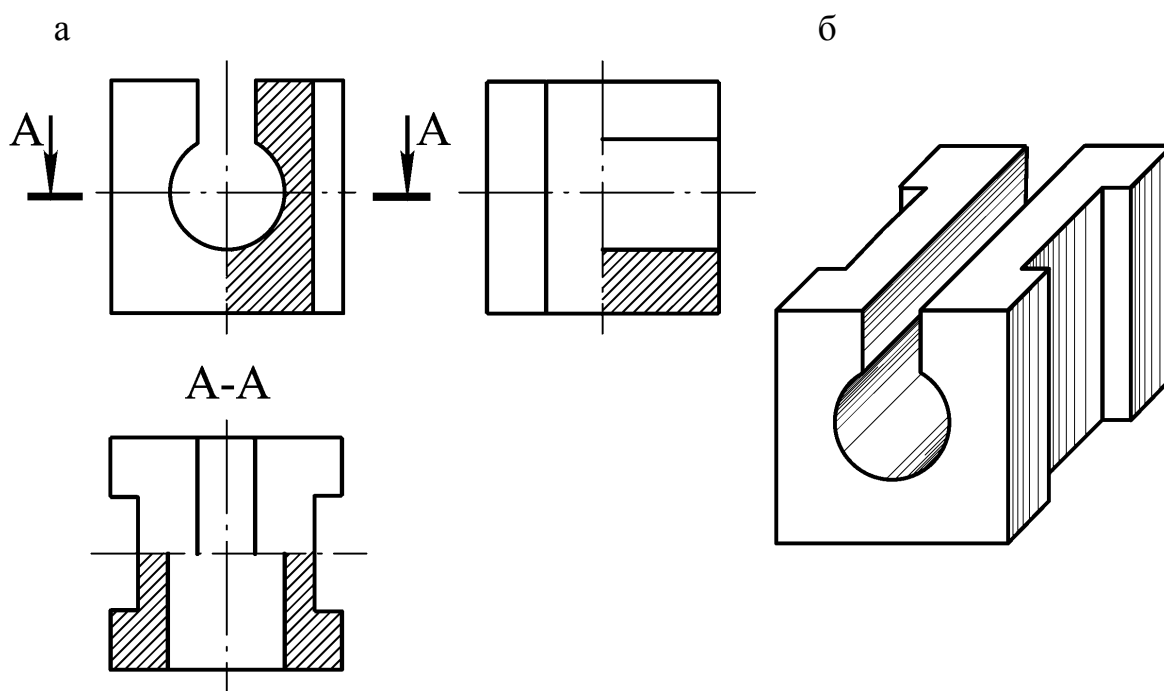


Рис. 56. Наглядное изображение аксонометрии

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

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

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

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

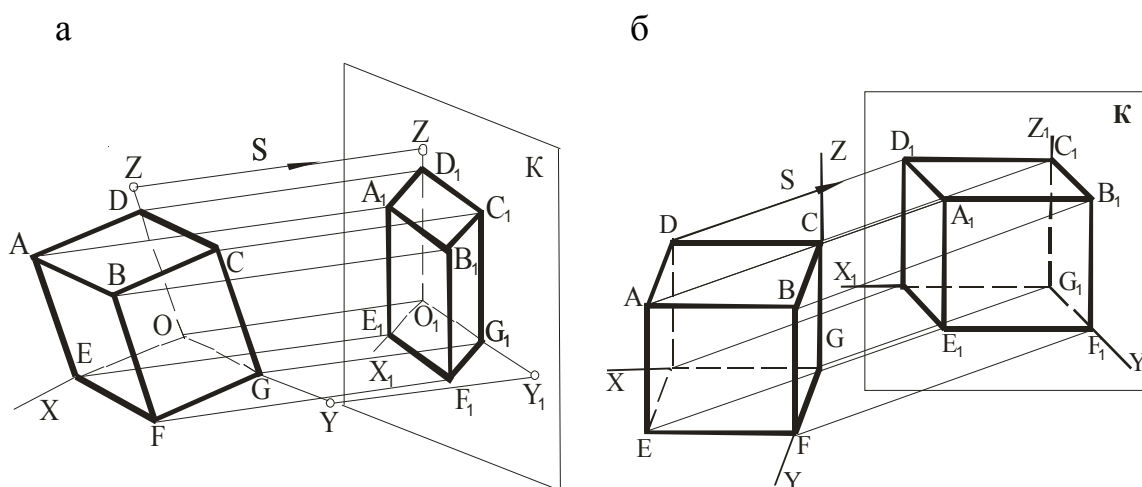


Рис. 57. Прямоугольная и косоугольная аксонометрия

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

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

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

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

**прямоугольные** – *изометрические* и *диметрические*;

**косоугольные** – *фронтальные диметрические*, *фронтальные изометрические*, *горизонтальные изометрические*.

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



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

5.5.2. Общий порядок построения. Общий порядок построения любого вида аксонометрии сводится к следующему:

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

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

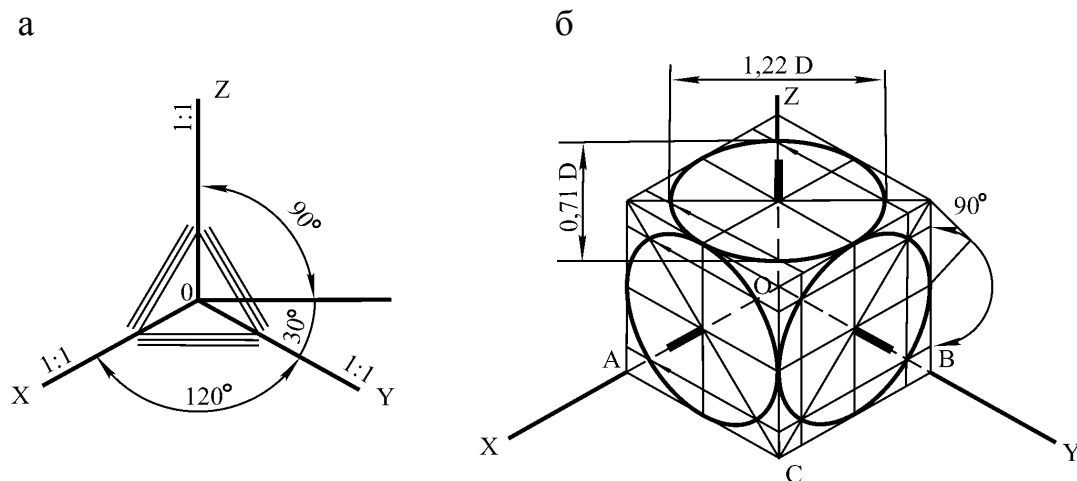


Рис. 58. Расположение осей прямоугольной изометрии

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

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

Зная размеры осей эллипса и проекции диаметров, параллельных координатным осям, можно построить эллипс по всем точкам, соединив их с помощью лекала.

Чтобы упростить построения, рекомендуется заменять эллипсы овалами, оси которых равны осям эллипса.

Построение овала по четырём точкам – концам сопряжённых диаметров эллипса, расположенных на аксонометрических осях, – показано на рис. 59.

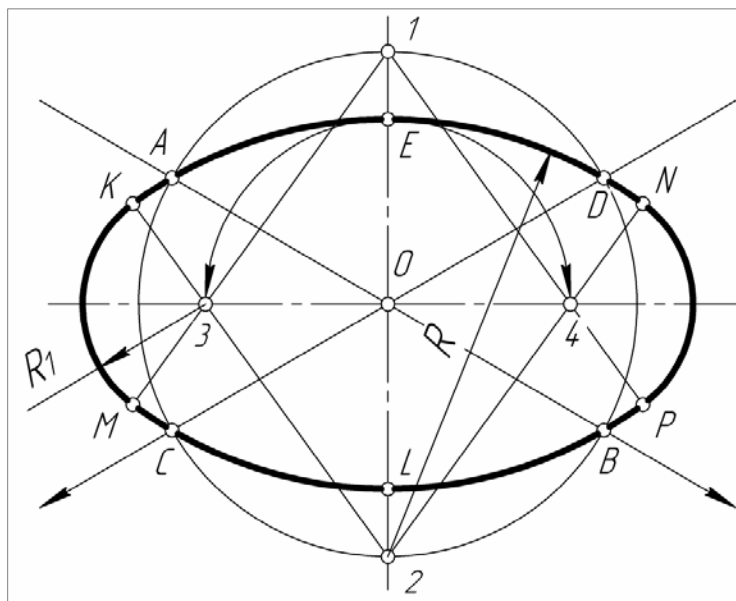


Рис. 59. Построение овала

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

диусом  $R$  дают точки сопряжений  $K, N, P, M$ . Крайние дуги проводят из центров  $3$  и  $4$  радиусом  $R_1=3-M$  ( $4-N$ ).

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

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

2. Строят аксонометрические оси в изометрии.

3. Строят основание детали – параллелепипед. Для этого от начала координат по оси  $X$  откладывают отрезки  $OA$  и  $OB$ , соответственно равные отрезкам  $O_1A_1$  и  $O_1B_1$ , взятым с горизонтальной проекции детали, и получают точки  $A$  и  $B$ , через которые проводят прямые, параллельные оси  $Y$ , и откладывают отрезки, равные половине ширины параллелепипеда. Получают точки  $C, D, J, V$ , которые являются изометрическими проекциями вершин нижнего прямоугольника, и соединяют их прямыми, параллельными оси  $X$ . От начала координат  $O$  по оси  $Z$  откладывают отрезок  $OO_1$ , равный высоте параллелепипеда  $O_2O_2'$ ; через точку  $O_1$  проводят оси  $X_1, Y_1$  и строят изометрию верхнего прямоугольника. Вершины прямоугольников соединяют прямыми, параллельными оси  $Z$ .

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

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

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

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

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

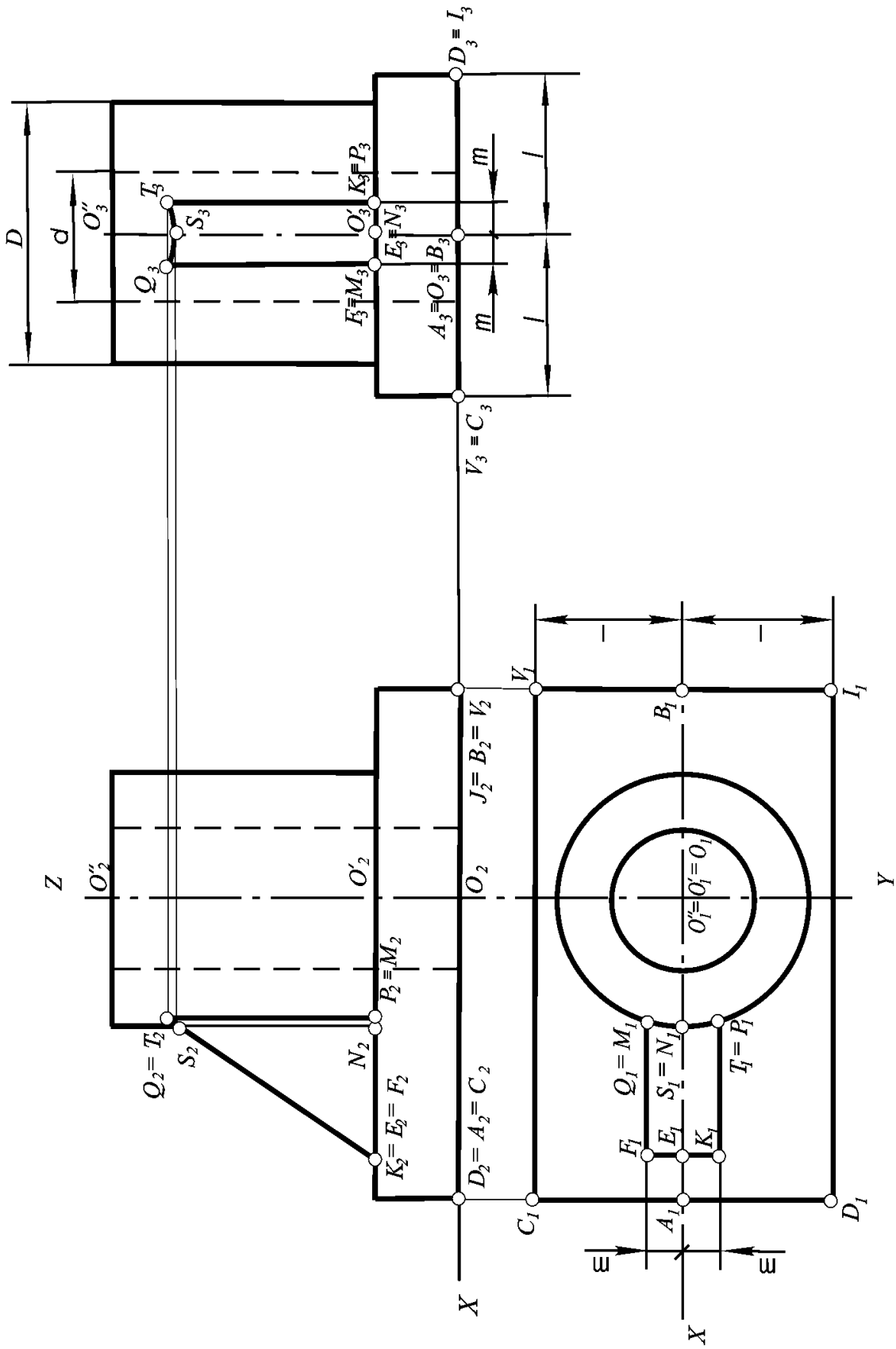


Рис. 60. Построение трех проекций детали

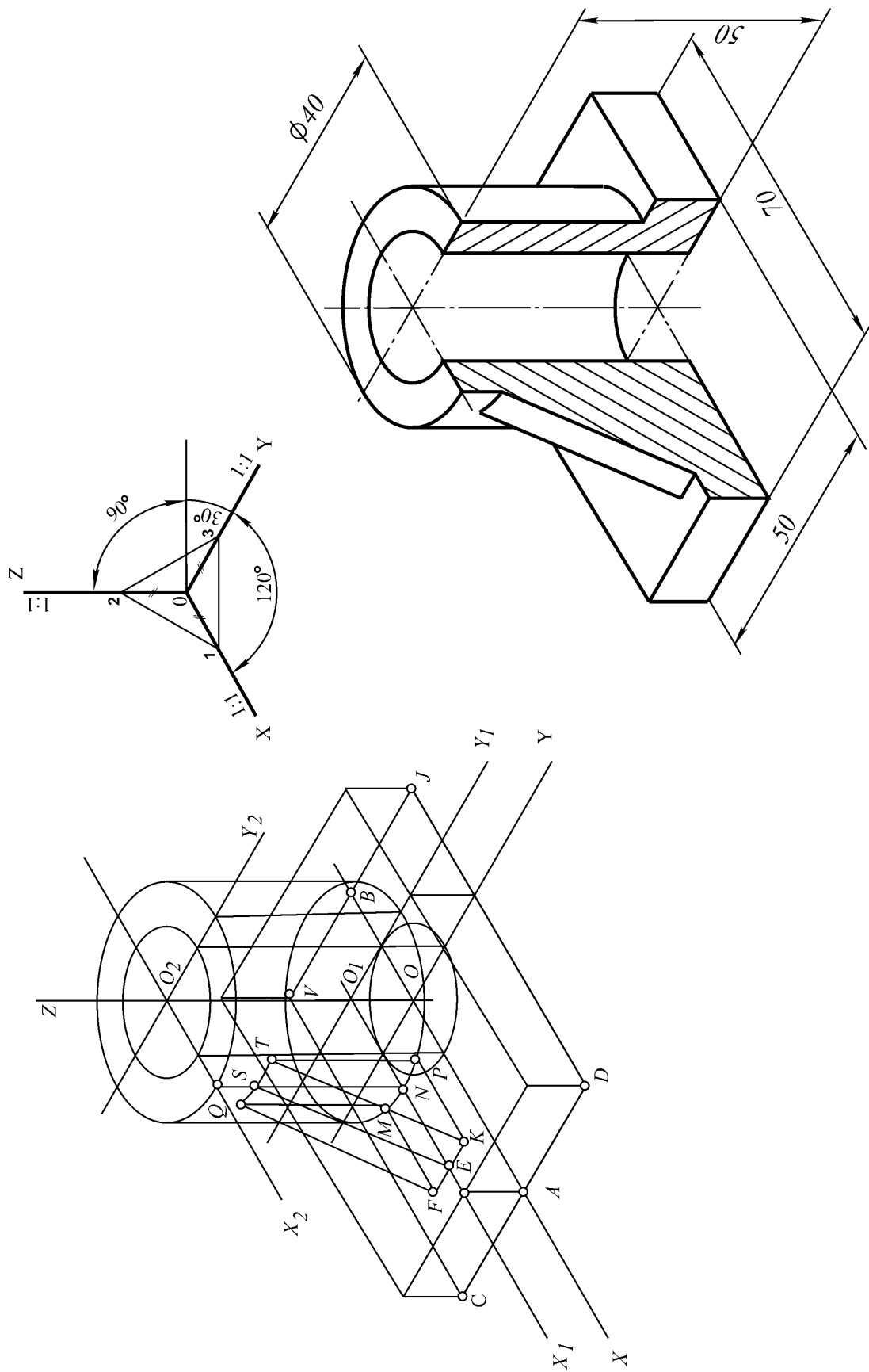


Рис. 61. Выполнение прямоугольной изометрии детали

Плоские фигуры, полученные от сечения, заштриховываются. Для определения направления штриховки необходимо на аксонометрических осях отложить от начала координат равные отрезки, а затем концы их соединить. Линии штриховки для сечения, расположенного в плоскости  $XOZ$ , будут параллельны отрезку 1-2, а для сечения, лежащего в плоскости  $ZOY$ , – параллельны отрезку 2-3. Удаляют все невидимые линии и обводят контурные линии. Изометрическую проекцию применяют в тех случаях, когда необходимо построить окружности в двух или трёх плоскостях, параллельных координатным осям.

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

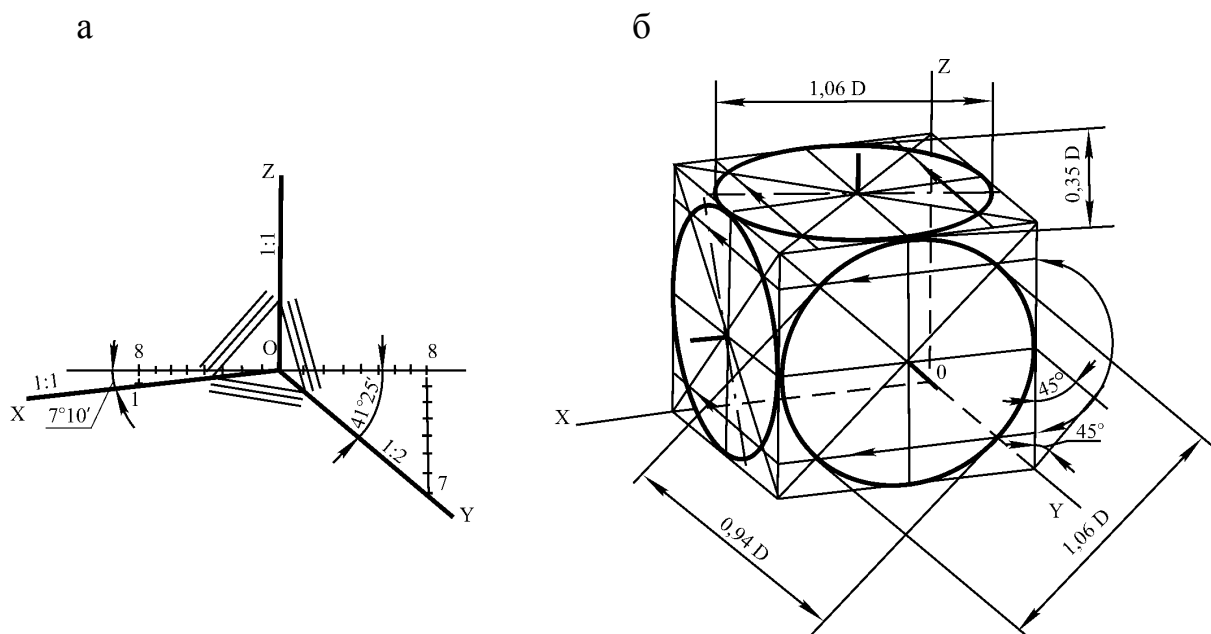


Рис. 62. Расположение осей в прямоугольной диметрии □

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

Построение прямоугольной диметрии куба с окружностями, вписанными в три видимые его грани, показано на рис. 62б. Окружности, вписанные в грани, представляют собой эллипсы двух видов. Оси эллипса, расположенного в грани, которая параллельна координатной плоскости  $XOZ$ , равны: большая ось –  $1,06 D$ ; малая –  $0,94 D$ , где  $D$  – диаметр окружности, вписанной в грань куба. В двух других эллипсах большие оси равны  $1,06 D$ , а малые –  $0,35 D$ .

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

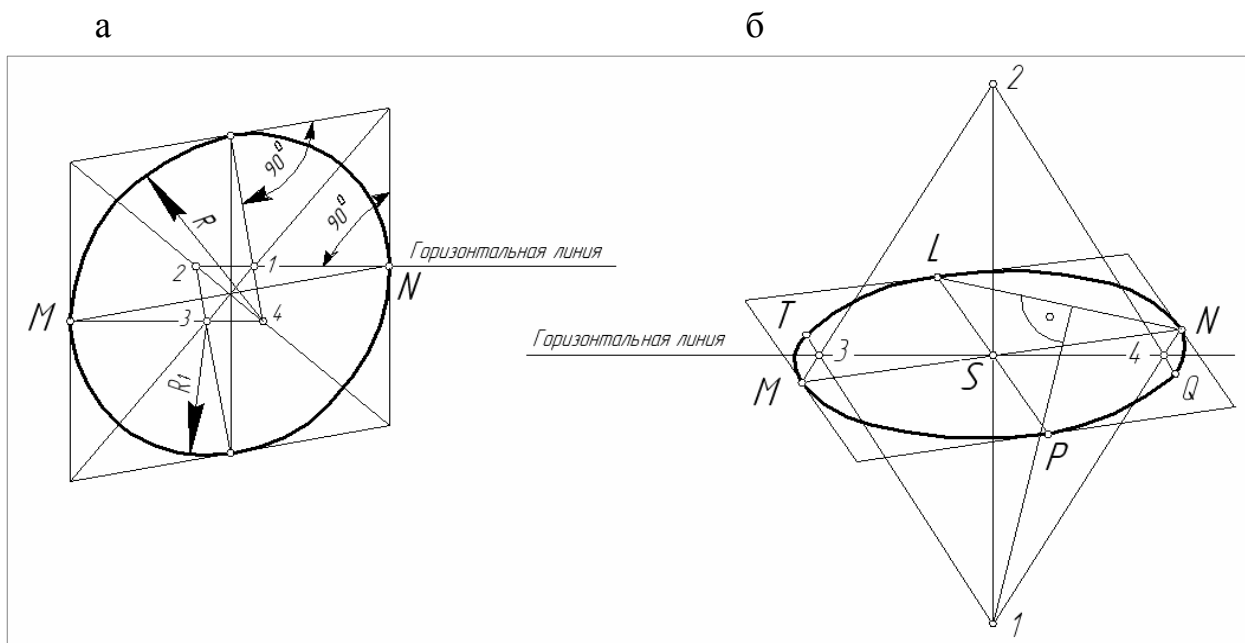


Рис. 63. Построение окружности в прямоугольной диметрии

Овал, заменяющий два других эллипса, выполняют следующим образом (рис. 63б). Прямые  $LP$  и  $MN$ , проведенные через середины противоположных сторон параллелограмма, пересекаются в точке  $S$ . Через точку  $S$

проводят горизонтальную и вертикальную линии. Прямую  $LN$ , соединяющую середины смежных сторон параллелограмма, делят пополам, и через ее середину проводят перпендикуляр до пересечения его с вертикальной линией в точке  $l$ .

На вертикальной прямой откладывают отрезок  $S-2 = S-1$ . Прямые  $2-M$  и  $1-N$  пересекают горизонтальную прямую в точках  $3$  и  $4$ . Полученные точки  $1, 2, 3$  и  $4$  будут центрами овала. Прямые  $1-3$  и  $2-4$  определяют точки сопряжения  $T$  и  $Q$ .

Из центров  $1$  и  $2$  описывают дуги окружностей  $TLN$  и  $QPM$ , а из центров  $3$  и  $4$  — дуги  $MT$  и  $NQ$ . Принцип построения прямоугольной диметрии детали (рис. 64) аналогичен принципу построения прямоугольной изометрии, приведённой на рис. 61.

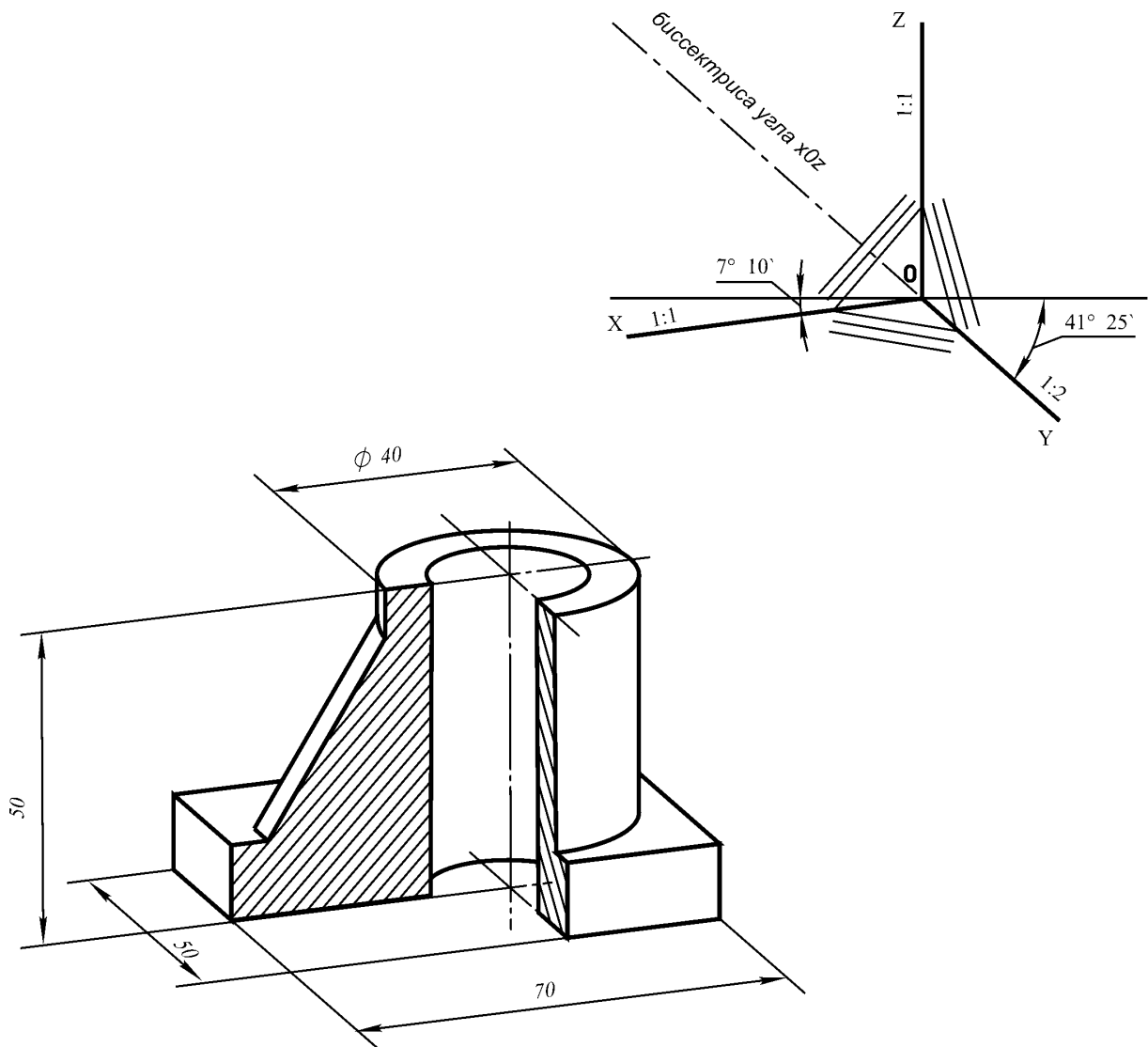


Рис. 64. Построение детали в прямоугольной диметрии



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

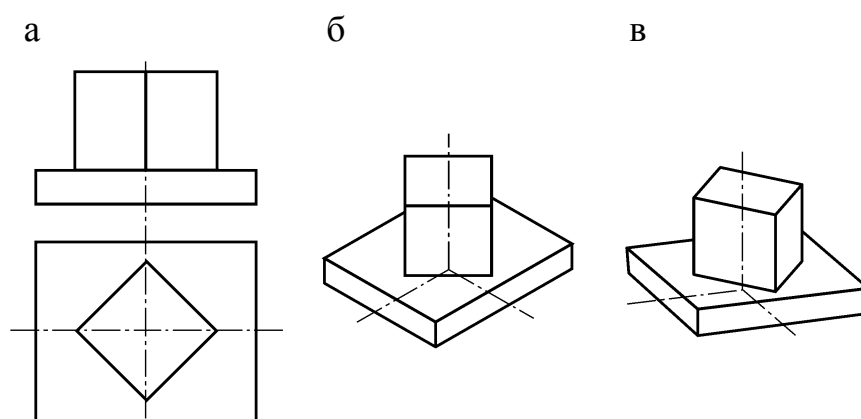


Рис. 65. Сравнение различных видов аксонометрии

#### 5.5.5. Косоугольная фронтальная изометрическая проекция.

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

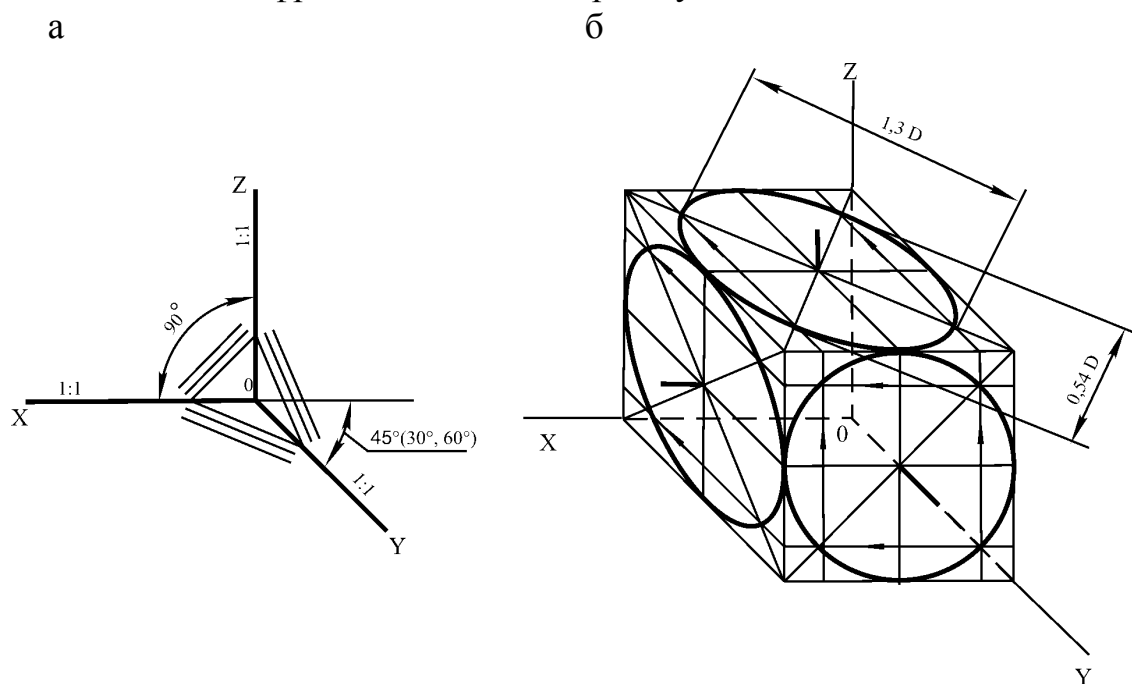


Рис. 66. Построение косоугольной фронтальной изометрии

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

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

Пример фронтальной изометрии детали приведён на рис. 67.

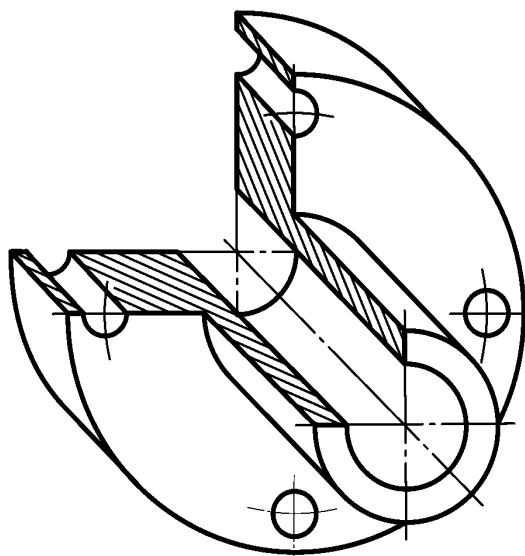


Рис. 67. Деталь в косоугольной фронтальной изометрии

#### 5.5.6. Косоугольная фронтальная диметрическая проекция.

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

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

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

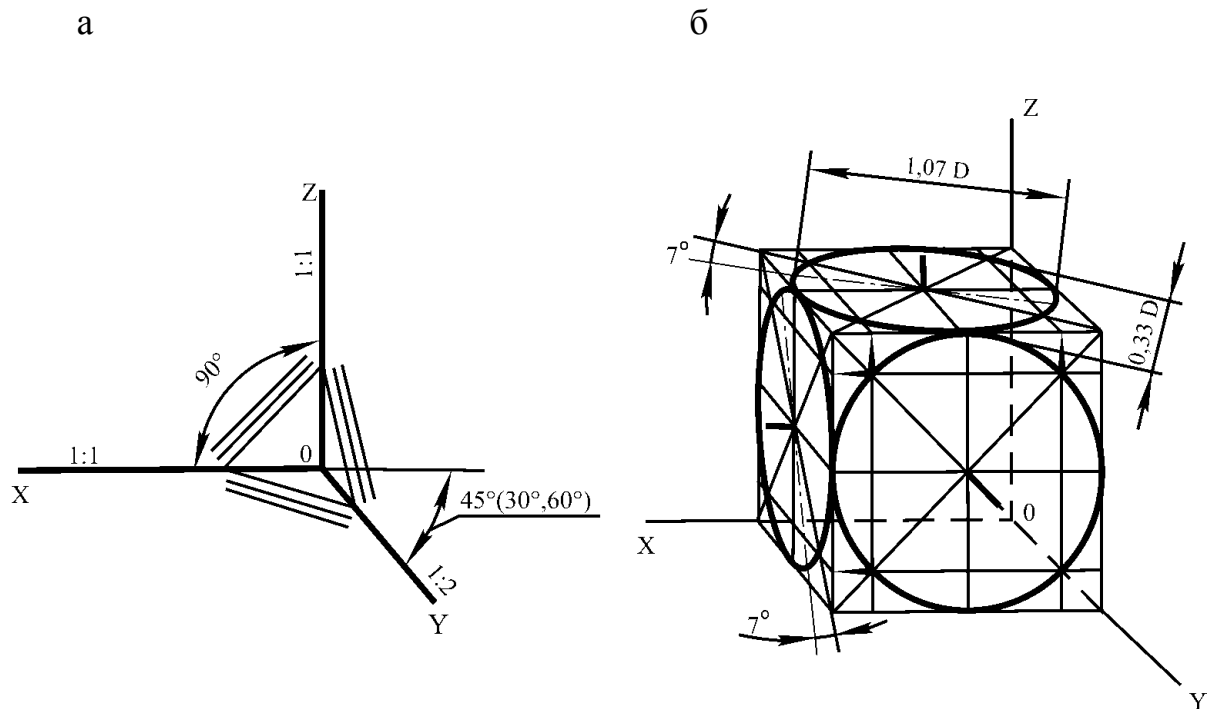


Рис. 68. Косоугольная фронтальная диметрия

Пример фронтальной диметрической проекции детали приведён на рис. 69.

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

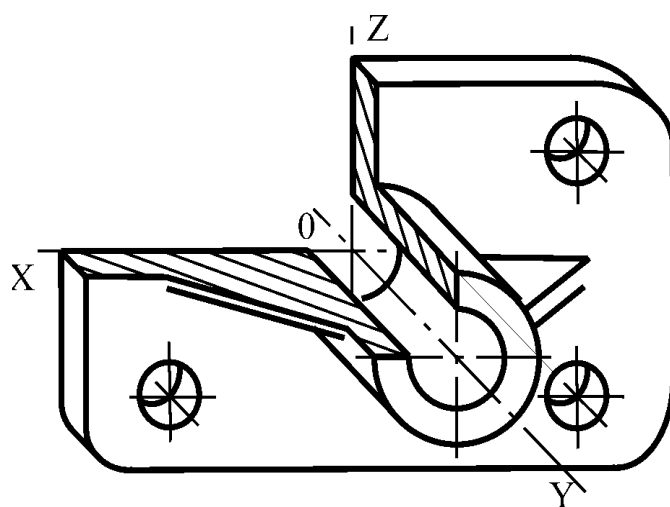


Рис. 69. Деталь с разрезом в косоугольной фронтальной диметрии

### 5.5.7. Косоугольная горизонтальная изометрическая проекция.

Расположение аксонометрических осей с нанесением штриховки в разрезах и аксонометрическая проекция куба с вписанными в грани окружностями представлены на рис. 70. Ось  $OY$  составляет с горизонталью угол  $30^\circ$ . ГОСТ 2.317–69 допускает применять и другие углы между горизонталью и осью  $OY$ , при этом угол  $90^\circ$  между осями  $OX$  и  $OY$  сохраняется. Коэффициент искажения по осям  $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$  равен 1. Размеры осей эллипса, расположенного в грани, параллельной координатной плоскости  $YOZ$ , равны размерам осей эллипсов прямоугольной изометрии. Вместо эллипса можно построить овал способом, приведённым на рис. 59. Второй эллипс в грани, параллельной плоскости  $XOZ$ , строят по восьми точкам. Оси эллипсов совпадают с диагоналями грани куба.

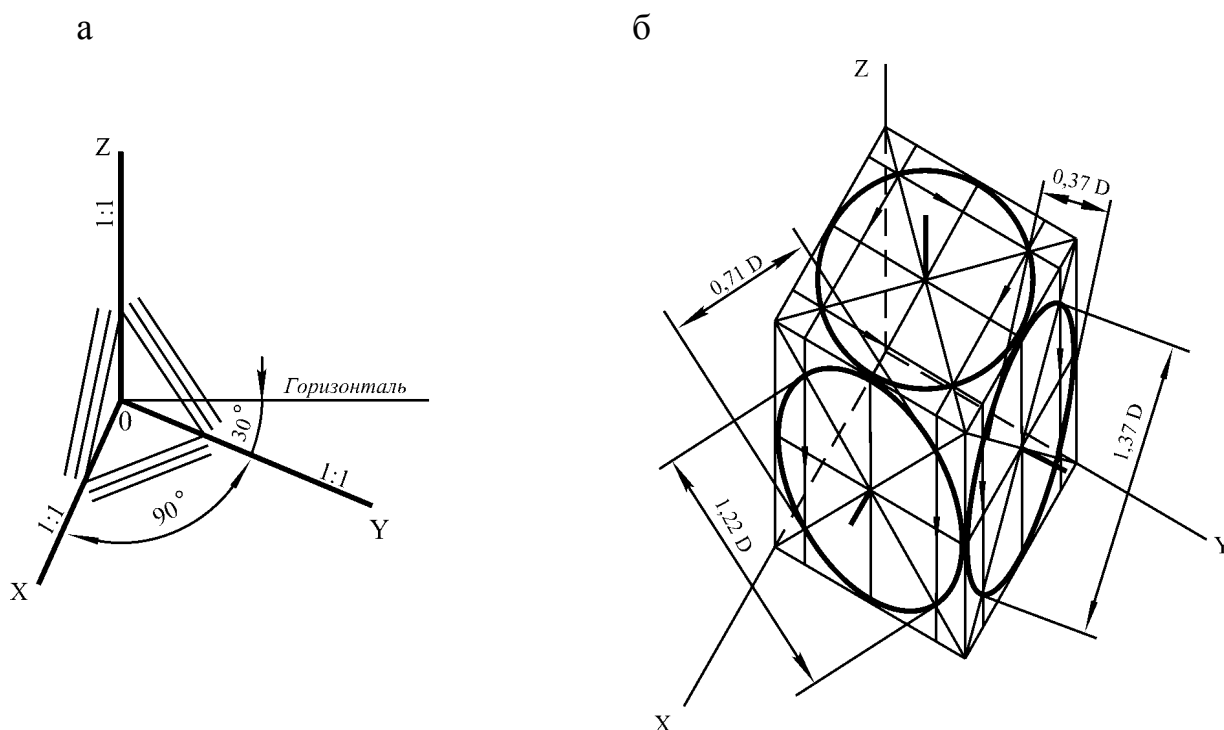


Рис. 70. Косоугольная горизонтальная изометрия

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

Пример горизонтальной изометрической проекции приведён на рис. 71.

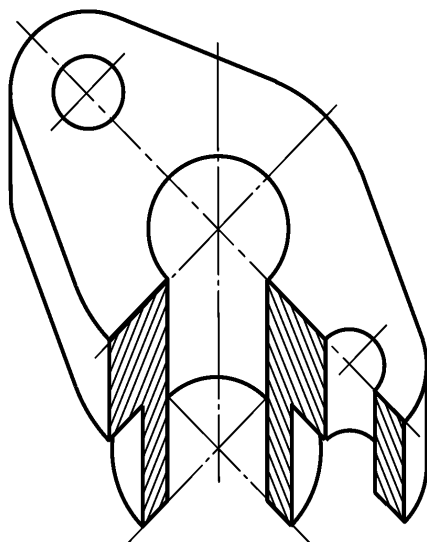


Рис. 71. Деталь в косоугольной горизонтальной изометрии

### Вопросы для самоконтроля

1. Как располагают предмет относительно фронтальной плоскости проекций?
2. Как разделяют изображения на чертеже в зависимости от их содержания?
3. Какое изображение называется видом?
4. Как располагаются основные виды в проекционной связи на чертеже и каковы их названия?
5. Какие виды обозначают и как их надписывают?
6. Какие виды называются дополнительными, какие – местными?
7. Какое изображение называется разрезом?
8. Как при разрезах указывают положение секущей плоскости?
9. Какой надписью отмечают разрез?
10. Как разделяются разрезы в зависимости от положения секущей плоскости?
11. Как классифицируются разрезы в зависимости от числа секущих плоскостей?
12. Какие разрезы называются ступенчатыми? Как их вычерчивают и обозначают?
13. Какой разрез называется местным и как он выделяется на виде?
14. Что служит разделяющей линией при соединении половины вида и разреза?
15. Что служит линией раздела, если при соединении половины вида и разреза с осью симметрии совпадает контурная линия?

16. Как показывают в разрезе ребро жесткости, если секущая плоскость направлена вдоль его длинной стороны?
17. Какое изображение принимают на чертеже в качестве главного?
18. Как располагаются основные виды в проекционной связи на чертеже и каковы их названия?
19. Какое изображение называется разрезом?
20. Как при разрезах указывают положение секущей плоскости?
21. Где могут быть расположены горизонтальный, фронтальный и профильный разрезы и когда их не обозначают?
22. Как в сложном разрезе проводят линию сечения?
23. Какие разрезы называются ступенчатыми? Как их вычерчивают и обозначают?
24. Какой разрез называется местным и как он выделяется на виде?
25. Что служит разделяющей линией при соединении половины вида и разреза?
26. Что служит линией раздела, если при соединении половины вида и разреза с осью симметрии совпадает контурная линия?
27. Как показывают в разрезе ребро жесткости, если секущая плоскость направлена вдоль его длинной стороны?
28. Каковы особенности изометрической прямоугольной проекции?
29. Как построить прямоугольную изометрию окружности, расположенную в горизонтальной координатной плоскости (фронтальной, профильной)?
30. Как построить овал по четырём точкам в прямоугольной изометрии?
31. Каков порядок построения аксонометрии детали, заданной её проекциями?
32. Как располагаются оси в прямоугольной диметрии? Чему равны коэффициенты искажения?
33. Чем руководствуются при выборе вида прямоугольной аксонометрической проекции?
34. В каких единицах проставляются линейные размеры на чертежах и указывается ли единица измерения?
35. Допускается ли использование линий контура, осевых и центровых линий в качестве размерных?
36. Допускается ли пересекать или разделять размерные числа линиями чертежа?
37. Какие знаки используют для нанесения размеров диаметра и радиуса окружности, квадрата и уклона?
38. В каких случаях допускается проводить размерные линии с обрывом?

## 6. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

### 6.1. Основные сведения

Строительными называют чертежи с относящимися к ним текстовыми документами, которые содержат проекционные изображения здания или его частей и другие данные, необходимые для его возведения, а также для изготовления строительных изделий и конструкций.

Строительные чертежи выполняют по тем же правилам, что и машиностроительные (используют те же методы проецирования, те же типы линий, одинаковые условности построения разрезов и т.д.). Однако есть у них и отличительные особенности, например: применяют другие масштабы, иначе проставляют размеры, иная последовательность выполнения чертежей и др.

В зависимости от вида изображаемых объектов строительные чертежи делятся на:

- архитектурно-строительные – чертежи жилых, общественных и производственных зданий;
- инженерно-строительные – чертежи инженерных сооружений: мостов, железных и шоссейных дорог, гидротехнических сооружений, тоннелей, резервуаров и т.д.;
- топографические – чертежи земной поверхности, изображающие рельеф местности, ситуацию (водоемы, насаждения, строения, дороги и т.д.).

Строительные чертежи должны выполняться в соответствии с действующими нормативными документами – ГОСТами Системы проектной документации для строительства (СПДС), которые распространяются на все виды проектной документации для строительства, а также ГОСТами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Проектирование зданий и сооружений может осуществляться в *две стадии* (проект и рабочая документация) или в *одну стадию* (рабочий проект). Проектирование несложных объектов и привязку типовых проектов с простым конструктивным решением к условиям места строительства, как правило, производят в одну стадию. Типовые проекты жилых и общественных зданий, а также индивидуальные проекты выполняют обычно в две стадии.

ПРОЕКТ – первая стадия проектирования – предназначен для рассмотрения и оценки архитектурно-планировочных и конструктивных решений, вопросов инженерного оборудования и организации строительства, его сметной стоимости и основных технико-экономических показателей с целью определения возможности и целесообразности строительства запроюктированного объекта и принятия решения об утверждении проекта.

Утвержденный проект – основа для разработки рабочей документации со сметами.

В состав проекта здания входят: пояснительная записка, планы подвала, типового и неповторяющегося этажей, фасады, разрезы, монтажные чертежи с маркировкой промышленных изделий, сметы, технико-экономические показатели и некоторые другие проектные материалы, а также схема генерального плана участка застройки с нанесением проектируемых и существующих зданий.

**РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ** со сметами – вторая стадия проектирования; ее составляют на основе утвержденного проекта. В состав рабочей документации на строительство здания входят: архитектурно-строительные чертежи здания (планы, фасады и разрезы) и, если необходимо, элементы планов, планы секций и фрагменты фасадов; чертежи и схемы расположения фундаментов, перекрытий, стен, крыши; чертежи конструктивных элементов – узлов и деталей; чертежи санитарно-технических устройств и благоустройства территории.

**РАБОЧИЙ ПРОЕКТ** со сводным сметным расчетом стоимости служит как для рассмотрения и утверждения проектного решения, так и для производства строительно-монтажных работ. Рабочий проект совмещен с рабочей документацией.

Работы по строительству зданий разделяют на общестроительные и специальные. К общестроительным относятся все работы по строительству самого здания, включая и отделочные; к специальным – работы по устройству водоснабжения и канализации, отопления и вентиляции, газоснабжения, электроосвещения, телефонизации, благоустройству.

В связи с этим и рабочие чертежи разделяются на отдельные части – комплекты, каждому из них присваивают наименование и особую марку, которую проставляют на каждом чертеже этого комплекта в основной надписи. Марка состоит из заглавных начальных букв названия данной части проекта.

В основной комплект рабочих чертежей включают следующие:

- чертежи генерального плана и сооружений транспорта (марка ГТ);
- архитектурно-строительные решения (марка АС);
- чертежи железобетонных конструкций (марка КЖ);
- чертежи металлических конструкций (марка КМ);
- чертежи деревянных конструкций (марка КД);
- чертежи санитарно-технических устройств: водопровода и канализации (марка ВК);
- отопления и вентиляции (марка ОВ) и др.

Строительные чертежи должны отвечать одному из основных требований, предъявляемых к чертежам, а именно: по чертежам можно пред-



ставить, изготовить, возвести и эксплуатировать тот или иной строительный объект – здание или сооружение.

## 6.2. Архитектурно-строительные чертежи

В состав комплекта чертежей марки АС – «Архитектурно-строительные решения» (с включением конструктивных узлов) входят:

- чертежи подземных конструкций здания – каналов, тоннелей, прямков для прокладки трубопроводов, электрических сетей и размещения технологического оборудования;
- планы, разрезы и фасады здания, их фрагменты и узлы, на которых показывают объемно-планировочное и общее конструктивное решения;
- план кровли;
- план полов;
- схемы расположения перегородок (кроме железобетонных, которые входят в комплект чертежей марки КЖ), а также схемы заполнения оконных проемов (кроме металлических окон, схемы расположения которых входят в комплект чертежей марки КМ).

Строительные чертежи зданий и инженерных сооружений составляют по общим правилам прямоугольного проецирования на основные плоскости проекций. Изображения зданий на строительных чертежах имеют свои названия.

Виды здания спереди, сзади, справа и слева называют *фасадами*.

В наименовании фасада указывают крайние координационные оси, например *ФАСАД 1-7* или *ФАСАД ПО ОСИ А*. Фасады здания дают представление о внешнем виде здания, о его общей форме и размерах, о количестве этажей, о наличии балконов и лоджий.

*Планом здания* называют изображение здания, мысленно рассеченного горизонтальной плоскостью на уровне оконных и дверных проемов и спроецированного на горизонтальную плоскость проекций, при этом другая часть здания предполагается удаленной. На чертеже плана здания показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено под ней. Если планировка помещений второго и последующих этажей одинакова, то кроме плана первого этажа выполняют также план второго этажа и называют его *планом типового этажа*.

В промышленных зданиях горизонтальные секущие плоскости проводят на уровне отдельных элементов, площадок или этажей зданий и полученные планы называют по этим числовым значениям уровней (отметкам пола), например: *ПЛАН НА ОТМЕТКЕ 6,000*.

Таким же способом получают и другие планы здания, например *план раскладки плит междуэтажного перекрытия*.

Наименование фасадов, планов и разрезов здания располагают над изображением и не подчеркивают.

*Разрезом* называют изображение здания, мысленно рассеченного вертикальной плоскостью и спроецированного на плоскость проекций, параллельную секущей плоскости. Положение секущей плоскости (горизонтальный след) для данного разреза показывают на плане этого здания. Разрезы делают по наиболее важным в конструктивном или архитектурном отношении частям здания, по лестничной клетке, по оконным и дверным проемам. Иногда для получения разреза применяют не одну, а две или более секущие параллельные плоскости. В таком случае разрез будет *сложным*, или *ступенчатым*.

Направление секущей плоскости для разреза обозначают на плане первого этажа разомкнутой линией со стрелками на концах, показывающими направление проецирования и взгляда наблюдателя. Около стрелок ставят арабские цифры, а на самом разрезе делают надпись по типу *РАЗРЕЗ 1–1*.

При выборе плоскости разрезов зданий необходимо знать, что секущие плоскости не проводят по колоннам, вдоль прогонов и балок перекрытий и по стропилам. Колонны, перегородки, прогоны, балки и стропила в продольном направлении всегда показывают нерассеченными; в поперечном сечении эти элементы (за исключением колонн) изображают рассеченными.

В строительных чертежах в разрезах и планах видимые линии контуров, не попадающие в плоскость сечения, выполняют сплошной тонкой линией.

### 6.3. Основные конструктивные элементы здания

Конструктивным элементом называется отдельная самостоятельная часть здания или сооружения: фундамент, стены, перегородки, цоколь, отмостка, перекрытие, покрытие, кровля, стропила, лестничный марш, оконный или дверной блок и т. п. (рис. 72).

**ОСНОВАНИЕ** – грунт, на который опирается фундамент.

**ФУНДАМЕНТ** – подземная часть здания, предназначенная для передачи на грунт нагрузки. Глубина заложения фундамента принимается, в зависимости от промерзания грунта, равной примерно 1,5–3,0 м и более.

Основными материалами для устройства фундаментов являются: естественный камень тяжелых пород, бетон и железобетон. Наиболее распространенными типами фундамента являются ленточный, сборный из бетонных и железобетонных элементов.

**ЦОКОЛЬ** – нижняя часть стены над фундаментом до уровня пола первого этажа. Цоколь предохраняет эту часть стены от атмосферных влияний и механических повреждений. Цоколь выполняют из материалов повышен-

ной прочности, влагоемкости и морозостойкости или облицовывают таким материалом. Кроме того, цоколь зрительно придает зданию более устойчивый вид.

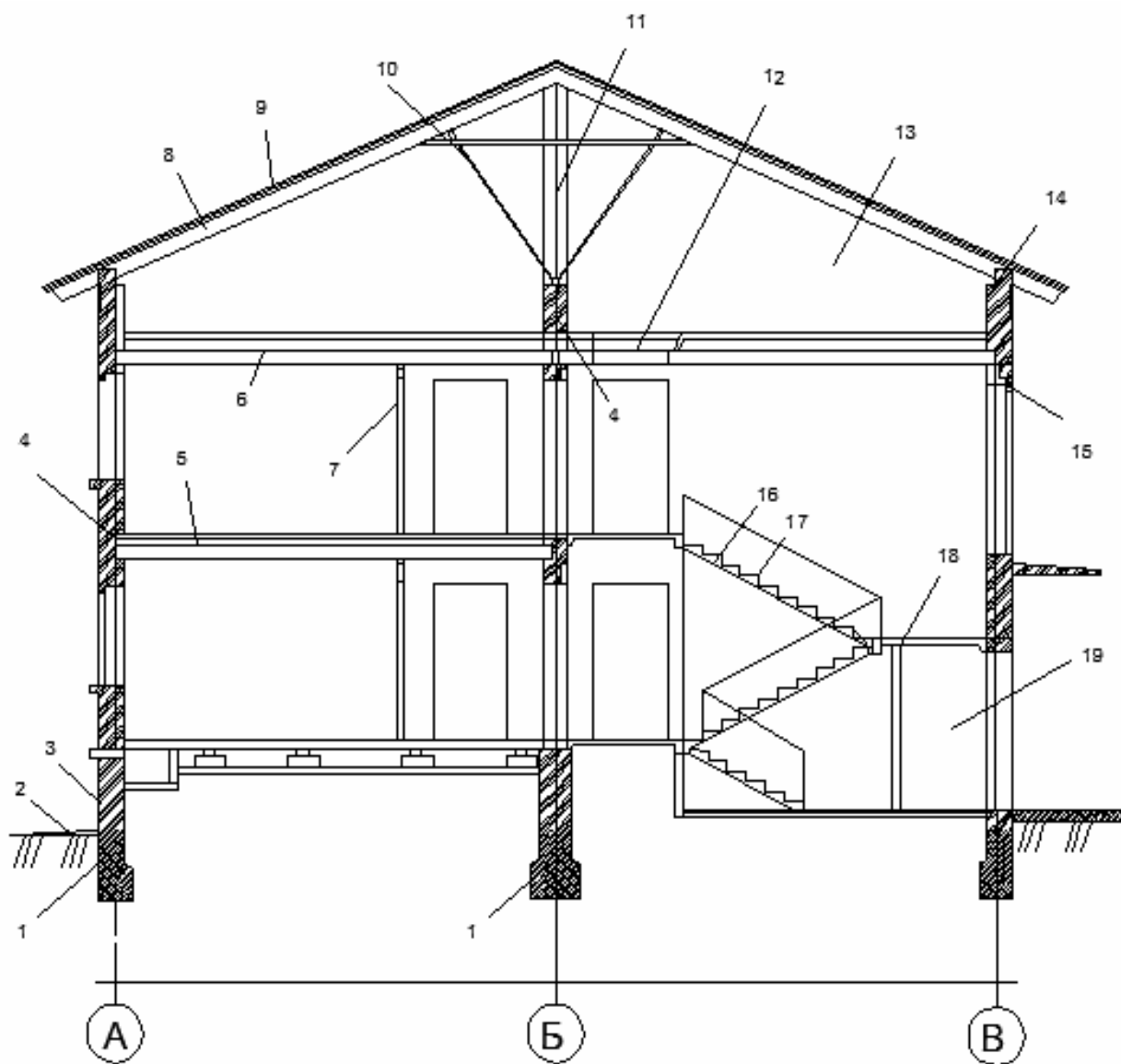


Рис. 72. Конструктивные элементы здания с несущими стенами:

- 1 – фундамент; 2 – отмостка; 3 – цоколь; 4 – несущие стены;
- 5 – междуэтажное перекрытие; 6 – чердачное перекрытие; 7 – перегородка;
- 8 – наклонные стропила; 9 – обрешетка кровли; 10 – подкос; 11 – стойка;
- 12 – люк; 13 – чердак; 14 – мауэрлат; 15 – перемычка; 16 – лестничные марш;
- 17 – косоур; 18 – лестничная площадка; 19 – тамбур

**ОТМОСТКА** служит для отвода атмосферных вод от стен здания. Ее устраивают при отсутствии у стен тротуаров в виде бетонной подготовки с асфальтовым покрытием, но могут применяться другие конструкции и материалы. Ширина отмостки должна быть на 200 мм больше выноса верх-

него карниза здания, но не менее 500 мм. Обычно ее делают шириной 700–1000 мм. Отмостка должна иметь уклон 1–3 %.

**СТЕНЫ** ограждают помещение от внешних температурных и атмосферных воздействий. Стены, на которые кроме собственного веса передается нагрузка от перекрытия, крыши и т. п., называют несущими. Стены, воспринимающие нагрузку только от собственного веса и опирающиеся на фундамент или фундаментальные балки, называются самонесущими.

Стены разделяют на наружные и внутренние. Если они несут нагрузку от других элементов здания, их называют капитальными. Внутренние стены отделяют одно помещение от другого. Тонкие стены (120 мм и тоньше) называют перегородками. Материалом стен могут служить кирпич, бетон, дерево, пластмасса и т. п.

**ПИЛЯСТРЫ** – узкие вертикальные утолщения в стенах, служащие для увеличения их устойчивости. Устраивают их в местах опирания на стены элементов перекрытия или покрытия.

**ПЕРЕКРЫТИЯ** разделяют здания по высоте на этажи или отделяют верхний этаж от чердака. В первом случае их называют междуэтажными, во втором – чердачными.

Если под первым этажом есть подвал, устраивают перекрытие над подвалом, как правило, из несгораемых материалов. Это перекрытие называют надподвальным. Конструкция перекрытий включает обычно несущие элементы, изолирующие пол и потолок.

В настоящее время основным материалом перекрытия является железобетон, реже – дерево и металл.

**КРЫШИ** состоят из несущей и ограждающих частей. Несущая часть представляет собой конструктивные элементы, воспринимающие все нагрузки. Это стропила, различного вида фермы и железобетонные панели.

**ПОКРЫТИЕ** – верхняя ограждающая конструкция, отделяющая помещения здания от наружной среды и защищающая их от атмосферных осадков. Эта конструкция совмещает функции потолка и крыши.

**КРОВЛЯ** – верхний водоизолирующий слой покрытия или крыши здания.

**СТРОПИЛА** – несущие конструкции кровельного покрытия, представляющие собой балку, опирающуюся на стены и внутренние опоры.

**МАУЭРЛАТ** – уложенные на наружные стены здания деревянные брусья, на которые опираются стропила.

**ПОЛЫ** в зависимости от назначения помещения могут иметь различную конструкцию (полы по лагам, по бетонному основанию). Верхний слой пола называют покрытием или чистым полом. В конструкции пола различают прослойку, стяжку, подстилающий слой или подготовку и основание под полы.

Материалом для устройства полов служат цемент, асфальт, ксилолит, керамические и пластмассовые плитки, доски, паркет, линолеум, мрамор, бетон, кирпич и т.п.

**ЛЕСТНИЦА.** *Лестничная клетка* – огражденное капитальными стенами помещение лестницы. *Лестничный марш* – наклонный элемент лестницы со ступенями (в одном марше не должно быть более 18 ступеней). *Лестничная площадка* – горизонтальный элемент лестницы между маршами. Различают основные лестничные площадки, расположенные на уровнях этажей, и промежуточные – для перехода с одного марша на другой. *Косоуры* – опирающиеся на площадки наклонные железобетонные или стальные балки, на которые укладывают ступени лестницы.

**ОКНА и ДВЕРИ.** *Проем* – сквозное отверстие в стене для окна, двери, ворот или других целей.

*Оконный блок* – заполнение оконного проема оконными переплетами с коробкой. Окна могут быть одностворчатыми, трехстворчатыми или с балконной дверью.

*Дверной блок* – заполнение дверного проема дверным полотном с коробкой. Двери по назначению делятся на внутренние и наружные, по числу дверных проемов – на однопольные, двухпольные, полуторные.

## 6.4. Общие указания по выполнению задания

6.4.1. Цель задания. Основной целью настоящего задания является:

- научить студентов читать архитектурно-строительные чертежи;
- познакомить с приемами и правилами выполнения и графическим оформлением архитектурно-строительных чертежей, условными графическими обозначениями, применяющимися в строительном черчении;
- научить студентов пользоваться технической литературой, ГОСТами и другими нормативными и справочными материалами.

В задании должно быть достигнуто:

- четкая композиция листа (расположение на листе плана, фасада и разреза здания);
- ясное и четкое графическое изображение чертежей с простановкой всех необходимых размеров, высотных отметок, условных графических изображений, а также выполнение пояснительных надписей согласно ГОСТ.

Приступая к работе, студент должен изучить выданное ему задание, ознакомиться с рекомендуемой литературой, с действующими нормами и техническими условиями, а также с образцом выполнения задания, рекомендуемым кафедрой.

При выполнении архитектурно-строительных чертежей необходимо обратить внимание на обводку линий чертежей, простановку размеров и высотных отметок и на другие особенности оформления чертежей.

6.4.2. Состав задания. Задание выдается каждому студенту (согласно номеру по списку журнала группы) для самостоятельного графического выполнения архитектурно-строительных чертежей. Варианты заданий приведены в прил. 6, образец выполнения РГР 5 – в прил. 5, рис. 1.

Задание состоит из графической части, которая представляет собой разработанные архитектурно-строительные чертежи плана, фасада и разреза здания.

По заданию студенту необходимо вычертить:

- в масштабе 1:100 план первого или второго этажа и фасад здания с простановкой размеров и соблюдением всех условностей строительного черчения;
- в масштабе 1:50 разрез здания с простановкой необходимых размеров, высотных отметок и условно-графических обозначений строительных материалов.

## 6.5. Требования по оформлению строительных чертежей

Чертежи задания выполняются на стандартном листе чертежной бумаги формата А1 (594×841 мм), в карандаше. Рекомендуется сначала чертеж выполнить тонкими линиями карандашом твердости Т или 2Т, а затем обвести его более мягким карандашом (ТМ, М), выдерживая установленные толщины и начертания линий.

Лист должен иметь рамку и основную надпись, причем рамка наносится с левой стороны на расстоянии 20 мм, с остальных сторон – на 5 мм от внешних кромок. Основная надпись размером 55×185 мм располагается в правом нижнем углу листа.

Выполнение чертежей следует начинать с размещения проекций здания на бумаге. Для этого рекомендуется прежде всего вычертить рамку и основную надпись, далее – вырезать из плотной бумаги формата (прямоугольника или квадрата), соответствующие размерам отдельных изображений (проекции здания) с выносными линиями, и, передвигая их на листе, получить наилучший вариант расположения изображений. Как правило, в левой половине листа, вверху, изображается главный фасад и под ним (в проекционной связи) – план здания; справа, сверху, – поперечный разрез здания и другие изображения (рис. 73).

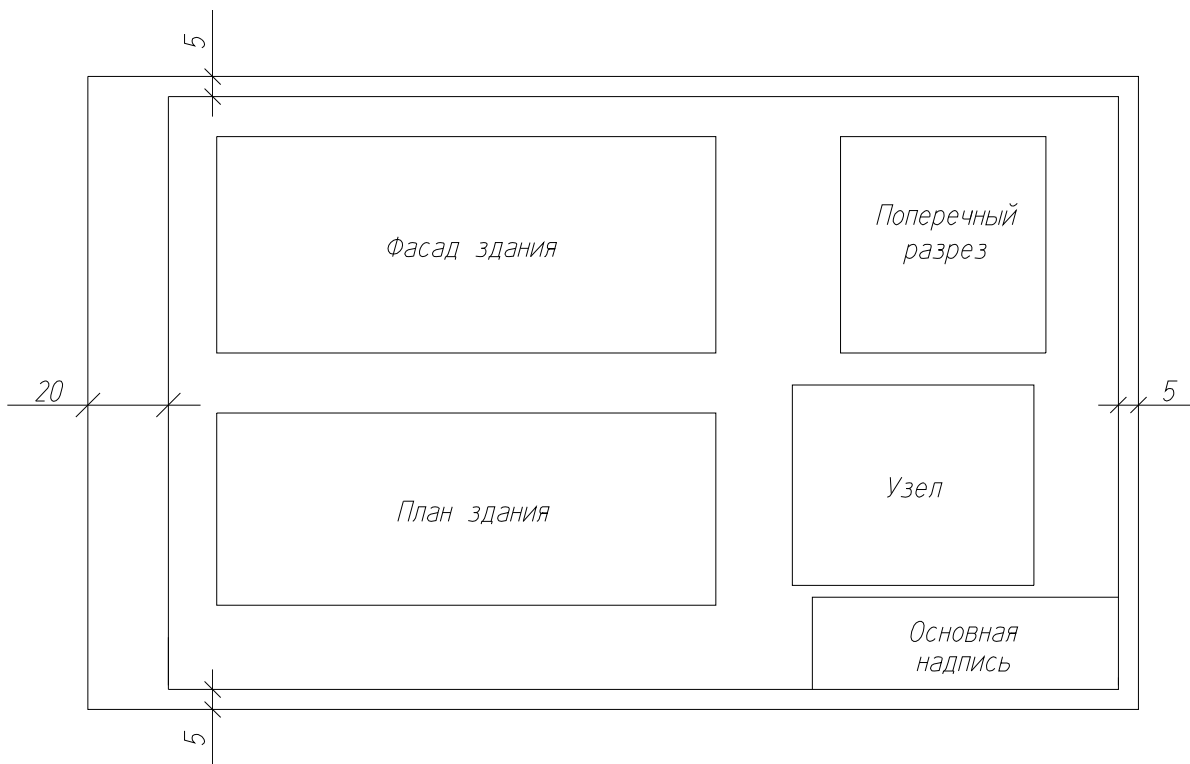


Рис.73. Компоновка листа

Проекция здания следует располагать от рамки листа примерно на 35–40 мм, а между выносными линиями последних цепочек размеров оставлять 25–30 мм. Принятое решение закрепляется на листе путем вычерчивания тонкими линиями габаритных прямоугольников.

Все строительные чертежи вначале вычерчивают тонкими линиями, применяя масштаб уменьшения. Масштабы чертежей выбираются согласно ГОСТ 2.302–68\*, с учетом требований ГОСТ 21.501–80\*. Архитектурно-строительные рабочие *чертежи жилых и общественных зданий* выполняют в следующих масштабах:

- планы этажей, перекрытий, фасады зданий – 1:100; 1:200;
- разрезы, планы секций, фрагменты планов и фасадов – 1:50; 1:100;
- изделия и узлы – 1:2; 1:5; 1:10; 1:20.

Архитектурно-строительные рабочие *чертежи производственных зданий* в конструкторской документации выполняют в следующих масштабах:

- планы этажей, разрезы, фасады зданий – 1:200; 1:400;
- фрагменты планов, фасадов и разрезов – 1:50; 1:100;
- изделия и узлы – 1:2; 1:5; 1:10; 1:20.

Если изображения на листе выполнены в разных масштабах, то над каждым изображением указывают соответствующий масштаб.

Разработку всех чертежей здания необходимо начинать с нанесения разбивочных осей, размеров между ними и их маркировки, после этого

производится построение основных контуров, а затем чертежи конструктивно детализируются.

После проверки преподавателем выполненного карандашом в тонких линиях задания производится обводка чертежей.

ЛИНИИ на строительных чертежах, их начертание, толщина и назначение должны соответствовать ГОСТ 2.303–68\*. Выразительный, легко читаемый чертеж можно получить, варьируя толщину линии.

В строительных чертежах есть особенности в применении отдельных типов линий. Все элементы, находящиеся в плоскости разреза, на плане и разрезе обводят более толстой линией по сравнению с элементами, не попавшими в нее. Так, стены, находящиеся в плоскости разреза, обводят линией, толщина которой принимается равной 0,6–0,8 мм. Толщина всех остальных линий зависит от толщины контурной линии.

Линии оконных проемов обводят тонкой линией, а вспомогательные линии – осевые, выносные, размерные и т.д. – еще более тонкой линией, толщина которой примерно равна 0,2 мм. Линию земли на разрезе и фасаде здания выполняют толстой линией толщиной 1–1,5 мм.

Попавшие в секущую плоскость конструкции, изготовленные из материала, являющегося для здания основным (стены, перегородки и т.д.), на планах и разрезах не штрихуют. Штриховкой или другими условными обозначениями выделяют только участки или конструкции (колонны, перемычки, перекрытия и т.п.), изготовленные из другого материала.

НАДПИСИ на строительных чертежах рекомендуется выполнять стандартным шрифтом (ГОСТ 2.304–68\*). ГОСТ допускает применение прямого без наклона шрифта с сохранением указанных в стандарте начертаний и размеров букв и цифр.

Размер (высота) шрифта для различных надписей рекомендуется следующий:

- в заголовках к чертежам и в основной надписи – наименование учебного заведения и объекта – 7 или 10 мм (прописными буквами);
- в прочих надписях на чертежах и в основной надписи – 3,5 или 5 мм (строчными буквами);
- для размерных чисел – 2,5 или 3,5 мм.

**РАЗМЕРЫ.** Общие правила нанесения размеров на строительных чертежах установлены ГОСТ 2.307–68\*, с учетом требований системы проектной документации для строительства (ГОСТ 21.105–79).

Все размеры объемно-планировочных и конструктивных элементов зданий, а также расположения разбивочных осей здания должны удовлетворять требованиям единой модульной системы (ЕМС), которая предусматривает взаимосвязку размеров объемно-планировочных и конструктивных элементов зданий и сооружений, а также размеров строительных



изделий и оборудования на базе модуля 100 мм. Цель внедрения ЕМС – создание базы для типизации и стандартизации в проектировании и строительстве.

Модуль может быть укрупненным: 3М, 6М, 12М, 30М, 60М и дробным: 1/2М, 1/5М, 1/10М, 1/20М, 1/50М и 1/100М. Укрупненные и дробные модули называют производными модулями.

Размеры на строительных чертежах проставляются в миллиметрах, кроме высотных отметок и площадей помещений, которые принято выражать в метрах, без указания единицы измерения. Если размеры проставляются в других единицах, то в примечании это должно быть оговорено.

Для нанесения на чертеже размеров проводят *выносные* и *размерные линии* и указывают размерные числа. Все выносные и размерные линии проводят тонкими сплошными линиями. В местах пересечения размерных линий с выносными ставят засечки в виде короткой (2–4 мм) сплошной основной линии, проводимой с наклоном вправо под углом 45° к размерной линии, снизу вверх по ходу письма. При недостатке места для засечек на размерных линиях, расположенных цепочкой, засечки можно заменять точками. Размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на 1–3 мм. Размерные числа проставляют над размерной линией параллельно ей и по возможности ближе к ее середине.

На строительных чертежах размеры наносят в виде замкнутой цепочки. Размеры можно повторять. Допускается проводить размерные линии непосредственно к линиям видимого контура, а осевые использовать в качестве выносных.

Расстояние от контура чертежа до размерной линии рекомендуется принимать не менее 10 мм (обычно 10–15), расстояние между параллельно расположенными линиями – не менее 7 мм, а от размерной линии до кружка разбивочной оси – 4 мм. Диаметр кружка в зависимости от частоты осей и общей насыщенности чертежа принимается равным 6–8 мм.

В соответствии с ГОСТ 21.105–79 (рис.74) отметки уровней (высоты, глубины) элемента здания или конструкции от какого-либо отсчетного уровня, принимаемого за нулевой, помещают на выносных линиях и обозначают соответствующим знаком. Он представляет собой стрелку в виде прямого угла с короткими (2–4 мм) сторонами, проведенными основными линиями под углом 45° к выносной линии, соответствующей линии уровня поверхности. Вертикальный отрезок и горизонтальную полку знака выполняют тонкими линиями. Отметки указывают в метрах с тремя десятичными знаками. Условную нулевую отметку обозначают «0,000», отметки ниже условной нулевой приводят со знаком минус, отметки выше условной нулевой – со знаком плюс. На планах зданий отметки наносят в прямоугольнике, в этих случаях отметки указывают со знаком плюс.

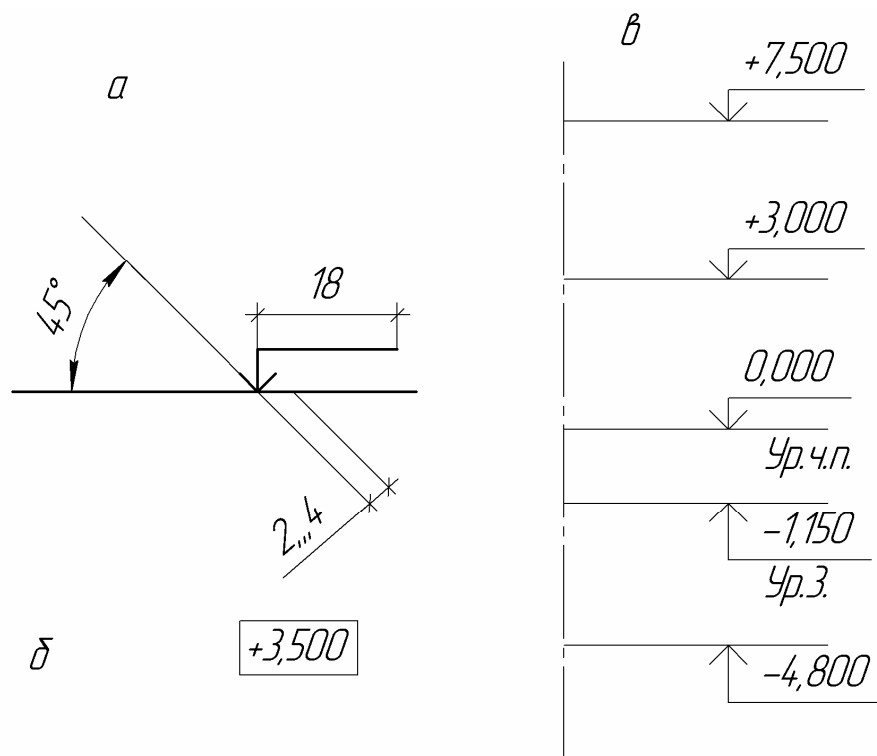


Рис. 74. Нанесение знака отметок уровней:  
 а – выполнение знака; б – знак на планах;  
 в – отметки выше и ниже условной нулевой отметки

Выполнение чертежей следует вести в следующей последовательности:

- план здания;
- поперечный разрез здания;
- фасад здания.

## 6.6. Последовательность выполнения задания

Лестница в плане здания вычерчивается после выполнения разреза здания, т.е. после расчета лестничной клетки.

Задание следует выполнять, пользуясь методическими указаниями и специальной литературой по строительному черчению.

6.6.1. Построение и вычерчивание плана здания. Вычерчивание архитектурно-строительных чертежей следует начинать с плана.

ПЛАНом здания называется разрез здания горизонтальной секущей плоскостью в пределах оконных и дверных проемов. Это позволяет показать ширину оконных и дверных проемов и размеры простенков.

План здания, являясь горизонтальным разрезом, дает представление о его конфигурации и размерах, выявляет форму и расположение отдельных помещений, их взаимосвязь, расстановку оконных и дверных проемов, несущих конструкций (стен, колонн, столбов), лестниц, перегородок. На

плане наносятся контуры элементов здания, как попавшие в разрез, так и находящиеся ниже секущей плоскости.

Как правило, невидимые конструктивные элементы на планах не показывают. На планах обычно изображают санитарно-техническое оборудование (ванны, унитазы, раковины т.п.); печи (при печном отоплении); кухонные плиты, каналы (вентиляционные или дымовые); иногда расположение мебели (жилые и общественные здания) и технологического оборудования (промышленное здание).

Работа по вычерчиванию плана здания является трудоемкой, все построения на чертеже следует проводить хорошо заостренным карандашом (Т, ТМ) тонкими линиями в такой последовательности (рис.75):

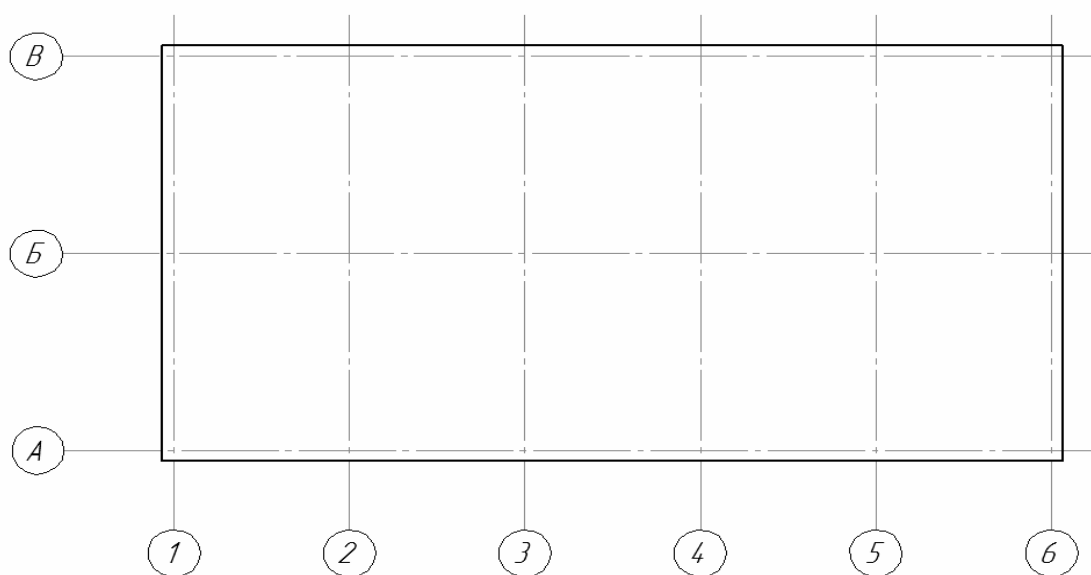


Рис. 75. Маркировка разбивочных осей

1. Проводят продольные и поперечные разбивочные оси, то есть наносят сетку разбивочных осей несущих конструкций здания.

Разбивочной осью называется линия, проходящая вдоль наружных и капитальных внутренних стен. Расстояние между разбивочными осями в плане здания называют шагом. Шаг может быть продольным и поперечным. Все наружные и капитальные внутренние стены, а также отдельно стоящие опоры-колонны, столбы должны иметь разбивочные оси. К разбивочным осям привязывают все элементы и конструкции здания.

Разбивочные оси наносят штрихпунктирными линиями и обозначают марками в кружках. Для маркировки разбивочных осей используют арабские цифры и прописные буквы. Цифрами маркируют оси по стороне здания с большим количеством разбивочных осей. Последовательность маркировки осей принимают слева направо и снизу вверх. Маркировку осей, как правило, располагают по левой и нижней сторонам плана здания (рис. 76).



2. Вычерчивают все наружные и внутренние стены, перегородки и колонны в соответствии с их размерами и принятой привязкой к разбивочным осям. Привязку стен к разбивочным осям в зданиях с несущими продольными и поперечными стенами производят следующим образом (рис. 77):

➤ внутреннюю грань наружной стены размещают от разбивочной оси на расстоянии  $a = 100$  мм для опирания плит перекрытия; иногда допускается совмещение внутренней грани стены с разбивочной осью при наружных самонесущих и навесных стенах в каркасных зданиях;

➤ во внутренних стенах геометрическая ось стены совпадает с разбивочной осью, за исключением стен лестничных клеток и стен с каналами, где допускаются отступления от этого правила.

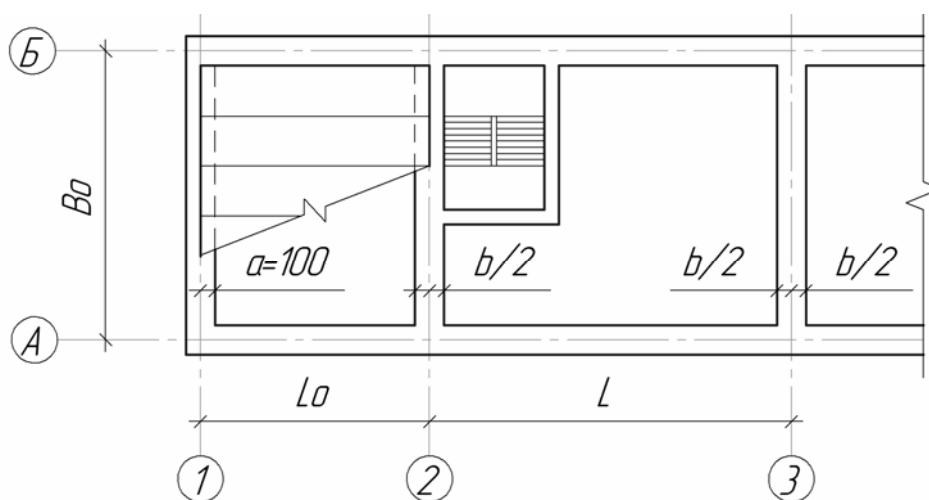


Рис. 77. Разбивочные оси наружных и внутренних стен

*Внутренние стены* делятся на несущие стены и перегородки. Внутренние несущие (капитальные) стены выполняются из того же материала, что и наружные. Толщина их может быть несколько меньше наружных.

Толщина наружных стен:

- из крупных блоков – 400, 500 мм;
- из крупных панелей – 250, 400 мм;
- из легкогобетонных камней – 420 мм;
- в 2, 5 кирпича – 640 мм;
- в 2 кирпича – 510 мм.

Толщина внутренних капитальных стен:

- из кирпича в 1,5 кирпича – 380 мм;
- из блоков – 200, 300 мм;
- из дерева – 220 мм.

*Перегородки* – внутренние ограждающие конструкции, отделяющие одно помещение от другого, – могут быть выполнены:

- из гипсобетона и фибролитных плит толщиной 100, 120 мм;
- из дерева толщиной 100, 120 мм;
- в 0,5 кирпича толщиной 120;
- в 1 кирпич 250 мм.

3. Производят разбивку оконных и дверных проемов в наружных и внутренних стенах и перегородках. Условно обозначают окна и направления открывания дверных полотен. Оконные проемы в кирпичных и крупноблочных стенах выполняются с четвертями – это выступы в проеме, равные размеру одной четвертой части кирпича, т.е. 65 мм (рис. 78).

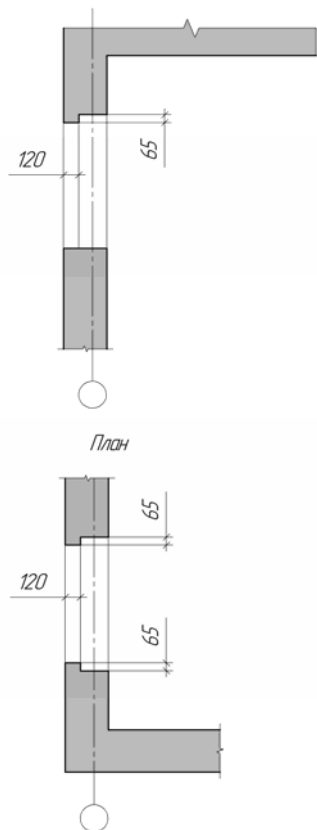


Рис. 78. Оконные проемы в плане и разрезе

В четверти устанавливают деревянную раму, называемую коробкой. В коробку вставляют оконный переплет. Марки и размеры оконных переплетов в соответствии с ГОСТ 11214–86 даны в табл. 5 и показаны на рис. 79.

Высота окна должна быть единой для всего этажа (этажей) здания. Желательно, чтобы вариантов окон и по ширине было как можно меньше для одного здания (не больше двух типов окон).

На плане принято вычерчивать оконные проемы в стенах без оконных коробок, переплетов и подоконной доски. При разбивке оконных проемов на плане следует учесть, что они должны располагаться равномерно, с определенным ритмом между проемами и простенками. От того, как будут размещены окна на плане, зависит, как они будут выглядеть на фасаде здания.

Т а б л и ц а 5

Окна и балконные двери с двойным остеклением в наружных стенах жилых и общественных зданий (ГОСТ 11214–86)

	Окна			Балконные двери	
	размеры			размеры	
	в коробке	в проеме		в коробке	в проеме
15–6	570	610	22×7,5	720×2175	760×2210
15–9	870	910	22×9	870	
15–13	1320	1360			
15–18	1770	1810	24×7,5	870×2375	910×2410
15–12	1170	1210	24×9		
15–21	2070	2110			
15–7,5	720	760			

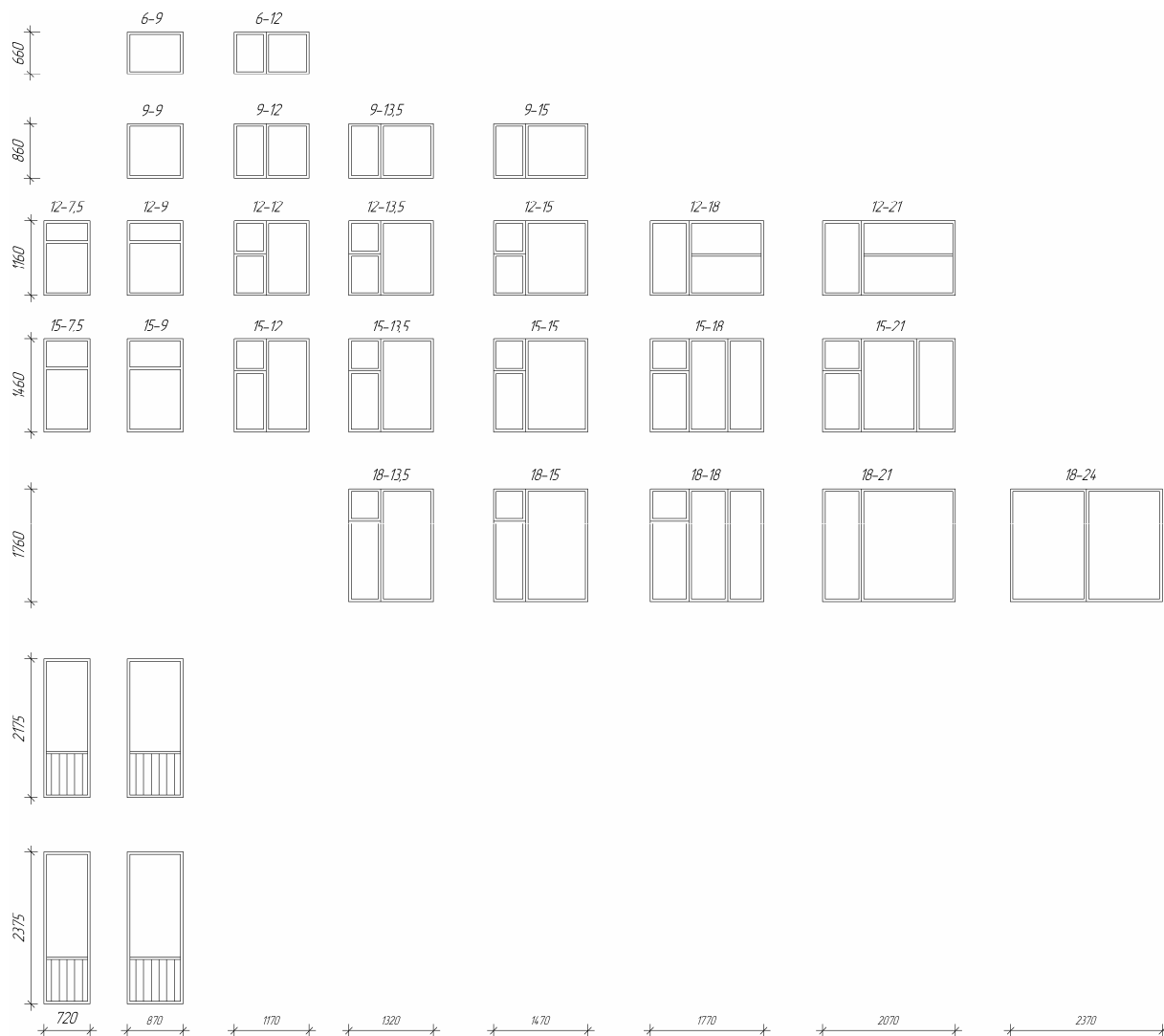


Рис. 79. Некоторые типовые оконные переплеты (ГОСТ 11214–86)

Каждое помещение должно иметь дверь. На дверные коробки, укрепленные в проемах стен, навешивают дверные полотна. Пример вычерчивания дверных проемов на планах и разрезах приведен на рис. 80.

По числу дверных полотен различают двери одно- и двухпольные. Ширина и высота дверных проемов подбирается в зависимости от назначения помещения.

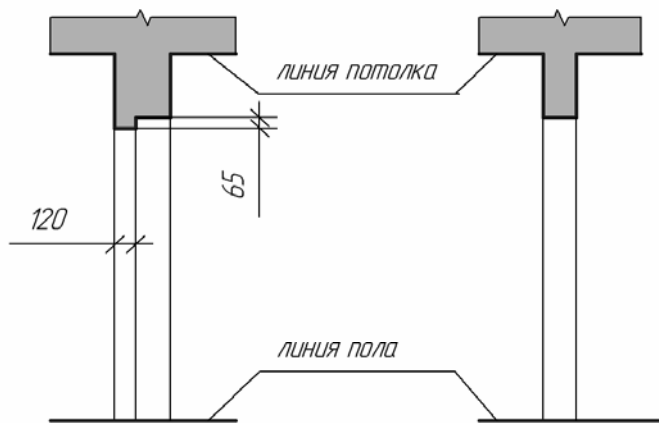
В общем случае размеры дверных проемов приведены на рис. 81.

Рекомендуется параметры дверных проемов выбирать согласно ГОСТ 6629–88 и ГОСТ 24698–81.

Ширина дверных проемов:

- в кладовые, ванные и уборные – ДГ21-7 – 600 мм;
- в кухни – ДГ21-8 – 700 мм;
- в комнаты (однопольные) – ДГ21-9, ДГ21-10 – 800 мм, 900 мм;
- наружные (двухпольные) – ДН21-15, ДН21-19 – 1400 мм, 1800 мм.

*на разрезе*



*на плане*

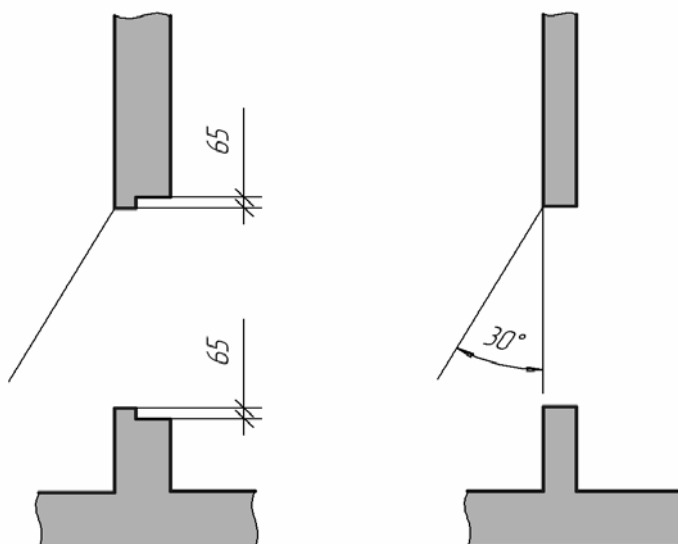


Рис.80. Дверные проемы в плане и разрезе  
(в капитальных стенах и в перегородках)



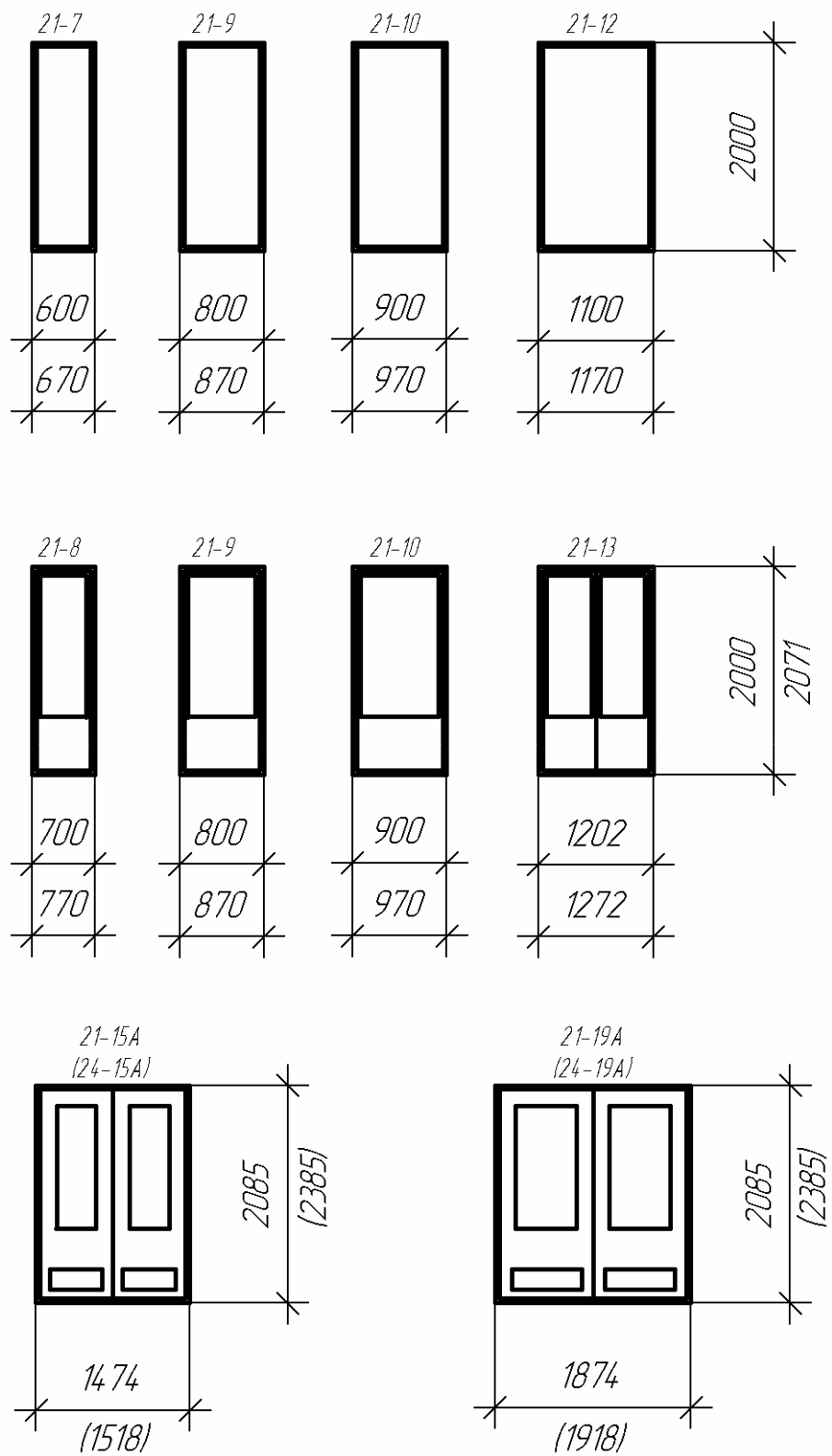


Рис. 81. Типовые дверные полотна

Высота всех внутренних дверей может быть 2,00 м, входной – 2,30 м. Двери из квартир на лестницу, в общий квартирный коридор или двери комнат должны открываться внутрь коридора или комнаты. Входные двери открываются наружу. На чертежах в масштабе 1: 400 или мельче открывание дверей и ворот показывать не обязательно. Угол наклона полотна двери к плоскости при недостатке места на чертеже допускается принимать равным 30°. Дверной проем, нанесенный на план, должен быть привязан к одной из ближайших стен с тем, чтобы при постройке дверь была сделана на том месте, где ее запроектировали. При этом надо представлять размер двери и марку.

4. Вычерчивают санитарно-техническое оборудование: ванны, унитазы, умывальники и плиты (рис. 82). Печи и кухонные очаги в здании располагаются, как правило, около капитальных каменных стен, где предусматриваются дымоходные каналы, которые показывают на чертеже согласно ГОСТ 21.107–78\*.

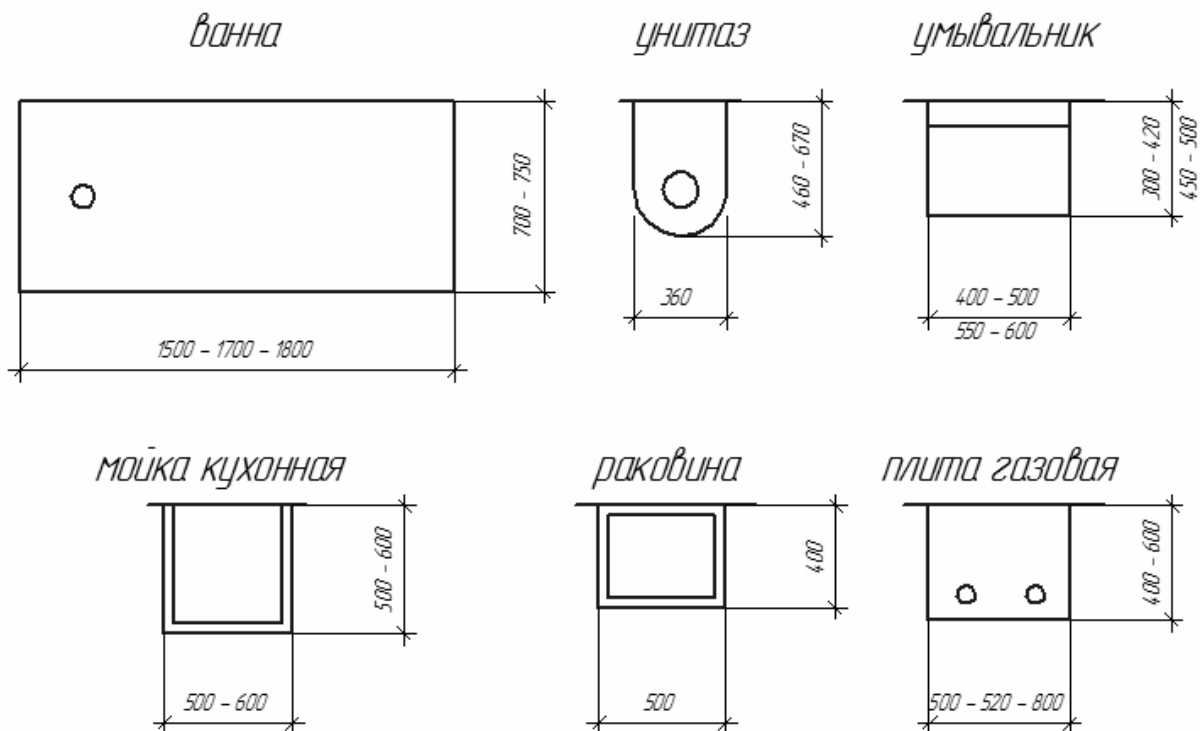


Рис.82. Примеры санитарно-технического оборудования

Вентиляционные каналы показывают в стенах ванн, туалетов, кухонь и других помещений, требующих вентиляции. Каналы на плане изображают в виде прямоугольников размером: дымоходные – 140×270 мм, вентиляционные – 140×140 мм и 140×270 мм.

5. Наносят необходимые размерные линии и проставляют все размеры, делают соответствующие надписи и производят проверку чертежа, выполненного в тонких линиях.

После исправлений и доработки пропущенных мест приступают к окончательной обводке плана здания карандашом ТМ и М (кроме плана лестничной клетки). Лестничная клетка вычерчивается одновременно и на плане, и на разрезе здания.

#### 6.6.2. Простановка размеров на плане здания.

На плане проставляют размеры, которые дают возможность судить о величине всех помещений и размерах конструктивных элементов здания (рис. 83). Это делают в следующем порядке:

а) Внешние размерные линии проводят (от одной до четырех) с расстоянием между ними в 7–10 мм. При этом первую размерную линию проводят на расстоянии не менее 10 мм от контура плана, чтобы не затруднять его чтение. На первой размерной линии проставляют размеры оконных и дверных проемов и простенков между ними. Для проемов с четвертями размеры показывают по фасадной стороне стены, в четвертях. На второй размерной линии проставляют размеры между смежными осями. На третьей размерной линии – размеры между крайними осями. Простенки, ближайšie к разбивочным осям, привязывают размерами от их граней до оси. На четвертой размерной линии проставляют общие размеры здания (ширину и длину) по наружному обмеру. Если противоположные стены (верхняя и нижняя, левая и правая) на чертеже плана аналогичны по разбивке проемов, то размеры проставляются вдоль какой-нибудь одной стены (обычно нижней и левой).

б) Внутренние размеры помещений (комнат), толщины перегородок и внутренних стен проставляют на внутренних размерных линиях. Внутреннюю размерную линию проводят на расстоянии 8–10 мм от стены или перегородки по длине и ширине здания с указанием длины и ширины каждого помещения, толщины стен и перегородок, сечений колонн, размеров дверных проемов, шкафов и других конструктивных элементов.

Указанные элементы привязывают размерами к разбивочным осям или к другим конструктивным элементам здания – колоннам, перегородкам и т.д.. Площадь отдельных помещений проставляют в квадратных метрах с двумя десятичными знаками (без указания единицы измерения) и подчеркивают, располагая по возможности справа внизу каждого помещения.



в) Оси стен и колонн выносят за контур чертежа плана на левую и нижнюю стороны плана и заканчивают кружками диаметром 6–8 мм, в которых указывается марка оси. Если разбивка осей с правой и верхней сторон плана не совпадает с разбивкой левой и нижней сторон, марки разбивочных осей выносятся во все стороны. Для маркировки осей применяются заглавные буквы русского алфавита и арабские цифры, цифрами маркируются оси по более длинной стороне здания. Последовательность расположения цифр принята слева направо, начиная с цифры 1, а букв – снизу вверх, начиная с буквы А. Букву З не применяют для маркировки оси ввиду ее сходства по написанию с цифрой 3. На рис. 84 приведен пример нанесения размеров на планах жилого дома и производственного здания.

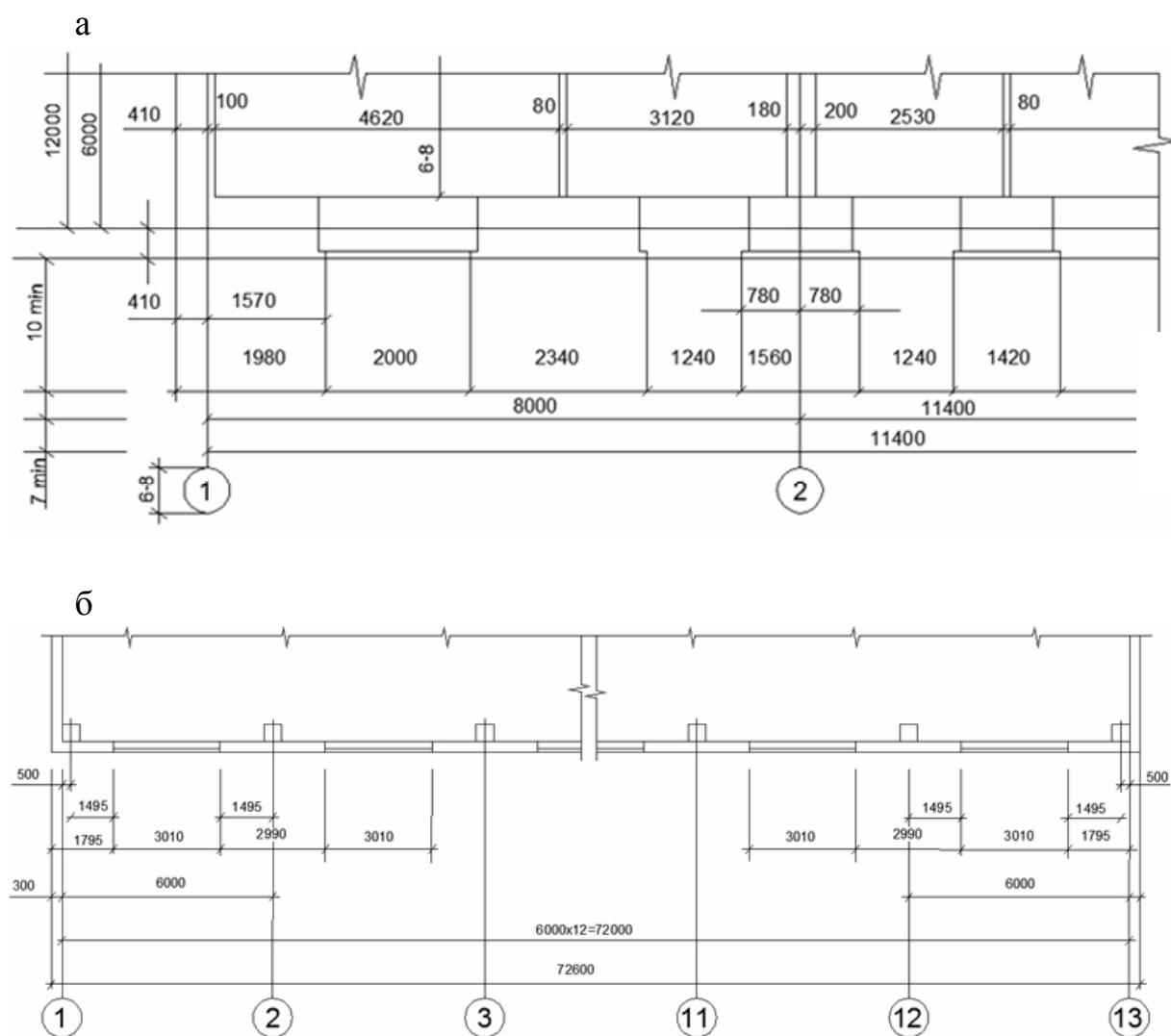


Рис. 84. Нанесения размеров на планах:  
а – жилого дома; б – производственного здания

## 6.7. Построение и вычерчивание вертикального разреза здания

Если здание мысленно рассесть вертикальной секущей плоскостью и одну часть здания спроектировать на вертикальную плоскость, то полученная проекция и будет разрезом здания. В зависимости от положения секущей плоскости разрезы бывают *продольные* и *поперечные*. Плоскости разрезов выбирают так, чтобы разрезы с достаточной ясностью выявляли конструктивное решение здания. Разрез рекомендуется делать посередине имеющихся в стенах оконных и дверных проемов и так, чтобы плоскость разреза прошла через лестничную клетку по одному из маршей лестницы. На чертежах разрезов наряду с элементами, попадающими в секущую плоскость, должны быть показаны элементы, находящиеся за плоскостью, – колонны, столбы, проемы.

Разрезы дают представление о конструкциях всех характерных частей здания и его размерах по высоте, а также о средствах сообщения между этажами по вертикали (для многоэтажных зданий). На строительных чертежах показывают чаще поперечные разрезы и реже – продольные разрезы (для промышленных зданий).

Разрезы зданий делятся на *архитектурные* и *конструктивные* (рис. 85, 86). В конструктивных разрезах показываются все конструкции здания, оказавшиеся в секущей плоскости. В архитектурных разрезах – лишь контур здания, проставляют размеры и высотные отметки, необходимые для проработки фасадов, без выявления конструкций. Линии вертикального разреза обозначаются на чертеже плана сплошной, прерванной в пределах контура плана толстой линией. На концах линии разреза проставляются короткие тонкие линии со стрелками для указания, в какую сторону надо смотреть, чтобы правильно прочесть разрез. Направление стрелок разрезов рекомендуется принимать снизу вверх и справа налево.

В сложных разрезах места перелома линии разреза изображаются парой коротких пересекающихся под прямым углом линий той же толщины, что и линия разреза. Разрезы зданий обозначаются по типу «Разрез 1-1» или «Разрез А-А» и т.д.

Принятые буквенные или цифровые обозначения разреза указываются и на чертеже плана около стрелок. Чертеж разреза здания вычерчивается в полном соответствии с планом.

В архитектурных разрезах перекрытие первого этажа без подвала показывают на чертеже одной линией – линией пола первого этажа. Подвальное перекрытие – двумя линиями – линией пола первого этажа и линией потолка подвального помещения.



Междуэтажное перекрытие вычерчивают двумя линиями, а именно: линией пола второго этажа и линией потолка первого этажа, расстояние между которыми равно толщине перекрытия. На архитектурных разрезах конструкцию перекрытий не показывают.

Чердачное перекрытие изображают либо одной линией – линией потолка последнего этажа, либо двумя линиями – линией потолка и линией засыпки.

Крышу на архитектурном разрезе показывают одной линией кровли.

Проемы на разрезе в масштабе 1:100 могут быть показаны с четвертями и без четвертей; в масштабе 1: 50 – обязательно с четвертями.

При вычерчивании архитектурного разреза все построения выполняют тонкими линиями в следующем порядке (рис. 87).

1. Проводят вертикальные разбивочные оси основных несущих конструкций стен и колонн (при наличии их) в соответствии с планом и направлением секущей плоскости.

2. Перпендикулярно разбивочным осям проводят горизонтальные линии уровней: поверхности земли (тротуара); линию пола первого этажа, на которой ставят отметку 0.00; линии пола всех этажей и условно верха чердачного перекрытия и карниза. Затем намечают высоту помещений и толщину перекрытий в соответствии с заданным числом этажей.

3. Наносят тонкими линиями контуры наружных и внутренних стен, перегородок, которые входят в разрез, а также высоты междуэтажных и чердачного перекрытий и конька крыши. Отмечают и вычерчивают выносы карниза (от стены) и цоколя, а также скаты крыши.

4. В наружных и внутренних стенах и перегородках намечают оконные и дверные проемы, а также видимые дверные проемы и другие элементы, расположенные за секущей плоскостью.

5. Проводят выносные и размерные линии, кружки для маркировки разбивочных осей и знаки для простановки высотных отметок.

6. В учебных целях на архитектурном разрезе здания наносят условные графические обозначения материалов, а на выносках в виде «этажерок» указывают, из каких элементов (слоев) состоит данная конструкция (например перекрытие) и каковы размеры этих элементов (слоев) сверху вниз.

7. Производят окончательную обводку сечений, проставляют высотные отметки и размеры, делают поясняющие надписи и указывают наименование разреза.



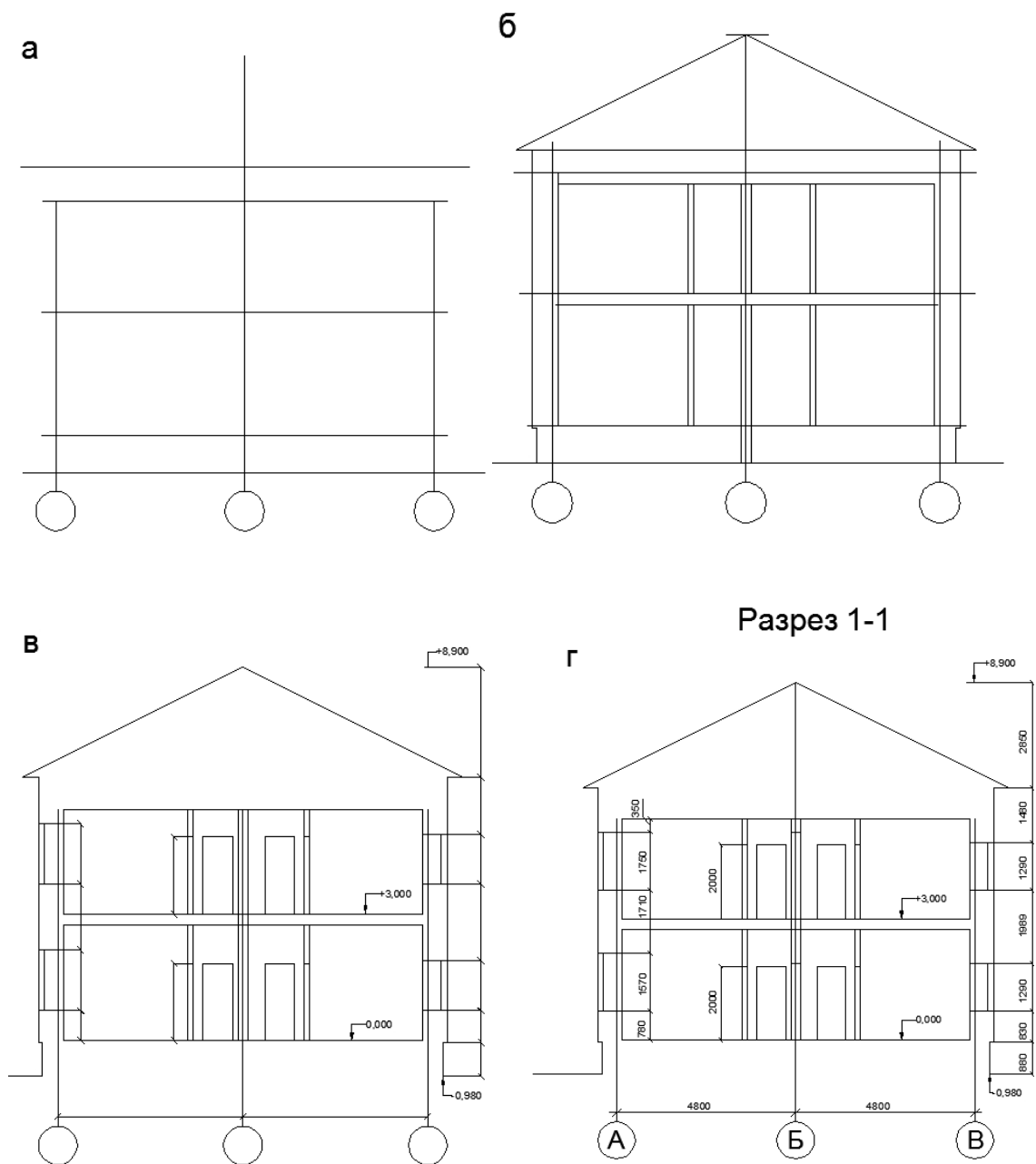


Рис. 87. Последовательность (а...г) вычерчивания разреза здания

6.7.1. Простановка размеров на разрезе здания. На разрезе наносят размеры, характеризующие высоты помещений и отдельных элементов зданий. При этом внутренние размеры – внутри контура здания, наружные – за контуром.

Отметкой называют число, указывающее высоту точки над плоскостью. За нулевую отметку принимают уровень пола первого этажа. Отметки наносят всегда в метрах, числа записывают на полке с тремя десятичными знаками, отделёнными от целых метров запятой. Плоскости, лежащие ниже условного нулевого уровня, обозначают знаком «минус». Плоскости, лежащие выше условного нулевого уровня, – знаком «плюс».

Внутри разреза проставляют размеры, определяющие высоту этажей, дверных и оконных проемов, толщину перекрытий, расстояние от пола до низа проема и расстояние от проема до потолка, а также высотные отметки уровней полов, потолков и лестничных площадок.

Вообще на разрезах должны быть нанесены все размеры, отметки, надписи, необходимые для определения расположения отдельных элементов здания. Однако не рекомендуется дублировать размеры и надписи, имеющиеся на планах. Исключение составляют только размеры между разбивочными осями и марки осей.

На разрезах зданий вертикальные разбивочные оси выносят вниз, проставляют в кружочках соответствующие марки, проводят две размерные линии и проставляют соответственно на них размеры между смежными и крайними осями (рис. 88).

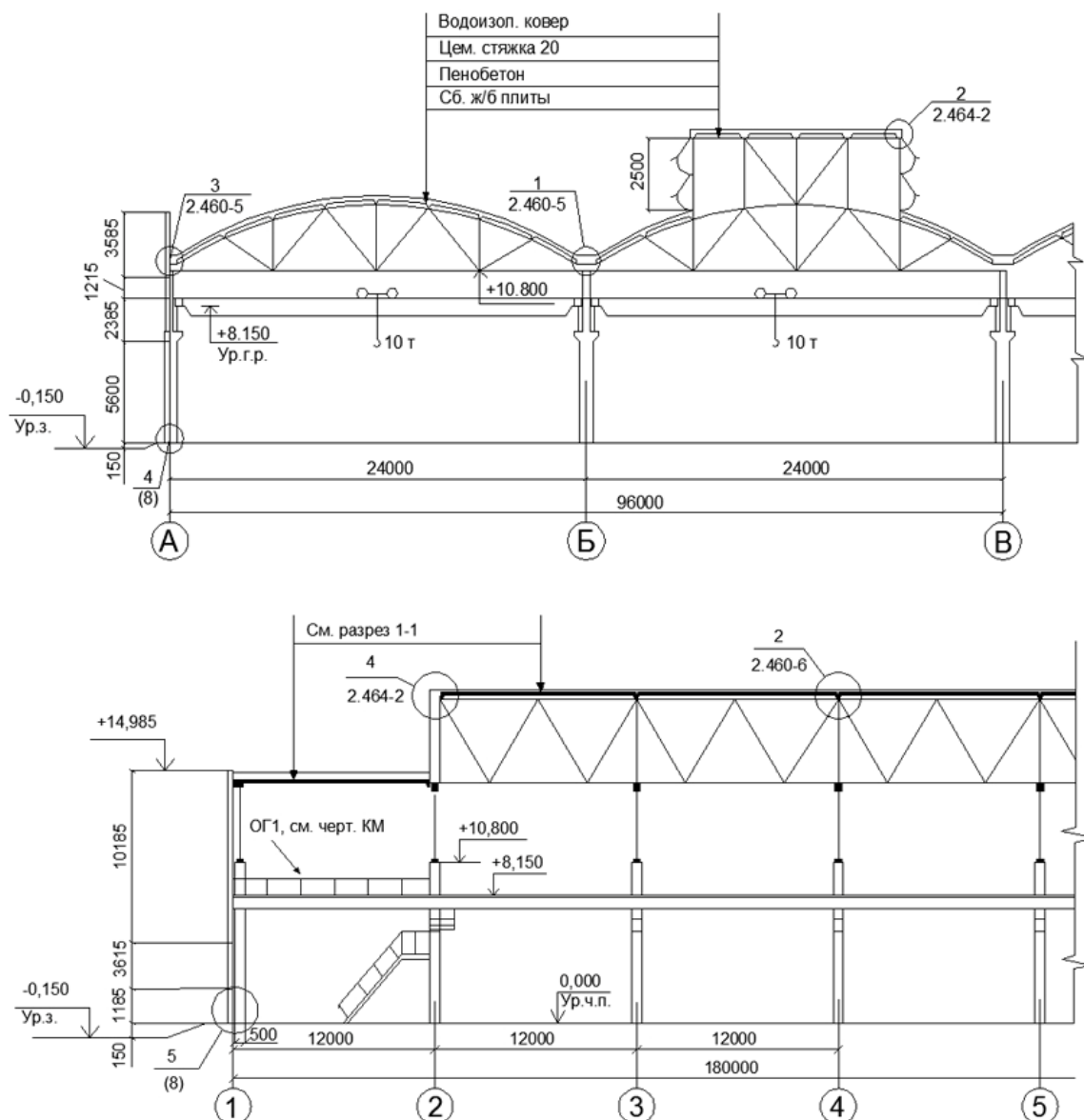


Рис. 88. Поперечный (а) и продольный (б) разрезы здания.  
Построение разреза по лестнице

6.7.2. Построение разреза по лестнице. Лестницы являются ответственной частью многоэтажного здания, так как служат не только для сообщения между этажами, но и для эвакуации при пожаре или другой аварийной ситуации.

Лестницы по назначению подразделяют на основные, или главные, и служебные, или вспомогательные. Служебные лестницы используют для сообщения с подвалами, чердаками и в качестве запасных для эвакуации людей в случае пожара.

Лестницы по материалу подразделяют на железобетонные, деревянные и стальные. Каждая лестница состоит из наклонных элементов – маршей и горизонтальных элементов – площадок. Лестницы бывают одно-, двух- и многомаршевые. Марши соединяют две лестничные площадки (этажные и промежуточные). Все эти элементы расположены в помещении, которое называется лестничной клеткой. В настоящее время почти все элементы лестницы в зданиях массового строительства выполняют из железобетона. По способу изготовления различают сборные и монолитные железобетонные лестницы. Широкое распространение получили сборные лестницы.

Марш представляет собой конструкцию, состоящую из ряда ступеней. Ступени опираются на балки – *косоуры*, располагаемые под ступенями. В состав маршей входят ограждения – *перила*. Высота ограждения 90–95 см. Несущие элементы марша своими концами опираются на несущие элементы площадок – *площадочные балки*.

Высота подъема одномаршевой лестницы равна высоте этажа. У двухмаршевой лестницы высота подъема одного марша принимается равной половине высоты этажа. Чаще всего применяют двухмаршевые лестницы. Ширину маршей обычно берут в пределах 90–240 см, для вспомогательных лестниц – не менее 90 см, для основных – не менее 105 см. Лестничные марши устанавливают с уклонами: 1: 2; 1:1,75; 1:1,5 и т.д. В марше допускается не менее 3 и не более 18 ступеней. Каждый марш для одной из лестничных площадок будет восходящим, т.е. поднимающимся вверх, а для другой – нисходящим, т.е. опускающимся вниз. Восходящий марш начинается нижней фризовой ступенью, служащей переходом к площадке, а нисходящий марш – верхней фризовой ступенью. Фризовые ступени марша, совпадающие с полом площадок, имеют особые очертания, все остальные ступени марша одинаковы.

Ступени лестниц характеризуются высотой подступенка  $h$  и шириной проступи  $b$ . Для удобства пользования лестницей необходимо, чтобы удвоенная высота подступенка  $h$  и ширина проступи  $b$  в сумме равнялись среднему шагу человека, принимаемому от 570 до 640 мм. Чаще всего эту величину принимают равной 600 мм, таким образом,  $b + 2h = 600$ . Высота подступенка находится в пределах 135–180 мм (чаще всего 150 мм). Ширина проступи 250–300 мм. Для основных лестниц ширину проступи принимают 300 мм.

Лестничные площадки, устраиваемые на уровне каждого этажа, называют этажными, а между этажами – промежуточными. Ширину лестничных площадок принимают не менее ширины марша и не менее 1200 мм.

Ниже рассматривается пример разбивки двухмаршевой лестницы (рис. 89).

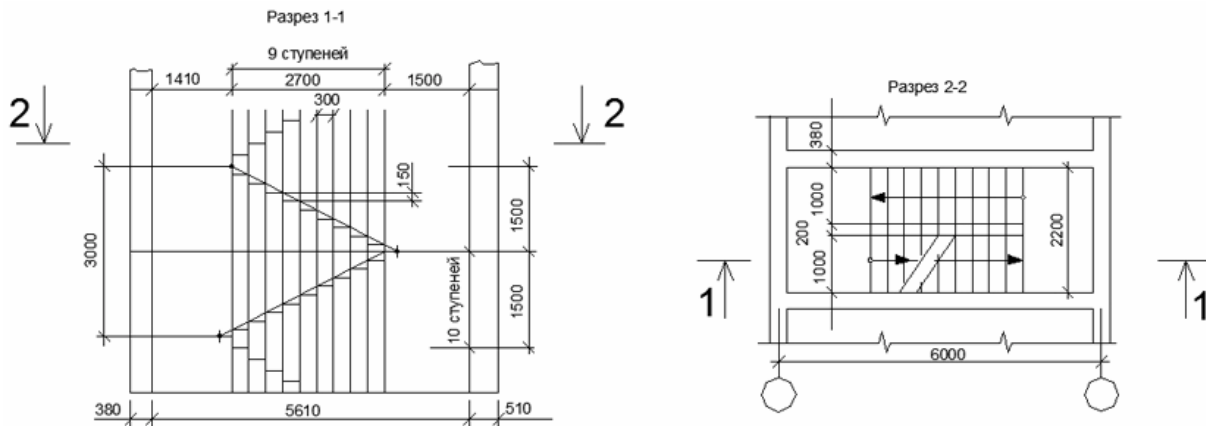


Рис. 89. Построение разреза по лестнице

Длина лестничной клетки 5610 мм, ширина 2200 мм. Ширина марша 1000 мм, зазор между маршами (в плане) 200 мм, высота этажей принята равной 3000 мм. При высоте ступени 150 мм в каждом марше должно быть (1500:150) десять ступеней.

После предварительных расчетов приступают к построению разреза. Проводят координационные оси, вычерчивают стены, отмечают уровни лестничных площадок (поэтажных и промежуточных) горизонтальными линиями. Затем откладывают на какой-либо горизонтальной линии разреза от внутренней стены ширину площадки (1410 мм) и 9 раз по 300 мм, затем через полученные точки проводят на разрезе тонкие вертикальные линии для разбивки ступеней. После этого откладывают ширину одной ступени (300 мм) в сторону площадки первого этажа (точка *a*) и соединяют наклонной прямой линию эту точку с крайней точкой (точка *b*) уровня выше лежащей промежуточной площадки. Прямая *ab* пересекает вертикальные линии в точках, через которые проводят горизонтальные (проступи) и вертикальные (подступенки) линии. Таким же способом на разрезе производят разбивку ступеней и других маршей.

После этого вычерчивают на разрезе лестничные площадки и марши, обводят основными линиями контуры сечений всех элементов – стен, площадок, ступеней, расположенных в плоскости разреза.

Следует иметь в виду, что плоскость разреза по лестнице всегда проводят по ближайшим к наблюдателю маршам.

## 6.8. Построение и вычерчивание фасада здания

Наружный вид здания называют фасадом. Он дает представление о внешнем виде здания, о его художественном образе, об общих размерах, о пропорциях и соотношениях его отдельных элементов. Различают *главный* фасад, *дворовый* и *боковые*, или *торцовые*, фасады.

*Главным фасадом* называется вид на здание со стороны улицы или площади. Внешний облик здания должен отражать его назначение. Архитектурно-отделочные работы проектируются без излишеств, с широким

применением индустриальных и отделочных материалов. Архитектурная выразительность кирпичных зданий значительно повышается при использовании кирпича различного цвета – это позволяет создавать орнаменты в простенках, карнизах (рис. 90).

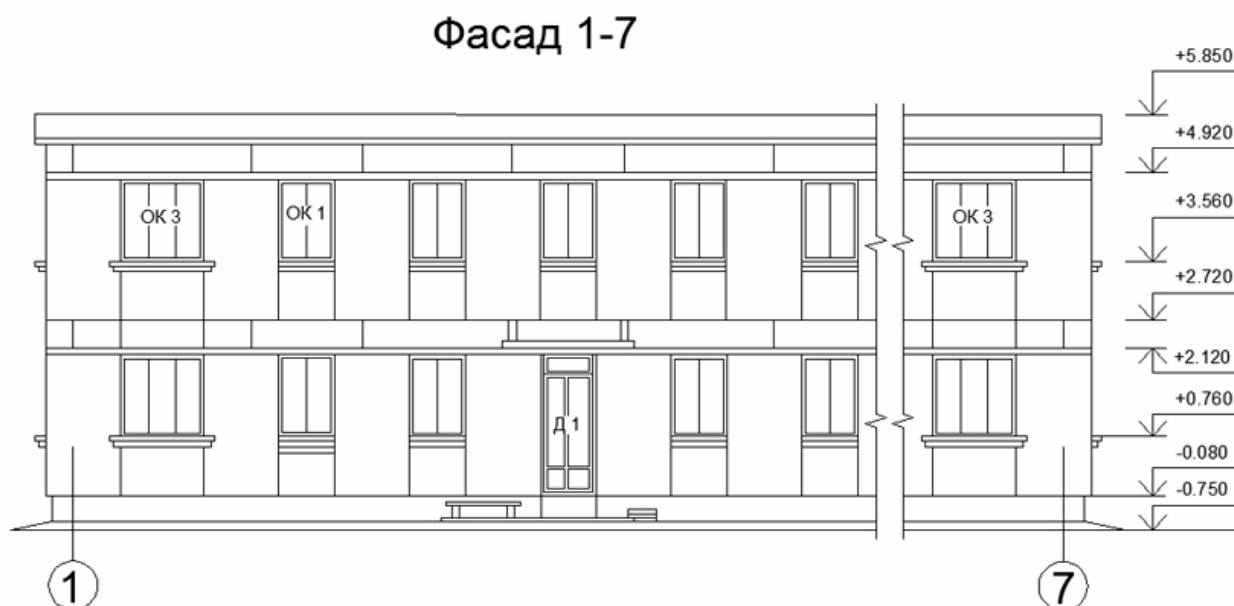


Рис. 90. Фасад 1–7 крупноблочного жилого дома

Чертежи фасадов вычерчиваются в том же масштабе, что и планы зданий. Чертеж главного фасада следует располагать над чертежом плана, и он строится как третья проекция по двум данным: плану и разрезу (если разрез здания вычерчивается в том же масштабе, что и план). Общую длину фасада, ширину оконных и дверных проемов и простенков между ними берут с плана здания. Высоту оконных и дверных проемов, цоколя, карниза, конька крыши и других элементов берут с разреза.

Фасады именуется по крайним разбивочным осям, между которыми располагается участок здания, изображенный на чертеже, например «*ФАСАД 1–4*» или «*ФАСАД А–Д*», или по одной оси, например «*ФАСАД ПО ОСИ А*». Размер между крайними разбивочными осями не указывают. На чертежах фасадов зданий справа и слева проставляют высотные отметки уровня земли, цоколя, низа и верха проемов, карниза и верха кровли.

На фасадах наносят разбивочные оси, проходящие в характерных местах: крайние, у перепадов высот, у одной из сторон каждого проема ворот и т.п. На фасадах изображают и обозначают пожарные лестницы, проставляют марки к схемам заполнения оконных и дверных проемов.

Все построения, связанные с вычерчиванием фасада, производят тонкими линиями в такой последовательности (рис. 91).

1. Наносят основные горизонтальные деления в соответствии с разрезом – линии земли, цоколя, карниза, поясков, конька, оконных и дверных проемов.

2. Наносят основные линии вертикальных делений в соответствии с планом – разбивочные оси, линии выступов стен, пилястр, колонн и т.п. – и чертят общий контур здания.

3. Вычерчивают оконные и дверные проемы, балконы, плиты козырьков над входами, карниз и другие архитектурные элементы фасада.

4. Вычерчивают оконные переплеты, двери, ограждения балконов, вентиляционные и дымовые трубы на крыше.

5. Проставляют знаки высотных отметок.

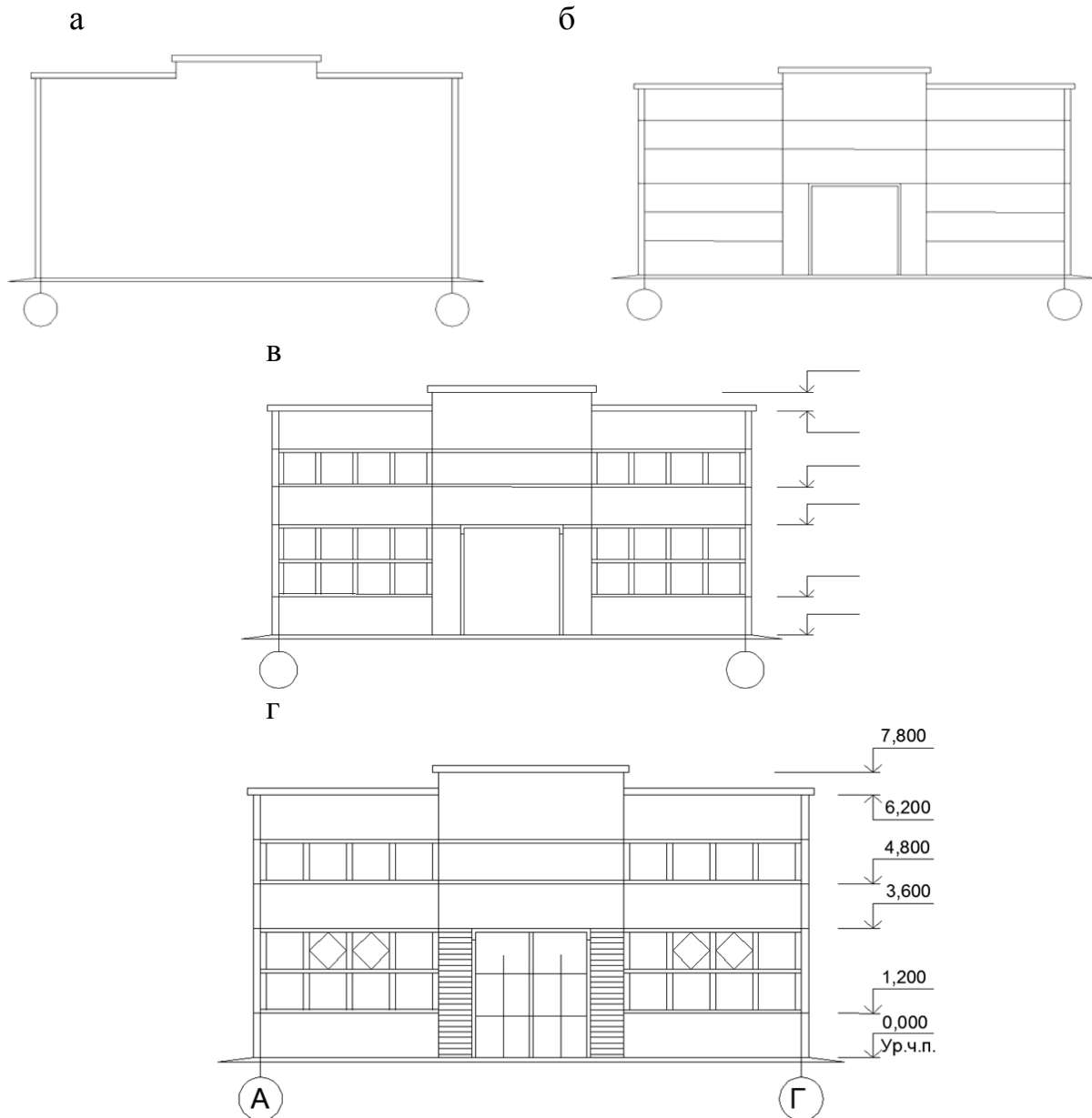


Рис. 91. Последовательность (а...г) вычерчивания фасада здания

После проверки соответствия фасада с планом и разрезом производят окончательную обводку фасада линиями соответствующей толщины. Горизонтальная линия земли проводится толщиной 1,5–2 мм и выводится за контур фасада.

Законченный чертеж фасада дополняется следующими данными: проставляются марки разбивочных осей; отметки характерных горизонтальных членений в соответствии с отметками, показанными на разрезах здания; марки оконных и дверных проемов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

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

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

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Будасов, Б.В. Начертательная геометрия и графика [Текст]: учеб. пособие / Б.В. Будасов. – СПб.: Питер, 2013.
2. Будасов, Б.В. Строительное черчение [Текст]: учеб. для вузов / Б.В. Будасов, О.В. Георгивский, В.П. Каминский; под общ. ред. О.В. Георгивского. – М.: Стройиздат, 2003. – 456 с.
3. Будасов, Б.В. Строительное черчение [Текст]: учеб. для вузов / Б.В. Будасов, В.П. Каминский. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 2003.
4. ГОСТ Р 21.1101–92 [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1993.
5. ГОСТ Р 21.1501–92 [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1993.
6. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1991.
7. Поляков, Л.Г. Архитектурно-строительные чертежи. Руководство по выполнению курсовой работы (Инженерная графика) [Текст]: учеб. пособие / Л.Г. Поляков, Г.Н. Туманова, А.В. Туманов, М.А. Гаврилов. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 143 с.
8. Проекционное черчение [Текст]: учеб. пособие / под общ. ред. Г.С. Слюсар. – Пенза: ПГУАС, 2009. – 110 с.
9. Руководство по выполнению архитектурно-строительных чертежей: [Текст]: учеб.-метод. пособи / под общ. ред. Л.Г. Полякова – Пенза: ПГУАС, 2012. – 60 с.
10. Руководство по выполнению расчетно-графических работ (Начертательная геометрия) [Текст]: учеб. пособие. / под общ. ред. Л.Г. Полякова. – Пенза: ПГУАСА, 2012. – 90 с.



# ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

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

## **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА** **по начертательной геометрии и инженерной графике**

Автор работы: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(подпись) (фамилия инициалы)

Направление (специальность): \_\_\_\_\_

Группа: \_\_\_\_\_

Руководитель: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(подпись) (фамилия инициалы)

Работа защищена « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. Оценка \_\_\_\_\_

Пенза 20 \_\_ г.

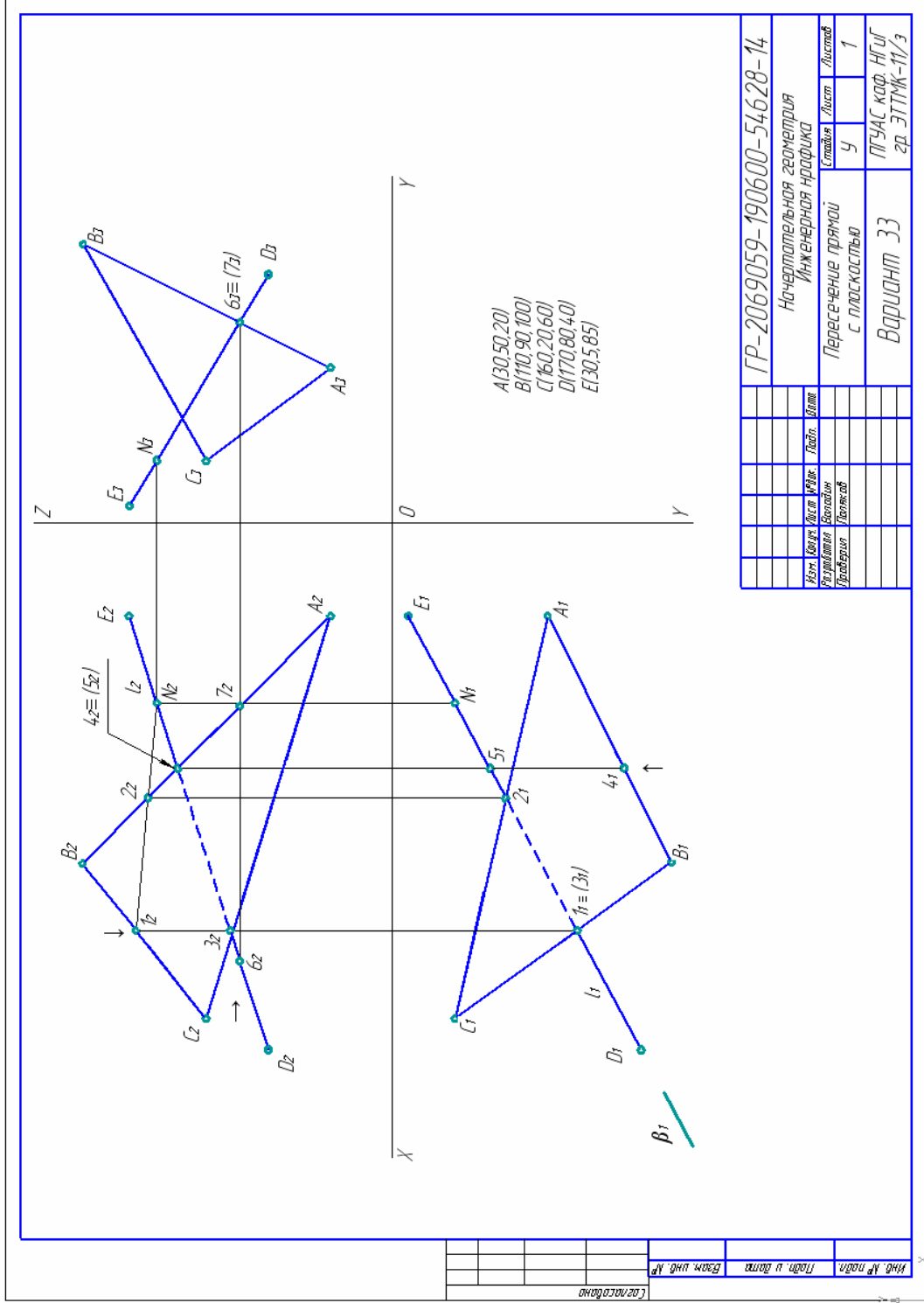
Приложение 2

Таблица I

Исходные данные для РГР-1

№ варианта	Координаты точек														
	<i>A</i>			<i>B</i>			<i>C</i>			<i>D</i>			<i>E</i>		
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
1	30	70	10	120	10	10	160	85	90	60	25	100	170	40	55
2	30	10	80	125	70	120	90	120	15	140	50	50	30	120	30
3	10	60	90	150	10	50	70	100	10	150	100	90	20	40	50
4	20	30	20	90	5	120	140	85	85	140	5	55	20	50	70
5	110	90	100	30	50	20	160	20	60	20	30	80	170	60	30
6	45	75	10	130	15	20	170	95	95	70	35	95	180	45	50
7	35	60	15	110	25	120	155	95	50	155	10	25	25	30	45
8	20	35	25	90	10	130	140	95	95	140	15	60	20	65	45
9	10	35	80	80	110	115	140	80	40	140	20	110	10	80	60
10	20	40	20	90	15	135	140	95	90	140	15	65	20	60	45





ГР-2069059-190600-54628-14	
Начертательная геометрия Инженерная графика	
Статья	Лист
У	1
Пересечение прямой с плоскостью	
Вариант 33	
ПУУАС каф. ИГОГ гр. ЭТТЖ-11/3	

Рис. II. Образец выполнения РГР №1 (второй вариант)

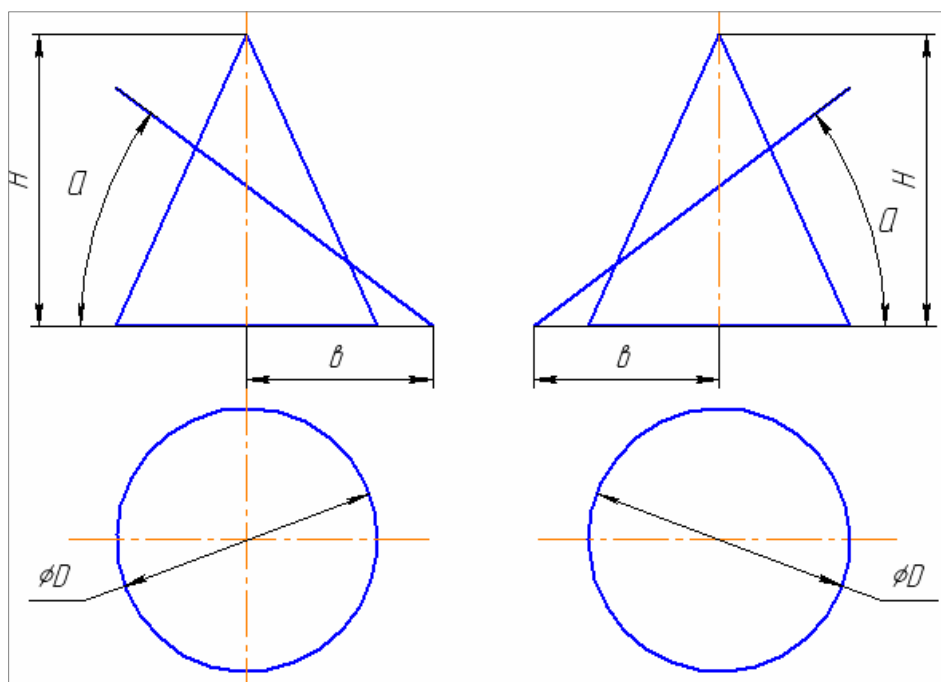


Схема № 1

Схема № 2

Рис. I. Компоновочные схемы исходных данных РГР № 2

Таблица 7

Исходные данные для РГР № 2

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

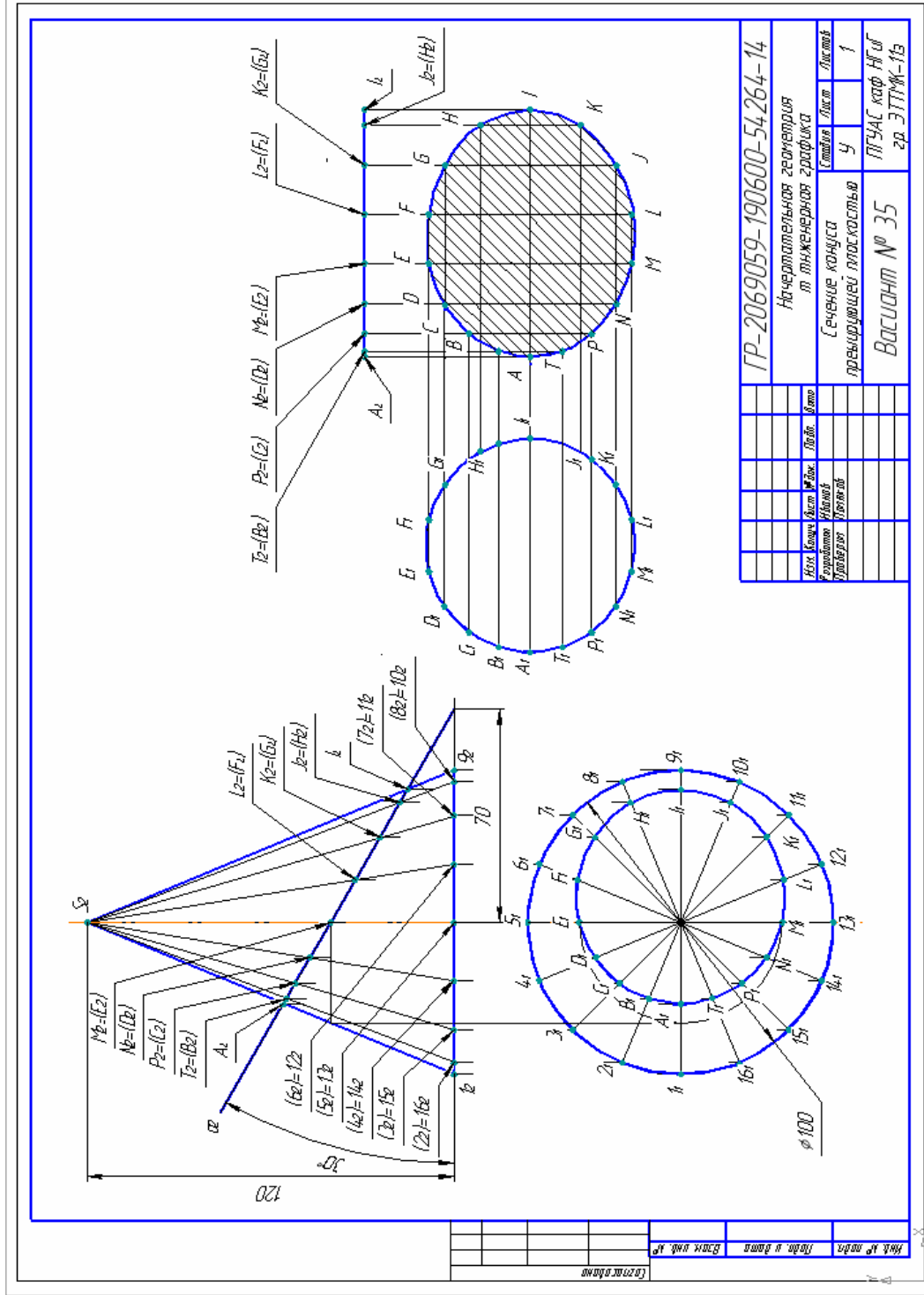
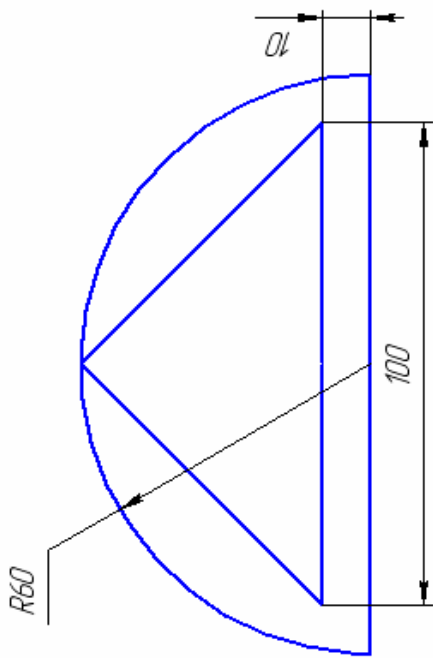


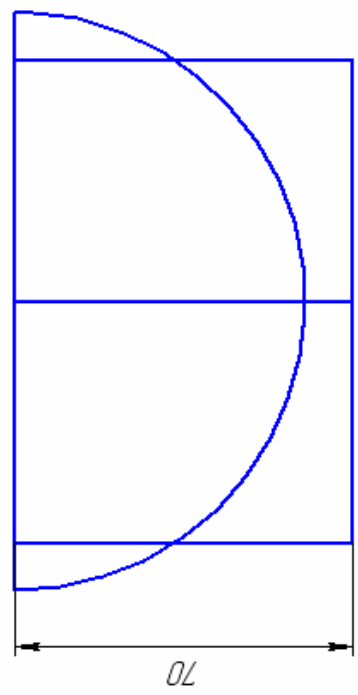
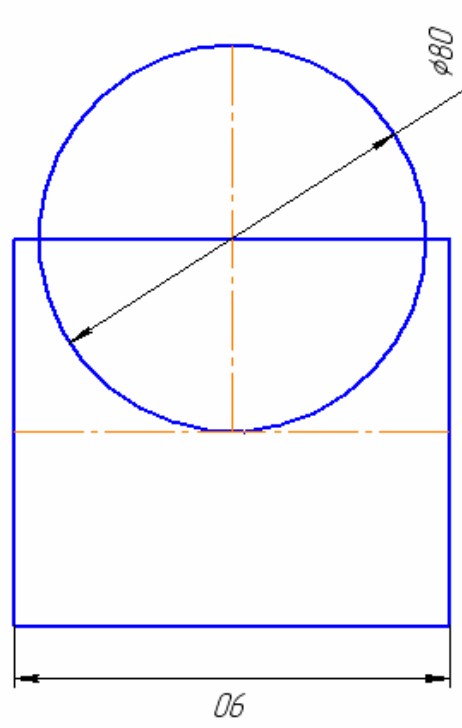
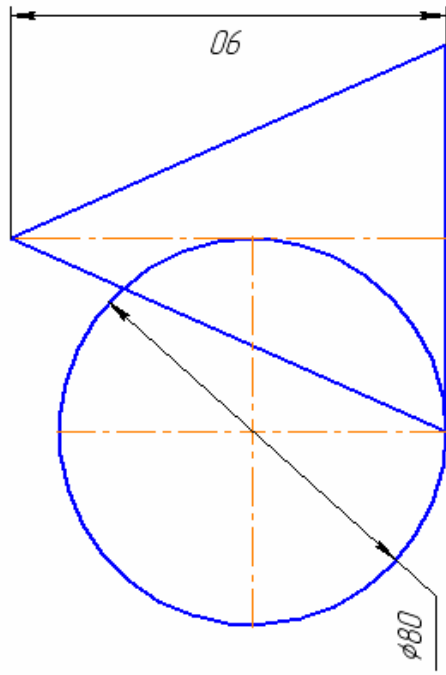
Рис. П. Пример выполнения РГР №2

Исходные данные РГР № 3

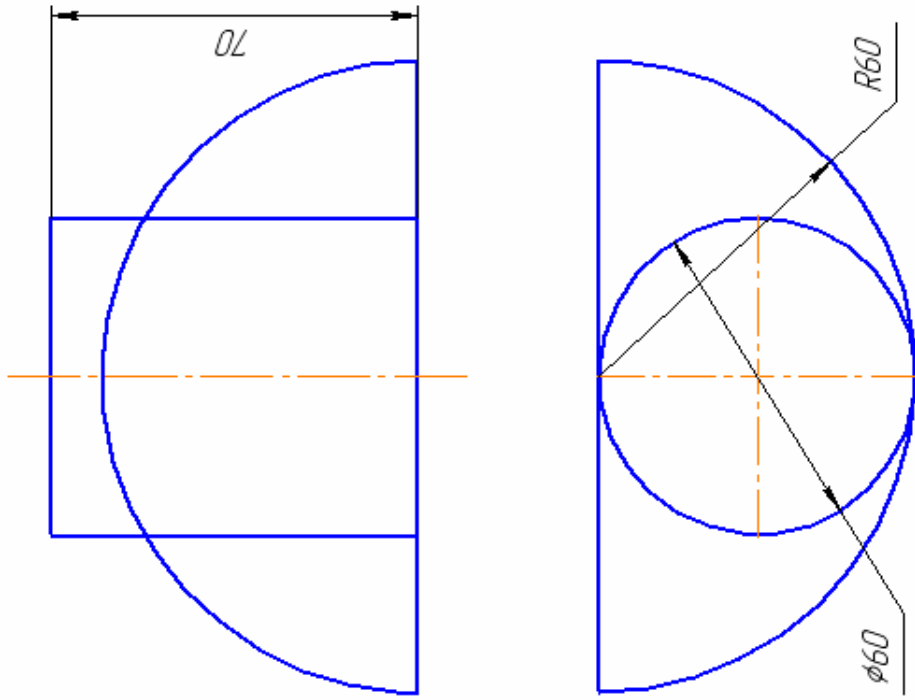
Вариант 1



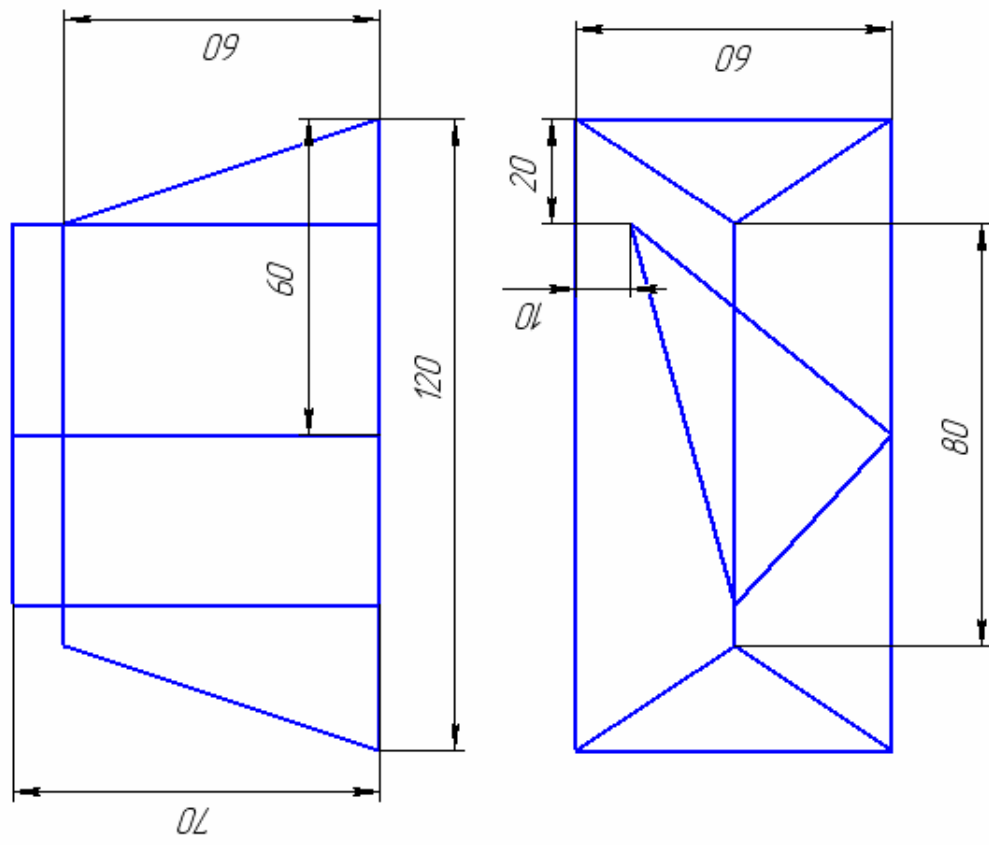
Вариант 2



Вариант 3

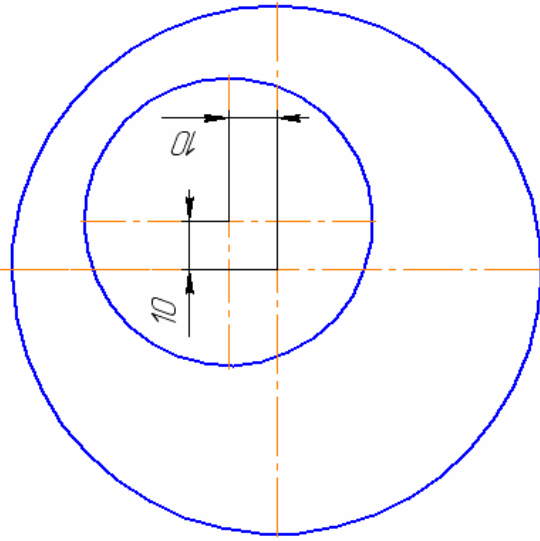
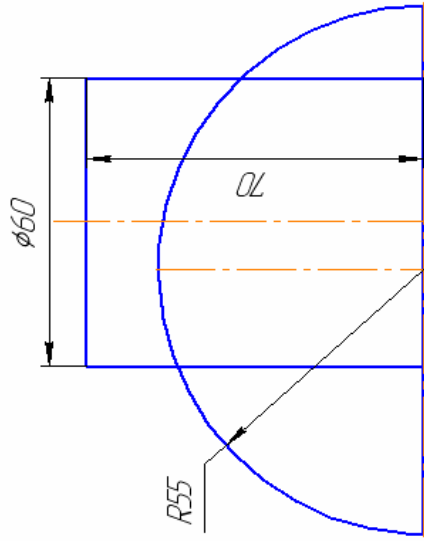


Вариант 4

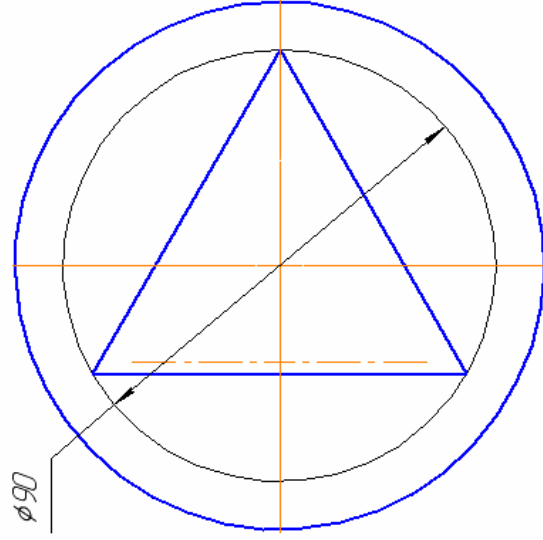
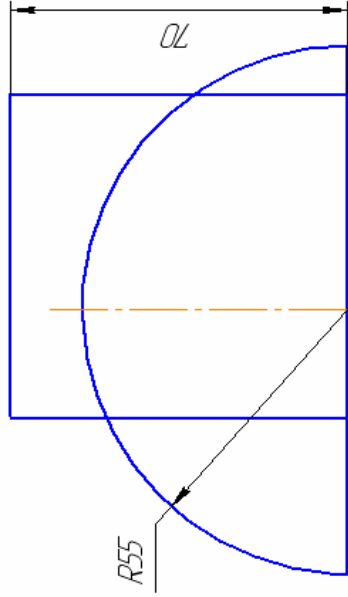




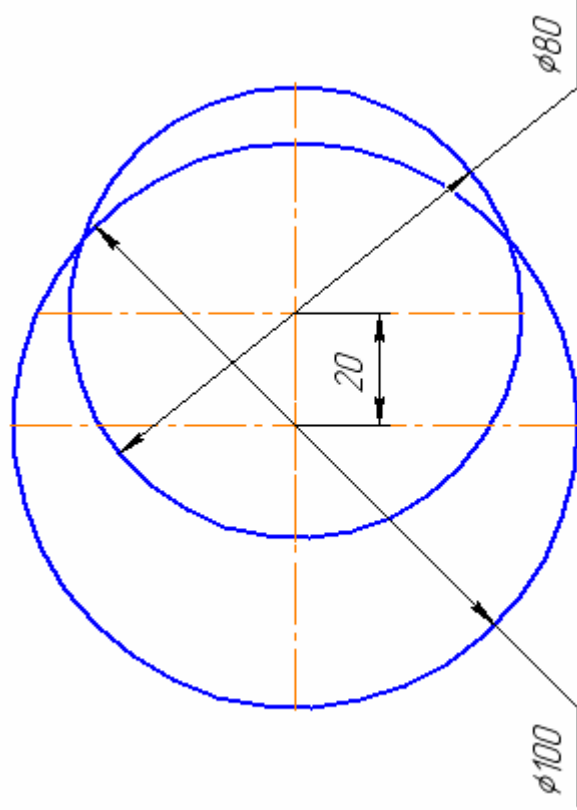
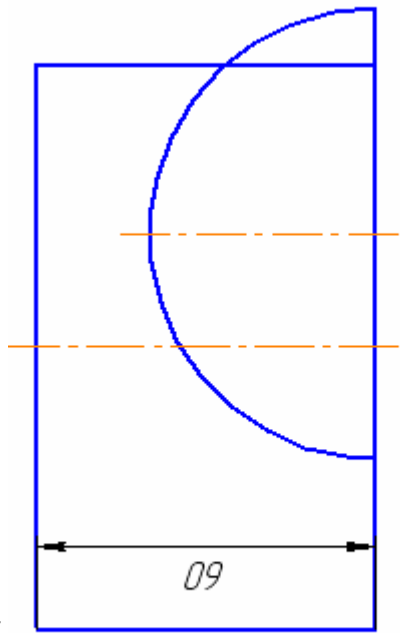
Вариант 5



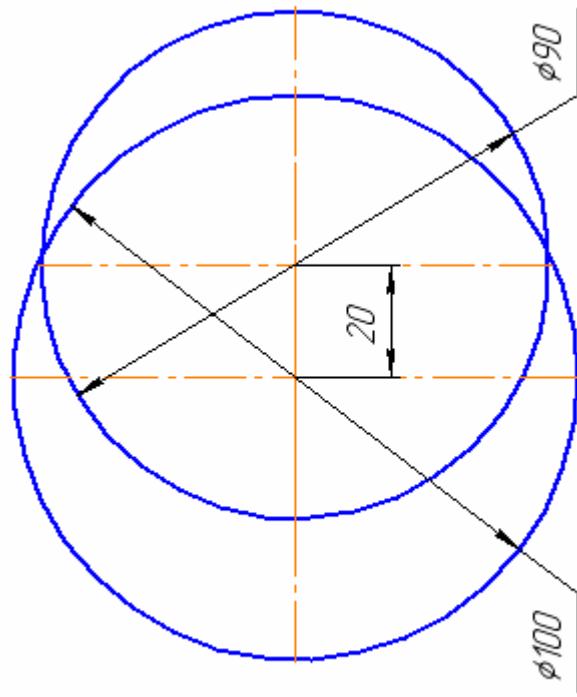
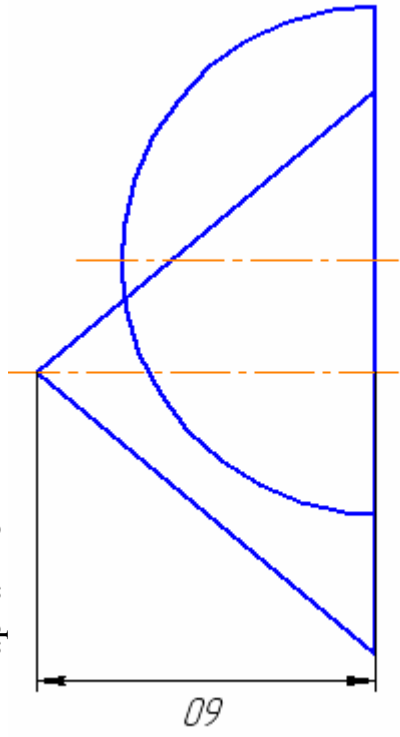
Вариант 6



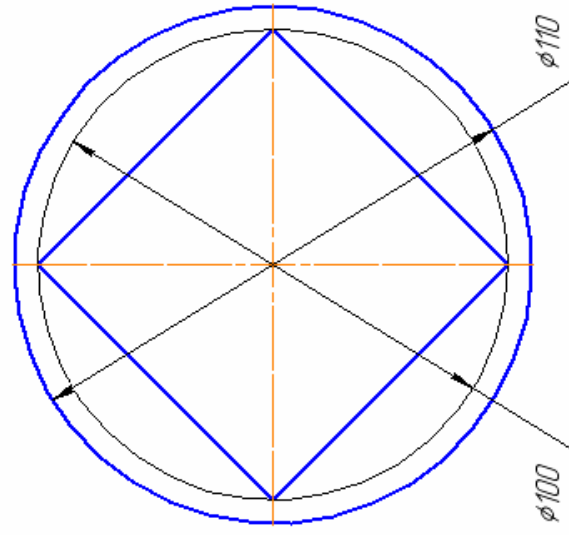
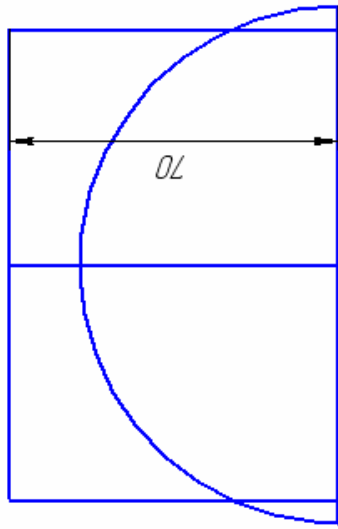
Вариант 7



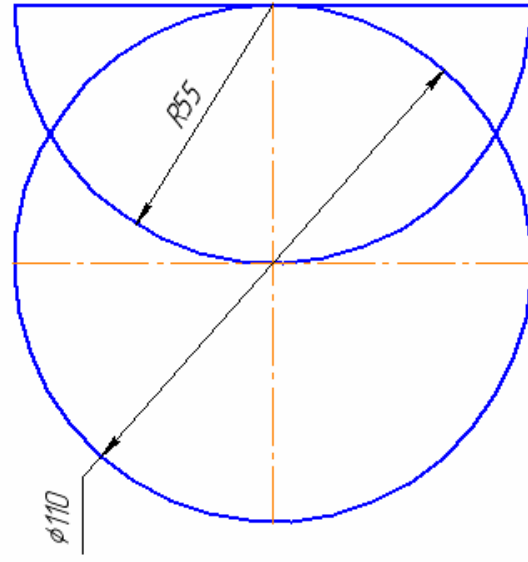
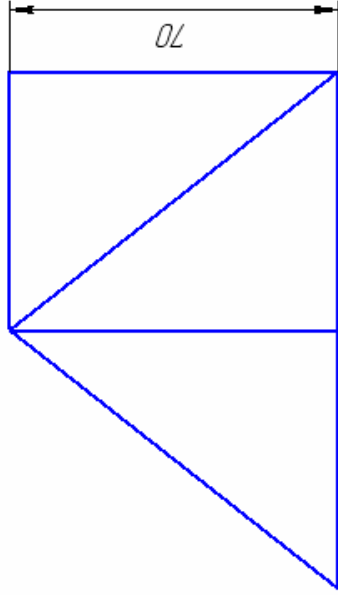
Вариант 8



Вариант 9



Вариант 10



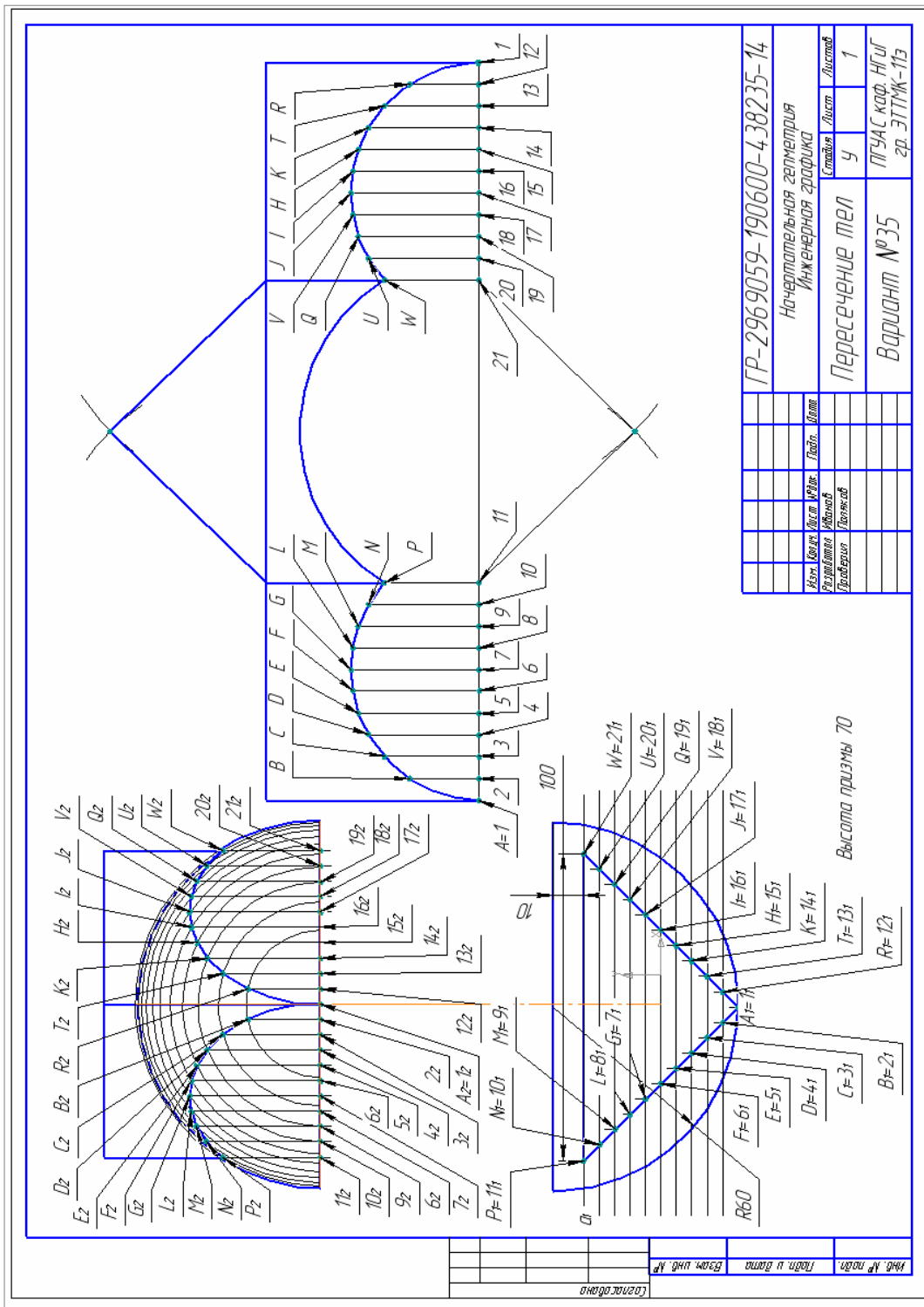


Рис. 1. Пример выполнения РГР № 3

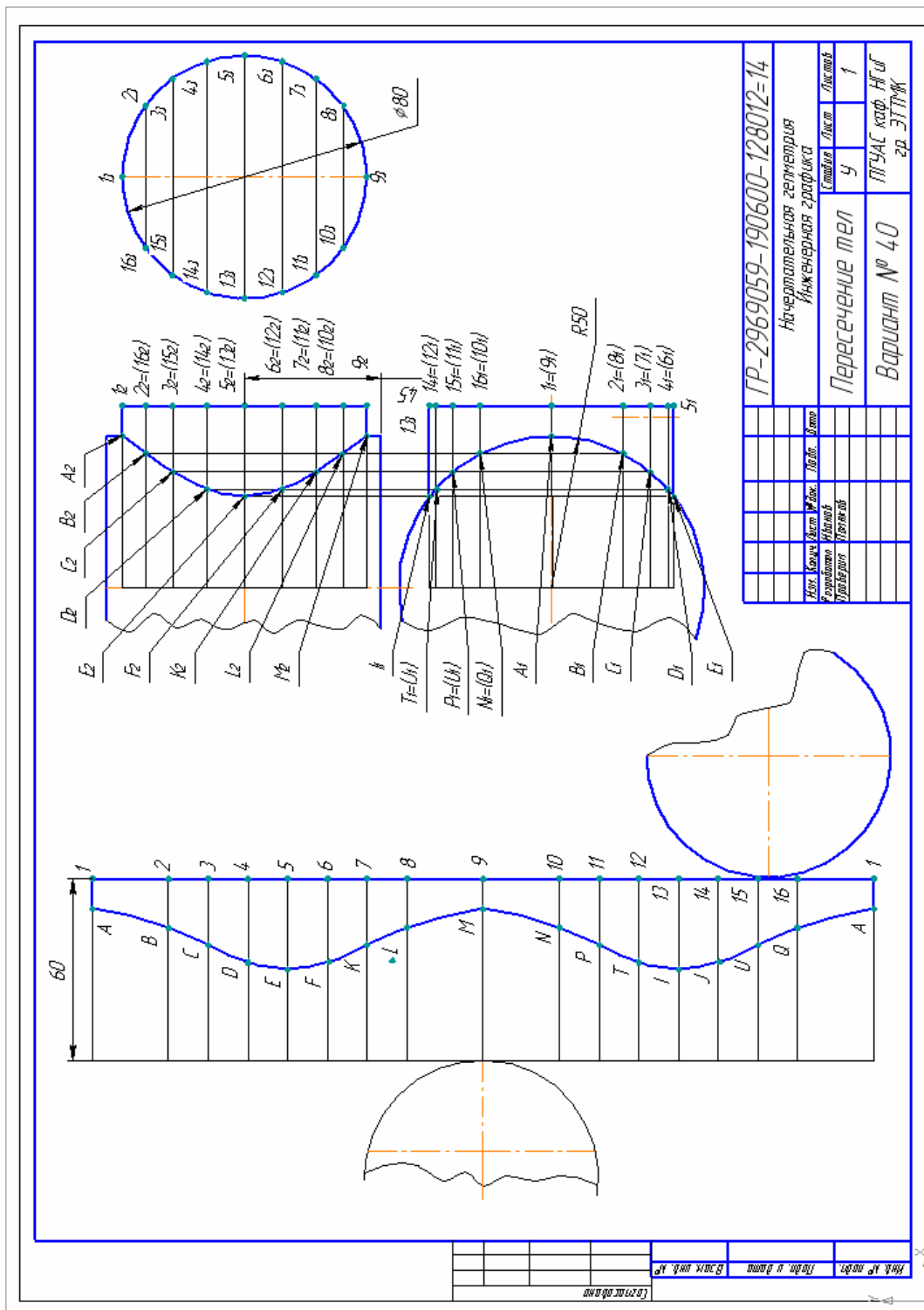
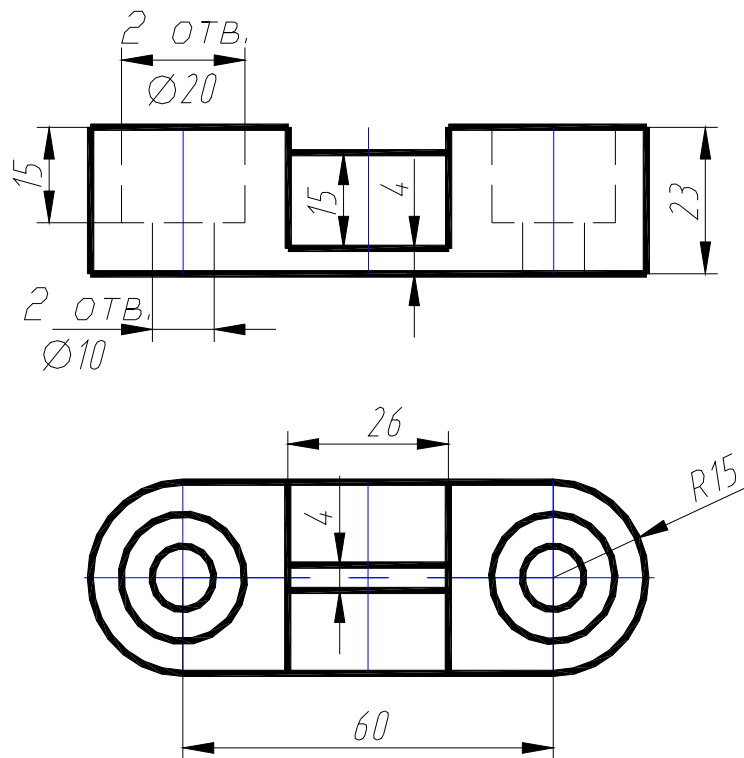
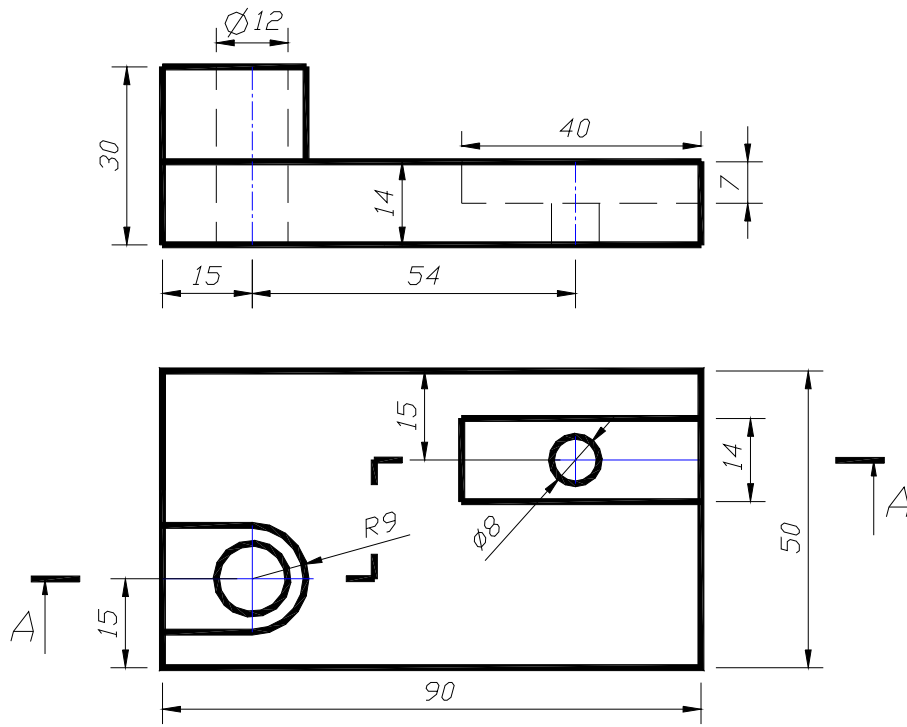
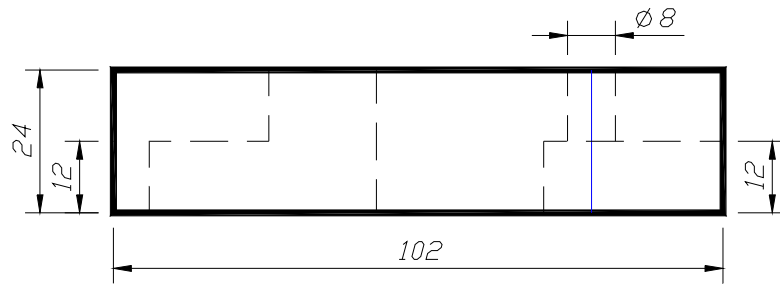
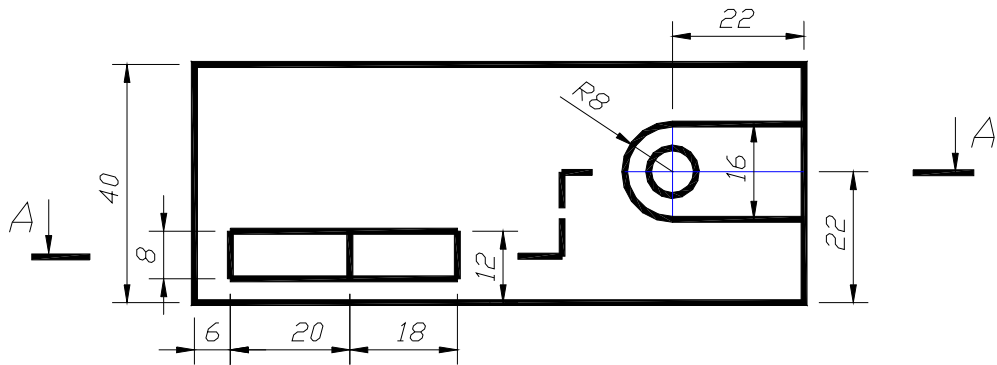


Рис. II. Пример выполнения РГР № 3 (второй вариант)

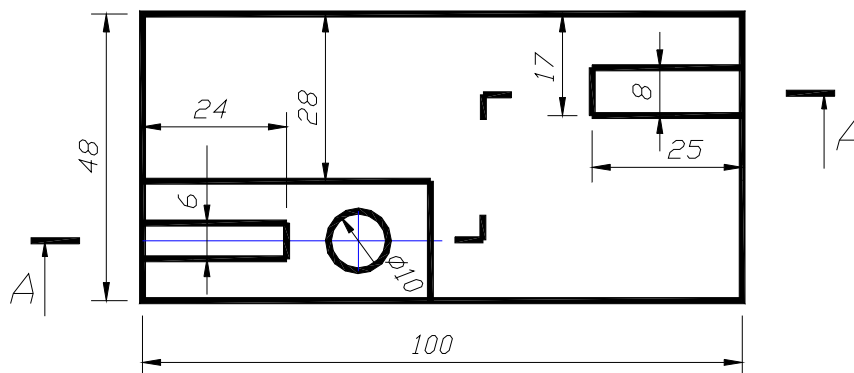
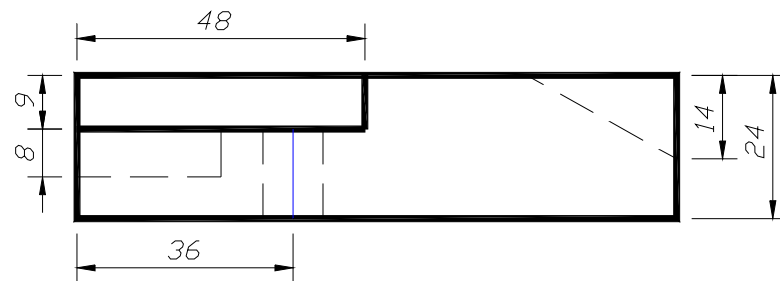


Продолжение прил. 5

Вариант 3

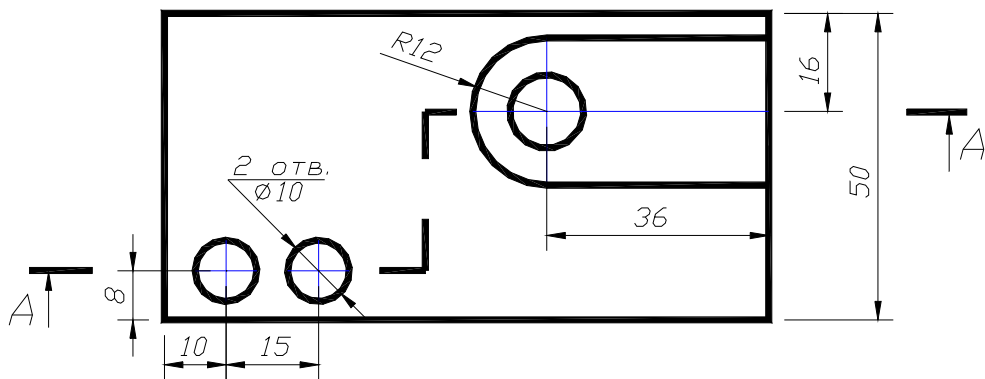
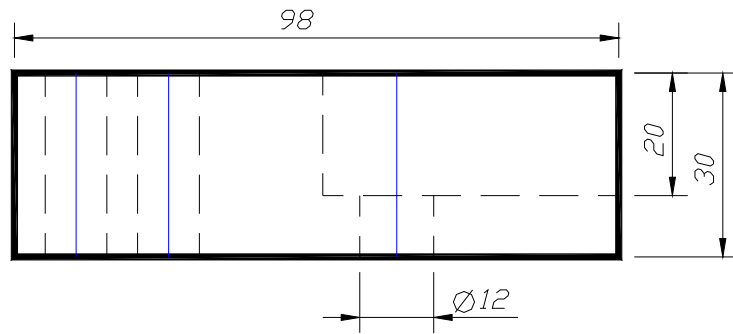


Вариант 4

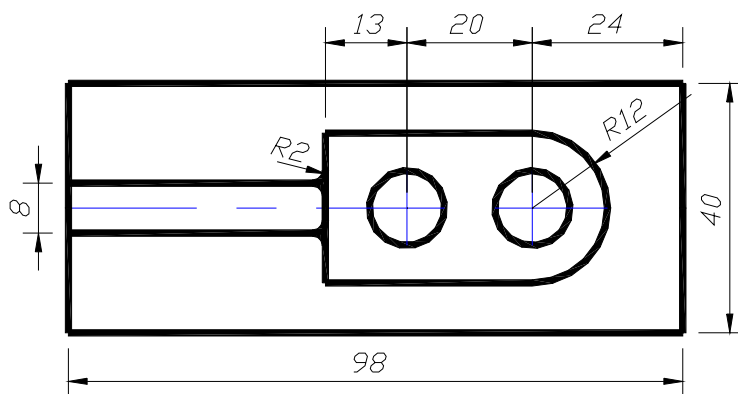
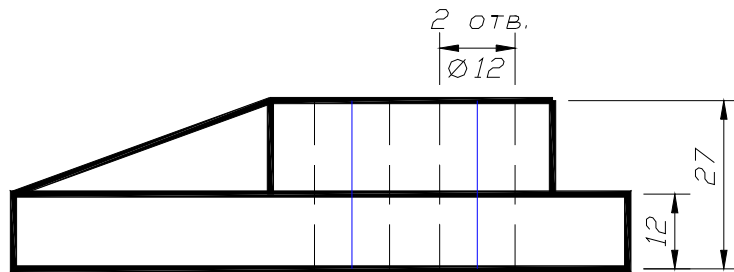


Продолжение прил. 5

Вариант 5



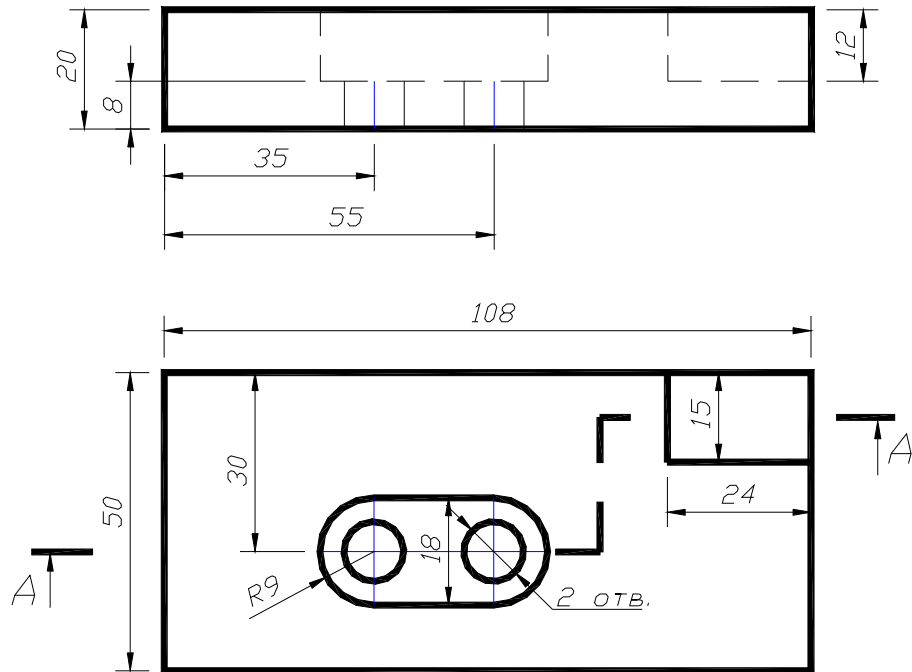
Вариант 6



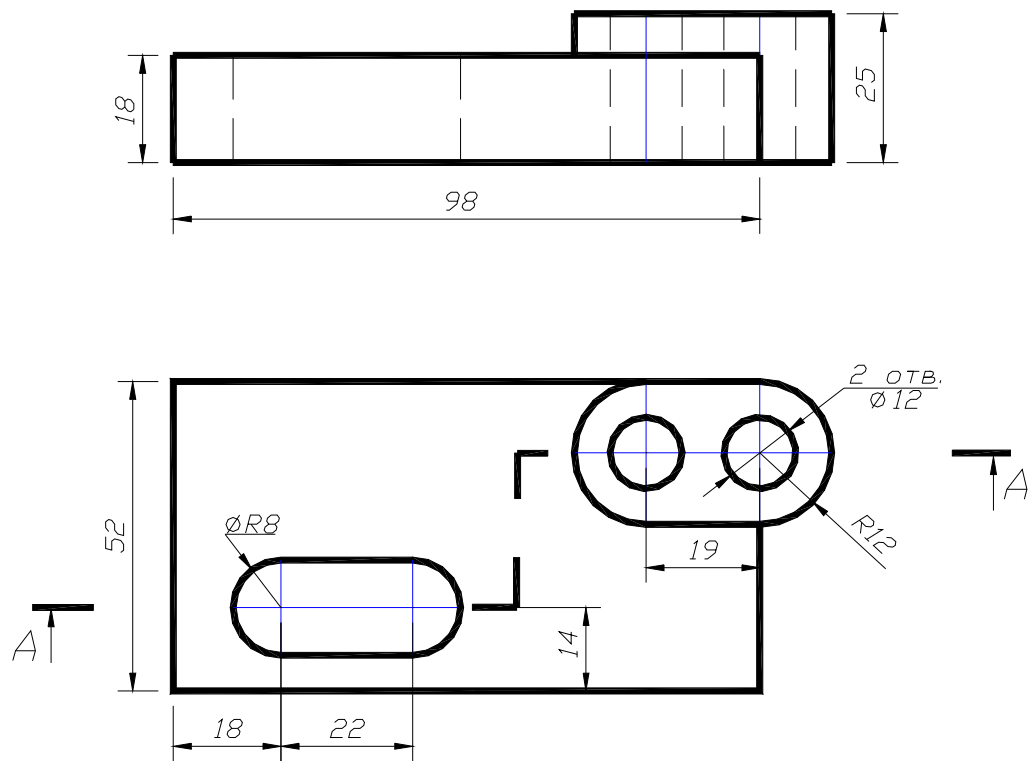


Продолжение прил. 5

Вариант 7

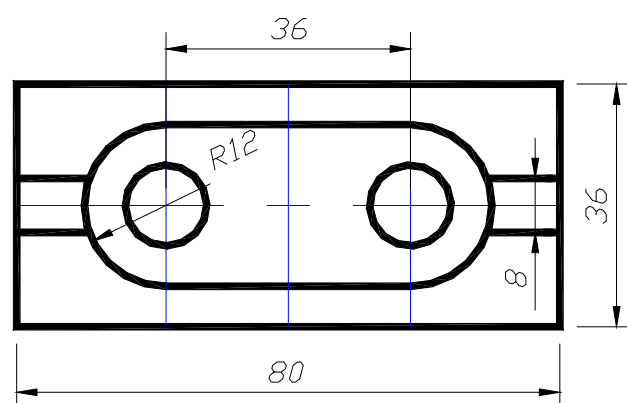
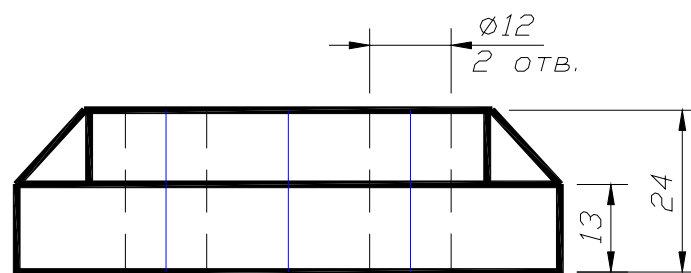


Вариант 8

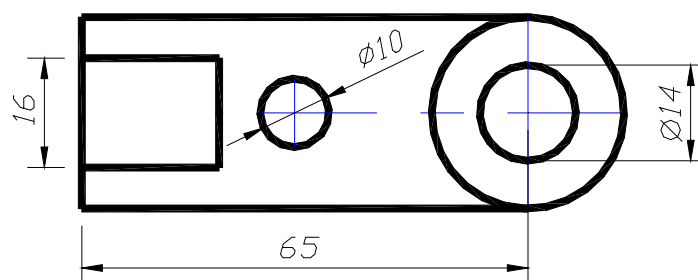
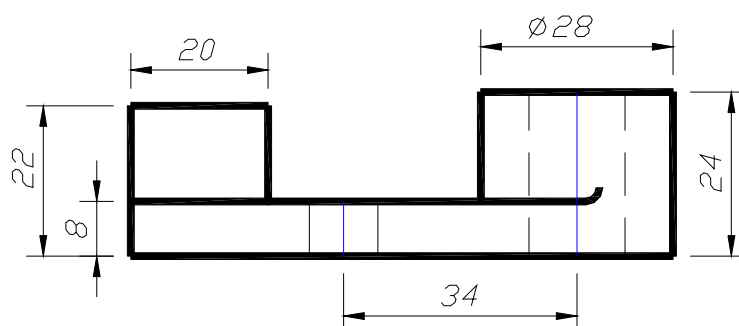


Продолжение прил. 5

Вариант 9



Вариант 10



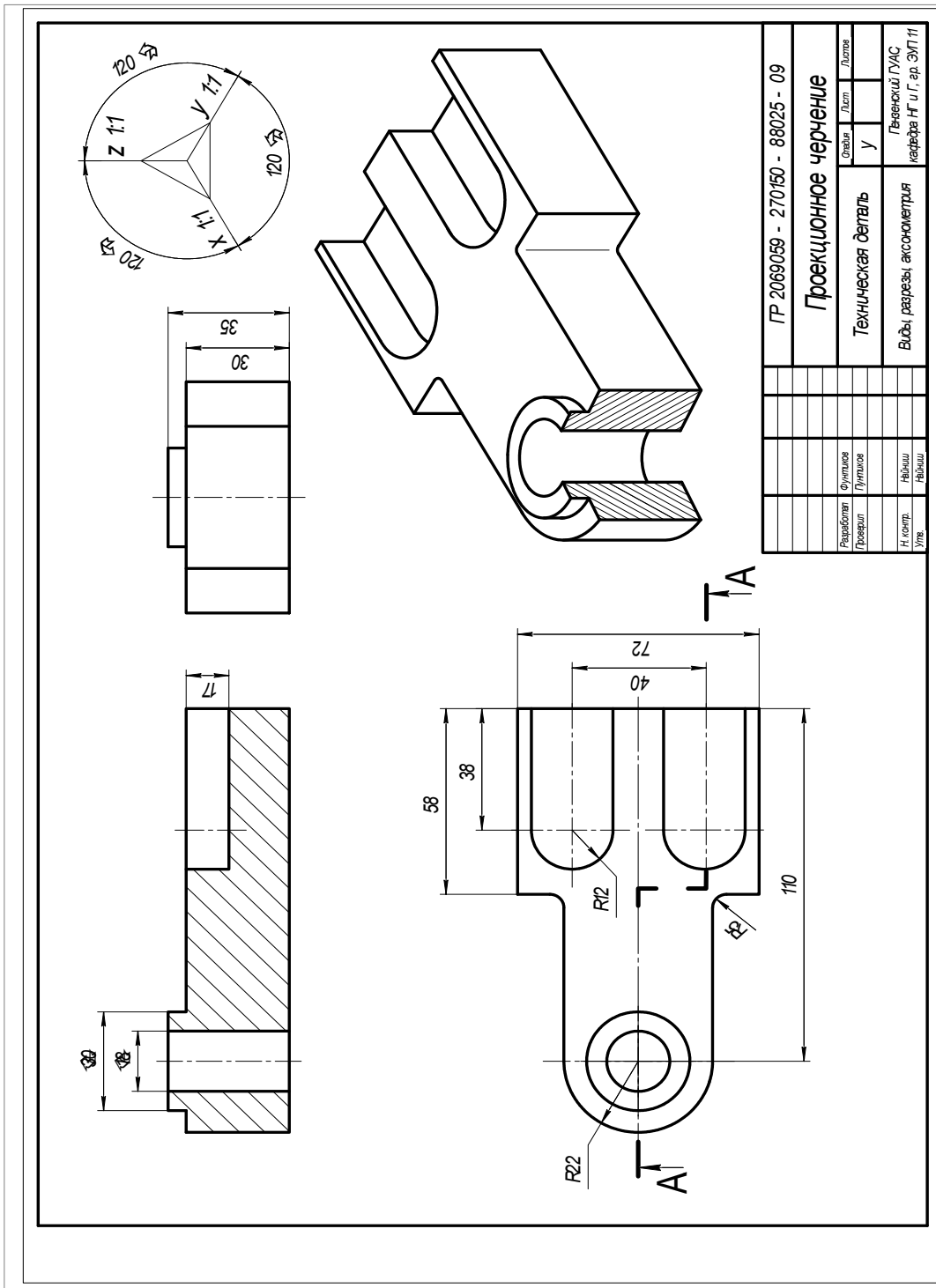
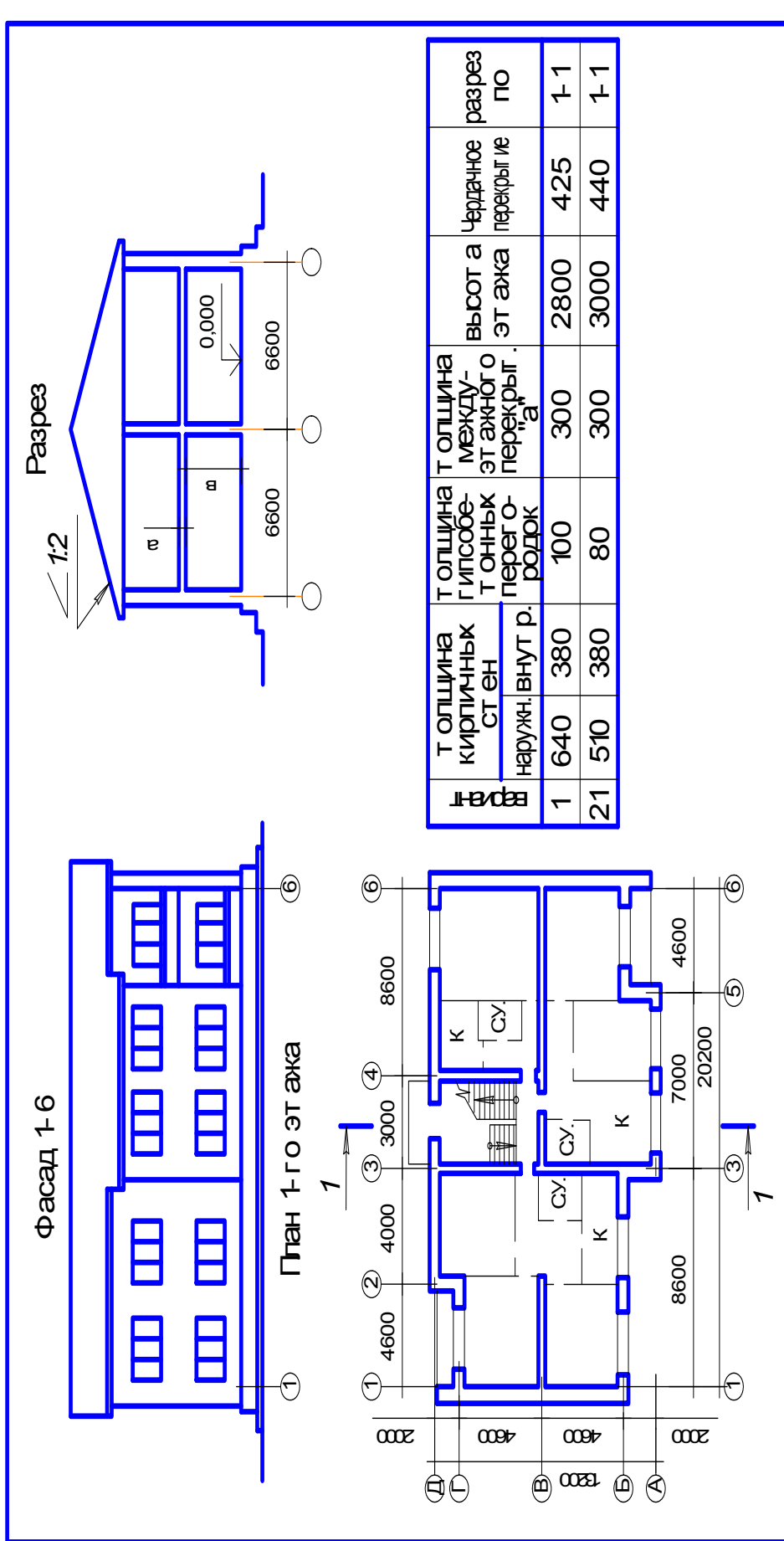
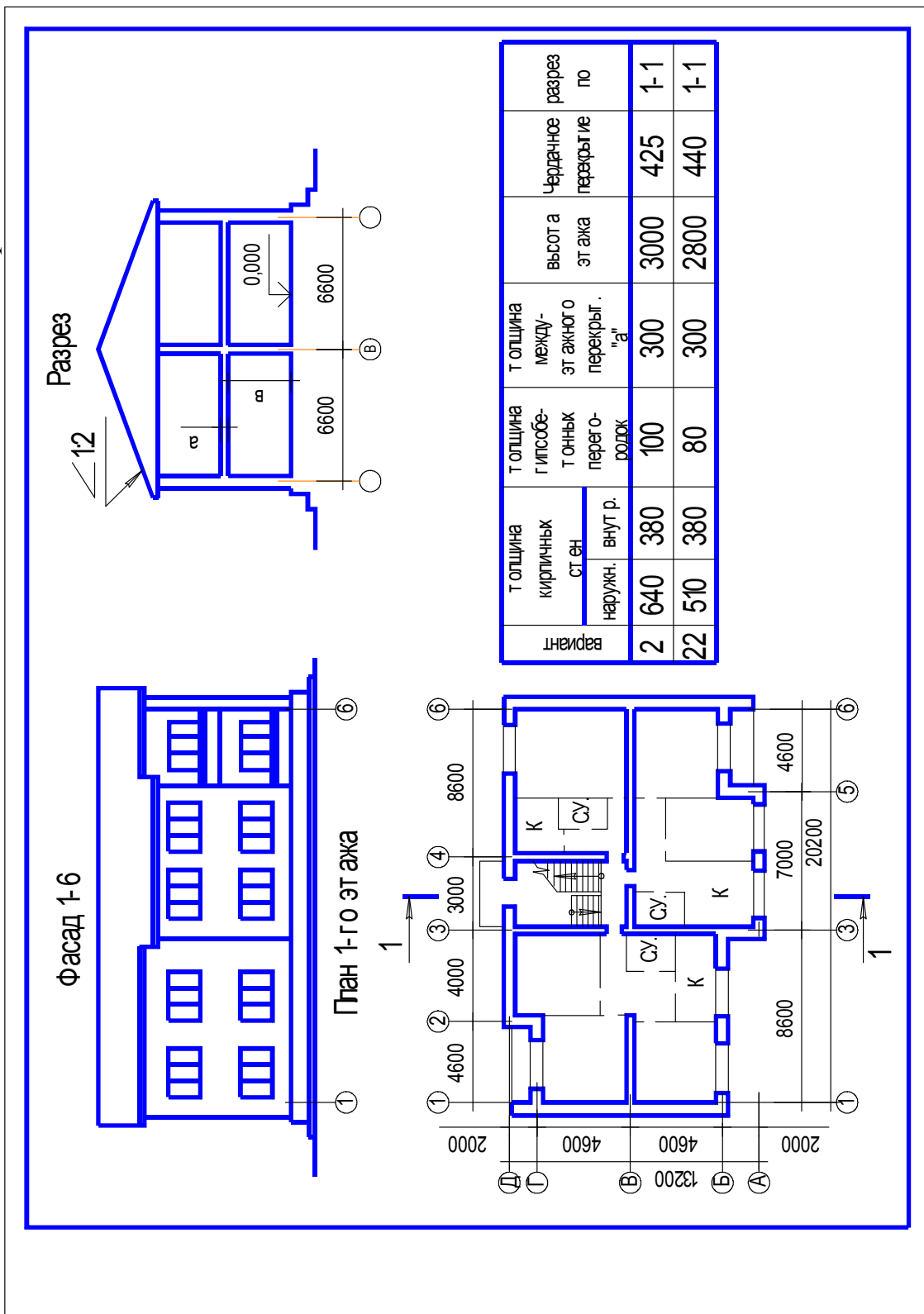
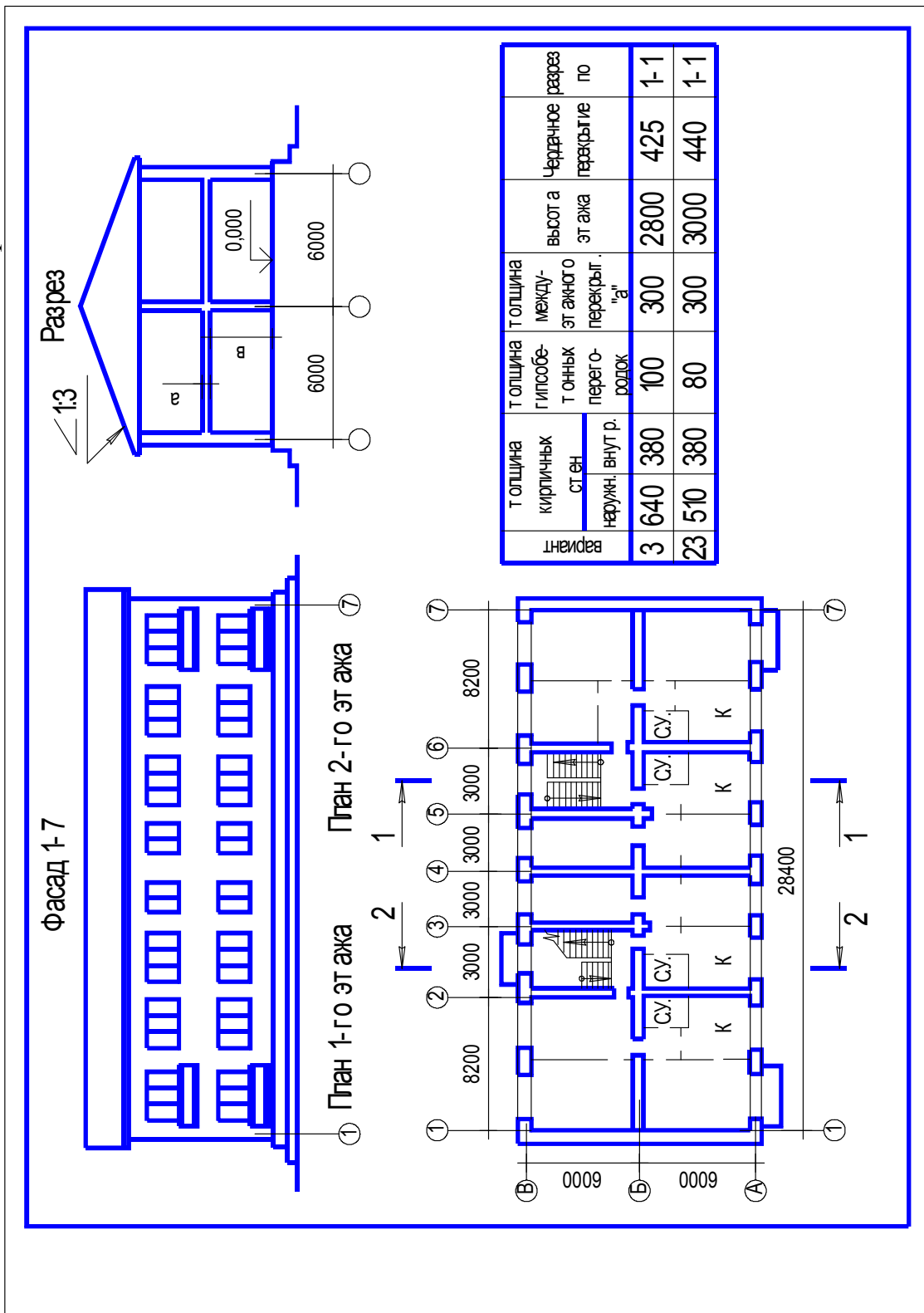


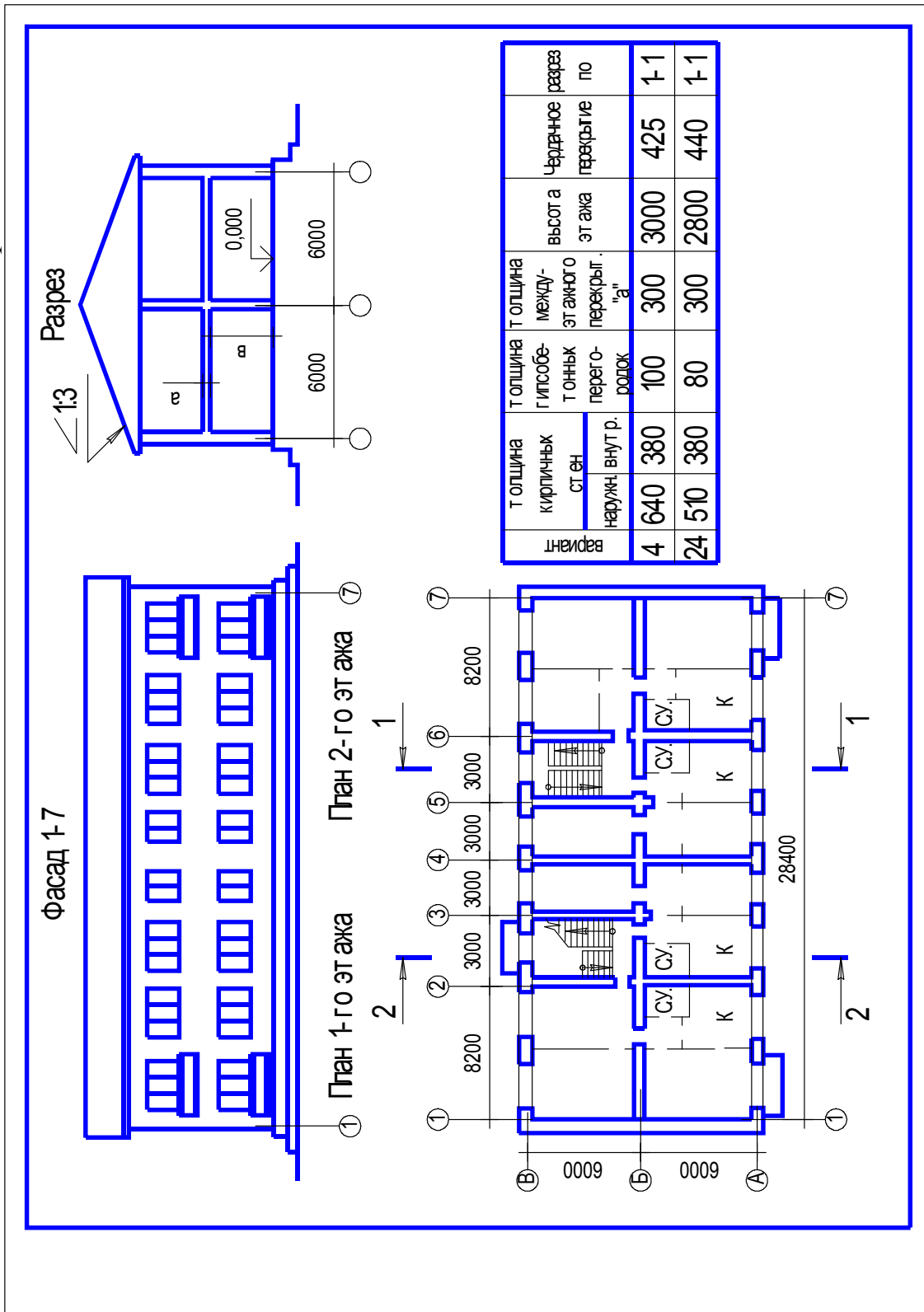
Рис. I. Образец выполнения РГР №4

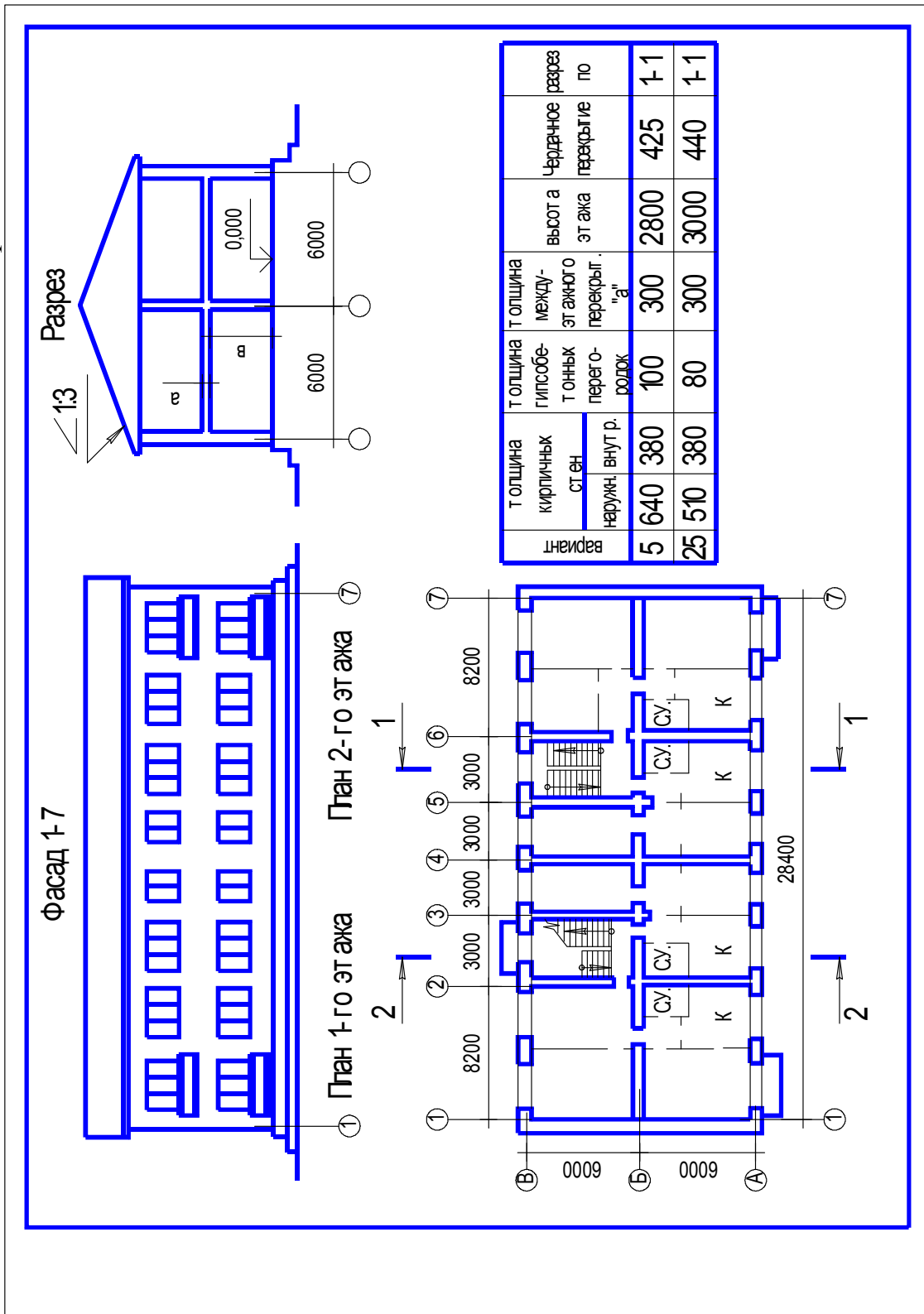
Исходные данные РГР №5



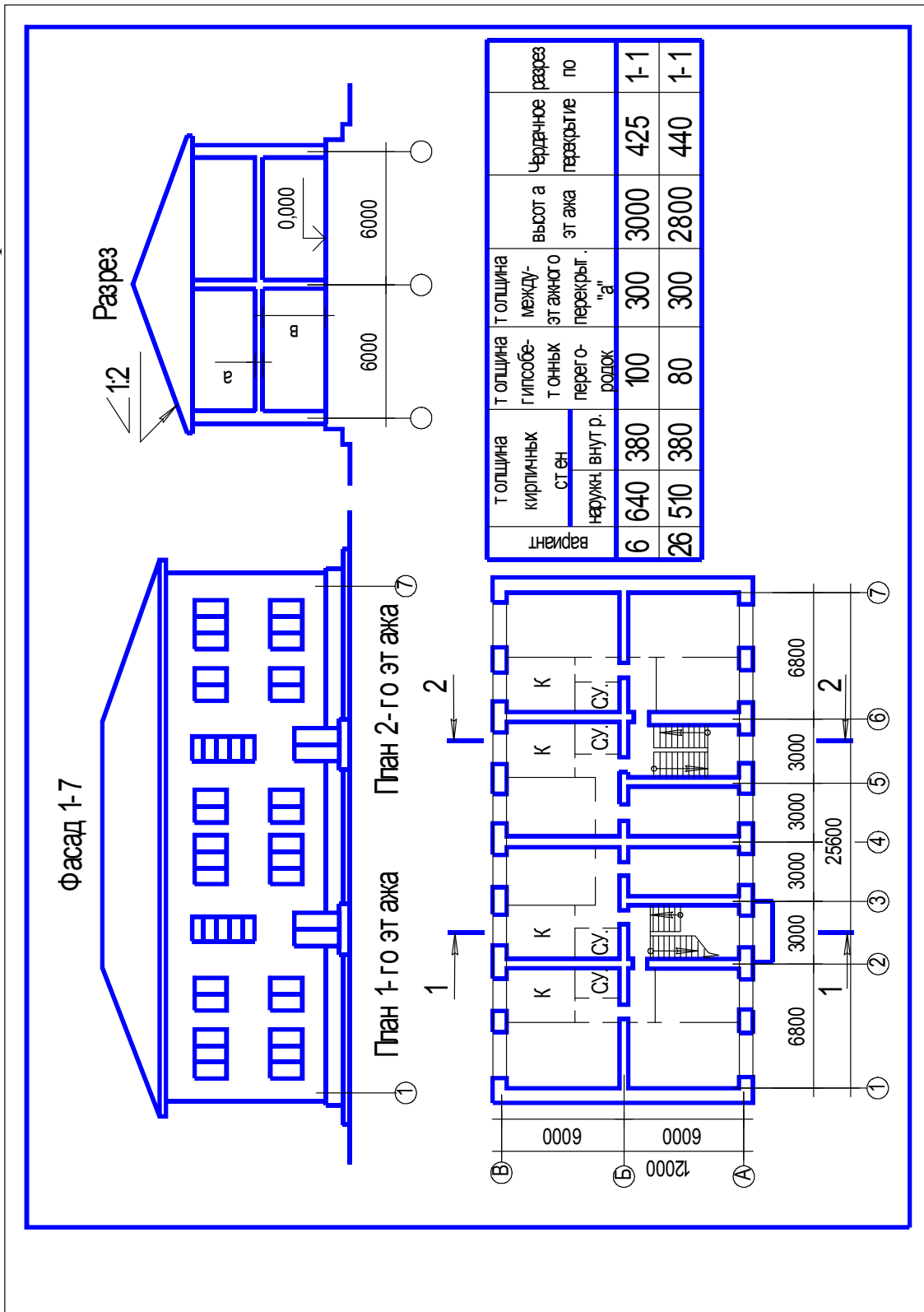


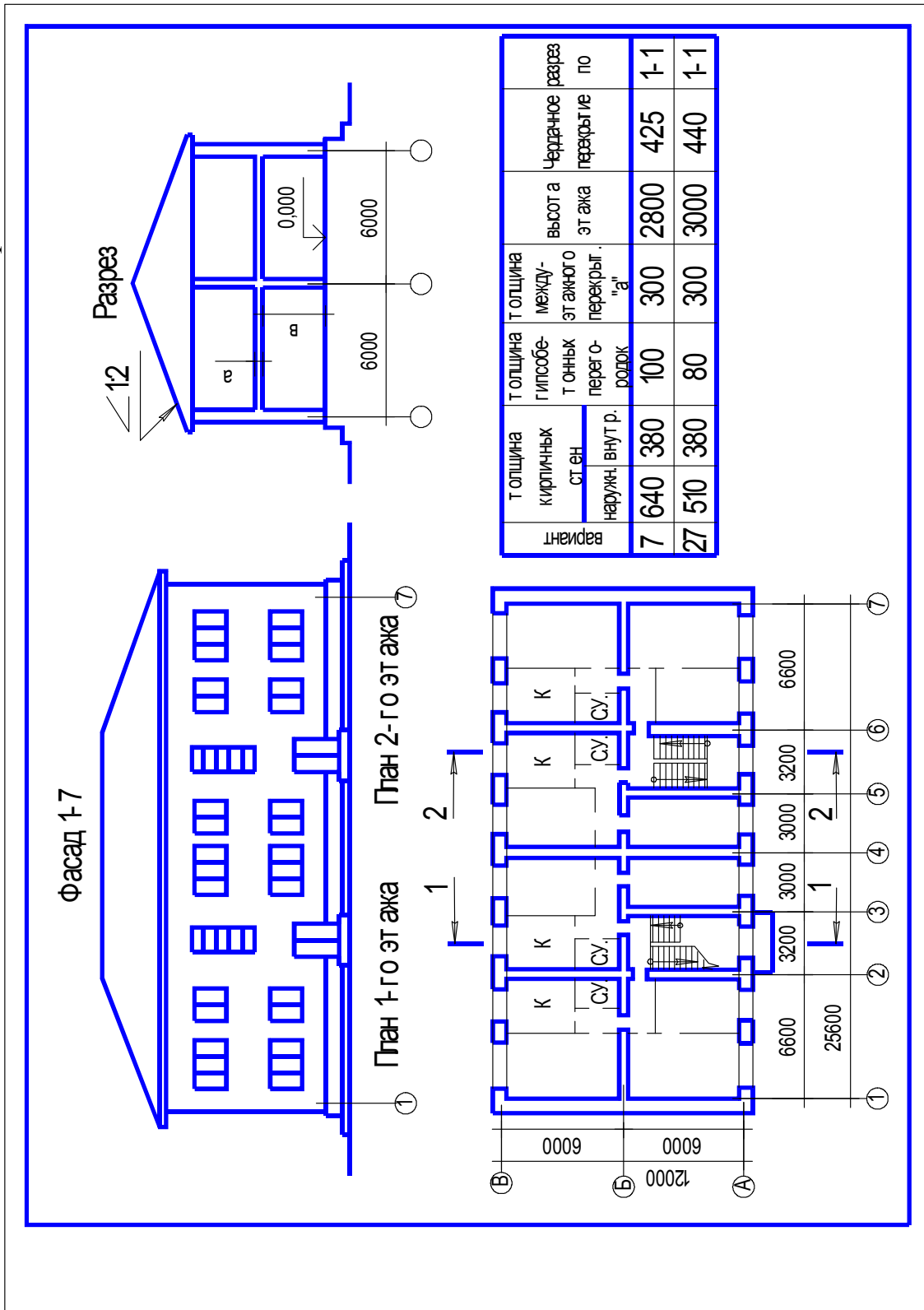




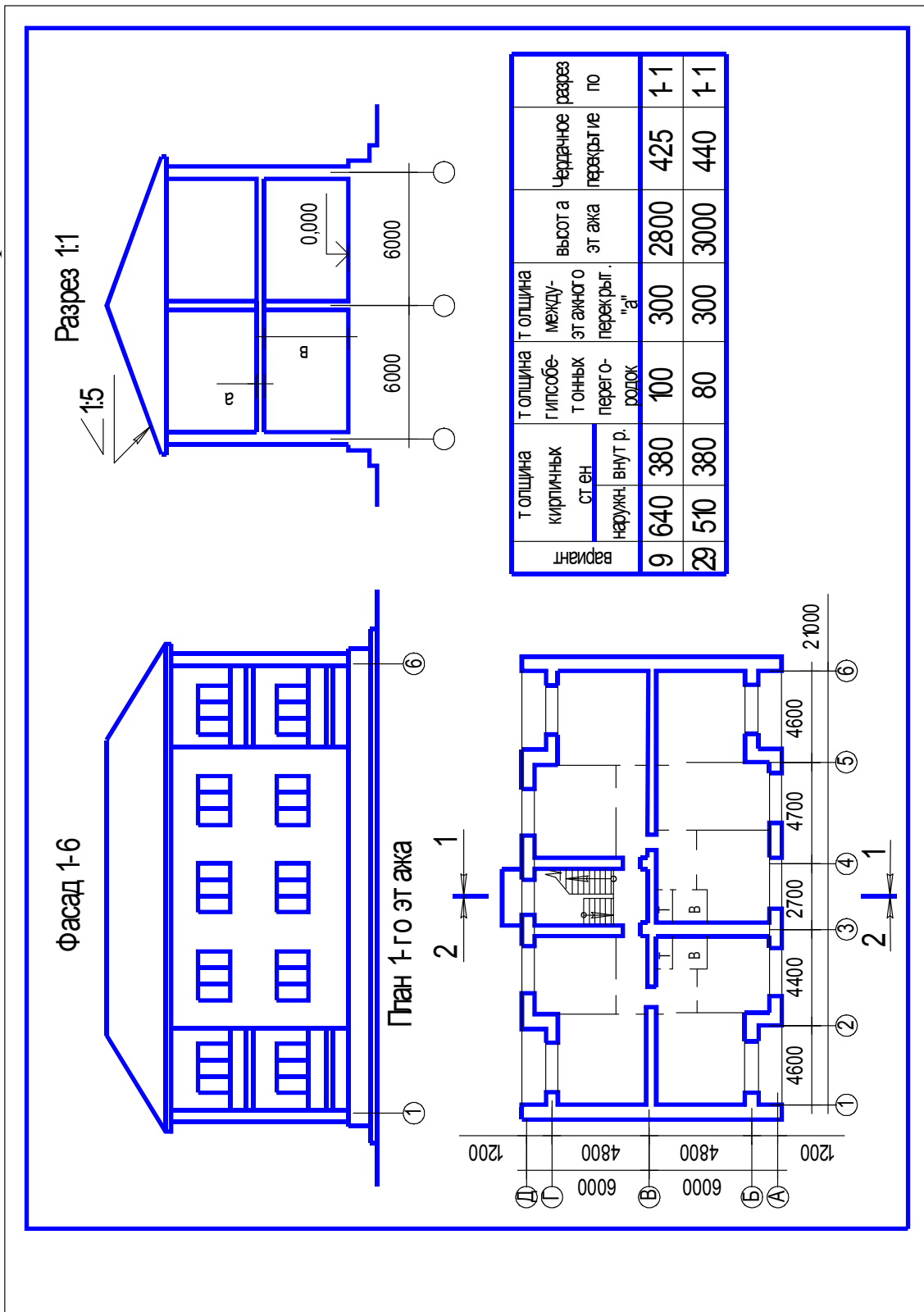


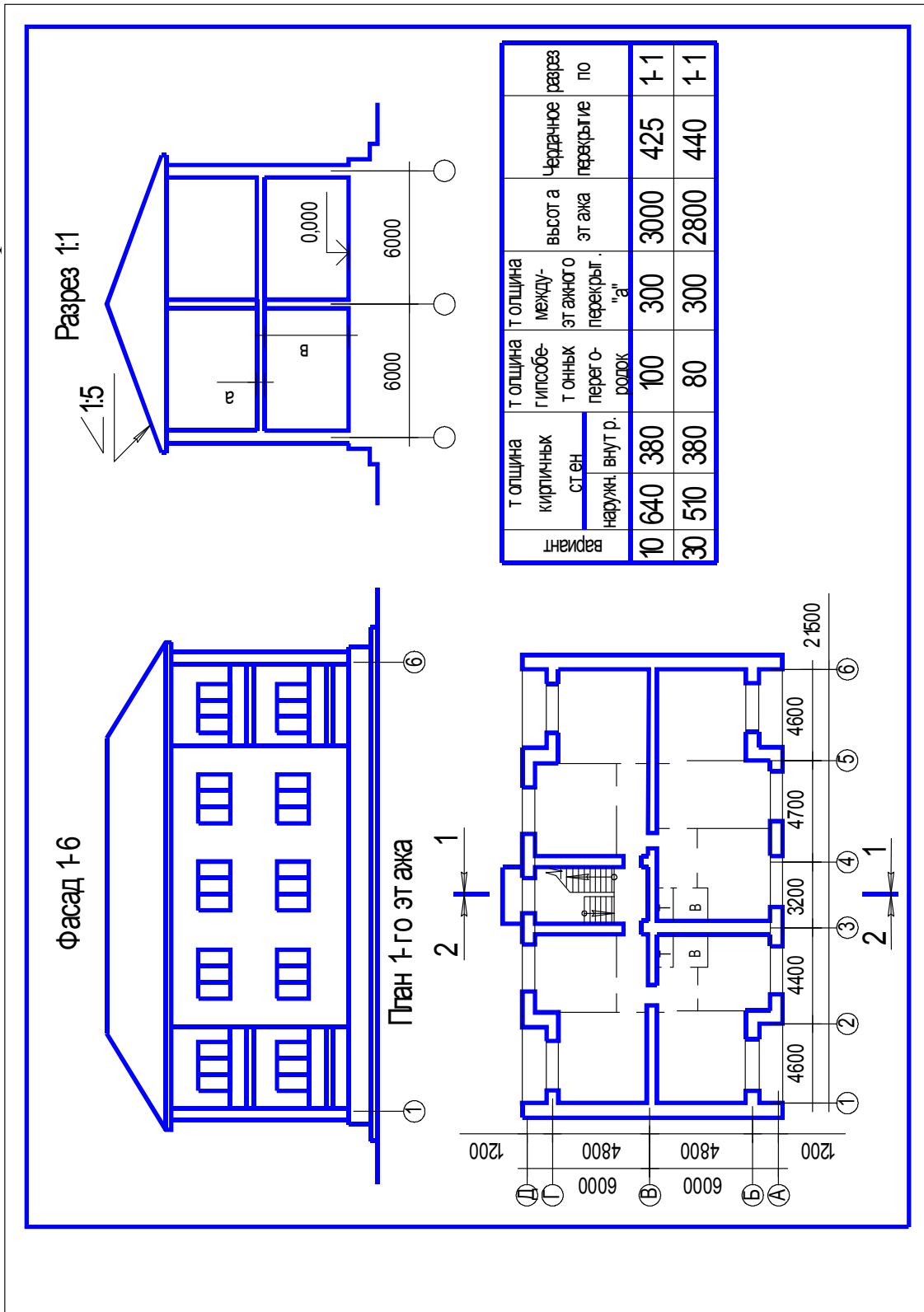












# Продолжение прил. 6

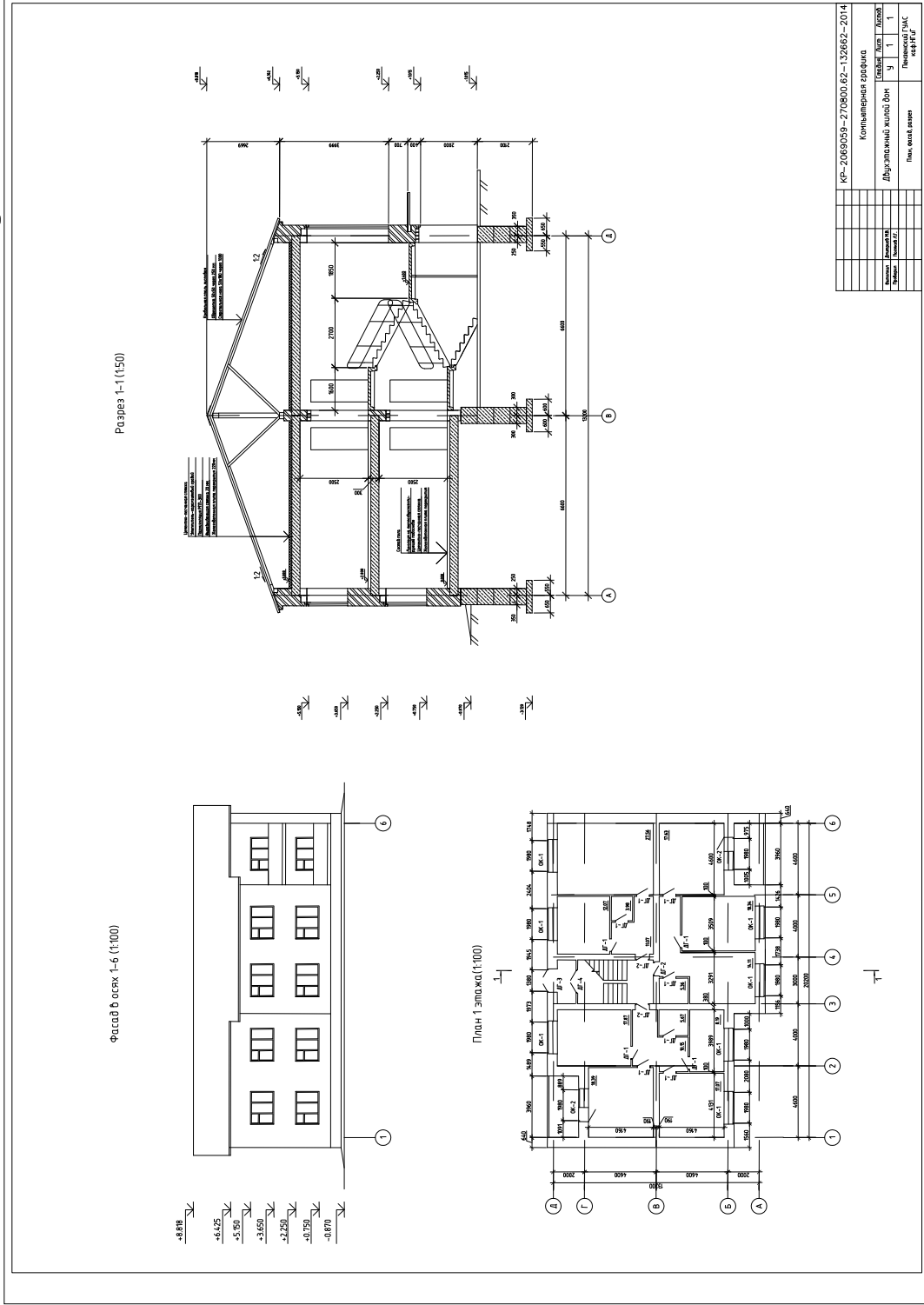


Рис. I. Образец выполнения РГР №5

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖА .....	5
1.1. Основные требования стандартов по оформлению чертежа .....	5
Вопросы для самоконтроля .....	15
2. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 .....	16
2.1. Постановка задачи .....	16
2.2. Порядок выполнения работы .....	16
Вопросы для самоконтроля .....	20
3. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 .....	21
3.1. Постановка задачи .....	21
3.2. Необходимые сведения .....	21
3.3. Пример решения РГР № 2 .....	25
Вопросы для самоконтроля .....	28
4. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 .....	29
4.1. Постановка задачи .....	29
4.2. Необходимые сведения .....	29
4.3. Пример решения РГР № 3 .....	44
Вопросы для самоконтроля .....	48
5. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 .....	49
5.1. Постановка задачи .....	49
5.2. Построение недостающего вида .....	49
5.3. Построение разрезов .....	57
5.4. Нанесение размеров .....	63
5.5. Построение аксонометрических проекций .....	71
Вопросы для самоконтроля .....	85
6. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 .....	87
6.1. Основные сведения .....	87
6.2. Архитектурно-строительные чертежи .....	89
6.3. Основные конструктивные элементы здания .....	90
6.4. Общие указания по выполнению задания .....	93
6.5. Требования по оформлению строительных чертежей .....	94
6.6. Последовательность выполнения задания .....	98
6.7. Построение и вычерчивание вертикального разреза здания .....	110
6.8. Построение и вычерчивание фасада здания .....	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	119
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	120
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	121

Учебное издание

Поляков Леонид Григорьевич  
Слюсар Галина Сергеевна  
Тишина Екатерина Михайловна  
Гаврилов Михаил Александрович  
Федин Николай Алексеевич

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**  
(руководство по выполнению контрольных работ)

Учебное пособие  
Под общей редакцией кандидата технических наук, доцента Л.Г. Полякова

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

Подписано в печать 6.05.14. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 8,84. Уч.-изд.л. 9,5. Тираж 80 экз.  
Заказ № 125.



---

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