

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Кафедра начертательной геометрии и графики**

## **Инженерная и компьютерная графика**

### **Машиностроительное черчение**

Методические указания и задания для самостоятельной  
работы студентов дневной формы обучения

Факультет электроэнергетический

Направление подготовки: 201000.62 – Инженерное дело

в медико-биологической практике

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Вологда

2013

**Инженерная и компьютерная графика. Машиностроительное черчение:** методические указания и задания для самостоятельной работы студентов дневной формы обучения. – Вологда: ВоГТУ, 2013. – 38 с.

Методические указания и задания подготовлены для студентов, изучающих ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО В МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ (201000), содержат учебные материалы по основам начертательной геометрии и всем основным разделам машиностроительного черчения. Задания составлены по вариантам. Подобраны комплекты сборочных единиц, работа с которыми предусматривает использование стандартных справочных данных. Имеются тесты и вопросы для подготовки.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГТУ

Составитель А.В. Прыганова, доцент

Рецензент А.Г. Кузьмин, канд. мед. наук, зав. кафедрой  
биомедицинской техники

## Лист 1. Чертежные шрифты

- 1.1. Основные положения
- 1.2 Чертежный шрифт типа Б
- 1.3. Задание
- 1.4. Вопросы для повторения

### 1.1. Основные положения

Все надписи на чертежах следует выполнять шрифтами, установленными ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные».

Шрифты различают по размерам и типам.

*Размер шрифта  $h$*  определяется высотой прописных (заглавных) букв в миллиметрах, измеряемой перпендикулярно к основанию строки. Установлены следующие размеры шрифта: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Применение шрифта размером 1,8 не рекомендуется.

Стандартом установлены два *типа шрифта*: А и Б. *Тип шрифта* определяется толщиной  $d$  линии букв: для типа А  $d = (1/14)h$ , для типа Б  $d = (1/10)h$ . Шрифты могут быть выполнены без наклона или с наклоном около  $75^\circ$  к основанию строки. Толщина линии шрифта  $d$  определяется в зависимости от типа и высоты шрифта.

Ширина  $g$  буквы определяется по отношению к размеру шрифта  $h$ , например,  $g = (6/10)h$ , или по отношению к толщине линии шрифта  $d$ , например,  $g = 6d$ . Шрифты в ГОСТ 2.304—81 выполнены на вспомогательной сетке, образованной вспомогательными линиями, в которую вписываются буквы. Шаг вспомогательных линий сетки определяется в зависимости от толщины линий шрифта  $d$ . Построение шрифта на вспомогательной сетке показано на рисунке 1.1.

### 1.2. Чертежный шрифт типа Б

Параметры наиболее употребляемого шрифта типа Б (до размера 20) приведены в табл. 1 и 2. Строчные буквы имеют высоту на один номер меньше. Например, для шрифта №10 высота прописной буквы равна 10 мм, а высота строчной – 7 мм.

В словах расстояние между буквами, соседние линии которых не параллельны между собой (например, ГА, АТ и др.), уменьшается наполовину, т.е. на толщину  $d$  линии шрифта. Минимальным расстоянием между словами, разделенными знаком препинания, является расстояние между знаком препинания и следующим за ним словом.

Таблица 1.1 - Параметры шрифта типа Б и расположение букв и строк

| Параметры шрифта                     | Относительный размер  | Размеры, мм |            |          |          |           |           |           |
|--------------------------------------|-----------------------|-------------|------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| <b><u>Размер шрифта:</u></b>         | <b><math>h</math></b> | <b>2,5</b>  | <b>3,5</b> | <b>5</b> | <b>7</b> | <b>10</b> | <b>14</b> | <b>20</b> |
| Высота прописных букв                | $(10/10)h$            | 2,5         | 3,5        | 5        | 7        | 10        | 14        | 20        |
| Высота строчных букв                 | $(7/10)h$             | 1,8         | 2,5        | 3,5      | 5        | 7         | 10        | 14        |
| Расстояние между буквами             | $(2/10)h$             | 0,5         | 0,7        | 1        | 2        | 2         | 2,8       | 4         |
| Минимальный шаг строк                | $(17/10)h$            | 4,3         | 6          | 8,5      | 17       | 17        | 24        | 34        |
| Минимальное расстояние между словами | $(6/10)h$             | 1,5         | 2,1        | 3        | 6        | 6         | 8,4       | 12        |
| Толщина линий шрифта                 | $(1/10)h$             | 0,25        | 0,35       | 0,5      | 1        | 1         | 1,4       | 2         |

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПР

СТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ

абвгдежзийклмнопрст

уфхцчшщъыьэюя

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПР

СТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ

абвгдежзийклмнопрст

уфхцчшщъыьэюя

1234567890 3 №

ø □ ▸ △ ° \* ~ % ^ R

Рисунок 1.1 – Пример чертежного шрифта типа Б

Таблица 1.2 - Ширина букв и цифр

| Шрифт типа Б                                                                             | Относи-<br>тельная<br>ширина | Размеры, мм       |                   |                   |                 |                 |                  |                  |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| <b><u>Размер шрифта h</u></b>                                                            |                              | <b><u>1,8</u></b> | <b><u>2,5</u></b> | <b><u>3,5</u></b> | <b><u>5</u></b> | <b><u>7</u></b> | <b><u>10</u></b> | <b><u>14</u></b> | <b><u>20</u></b> |
| Прописные буквы<br>Б, В, И, Й, К, Л, Н, О,<br>П, Р, Т, У, Ц, Ч, Ъ, Э, Я                  | (6/10)h                      | 1,1               | 1,5               | 2,1               | 3               | 4,2             | 6                | 8,4              | 12               |
| А, Д, М, Х, Ы                                                                            | (7/10)h                      | 1,25              | 1,75              | 2,45              | 3,5             | 4,9             | 7                | 9,8              | 14               |
| Ж, Ф, Ш, Щ, Ъ, Ю                                                                         | (8/10)h                      | 1,44              | 2                 | 2,8               | 4               | 5,6             | 8                | 11,2             | 16               |
| Е, Г, З, С                                                                               | (5/10)h                      | 0,9               | 1,25              | 1,75              | 2,5             | 3,5             | 5                | 7                | 8                |
| Строчные буквы<br>а, б, в, г, д, е, з, и, й, к,<br>л, н, о, п, р, у, х, ч, ц,<br>ъ, э, я | (5/10)h                      | -                 | 1,25              | 1,75              | 2,5             | 3,5             | 5                | 7                | 10               |
| м, ъ, ы, ю                                                                               | (6/10)h                      | -                 | 1,5               | 2,1               | 3               | 4,2             | 6                | 8,4              | 12               |
| ж, т, ф, ш, щ                                                                            | (7/10)h                      | -                 | 1,75              | 2,45              | 3,5             | 4,9             | 7                | 9,8              | 14               |
| с                                                                                        | (4/10)h                      | -                 | 1                 | 1,4               | 2               | 2,8             | 4                | 5,6              | 8                |
| Цифры<br>2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 0                                                          | (5/10)h                      | 0,9               | 1,25              | 1,75              | 2,5             | 3,5             | 5                | 7                | 10               |
| 4                                                                                        | (6/10)h                      | 1,1               | 1,5               | 2,1               | 3               | 4,2             | 6                | 8,4              | 12               |
| 1                                                                                        | (3/10)h                      | 0,54              | 0,75              | 1,1               | 1,5             | 2,1             | 3                | 4,2              | 6                |

В чертежах деталей, выполняемых на листах формата А3, применяется шрифт №5, №7 и №10. Высота цифр равна 5 мм на размерных линиях, шрифт №7 (7 мм) применяется для обозначений следов секущих плоскостей и заголовков для видов, сечений и разрезов, шрифт №10 (10 мм) – для заголовков на чертеже, например, для обозначения разреза:

#### А-А

**1.3. Задание.** Выполнить титульный лист карандашом на листе формата А3 (рисунок 1.2). Рекомендуются для слов **Контрольная работа №1** (шрифт №20) выполнить сетку тонкой блеклой линией с интервалом 2 мм по горизонтали и вертикали. Угол наклонных линий к горизонтали 75°. Не требуется стирать резинкой сетку после выполнения надписи. Размер шрифта остальных строк, кроме второй, принять №10. Допускается написание текста второй строки разбить на две строки. Следует отметить значительные затраты времени на это задание, поэтому карандашом титульный лист выполняется один раз и принимается к защите только при качественном исполнении.

#### 1.4. Вопросы для повторения

1. Что такое прописные и строчные буквы?
2. Чем определяется размер (номер) шрифта?

3. В чем заключается разница между шрифтами типа А и Б?
4. Чему равна высота арабских цифр в каждом номере шрифта?
5. Какой чертежный шрифт наиболее распространен в машиностроении?
6. Чему равен угол наклона букв и цифр чертежного шрифта к основанию строки?
7. Какую часть от высоты прописных букв в шрифте типа Б составляют: высота строчных букв, расстояние между буквами, минимальное расстояние между основаниями строк, минимальное расстояние между словами?
8. В каких случаях расстояние между буквами в слове уменьшают до значения, равного толщине линий букв, или совсем исключают?
9. Как выполняют нижние горизонтальные отростки прописных букв Д, Ц, Щ и черту над буквой Й?
10. Какие 16 строчных букв русского алфавита имеют одинаковое начертание с прописными?
11. Какие шрифты рекомендуются для чертежей деталей, выполненных на листе формата А3: для нанесения размеров? для обозначения следа секущей плоскости?  
-для заголовка?
12. Напишите на память арабские цифры от нуля до 9 шрифтом №10 и сверьте их начертание со стандартным (рисунок 1.1)..

## **Лист 2. Точка. Прямая линия. Многогранники**

### **2.1. Задание**

2.2. Проектирование точки и прямой линии координатным методом. Построение контуров многогранников

### **2.3. Теорема Эйлера. Пересечение многогранников**

### **2.4. Вопросы для подготовки**

**2.1. Задание.** По заданным координатам точек (см. таблицу 2.1) изобразить в двух проекциях прямую призму и наклонную пирамиду, построить линию их пересечения, ответить на вопросы для самоподготовки.

## **2.2. Проектирование точки и прямой линии координатным методом. Построение контуров многогранников**

В левой половине листа формата А3(297x420), расположенного горизонтально длинной стороной, наносим оси координат  $X_{12}$ ,  $Y_{13}$ ,  $Z_{23}$ . Пересечение осей – точку 0 - размещаем в центре листа.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Вологодский государственный технический университет**

**Кафедра начертательной геометрии и графики**

# **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1**

**по инженерной графике**

**1 2 3 4 5 6 7 8 9 0**

**Руководитель Прыганова А.В.**

**Студент Воеводин Е. К.**

**Группа ИМ-11**

**Вологда**  
**2013**

*Рисунок 1.2 – Пример заполнения титульного листа*



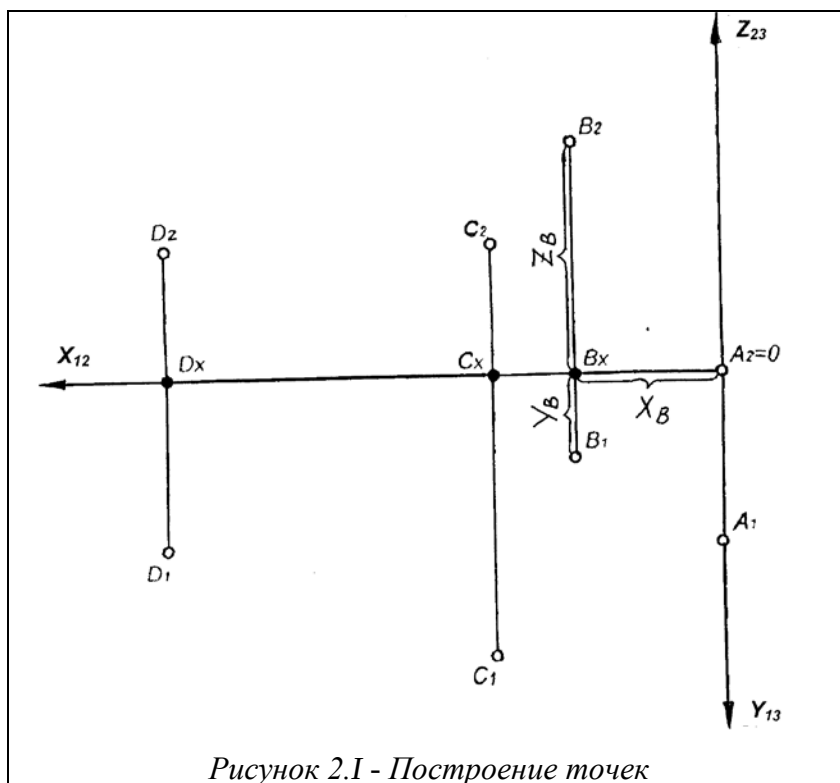


Рисунок 2.1 - Построение точек

Из таблицы 2.1 *Пирамида* по варианту берем координаты точек А, В, С и D и строим проекции в двух плоскостях (рисунок 2.1). Например, от точки 0 влево по оси  $X_{12}$  откладываем в мм значение координаты X точки В ( $X_B$ ). Затем вниз от оси  $X_{12}$  строго по направлению оси  $Y_{13}$  строим отрезок, длина которого равна координате Y точки В ( $Y_B$ ), получаем  $B_1$  (горизонтальная проекция точки В).

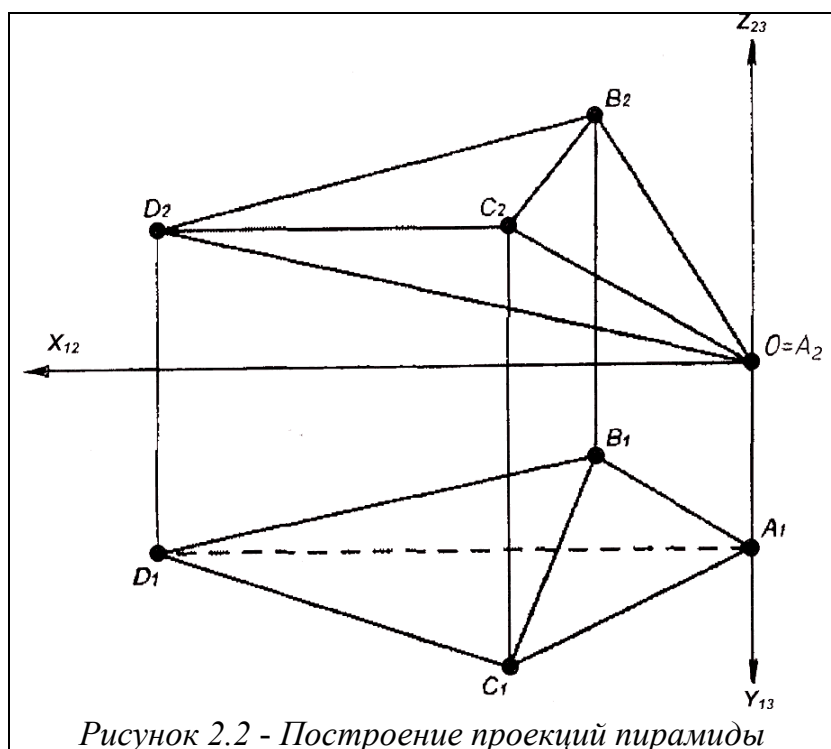
Вверх от оси  $X_{12}$  по направлению оси  $Z_{23}$  строим отрезок, равный координате Z

точки В, ( $Z_B$ ), получаем  $B_2$  (фронтальная проекция точки В). Линия  $B_1B_2$  называется линией связи точки В, она *всегда перпендикулярна* оси  $X_{12}$ . Аналогично строим проекции остальных точек. На рис. 2.1 координаты  $X_A = 0$  и  $Z_A = 0$ , то есть точка А лежит на оси  $Y_{13}$ .

Таблица 2.1- **Пирамида**

| № вар | $X_A$ | $Y_A$ | $Z_A$ | $X_B$ | $Y_B$ | $Z_B$ | $X_C$ | $Y_C$ | $Z_C$ | $X_D$ | $Y_D$ | $Z_D$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 141   | 75    | 0     | 122   | 14    | 77    | 87    | 100   | 40    | 0     | 50    | 40    |
| 2     | 0     | 70    | 0     | 20    | 9     | 77    | 53    | 95    | 40    | 141   | 45    | 40    |
| 3     | 0     | 80    | 0     | 20    | 19    | 77    | 53    | 110   | 40    | 141   | 55    | 40    |
| 4     | 0     | 68    | 0     | 20    | 7     | 77    | 53    | 93    | 40    | 141   | 43    | 40    |
| 5     | 0     | 75    | 0     | 20    | II    | 77    | 53    | 100   | 40    | 141   | 50    | 40    |
| 6     | 0     | 82    | 0     | 20    | 21    | 77    | 53    | 112   | 40    | 141   | 57    | 40    |
| 7     | 0     | 85    | 0     | 20    | 24    | 77    | 53    | 115   | 40    | 141   | 60    | 40    |
| 8     | 0     | 90    | 0     | 20    | 29    | 77    | 53    | 120   | 40    | 141   | 65    | 40    |
| 9     | 0     | 85    | 0     | 15    | 30    | 77    | 55    | 120   | 40    | 141   | 60    | 40    |
| 0     | 141   | 70    | 0     | 122   | 9     | 77    | 87    | 95    | 40    | 0     | 45    | 40    |

Соединим одноименные проекции точек  $A_1$  с  $B_1$  и с  $C_1$ , а также и  $A_2$  с  $B_2$  и с  $C_2$ . Получим проекции основания пирамиды ABC. Соединим проекции точек основания с проекциями вершины  $D_1$  и  $D_2$ . Полученные изображения и будут проекциями искомой пирамиды (рисунке 2.2). Ребро CD – отрезок прямой частного положения - горизонталь, остальные ребра – отрезки прямых линий общего положения.



Таким образом, проектируя отрезки прямых по координатам их точек, мы построили многогранник, каждая грань которого представляет плоскую фигуру в виде треугольника. Совокупность проекций граней, имеющих общие ребра, позволила создать макет объемного тела – пирамиды.

Аналогично по данным таблицы 2.2 - *Призма* координатным способом строим изображение призмы: сначала основание GWЕК, которое

лежит в горизонтальной плоскости проекций  $\pi_1$ , затем боковые грани, зная, что высота прямой призмы 85 мм (по заданию). Стороны оснований призмы есть горизонтальные прямые – горизонтали, каждое ребро боковых граней – горизонтальнопроецирующие прямые (рисунок 2.3).

**Таблица 2.2 - Призма (высота 85 мм)**

| №<br>вар | $X_E$ | $Y_E$ | $Z_E$ | $X_K$ | $Y_K$ | $Z_K$ | $X_G$ | $Y_G$ | $Z_G$ | $X_W$ | $Y_W$ | $Z_W$ |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1        | 100   | 50    | 0     | 74    | 20    | 0     | 16    | 20    | 0     | 55    | 95    | 0     |
| 2        | 40    | 50    | 0     | 67    | 20    | 0     | 125   | 20    | 0     | 86    | 95    | 0     |
| 3        | 40    | 50    | 0     | 67    | 20    | 0     | 125   | 20    | 0     | 86    | 95    | 0     |
| 4        | 40    | 50    | 0     | 67    | 20    | 0     | 125   | 20    | 0     | 86    | 95    | 0     |
| 5        | 40    | 50    | 0     | 67    | 20    | 0     | 125   | 20    | 0     | 86    | 95    | 0     |
| 6        | 40    | 50    | 0     | 67    | 20    | 0     | 125   | 20    | 0     | 86    | 95    | 0     |
| 7        | 40    | 50    | 0     | 67    | 20    | 0     | 125   | 20    | 0     | 86    | 95    | 0     |
| 8        | 40    | 50    | 0     | 67    | 20    | 0     | 125   | 20    | 0     | 86    | 95    | 0     |
| 9        | 40    | 50    | 0     | 67    | 20    | 0     | 125   | 20    | 0     | 86    | 95    | 0     |
| 0        | 100   | 50    | 0     | 74    | 20    | 0     | 16    | 20    | 0     | 55    | 95    | 0     |

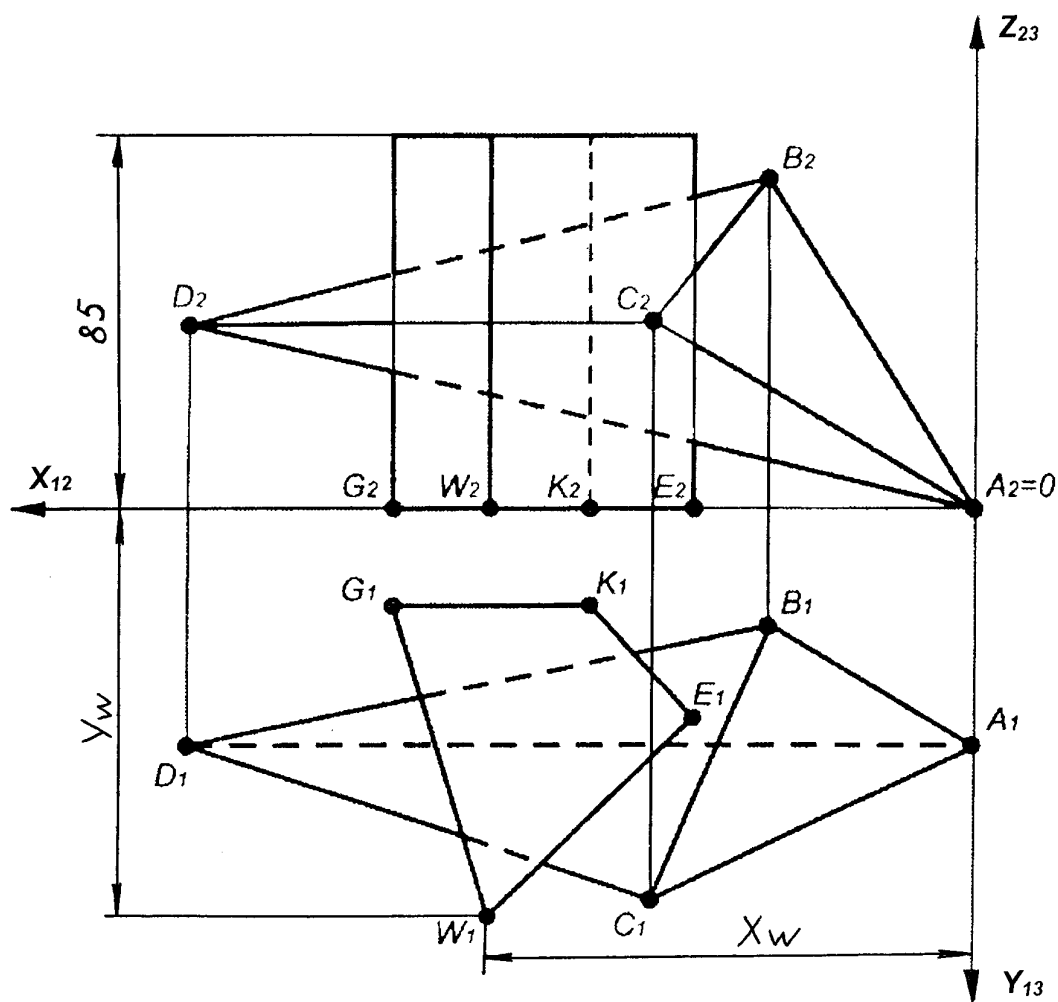


Рисунок 2.3 – Построение проекций призмы с основанием GWTK

Все грани призмы относятся к плоскостям частного положения: каждая боковая грань представляет собой *горизонтальнопроецирующие* плоскости, основания призмы – *горизонтальные* плоскости.

## 2.3. Теорема Эйлера. Пересечение многогранников

**Многогранники** - это замкнутые пространственные фигуры, ограниченные плоскими пересекающимися многоугольниками - *гранями*. Вершины и ребра граней являются *вершинами и ребрами* многогранников.

Гранная поверхность называется *выпуклой*, если она целиком лежит по одну сторону от плоскости любой своей грани. В этом случае отрезок прямой, соединяющий любые две точки выпуклой гранной поверхности, находится внутри нее.

**Теорема Эйлера:** *у всякого выпуклого многогранника число граней плюс число вершин минус число ребер равно двум, т.е.  $\Gamma + B - P = 2$ .*

Рассмотрим пирамиду на рисунке 2.2. У нее количество граней равно  $\Gamma = 4$ , количество вершин  $B = 4$ , количество ребер  $P = 6$ . По теореме Эйлера  $4 + 4 - 6 = 2$ .

**Вывод:** рассматриваемая пирамида – выпуклый многогранник. В задаче предстоит пересечь выпуклые призму и пирамиду.

**Призмой** называют многогранник, две грани которого представляют собой равные многоугольники с взаимно параллельными сторонами - основаниями. Основания образуют одно из другого путем параллельного переноса.

**Пирамидой** называют многогранник, одна грань которого - многоугольник с числом сторон не менее трех, а остальные грани являются треугольниками с общей вершиной.

Многогранник называют **правильным**, если его грани представляют собой правильные и равные многоугольники. Многогранные углы такого многогранника равны между собой. Существуют пять типов правильных многогранников, описанных более двух тысяч лет назад греческим философом Платоном. Эти многогранники стали называть **правильными телами Платона**. К ним относятся правильный четырехгранник (правильный тетраэдр), правильный шестигранник (гексаэдр), правильный восьмигранник (октаэдр), правильный двенадцатигранник (додекаэдр), правильный двадцатигранник (икосаэдр).

**Пересечение ребер пирамиды с призмой.** Горизонтальная проекция линий пересечения тел совпадает с контуром призмы на участке  $2_1-1_1-3_1$ , затем  $5_1-4_1-E_1-7_1$ , так как грани боковой поверхности призмы представляют собой горизонтальнопроецирующие плоскости (рисунок 2.4).. На виде сверху линия пересечения многогранников определяется по точкам пересечения ребер: проекция ребра  $C_1D_1$  пересекает контур призмы в точках  $3_1$  и  $5_1$ , проекция ребра  $A_1D_1$  - в точках  $1_1$  и  $4_1$ , проекция ребра  $D_1B_1$  в точках  $7_1$ , и  $2_1$ . Находим по линиям связи фронтальные проекции точек  $3_2$  и  $5_2$  на фронтальной проекции  $C_2D_2$ , точек  $1_2$  и  $4_2$  - на  $A_2D_2$ , точек -  $2_2$  и  $7_2$  на  $B_2D_2$ . Кроме пересекающихся ребер пирамиды в рассматриваемом случае пересекается также ребро призмы  $E$  с двумя гранями пирамиды.

**Пересечение ребра призмы  $E$  с пирамидой.** Пересечение ребра  $E$  с гранями пирамиды выполняем с введением вспомогательной плоскости  $R$ . На  $\pi_1$  горизонтальнопроецирующая плоскость, заданная следом  $R_1$ , проходит *через вершину  $D_1$  пирамиды и ребро  $E_1$  призмы* и пересекает грань  $D_1B_1C_1$  по линии  $D_19_1$ , грань  $D_1B_1A_1$  - по линии  $D_110_1$ . Проецируем полученные линии пересечения на  $\pi_2$ . Получаем  $D_29_2$ . Находим точку  $6_2$  пересечения проекции прямой  $D_29_2$  с проекцией ребра  $E_2$ . Аналогично,  $D_210_2$ , пересекая проекцию ребра  $E_2$ , дает точку чертежа  $8_2$ . На горизонтальной плоскости проекций  $E_1=6_1=8_1$  (рисунок 2.5), так как ребро  $E$  – отрезок горизонтальнопроецирующей прямой.

**Линия пересечения многогранников.** На горизонтальной плоскости проекций видно, что проекция грани  $G_1W_1$  призмы пересекает все грани пирамиды по линии  $2_11_13_1$ . Проекция грани  $A_1B_1D_1$  пересекает призму по линии  $7_18_14_1$ . Строим по линиям связи на фронтальной плоскости проекций  $\pi_2$  линию  $7_28_24_2$ . Она принадлежит невидимой грани  $A_2B_2D_2$ . На плоскости  $\pi_1$  проекция грани  $A_1C_1D_1$  пересекает призму по линии  $4_15_1$ . На плоскости  $\pi_2$  проекция  $4_25_2$  - видимый отрезок. Грань  $B_2C_2D_2$  пересекает призму по линии  $5_26_27_2$ , где  $5_26_2$  видимая часть линии пересечения,  $6_27_2$  - невидимая часть (рисунок 2.6).

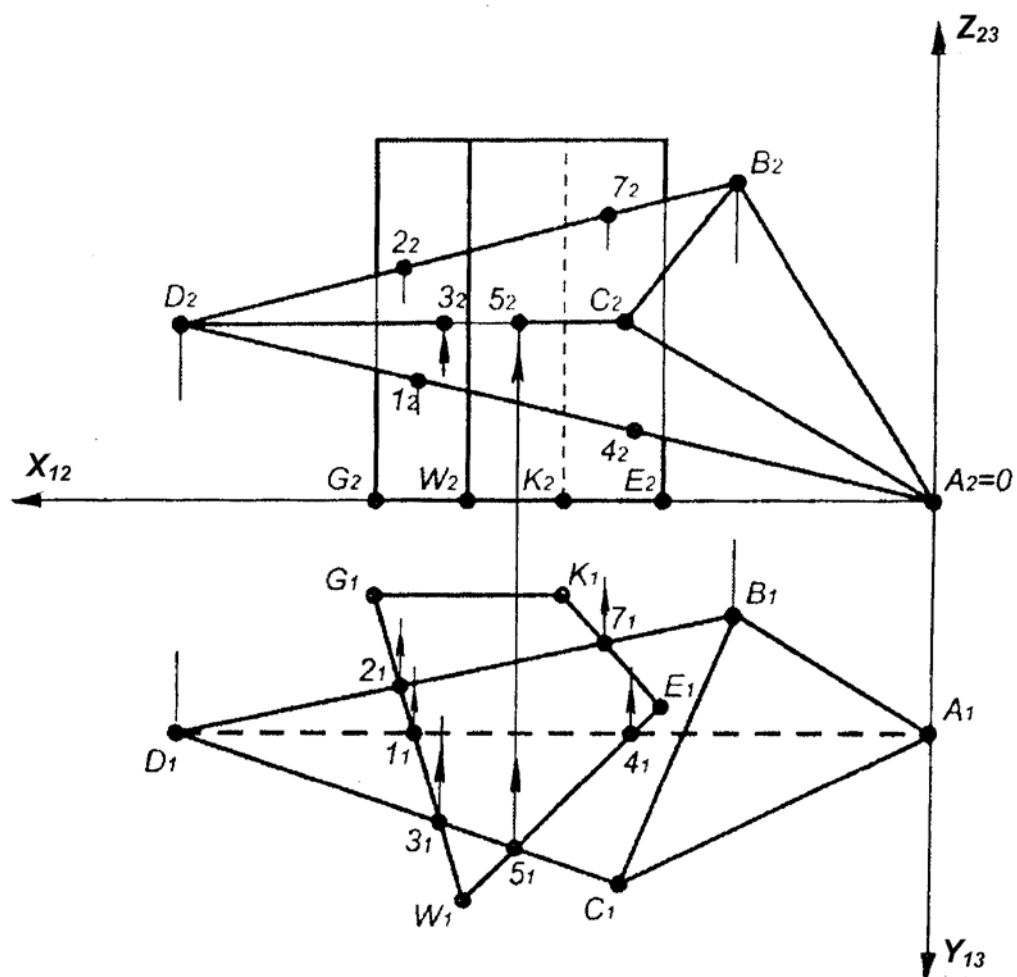


Рисунок 2.4 – Построение точек пересечения ребер пирамиды с призмой

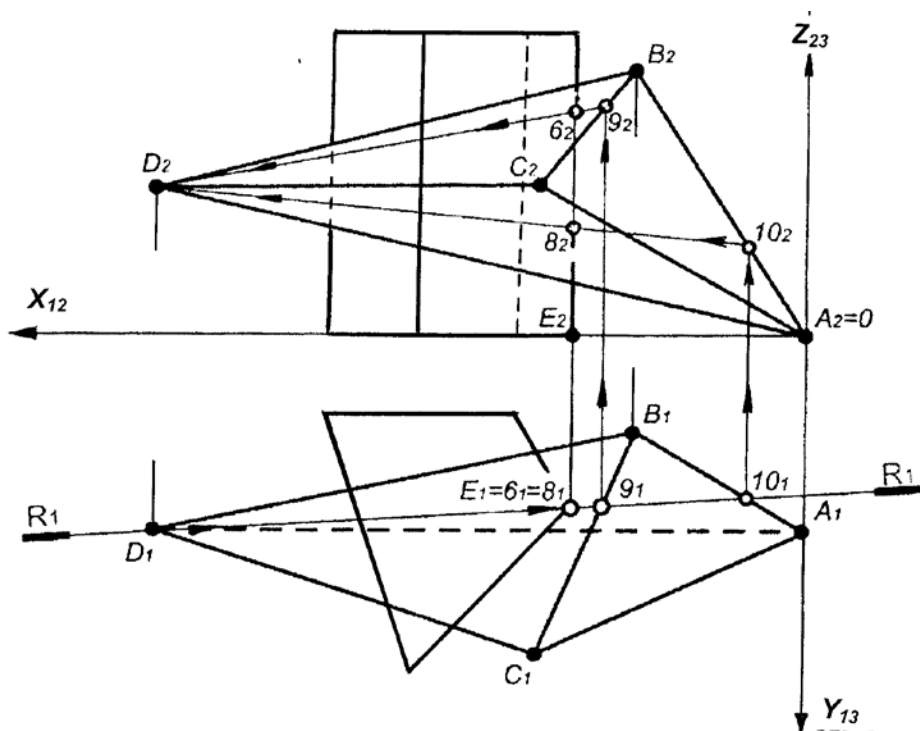
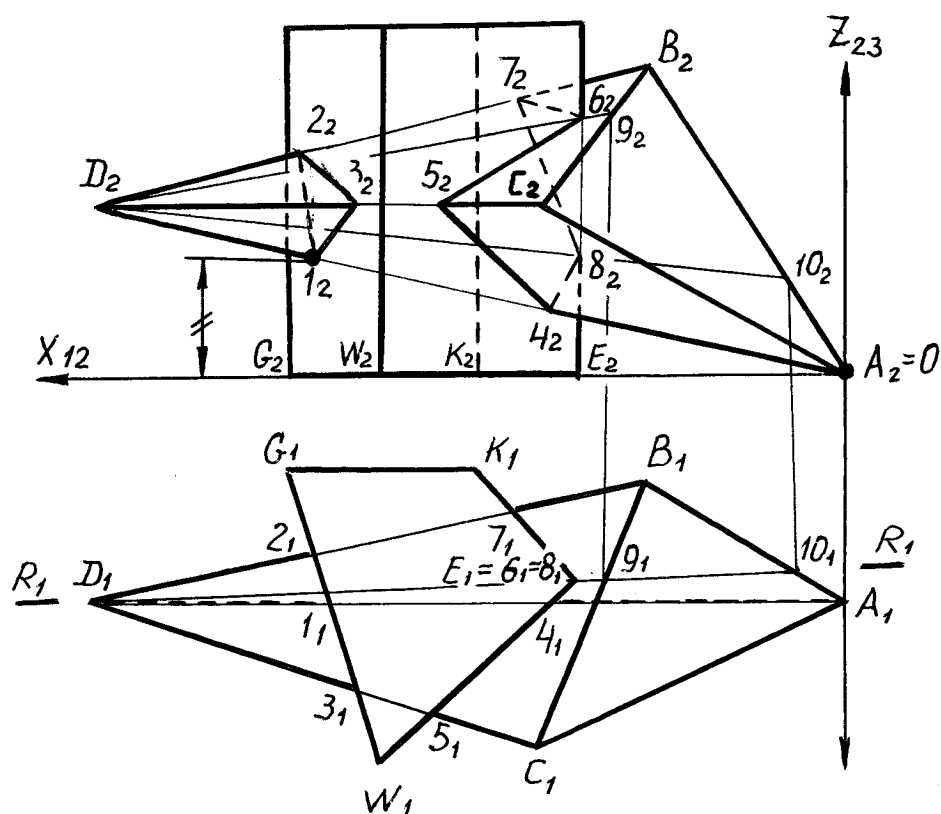


Рисунок 2.5 – Построение точек пересечения ребра призмы E с гранями пирамиды



Позиция наблюдателя №2



Позиция наблюдателя №1

Рисунок 2.6 – Построение линии пересечения многогранников

**Видимость многогранников.** При определении видимости на  $\pi_2$  наблюдатель занимает позицию №1 (рисунок 2.6). Ближе к наблюдателю ребро  $D_1C_1$ , следовательно, и грани  $D_1C_1A_1$  и  $D_1C_1B_1$ . Для наблюдателя на позиции №1 они видны на виде спереди, то есть на плоскости  $\pi_2$ , значит, видны отрезки линий пересечения  $5_26_2$  и  $5_2-2$ , лежащие в этих гранях. Грань  $D_2B_2A_2$  невидима на плоскости  $\pi_2$  и отрезки  $4_28_2$  и  $8_27_2$  следует чертить линией невидимого контура, т.е. штриховой. Отрезок  $6_27_2$  также невидим - он принадлежит невидимой грани призмы  $K_2E_2$ . При определении видимости на  $\pi_1$  наблюдатель занимает позицию №2. Для такого наблюдателя линия пересечения тел совпадет с контуром призмы, так как все его боковые грани есть горизонтальнопроецирующие плоскости.

### Требования к оформлению чертежа

1. Эпюр выполняется на формате А3 (297х420).
2. Название темы *Пересечение многогранников*.

3. Все надписи выполняются шрифтом №5, т.е. высота букв и цифр 5 мм.
4. Индексы составляют  $1/3$  от высоты цифр и букв, т.е. 1,7 мм.
5. Буквенно-цифровые обозначения нельзя пересекать линиями, линии должны прерываться.
6. Видимый контур обвести черными линиями  $S_{очн.}=0,8$  мм.
7. Невидимый контур выполнить черными штриховыми тонкими линиями  $S=0.5S_{очн.}$
8. Линии вспомогательных построений - тонкие блеклые в пределах 0,1-0,2 мм.

## 2.4. Вопросы для самоподготовки

1. Какие фигуры называют многогранниками?
2. Приведите примеры правильных многогранников.
3. Какие многогранники называют выпуклыми?
4. Что называют гранью, ребром, вершиной многогранника?
5. Сформулируйте теорему Эйлера о выпуклых многогранниках.
6. Приведите пример правильного звездчатого многогранника.
7. Изложите сущность построения линии пересечения многогранников.

## Лист 3. Развертки многогранников

- 3.1. Определение развертки
- 3.2. Развертка боковой поверхности прямой призмы
- 3.3. Определение истинных величин ребер пирамиды
- 3.4. Построение натуральной величины грани пирамиды. Развертка боковой поверхности пирамиды
- 3.5. Вопросы для повторения

### 3.1. Определение развертки

*Разверткой поверхности* называется плоская фигура, полученная при совмещении с плоскостью чертежа этой поверхности без складок и разрывов, растяжений и сжатий. Поверхности, допускающие такое преобразование, называются развертываемыми.

Для *развертываемых* поверхностей должны соблюдаться свойства:

- 1) каждая точка на развертке соответствует единственной точке поверхности;
- 2) прямые линии поверхности при развертывании остаются прямыми;
- 3) параллельные линии на поверхности при развертывании остаются параллельными;
- 4) в развертке сохраняются истинные длины отрезков прямых, принадлежащих поверхности, величины углов между прямыми линиями и площади фигур, образованные замкнутыми линиями.

Многогранные поверхности относятся к развертываемым поверхностям. Их разверткой является плоская фигура, полученная совмещением граней многогранника с плоскостью чертежа.

*Неразвертываемой* называются поверхность, которую нельзя развернуть без повреждения. При необходимости построить развертку ее заменяют другой поверхностью, которую можно развернуть. Такое развертывание считают условным. К неразвертываемым поверхностям относятся некоторые линейчатые и все нелинейчатые поверхности.

*Область применения.* Развертки применяются при постройке из листового стали резервуаров, трубопроводов, кожухов и т.п. Плоский листовый материал раскраивается по полученной на чертеже развертке для последующего образования поверхности путем изгибания и соединения полученных плоских фигур, например, сваркой.

В данной работе предлагается графический способ построения развертки без математического вычисления размеров элементов разворачиваемых пирамиды и призмы.

### 3.2. Развертка боковой поверхности прямой призмы

*Построение развертки боковой поверхности призмы* в данной задаче не требует какой-либо подготовки, так как все грани призмы есть горизонтальнопроецирующие плоскости, а основания параллельны горизонтальной плоскости проекций, то есть все ребра призмы имеют проекции в истинную величину (рисунок 3.1).

На  $\pi_1$  имеем периметр основания  $G_1W_1E_1K_1G_1$ , который развернется в прямую линию (рисунок 3.2). Следует указать проекции всех точек:  $1_1, 2_1, 3_1$  и т.д.. На рисунке 3.1 на  $\pi_2$  видна высота призмы и высоты всех точек ребер и граней относительно  $\pi_1$ , то есть их координаты  $Z$ .

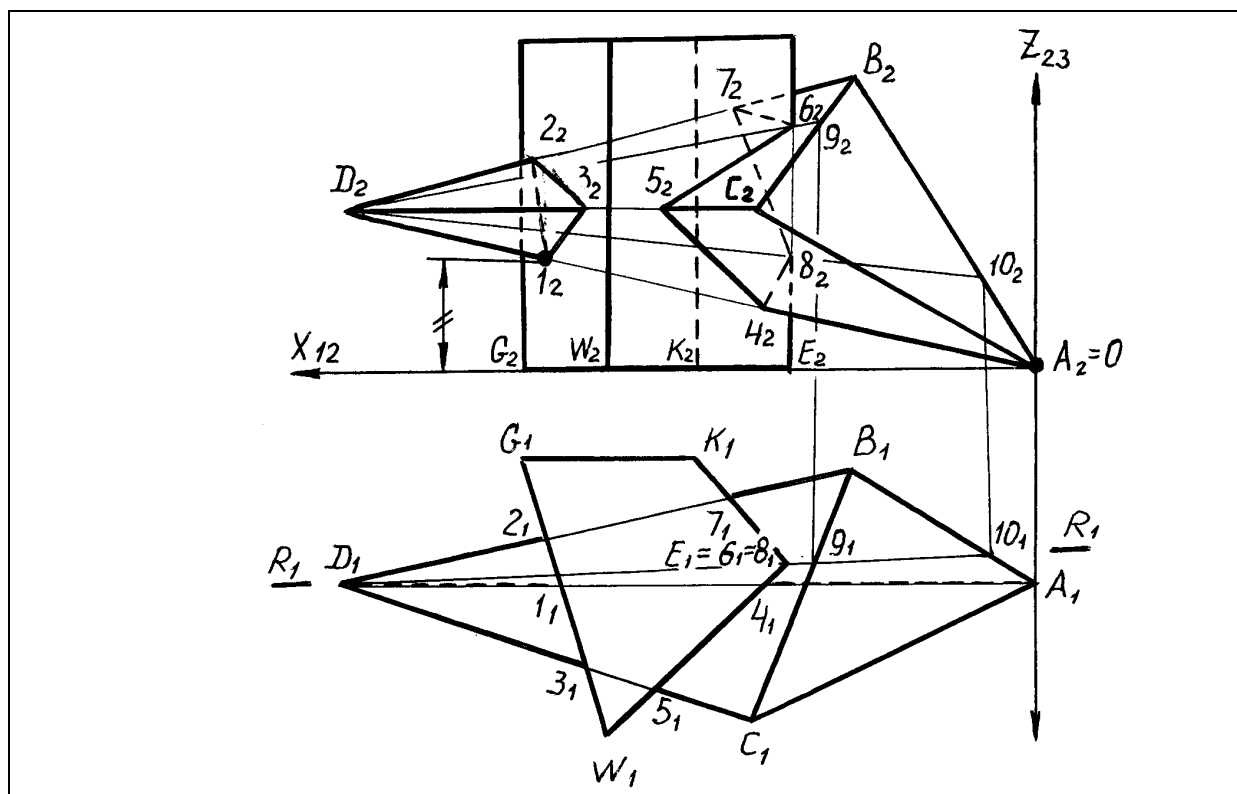


Рисунок 3.1 – Пирамида и призма с линиями пересечений



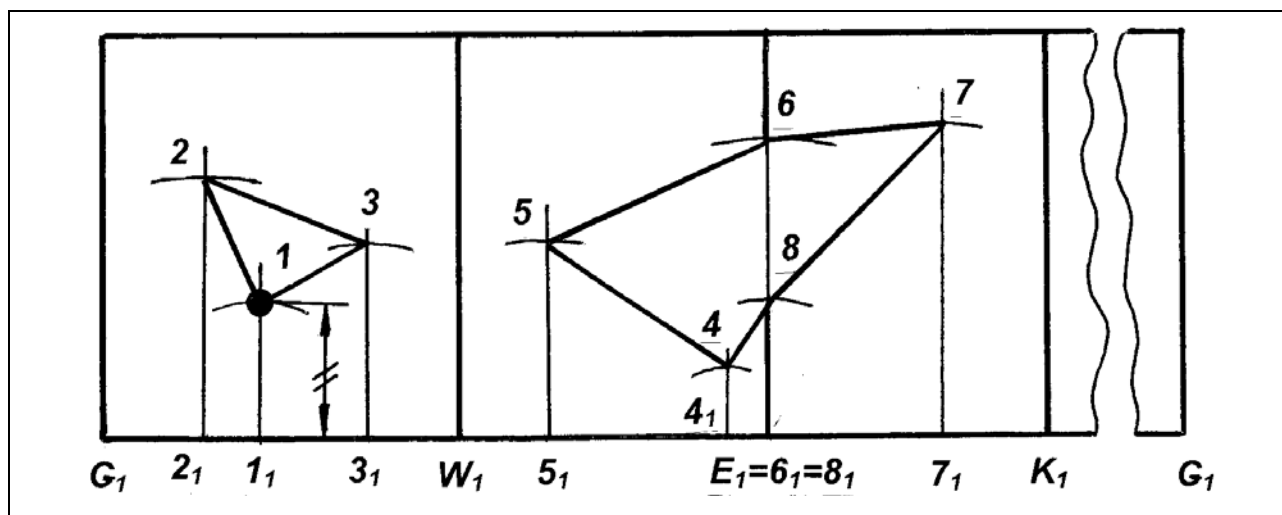


Рисунок 3.2 – Развертка боковой поверхности призмы

Развертка прямой призмы будет представлять собой прямоугольник, одна сторона которого есть развертка основания призмы  $G_1W_1E_1K_1G_1$ , вторая сторона равна высоте призмы (85 мм). На развертку основания выносим все горизонтальные проекции точек граней и ребра Е, определяющие линию пересечения многогранников. Затем измеряем координату Z каждой точки и откладываем ее величину перпендикулярно основанию развертки. Например, для точки 1 координата Z отмечена двумя засечками. При недостатке места на чертеже в последней грани с ребрами К и G, не содержащей точек линии пересечения, можно выполнить вырыв. Это позволит сократить длину развертки. Линии, ограничивающие вырванную часть грани KG, - тонкие волнистые черные с амплитудой волны 3 мм.

### 3.3. Определение истинных величин ребер пирамиды

Построение развертки пирамиды предполагает определение истинных величин каждой грани в виде треугольников. Для этого предлагается определить истинную величину каждой стороны треугольников. На рисунке 3.3 определение истинной (натуральной) величины стороны основания пирамиды СА выполнено методом замены плоскостей проекций. Натуральная величина стороны основания АВ определена методом вращения. Остальные величины (сторона основания ВС, ребра боковой поверхности DA, DB, вспомогательные отрезки D10 и D9) найдены методом прямоугольного треугольника. Не требуется определять длину отрезка CD, так как CD - горизонталь и проецируется в истинную величину на горизонтальную плоскость проекций  $\pi_1$ :  $C_1D_1=HB$ .

**3.3.1. Метод вращения.** Отрезок прямой общего положения АВ вращением переводим в положение отрезка частного положения – фронтали (рисунок 3.3). Для этого мысленно проведем через точку А ось вращения  $i$  перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций. Горизонтальную проекцию  $A_1B_1$  вращаем вокруг оси  $i_1$  до положения фронтали, то есть ставим параллельно оси  $X_{12}$ . Точка А остается неподвижной, вращается точка В. При этом расстояние точки В до плоскости  $\pi_1$  остается неизменным (координата  $Z_B$  сохраняется), поэтому проекция траектории точки В на  $\pi_2$  будет параллельна оси  $X_{12}$ .  $B_2'$  -

новое положение точки В после вращения. Получили  $AB'$  - отрезок *фронтальной прямой*. Проекция  $A_2B_2=NB$  - натуральная величина отрезка АВ.

**3.3.2. Метод замены плоскостей проекций.** Отрезок прямой общего положения СА заменой плоскости  $\pi_2$  на  $\pi_4$  превращаем в отрезок частного положения, параллельного новой плоскости  $\pi_4$ . Плоскость  $\pi_4$  перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций  $\pi_1$  и параллельна отрезку АС - по построению. С вводом новой плоскости сохраняется положение отрезка относительно сохраненной плоскости  $\pi_1$ , то есть сохраняются координаты  $Z_C$  и  $Z_A$ . Эти координаты отражаются в новой плоскости  $\pi_4$ . На рисунке 3.3 координата  $Z_D=Z_C$  (отмечена галочкой). Координата  $Z_A=0$  (по заданию).  $C_4A_4=NB$ .

**3.3.3. Метод прямоугольного треугольника.** Истинная величина отрезка прямой равна гипотенузе прямоугольного треугольника, один катет которого равен проекции отрезка на плоскость проекций, другой катет равен разности расстояний концов отрезка до этой плоскости проекций.

Например, первый катет  $C_1B_1$  с его точкой  $9_1$  берем с горизонтальной проекции пирамиды и переносим в любое положение, удобное для построения. Затем строим другой катет  $B_1B$ , длина которого  $Z_B-Z_C$ . Эта разность на рисунке 3.3 на плоскости  $\pi_2$  отмечена двумя засечками. Проведем гипотенузу  $C_1B$ , длина которой и является искомой длиной отрезка ВС. На гипотенузу перпендикулярно катету  $C_1B_1$  переносим точку  $9_1$ , ее положение относительно концов отрезка также определено в натуральную величину. Решим такую же задачу для вспомогательного отрезка D9. С помощью проекции отрезка  $D_29_2$  была определена точка чертежа  $6_2$  пересечения ребра Е с гранью пирамиды DBC. Возьмем горизонтальную проекцию  $D_19_1$  с точкой  $6_1$ . Это будет первый катет. Второй катет будет равен разности координат  $Z_D - Z_{\text{точки 9}}$ . На рис. 4.3 эта разность отмечена кружком с зачерненной половиной. Строим гипотенузу  $D_19$  и переносим на нее точку  $6_1$ . Гипотенуза  $D_19=NB$  и положение точки 6 на гипотенузе определено как истинное. Аналогично находим натуральные длины остальных ребер пирамиды.

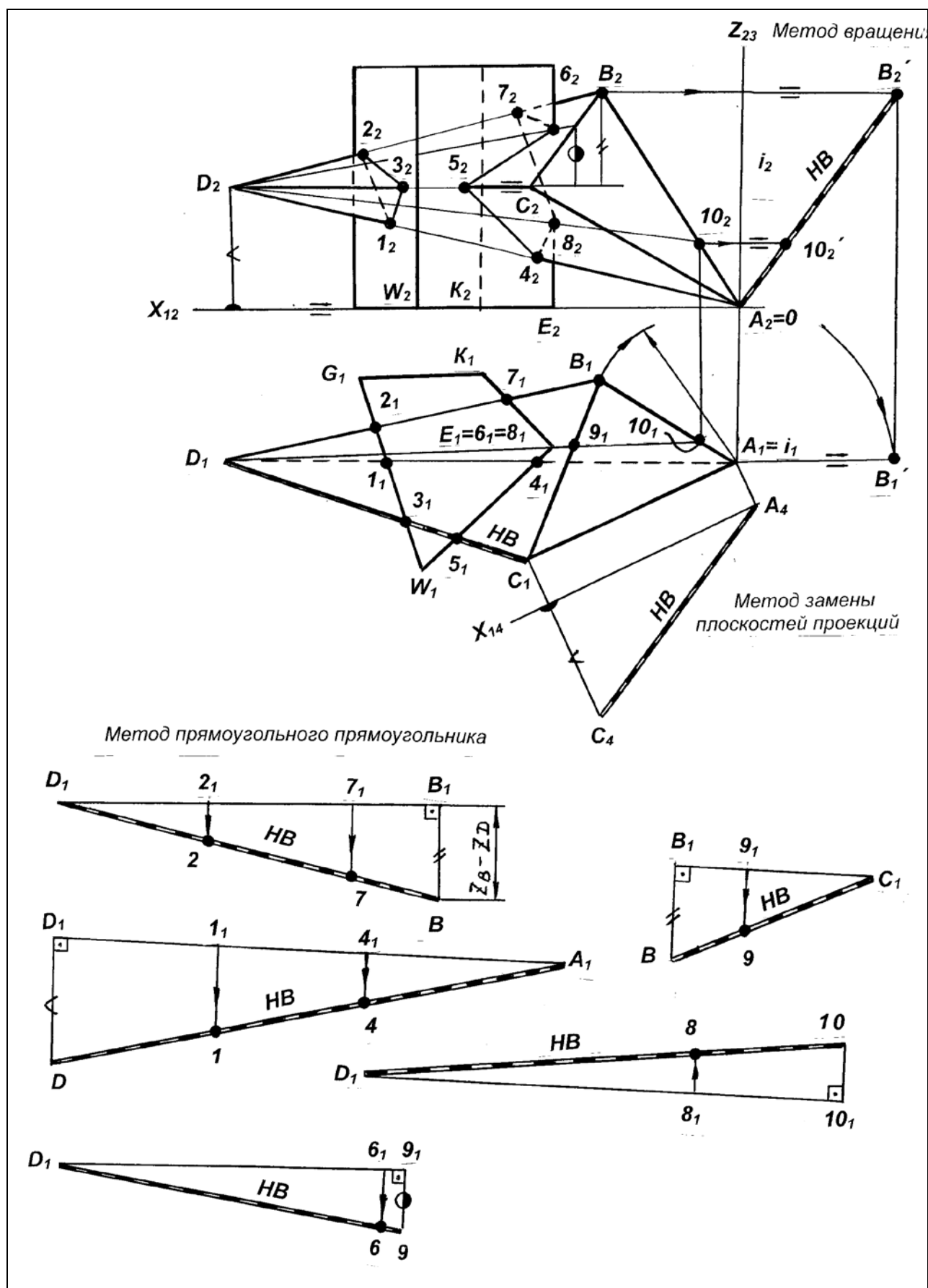


Рисунок 3.3 – Определение натуральных величин ребер пирамиды

### 3.4. Построение натуральной величины грани пирамиды. Развертка боковой поверхности пирамиды

Методом треугольников по трем известным сторонам строим грань DAB (рисунок 3.4). Для этого, учитывая желательную компоновку чертежа,

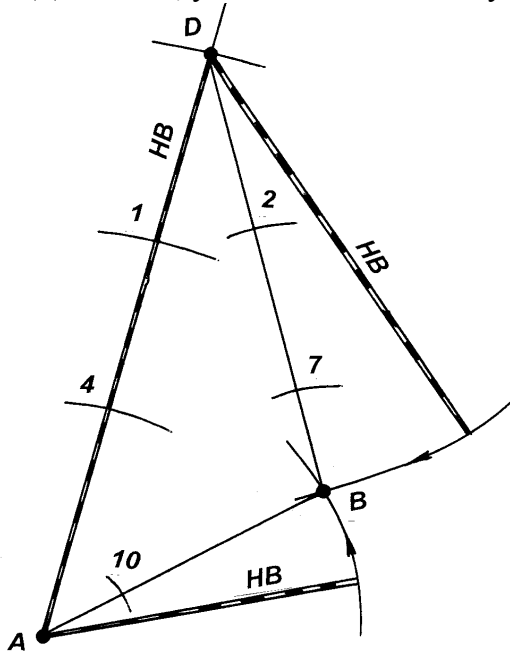


Рисунок 3.4 – Построение грани пирамиды по трем известным сторонам

выбираем положение первого ребра, например, AD. Выбором ребра мы определяем расположение сварного шва будущей конструкции из листовой стали, для которой и разрабатываем развертку. На ребре AD в натуральную величину должны быть построены точки 1 и 4. Раствором циркуля, равным натуральной величине ребра AB, проводим дугу из центра A. Затем из точки D как из центра проводим дугу радиусом, равным натуральной величине ребра DB. Пересечение дуг дает точку B. С гипотенуз  $A_1B$  и  $D_1B$  на рисунке 3.3 переносим точки 10, 2, 7 на рисунок 3.4. Аналогично строим остальные две грани боковой поверхности пирамиды с их

точками (рисунок 3.5). Оформление изображения полученной развертки боковой поверхности пирамиды показано на рисунке 3.6.

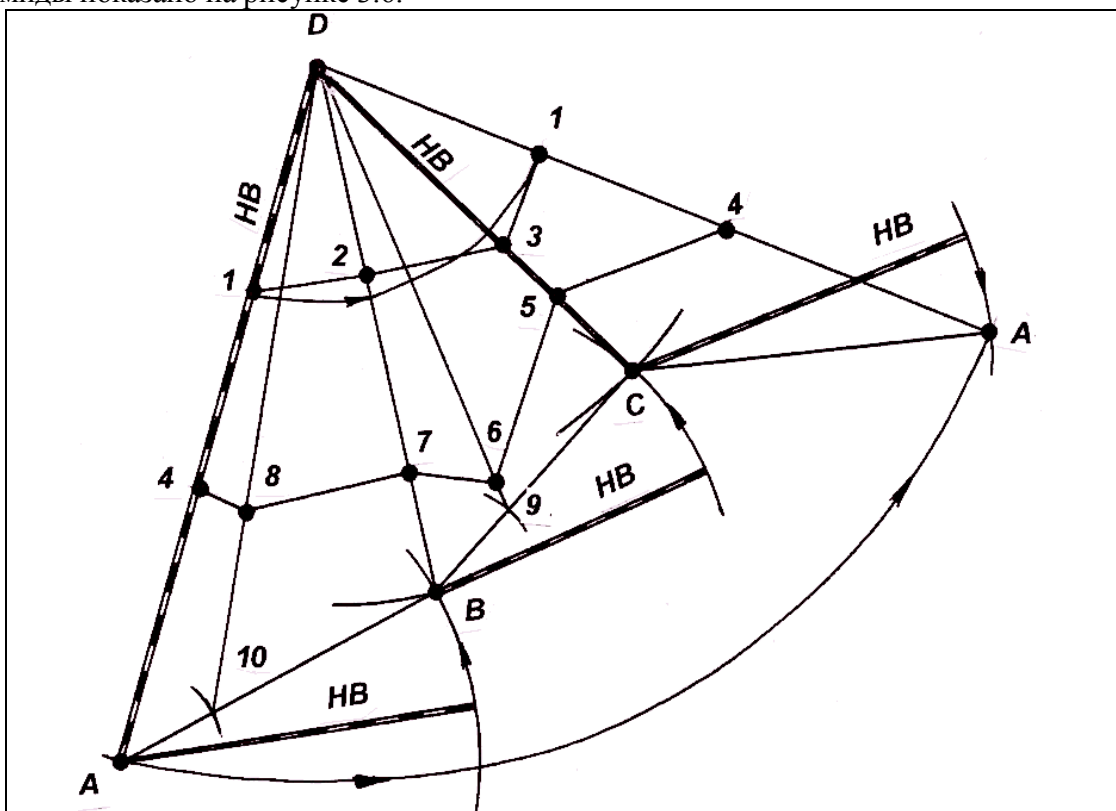


Рисунок 3.5 – Схема построения развертки боковой поверхности пирамиды

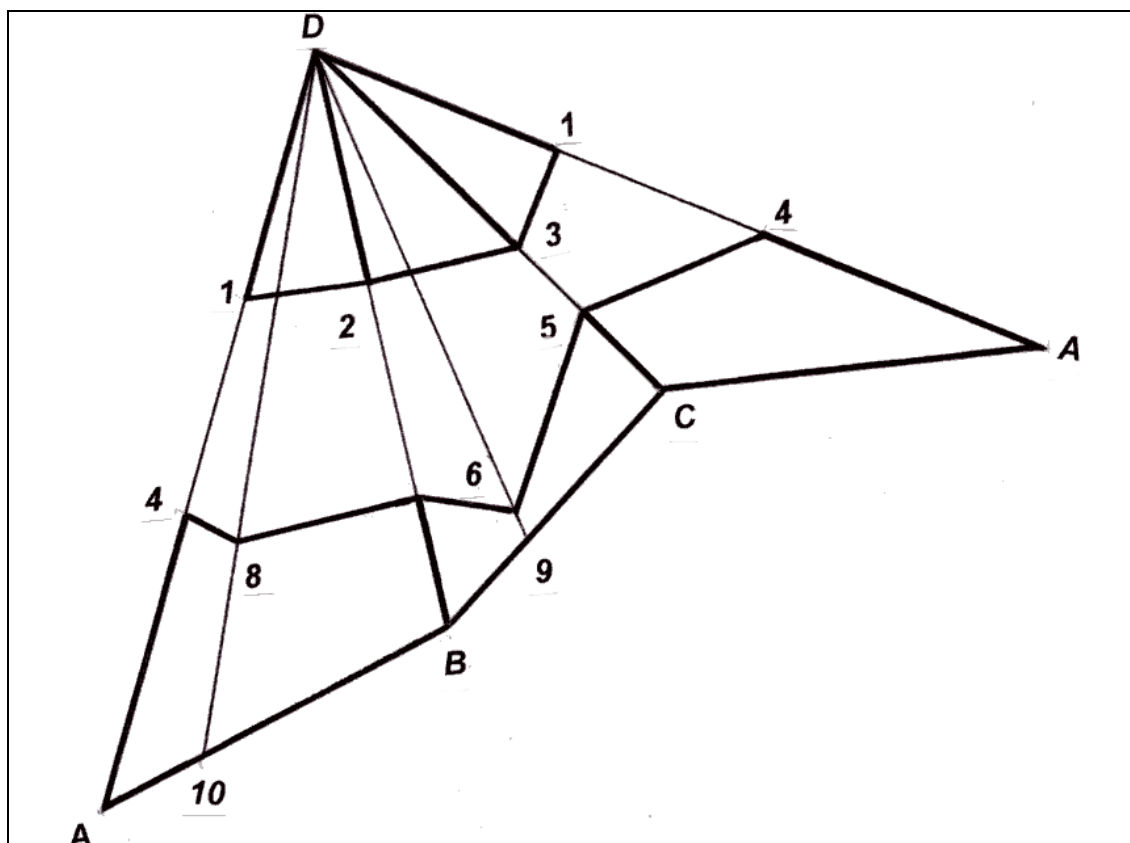


Рисунок 3.6 – Развертка боковой поверхности пирамиды

**Требования к оформлению чертежа 1.** Эпюр выполняется на формате А3 (297х420). На одном листе выполнить развертку боковой поверхности пирамиды (пример на рисунке 3.6) и развертку боковой поверхности призмы (пример на рисунке 3.2). **2.** Название темы в основной надписи *Развертки многогранников*. **3.** Все надписи на поле чертежа выполняются шрифтом №5. **4.** Контуры разверток обвести черными линиями  $S_{\text{очн.}}=0,8$  мм. **5.** Линии вспомогательных построений - тонкие блеклые в пределах 0,1-0,2 мм.

### 3.5. Вопросы для подготовки

1. Что называют разверткой поверхности?
2. Что называют разверткой многогранной поверхности?
3. Какие поверхности относятся к развертываемым поверхностям?
4. Перечислите свойства взаимно однозначного соответствия развертываемой поверхности и ее развертки.
5. Какие поверхности нельзя отнести к развертываемым поверхностям?
6. К каким поверхностям – развертываемым или неразвертываемым - относятся многогранные поверхности?
7. Перечислите известные Вам многогранники.
8. Приведите примеры использования разверток.
9. Перечислите использованные при построениях способы определения натуральной величины отрезков прямых.

10. Проверьте свои знания: известными Вам способами определите натуральную длину отрезка общего положения.

11. Какой из отрезков при построении развертки пирамиды не требовал определения его длины и почему?

## **Лист 4. Виды**

4.1. Основные положения

4.2. Задание

4.3. Вопросы по теме

**4.1.Основные положения.** Виды могут быть: основные, местные, дополнительные.

**Основные виды** - это изображения предмета, полученные проецированием его на внутренние грани прямоугольного параллелепипеда, внутри которого помещен предмет (рисунок 4.1). Проекционная связь между видами при преобразовании объемного изображения в плоский чертеж сохраняется. Основные виды не имеют заголовков. **Главным видом** называют изображение, дающее наиболее полное представление о форме и размерах предмета. Его выбирают в качестве вида спереди. Для уменьшения количества видов допускается применять линии невидимого контура.

На рисунке 4.1:

вид 1 – главный вид (вид спереди);

вид 2 – вид сверху;

вид 3 – вид слева;

вид 4 – вид справа;

вид 5 – вид снизу;

вид 6 – вид сзади.

Изображение поверхности предмета, полученное на плоскости, не параллельной основной плоскости проекций, называется **дополнительным видом**. Изображение ограниченного места поверхности предмета называют **местным видом**.

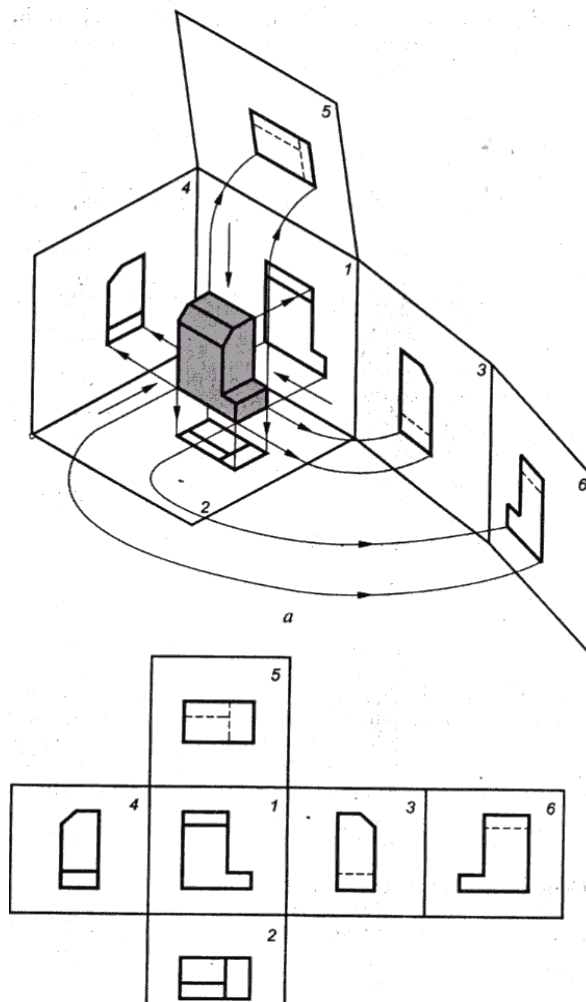


Рисунок 4.1- Основные виды

## 4.2. Задание

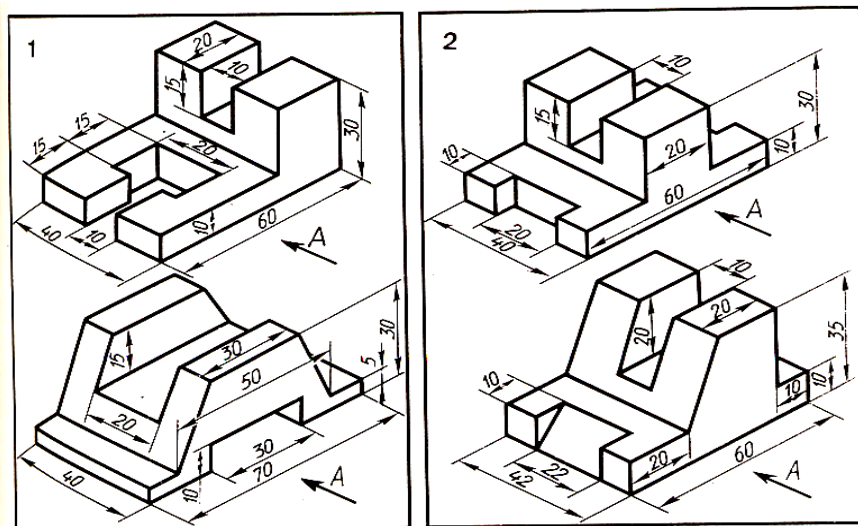


Рисунок 4.2- Задание

По заданной аксонометрической проекции детали (рисунок 4.2) начертить шесть основных видов (формат А3).

Выделить утолщенными линиями наименьшее, но достаточное для передачи формы детали количество видов.

## 4.3. Вопросы по

### теме

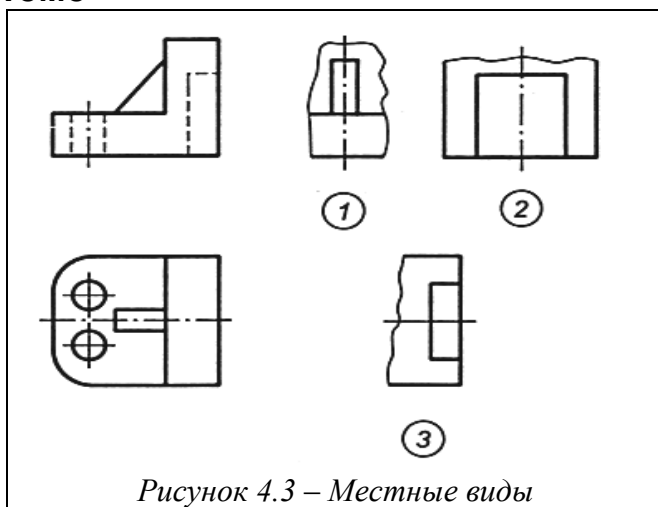


Рисунок 4.3 – Местные виды

1. Как правильно указать три местных вида (рисунок 4.3)?
2. Как правильно указать дополнительные виды (рисунок 4.4)?
3. Как правильно указать основные виды, расположенные вне проекционной связи (рисунок 4.5)?
4. Сколько основных видов необходимо для передачи формы детали?

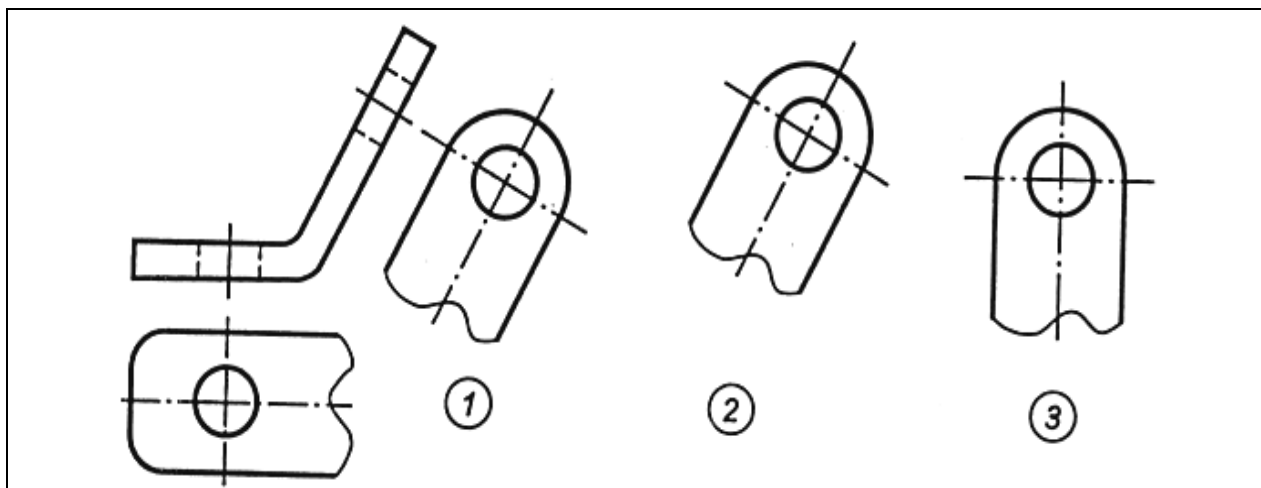


Рисунок 4.4 – Дополнительные виды

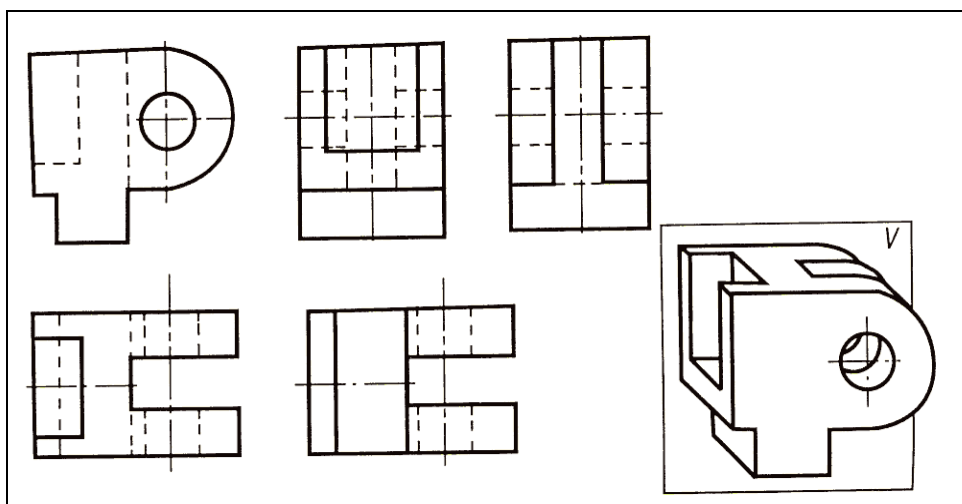


Рисунок 4.5 –  
Основные виды вне  
проекционной связи

## **Лист 5. Простые разрезы**

5.1 Определение простого разреза

5.2. Задание. Пример выполнения

**5.1. Разрезом** называется изображение, полученное при мысленном рассечении детали одной или несколькими плоскостями. В разрезе показывают то, что попало в секущую плоскость, и то, что находится за секущей плоскостью.

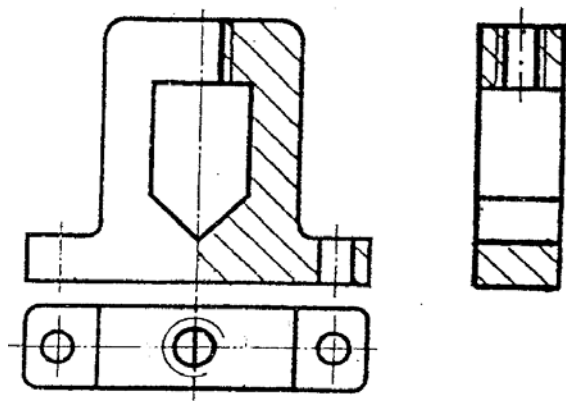


Рисунок 5.1- Пример выполнения  
простых разрезов

Простой разрез выполняют одной плоскостью. Если след секущей плоскости совпадает с плоскостью симметрии детали, его не показывают на чертеже и разрез не обозначают заголовком. Пример выполнения фронтального и профильного простых разрезов см. на рисунке 3.1

**5.2. Задание.** Выбрать масштаб для построения изображений. Перечертить два вида детали. Выполнить необходимый разрез. Проставить размеры. Вычертить деталь в аксонометрии с вырезом четверти.



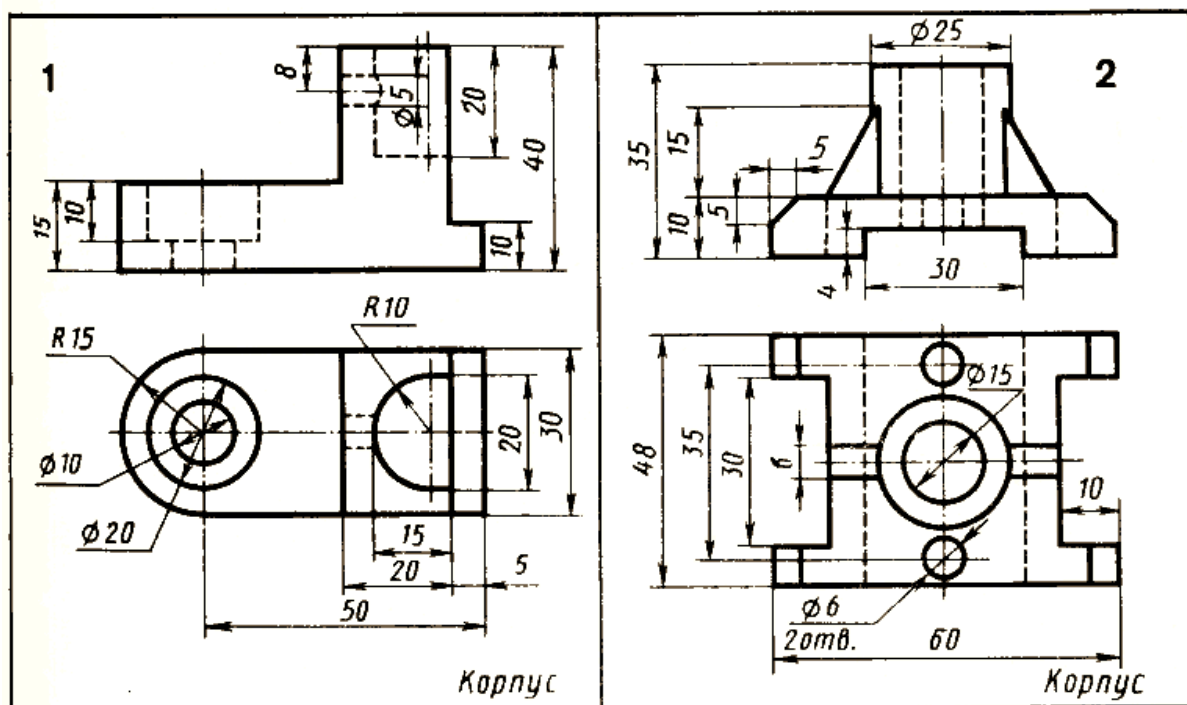


Рисунок 5.2- Задание по теме «Простые разрезы»

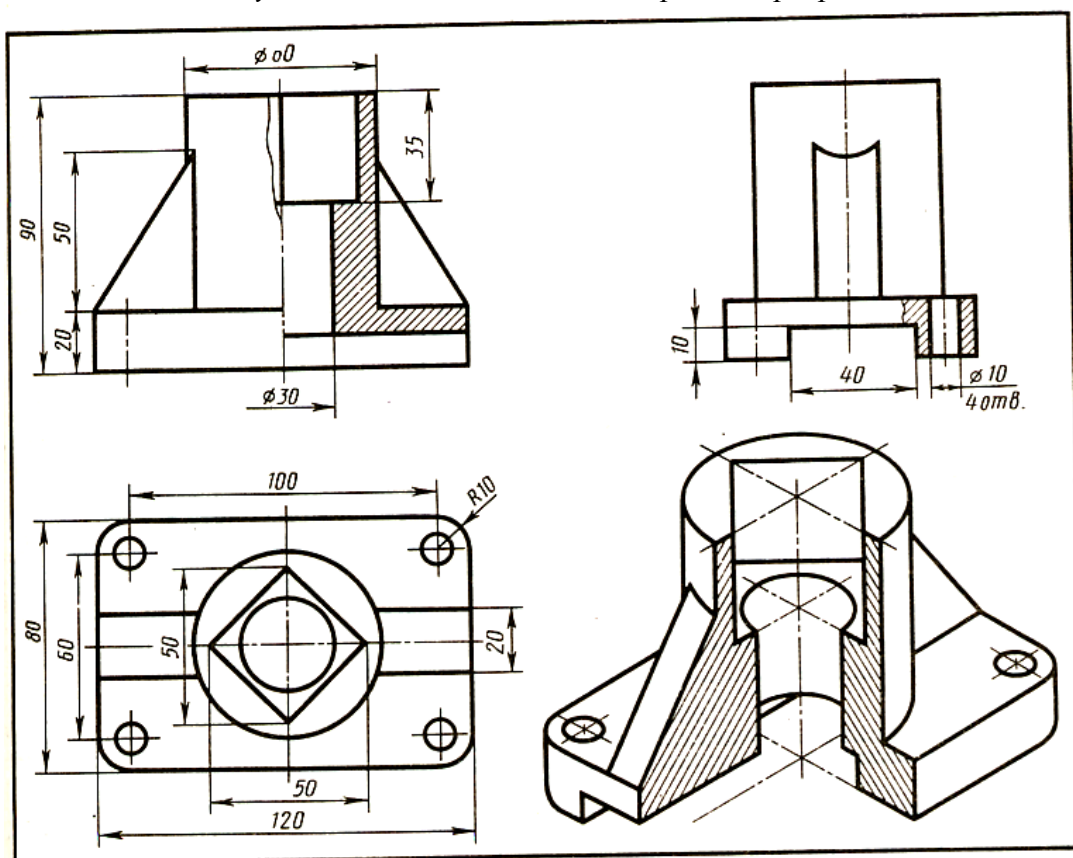


Рисунок 5.3 –Пример выполнения листа 3

## **Лист 6. Сложные разрезы**

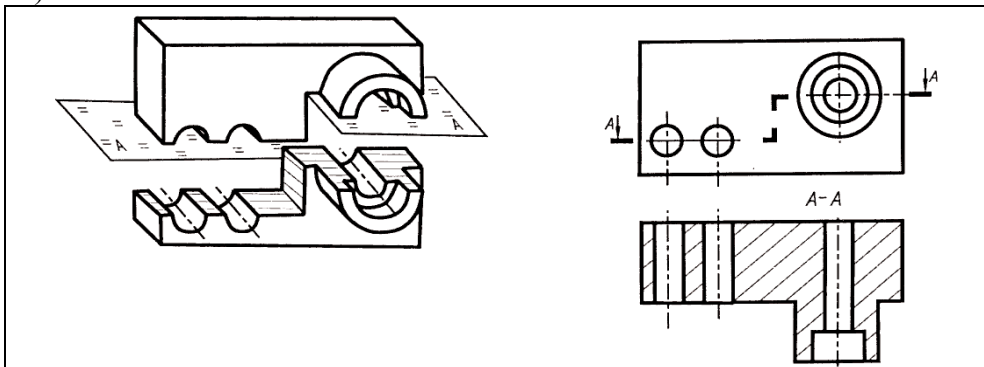
6.1 Определение сложного разреза

6.2. Задание

6.3. Тест и вопросы для проверки

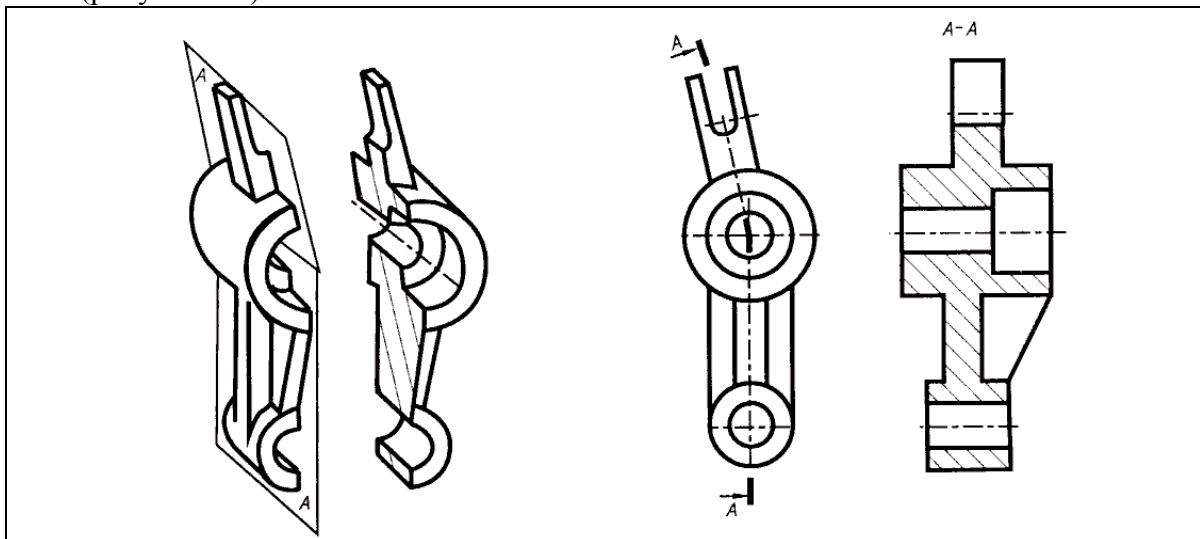
**6.1. Сложный разрез** выполняют несколькими плоскостями.

Разрез, выполненный несколькими параллельными плоскостями, называется **ступенчатым**. При этом все секущие плоскости мысленно совмещают в одну плоскость (рисунок 6.1).



*Рисунок 6.1 – Ступенчатый разрез*

Разрез, выполненный пересекающимися плоскостями, называется **ломаным**. При выполнении ломаного разреза секущие плоскости поворачивают до совмещения в одну плоскость (рисунок 6.2).



*Рисунок 6.2 – Ломаный разрез*

**6.2. Задание.** Перечертить два вида детали. Выполнить сложный разрез

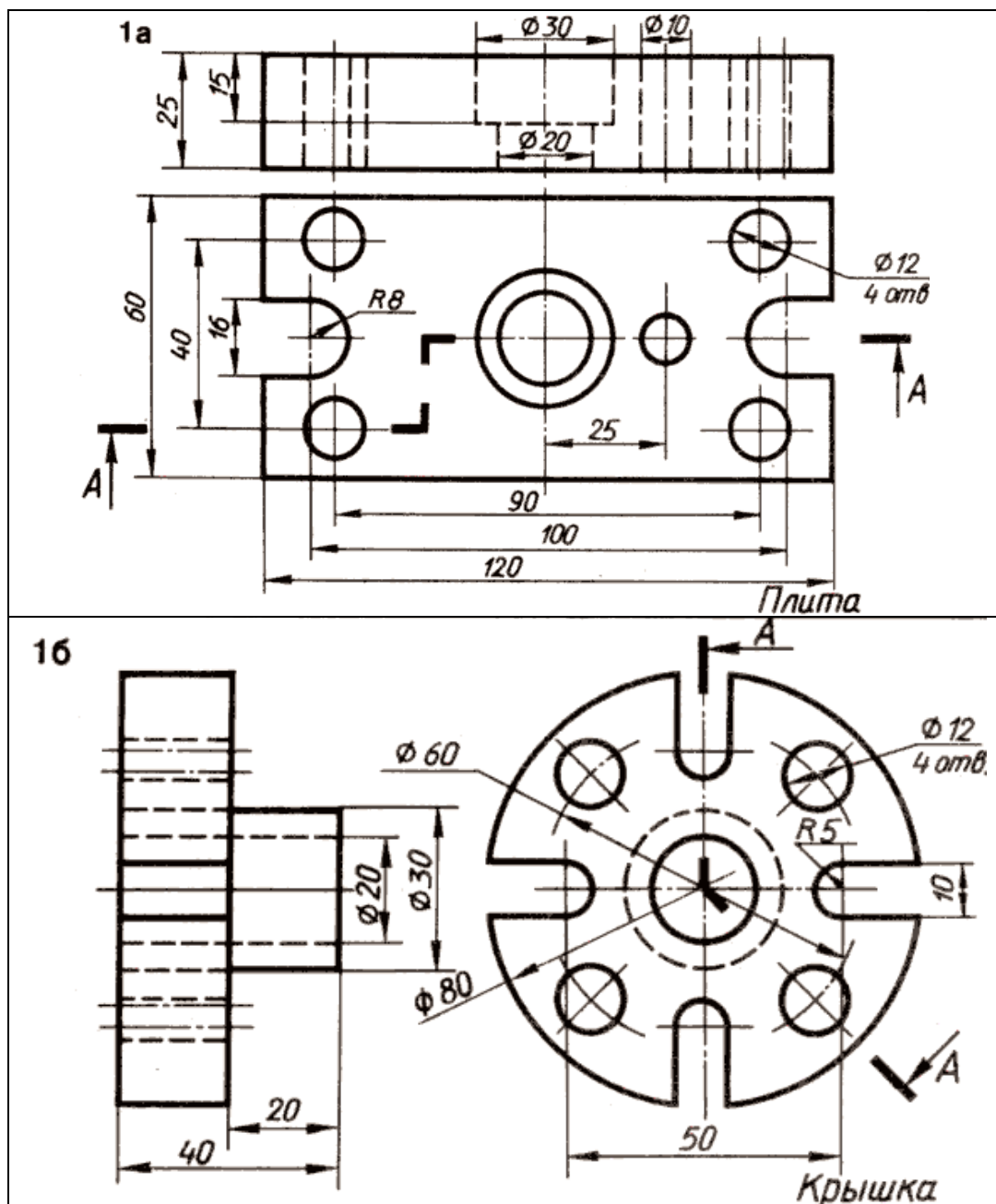
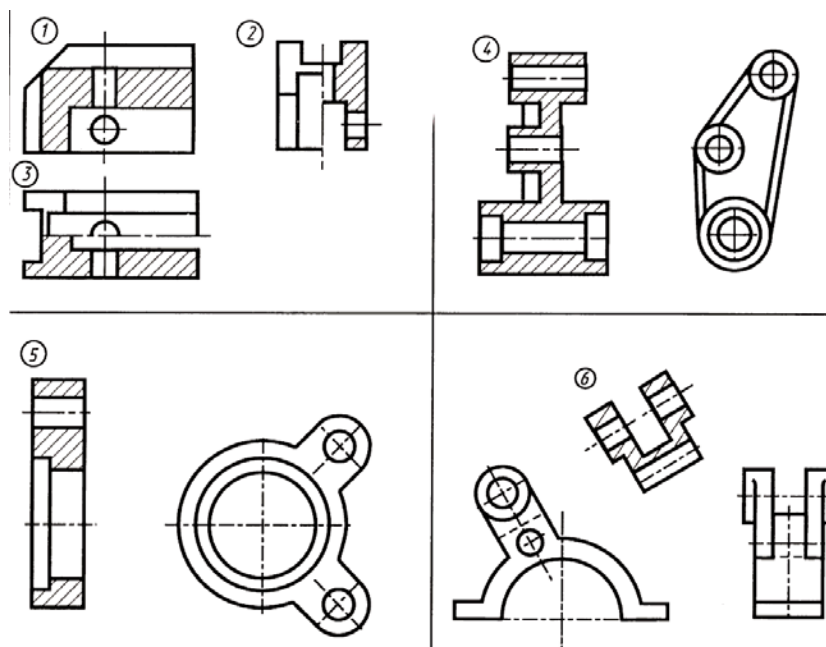


Рисунок 6.3 – Задание по теме «Сложные разрезы»

**6.3. Тест.** Прочитать чертежи четырех деталей (рисунок 6.4) и указать изображения, на которых выполнены: 1) горизонтальный разрез; 2) фронтальный разрез; 3) профильный разрез; 4) наклонный разрез; 5) ломаный разрез; 6) ступенчатый разрез; 7) соединение половины вида с половиной разреза; 8) разрез, который необходимо сопровождать надписью типа А-А. Ответы занести в таблицу.



|         |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Вопросы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Ответы  |   |   |   |   |   |   |   |   |

Рисунок 6.4 – Задание для теста

## Вопросы для проверки

1. Чем ломаный разрез отличается от ступенчатого? 2. Как обозначают след секущей плоскости? 3. На рисунке 6.2 показано ребро жесткости в разрезе. Что представляет собой ребро жесткости и какое исключение принято при его разрезе? 4. В каком случае след секущей плоскости не обозначается при выполнении простого разреза? 5. Перечислите названия простых разрезов.
6. Приведите пример развернутого разреза. Какой знак применяется в заголовке развернутого разреза?

## Лист 7. Сечения

7.1 Определение сечения и его отличие от разреза

7.2. Задание

7.3. Тест

**Сечением** называется изображение, полученное при мысленном рассечении детали плоскостью. В сечении показывают то, что непосредственно попадает в секущую плоскость (рисунок 7.1). Исключения составляют цилиндрические, конические или сферические отверстия или углубления, ось которых совпадает с секущей плоскостью: они показываются полностью. На рисунке 7.1 радиальное отверстие справа на сечении показано так же, как и на разрезе: показано полностью, то есть с проекцией задней стенки. Изображения на сечении верхнего и нижнего пазов в отверстиях выполнены по правилу сечения. Сечения делят на вынесенные, наложенные и в разрыве (рисунок 7.2).

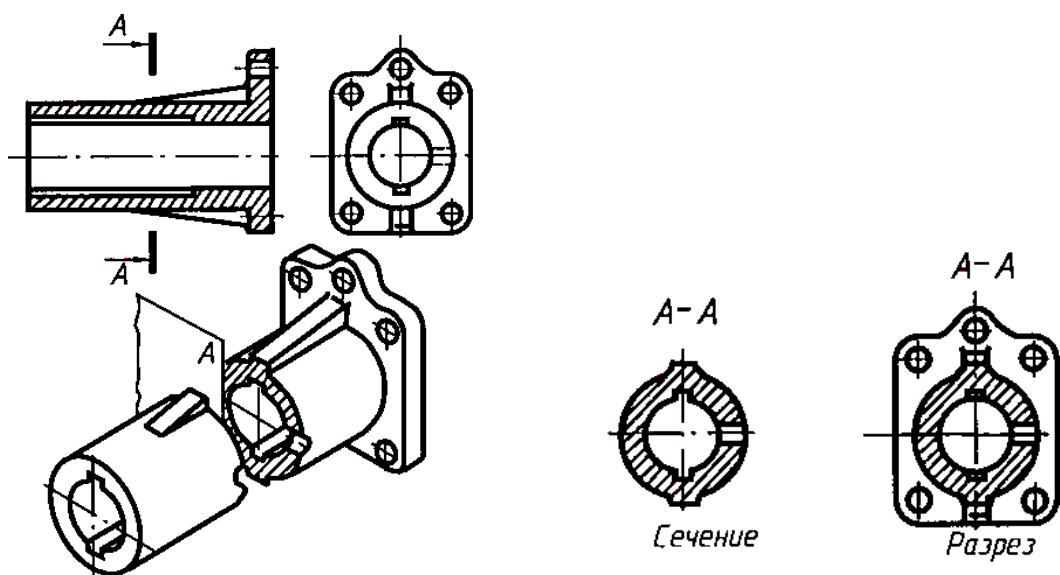


Рисунок 7.1-Различие между сечением и разрезом

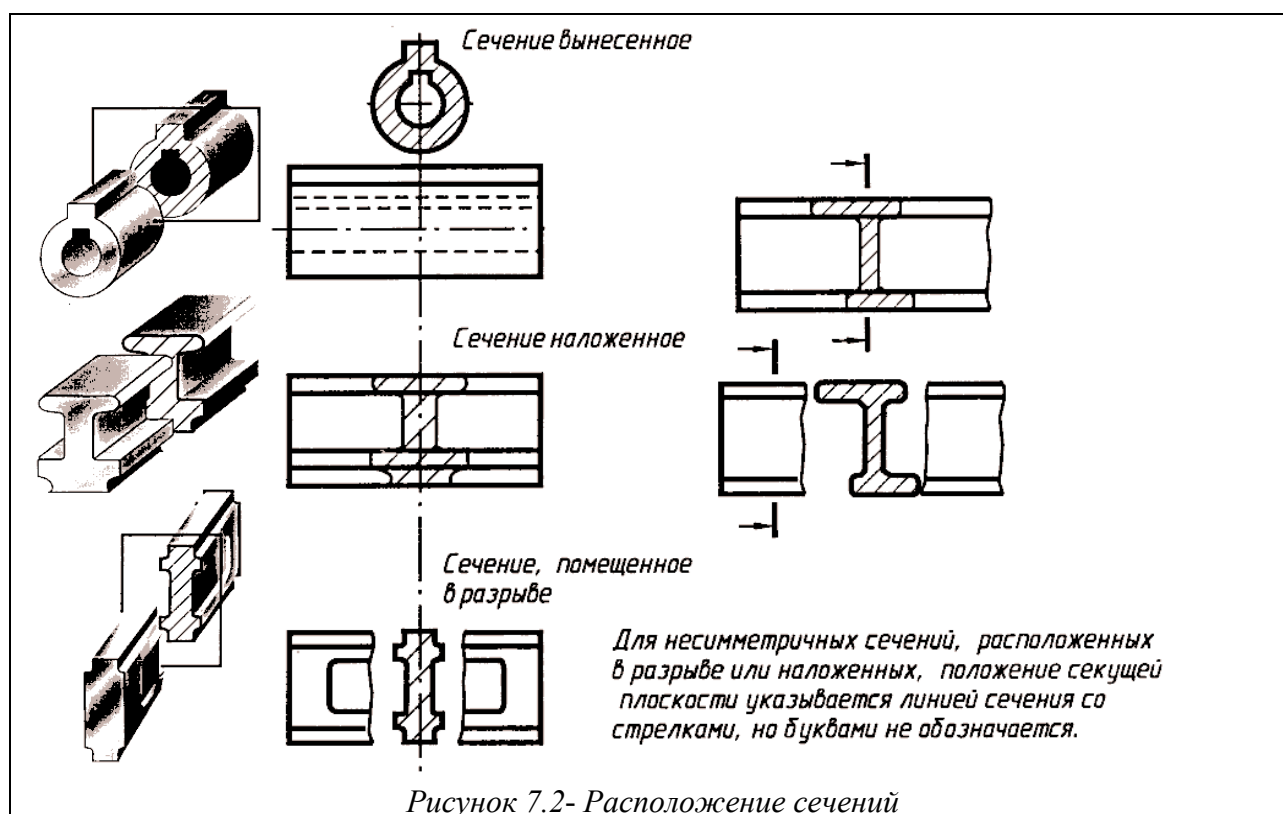


Рисунок 7.2- Расположение сечений

**7.2. Задание.** Начертить главный вид вала, взяв направление взгляда по стрелке А. Выполнить три сечения. Сечение плоскостью А расположить на продолжении следа секущей плоскости; сечение плоскостью Б – на свободном месте чертежа; сечение плоскостью В – в проекционной связи (рисунок 7.3).

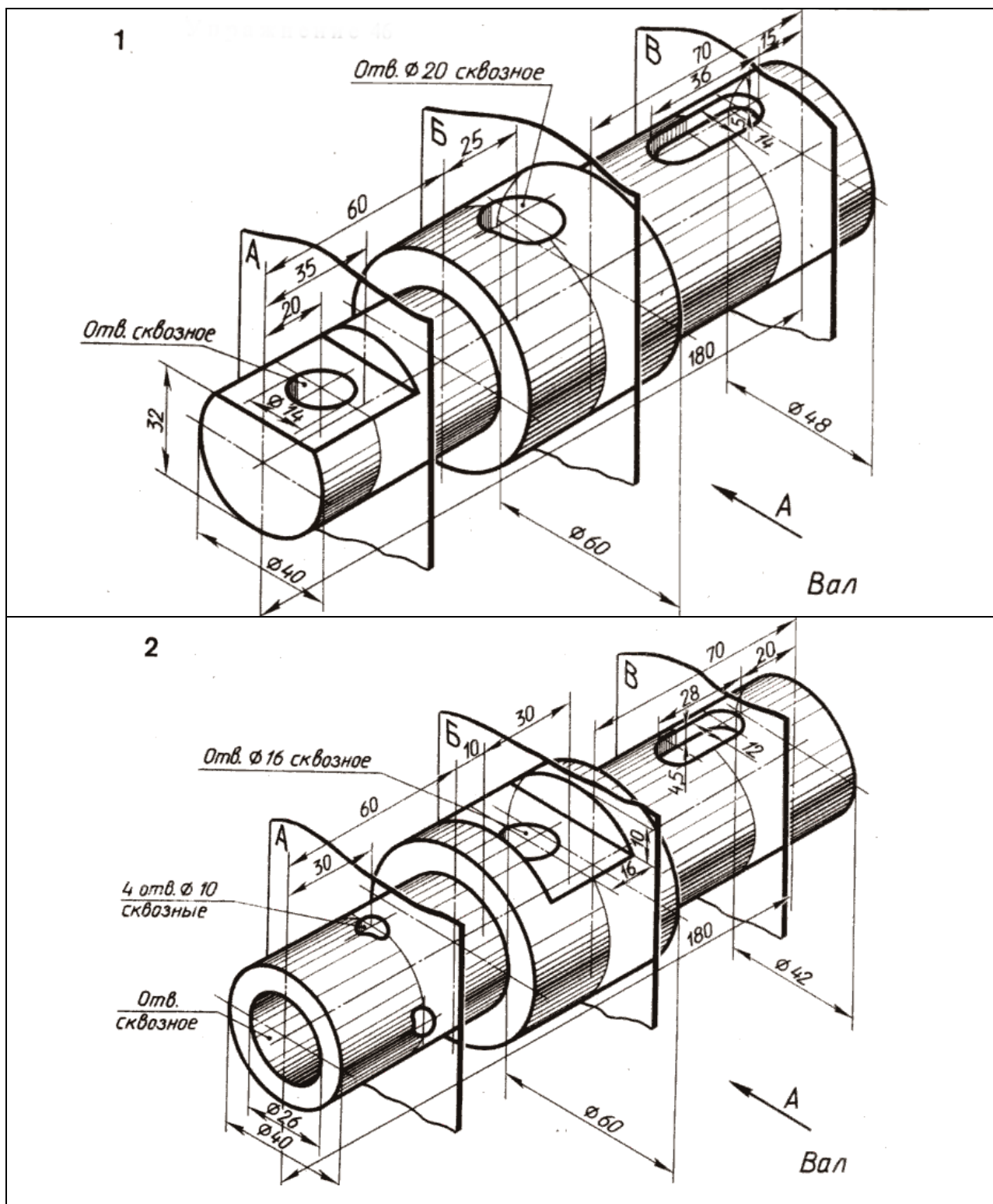


Рисунок 7.3- Задание по теме «Сечения»



**7.3. Тест.** На каких изображениях (рисунок 7.4) правильно выполнены сечения деталей?

| I | II | III | IV | V |
|---|----|-----|----|---|
|   |    |     |    |   |

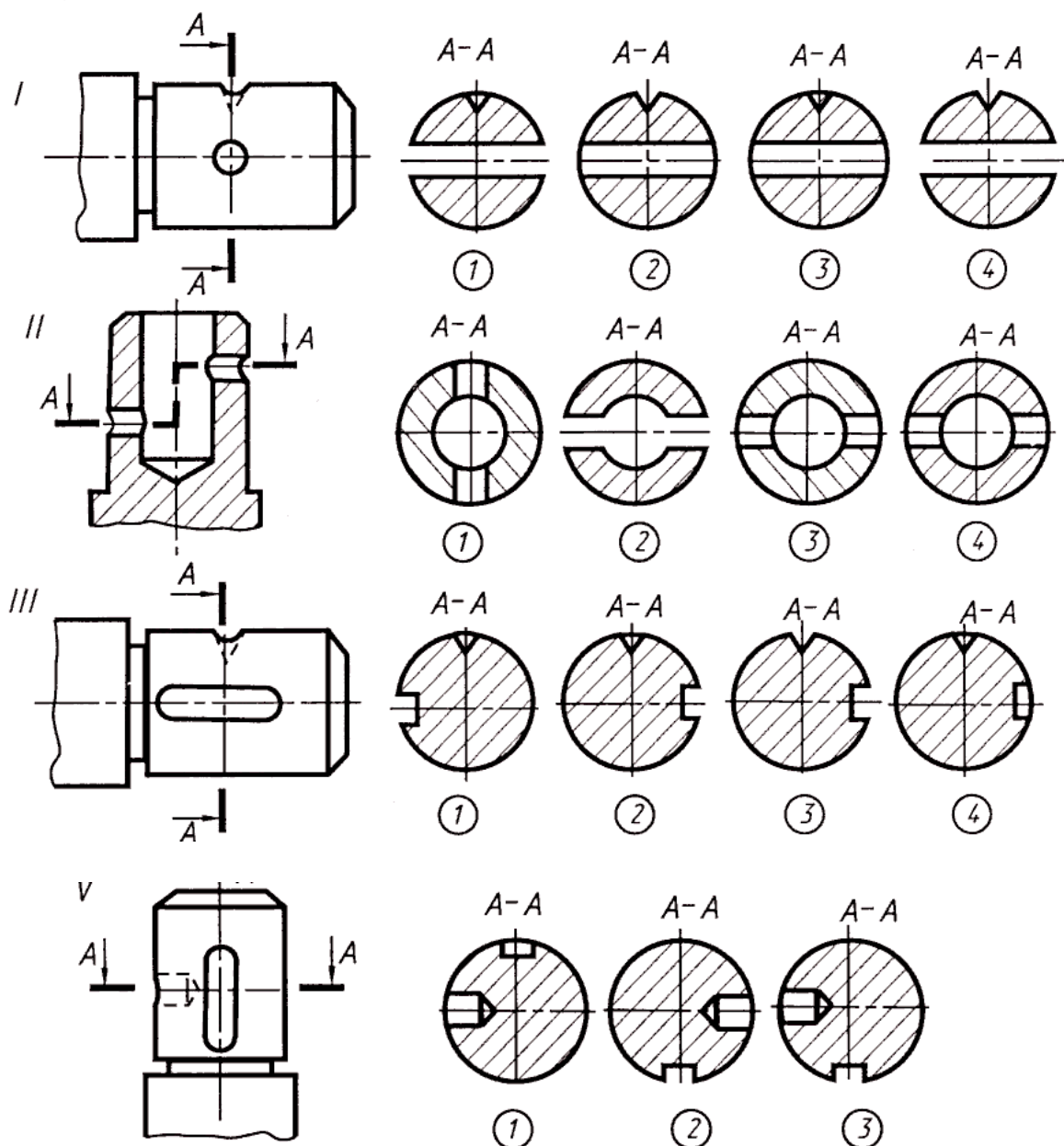


Рисунок 7.4

Вопросы. В чем различие между разрезом и сечением? Для каких поверхностей существует исключение, когда их изображение выполняют по типу разреза? Как делятся сечения по расположению к основному изображению?

## Листы 8, 9, 10, 11. Резьбы и резьбовые соединения

8.1 Определение, классификация резьбы, ее изображение

8.2. Крепежные детали

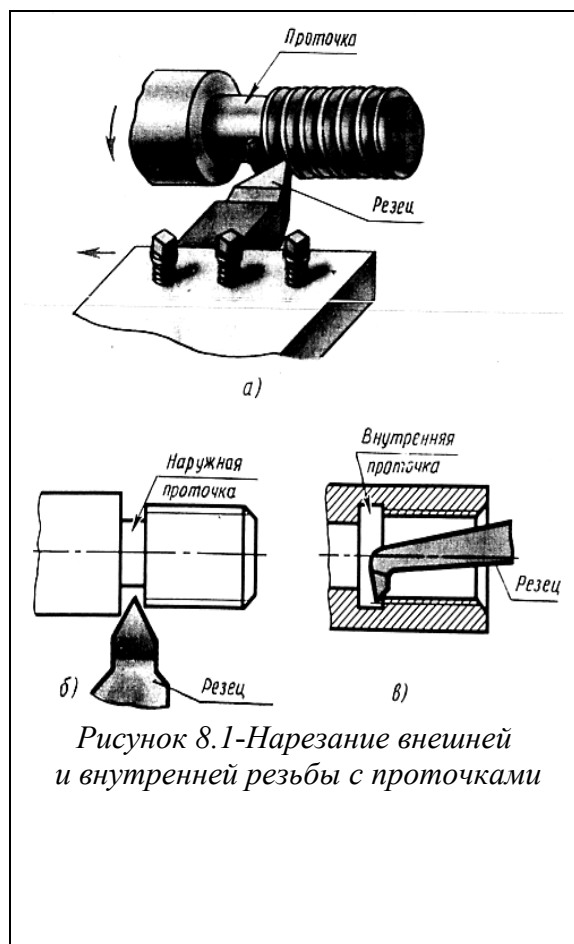
8.3. Задание по эскизам и сборочному чертежу

8.4. Задание по детализованию

**8.1. Резьба** - это чередующиеся выступы и впадины на поверхности тел вращения, расположенные по винтовой линии.

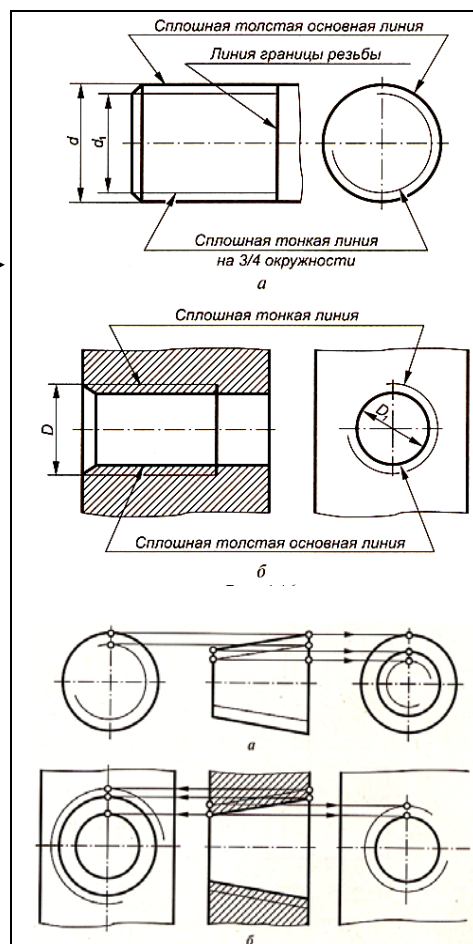
Таблица 8.1 – Классификация резьбы

| Резьба           |                          |                 |                                            |                  |                               |
|------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------------------------|------------------|-------------------------------|
| По форме профиля | По характеру поверхности | По расположению | По назначению                              | По числу заходов | По направлению винтовой линии |
| Метрическая      | Цилиндрическая           | Внешняя         | Крепежная                                  | Однозаходная     | Правая                        |
|                  |                          |                 |                                            |                  |                               |
| Трапецеидальная  | Коническая               | Внутренняя      | Ходовая                                    | Многозаходная    | Левая                         |
| Упорная          | Сферическая              |                 | Специальная<br>(для противогаза окулярная) |                  |                               |
| Круглая          |                          |                 |                                            |                  |                               |
| Трубная          |                          |                 |                                            |                  |                               |
| Прямоугольная    |                          |                 |                                            |                  |                               |



Изображение резьбы без проточек на цилиндрических поверхностях

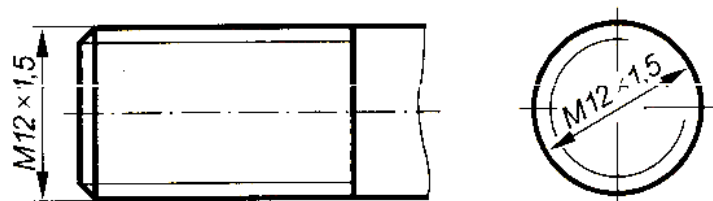
Построение изображения резьбы на конических поверхностях



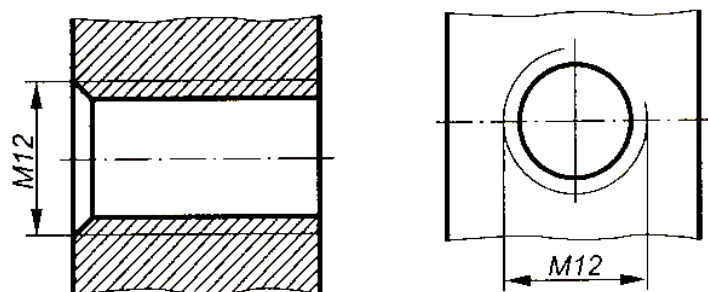


# Нанесение размеров резьбы

- а) M12x1,5– наружная метрическая резьба диаметром 12 мм, с мелким шагом 1,5 мм



- б) M12 внутренняя метрическая резьба с крупным шагом



- в) Изображение резьбовых соединений

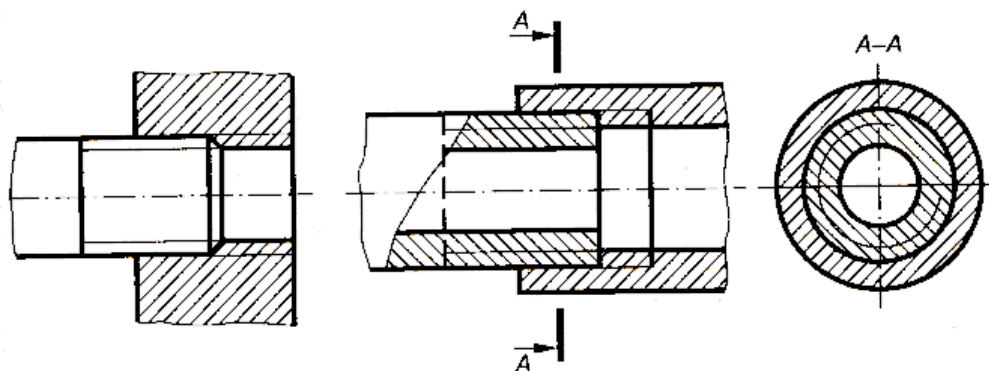


Рисунок 8.2-Изображение резьбы не зависит от типа резьбы

Таблица 8.2 – Типы резьбы. Обозначение резьбы

| Название, стандарт                    | Вид                                                          | Обозначение                                                          | Пример                                                                                                           |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Метрическая, ГОСТ 8724—81*            | С крупным шагом<br>С мелким шагом<br>Многозаходная<br>Левая  | $M, d$ (мм)<br>$M, d, P$ (мм)<br>$M, d, P_h, P$ (мм)<br>$LH$         | M20<br>M20×1,5<br>M20×3(P1)<br>M20LH,<br>M20×1,5LH,<br>M20×3(P1)LH                                               |
| Дюймовая, ОСТ НКТП 1260               | Наружная<br>Внутренняя                                       | —<br>—                                                               | 1/2"<br>1/2"                                                                                                     |
| Трубная цилиндрическая, ГОСТ 6357—81  | Класса А (повышенного)<br>Класса В (нормального)<br>Левая    | $G, D_y$ (дюймы), класса А<br>$G, D_y$ (дюймы), класса В<br>$LH$     | $G 1\frac{1}{2} - A$<br>$G 1\frac{1}{2} - B$<br>$G 1\frac{1}{2} LH - A$<br>$G 1\frac{1}{2} LH - B$               |
| Трубная коническая, ГОСТ 6211—81      | Наружная<br>Внутренняя<br>Внутренняя цилиндрическая<br>Левая | $R, D_y$ (дюймы)<br>$R_c, D_y$ (дюймы)<br>$R_p, D_y$ (дюймы)<br>$LH$ | $R 1\frac{1}{2}$<br>$R_c 1\frac{1}{2} - B$<br>$R_p 1\frac{1}{2}$<br>$R 1\frac{1}{2} LH$<br>$R_c 1\frac{1}{2} LH$ |
| Коническая дюймовая, ГОСТ 6111—52*    | Наружная<br>Внутренняя                                       | $K, D_y$ (дюймы)<br>$K, D_y$ (дюймы)                                 | $K 1\frac{1}{2}"$<br>$K 1\frac{1}{2}"$                                                                           |
| Метрическая коническая, ГОСТ 25229—82 | Коническая<br>Внутренняя цилиндрическая<br>Левая             | $MK, d, P$ (мм)<br>$M, d, P$ (мм)<br>$LH$ ГОСТ ...                   | MK 20×1,5<br>M20×1,5<br>ГОСТ 25229—82<br>MK20×1,5 LH<br>ГОСТ 25229—82                                            |
| Трапецидальная, ГОСТ 24738—81         | Однозаходная<br>Левая                                        | $Tr, d, P$ (мм)<br>$LH$                                              | $Tr 40 \times 6$<br>$Tr 40 \times 6 LH$                                                                          |
| Трапецидальная, ГОСТ 24739—81*        | Многозаходная<br>Левая                                       | $Tr, d, P_h, P$ (мм)<br>$LH$                                         | $Tr 20 \times 8 (P4)$<br>$Tr 20 \times 8 (P4) LH$                                                                |
| Упорная, ГОСТ 10177—82                | Однозаходная<br>Многозаходная<br>Левая                       | $S, d, P$ (мм)<br>$S, d, P_h, P$ (мм)<br>$LH$                        | $S 80 \times 10$<br>$S 80 \times 20 (P10)$<br>$S 80 \times 20 LH$<br>$S 80 \times 20 (P10) LH$                   |
| Круглая, ГОСТ 13536—68                | Правая                                                       | $Kp, d, P$ (мм)<br>ГОСТ ...                                          | $Kp 12 \times 2,54$<br>ГОСТ 13536—68                                                                             |

**8.2. Крепежные детали** - болты, винты, гайки, шпильки, шайбы и др. относятся к стандартным изделиям (рисунок 8.3). Их вычерчивают по данным справочных таблиц или по отношению к наружному диаметру резьбы (рисунок 8.4).

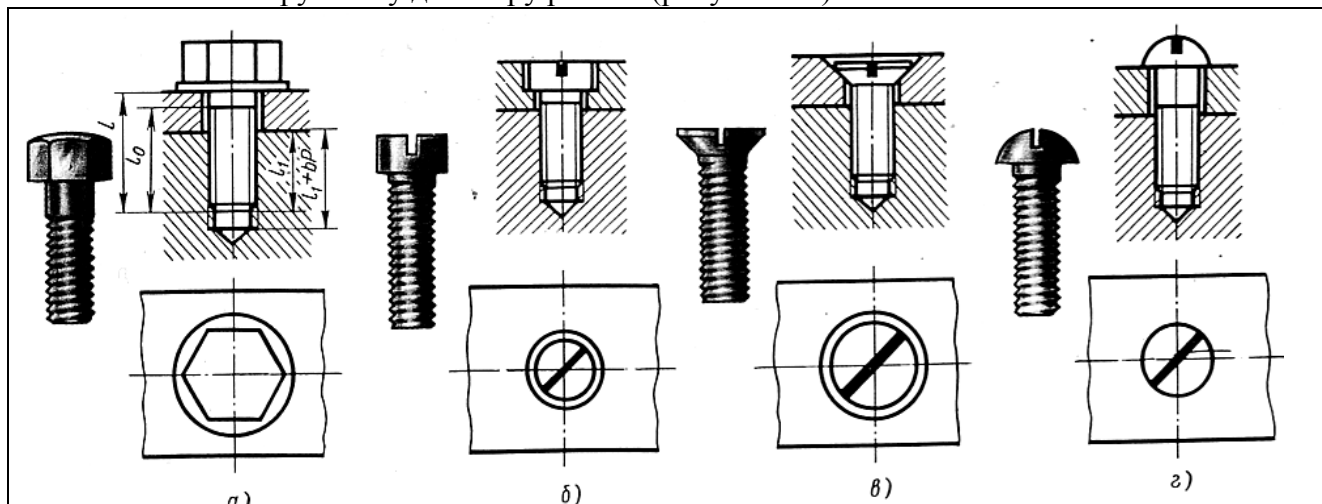


Рисунок 8.3 - а) болтовое соединение двух деталей, б) соединение винтом с цилиндрической потайной головкой, в) соединение винтом с конической потайной головкой, г) - соединение винтом с полукруглой головкой

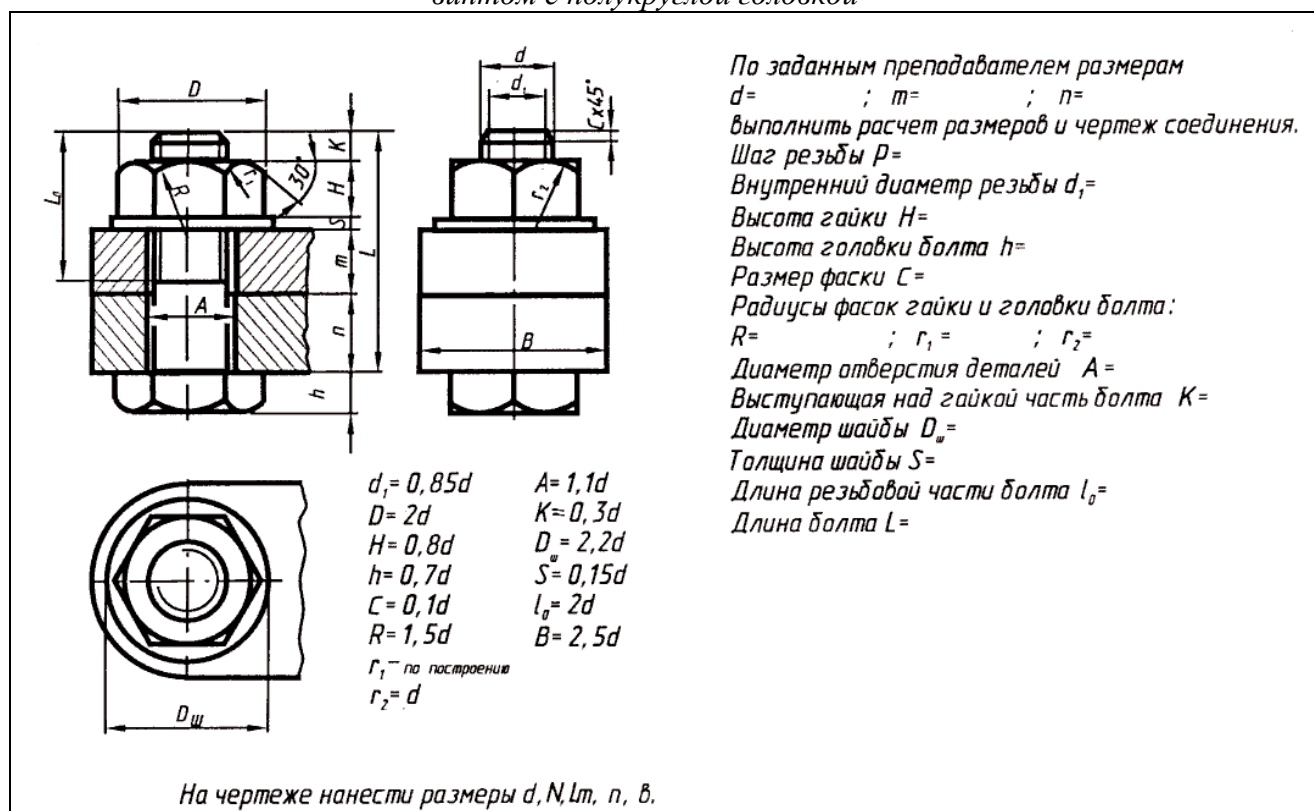


Рисунок 8.4 – Схема выполнения изображения соединения деталей болтом

На рисунке 8.4 показано учебное исполнение болтового соединения с конструктивными особенностями крепежных изделий.

**8.3. Задание по эскизам и сборочному чертежу.** Выполнить эскизы двух деталей с резьбой (листы 8 и 9) и их сборочный чертеж (лист 10) со спецификацией.

**Эскиз** – это чертеж, выполненный от руки с глазомерным сохранением пропорций.

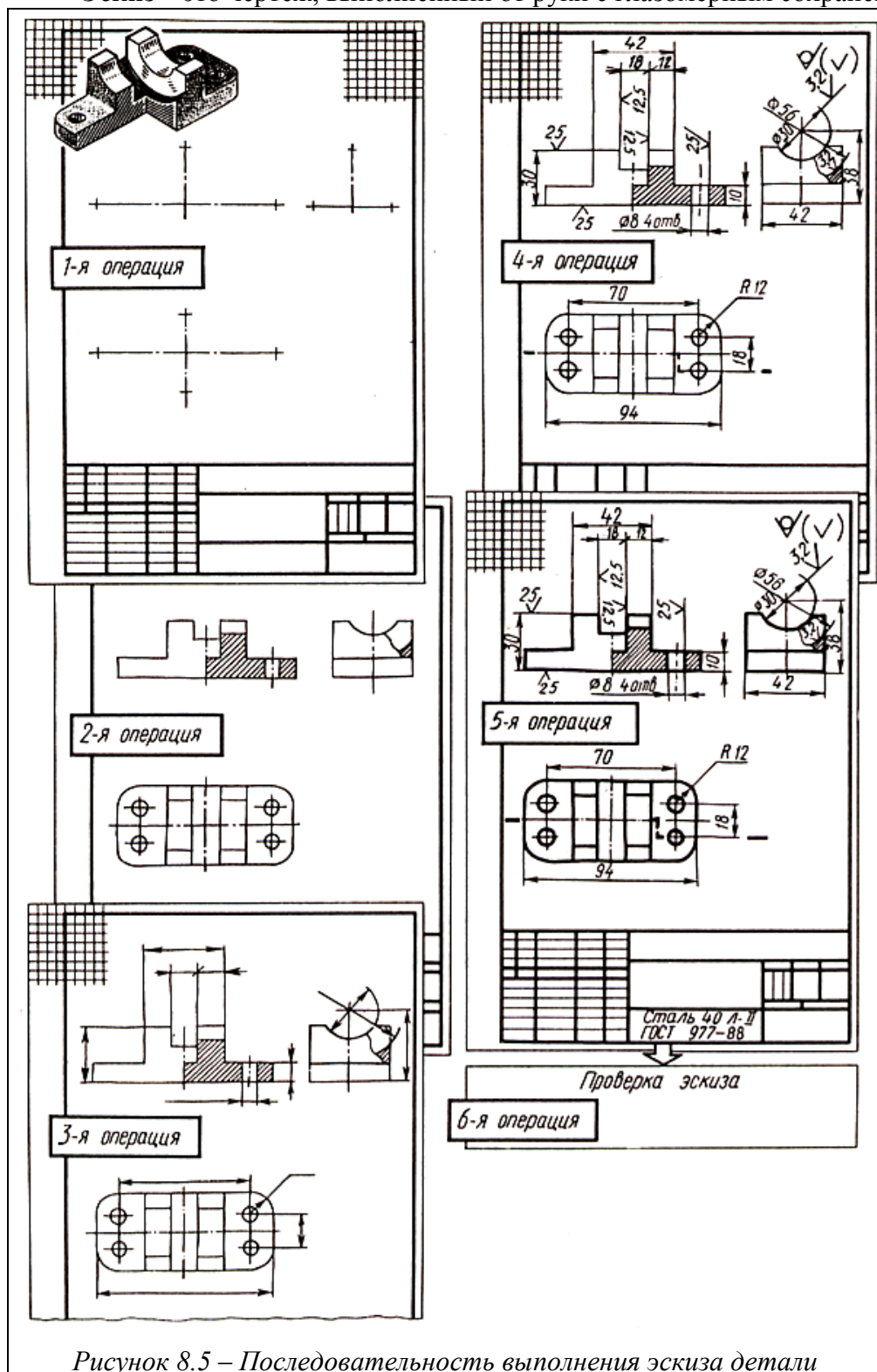


Рисунок 8.5 – Последовательность выполнения эскиза детали

Последовательность выполнения эскиза (рисунок 8.5):

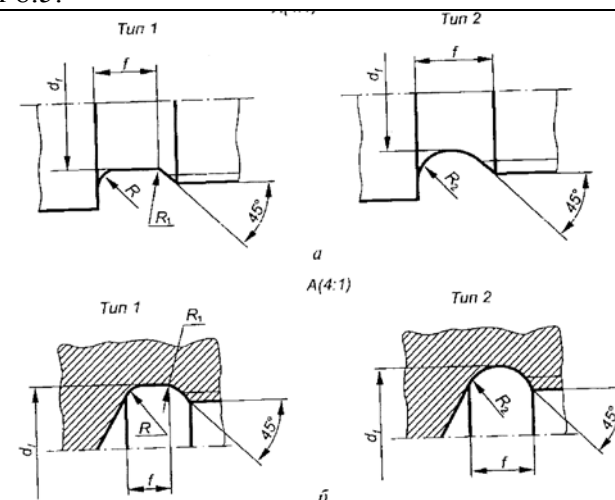
- 1-я операция – планировка эскиза;
- 2-я операция – выполнение изображений;
- 3-я операция – простановка (определение или назначение) размеров;
- 4-я операция – нанесение размерных чисел;
- 5-я операция – оформление эскиза, заполнение технических указаний;
- 6-я операция – проверка эскиза.



При выполнении эскизов деталей с резьбой использовать таблицу 8.3 и таблицы 8.4 и 8.5.

**Таблица 8.3 – Характеристики метрической резьбы, мм**

| Диаметр |        |       | Шаг     |        |      |   |      |     |   |   |
|---------|--------|-------|---------|--------|------|---|------|-----|---|---|
| Ряд 1   | Ряд 2  | Ряд 3 | крупный | мелкий |      |   |      |     |   |   |
|         |        |       |         | 0,5    | 0,75 | 1 | 1,25 | 1,5 | 2 | 3 |
| 5       | —      | —     | 0,8     | 0,5    | —    | — | —    | —   | — | — |
| 6       | —      | 7     | 1       | 0,5    | 0,75 | — | —    | —   | — | — |
| 8       | —      | 9     | 1,25    | 0,5    | 0,75 | 1 | —    | —   | — | — |
| 10      | —      | —     | 1,5     | 0,5    | 0,75 | 1 | 1,25 | —   | — | — |
| 12      | —      | —     | 1,75    | 0,5    | 0,75 | 1 | 1,25 | 1,5 | — | — |
| 16      | 14     | —     | 2       | 0,5    | 0,75 | 1 | 1,25 | 1,5 | — | — |
| 20      | 18, 22 | —     | 2,5     | 0,5    | 0,75 | 1 | —    | 1,5 | 2 | — |
| 24      | 27     | —     | 3       | —      | 0,75 | 1 | —    | 1,5 | 2 | — |
| 30      | 33     | —     | 3,5     | —      | —    | 1 | —    | 1,5 | 2 | 3 |



**Рисунок 8. 6 - Проточки**

**Таблица 8.4 - Проточки для наружной метрической резьбы**

| Шаг<br>резьбы<br><i>P</i> | Проточка   |          |                      |          |                |                      |          |                      | Фаска                |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|---------------------------|------------|----------|----------------------|----------|----------------|----------------------|----------|----------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------|-----|----------------|-----|
|                           | тип 1      |          |                      |          |                |                      | тип 2    |                      | <i>d<sub>f</sub></i> | при<br>сопряжении<br>с внутренней<br>резьбой<br>с проточкой<br>типа 2 | для<br>всех<br>других<br>случаев |                |     |                |     |
|                           | нормальная |          |                      | узкая    |                |                      |          |                      |                      |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | <i>f</i>   | <i>R</i> | <i>R<sub>1</sub></i> | <i>f</i> | <i>R</i>       | <i>R<sub>1</sub></i> | <i>f</i> | <i>R<sub>2</sub></i> |                      |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
| 0,5                       | 1,6        | 0,5      | 0,3                  | 1,0      | 0,3            | 0,2                  | —        | —                    |                      |                                                                       |                                  | <i>d</i> − 0,8 | 0,5 |                |     |
| 0,6                       |            |          |                      | 2,0      | 1,6            | 0,5                  |          |                      | 0,3                  | <i>d</i> − 0,9                                                        |                                  |                |     |                |     |
| 0,7                       |            |          |                      |          |                |                      |          |                      |                      | <i>d</i> − 1,0                                                        |                                  |                |     |                |     |
| 0,75                      | 2,0        | 1,0      | 0,5                  | 0,3      |                |                      |          |                      |                      | 3,6                                                                   | 2,0                              | <i>d</i> − 1,2 |     | 1,0            |     |
| 0,8                       |            |          |                      |          | 3,0            | 2,0                  | 4,4      | 2,5                  | <i>d</i> − 1,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
| 1                         | 4,0        |          |                      |          |                |                      |          |                      | 2,5                  | 1,0                                                                   | 0,5                              | 4,6            | 3,0 | <i>d</i> − 1,8 | 1,6 |
| 1,25                      |            |          |                      |          | 5,0            | 3,0                  | 7,3      | 4,0                  |                      |                                                                       |                                  |                |     | <i>d</i> − 2,2 |     |
| 1,5                       |            |          |                      |          |                |                      |          |                      |                      |                                                                       |                                  |                |     | 1,6            |     |
| 1,75                      | 6,0        | 1,0      | 4,0                  | 7,6      | 4,0            | <i>d</i> − 3,0       |          |                      |                      |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
| 2                         |            |          |                      |          |                | 1,0                  | 4,0      | 7,6                  | 4,0                  | <i>d</i> − 3,5                                                        | 2,5                              |                |     |                |     |
| 2,5                       | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      | <i>d</i> − 4,5 |                      |          |                      |                      |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
| 3                         |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7,6      | 4,0                  | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           | 1,0        | 4,0      | 7,6                  | 4,0      |                |                      |          |                      | <i>d</i> − 4,5       |                                                                       |                                  |                |     |                |     |
|                           |            |          |                      |          | 1,0            | 4,0                  | 7        |                      |                      |                                                                       |                                  |                |     |                |     |

**Таблица 8.5 - Проточки для внутренней метрической резьбы**

| Шаг<br>резьбы<br><i>P</i> | Проточка   |          |                       |          |          |                       |          |                       | Фаска                |                                                                         |                                 |
|---------------------------|------------|----------|-----------------------|----------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|                           | тип 1      |          |                       |          |          |                       | тип 2    |                       | <i>d<sub>f</sub></i> | при<br>сопряжении<br>с внутрен-<br>ней резьбой<br>с проточкой<br>типа 2 | для<br>всех<br>други<br>случаев |
|                           | нормальная |          |                       | узкая    |          |                       |          |                       |                      |                                                                         |                                 |
|                           | <i>f</i>   | <i>R</i> | <i>R</i> <sub>1</sub> | <i>f</i> | <i>R</i> | <i>R</i> <sub>1</sub> | <i>f</i> | <i>R</i> <sub>2</sub> |                      |                                                                         |                                 |
| 0,5                       | 2,0*       | 0,5      | 0,3                   | 1,0*     | 0,3      | 0,2                   | —        | —                     |                      |                                                                         |                                 |
| 0,6                       | —          | —        | —                     | —        | —        | —                     |          |                       |                      |                                                                         |                                 |
| 0,7                       | —          | —        | —                     | —        | —        | —                     |          |                       |                      |                                                                         |                                 |
| 0,75                      | 3,0*       | 1,0      | 0,5                   | 1,6*     | 0,5      | 0,3                   | —        | —                     | <i>d</i> + 0,4       | —                                                                       | 1,0                             |
| 0,8                       | —          | —        | —                     | —        | —        | —                     |          |                       |                      |                                                                         |                                 |
| 1                         | 4,0        | 1,0      | 0,5                   | 2,0      | 0,5      | 0,3                   | 3,6      | 2,0                   | <i>d</i> + 0,5       | 2,0                                                                     | 1,6                             |
| 1,25                      | 5,0        | 1,6      |                       | 3,0      | 1,0      | 0,5                   | 4,5      | 2,5                   | <i>d</i> + 0,5       | 2,5                                                                     |                                 |
| 1,5                       | 6,0        |          |                       | 5,4      |          |                       | 3,0      | <i>d</i> + 0,7        | 3,0                  |                                                                         |                                 |
| 1,75                      | 7,0        |          |                       | 6,2      |          |                       | 3,5      | <i>d</i> + 1,0        |                      |                                                                         |                                 |
| 2                         | 8,0        | 2,0      | 1,0                   | 4,0      |          |                       | 1,6      | 1,0                   | 6,5                  | 5,0                                                                     | <i>d</i> + 1,0                  |
| 2,5                       | 10         | 3,0      |                       | 5,0      | 8,9      | 6,9                   |          |                       | <i>d</i> + 1,2       |                                                                         |                                 |
| 3                         |            |          |                       | 6,0      | 11,4     | 6,9                   |          |                       | <i>d</i> + 1,2       |                                                                         |                                 |



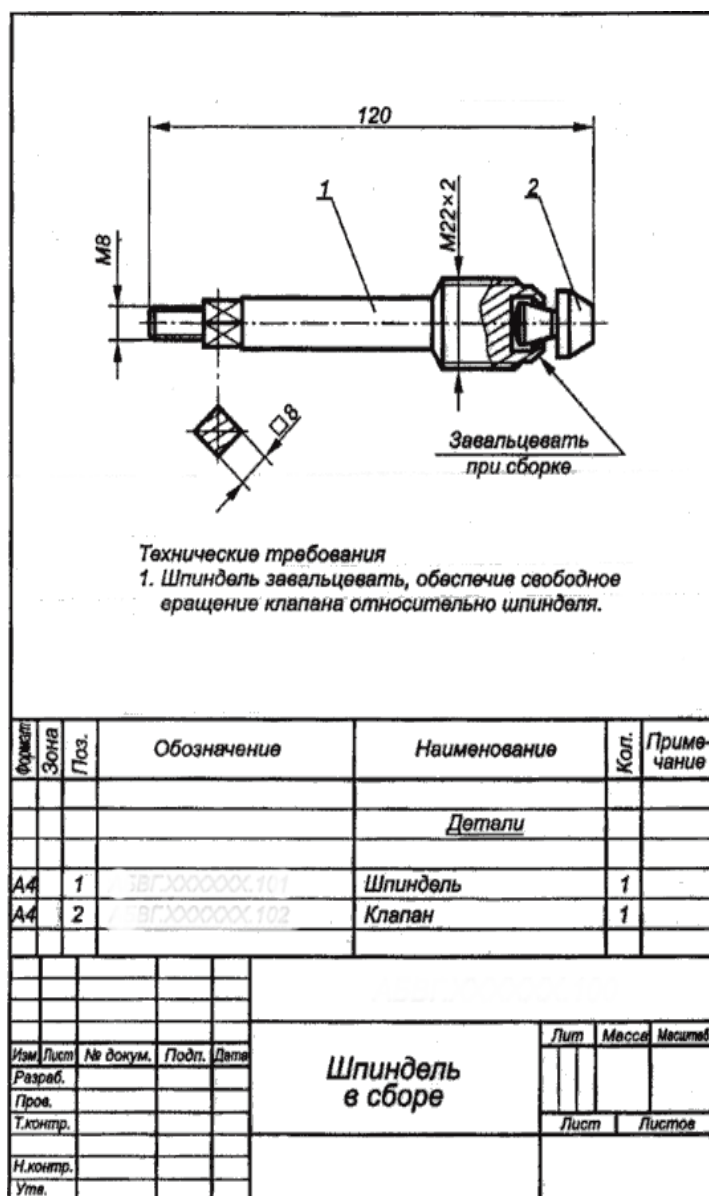


Рисунок 8.7 – Пример сборочного чертежа на формате А4

**Сборочный чертеж** – документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные для ее сборки (изготовления) и контроля. Сборочный чертеж следует выполнить по размерам, в выбранном стандартном масштабе. Допускаются условности и упрощения. На сборочном чертеже нанести габаритные, установочные и присоединительные размеры, номера позиций составных частей изделия.

При выполнении сборочного чертежа на формате А4 спецификацию размещают над основной надписью. Спецификация является основным конструкторским документом и определяет состав сборочной единицы (рисунок 8.7). При выполнении сборочного чертежа на формате А3 и более спецификация выполняется на отдельных листах формата А4 со своей основной надписью.

**8.4. Задание по детализированию** (лист 11). По указанию преподавателя по сборочному чертежу (рисунок 8.8) выполнить рабочий чертеж детали с нанесением размеров.

**Требования к чертежу.** Рабочий чертеж выполняется на листе ватмана, в масштабе, с нанесением размеров. Пример выполнения чертежа детали вращения показаны на рисунке 8.10, чертежа детали с резьбой и выносным элементом – проточкой – на рисунке 8.11.

**Детализированием** называется процесс разработки чертежей деталей по сборочному чертежу.

Перед детализированием следует прочесть сборочный чертеж (рисунок 8.8- Чертеж сборочной единицы и рисунок 8.9 - Спецификация), то есть выяснить:

- 1) название сборочной единицы;
- 2) назначение сборочной единицы;
- 3) принцип работы сборочной единицы;
- 4) взаимодействие частей сборочной единицы;

- 5) функцию, выполняемую каждой деталью;
- 6) способы соединения деталей между собой;
- 7) сопрягаемые поверхности смежных деталей;
- 8) название каждой детали (по спецификации);
- 9) форму, т. е. конфигурацию каждой отдельной детали (по всем изображениям на чертеже);
- 10) количество деталей в сборочной единице (по спецификации);
- 11) масштаб изображения (по основной надписи);
- 12) габаритные размеры сборочной единицы;
- 13) основные размеры стандартных изделий (по спецификации и справочным таблицам);
- 14) какие материалы входят в сборочную единицу (по спецификации в примечании).
- 15)

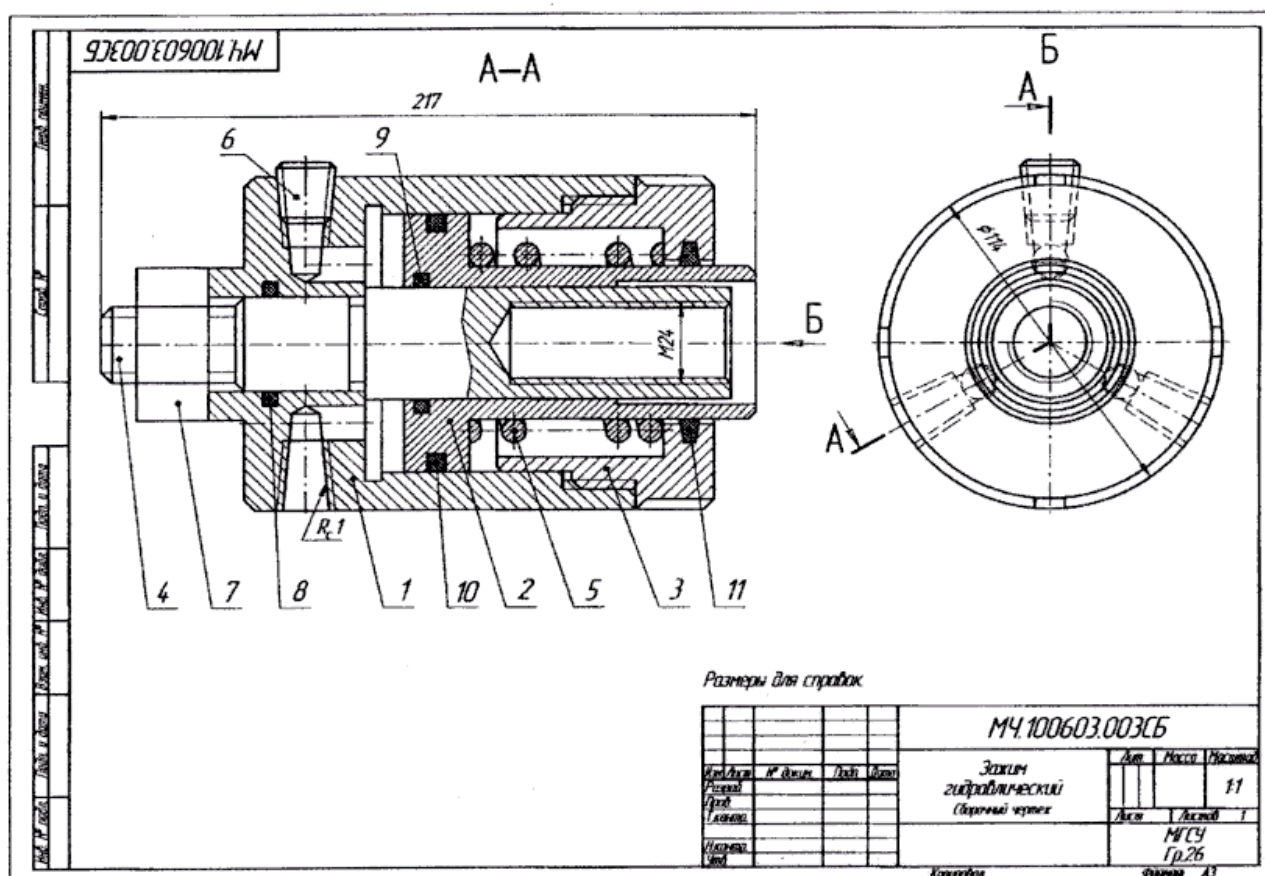


Рисунок 8.8 - Чертеж сборочной единицы

[illegible]

Рисунок 8.9 - Спецификация

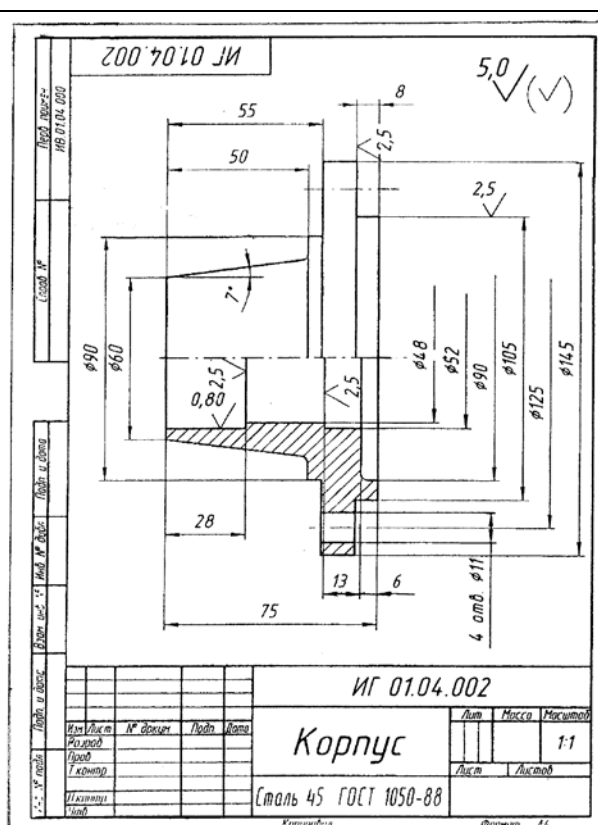


Рисунок 8.10 - Пример выполнения рабочего чертежа детали вращения

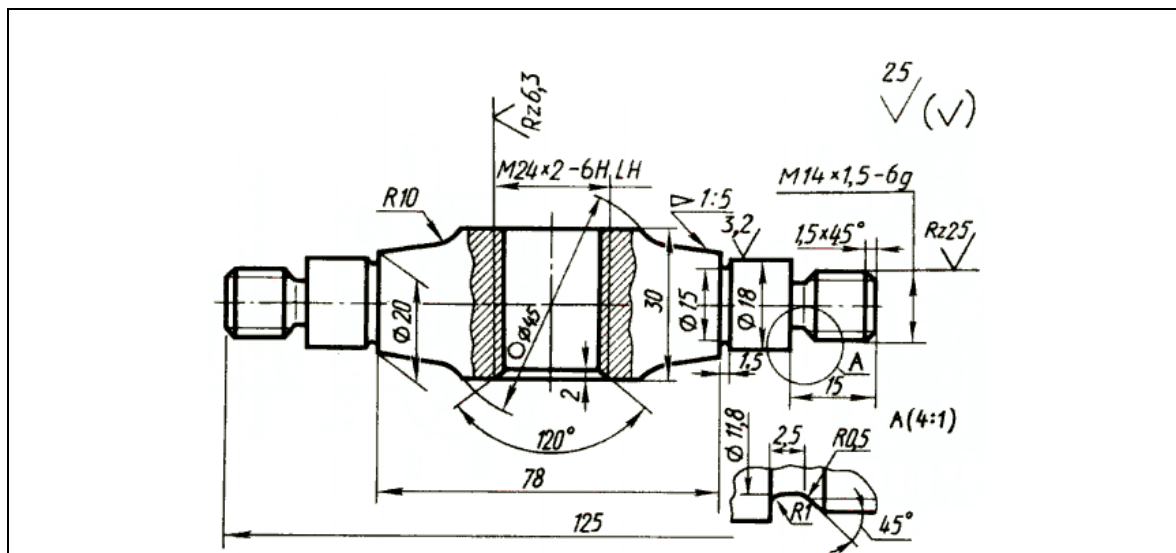


Рисунок 8.11 – Пример выполнения рабочего чертежа детали с выносным элементом – наружной проточкой

Подписано в печать 06.11.2013. Усл. печ. л. . Тираж .

Печать офсетная. Бумага офисная. Заказ №

Отпечатано: РИО ВоГТУ, г. Вологда, ул. Ленина, 15