

**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»**

**М. И. ЖАДАН, Е. М. БЕРЕЗОВСКАЯ  
Г. Л. КАРАСЕВА**

**НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ  
И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА:  
ТОЧКА, ПРЯМАЯ, ПЛОСКОСТЬ, ПРЕОБРАЗОВА-  
НИЕ ЧЕРТЕЖА**

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
по выполнению практических заданий**

для студентов специальности  
1-40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий»

**Гомель  
УО «ГГУ им. Ф. Скорины»  
2012**

УДК 514.18(075.8)  
ББК 22.151.3я73  
Ж 15

Рецензенты:

Р. Е. Кашина - доцент, кандидат технических наук, кафедра технической механики Гомельского государственного технического университета имени П.О.Сухого;  
кафедра вычислительной математики и программирования учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»

**Жадан, М. И.**

Ж15 Начертательная геометрия и инженерная графика: точка, прямая, плоскость, преобразование чертежа: практическое пособие для студентов специальности 1-40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий» / М. И. Жадан, Е. М. Березовская, Г. Л. Карасева; М-во образования РБ, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2012. – 43с.

В практическом пособии содержатся основные понятия по темам, индивидуальные практические задания, контрольные вопросы по взаимоположению точки, прямой и плоскости в пространстве, способам преобразования чертежа и сборочному чертежу.

Практическое пособие адресовано студентам специальности 1-40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий» и призвано оказать помощь студентам в овладении и закреплении базовых знаний в области инженерного образования и информационных технологий.

УДК 514.18(075.8)  
ББК22.151.3я73

©Жадан М. И., Березовская Е. М.,  
Карасева Г. Л., 2012  
©УО «Гомельский государственный  
университет им. Ф. Скорины», 2012

Учебное издание

**ЖАДАН Михаил Иванович  
БЕРЕЗОВСКАЯ Елена Михайловна  
КАРАСЕВА Галина Леонидовна**

**НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ  
И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА:  
ТОЧКА, ПРЯМАЯ, ПЛОСКОСТЬ, ПРЕОБРАЗОВА-  
НИЕ ЧЕРТЕЖА**

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
по выполнению практических заданий**

для студентов специальности  
1-40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий»

**В авторской редакции**

Подписано в печать . Формат издания 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Усл. печ. л. 2,4. Уч-изд. л. 2,0. Тираж 30 экз.

Отпечатано в учреждении образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»,  
246019 г. Гомель, ул. Советская, 104

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Виноградов, В.Н. Начертательная геометрия / В.Н. Виноградов – Мн.: Высшая школа, 1977. – 368с.
- 2 Виноградов, В.Н. Черчение: Техническая графика / В.Н. Виноградов – Мн.: Нар. света, 1999. – 191с.
- 3 Гордон, В.О. Курс начертательной геометрии / В.О. Гордон, М.А. Семенов-Огиевский – М.: Высшая школа, 2009. – 272с.
- 4 Гордон, В.О. Сборник задач по курсу начертательной геометрии: учебное пособие / В.О. Гордон, Ю.Б. Иванов, Т.Е. Солнцева – М.: Высшая школа, 1989.– 320с.
- 5 Локтев, О.В. Краткий курс начертательной геометрии / О.В. Локтев – М.: Высшая школа, 1998. – 192с.
- 6 Чекмарев, А.А. Начертательная геометрия и черчение / А.А. Чекмарев – М.: Владос, 2002. – 472с.
- 7 Чекмарев, А.А. Инженерная графика: Учебник / А.А. Чекмарев – М.: Высшая школа, 2010. – 382 с.
- 8 Боголюбов, С.К. Индивидуальные задания по курсу черчения / С.К. Боголюбов – М.: .Высшая школа, 1989. –368с.
- 9 Финкельштейн, Э. AutoCAD 2002. Библия пользователя / Э. Финкельштейн – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 1072с.
- 10 Жадан, М.И. Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика: тексты лекций / М.И. Жадан. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2008. – 95с.
- 11 Начертательная геометрия: Учебник для студентов вузов / Под ред. Крылова Н.Н. – М.: Высшая школа, 2010. – 224с.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....  | 4  |
| Тема 1 ТОЧКА И ПРЯМАЯ В ПРОСТРАНСТВЕ .....                    | 5  |
| 1.1 Плоскости проекций .....                                  | 5  |
| 1.2 Проекция точек и отрезков .....                           | 6  |
| Практические задания 1 .....                                  | 9  |
| Тема 2 ПРЯМАЯ И ПЛОСКОСТЬ В ПРОСТРАНСТВЕ                      | 13 |
| 2.1 Проекция плоских фигур .....                              | 13 |
| Практические задания 2 .....                                  | 15 |
| Тема 3 ПРЯМАЯ И ПЛОСКОСТЬ ОБЩЕГО<br>ПОЛОЖЕНИЯ .....           | 17 |
| 3.1 Принадлежность плоскости .....                            | 17 |
| 3.2 Пересечения прямой с плоскостью общего<br>положения ..... | 19 |
| Практические задания 3 .....                                  | 21 |
| Тема 4 СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧЕРТЕЖА .....                   | 23 |
| 4.1 Способ перемены плоскостей проекций .....                 | 23 |
| 4.2 Способ вращения .....                                     | 27 |
| Практические задания 4 .....                                  | 29 |
| Тема 5 СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ .....                                 | 31 |
| 5.1 Основные понятия .....                                    | 31 |
| Практические задания 5 .....                                  | 34 |
| ЛИТЕРАТУРА .....  | 42 |

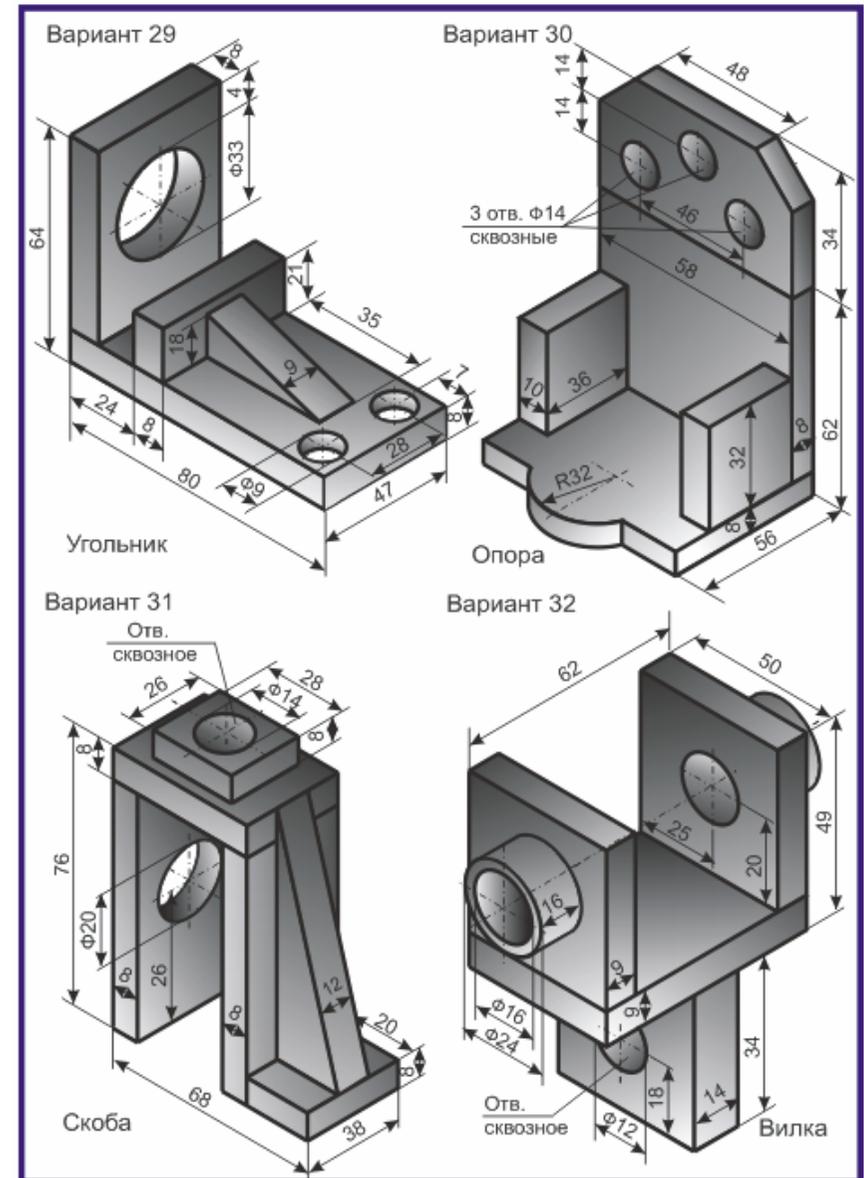
## ВВЕДЕНИЕ

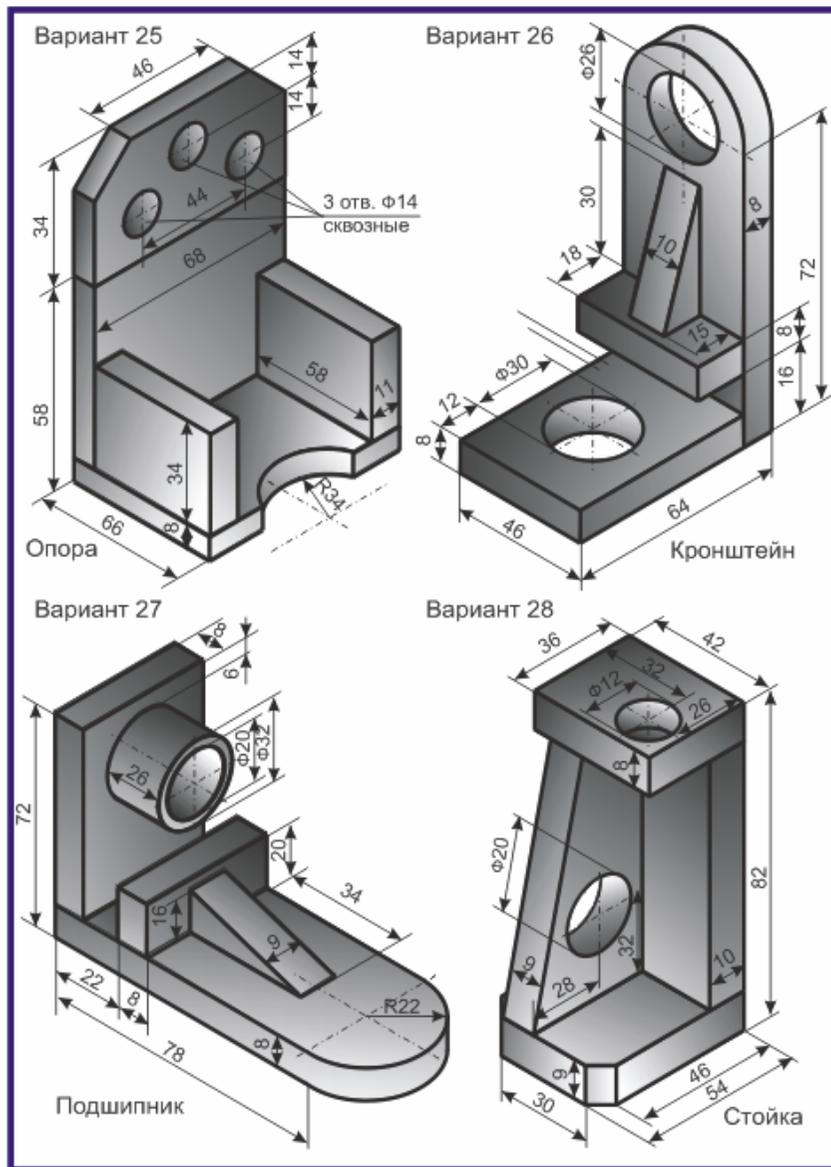
Практическое пособие составлено в соответствии с учебной программой курса «Начертательная геометрия и инженерная графика» для студентов 1 курса специальности 1-40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий», утвержденной научно-методическим Советом Учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».

Практическое пособие «Начертательная геометрия и инженерная графика» направлено на овладение практическими приемами построения изображений на плоскости и в пространстве. Знания, умения и навыки, приобретенные при изучении начертательной геометрии и черчения, необходимы для изучения общеинженерных и специальных технических дисциплин, а также в последующей педагогической и инженерной деятельности.

В данном пособии рассматриваются вопросы расположения точек, прямых и плоскостей в пространстве, способов преобразования чертежа и построения сборочного чертежа. Каждая тема пособия содержит краткие теоретические сведения и по несколько практических заданий, отличающихся содержанием и сложностью выполнения. Само задание содержит 32 варианта его исполнения, что позволяет обеспечить индивидуальным заданием каждого студента учебной группы. Приведенный теоретический материал и образцы выполнения конкретных заданий помогут учащимся в выполнении своих практических работ.

Пособие может быть использовано преподавателями при проведении практических занятий и студентами в их самостоятельной работе над предметом.





## Тема 1 ТОЧКА И ПРЯМАЯ В ПРОСТРАНСТВЕ

### 1.1 Плоскости проекций

Различают три вида проецирования точки на плоскость: центральное, параллельное и прямоугольное проецирование. Ортогональное проецирование имеет ряд преимуществ перед центральным и косоугольным параллельным проецированием. Это простота построений ортогональных проекций точек и сохранение на проекциях, при определенных условиях, формы и размеров проецируемой фигуры.

Обратимость чертежа будет обеспечена проецированием на две непараллельные, например, взаимно перпендикулярные плоскости проекций. Одна из них – *горизонтальная* плоскость проекций  $\pi_1$  или  $H$ , другая, перпендикулярная ей, – *фронтальная* плоскость проекций  $\pi_2$  или  $V$ . Линия их пересечения является *осью* проекций. Эти плоскости проекций образуют систему  $\pi_1, \pi_2, \pi_2, \pi_3$ . Плоскость  $\pi_3$  является *профильной* плоскостью проекций (рисунок 1.1).

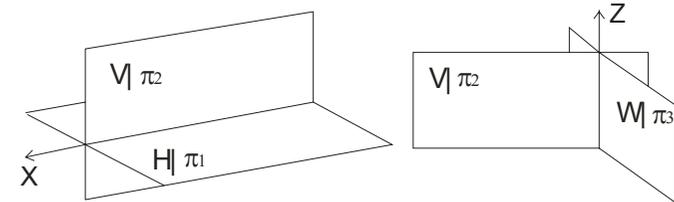


Рисунок 1.1 – Плоскости ортогональных проекций

*Горизонтальной проекцией* точки  $A$  называют прямоугольную проекцию этой точки на горизонтальной плоскости проекций  $A'$ ; *фронтальной* – на фронтальной плоскости проекций  $A''$  (рисунок 1.2). Две проекции точки вполне определяют ее положение в пространстве относительно данной системы плоскостей проекций.

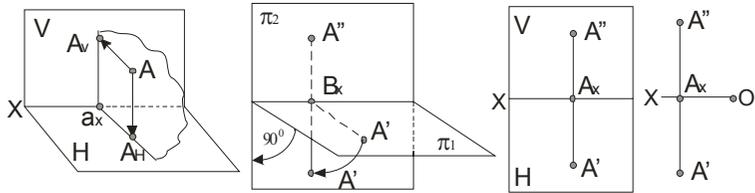


Рисунок 1.2– Проекция точки

Рисунок 1.3– Плоскость чертежа

Повернув плоскость  $\pi_1$  (рисунок 1.2) вокруг оси проекций на угол  $90^\circ$ , получим одну плоскость (рисунок 1.3) – плоскость чертежа: проекции  $A'$  и  $A''$  расположены на одном перпендикуляре к оси проекций – *линии связи*. В результате проведенного совмещения плоскостей  $\pi_1$  и  $\pi_2$  получим *чертеж*, известный под названием *эпюр* (Эпюр Монжа, 1799 г.) (рисунок 1.3).

При наличии оси проекций, положение точки  $A$  относительно плоскостей проекций устанавливается однозначно: отрезок  $A'A_X$  определяет расстояние точки  $A$  от плоскости проекций  $\pi_2$ , а отрезок  $A''A_X$  – расстояние точки  $A$  до плоскости проекций  $\pi_1$ .

## 1.2 Проекция точек и отрезков

На практике зачастую бывает недостаточно двух плоскостей проекций. Введем третью плоскость проекций  $\pi_3$ , перпендикулярную к  $\pi_1$  и  $\pi_2$ , и называемую *профильной*. Точка в системе трех плоскостей проекций определяется тремя проекциями  $A'$ ,  $A''$ ,  $A'''$  (рисунок 1.4).

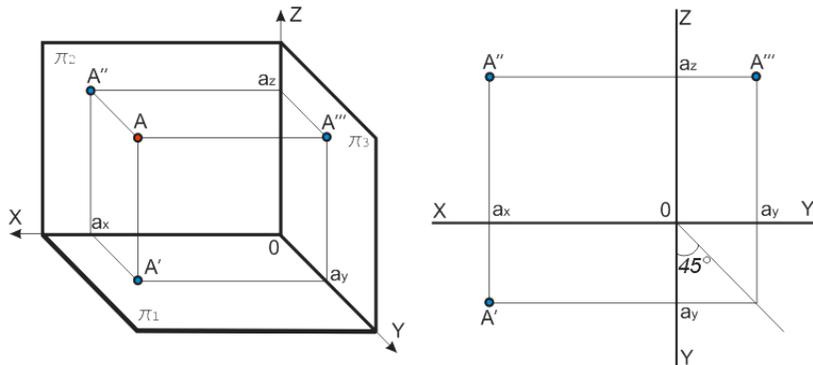
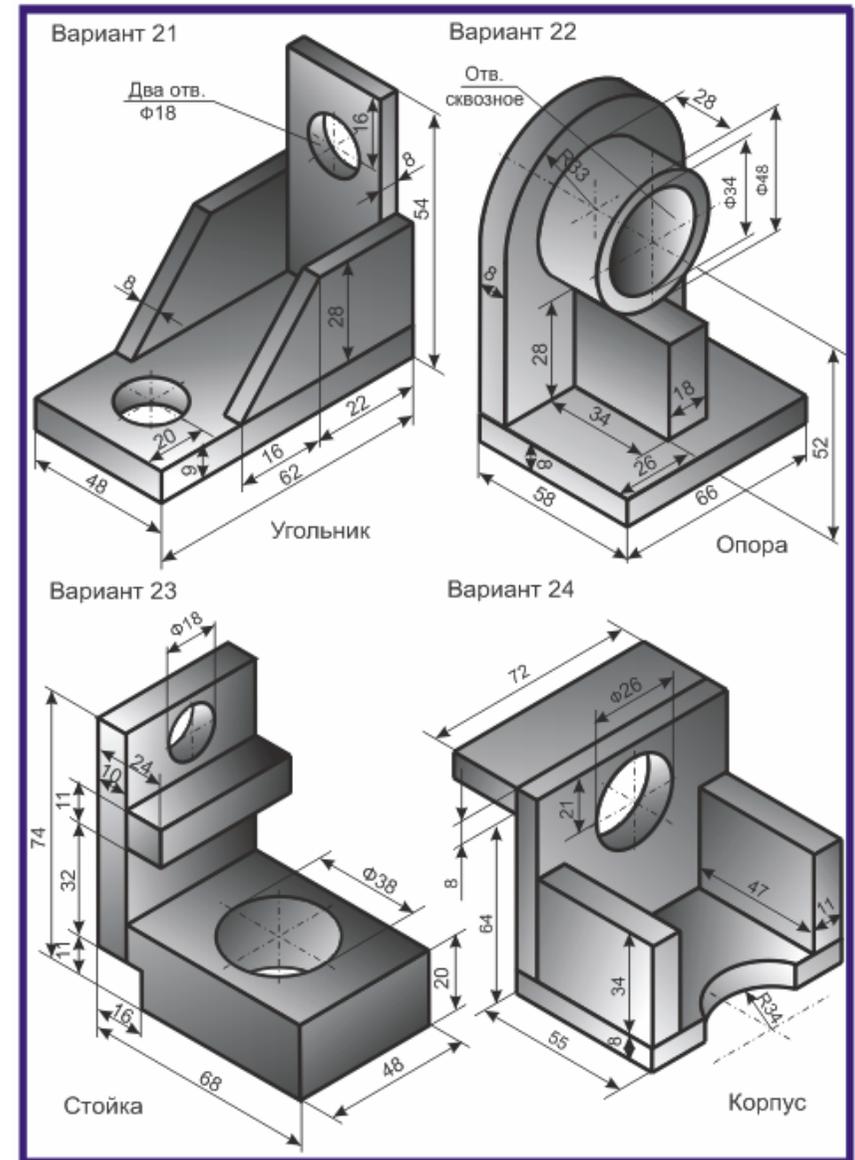
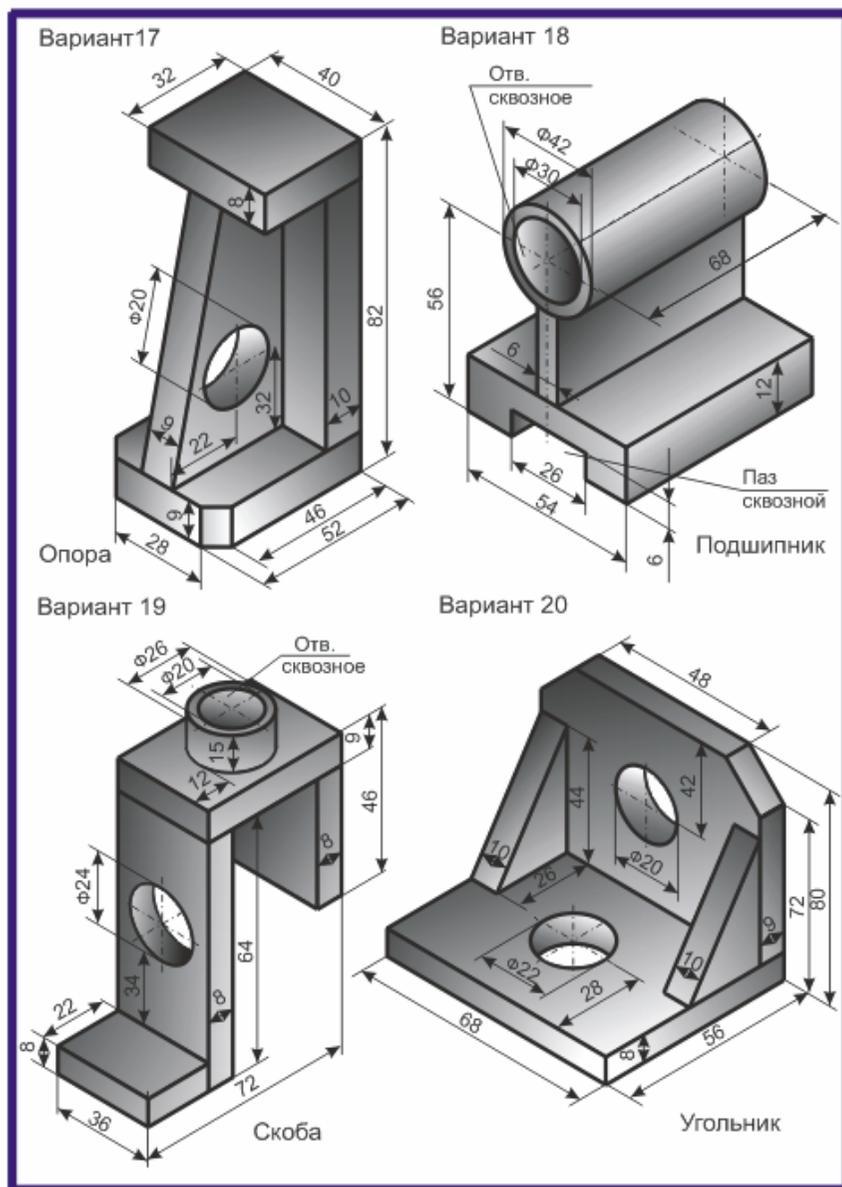


Рисунок 1.4 – Проекция точки на три взаимно перпендикулярные плоскости проекций





Горизонтальная и фронтальная проекции расположены на линии связи  $A'A''$ , перпендикулярной оси  $x$ , а фронтальная и профильная проекции находятся на перпендикуляре к оси  $z$  - линии связи  $A''A'''$ . Разворот плоскостей  $\pi_1$  и  $\pi_3$  проведен так, как было сказано ранее, на  $90^\circ$ , до совмещения их в одной плоскости. Построение профильной проекции  $A'''$  произведено по горизонтальной  $A'$  и фронтальной  $A''$ .

Расстояния от точки  $A$  до плоскостей проекций следующие:

$a_x A'$  – расстояние до плоскости  $\pi_2$ ;

$a_x A''$  – расстояние до плоскости  $\pi_1$ ;

$a_x 0 = a_z A'''$  – расстояние до плоскости  $\pi_3$ ;

Так как точка, лежащая на прямой, проецируется в свою проекцию, лежащую в проекции исходной прямой, то отсюда вытекает, что **для задания проекции отрезка прямой необходимо иметь проекции двух его точек** – концов отрезка.

Прямой **общего положения** называется прямая, которая *не параллельна и не перпендикулярна* ни к одной из плоскостей  $\pi_1, \pi_2, \pi_3$ .

На рисунке 1.5 показано **наглядное изображение** отрезка и его проекций и **комплексный чертеж** (эпюр) этого отрезка в трех плоскостях проекций.

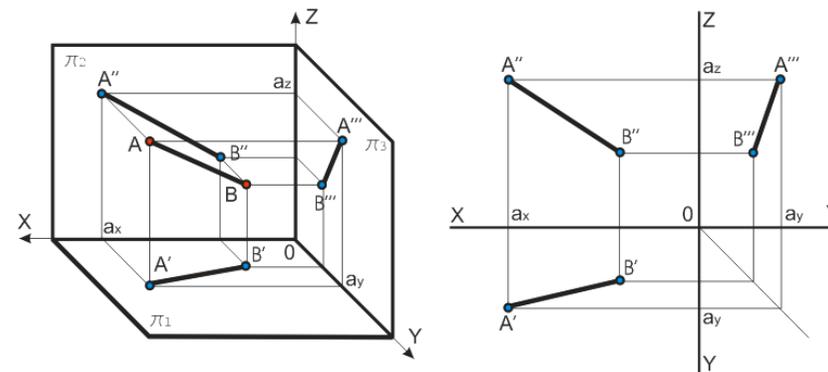
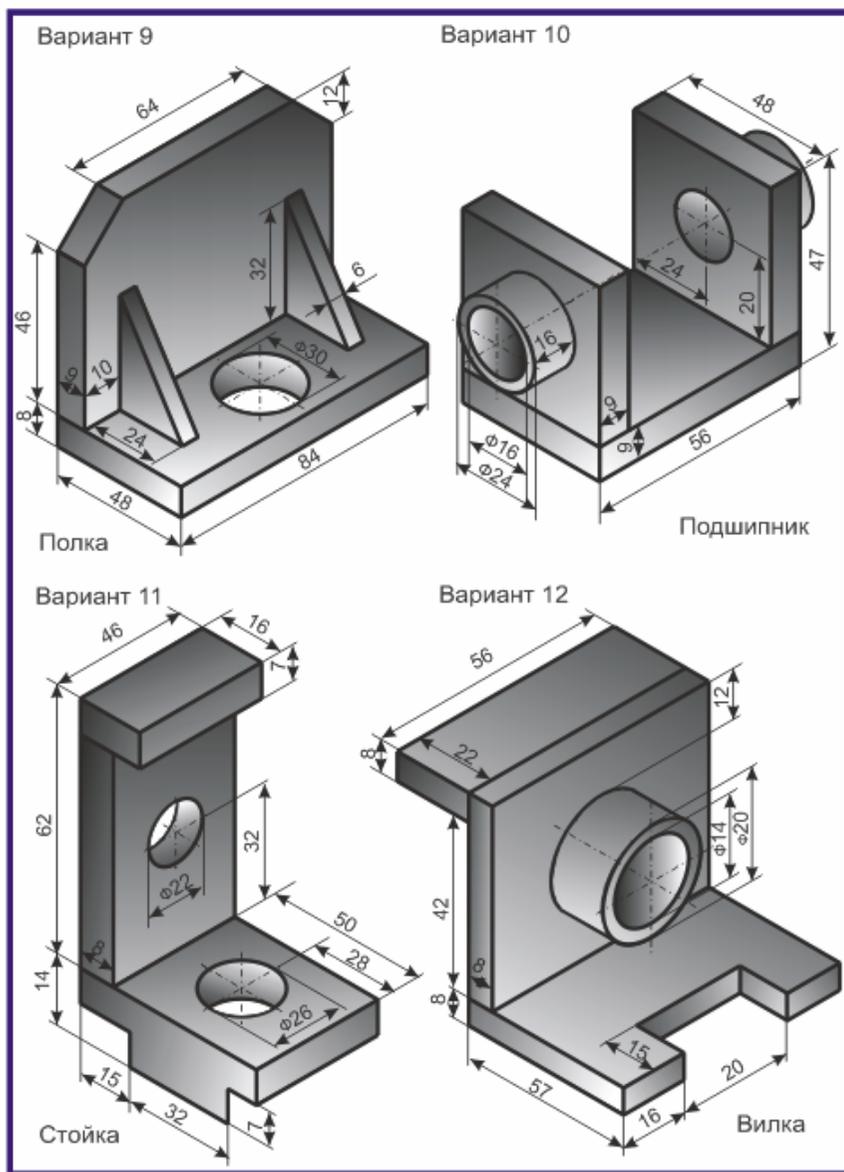


Рисунок 1.5– Проецирование отрезка на три взаимно перпендикулярные плоскости проекций

В тех случаях, когда нет необходимости в определении положения точки, отрезка, фигуры относительно координатной системы плоскостей проекций, то оси координат на эпюре можно не указывать (рисунок 1.6).





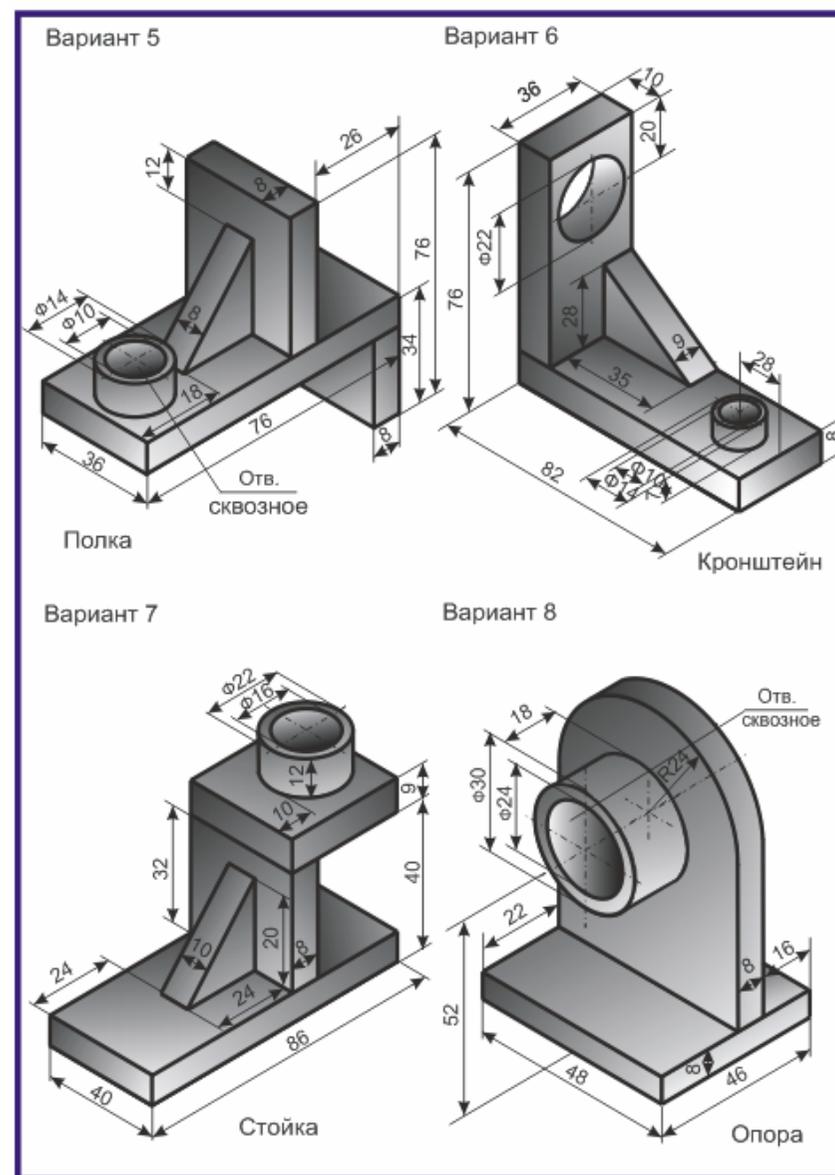
## Практические задания 1

1.1 Построить его наглядное изображение и комплексный чертеж точек *A* и *B*. Определить положение точек относительно плоскостей проекций (см. рисунок 1.4)

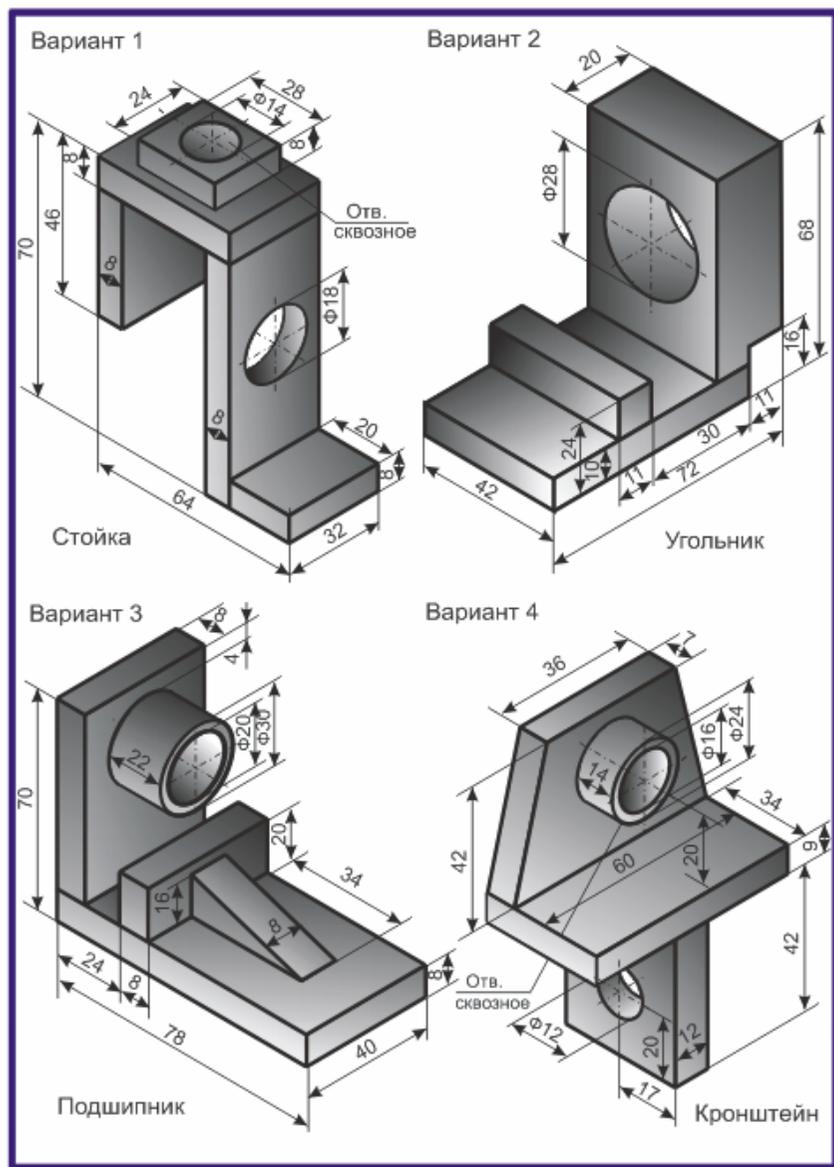
| № варианта | Координаты точек |    |    |    |    |    |
|------------|------------------|----|----|----|----|----|
|            | A                |    |    | B  |    |    |
|            | X                | Y  | Z  | X  | Y  | Z  |
| 1          | 20               | 40 | 28 | 0  | 20 | 15 |
| 2          | 20               | 18 | 25 | 30 | 0  | 25 |
| 3          | 35               | 20 | 15 | 35 | 30 | 0  |
| 4          | 24               | 26 | 35 | 0  | 26 | 35 |
| 5          | 32               | 6  | 28 | 32 | 0  | 28 |
| 6          | 15               | 40 | 25 | 0  | 0  | 25 |
| 7          | 36               | 30 | 14 | 36 | 0  | 0  |
| 8          | 24               | 24 | 15 | 0  | 24 | 15 |
| 9          | 30               | 10 | 38 | 30 | 0  | 38 |
| 10         | 33               | 18 | 30 | 33 | 48 | 0  |
| 11         | 28               | 30 | 12 | 28 | 0  | 45 |
| 12         | 26               | 28 | 35 | 0  | 28 | 35 |
| 13         | 45               | 30 | 28 | 0  | 0  | 28 |
| 14         | 32               | 30 | 10 | 32 | 0  | 45 |
| 15         | 42               | 10 | 34 | 0  | 42 | 34 |
| 16         | 37               | 24 | 5  | 0  | 24 | 0  |
| 17         | 27               | 19 | 19 | 5  | 19 | 0  |
| 18         | 30               | 38 | 10 | 30 | 0  | 38 |
| 19         | 26               | 12 | 23 | 0  | 0  | 23 |
| 20         | 36               | 25 | 6  | 12 | 25 | 0  |
| 21         | 42               | 22 | 23 | 0  | 22 | 43 |
| 22         | 31               | 38 | 10 | 32 | 0  | 38 |
| 23         | 34               | 10 | 25 | 10 | 0  | 0  |
| 24         | 28               | 8  | 38 | 0  | 12 | 21 |
| 25         | 36               | 24 | 6  | 0  | 0  | 39 |
| 26         | 28               | 25 | 5  | 0  | 25 | 0  |
| 27         | 25               | 40 | 10 | 35 | 0  | 38 |
| 28         | 37               | 24 | 5  | 0  | 24 | 39 |
| 29         | 35               | 10 | 30 | 9  | 0  | 0  |
| 30         | 22               | 5  | 40 | 22 | 35 | 0  |
| 31         | 41               | 24 | 15 | 0  | 24 | 15 |
| 32         | 28               | 30 | 12 | 28 | 0  | 45 |

1.2 По заданным координатам концов отрезка *AB* построить его наглядное изображение и комплексный чертёж. Определить положение отрезка относительно плоскостей проекций (см. рисунок 1.5)

| № варианта | Координаты точек |    |    |    |    |    |
|------------|------------------|----|----|----|----|----|
|            | A                |    |    | B  |    |    |
|            | X                | Y  | Z  | X  | Y  | Z  |
| 1          | 50               | 20 | 15 | 10 | 20 | 15 |
| 2          | 30               | 10 | 25 | 30 | 40 | 25 |
| 3          | 35               | 30 | 5  | 35 | 30 | 40 |
| 4          | 40               | 26 | 35 | 0  | 26 | 35 |
| 5          | 32               | 6  | 28 | 32 | 46 | 28 |
| 6          | 40               | 40 | 25 | 4  | 40 | 25 |
| 7          | 36               | 30 | 40 | 36 | 30 | 0  |
| 8          | 45               | 24 | 15 | 10 | 24 | 15 |
| 9          | 30               | 0  | 38 | 30 | 0  | 38 |
| 10         | 33               | 8  | 30 | 33 | 48 | 30 |
| 11         | 28               | 30 | 12 | 28 | 30 | 45 |
| 12         | 50               | 28 | 35 | 15 | 28 | 35 |
| 13         | 45               | 30 | 28 | 0  | 30 | 28 |
| 14         | 32               | 30 | 10 | 32 | 30 | 45 |
| 15         | 32               | 10 | 34 | 32 | 42 | 34 |
| 16         | 37               | 24 | 5  | 10 | 24 | 30 |
| 17         | 37               | 19 | 19 | 5  | 19 | 39 |
| 18         | 30               | 38 | 10 | 30 | 9  | 38 |
| 19         | 40               | 12 | 23 | 12 | 30 | 23 |
| 20         | 36               | 25 | 6  | 12 | 25 | 30 |
| 21         | 40               | 22 | 23 | 6  | 22 | 43 |
| 22         | 32               | 38 | 10 | 32 | 8  | 38 |
| 23         | 40               | 10 | 25 | 10 | 30 | 25 |
| 24         | 28               | 8  | 38 | 28 | 12 | 21 |
| 25         | 36               | 24 | 6  | 9  | 24 | 39 |
| 26         | 28               | 25 | 5  | 9  | 25 | 25 |
| 27         | 35               | 40 | 10 | 35 | 8  | 38 |
| 28         | 37               | 24 | 5  | 5  | 24 | 39 |
| 29         | 45               | 0  | 30 | 9  | 30 | 30 |
| 30         | 22               | 5  | 40 | 22 | 35 | 5  |
| 31         | 45               | 24 | 15 | 10 | 24 | 15 |
| 32         | 28               | 30 | 12 | 28 | 30 | 45 |



### Практические задания 5



1.3 По заданным координатам концов отрезка  $AB$  построить его наглядное изображение и комплексный чертёж. Определить положение отрезка относительно плоскостей проекций (см. рисунок 1.5)

| № варианта | Координаты точек |    |    |    |    |    |
|------------|------------------|----|----|----|----|----|
|            | A                |    |    | B  |    |    |
|            | X                | Y  | Z  | X  | Y  | Z  |
| 1          | 40               | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 |
| 2          | 40               | 5  | 20 | 9  | 29 | 35 |
| 3          | 37               | 30 | 5  | 5  | 5  | 25 |
| 4          | 41               | 0  | 0  | 10 | 30 | 30 |
| 5          | 39               | 0  | 30 | 9  | 30 | 5  |
| 6          | 43               | 15 | 15 | 13 | 36 | 40 |
| 7          | 39               | 35 | 0  | 8  | 10 | 35 |
| 8          | 43               | 6  | 6  | 12 | 38 | 38 |
| 9          | 40               | 5  | 40 | 0  | 30 | 0  |
| 10         | 42               | 30 | 5  | 12 | 10 | 35 |
| 11         | 46               | 10 | 10 | 15 | 35 | 40 |
| 12         | 38               | 8  | 38 | 13 | 30 | 5  |
| 13         | 36               | 36 | 9  | 5  | 8  | 35 |
| 14         | 45               | 30 | 20 | 15 | 10 | 40 |
| 15         | 44               | 10 | 40 | 14 | 35 | 5  |
| 16         | 38               | 35 | 35 | 10 | 10 | 0  |
| 17         | 42               | 12 | 10 | 10 | 40 | 40 |
| 18         | 40               | 36 | 0  | 8  | 10 | 35 |
| 19         | 38               | 32 | 5  | 5  | 5  | 26 |
| 20         | 40               | 38 | 38 | 10 | 10 | 0  |
| 21         | 48               | 8  | 9  | 14 | 36 | 36 |
| 22         | 38               | 38 | 0  | 5  | 5  | 35 |
| 23         | 46               | 30 | 20 | 10 | 10 | 45 |
| 24         | 40               | 35 | 35 | 10 | 10 | 0  |
| 25         | 40               | 40 | 5  | 8  | 10 | 35 |
| 26         | 50               | 10 | 10 | 15 | 40 | 40 |
| 27         | 50               | 40 | 10 | 10 | 10 | 40 |
| 28         | 45               | 10 | 40 | 15 | 35 | 5  |
| 29         | 41               | 6  | 5  | 10 | 30 | 30 |
| 30         | 50               | 5  | 10 | 10 | 50 | 40 |
| 31         | 39               | 35 | 0  | 8  | 10 | 35 |
| 32         | 38               | 8  | 38 | 13 | 30 | 5  |

1.4 По заданным координатам концов отрезков *AB* и *CD* построить комплексный чертеж. Определить взаимное положение отрезков.

| № варианта | Координаты точек |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|            | A                |    |    | B  |    |    | C  |    |    | D  |    |    |
|            | X                | Y  | Z  | X  | Y  | Z  | X  | Y  | Z  | X  | Y  | Z  |
| 1          | 55               | 5  | 20 | 15 | 20 | 5  | 45 | 20 | 10 | 10 | 7  | 20 |
| 2          | 45               | 20 | 25 | 10 | 4  | 5  | 50 | 7  | 8  | 7  | 8  | 25 |
| 3          | 50               | 17 | 12 | 12 | 22 | 23 | 55 | 6  | 4  | 15 | 11 | 14 |
| 4          | 55               | 4  | 22 | 15 | 21 | 6  | 45 | 20 | 9  | 10 | 8  | 20 |
| 5          | 56               | 5  | 20 | 15 | 20 | 5  | 46 | 20 | 10 | 10 | 8  | 20 |
| 6          | 46               | 20 | 26 | 10 | 5  | 5  | 50 | 8  | 8  | 8  | 7  | 25 |
| 7          | 50               | 17 | 13 | 12 | 22 | 23 | 55 | 6  | 4  | 15 | 11 | 14 |
| 8          | 54               | 6  | 20 | 16 | 20 | 5  | 46 | 20 | 10 | 10 | 8  | 20 |
| 9          | 58               | 6  | 20 | 16 | 20 | 5  | 44 | 19 | 10 | 10 | 10 | 20 |
| 10         | 45               | 20 | 25 | 10 | 4  | 5  | 50 | 7  | 8  | 8  | 8  | 25 |
| 11         | 52               | 17 | 13 | 12 | 14 | 23 | 55 | 60 | 4  | 15 | 11 | 14 |
| 12         | 54               | 6  | 20 | 16 | 20 | 6  | 45 | 20 | 10 | 10 | 8  | 20 |
| 13         | 60               | 10 | 20 | 18 | 20 | 5  | 45 | 19 | 10 | 12 | 12 | 20 |
| 14         | 46               | 19 | 25 | 10 | 5  | 5  | 10 | 7  | 8  | 8  | 7  | 24 |
| 15         | 50               | 17 | 13 | 12 | 22 | 23 | 55 | 6  | 4  | 15 | 11 | 14 |
| 16         | 52               | 17 | 13 | 12 | 22 | 23 | 56 | 6  | 4  | 16 | 11 | 14 |
| 17         | 55               | 5  | 20 | 20 | 20 | 6  | 48 | 20 | 10 | 15 | 10 | 20 |
| 18         | 45               | 20 | 25 | 10 | 6  | 6  | 10 | 7  | 7  | 8  | 7  | 24 |
| 19         | 52               | 17 | 13 | 12 | 22 | 23 | 55 | 6  | 4  | 15 | 11 | 14 |
| 20         | 46               | 20 | 24 | 10 | 5  | 5  | 52 | 7  | 8  | 3  | 8  | 25 |
| 21         | 56               | 6  | 20 | 22 | 20 | 7  | 45 | 20 | 10 | 16 | 7  | 18 |
| 22         | 45               | 20 | 26 | 10 | 7  | 7  | 10 | 7  | 7  | 8  | 8  | 24 |
| 23         | 50               | 17 | 13 | 12 | 22 | 23 | 55 | 6  | 4  | 15 | 11 | 14 |
| 24         | 45               | 20 | 25 | 10 | 4  | 5  | 52 | 7  | 8  | 7  | 7  | 25 |
| 25         | 55               | 7  | 18 | 20 | 18 | 8  | 44 | 18 | 10 | 17 | 7  | 18 |
| 26         | 46               | 18 | 25 | 10 | 7  | 6  | 45 | 8  | 6  | 7  | 7  | 25 |
| 27         | 50               | 17 | 13 | 12 | 22 | 23 | 55 | 6  | 4  | 15 | 11 | 14 |
| 28         | 45               | 20 | 25 | 10 | 4  | 5  | 50 | 7  | 8  | 7  | 8  | 25 |
| 29         | 56               | 8  | 19 | 20 | 18 | 8  | 45 | 18 | 8  | 16 | 8  | 20 |
| 30         | 45               | 19 | 25 | 10 | 7  | 7  | 45 | 8  | 8  | 7  | 7  | 25 |
| 31         | 46               | 20 | 26 | 10 | 5  | 5  | 50 | 8  | 8  | 8  | 7  | 25 |
| 32         | 52               | 17 | 13 | 12 | 14 | 23 | 55 | 60 | 4  | 15 | 11 | 14 |

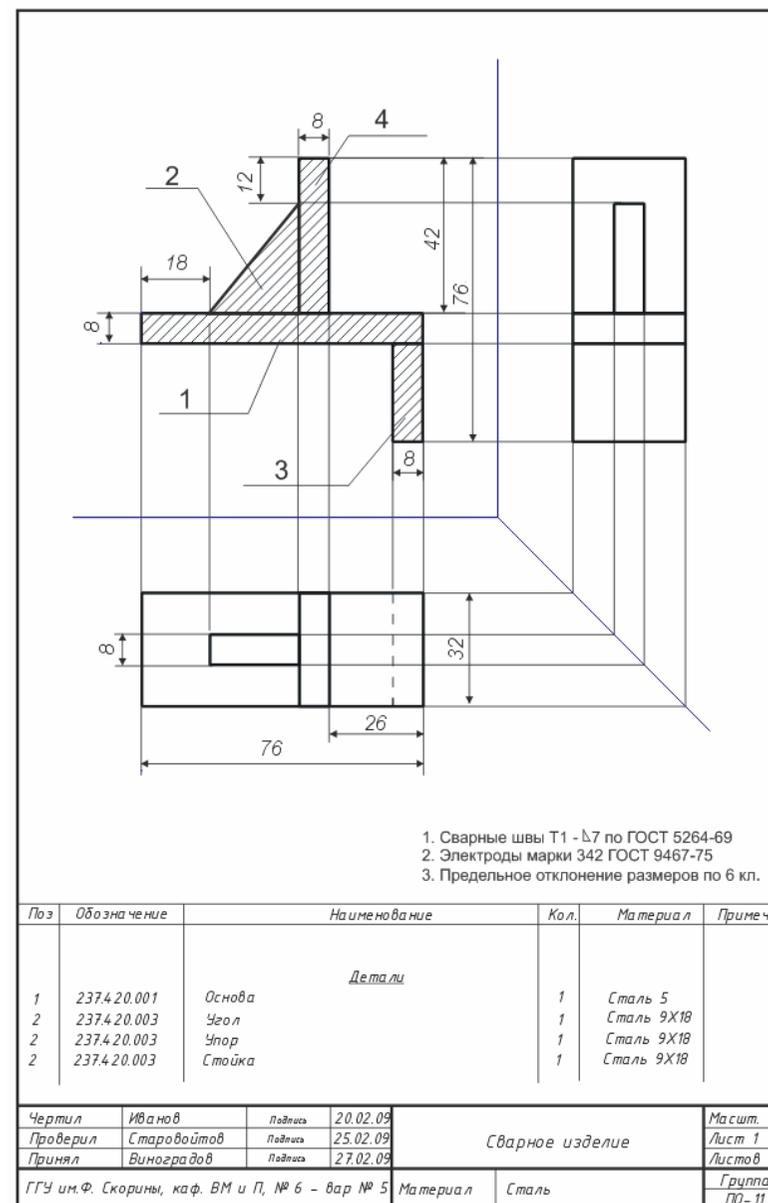


Рисунок 5.2 – Сборочный чертеж

Для сварного изделия на рисунке 5.1 сборочный чертеж приведен на рисунке 5.2.

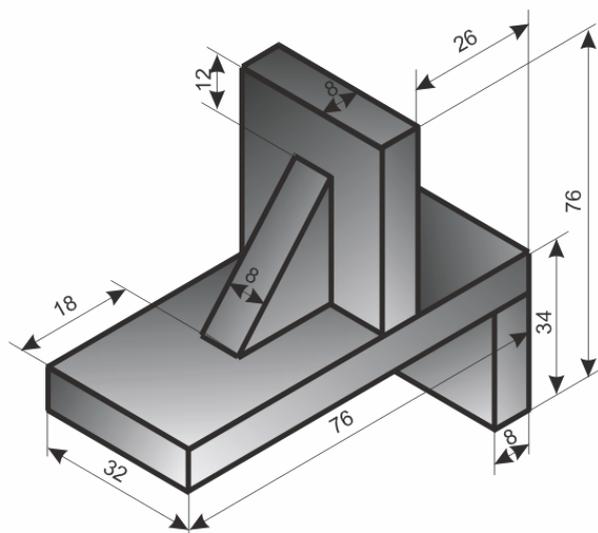


Рисунок 5.1 –Сварное изделие

### Вопросы для самоконтроля

- 1 Какое изделие называют сборочной единицей.
- 2 Как получаются сборочные единицы?
- 3 Для чего служат конструкторские документы?
- 4 Какова классификация конструкторских документов?
- 5 Что понимается под чертежом общего вида?
- 6 Какие элементы содержат чертежи общего вида?
- 7 Что понимается под сборочным чертежом?
- 8 Какова особенность сборочного чертежа?
- 9 Чем отличается сборочный чертеж от чертежа общего вида?
- 10 В чем состоит процесс детализования?
- 11 Что понимается под техническим рисунком?
- 12 В чем заключается суть чтения чертежа?
- 13 В чем состоит отличие сечения от разреза?

## Тема 2 ПРЯМАЯ И ПЛОСКОСТЬ В ПРОСТРАНСТВЕ

### 2.1 Проекция плоских фигур

Построение проекций фигур, все точки которых лежат в одной плоскости, сводится к построению проекций ряда точек, образующих линии контуров проекций фигур. В общем случае в системе  $\pi_1, \pi_2, \pi_3$  проекции какого-либо многоугольника представляют собой также многоугольники с тем же числом сторон, при этом плоскость этого многоугольника является плоскостью общего положения.

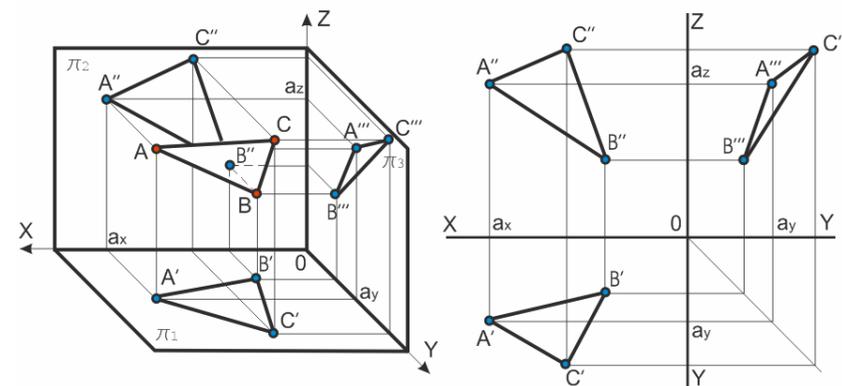


Рисунок 2.1 – Проекция треугольника общего положения

Но если в системе  $\pi_1, \pi_2$  обе проекции, например, треугольника представляют собой треугольник, то его плоскость будет либо плоскостью *общего положения* (рисунок 2.1), либо *профильно-проецирующей* (рисунок 2.4) (так как горизонталь треугольника расположена перпендикулярно к плоскости  $\pi_3$ , а значит ее проекции параллельны).

Если же проекция многоугольника на  $\pi_1$  или  $\pi_2$  представляет собой *отрезок прямой*, то плоскость многоугольника соответственно *перпендикулярна* к  $\pi_1$  или к  $\pi_2$ . На рисунке 2.2 плоскость треугольника горизонтально-проецирующая, а на рисунке 2.3 – фронтально-проецирующая ( $\varphi = \angle(\Delta ABC, \pi_2)$ ,  $\alpha = \angle(\Delta ABC, \pi_1)$ ).

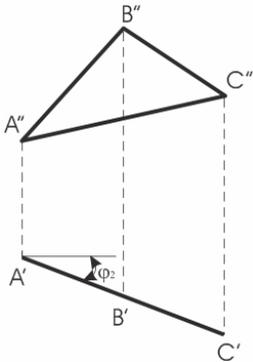


Рисунок 2.2 – Треугольник горизонтально проецирующий

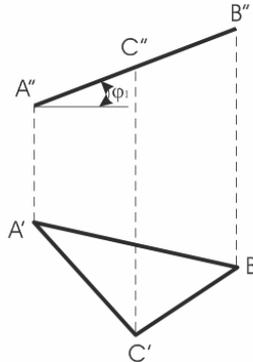


Рисунок 2.3 – Треугольник фронтально проецирующий

Отметим, что фигура расположенная параллельно плоскости проекций, проецируется на нее без искажения (рисунок 2.5).

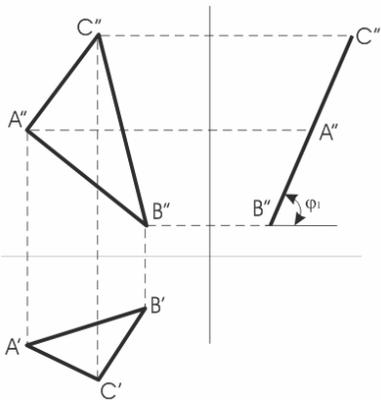


Рисунок 2.4 – Треугольник профильно-проецирующий

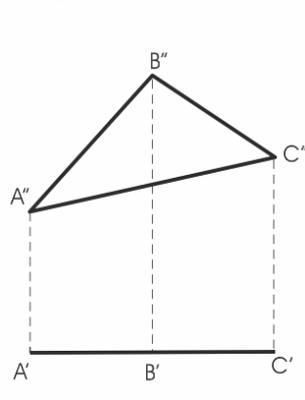


Рисунок 2.5 – Треугольник параллелен плоскости проекции

### Вопросы для самоконтроля

- 1 Что такое чертеж?
- 2 Когда говорят: «Плоскость общего положения»?
- 3 Как определяются углы между плоскостями?
- 4 Что означает проецирующая плоскость?
- 5 Сколько видов проецирующих плоскостей вы знаете?
- 6 В каком случае фигура проецируется без искажения?

## Тема 5 СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ

### 5.1 Основные понятия

**Сборочной единицей** называют изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии путем сборочных операций (свинчивание, сварка, клепка и т. п.). Для изготовления изделия, определения его состава и устройства, а также данных для его эксплуатации, контроля, ремонта служат различные конструкторские документы.

В зависимости от стадии разработки конструкторских документов их подразделяют на **проектные** (чертежи общего вида, пояснительные записки) и **рабочие** (чертежи деталей, сборочные чертежи), предназначенные для изготовления, сборки и контроля изделий.

**Чертежи общего вида** — это документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принципы его работы. По этим чертежам разрабатывают рабочие чертежи деталей и сборочные чертежи. На чертеже общего вида над основной надписью помещают таблицу, в которой указывают наименование всех составных частей сборочной единицы. На таком чертеже наносят номера позиций, под которыми значатся в таблице составные части изделия. Номера позиций размещают над короткими горизонтальными линиями-полками. Таблицу, содержащую основные данные о деталях, входящих в изделие, называют спецификацией. Ее обычно выполняют на отдельном листе.

**Сборочным чертежом** называют документ, который содержит изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки и контроля. Особенностью сборочных чертежей является то, что они должны содержать размеры, необходимые для правильного размещения деталей в изделии друг относительно друга, для установки изделия (установочные размеры), присоединения его к другому изделию (присоединительные размеры). Наносят габаритные размеры изделия. В соответствии со стандартом на каждую сборочную единицу составляется спецификация. Сборочный чертеж содержит, наряду с видами, необходимое количество разрезов, сечений.

Процесс составления чертежей отдельных деталей по чертежу сборочной единицы называют **детализацией**.

Итак, имея чертежи деталей, их можно изготовить, а затем из стандартных деталей по сборочным чертежам собрать готовое изделие.

**4.2** По заданным координатам вершин четырехугольника  $ABCD$  построить его комплексный чертёж. Найти действительную величину четырехугольника, пользуясь способом перемены плоскостей проекций (см. рисунок 4.3).

| № варианта | Координаты точек |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|            | A                |    |    | B  |    |    | C  |    |    | D  |    |    |
|            | X                | Y  | Z  | X  | Y  | Z  | X  | Y  | Z  | X  | Y  | Z  |
| 1          | 58               | 50 | 5  | 58 | 8  | 5  | 12 | 18 | 60 | 12 | 60 | 60 |
| 2          | 60               | 60 | 10 | 60 | 25 | 10 | 30 | 5  | 65 | 30 | 55 | 65 |
| 3          | 65               | 68 | 6  | 65 | 38 | 6  | 20 | 5  | 72 | 20 | 45 | 72 |
| 4          | 70               | 10 | 5  | 70 | 10 | 45 | 15 | 60 | 65 | 15 | 60 | 15 |
| 5          | 58               | 50 | 5  | 58 | 8  | 5  | 12 | 18 | 60 | 12 | 60 | 60 |
| 6          | 60               | 60 | 10 | 60 | 25 | 10 | 30 | 5  | 65 | 30 | 55 | 65 |
| 7          | 65               | 68 | 6  | 65 | 38 | 6  | 20 | 5  | 72 | 20 | 45 | 72 |
| 8          | 80               | 48 | 70 | 80 | 5  | 70 | 35 | 15 | 10 | 35 | 30 | 10 |
| 9          | 70               | 20 | 5  | 70 | 20 | 45 | 15 | 65 | 65 | 15 | 65 | 15 |
| 10         | 58               | 50 | 5  | 58 | 8  | 5  | 12 | 18 | 60 | 12 | 60 | 60 |
| 11         | 60               | 60 | 10 | 60 | 25 | 10 | 30 | 5  | 65 | 30 | 55 | 65 |
| 12         | 65               | 68 | 6  | 65 | 38 | 6  | 20 | 5  | 72 | 20 | 45 | 72 |
| 13         | 80               | 48 | 70 | 80 | 5  | 70 | 35 | 15 | 10 | 35 | 30 | 10 |
| 14         | 70               | 10 | 5  | 70 | 10 | 45 | 15 | 70 | 65 | 15 | 70 | 15 |
| 15         | 58               | 50 | 5  | 58 | 8  | 5  | 12 | 18 | 60 | 12 | 60 | 60 |
| 16         | 60               | 50 | 10 | 60 | 25 | 10 | 30 | 5  | 65 | 30 | 55 | 65 |
| 17         | 65               | 68 | 6  | 65 | 38 | 6  | 20 | 5  | 72 | 20 | 45 | 72 |
| 18         | 80               | 50 | 7  | 80 | 5  | 7  | 35 | 15 | 10 | 35 | 30 | 10 |
| 19         | 70               | 10 | 5  | 70 | 10 | 55 | 15 | 60 | 65 | 15 | 60 | 45 |
| 20         | 58               | 50 | 5  | 58 | 8  | 5  | 12 | 18 | 60 | 12 | 60 | 60 |
| 21         | 60               | 60 | 10 | 60 | 25 | 10 | 30 | 5  | 65 | 30 | 55 | 65 |
| 22         | 65               | 68 | 6  | 65 | 38 | 6  | 20 | 5  | 72 | 20 | 45 | 72 |
| 23         | 80               | 50 | 7  | 80 | 5  | 7  | 35 | 15 | 10 | 35 | 30 | 10 |
| 24         | 70               | 10 | 5  | 70 | 10 | 45 | 15 | 70 | 45 | 15 | 70 | 15 |
| 25         | 58               | 50 | 5  | 58 | 8  | 5  | 12 | 18 | 60 | 12 | 60 | 60 |
| 26         | 60               | 60 | 10 | 60 | 25 | 10 | 30 | 5  | 65 | 30 | 55 | 65 |
| 27         | 65               | 68 | 6  | 65 | 38 | 6  | 20 | 5  | 72 | 20 | 45 | 72 |
| 28         | 80               | 50 | 70 | 80 | 5  | 70 | 35 | 15 | 10 | 35 | 30 | 10 |
| 29         | 70               | 10 | 5  | 70 | 10 | 45 | 15 | 60 | 65 | 15 | 60 | 15 |
| 30         | 58               | 50 | 5  | 58 | 8  | 5  | 12 | 18 | 60 | 12 | 60 | 60 |
| 31         | 65               | 68 | 6  | 65 | 38 | 6  | 20 | 5  | 72 | 20 | 45 | 72 |
| 32         | 80               | 48 | 70 | 80 | 5  | 70 | 35 | 15 | 10 | 35 | 30 | 10 |

## Практические задания 2

**2.1** По заданным координатам вершин  $A$ ,  $B$  и  $C$  построить комплексный чертёж треугольника. Определить его положение относительно плоскостей проекций (см. рисунок 2.1).

| № варианта | Координаты точек |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
|            | A                |    |    | B  |    |    | C  |    |    |
|            | X                | Y  | Z  | X  | Y  | Z  | X  | Y  | Z  |
| 1          | 40               | 10 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 | 25 | 20 |
| 2          | 25               | 10 | 45 | 25 | 10 | 15 | 25 | 40 | 15 |
| 3          | 40               | 20 | 45 | 40 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 |
| 4          | 40               | 10 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 | 25 | 20 |
| 5          | 25               | 10 | 45 | 25 | 10 | 15 | 25 | 40 | 15 |
| 6          | 40               | 20 | 45 | 40 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 |
| 7          | 40               | 10 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 | 25 | 20 |
| 8          | 25               | 10 | 45 | 25 | 10 | 15 | 25 | 40 | 15 |
| 9          | 40               | 20 | 45 | 40 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 |
| 10         | 40               | 10 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 | 25 | 20 |
| 11         | 25               | 10 | 45 | 25 | 10 | 15 | 25 | 40 | 15 |
| 12         | 40               | 20 | 45 | 40 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 |
| 13         | 40               | 10 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 | 25 | 20 |
| 14         | 25               | 10 | 45 | 25 | 10 | 15 | 25 | 40 | 15 |
| 15         | 40               | 20 | 45 | 40 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 |
| 16         | 40               | 10 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 | 25 | 20 |
| 17         | 25               | 10 | 45 | 25 | 10 | 15 | 25 | 40 | 15 |
| 18         | 40               | 20 | 45 | 40 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 |
| 19         | 40               | 10 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 | 25 | 20 |
| 20         | 25               | 10 | 45 | 25 | 10 | 15 | 25 | 40 | 15 |
| 21         | 40               | 20 | 45 | 40 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 |
| 22         | 40               | 10 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 | 25 | 20 |
| 23         | 25               | 10 | 45 | 25 | 10 | 15 | 25 | 40 | 15 |
| 24         | 40               | 20 | 45 | 40 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 |
| 25         | 20               | 15 | 48 | 20 | 15 | 13 | 20 | 40 | 13 |
| 26         | 40               | 10 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 | 25 | 20 |
| 27         | 25               | 10 | 45 | 25 | 10 | 15 | 25 | 40 | 15 |
| 28         | 40               | 20 | 45 | 40 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 |
| 29         | 46               | 15 | 16 | 16 | 15 | 44 | 16 | 15 | 16 |
| 30         | 40               | 10 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 | 25 | 20 |
| 31         | 25               | 10 | 45 | 25 | 10 | 15 | 25 | 40 | 15 |
| 32         | 40               | 20 | 45 | 40 | 20 | 10 | 10 | 20 | 10 |

2.2 По заданным координатам вершин  $A$ ,  $B$  и  $C$  построить комплексный чертеж треугольника. Определить, как расположен треугольник относительно плоскостей проекций.

| № варианта | Координаты точек |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
|            | A                |    |    | B  |    |    | C  |    |    |
|            | X                | Y  | Z  | X  | Y  | Z  | X  | Y  | Z  |
| 1          | 47               | 35 | 15 | 15 | 8  | 35 | 5  | 18 | 6  |
| 2          | 35               | 20 | 6  | 55 | 8  | 35 | 5  | 26 | 18 |
| 3          | 53               | 16 | 17 | 10 | 8  | 40 | 28 | 50 | 10 |
| 4          | 45               | 20 | 40 | 32 | 35 | 11 | 5  | 5  | 7  |
| 5          | 47               | 35 | 15 | 15 | 9  | 36 | 6  | 18 | 6  |
| 6          | 35               | 21 | 7  | 55 | 9  | 36 | 6  | 26 | 17 |
| 7          | 52               | 15 | 16 | 10 | 8  | 40 | 27 | 48 | 9  |
| 8          | 46               | 20 | 42 | 30 | 33 | 10 | 6  | 6  | 8  |
| 9          | 46               | 35 | 16 | 15 | 8  | 36 | 7  | 19 | 5  |
| 10         | 36               | 22 | 8  | 56 | 7  | 37 | 6  | 27 | 16 |
| 11         | 52               | 15 | 18 | 10 | 9  | 42 | 25 | 46 | 9  |
| 12         | 44               | 19 | 39 | 30 | 34 | 10 | 7  | 7  | 7  |
| 13         | 45               | 36 | 16 | 16 | 8  | 36 | 7  | 19 | 5  |
| 14         | 36               | 20 | 8  | 56 | 7  | 37 | 6  | 26 | 15 |
| 15         | 54               | 16 | 16 | 10 | 9  | 40 | 26 | 48 | 9  |
| 16         | 45               | 16 | 40 | 30 | 40 | 12 | 6  | 25 | 15 |
| 17         | 47               | 36 | 15 | 16 | 9  | 34 | 6  | 17 | 6  |
| 18         | 35               | 19 | 6  | 54 | 8  | 34 | 7  | 25 | 18 |
| 19         | 53               | 15 | 16 | 10 | 9  | 40 | 27 | 48 | 10 |
| 20         | 43               | 20 | 40 | 30 | 33 | 10 | 6  | 5  | 5  |
| 21         | 46               | 36 | 16 | 17 | 7  | 35 | 5  | 20 | 5  |
| 22         | 36               | 20 | 8  | 53 | 7  | 36 | 6  | 26 | 15 |
| 23         | 52               | 15 | 15 | 10 | 9  | 40 | 25 | 48 | 12 |
| 24         | 42               | 18 | 38 | 30 | 30 | 10 | 6  | 6  | 6  |
| 25         | 45               | 35 | 15 | 15 | 10 | 35 | 4  | 20 | 5  |
| 26         | 35               | 20 | 8  | 55 | 6  | 36 | 6  | 25 | 16 |
| 27         | 52               | 14 | 16 | 8  | 10 | 40 | 25 | 45 | 10 |
| 28         | 46               | 20 | 40 | 33 | 35 | 15 | 15 | 5  | 5  |
| 29         | 47               | 35 | 15 | 15 | 9  | 35 | 4  | 18 | 6  |
| 30         | 35               | 21 | 7  | 55 | 8  | 35 | 8  | 26 | 17 |
| 31         | 52               | 15 | 16 | 10 | 8  | 40 | 27 | 48 | 9  |
| 32         | 46               | 20 | 42 | 30 | 33 | 10 | 6  | 6  | 8  |

#### Практические задания 4

4.1 По заданным координатам вершин четырехугольника  $ABCD$  построить его комплексный чертеж. Найти действительную величину четырехугольника, пользуясь способом вращения (см. рисунок 4.8).

| № варианта | Координаты точек |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|            | A                |    |    | B  |    |    | C  |    |    | D  |    |    |
|            | X                | Y  | Z  | X  | Y  | Z  | X  | Y  | Z  | X  | Y  | Z  |
| 1          | 58               | 15 | 10 | 58 | 15 | 55 | 25 | 48 | 40 | 25 | 48 | 10 |
| 2          | 45               | 60 | 12 | 45 | 60 | 30 | 15 | 15 | 60 | 15 | 15 | 20 |
| 3          | 55               | 65 | 25 | 55 | 65 | 70 | 20 | 20 | 40 | 20 | 20 | 0  |
| 4          | 70               | 20 | 0  | 70 | 20 | 20 | 30 | 65 | 70 | 30 | 65 | 15 |
| 5          | 58               | 15 | 10 | 58 | 15 | 55 | 25 | 48 | 40 | 25 | 48 | 10 |
| 6          | 45               | 60 | 12 | 45 | 60 | 30 | 15 | 15 | 60 | 15 | 15 | 20 |
| 7          | 65               | 70 | 15 | 65 | 70 | 70 | 20 | 20 | 40 | 20 | 20 | 15 |
| 8          | 70               | 20 | 0  | 70 | 20 | 20 | 30 | 65 | 70 | 30 | 65 | 15 |
| 9          | 58               | 15 | 10 | 58 | 15 | 55 | 25 | 48 | 40 | 25 | 48 | 10 |
| 10         | 66               | 15 | 10 | 66 | 15 | 55 | 25 | 28 | 40 | 25 | 28 | 10 |
| 11         | 45               | 60 | 12 | 45 | 60 | 30 | 15 | 15 | 60 | 15 | 15 | 20 |
| 12         | 55               | 65 | 25 | 55 | 65 | 70 | 20 | 20 | 40 | 20 | 20 | 0  |
| 13         | 70               | 20 | 0  | 70 | 20 | 20 | 30 | 65 | 70 | 30 | 65 | 15 |
| 14         | 65               | 70 | 5  | 65 | 70 | 70 | 18 | 12 | 40 | 18 | 12 | 15 |
| 15         | 58               | 15 | 10 | 58 | 15 | 55 | 25 | 48 | 40 | 25 | 48 | 10 |
| 16         | 45               | 60 | 12 | 45 | 60 | 30 | 15 | 15 | 60 | 15 | 15 | 20 |
| 17         | 55               | 65 | 25 | 55 | 65 | 70 | 20 | 20 | 40 | 20 | 20 | 0  |
| 18         | 70               | 20 | 0  | 70 | 20 | 20 | 30 | 65 | 70 | 30 | 65 | 15 |
| 19         | 65               | 70 | 15 | 65 | 70 | 70 | 18 | 12 | 40 | 18 | 12 | 15 |
| 20         | 58               | 15 | 10 | 58 | 15 | 55 | 25 | 48 | 40 | 25 | 48 | 10 |
| 21         | 45               | 60 | 12 | 45 | 60 | 30 | 15 | 15 | 60 | 15 | 15 | 20 |
| 22         | 55               | 65 | 25 | 55 | 65 | 70 | 20 | 20 | 40 | 20 | 20 | 0  |
| 23         | 70               | 20 | 0  | 70 | 20 | 20 | 30 | 65 | 70 | 30 | 65 | 15 |
| 24         | 65               | 70 | 15 | 65 | 70 | 70 | 18 | 12 | 40 | 18 | 12 | 15 |
| 25         | 58               | 15 | 10 | 58 | 15 | 55 | 25 | 48 | 40 | 25 | 48 | 10 |
| 26         | 45               | 60 | 12 | 45 | 60 | 30 | 15 | 15 | 60 | 15 | 15 | 20 |
| 27         | 55               | 65 | 25 | 55 | 65 | 70 | 20 | 20 | 40 | 20 | 20 | 0  |
| 28         | 70               | 20 | 0  | 70 | 20 | 20 | 30 | 65 | 70 | 30 | 65 | 15 |
| 29         | 65               | 70 | 15 | 65 | 70 | 70 | 18 | 12 | 40 | 18 | 12 | 15 |
| 30         | 58               | 15 | 10 | 58 | 15 | 55 | 25 | 48 | 40 | 25 | 48 | 10 |
| 31         | 66               | 15 | 10 | 66 | 15 | 55 | 25 | 28 | 40 | 25 | 28 | 10 |
| 32         | 45               | 60 | 12 | 45 | 60 | 30 | 15 | 15 | 60 | 15 | 15 | 20 |

Вращение вокруг проецирующей прямой применяют когда надо найти натуральную величину отрезка прямой и угол ее наклона. На рисунке 4.7 вращая точку  $B$  на угол  $\varphi$  в положение  $\bar{B}'$ , так, что  $A'\bar{B}'$  параллельно плоскости  $\pi_2$ , определяется величина отрезка  $AB$ , равная  $A''B''$  и угол  $\alpha$  с плоскостью  $\pi_1$ , здесь плоскости вращения перпендикулярны плоскости  $\pi_1$  и проходят через точку  $A$  поэтому точка  $A$  остается неподвижной. На рисунке 4.8 приведен пример нахождения методом вращения натуральной величины  $\bar{A}''\bar{B}''\bar{C}''$  треугольника  $ABC$ , находящегося в частном положении за одно вращение.

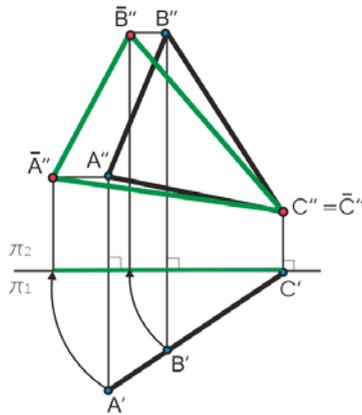


Рисунок 4.8 – Определение натуральной величины фигуры

*Натуральную величину плоской фигуры* можно определить вращением вокруг оси, параллельной плоскости проекции, одним поворотом приведя фигуру в положение, параллельное плоскости проекции.

### Вопросы для самоконтроля

- 1 Назовите основные способы преобразования чертежа.
- 2 В чем суть способа перемены плоскостей проекций?
- 3 Какие основные задачи решаются способами преобразования?
- 4 Как определяется натуральная величина фигуры?
- 5 Как строятся дополнительные плоскости проекций?
- 6 Как переводится фигура в проецирующее положение?
- 7 В чем суть способа вращения?
- 8 Какие задачи можно решить способом вращения?
- 9 Как определяется натуральная величина плоской фигуры при применении способа вращения?

## Тема 3 ПРЯМАЯ И ПЛОСКОСТЬ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ

### 3.1 Принадлежность плоскости

*Прямая принадлежит плоскости, если любые две ее точки принадлежат плоскости.* Построение проекций такой прямой  $DE$  приведено на рисунке 3.1. Последовательность построения изображена линиями связи со стрелочками.

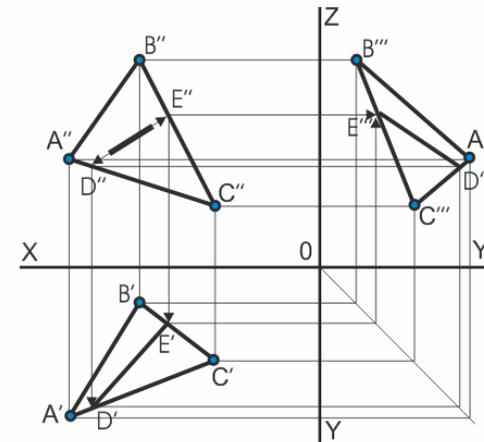


Рисунок 3.1 – Принадлежность прямой плоскости

При построении *точки пересечения прямой* с проецирующей плоскостью исходят из того, что плоскость, перпендикулярная плоскости проекций, проецируется на неё в виде прямой линии, которой и принадлежит их точка пересечения.

Получение точек пересечения прямой с горизонтально-проецирующей плоскостью (плоскость задана треугольником  $ABC$ ) изображено на рисунке 3.2.

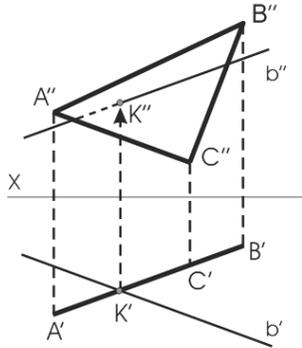


Рисунок 3.2 – Пересечение линии с горизонтально проецирующей плоскостью

Невидимые участки прямых изображены пунктирными линиями. На рисунке 3.2 горизонтальная проекция  $K'$  точки пересечения прямой  $b$  с треугольником  $ABC$  определяется в пересечении проекций прямой  $b'$  и треугольника  $A'B'C'$ , так как треугольник проецируется на плоскости  $\pi_1$  в виде прямой линии. Найдя точку  $K'$ , определяем положение проекции  $K''$ . Так как прямая  $b$  в направлении  $K'b'$  находится над треугольником, то на чертеже часть фронтальной проекции  $K''b''$  видима, а левее точки  $K''$  - невидимая (штриховая) линия.

**Пересечение двух плоскостей определяется прямой линией, которая задается двумя точками.** Для их определения вводят две вспомогательные плоскости, затем строят линии пересечения этих плоскостей с двумя заданными и в их пересечениях находят общие точки этих двух плоскостей.

Построение линий пересечения в частном случае, когда одна плоскость является проецирующей, приведены на рисунке 3.3 ( $\alpha$  - фронтально-проецирующая плоскость; при взгляде по стрелке  $S$  проекция  $A''2''$  находится перед плоскостью  $\alpha$  - поэтому она видима, а невидимая часть плоскости треугольника указана пунктирной линией), на рисунках 3.4 ( $\beta$  - горизонтально-проецирующая плоскость).

На рисунке 3.4 показано пересечение двух плоскостей, из которых плоскость, заданная треугольником  $ABC$ , расположена перпендикулярно к плоскости  $\pi_1$ . Так как, треугольник  $ABC$  проецируется на плоскость  $\pi_1$  в виде прямой линии  $A'B'$ , то горизонтальная проекция отрезка прямой по которому пересекаются оба треугольника, представляет собой отрезок  $K'L'$  проекции  $A'B'$ . Проводя линии связи, получаем фронтальную проекцию  $K''L''$ , принадлежащую линии пересечения

$\Delta ABC$  (так как  $AD \in \Delta ABC$ ) и в тоже время перпендикулярна плоскости  $\pi_1$ , так как  $AD \parallel \pi_1$ . Затем вводится дополнительная плоскость проекций  $\pi_3 \perp \pi_1$ , переводящая  $\Delta ABC$  в отрезок  $C''B''$ . На заключительной стадии построения, ось  $\pi_3/\pi_4$  параллельна  $C''A''B''$ , т.е. плоскости  $\Delta ABC$ , что и приводит к определению натуральной величины  $A''B''C'' \Delta ABC$ . То есть, в этом примере, чтобы получить параллельность плоскости  $\Delta ABC$  и плоскости  $\pi_4$ , потребовалось предварительно расположить взаимно перпендикулярно плоскость  $\Delta ABC$  и плоскость  $\pi_3$ .

## 4.2 Способ вращения

При вращении некоторой точки вокруг оси она движется в *плоскости вращения*, перпендикулярной *оси вращения*, и описывает окружность некоторого *радиуса*. В качестве оси вращения обычно используются прямые перпендикулярные (параллельные) плоскости проекции.

При вращении точки вокруг вертикальной оси ее горизонтальная проекция перемещается по окружности, а фронтальная проекция - параллельно оси  $x$ . Если точку вращения вокруг оси перпендикулярной плоскости  $\pi_2$ , то ее фронтальная проекция будет перемещаться по окружности, а горизонтальная проекция - на плоскости  $\pi_1$  в виде отрезка прямой линии параллельно оси  $x$ .

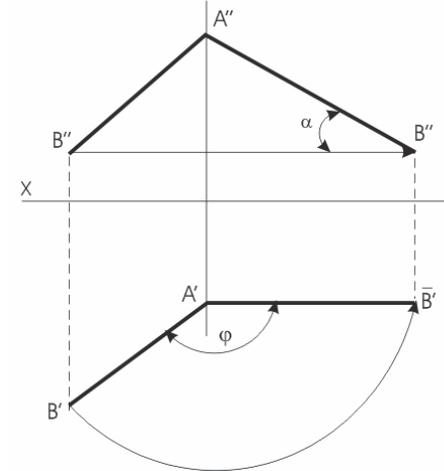


Рисунок 4.7 – Поворот на угол  $\varphi$

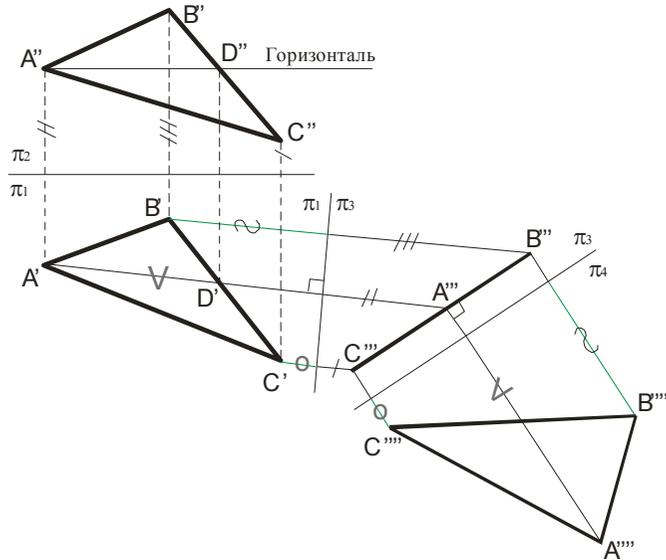


Рисунок 4.5 – Перевод фигуры в проецирующее положение и определение ее натуральной величины

4 *Определение натурального вида плоской фигуры, расположенной в проецирующем положении. Пример построения натурального вида  $\triangle ABC$  дан на рисунке 4.5. Сначала проводится горизонталь  $AD$ . Плоскость, перпендикулярная  $AD$  будет перпендикулярна плоскости*

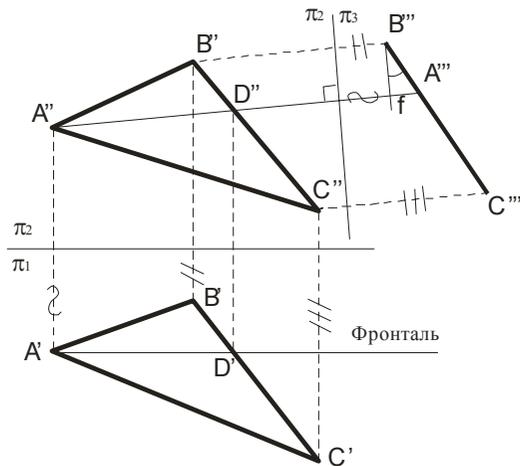


Рисунок 4.6 – Определение угла между плоскостями

обоих треугольников. На фронтальной проекции отмечаем видимость частей треугольников: при взгляде снизу вверх по горизонтальной проекции видно, что сторона  $1'3'$  находится перед плоскостью треугольника  $ABC$  (видимая часть заполнена узором).

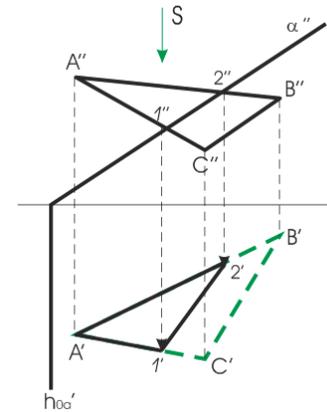


Рисунок 3.3 – Пересечение с фронтально-проецирующей плоскостью

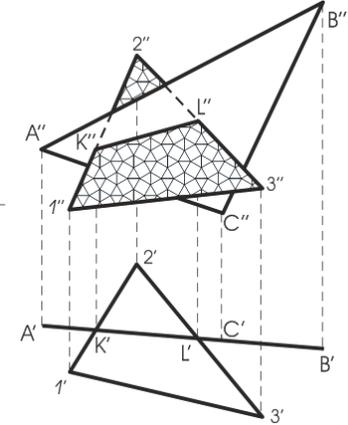


Рисунок 3.4 – Пересечение с горизонтально-проецирующей плоскостью

### 3.2 Пересечения прямой с плоскостью общего положения

*Точку пересечения прямой линии  $AB$  общего положения с плоскостью  $\beta$  общего положения **строят** в следующем порядке:*

- через прямую  $AB$  проводят вспомогательную плоскость  $\alpha$ ;
- строят линию пересечения  $MN$  вспомогательной плоскости  $\alpha$  и заданной плоскости  $\beta$ ;
- в пересечении линии  $MN$  с заданной прямой  $AB$  отмечают искомого точку  $K$ .

На рисунке 3.5 слева показано построение точки пересечения  $K$  прямой  $MN$  с плоскостью общего положения  $\alpha$ , заданной треугольником  $ABC$ . Здесь применяется горизонтально-проецирующая плоскость  $\beta$ , которая пересекает треугольник  $ABC$  по прямой  $DE$ . Считая, что в пространстве заданы прямая и непрозрачный треугольник, определяем видимые и невидимые части прямой  $MN$  относительно плоскостей  $\pi_1$  и  $\pi_2$ .

Зоны видимости поясним исходя из положения точек на скрещивающихся прямых. Так в точке  $D' \in \pi_1$  совмещаются горизонтальные

проекция двух точек  $D_1$  и  $D$  ( $D_1 \in MN$ ,  $D \in AB$ , смотрим сверху вниз), и так как  $|D'D_1''| > |D'D''|$ , то в горизонтальной проекции на участке  $MK'$  - прямая видимая, а  $K'E'$  - невидимая. Для определения

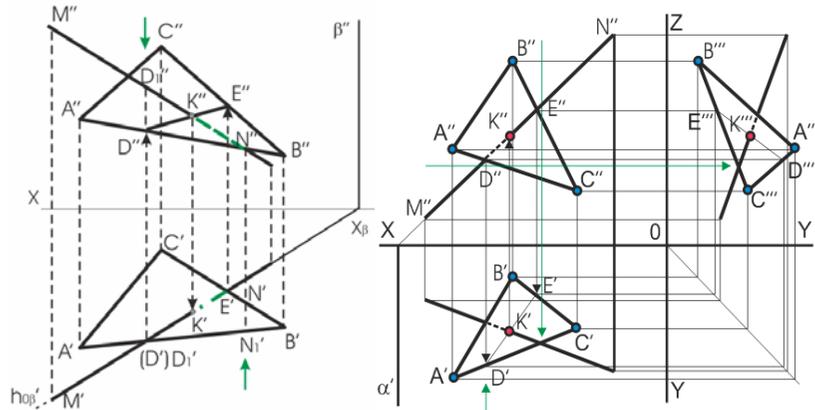


Рисунок 3.5 – Пересечение прямой общего положения с плоскостью общего положения, заданной треугольником

видимости во фронтальной плоскости смотрим снизу вверх: в точке  $N''$  совпадают фронтальные проекции точек  $N'$  и  $N_1'$ ;  $\triangle ABC$  закрывает прямую  $MN$  ( $|N''N_1''| > |N''N''|$ ), поэтому  $K''N''$  будет невидимой во фронтальной проекции, а  $M''K''$  - видимой частью проекции  $M''N''$ .

Пересечение плоскости общего положения, заданной треугольником  $\triangle ABC$ , с прямой общего положения проведенное с использованием фронтально-проецирующей плоскости изображено в трех плоскостях на рисунке 3.5 справа.

### Вопросы для самоконтроля

- 1 Когда прямая принадлежит плоскости?
- 2 Как строится точка пересечения прямой с проецирующей плоскостью?
- 3 Как определяется линия пересечения двух плоскостей?
- 4 Как находят точку пересечения прямой общего положения с плоскостью общего положения?
- 5 Как определяются зоны видимости прямой?
- 6 Как отмечаются на чертеже зоны видимости?

### Основными задачами преобразования чертежа являются:

1 *Определение величины отрезка  $AB$  общего положения и угла наклона к плоскости проекций* приведено на рисунке 4.4. *Натуральная величина  $AB$  равна  $A'''B'''$ ,  $\angle \alpha = \angle(AB \wedge \pi_1)$ .* При построении равные отложенные расстояния отмечены соответствующими значками.

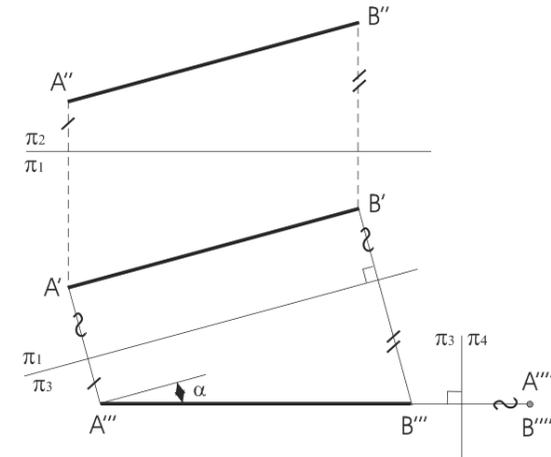


Рисунок 4.4 – Определение натуральной величины отрезка

2 *Приведение отрезка прямой общего положения в проецирующее положение* изображено на рисунке 4.4. Чтобы заданную в системе  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  прямую общего положения  $AB$ , расположить перпендикулярно к дополнительной плоскости проекций, необходимо введение двух дополнительных плоскостей проекций: сначала перейти к системе  $\pi_3, \pi_1$ , в которой  $\pi_3 \perp \pi_1$  и  $AB \parallel \pi_3$ , а затем перейти к системе  $\pi_3, \pi_4$ , где  $\pi_3 \perp \pi_4$  и  $AB \perp \pi_4$  - получим точку - проекцию  $A'''(B''')$  данной прямой  $AB$ .

3 *Приведение плоской фигуры общего положения в проецирующее положение и определение угла между данной плоскостью и плоскостью проекций.* На рисунке 4.5 это осуществлено с помощью горизонтали, а на рисунке 4.6 – с помощью фронтали. Остальные построения показаны на чертежах. На рисунке 4.6 определен  $\angle \varphi = \angle(пл. \triangle ABC, \pi_2)$ .

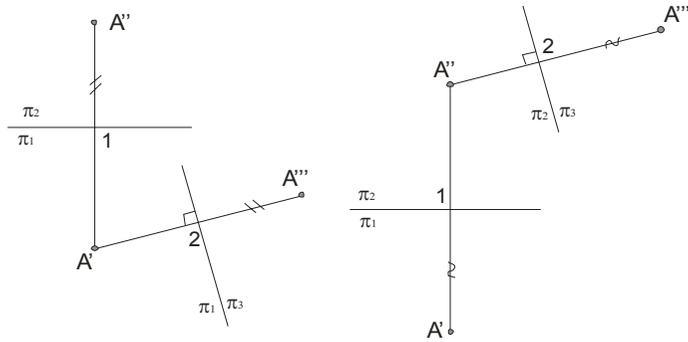


Рисунок 4.1 – Перемена плоскости проекций для горизонтально-проецирующей плоскостью

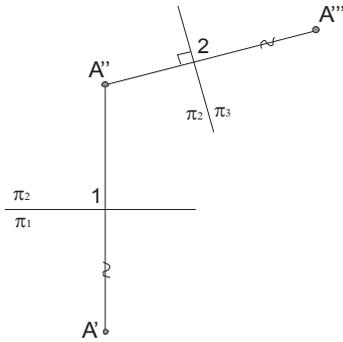


Рисунок 4.2 – Перемена плоскости проекций для фронтально-проецирующей плоскостью

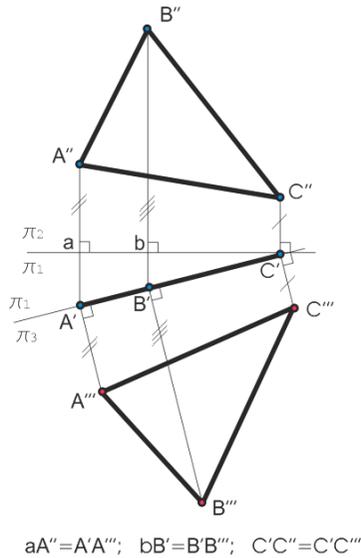


Рисунок 4.3 – Применение метода перемены плоскостей проекций

Применение метода перемены плоскостей проекций с использованием горизонтально-проецирующей плоскости для определения натуральной величины треугольника  $\Delta ABC$  изображено на рисунке 4.3.

### Практические задания 3

3.1 По заданным координатам вершин  $A, B$  и  $C$  построить комплексный чертеж треугольника и произвольного отрезка прямой  $DK$ , расположенного в плоскости треугольника (см. рисунок 3.1).

| № варианта | Координаты точек |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
|            | A                |    |    | B  |    |    | C  |    |    |
|            | X                | Y  | Z  | X  | Y  | Z  | X  | Y  | Z  |
| 1          | 42               | 26 | 59 | 36 | 8  | 8  | 10 | 30 | 25 |
| 2          | 50               | 25 | 10 | 30 | 5  | 45 | 12 | 40 | 15 |
| 3          | 47               | 10 | 9  | 30 | 48 | 44 | 10 | 18 | 5  |
| 4          | 41               | 26 | 49 | 36 | 11 | 10 | 9  | 30 | 20 |
| 5          | 46               | 9  | 9  | 32 | 50 | 46 | 10 | 18 | 5  |
| 6          | 50               | 24 | 10 | 32 | 5  | 45 | 10 | 40 | 16 |
| 7          | 42               | 27 | 48 | 36 | 10 | 11 | 12 | 29 | 25 |
| 8          | 47               | 10 | 8  | 30 | 48 | 45 | 10 | 20 | 4  |
| 9          | 50               | 24 | 9  | 28 | 5  | 44 | 12 | 40 | 14 |
| 10         | 43               | 25 | 49 | 35 | 9  | 9  | 9  | 30 | 25 |
| 11         | 46               | 10 | 11 | 32 | 48 | 46 | 10 | 20 | 5  |
| 12         | 52               | 25 | 8  | 30 | 5  | 45 | 13 | 40 | 14 |
| 13         | 42               | 26 | 50 | 35 | 10 | 10 | 10 | 32 | 24 |
| 14         | 47               | 10 | 9  | 32 | 48 | 45 | 10 | 20 | 4  |
| 15         | 50               | 24 | 10 | 30 | 5  | 48 | 12 | 42 | 15 |
| 16         | 40               | 26 | 50 | 34 | 10 | 10 | 9  | 30 | 25 |
| 17         | 45               | 10 | 10 | 30 | 50 | 45 | 10 | 20 | 5  |
| 18         | 48               | 26 | 12 | 32 | 6  | 44 | 11 | 40 | 16 |
| 19         | 42               | 25 | 50 | 35 | 10 | 11 | 9  | 30 | 26 |
| 20         | 50               | 24 | 10 | 30 | 8  | 43 | 10 | 40 | 15 |
| 21         | 42               | 26 | 48 | 35 | 9  | 9  | 9  | 30 | 24 |
| 22         | 40               | 25 | 48 | 36 | 8  | 9  | 10 | 29 | 25 |
| 23         | 52               | 26 | 9  | 32 | 6  | 45 | 12 | 40 | 16 |
| 24         | 49               | 14 | 10 | 32 | 50 | 44 | 9  | 20 | 6  |
| 25         | 50               | 24 | 8  | 30 | 6  | 45 | 12 | 40 | 14 |
| 26         | 42               | 27 | 47 | 35 | 10 | 9  | 8  | 30 | 25 |
| 27         | 45               | 9  | 9  | 30 | 50 | 45 | 10 | 18 | 5  |
| 28         | 42               | 27 | 50 | 36 | 10 | 10 | 10 | 30 | 25 |
| 29         | 47               | 10 | 10 | 32 | 50 | 45 | 10 | 20 | 5  |
| 30         | 50               | 25 | 10 | 30 | 5  | 45 | 12 | 40 | 15 |
| 31         | 52               | 25 | 8  | 30 | 5  | 45 | 13 | 40 | 14 |
| 32         | 42               | 26 | 50 | 35 | 10 | 10 | 10 | 32 | 24 |

3.2 По заданным координатам вершин  $A$ ,  $B$  и  $C$  построить комплексный чертёж треугольника  $ABC$  и прямой  $MN$ . Найти точку встречи прямой  $MN$  с непрозрачной плоскостью  $ABC$ . Определить видимые участки прямой (см. рисунок 3.5).

| № варианта | Координаты точек |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|            | A                |    |    | B  |    |    | C  |    |    | M  |    |    | N  |    |    |
|            | X                | Y  | Z  | X  | Y  | Z  | X  | Y  | Z  | X  | Y  | Z  | X  | Y  | Z  |
| 1          | 42               | 27 | 50 | 36 | 10 | 10 | 10 | 30 | 25 | 50 | 25 | 15 | 12 | 13 | 35 |
| 2          | 47               | 10 | 10 | 32 | 50 | 45 | 10 | 20 | 5  | 57 | 17 | 45 | 10 | 40 | 10 |
| 3          | 50               | 25 | 10 | 30 | 5  | 45 | 12 | 40 | 15 | 48 | 40 | 27 | 10 | 8  | 6  |
| 4          | 41               | 26 | 49 | 36 | 11 | 10 | 9  | 30 | 26 | 50 | 25 | 16 | 11 | 13 | 35 |
| 5          | 46               | 9  | 9  | 32 | 50 | 46 | 10 | 18 | 5  | 56 | 16 | 44 | 10 | 40 | 9  |
| 6          | 48               | 24 | 8  | 30 | 6  | 44 | 12 | 38 | 14 | 46 | 40 | 26 | 10 | 8  | 8  |
| 7          | 40               | 25 | 50 | 35 | 10 | 11 | 10 | 30 | 25 | 48 | 24 | 16 | 10 | 12 | 34 |
| 8          | 47               | 10 | 9  | 30 | 48 | 44 | 10 | 20 | 5  | 55 | 15 | 45 | 11 | 42 | 10 |
| 9          | 50               | 24 | 10 | 32 | 5  | 45 | 10 | 40 | 16 | 48 | 40 | 26 | 10 | 9  | 9  |
| 10         | 42               | 27 | 48 | 36 | 10 | 11 | 12 | 29 | 25 | 50 | 26 | 15 | 11 | 14 | 35 |
| 11         | 47               | 10 | 8  | 30 | 48 | 45 | 10 | 20 | 4  | 57 | 16 | 44 | 10 | 39 | 9  |
| 12         | 50               | 24 | 9  | 28 | 5  | 44 | 12 | 40 | 14 | 50 | 40 | 25 | 9  | 9  | 9  |
| 13         | 43               | 25 | 49 | 35 | 9  | 9  | 9  | 30 | 25 | 48 | 25 | 16 | 12 | 12 | 35 |
| 14         | 46               | 10 | 11 | 32 | 48 | 46 | 10 | 20 | 5  | 56 | 16 | 45 | 9  | 39 | 9  |
| 15         | 52               | 25 | 8  | 30 | 5  | 45 | 13 | 40 | 14 | 47 | 40 | 26 | 10 | 10 | 10 |
| 16         | 42               | 26 | 50 | 35 | 10 | 10 | 10 | 32 | 24 | 50 | 25 | 13 | 13 | 13 | 34 |
| 17         | 47               | 10 | 9  | 32 | 48 | 45 | 10 | 20 | 4  | 57 | 15 | 45 | 10 | 40 | 9  |
| 18         | 50               | 24 | 10 | 30 | 5  | 48 | 12 | 42 | 15 | 48 | 39 | 26 | 8  | 8  | 8  |
| 19         | 40               | 26 | 50 | 34 | 10 | 10 | 9  | 30 | 25 | 47 | 26 | 17 | 11 | 12 | 35 |
| 20         | 45               | 10 | 10 | 30 | 50 | 45 | 10 | 20 | 5  | 55 | 15 | 45 | 10 | 40 | 10 |
| 21         | 48               | 26 | 12 | 32 | 6  | 44 | 11 | 40 | 16 | 46 | 38 | 27 | 10 | 9  | 8  |
| 22         | 42               | 25 | 50 | 35 | 10 | 11 | 9  | 30 | 26 | 50 | 24 | 16 | 13 | 12 | 36 |
| 23         | 50               | 24 | 10 | 30 | 8  | 43 | 10 | 40 | 15 | 54 | 15 | 44 | 9  | 40 | 10 |
| 24         | 42               | 26 | 48 | 35 | 9  | 9  | 9  | 30 | 24 | 50 | 24 | 14 | 13 | 13 | 35 |
| 25         | 40               | 25 | 48 | 36 | 8  | 9  | 10 | 29 | 25 | 52 | 26 | 15 | 12 | 12 | 35 |
| 26         | 52               | 26 | 9  | 32 | 6  | 45 | 12 | 40 | 16 | 48 | 40 | 25 | 10 | 10 | 6  |
| 27         | 49               | 14 | 10 | 32 | 50 | 44 | 9  | 20 | 6  | 56 | 16 | 44 | 10 | 40 | 10 |
| 28         | 50               | 24 | 8  | 30 | 6  | 45 | 12 | 40 | 14 | 47 | 40 | 26 | 10 | 9  | 8  |
| 29         | 42               | 27 | 47 | 35 | 10 | 9  | 8  | 30 | 25 | 48 | 24 | 14 | 11 | 11 | 34 |
| 30         | 45               | 9  | 9  | 30 | 50 | 45 | 10 | 18 | 5  | 55 | 15 | 45 | 10 | 40 | 10 |
| 31         | 52               | 25 | 8  | 30 | 5  | 45 | 13 | 40 | 14 | 47 | 40 | 26 | 10 | 10 | 10 |
| 32         | 42               | 26 | 50 | 35 | 10 | 10 | 10 | 32 | 24 | 50 | 25 | 13 | 13 | 13 | 34 |

## Тема 4 СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЧЕРТЕЖА

Многие задачи решаются легко и просто, если геометрические фигуры находятся в частном положении. Рассмотрим основные способы преобразования чертежа общего положения в частное положение:

1) **Первый способ** - заменяют заданную систему плоскостей проекций на новую так, чтобы в ней исходные объекты оказались в частном положении, не меняя своего положения в пространстве (способ *перемены плоскостей проекций*);

2) **Второй способ** - изменяют положение исходных объектов в пространстве так, чтобы они приняли частное положение относительно неизменных плоскостей проекций (способ *вращения*).

### 4.1 Способ перемены плоскостей проекций

Сущность способа перемены плоскостей проекций заключается в том, что положение точек, линий, плоских фигур, поверхностей в пространстве остается неизменным, а система  $\pi_1, \pi_2$  дополняется плоскостями, образующими с плоскостью  $\pi_1$  или  $\pi_2$ , или между собой системы двух взаимно перпендикулярных плоскостей, принимаемых за новые плоскости проекций. Каждая новая перпендикулярная система выбирается так, чтобы по отношению к заданным геометрическим элементам она заняла положение наиболее удобное для выполнения требуемого задания. При введении новой плоскости проекций, ось проекций будет обозначаться в виде дроби, черта которой лежит на оси, а обозначения плоскостей проекций представляют собой как бы числитель и знаменатель дроби, причем каждая буква ставится по ту сторону оси, где должны размещаться соответствующие проекции. Перемену плоскостей проекций можно производить последовательно несколько раз. Номер плоскости обозначает количество штрихов у проецируемых букв.

Пример построения проекции точки в новой системе координат приведён на рисунке 4.1 - для горизонтально-проецирующей плоскости (при этом линия связи  $A'A''$  перпендикулярна оси  $\pi_1/\pi_2$  и равны расстояния  $|1A''| = |2A''|$ ), и рисунке 4.2 - для фронтально-проецирующей плоскости  $\pi_3$  (при этом линия связи  $A''A'''$  перпендикулярна новой оси  $\pi_2/\pi_3$  и равны расстояния  $|1A'| = |2A'''|$ ).