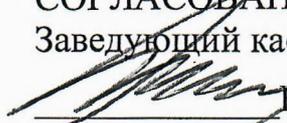


Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»  
Архитектурно-строительный факультет  
Кафедра технологии бетона и строительных материалов

СОГЛАСОВАНО

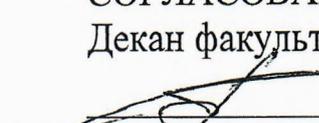
Заведующий кафедрой

  
В.В. Тур

«15» 04 2025 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

  
И.П. Павлова

«15» 04 2025 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
«НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ,  
ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА»**

для специальности 7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений»  
(профилизации – «Строительство и гражданская инженерия» и  
«Цифровое моделирование и проектирование в строительстве»)

Составитель: Акулова Ольга Александровна, доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов БрГТУ

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического совета университета от 26.06.2025, протокол № 4.

пер. в УМК 24125-94

## ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» содержит:

### 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Лекции по дисциплине «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» с поэтапным решением графических задач.

### 2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

- 2.1. Примерный перечень тем практических и лабораторных занятий.
- 2.2. Примерный перечень индивидуальных графических работ.
- 2.3. Подготовка альбома индивидуальных графических работ

### 3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

- 3.1. Используемые средства диагностики результатов учебной деятельности.
- 3.2. Вопросы для подготовки к экзамену (1 семестр).
- 3.3. Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету (2 семестр).
- 3.4. Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету (3 семестр).

### 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» для специальности 7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений» (профилизации – «Строительство и гражданская инженерия» и «Цифровое моделирование и проектирование в строительстве»).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» является фундаментом инженерно-технического образования. Она не только представляет собой теорию изображений и построения чертежей, но и составляет теоретическую основу для эффективного применения современных технологий информационного моделирования и визуализации графической информации. Она дает студентам знания, умения и навыки, необходимые для эффективного изучения последующих общеинженерных и специальных дисциплин, выполнения курсовых работ и проектов, магистерской диссертации, а также для их будущей научной и практической деятельности.

Целью изучения дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» является формирование у студентов знаний, умений и навыков применения различных способов графических построений на плоскости и в пространстве, а также методов работы с системами автоматизированного проектирования для создания строительных чертежей с учетом Единой системы конструкторской документации и Системы проектной документации для строительства.

В соответствии с образовательным стандартом в результате изучения учебной дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» формируется базовая профессиональная компетенция «Осуществлять графические построения на плоскости и в пространстве для решения профессиональных задач».

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» разработан в соответствии с Положением об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденным Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 08.11.2022 № 427, и предназначен для студентов специальности 7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений» (профилизации – «Строительство и гражданская инженерия» и «Цифровое моделирование и проектирование в строительстве»).

Цели ЭУМК:

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;
- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание разделов ЭУМК соответствует образовательному стандарту ОСВО 7-07-0732-01-2023 специальности 7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений», структуре и тематике учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика».

Материал ЭУМК представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

*Теоретический раздел* содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины в виде лекций с поэтапным решением графических задач.

*Практический раздел* содержит материалы для проведения практических и лабораторных занятий, а также выполнения индивидуальных графических работ.

*Раздел контроля знаний* содержит материалы для текущей и промежуточной аттестации, позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

*Вспомогательный раздел* включает учебную программу учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

– лекции проводятся с использованием представленного в ЭУМК теоретического материала;

– практические и лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе с использованием представленных в ЭУМК учебно-методических материалов;

– промежуточная аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена (1 семестр), дифференцированного зачета (2 и 3 семестр), вопросы к которым приведены в разделе контроля знаний.

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

[#СтруктураЭУМК](#)

Лекции по дисциплине «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА» с поэтапным решением графических задач.

1.1. Лекция «Методы проецирования. Проекция точки, прямой, плоскости и поверхности».....	6
1.2. Лекция «Пересечение геометрических объектов. Развертывание поверхностей. Решение позиционных и метрических задач».....	53
1.3. Лекция «Моделирование геометрических тел и поверхностей в AutoCAD».....	232
1.4. Лекция «Проекция с числовыми отметками».....	243
1.5. Лекция «Перспектива».....	282

## ОСНОВНЫЕ ПРОЕКЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СИМВОЛЫ:

Плоскости проекций:

Произвольная –  $\Pi_1, \Pi_0$ ;

Горизонтальная –  $\Pi_1$ ;

Фронтальная –  $\Pi_2$ ;

Профильная –  $\Pi_3$ .

Начало координат – 0.

Оси проекций на чертеже - X, Y, Z:

$\Pi_1 \cap \Pi_2 = X$ ;

$\Pi_2 \cap \Pi_3 = Z$ ;

$\Pi_1 \cap \Pi_3 = Y$ .

Точки в пространстве – A, B, C....; 1, 2, 3....

Проекция точек:

Горизонтальные –  $A_1, B_1, C_1....; 1_1, 2_1, 3_1....$ ;

Фронтальные –  $A_2, B_2, C_2....; 1_2, 2_2, 3_2....$ ;

Профильные –  $A_3, B_3, C_3....; 1_3, 2_3, 3_3....$ ;

Знаки, выражающие отношения:

$\equiv$  - тождественное совпадение;

$\cap$  - пересечение;

$=$  - равенство, результат действия;

// - параллельность;

$\perp$  - перпендикулярность;

$\in$  - принадлежность;

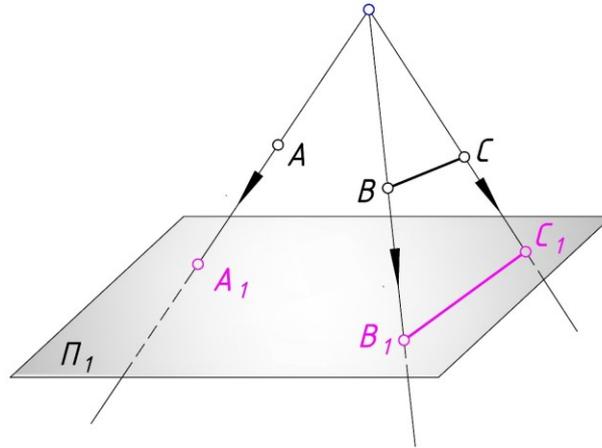
$\rightarrow$  - логическое следствие «если..., то...».

## МЕТОД ПРОЕКЦИЙ

**Проецирование** – построение проекции ГО на плоскости проекций путем мысленного проведения через все его точки проецирующих лучей до пересечения их с плоскостью проекций.

В зависимости от направления проецирующих лучей различают:

- 1. Центральное проецирование (коническое)** – проецирующие лучи проходят через одну точку  $S$ .

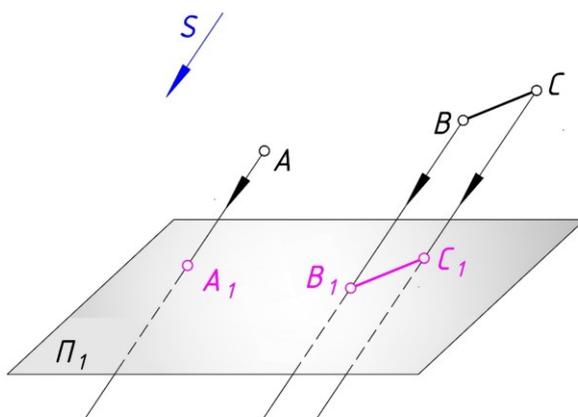


- 2. Параллельное проецирование (цилиндрическое)** – проецирующие лучи параллельны заданному направлению  $S$ :

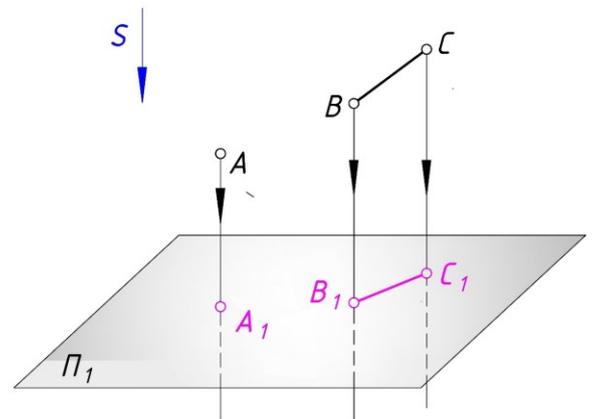
а) **косоугольное** –  $S \neq \perp \Pi_1$ ;

б) **прямоугольное (ортогональное)** -  $S \perp \Pi_1$ ;

а)



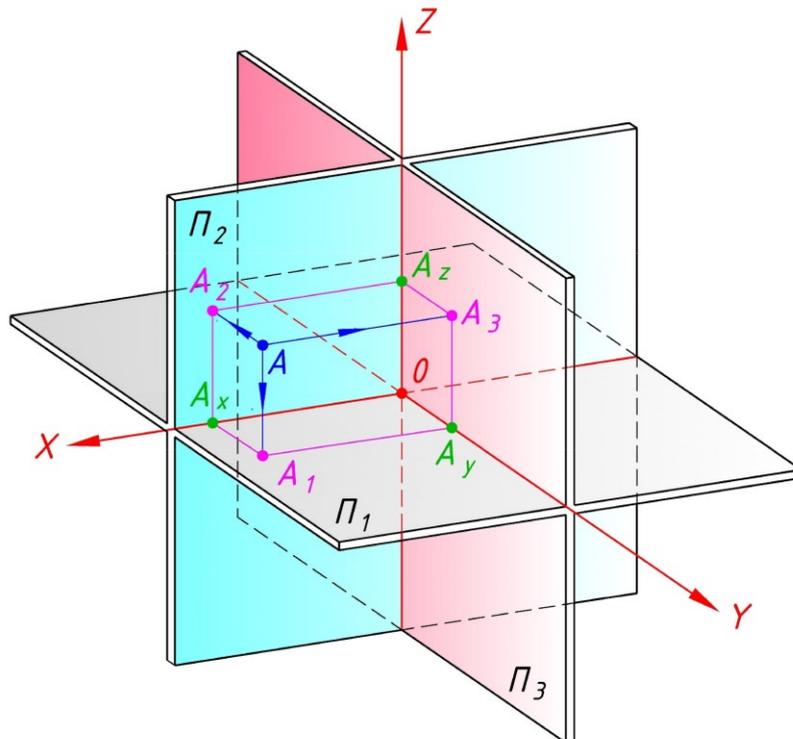
б)



## АППАРАТ ПРОЕЦИРОВАНИЯ:

1.  $A, B, \dots; 1, 2, \dots$  – ГО (оригинал), объект проецирования;
2.  $\Pi_1$  – плоскость проекций;
3.  $S$  – центр проекций (точка зрения), либо  $\downarrow S$  – направление проецирующих лучей (в зависимости от метода проецирования);
4.  $SA$  – проецирующий луч;
5.  $A_1, B_1, \dots; 1_1, 2_1, \dots$  – проекции точек  $A, B, \dots; 1, 2, \dots$  на плоскость проекций  $\Pi_1$ .

## СВОЙСТВА ОРТОГОНАЛЬНОГО ПРОЕЦИРОВАНИЯ



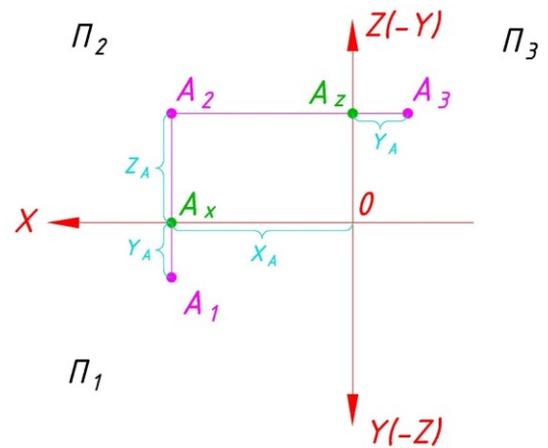
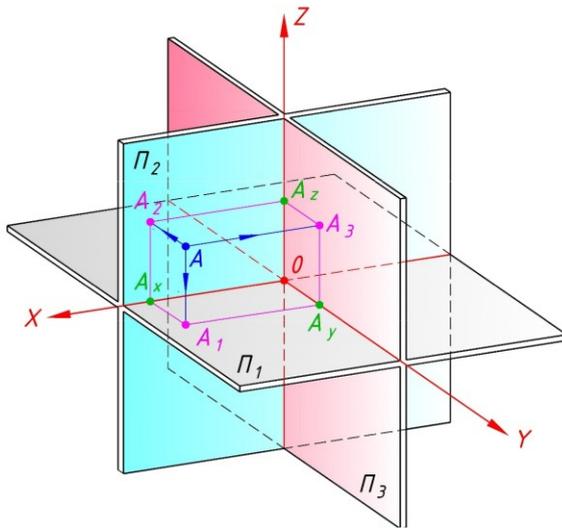
Координаты точки  $A (X, Y, Z)$ ;

Координата  $X$  – расстояние от т.  $A$  до  $\Pi_3$ ;

Координата  $Y$  – расстояние от т.  $A$  до  $\Pi_2$ ;

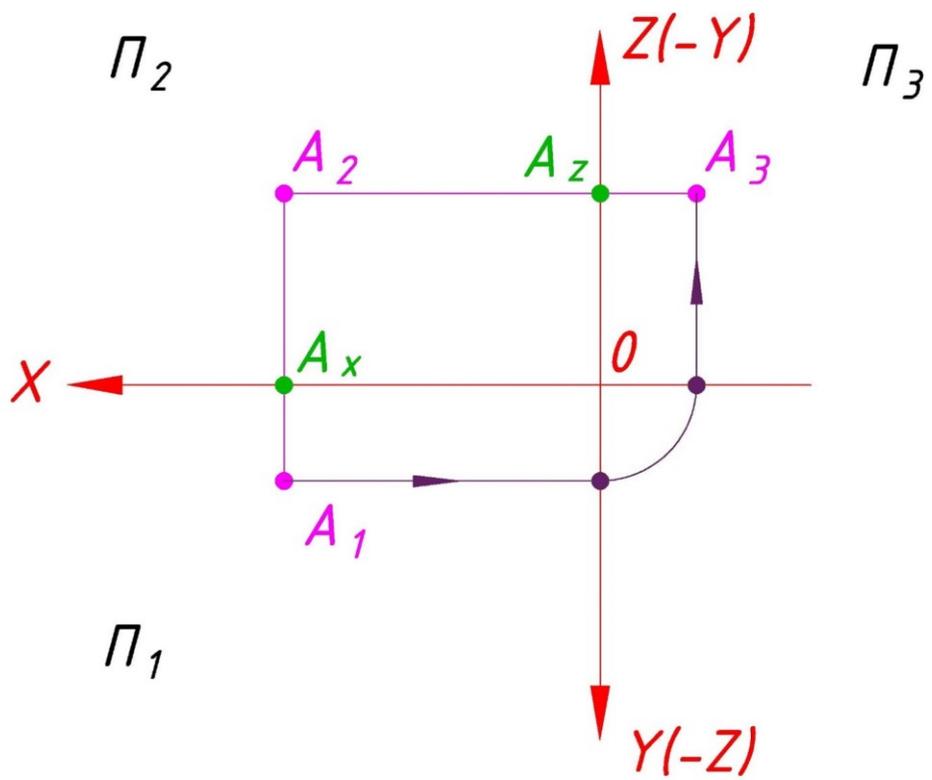
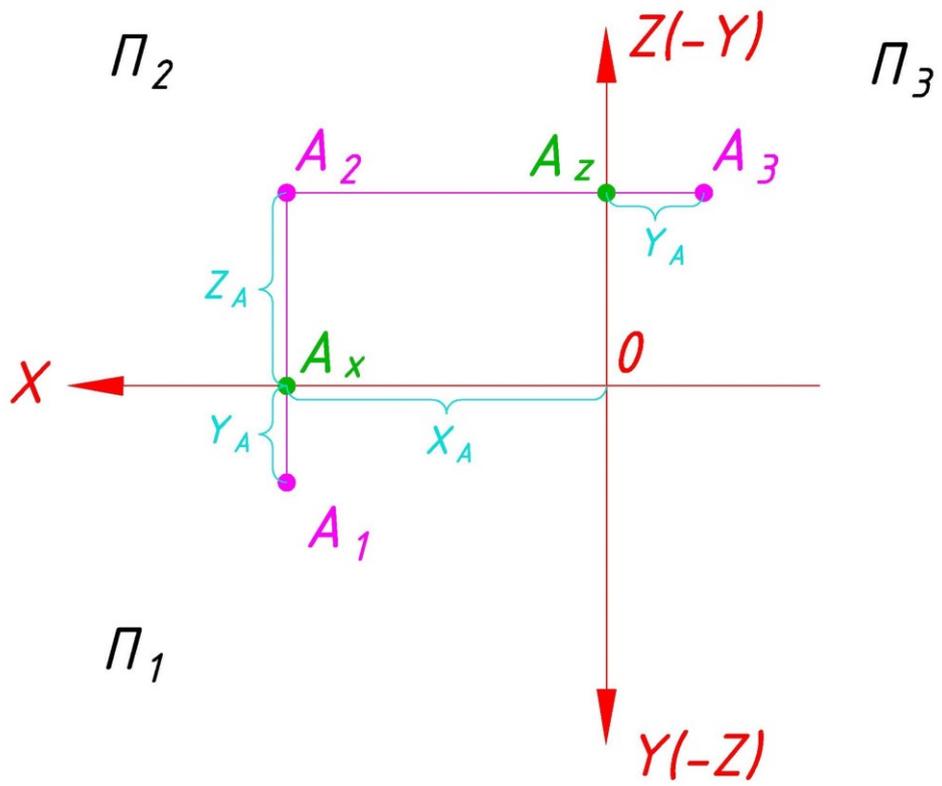
Координата  $Z$  – расстояние от т.  $A$  до  $\Pi_1$ ;

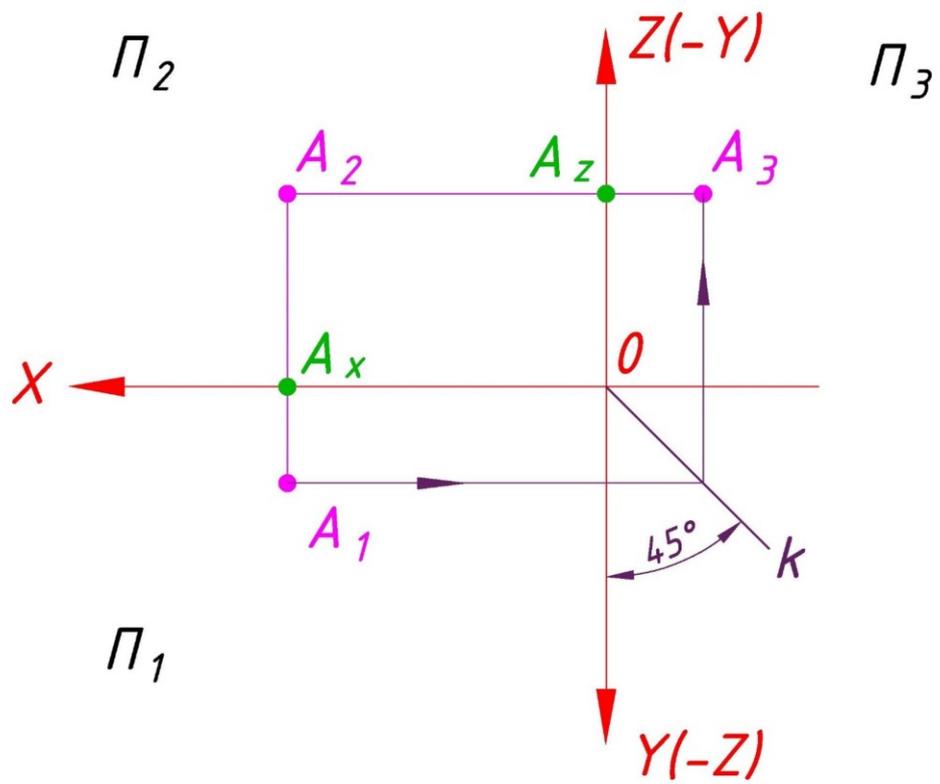
$A_2A_xA_1 \perp X$  ;  $A_2A_xA_3 \perp Z$  – линии связи.



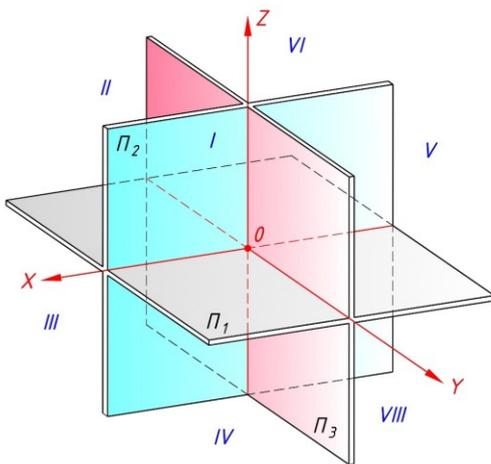
Для определения положения точки в пространстве достаточно двух проекций. Третью проекцию можно построить одним из следующих способов:

1. Координатный –  $A_1(X, Y)$ ,  $A_2(X, Z)$ ,  $A_3(Y, Z)$ .
2. Проекционный.
3. С помощью постоянной чертежа  $k$ .



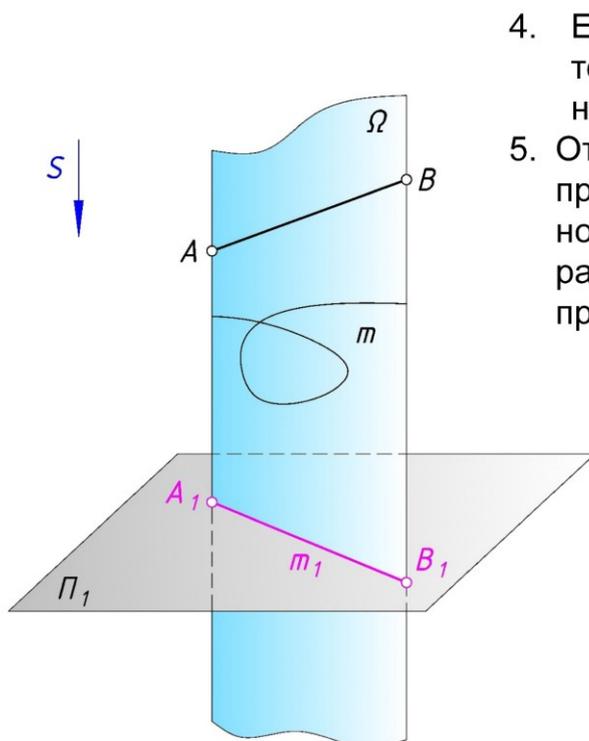
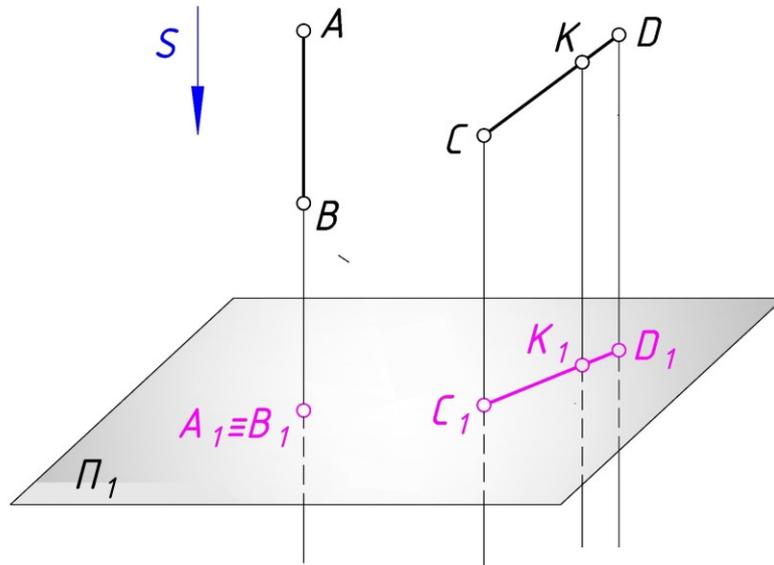


### Значения координат проекций точек в октантах



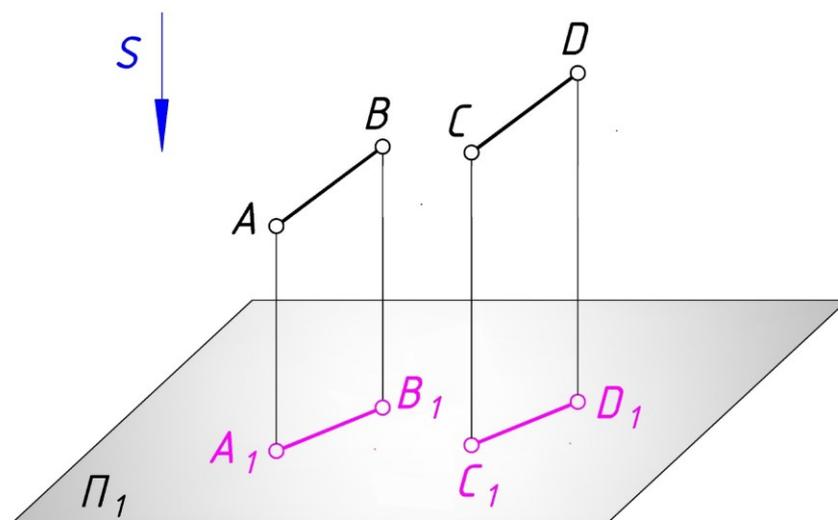
Октанты	X	Y	Z
I	+	+	+
II	+	-	+
III	+	-	-
IV	+	+	-
V	-	+	+
VI	-	-	+
VII	-	-	-
VIII	-	+	-

1. Проекция точки есть точка;
2. Проекция прямой есть прямая. Если прямая  $\parallel$  направлению проецирования, то проекцией прямой является точка.
3. Если точка  $\in$  линии, то проекция точки  $\in$  проекции этой линии.

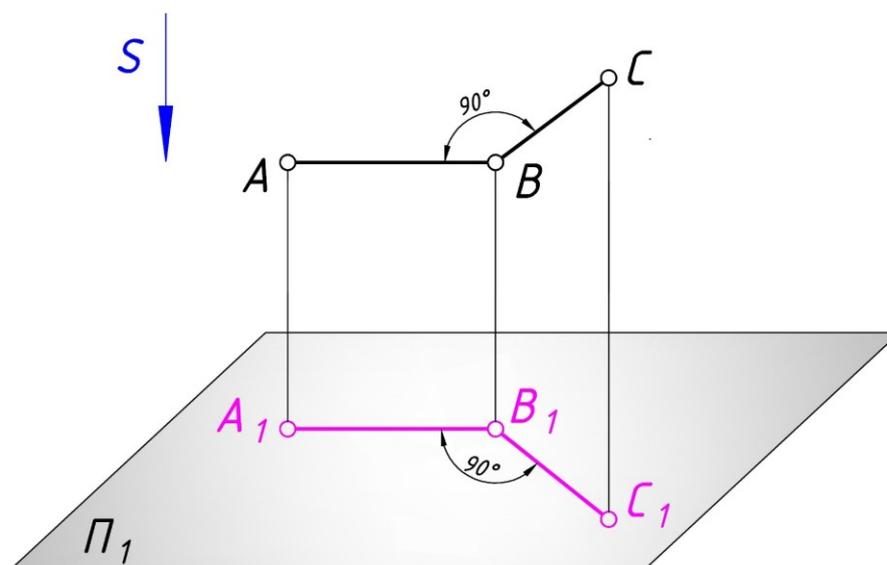


4. Если прямая  $\parallel$  плоскости проекций, то она проецируется на плоскость в натуральную величину.
5. Отрезок прямой АВ может быть проекцией не только прямой линии, но и любой кривой, если последняя расположена в плоскости,  $\perp$ -ой пл. пр.  $\Pi_1$ .

6. Если отрезок прямой делится точкой в каком-то отношении, то и проекции отрезка делятся проекциями точки в том же отношении.
7. Проекции параллельных прямых параллельны между собой.
8. Отношение отрезков // -ых прямых равно отношению их проекций.



9. Если одна сторона прямого угла // -на пл. пр., а вторая не  $\perp$ -на ей, то на эту пл. про. Прямой угол проецируется без искажений.



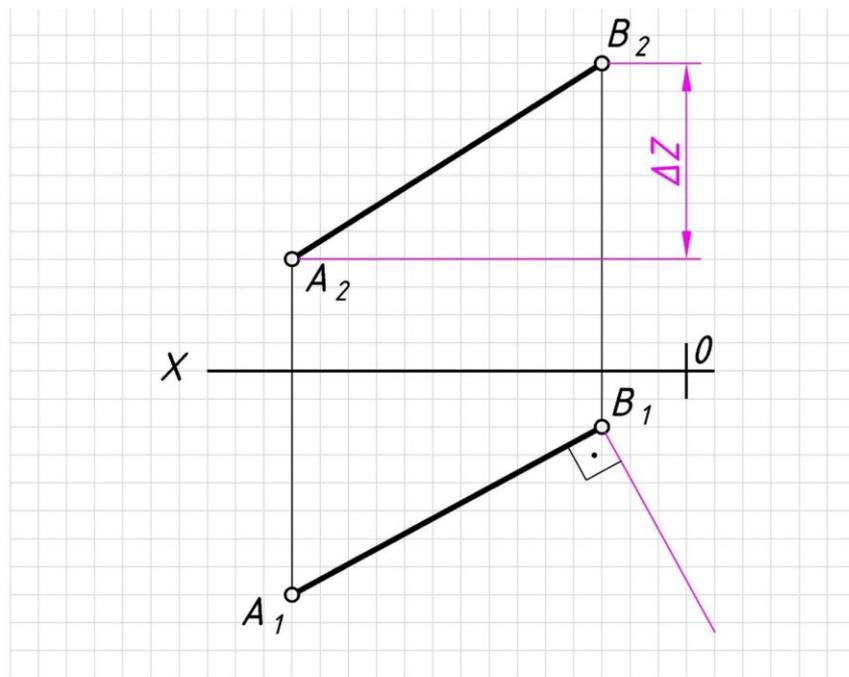
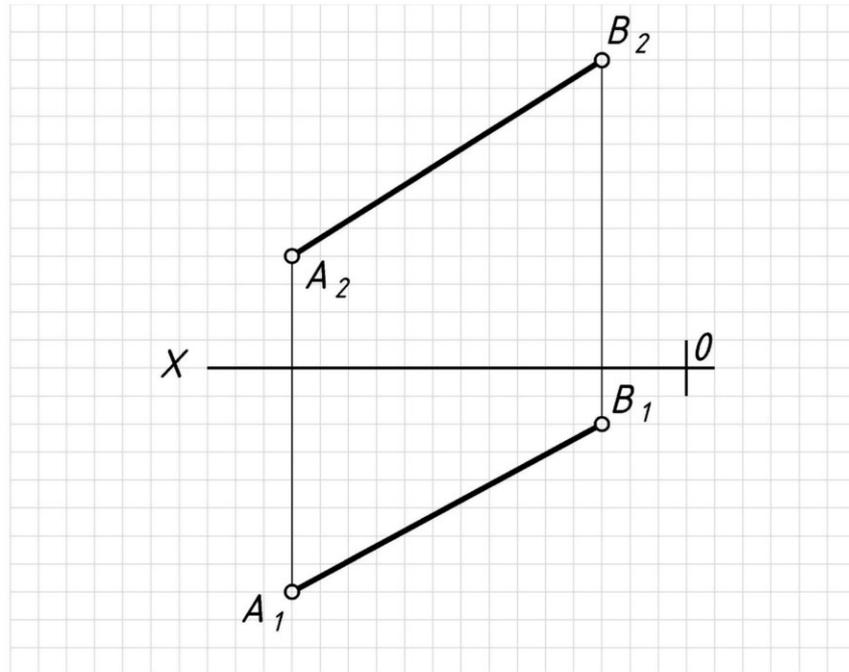
# ПРЯМАЯ

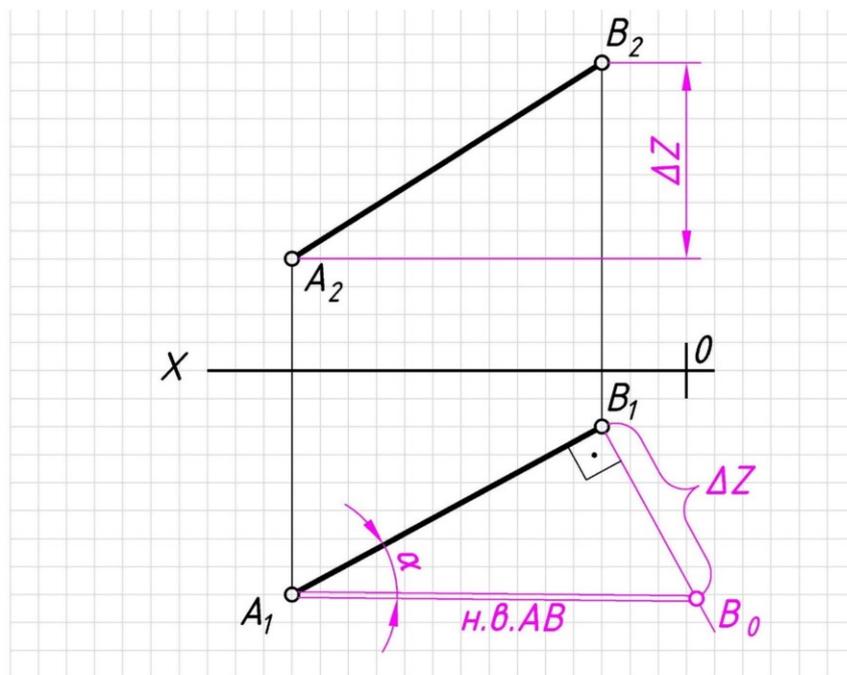
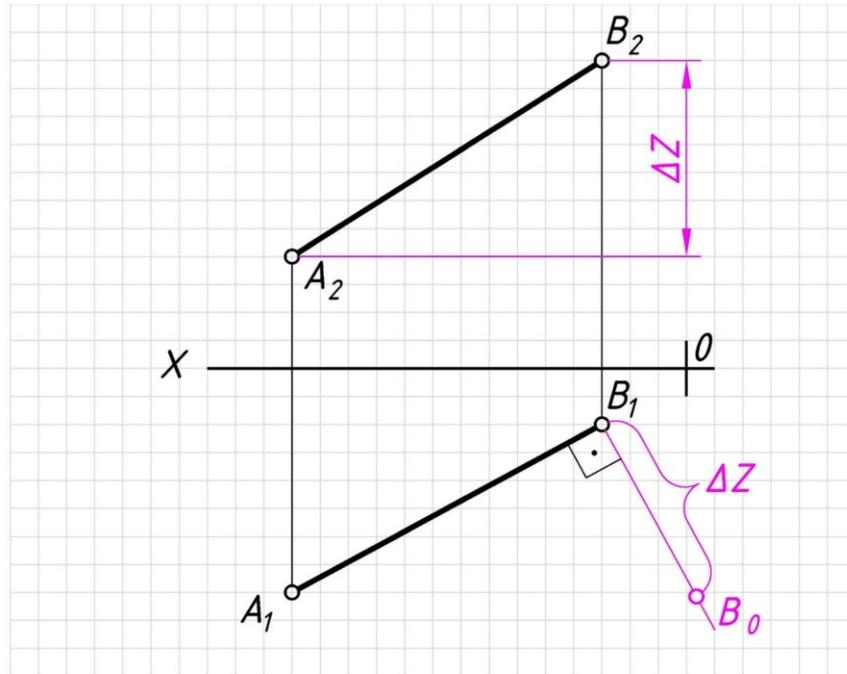
## Классификация прямых

- 1. Прямые общего положения** – это прямые, непараллельные и неперпендикулярные ни одной из плоскостей проекций.
- 2. Прямые частного положения:**
  - **Уровня** – параллельные одной из плоскостей проекций и не перпендикулярные двум другим;
  - **Проецирующие** – перпендикулярные к одной плоскости проекций и параллельные двум другим.

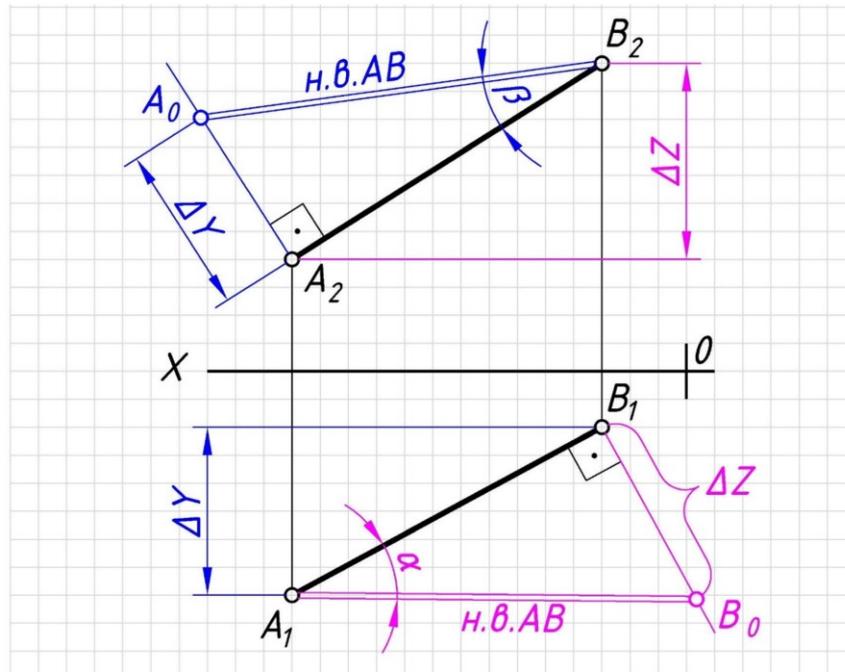
## Позиционно-метрические свойства прямой:

- 1. Натуральная величина прямой** – определяется способом прямоугольного треугольника.
- 2. Угол наклона отрезка прямой к соответствующей плоскости проекций** является угол между его проекцией на данную плоскость и натуральной величиной рассматриваемого отрезка.

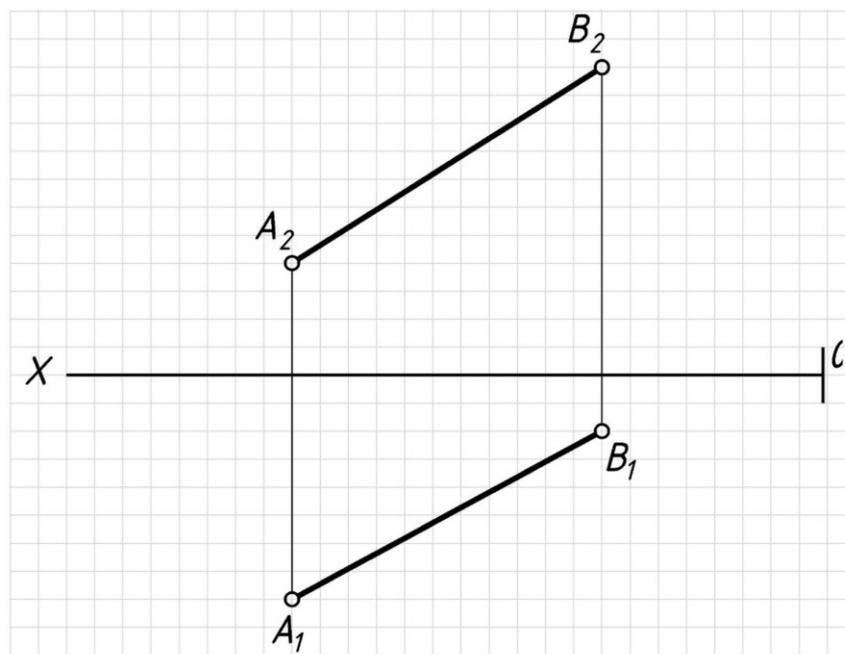


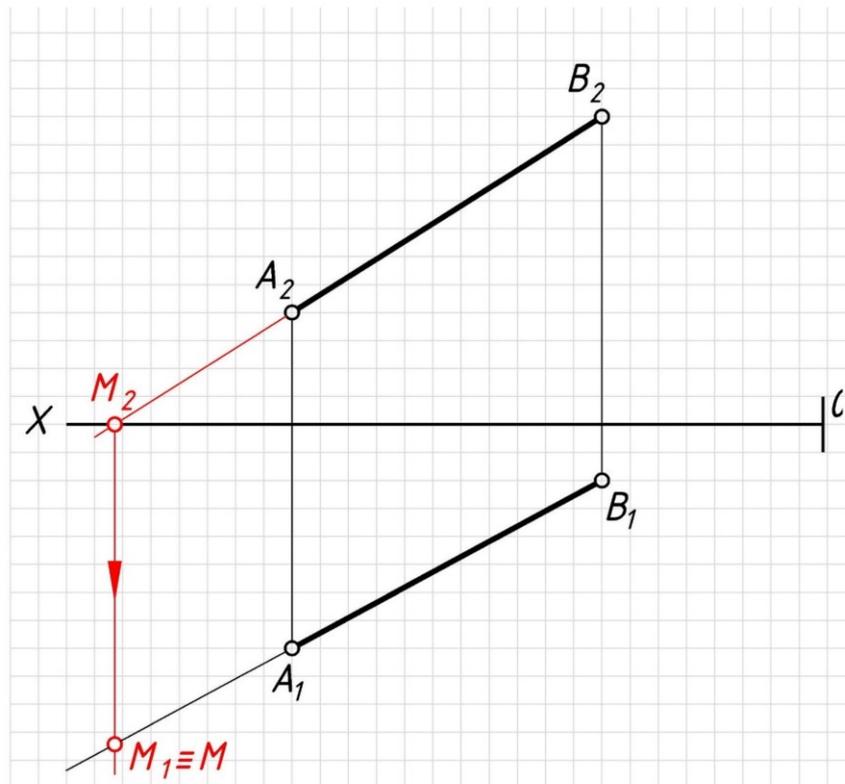
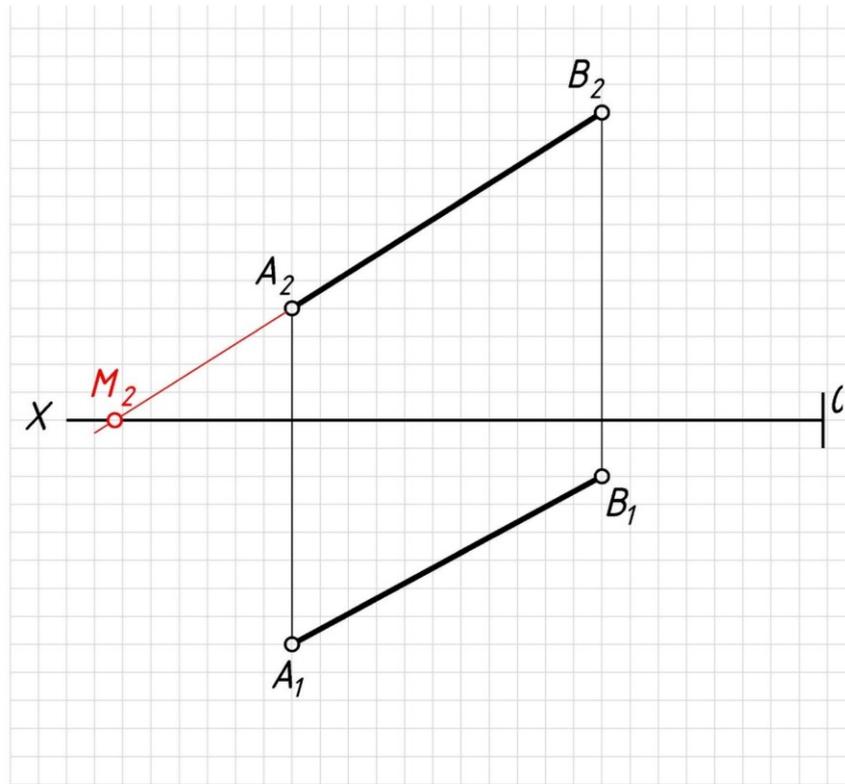


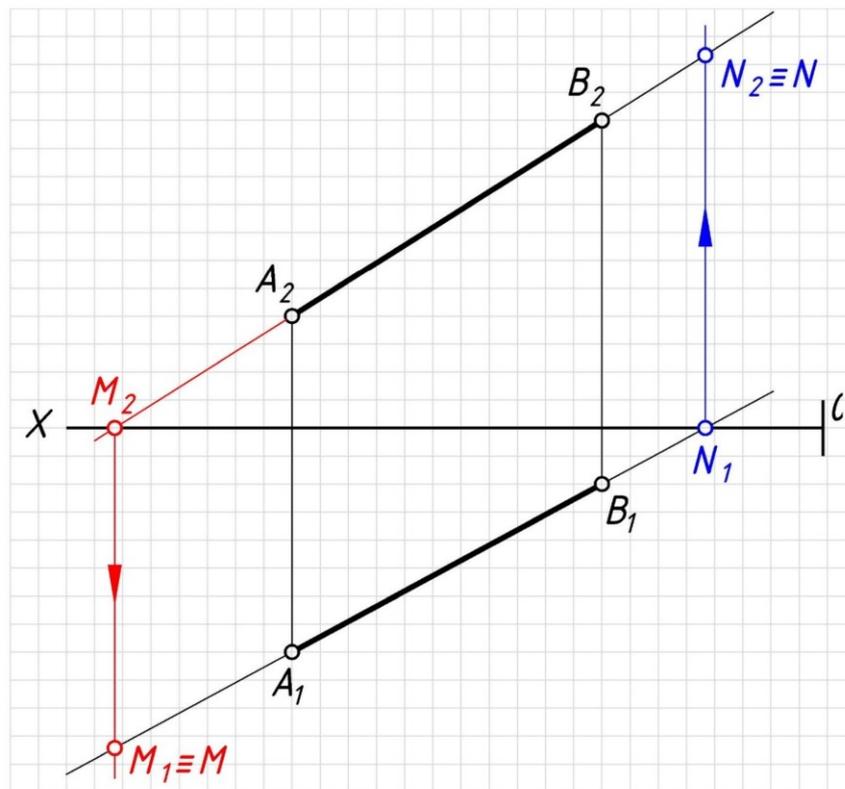
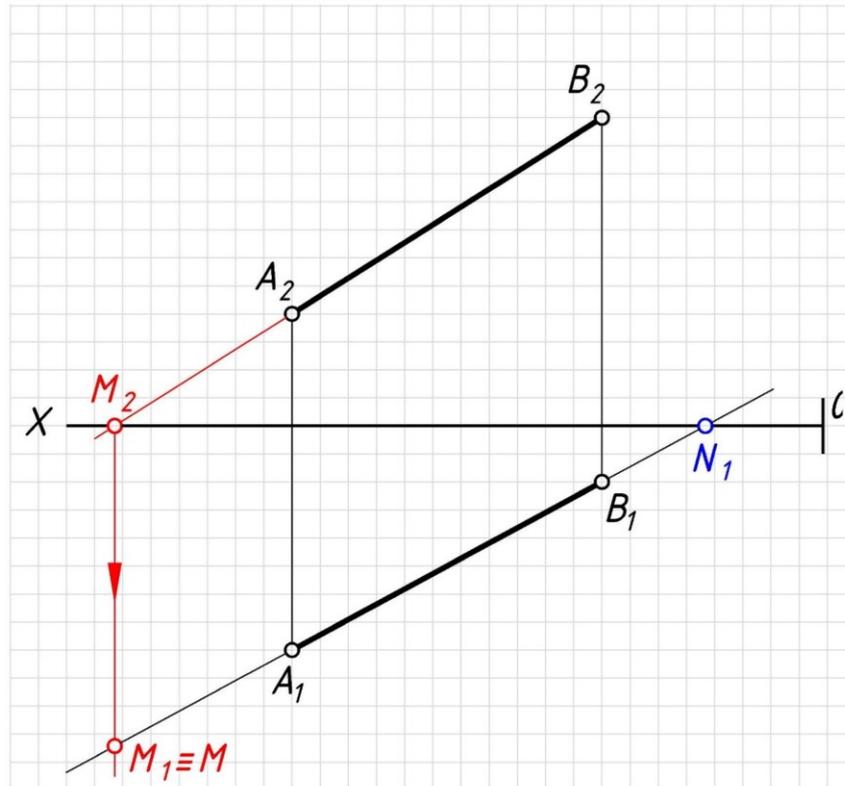




3. **След прямой** – точка пересечения прямой с плоскостью проекций (N – фронтальный след прямой, M – горизонтальный след прямой).







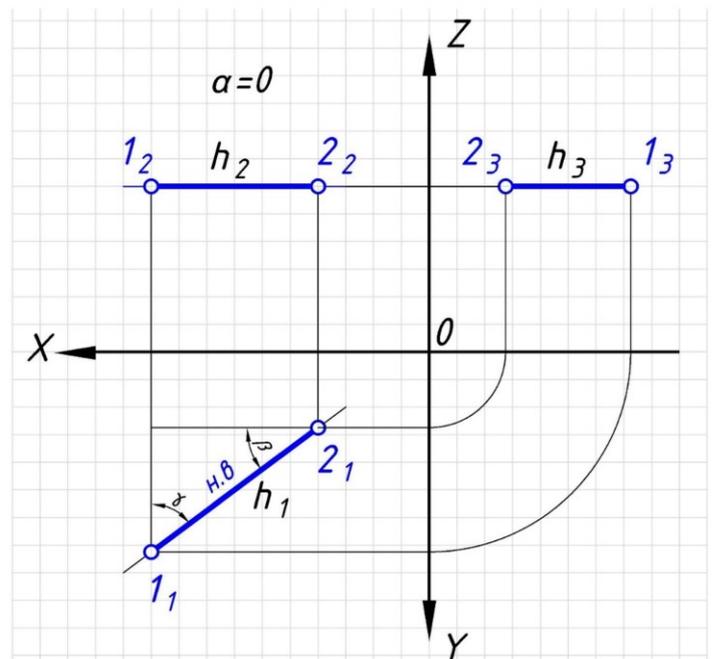
#### 4. Принадлежность точки прямой.

**Теорема:** Если в пространстве точка принадлежит прямой, то на чертеже одноименные проекции точки принадлежат одноименным проекциям прямой.

**Теорема:** Если в пространстве точка делит отрезок прямой в каком-то отношении, то на чертеже проекции этой точки делят одноименные проекции отрезка в том же отношении.

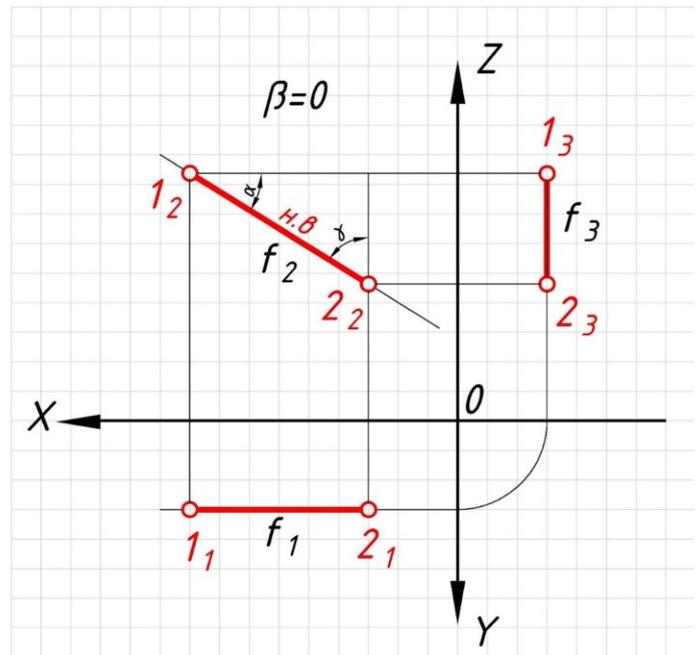
#### ПРЯМЫЕ УРОВНЯ:

1. Прямая горизонтального уровня ( $l_2 \parallel \Pi_1$ ).  
 $1_2 2_2 \parallel OX$  и  $1_3 2_3 \parallel OY$ ,  $1_1 2_1$  – н.в.



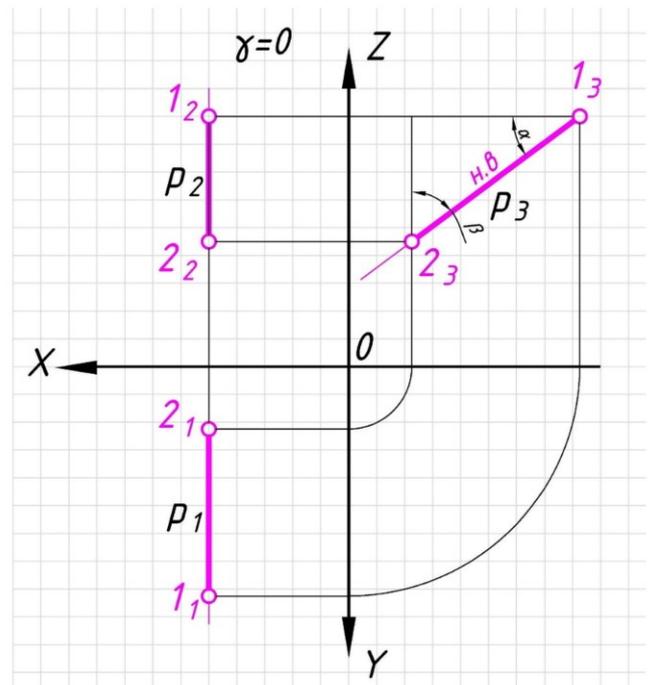
**2. Прямая фронтального уровня (12 // П<sub>2</sub>).**

$1_1 2_1 // OX$  и  $1_3 2_3 // OZ$ ,  $1_2 2_2$  – н.в.



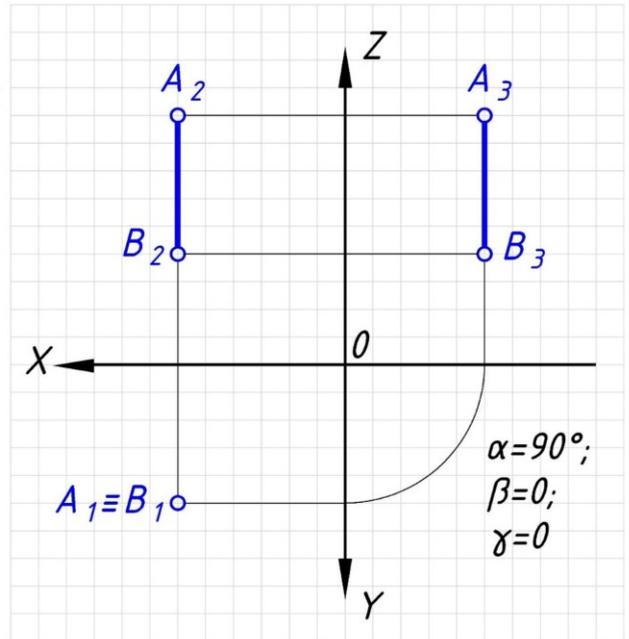
**3. Прямая профильного уровня (12 // П<sub>3</sub>).**

$1_1 2_1 // OY$  и  $1_2 2_2 // OZ$ ,  $1_3 2_3$  – н.в.

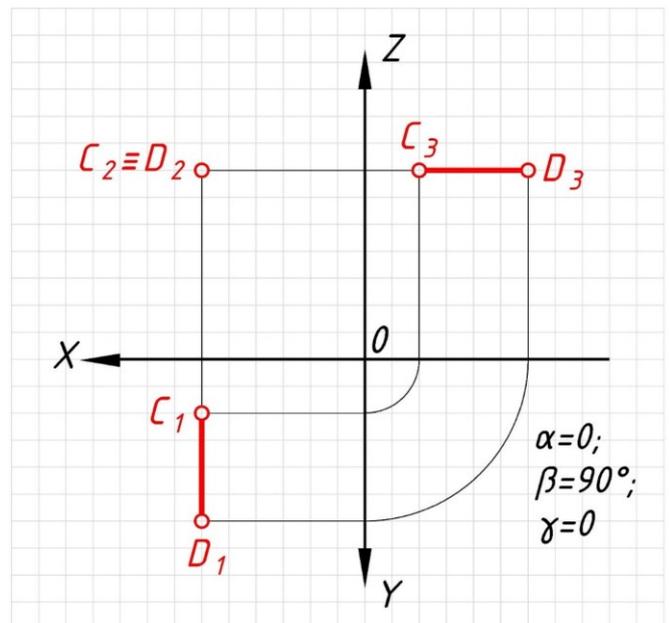


**ПРОЕЦИРУЮЩИЕ ПРЯМЫЕ:**

1. Горизонтально-проецирующая  
прямая ( $AB \perp \Pi_1$ ).  
 $A_2B_2=A_3B_3 = \text{н.в.}$

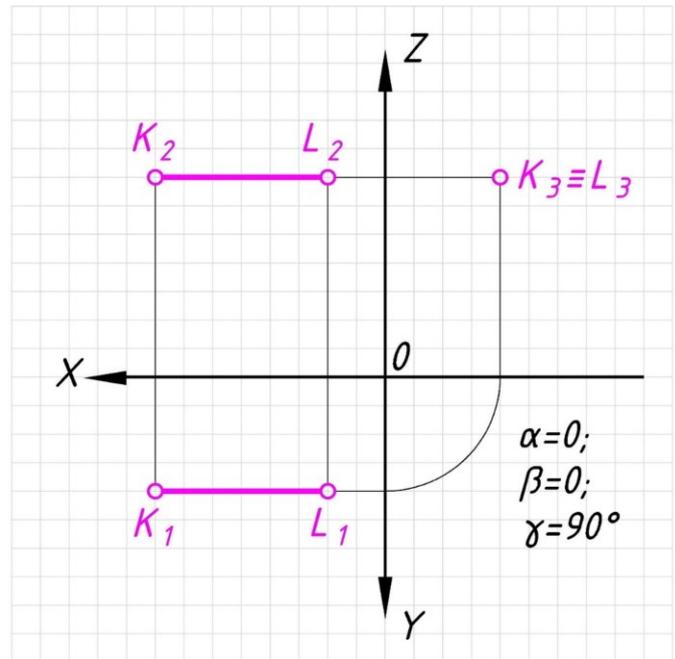


2. Фронтально-проецирующая  
прямая ( $CD \perp \Pi_2$ ).  
 $C_1D_1 = C_3D_3 = \text{н.в.}$



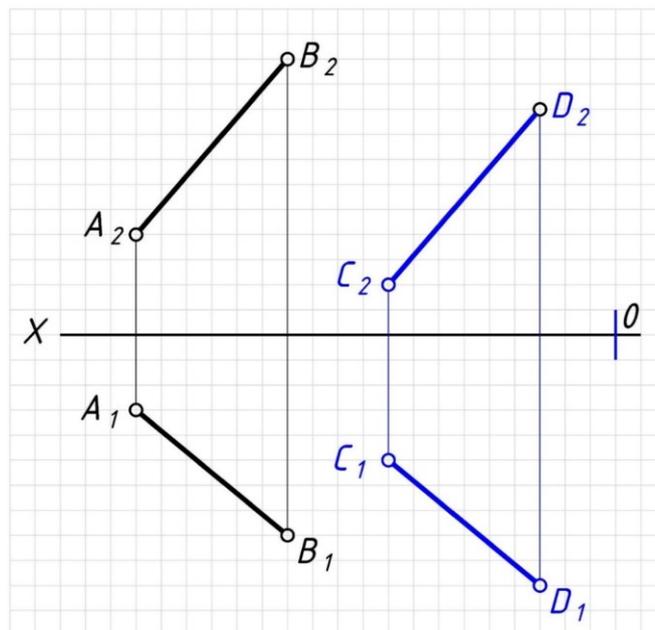
### 3. Профильно-проецирующая прямая ( $KL \perp \Pi_3$ ).

$K_1L_1=K_2L_2 = \text{н.в.}$

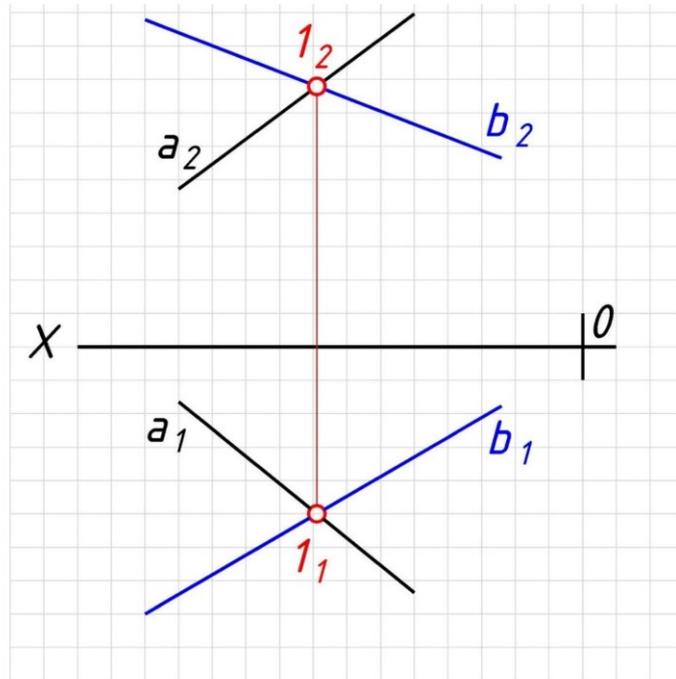


### ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМЫХ

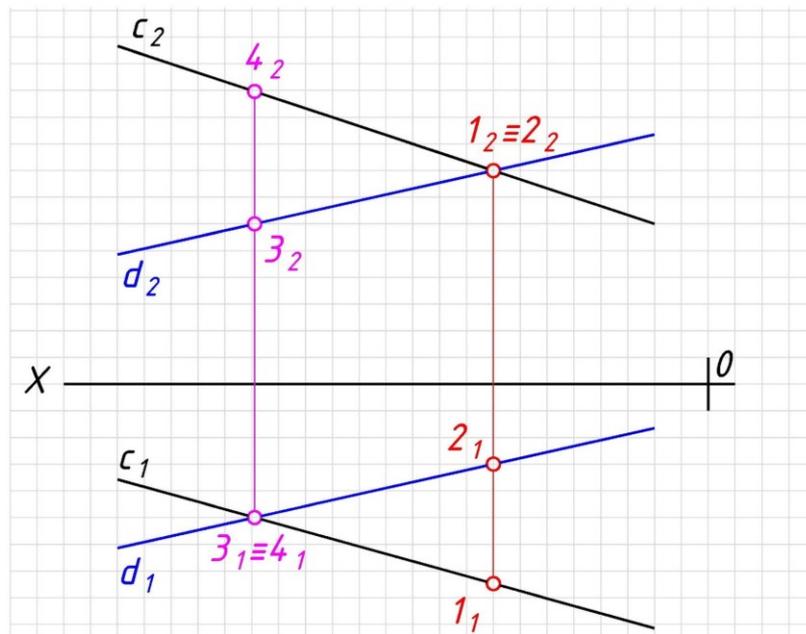
**Параллельные прямые** – прямые, принадлежащие одной плоскости и не имеющие общей точки пересечения.

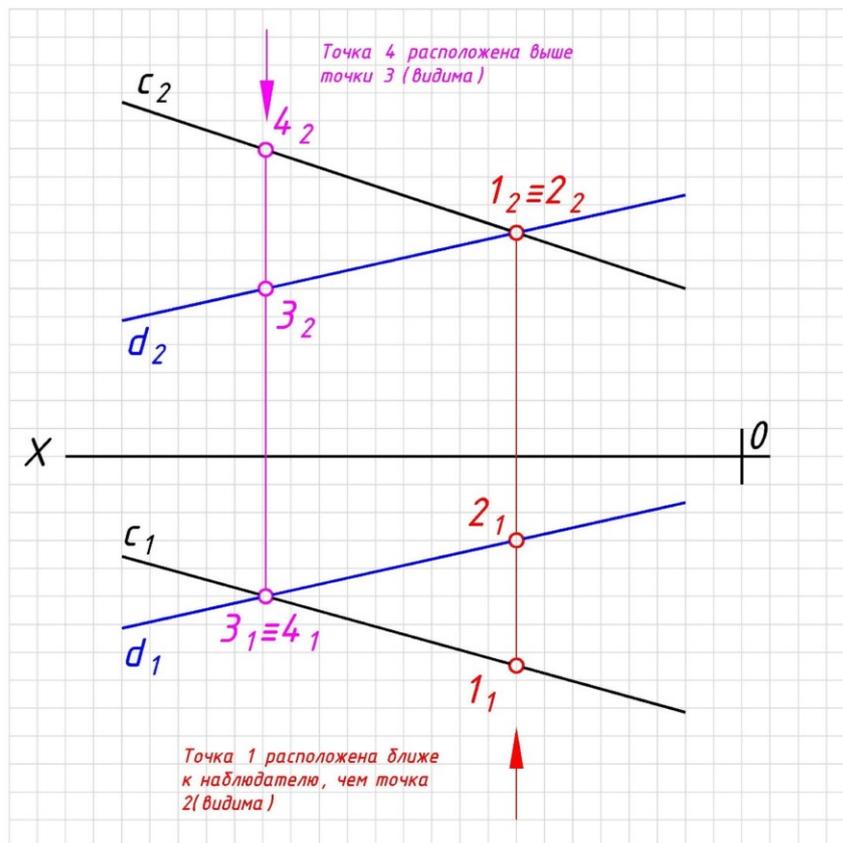
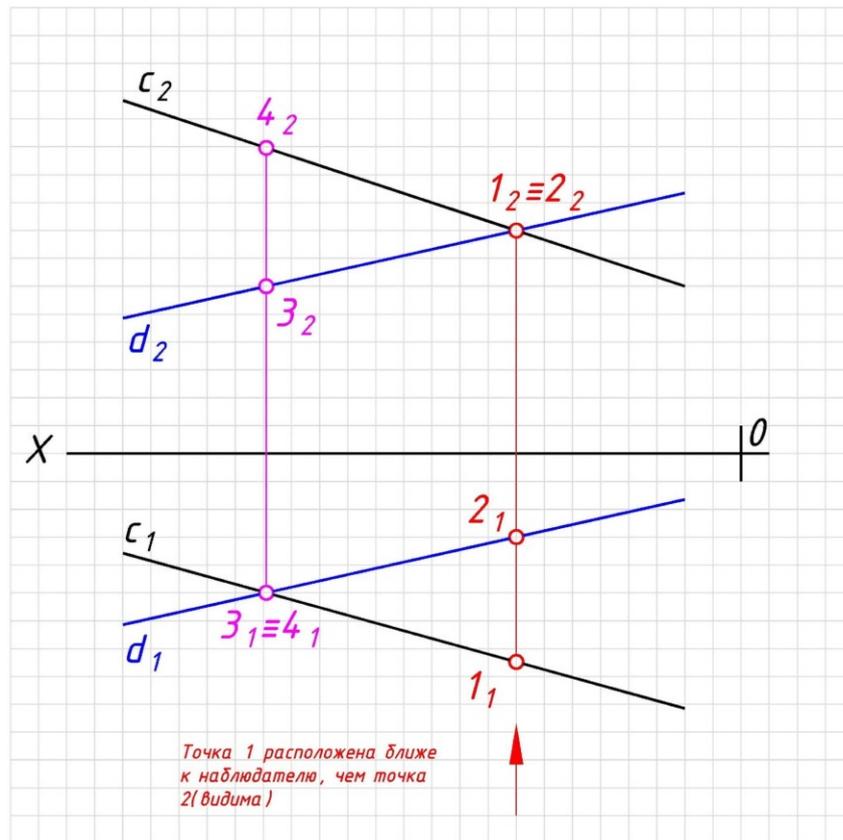


**Пересекающиеся прямые** – прямые, принадлежащие одной плоскости и имеющие одну общую точку пересечения.



**Скрещивающиеся прямые** – прямые, не принадлежащие одной плоскости и не имеющие общих точек пересечения. 1 и 2, 3 и 4 – пары конкурирующих точек.





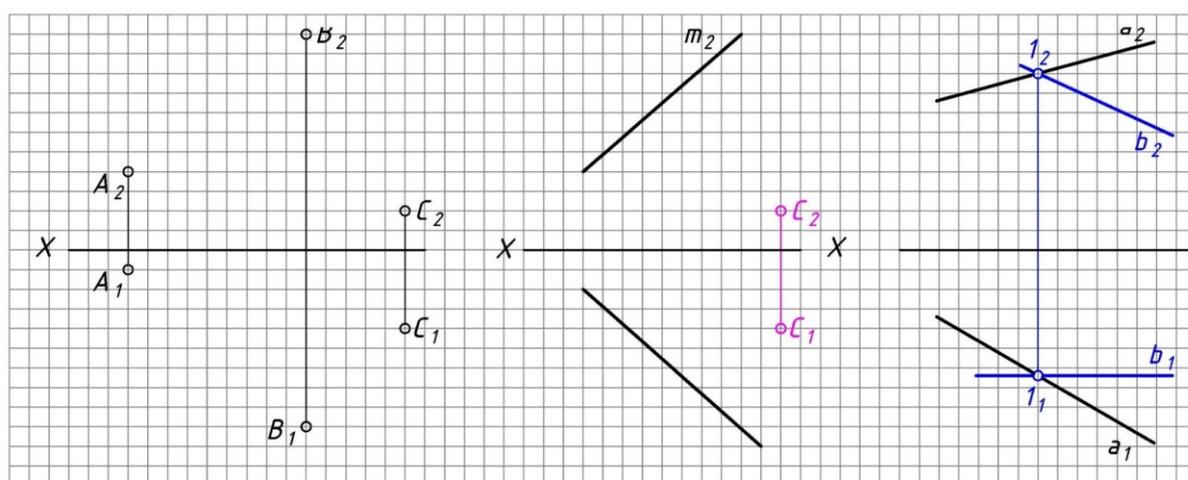
# ПЛОСКОСТЬ

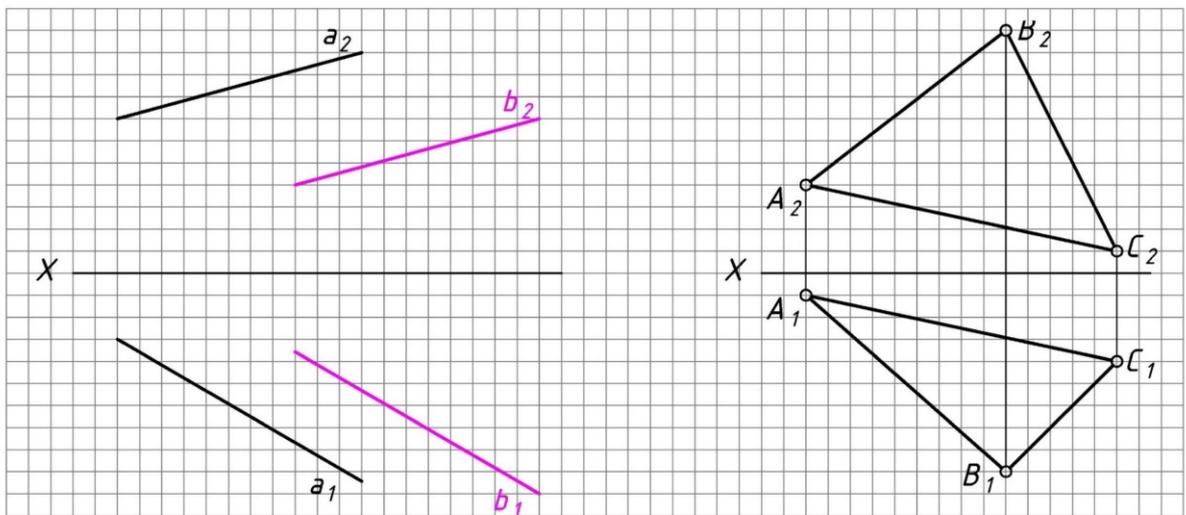
## ЗАДАНИЕ ПЛОСКОСТИ НА ЧЕРТЕЖЕ

Определителем плоскости являются три точки, не принадлежащие одной прямой.

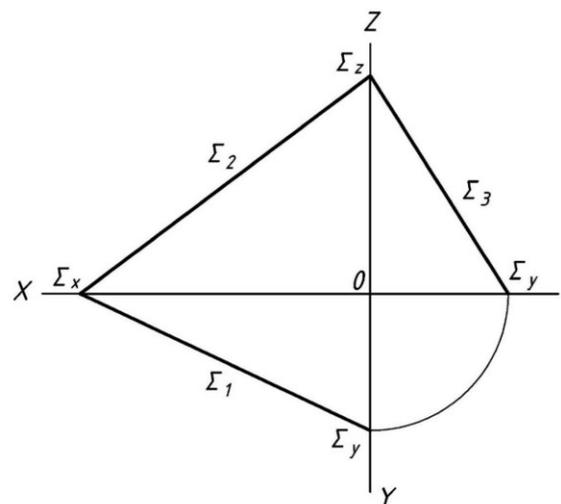
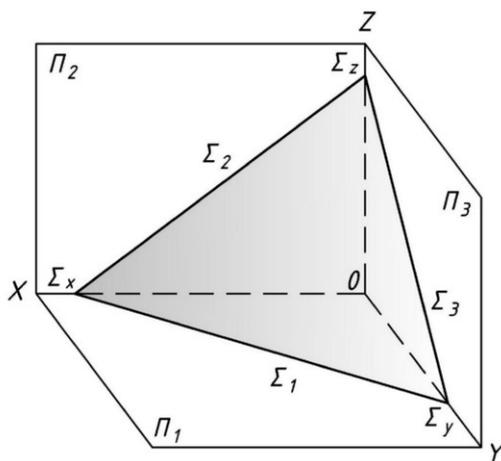
Для задания плоскости на чертеже достаточно указать проекции:

1. Трех различных точек, не принадлежащих одной прямой;
2. Прямой и точки, не принадлежащей этой прямой;
3. Двух пересекающихся прямых;
4. Двух параллельных прямых;
5. Произвольной геометрической фигуры (треугольника, n-угольника и т.д.).





**Следом плоскости** называют прямую, по которой плоскость пересекает плоскость проекций.

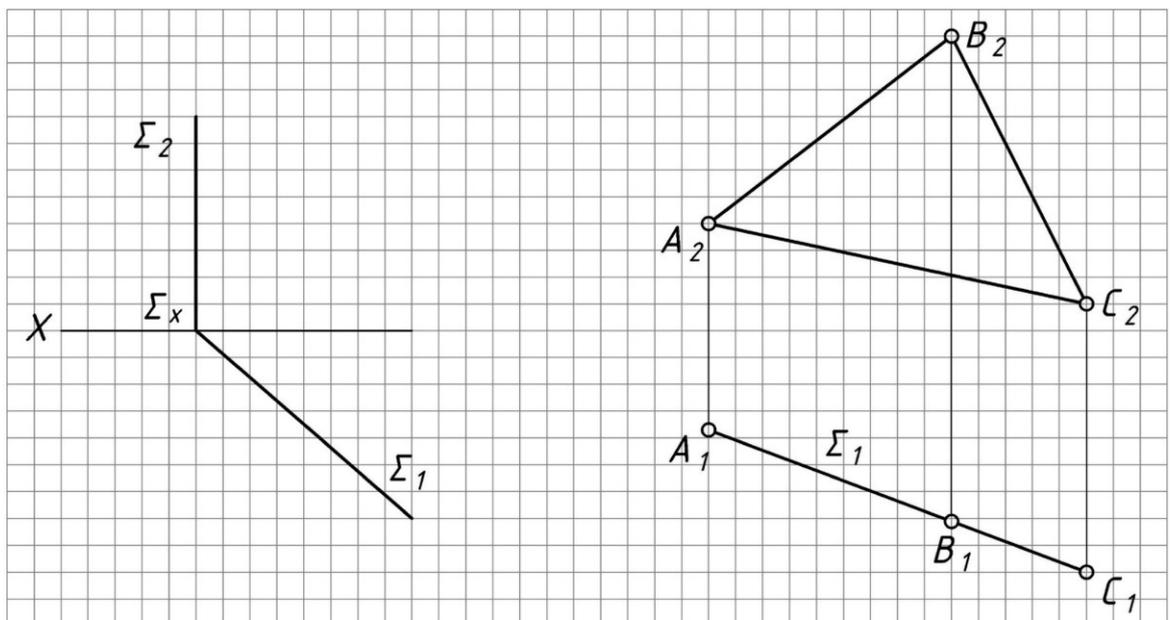


## КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛОСКОСТЕЙ

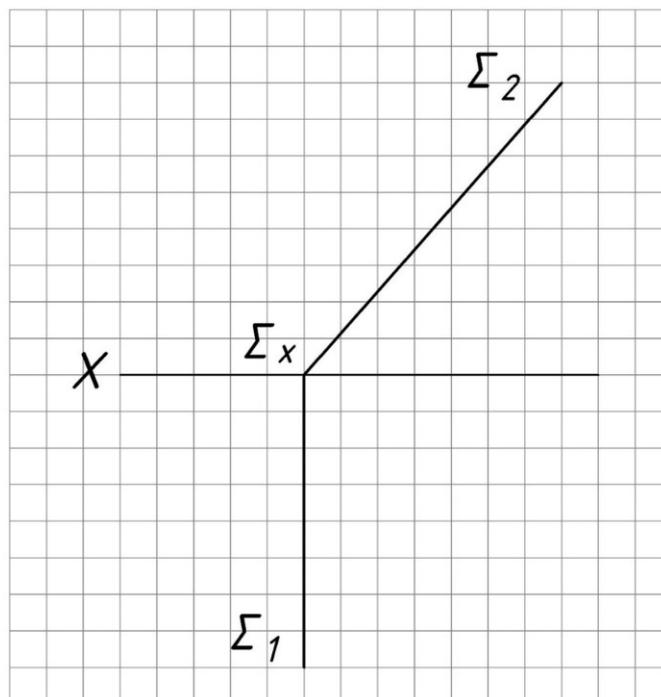
1. Плоскости общего положения – занимает произвольное положение по отношению к плоскостям проекций.
2. Плоскости частного положения – перпендикулярная одной, или двум плоскостям проекций (обладают свойством «собираемости»):
  - а) проецирующие плоскости;
  - б) плоскости уровня.

**Проецирующие плоскости** – плоскости, перпендикулярные какой-либо одной плоскости проекций и непараллельные двум другим.

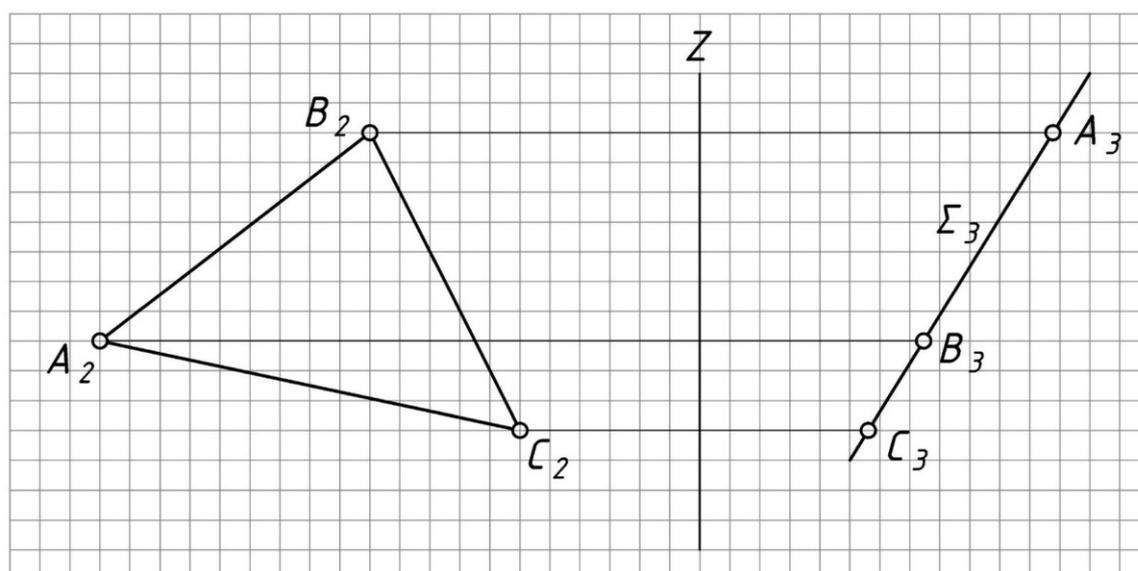
### Горизонтально проецирующие плоскости



### Фронтально проецирующие плоскости

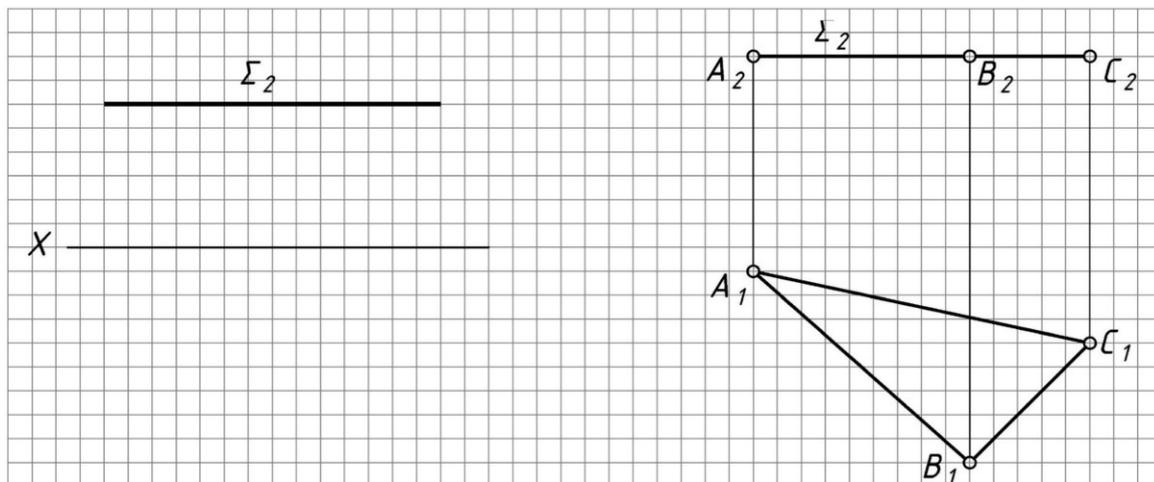


### Профильно проецирующие плоскости

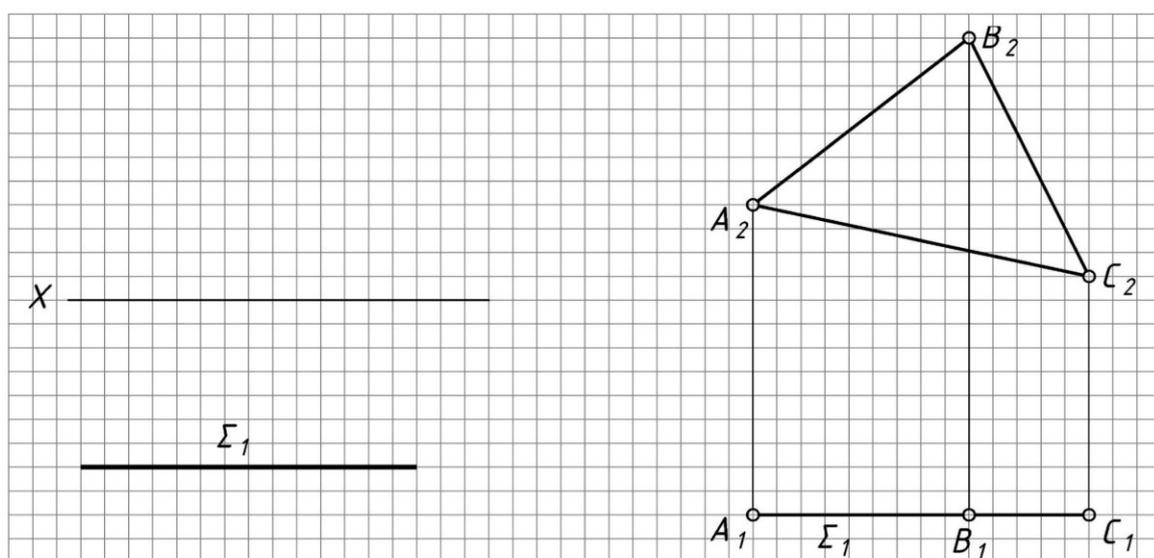


**Плоскости уровня** – плоскости, параллельные одной плоскости проекций и перпендикулярные двум другим плоскостям проекций.

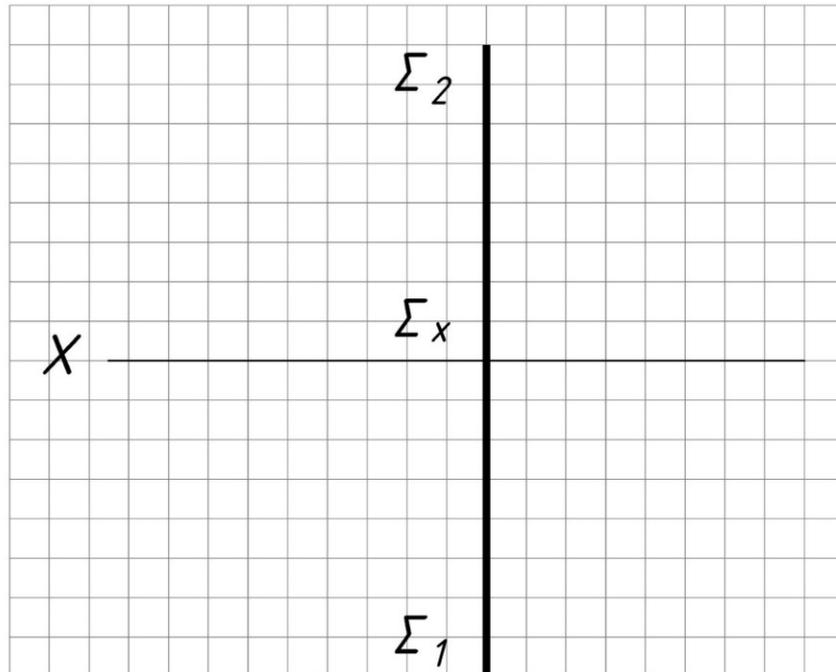
### Плоскости горизонтального уровня



### Плоскости фронтального уровня

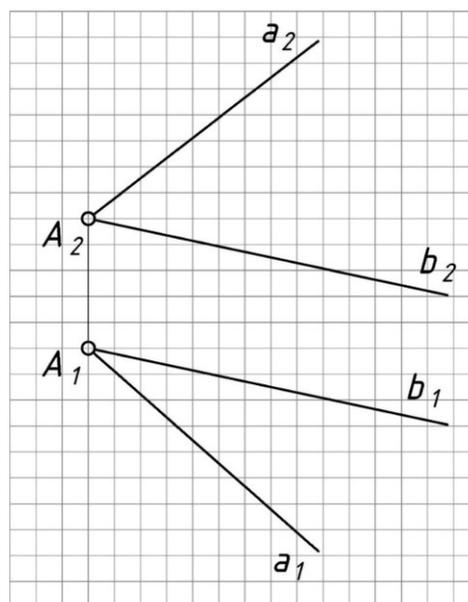


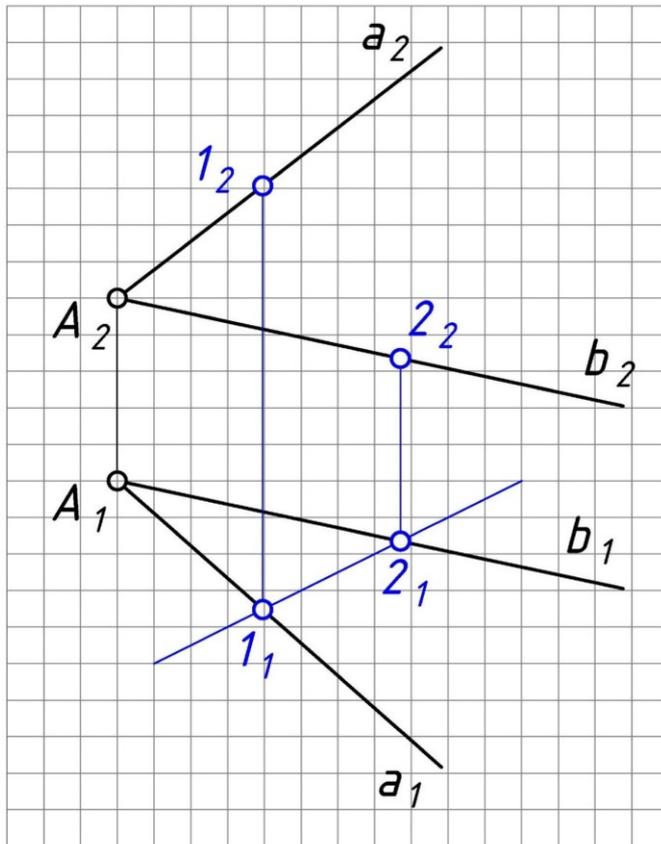
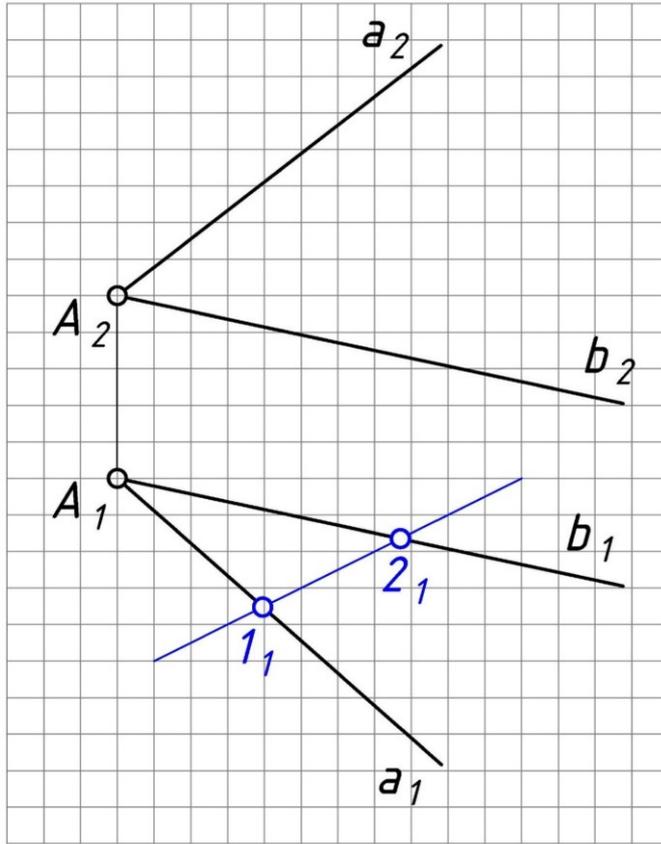
## Плоскости профильного уровня

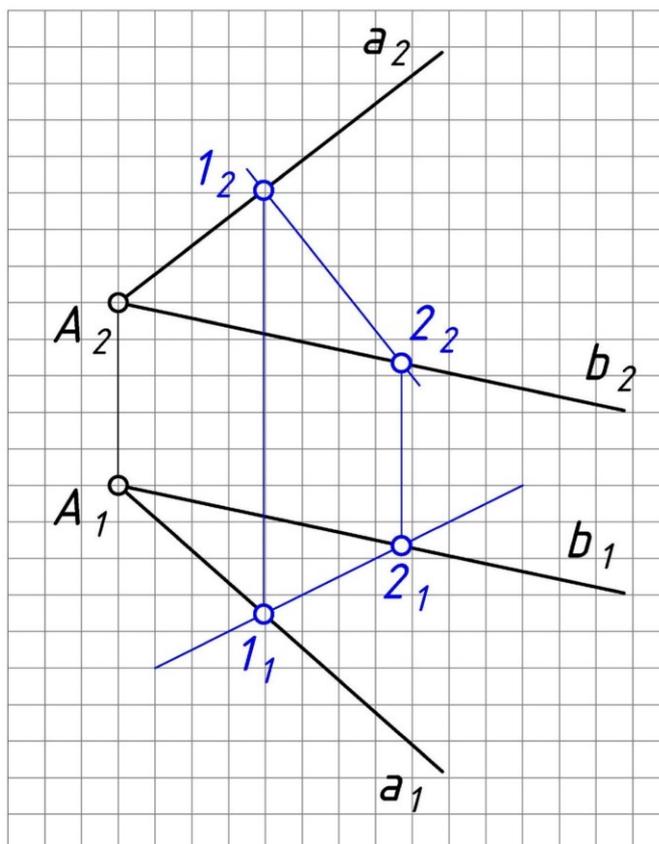


## ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ ПЛОСКОСТИ

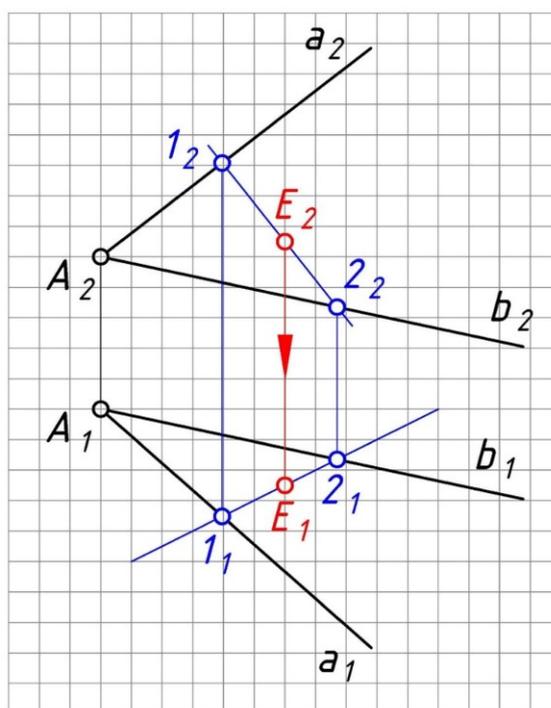
**Теорема:** Прямая принадлежит плоскости, если она проходит через две точки принадлежащие этой плоскости, или когда прямая проходит через одну точку, принадлежащую плоскости и известно ее направление.





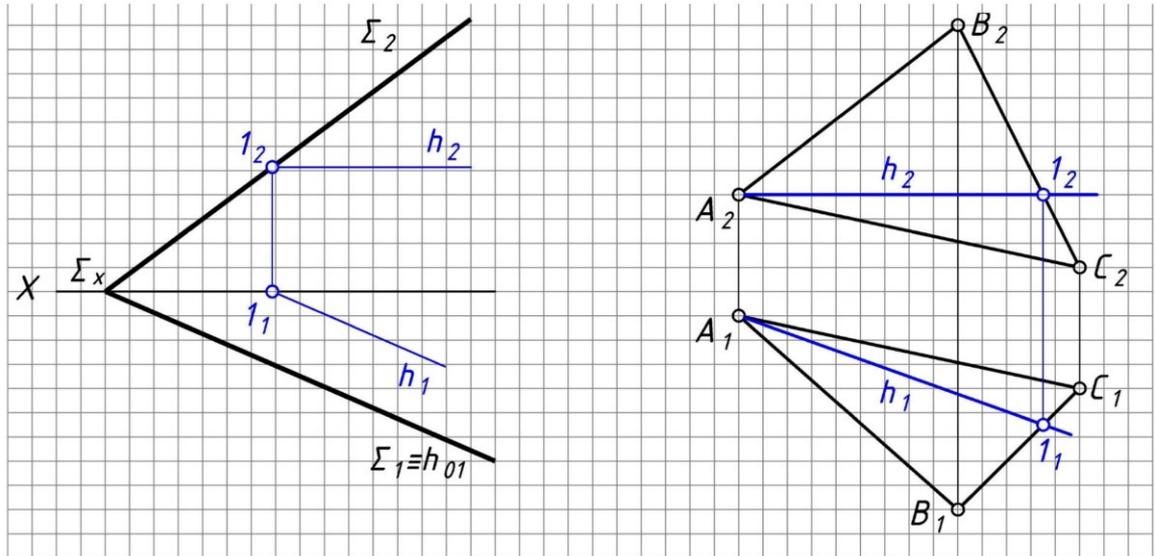


**Теорема:** Точка принадлежит плоскости, если она принадлежит прямой, принадлежащей этой плоскости.

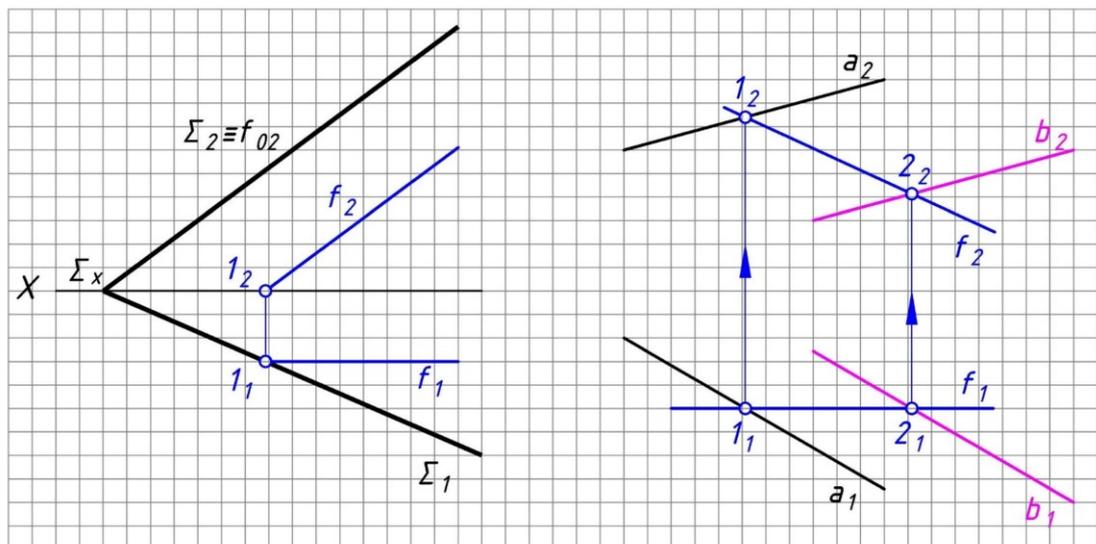


## ГЛАВНЫЕ ЛИНИИ ПЛОСКОСТИ

**Горизонталь** – прямая, принадлежащая плоскости и параллельная горизонтальной плоскости проекций.



**Фронталь** – прямая, принадлежащая плоскости и параллельная фронтальной плоскости проекций.



**Профиль** – прямая, принадлежащая плоскости и параллельная профильной плоскости проекций.

**Линии наибольшего ската плоскости (л.н.с.)** – прямые, принадлежащие плоскости и перпендикулярные к ее горизонталям или фронталям.

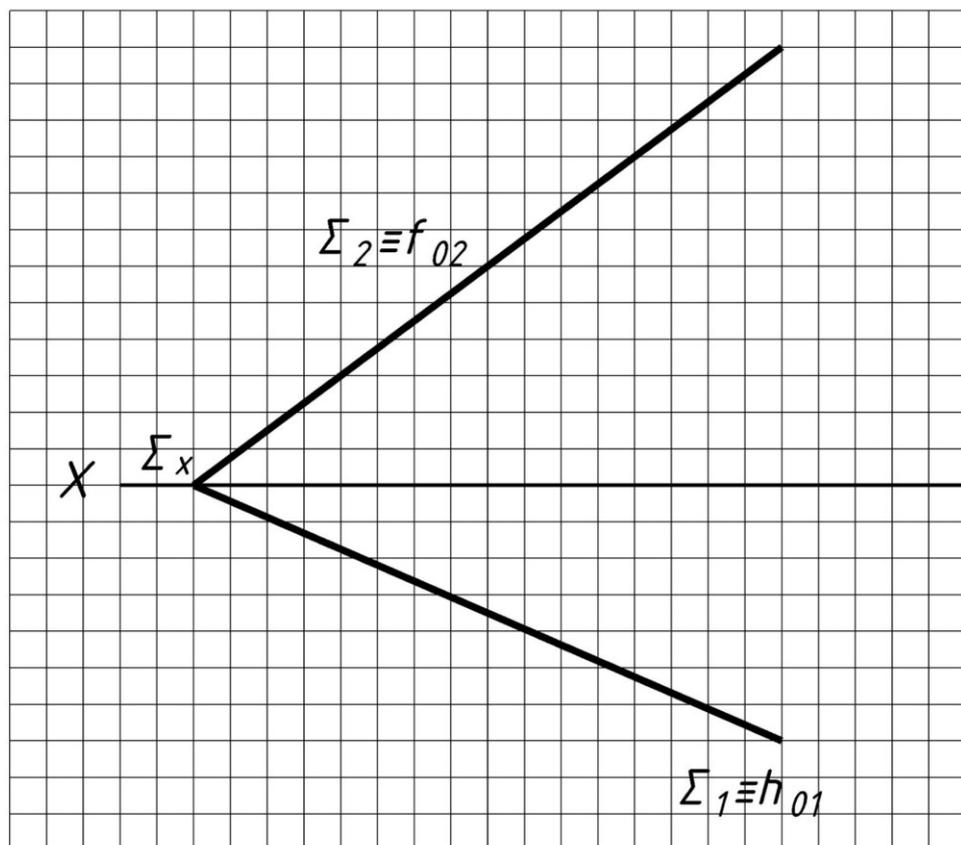
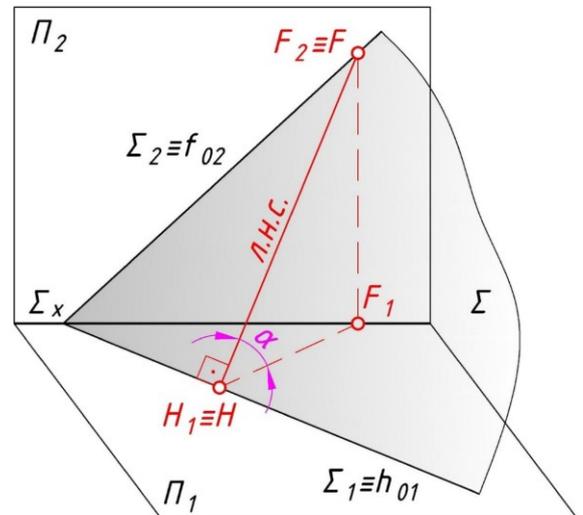
Они необходимы для определения углов наклона заданной плоскости к плоскостям проекций.

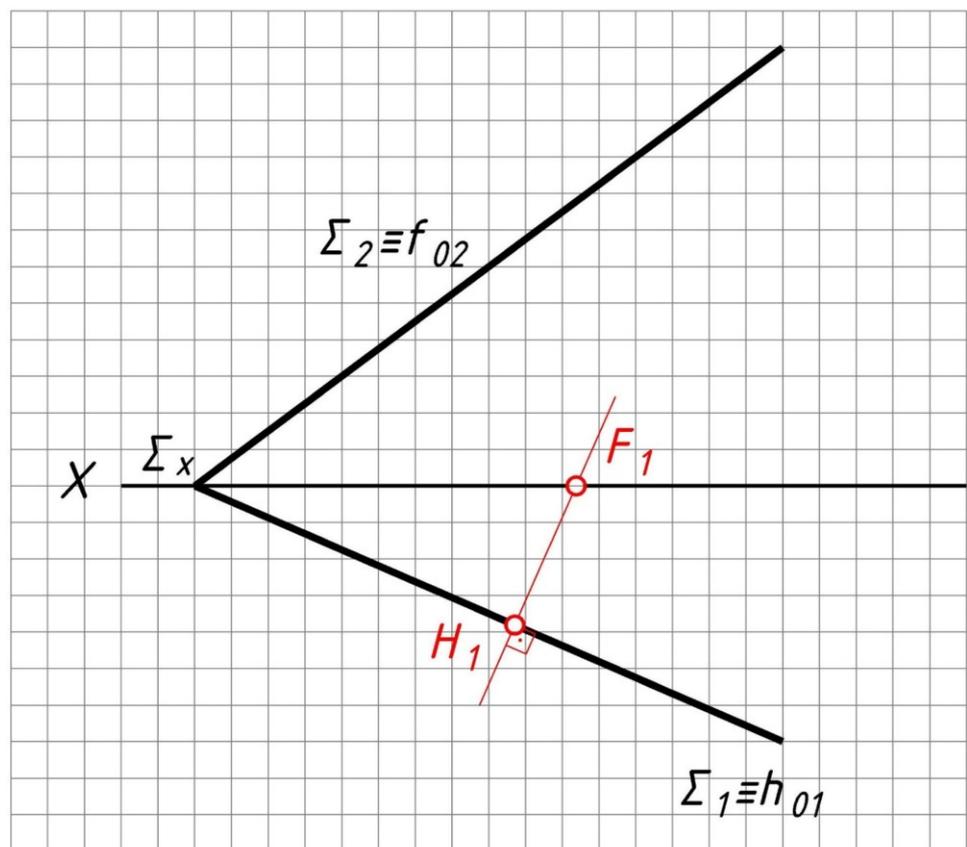
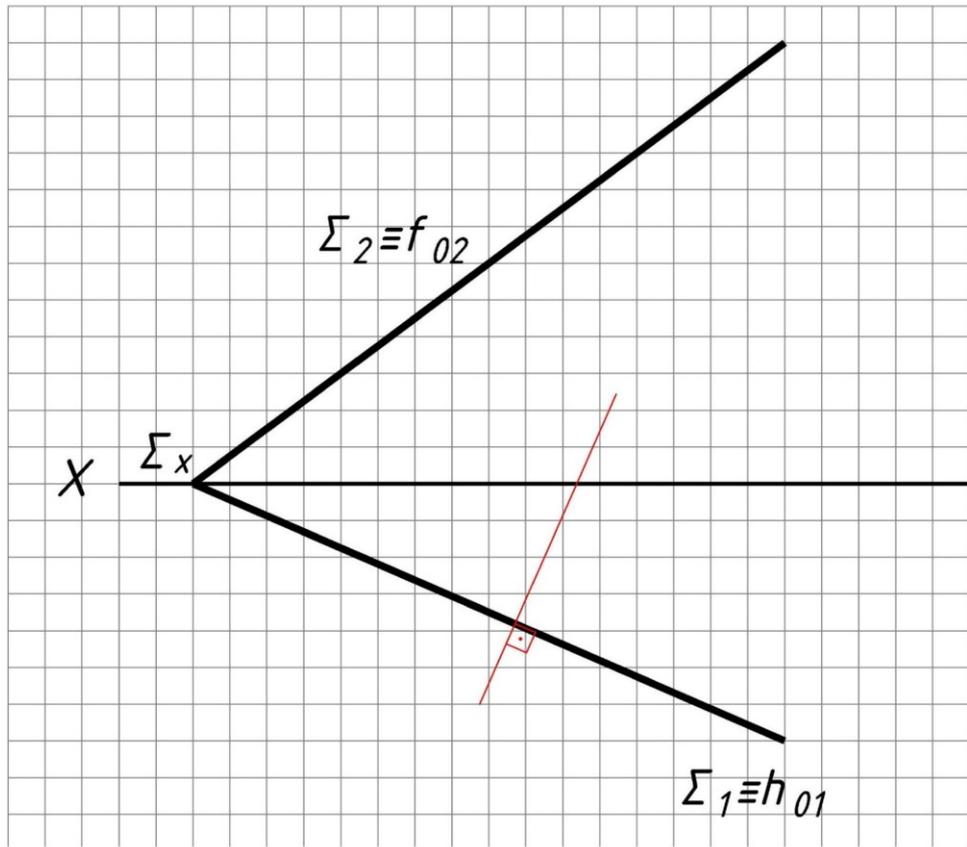
Определение угла наклона плоскости  $\Sigma$  к  $\Pi_1$ :

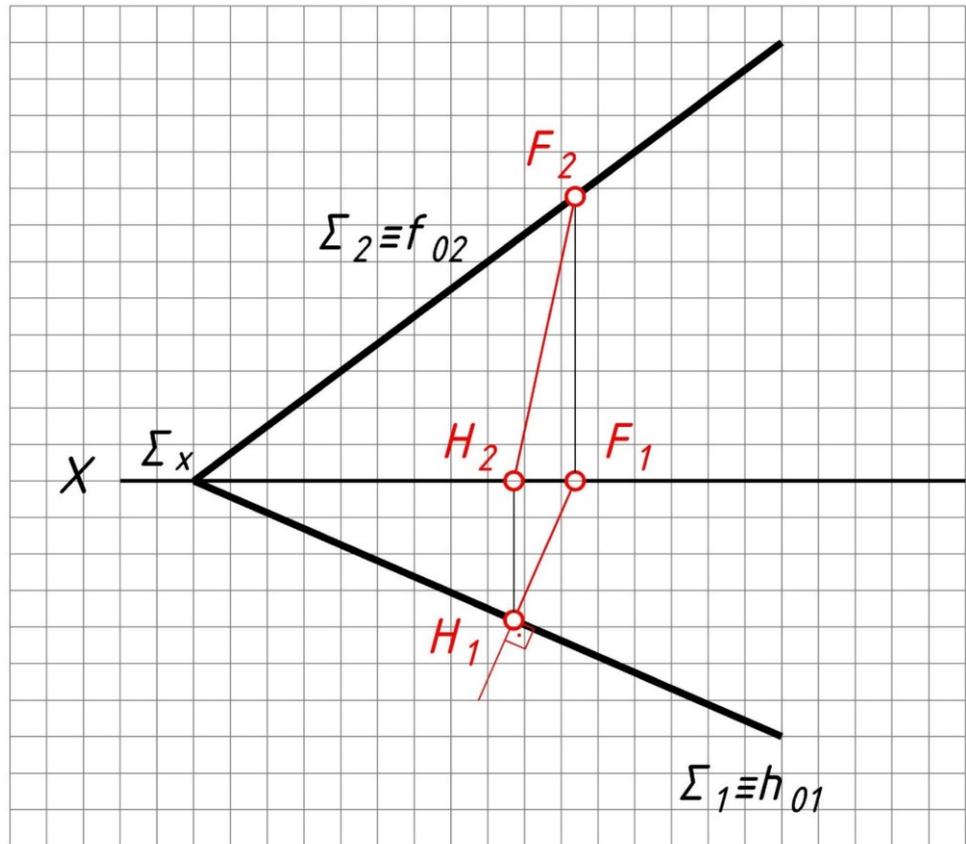
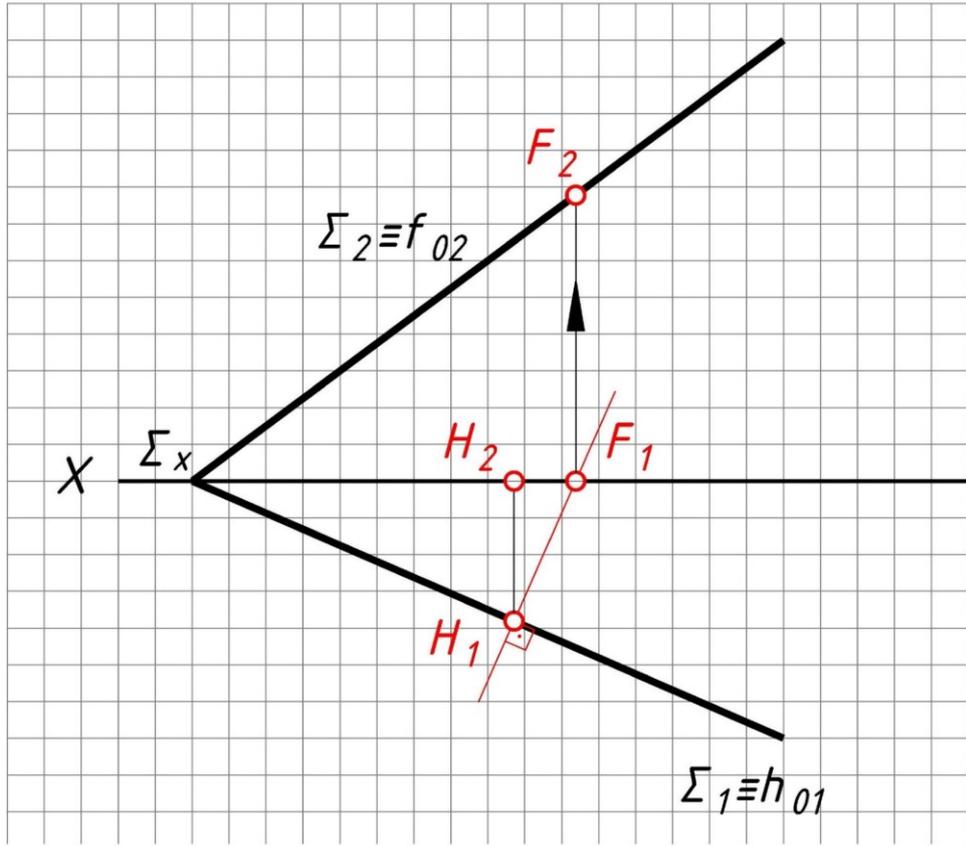
Горизонтальная проекция л.н.с. перпендикулярна  $h_1$  ( $\Sigma_1$  – если плоскость задана следами).

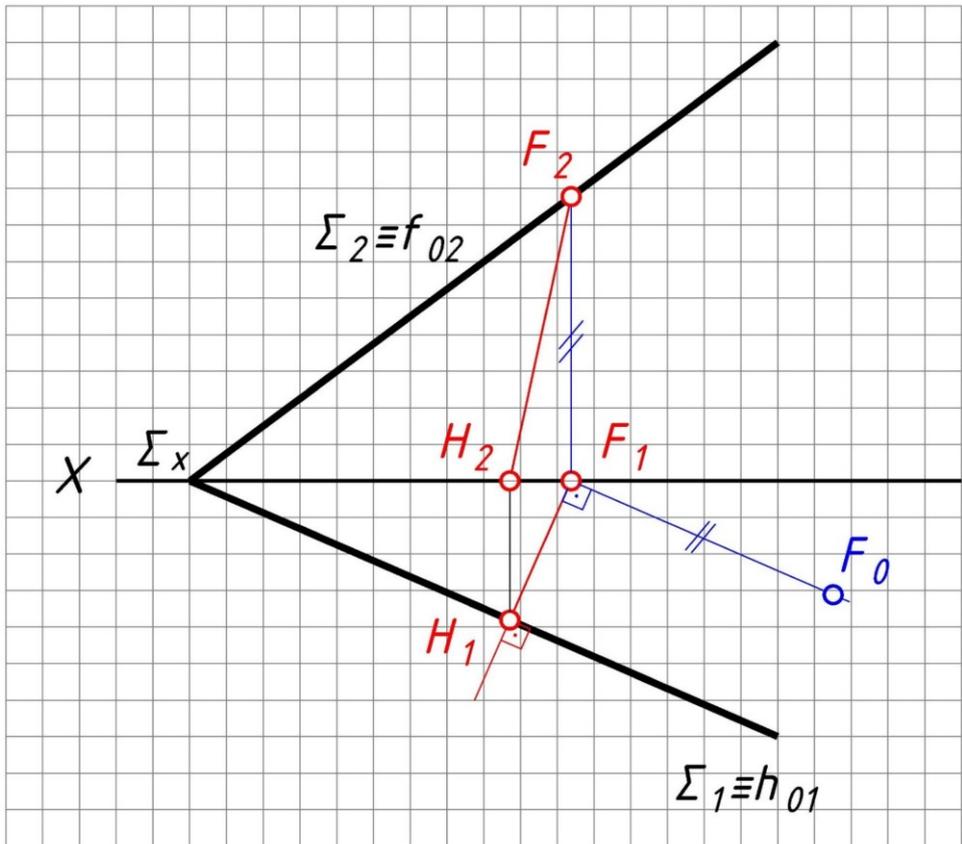
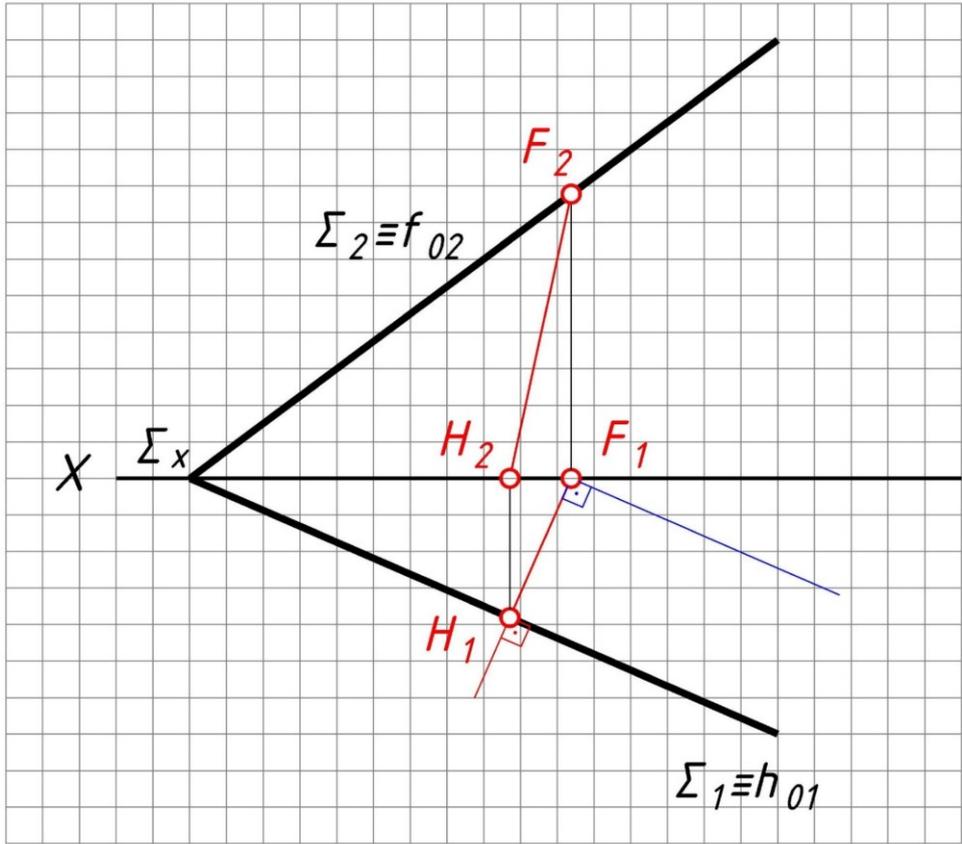
На чертеже угол между н.в. л.н.с. и ее горизонтальной проекцией является углом наклона плоскости  $\Sigma$  к  $\Pi_1$ .

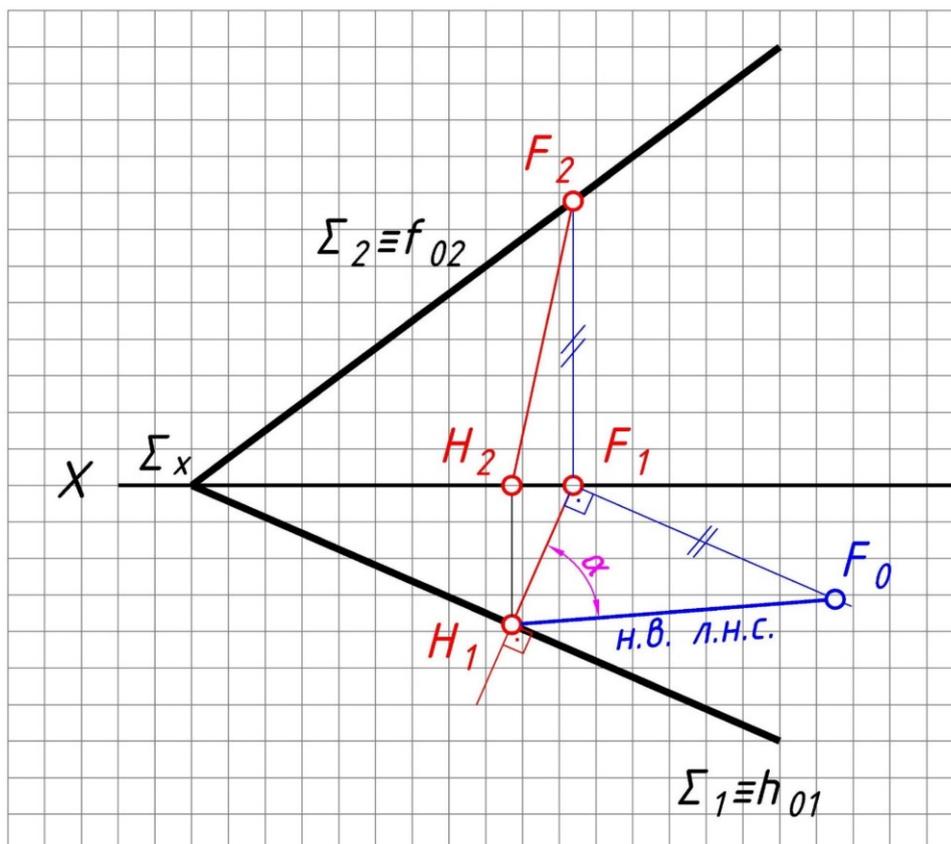
Аналогично определяется угол наклона плоскости  $\Sigma$  к  $\Pi_2$ . В этом случае графическое построение начинается с проведения фронтальной проекции л.н.с. перпендикулярно  $f_2$  ( $\Sigma_2$  – если плоскость задана следами).











## ПОВЕРХНОСТЬ

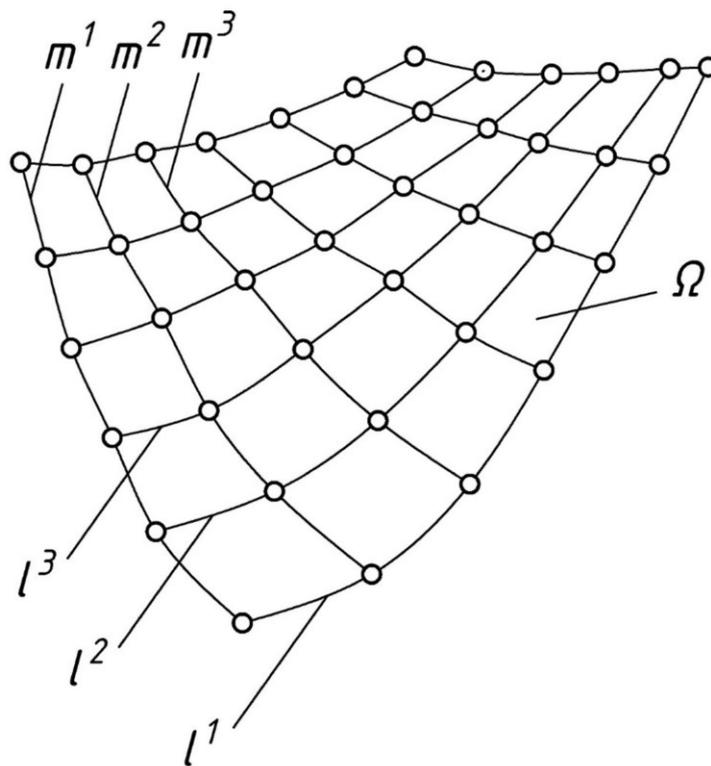
### ЗАДАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ НА ЧЕРТЕЖЕ

**Поверхность** в начертательной геометрии определяется как непрерывное множество последовательных положений некоторой линии, перемещающейся в пространстве по определенному закону и называемой *образующей поверхности*.

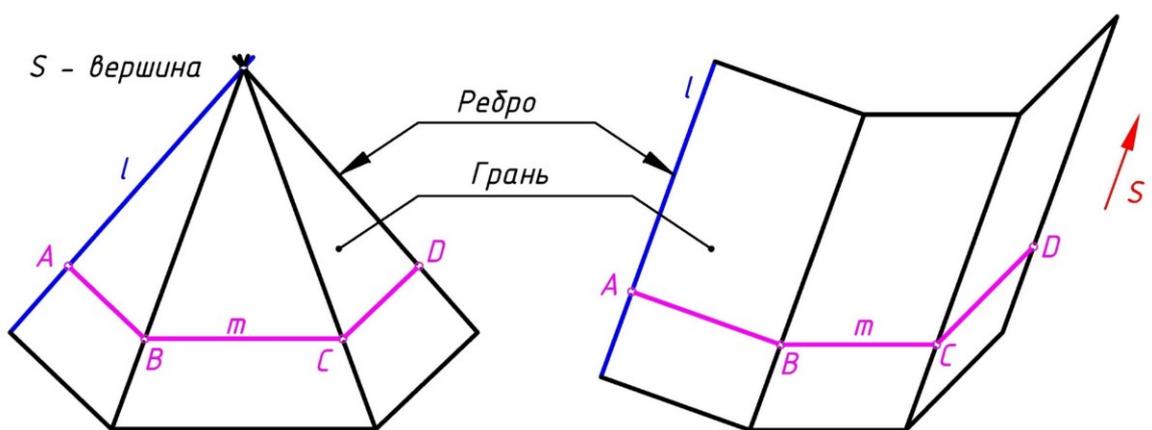
Обязательным условием перемещения образующей в пространстве при образовании поверхности является пересечение ее с неподвижными линиями пространства, называемыми *направляющими поверхности*.

Кроме этого должен быть указан *характер движения образующей по направляющим*.

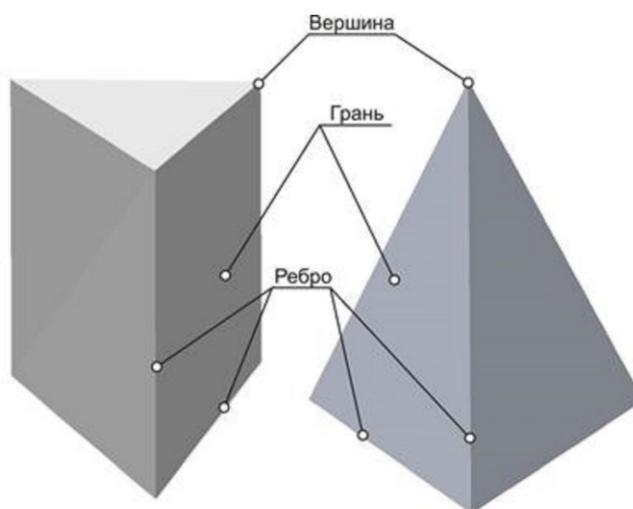
Определитель поверхности  $\Phi$  может быть записан в виде структурной формы:  $\Phi(\Gamma), [A]$ , где  $(\Gamma)$  - геометрическая часть определителя, т. е. перечисление геометрических фигур, которые образуют поверхность;  $[A]$  - алгоритмическая часть определителя, устанавливающая связь между этими фигурами.



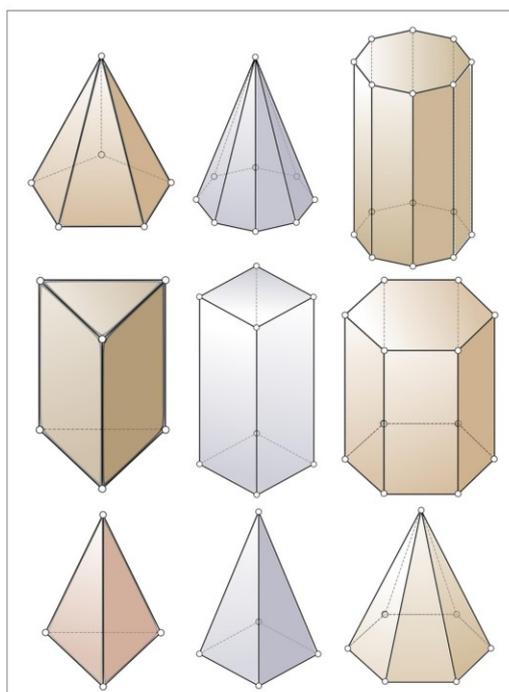
**Гранными** называют поверхности, в образовании которых участвуют правильные многоугольники.



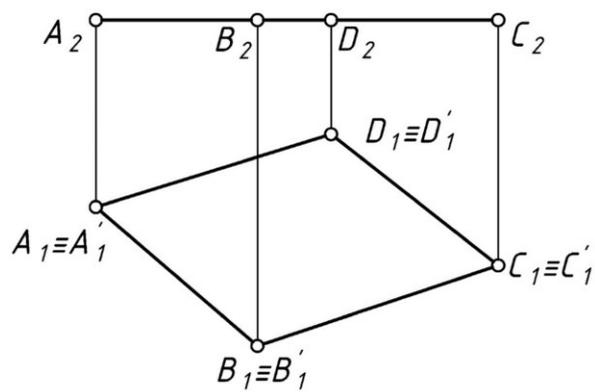
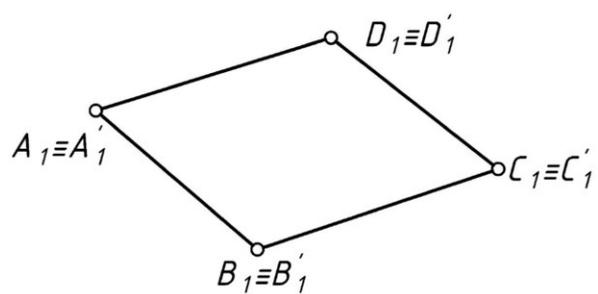
**Многогранником** называют геометрическое тело, ограниченное со всех сторон плоскими многоугольниками.

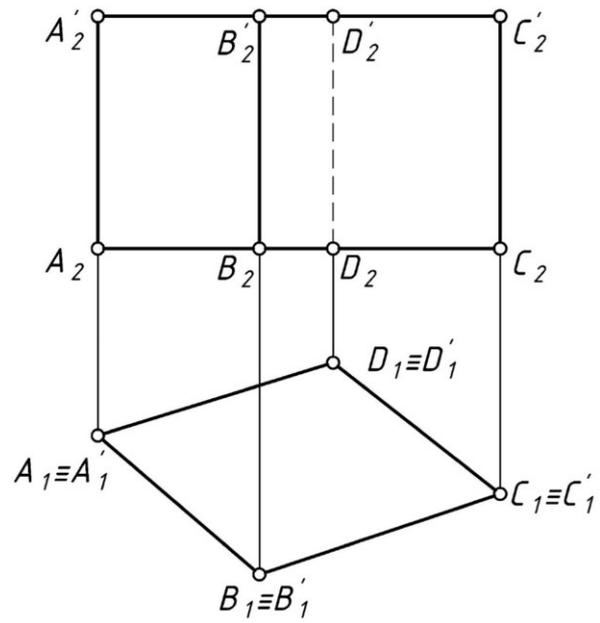


### Правильные многогранники

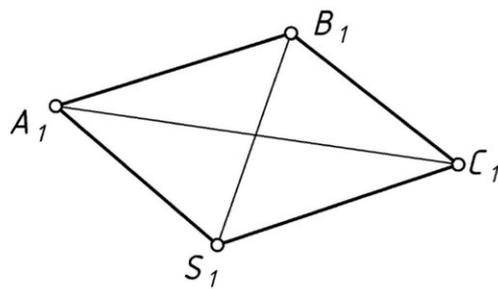


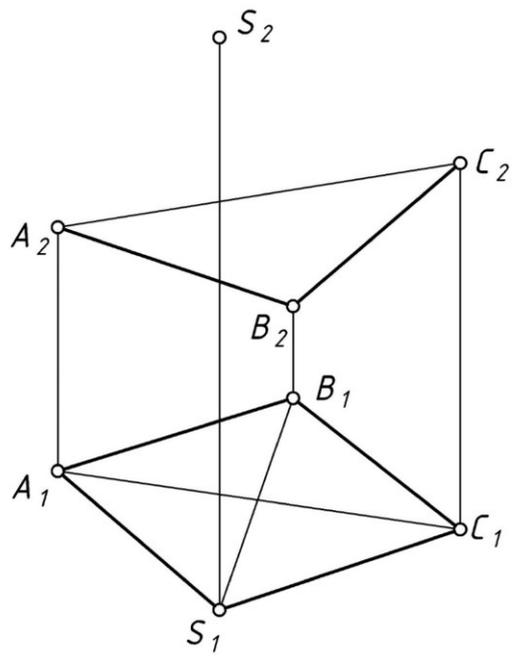
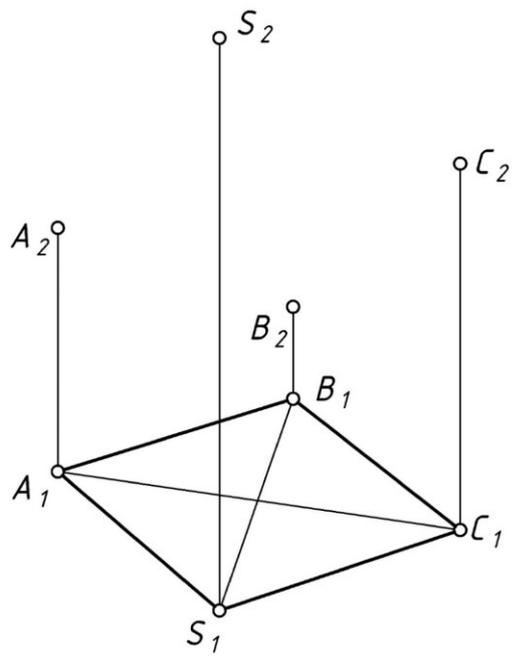
## Проецирование прямой призмы

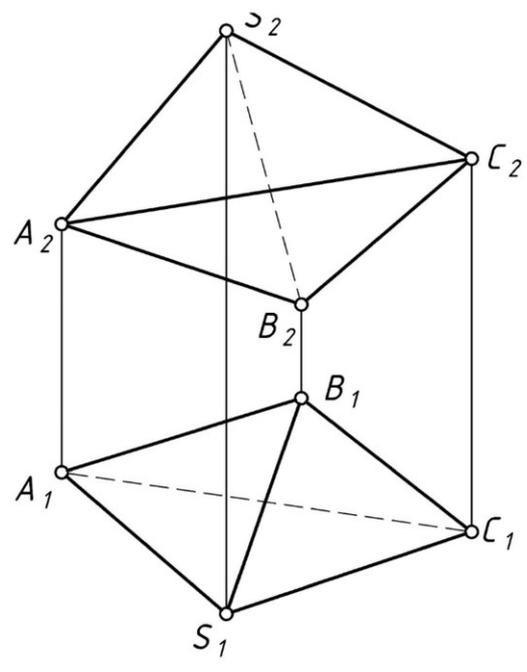
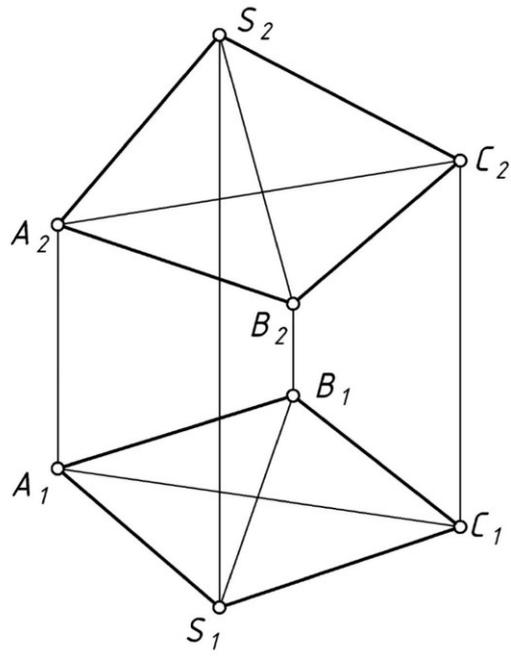




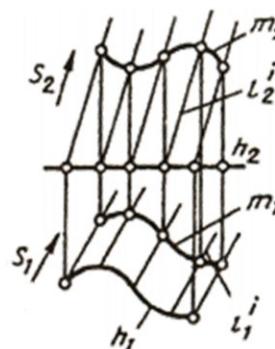
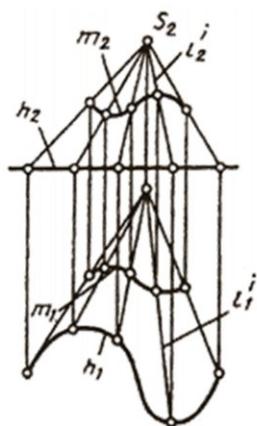
## Проецирование пирамиды



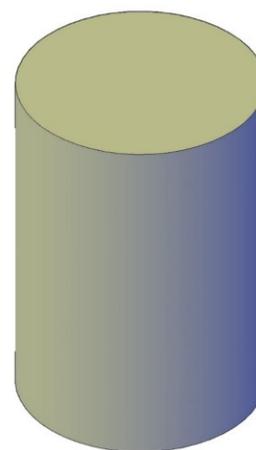
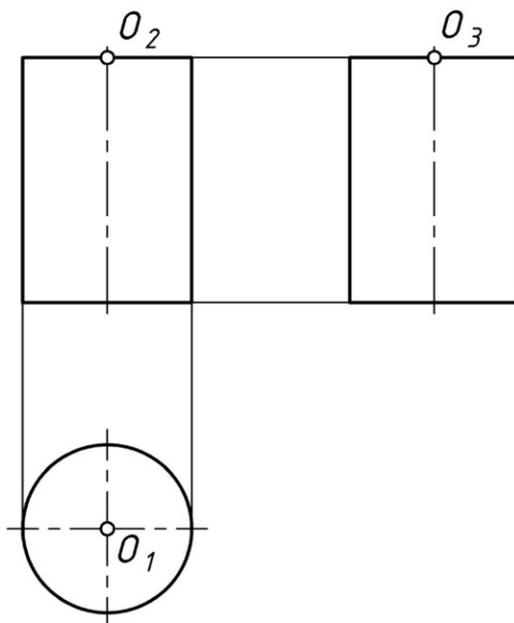




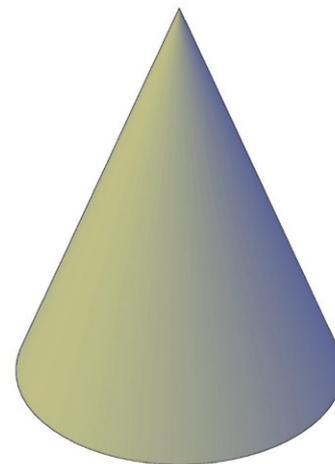
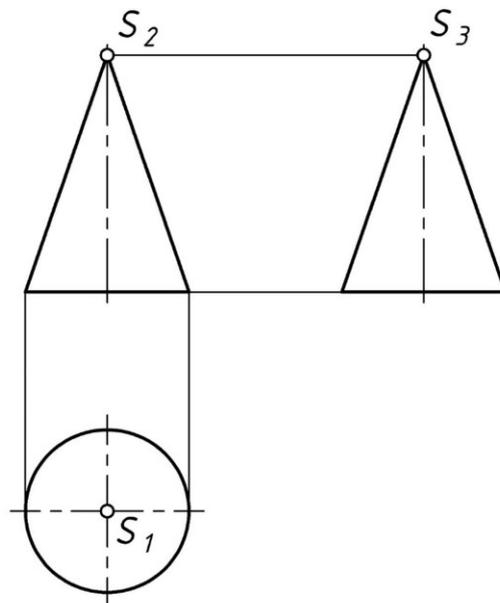
**Кривыми** называют поверхности, в образовании которых участвуют плоские кривые линии правильной формы. При этом если направляющей является окружность, то получают *поверхность вращения*.



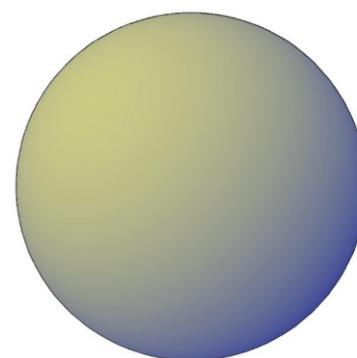
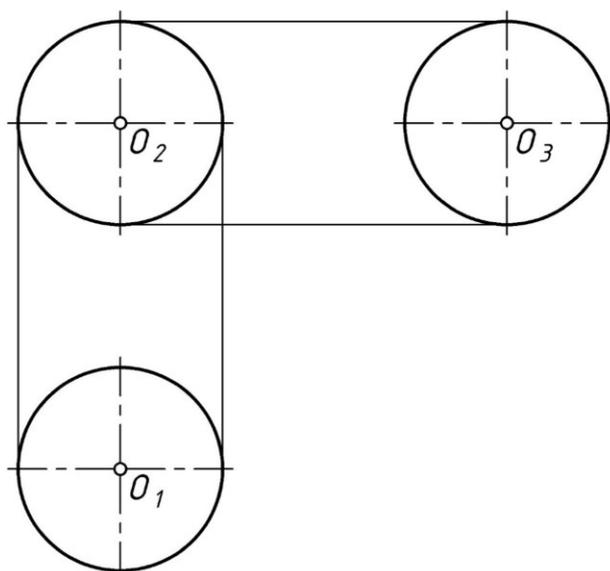
### Проецирование прямого кругового цилиндра



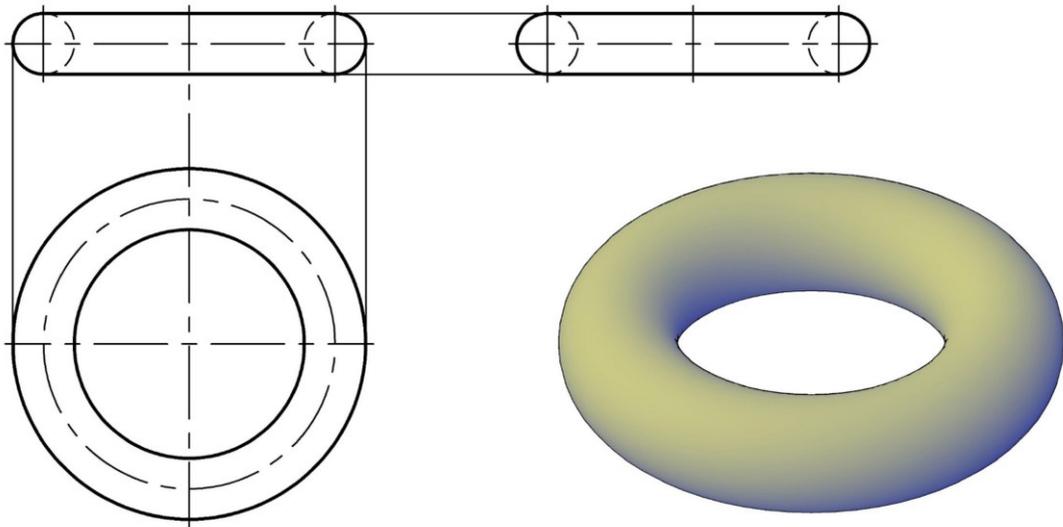
## Проецирование прямого кругового конуса



## Проецирование сферы

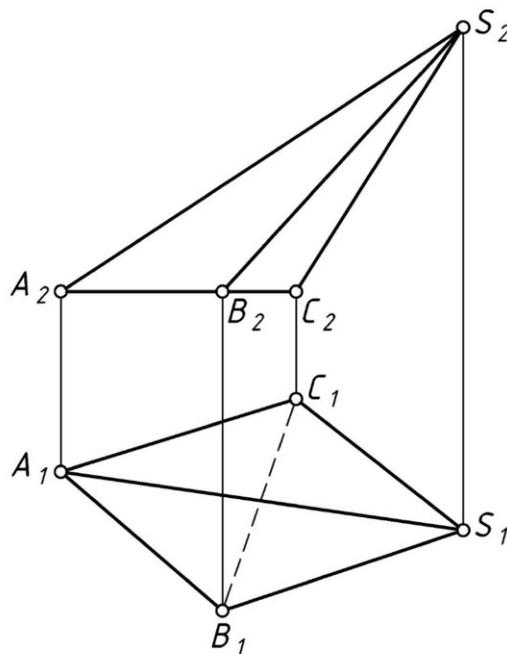


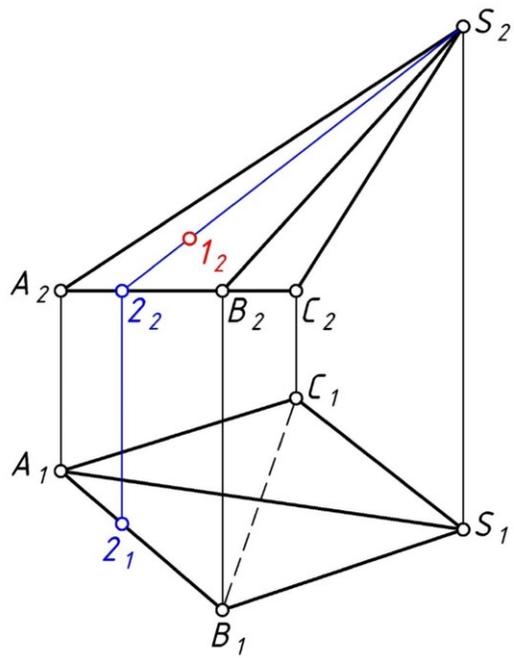
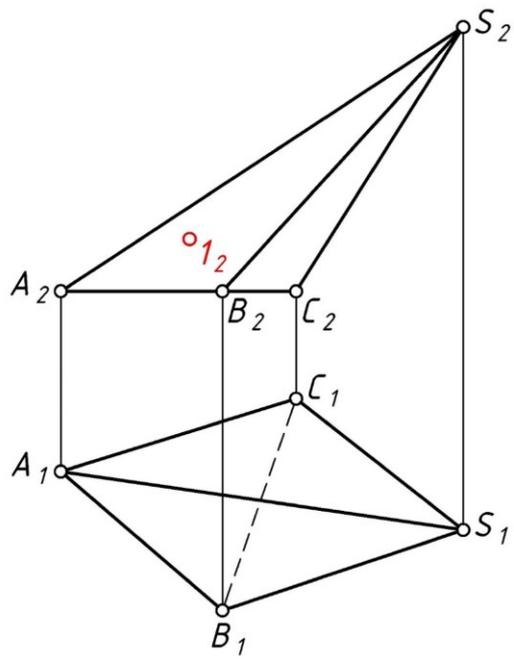
## Проецирование тора

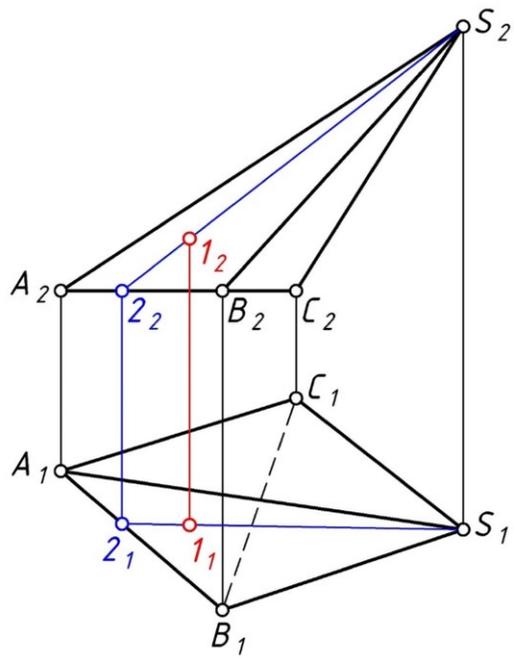
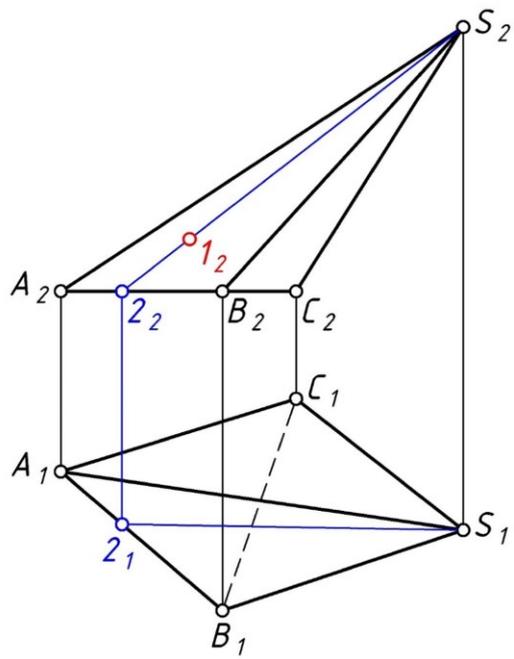


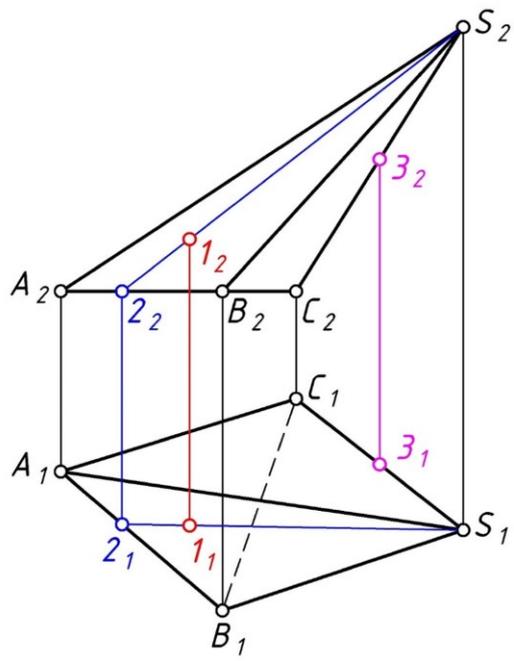
## Принадлежность точки поверхности

**Точка принадлежит поверхности** геометрической фигуры, если она находится на линии, принадлежащей этой поверхности.









## 1.2. Лекция «Пересечение геометрических объектов. Развертывание поверхностей. Решение позиционных и метрических задач»

[#ТеоретическийРаздел](#)

### ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ, ПРЯМОЙ И ПЛОСКОСТИ

Общий случай пересечения плоскостей

В результате пересечения двух плоскостей образуется прямая линия, которая одновременно принадлежит и одной и другой заданным плоскостям.

Алгоритм решения:

1. Проводим вспомогательные плоскости-посредники частного положения (проецирующие, либо уровня)  $\alpha$  и  $\beta$  (горизонтального уровня).

2. Находим поочередно линии пересечения плоскостей посредников  $\alpha$  и  $\beta$  с заданными плоскостями:

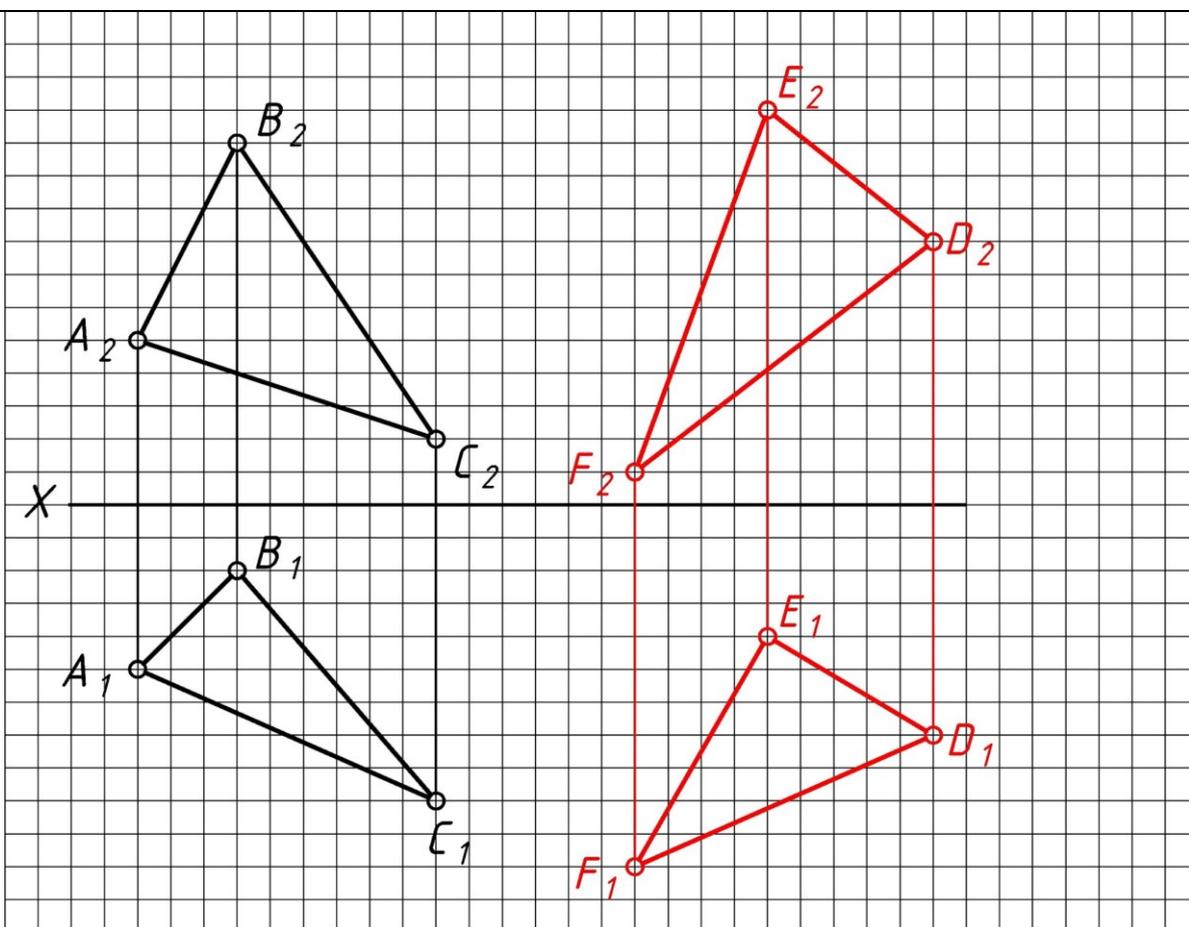
$$A1 = \Delta(ABC) \cap \alpha, \quad E1 = \Delta(EFD) \cap \alpha;$$

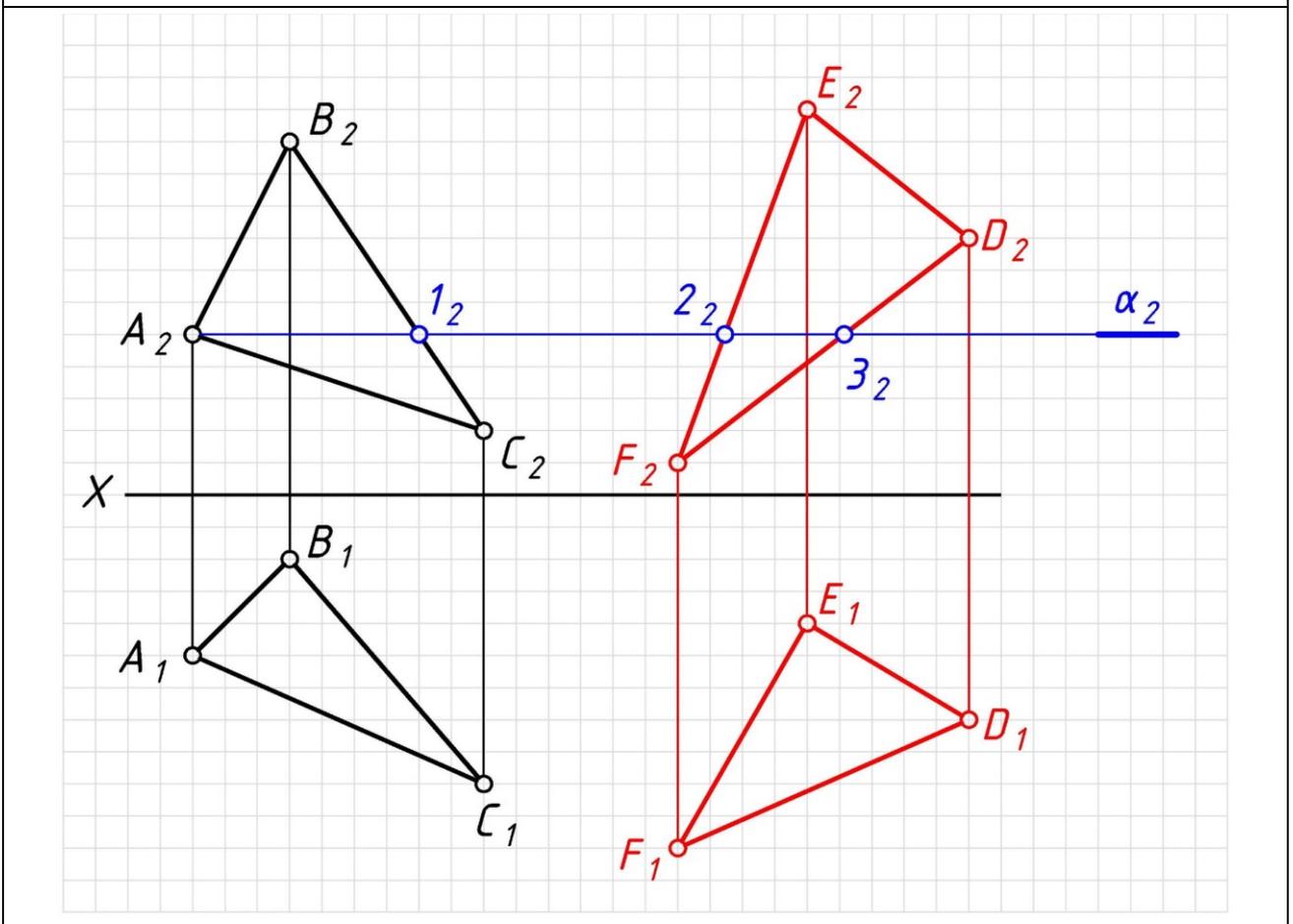
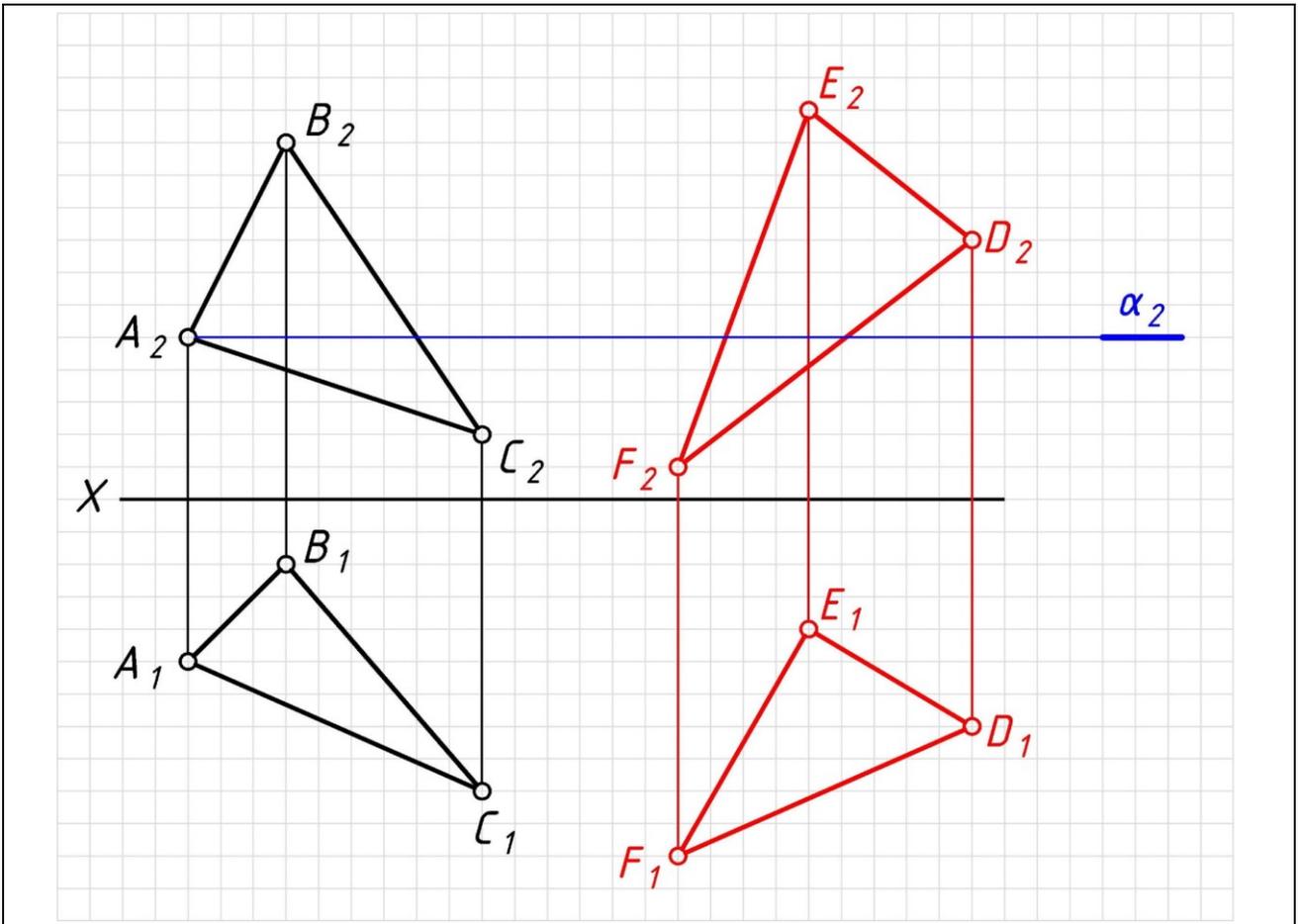
$$A2 = \Delta(ABC) \cap \beta, \quad E2 = \Delta(EFD) \cap \beta.$$

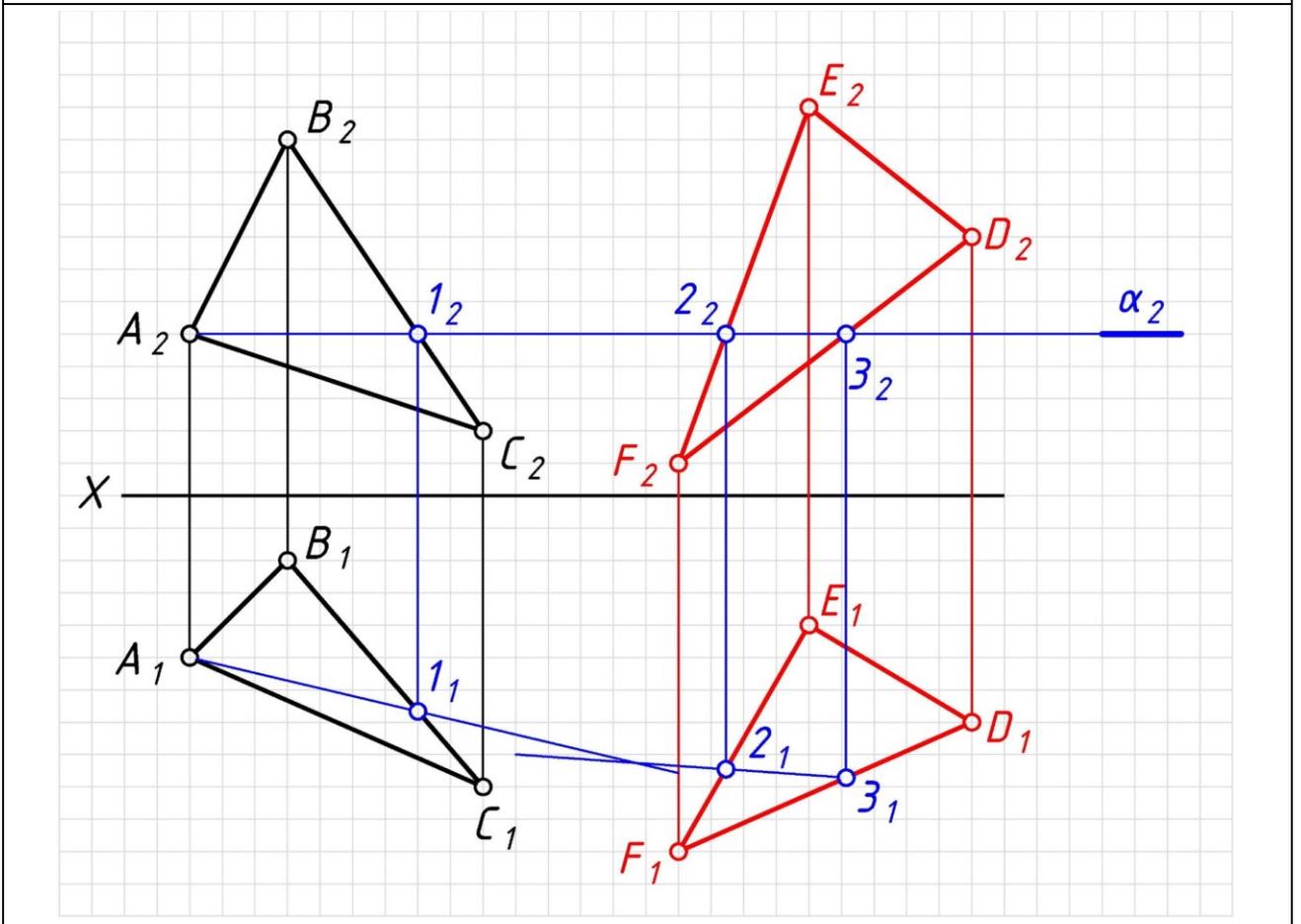
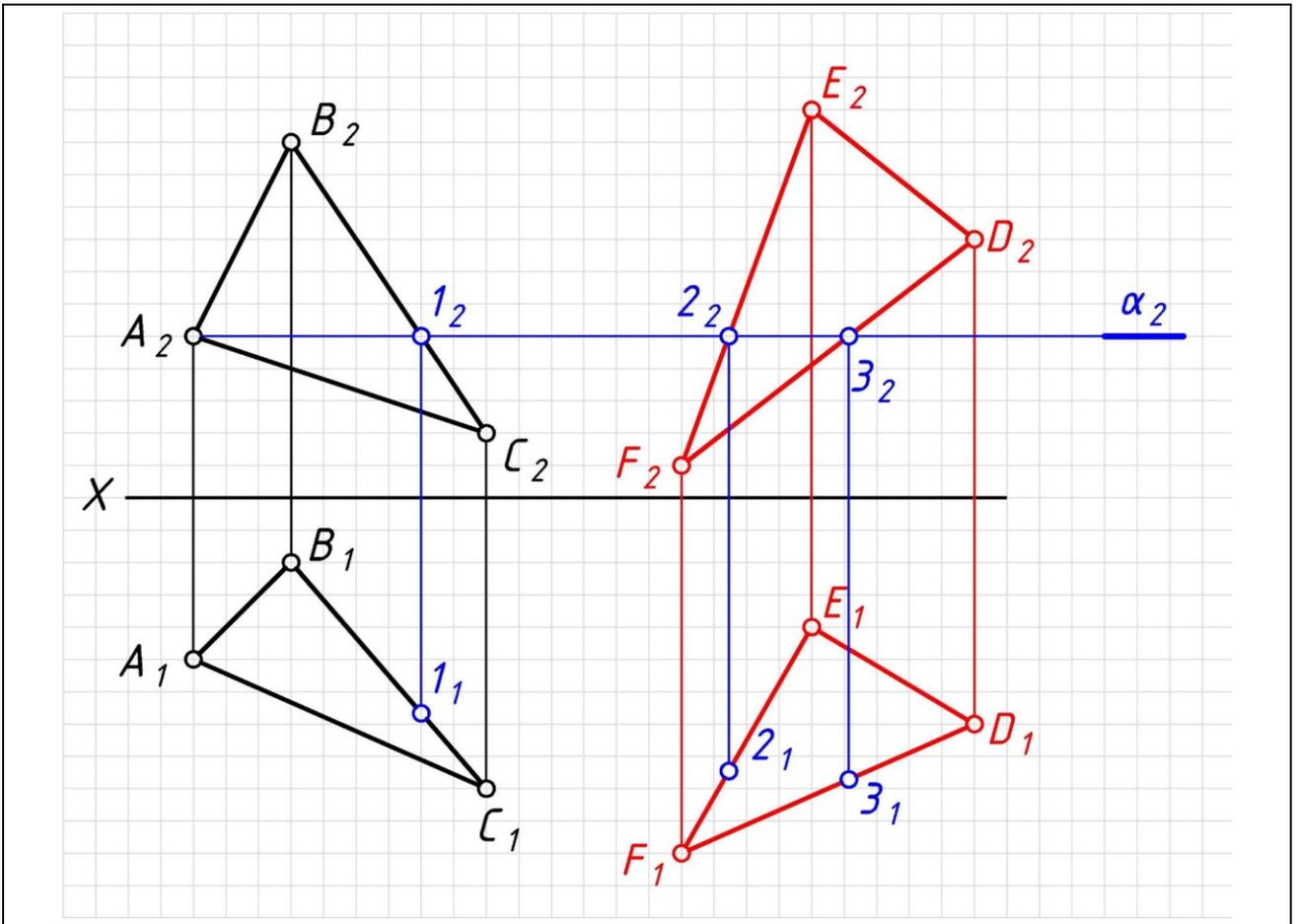
3. На пересечении соответствующих проекций линий пересечения плоскостей (заданных и посредников) определяем искомые точки  $K$  и  $L$ :

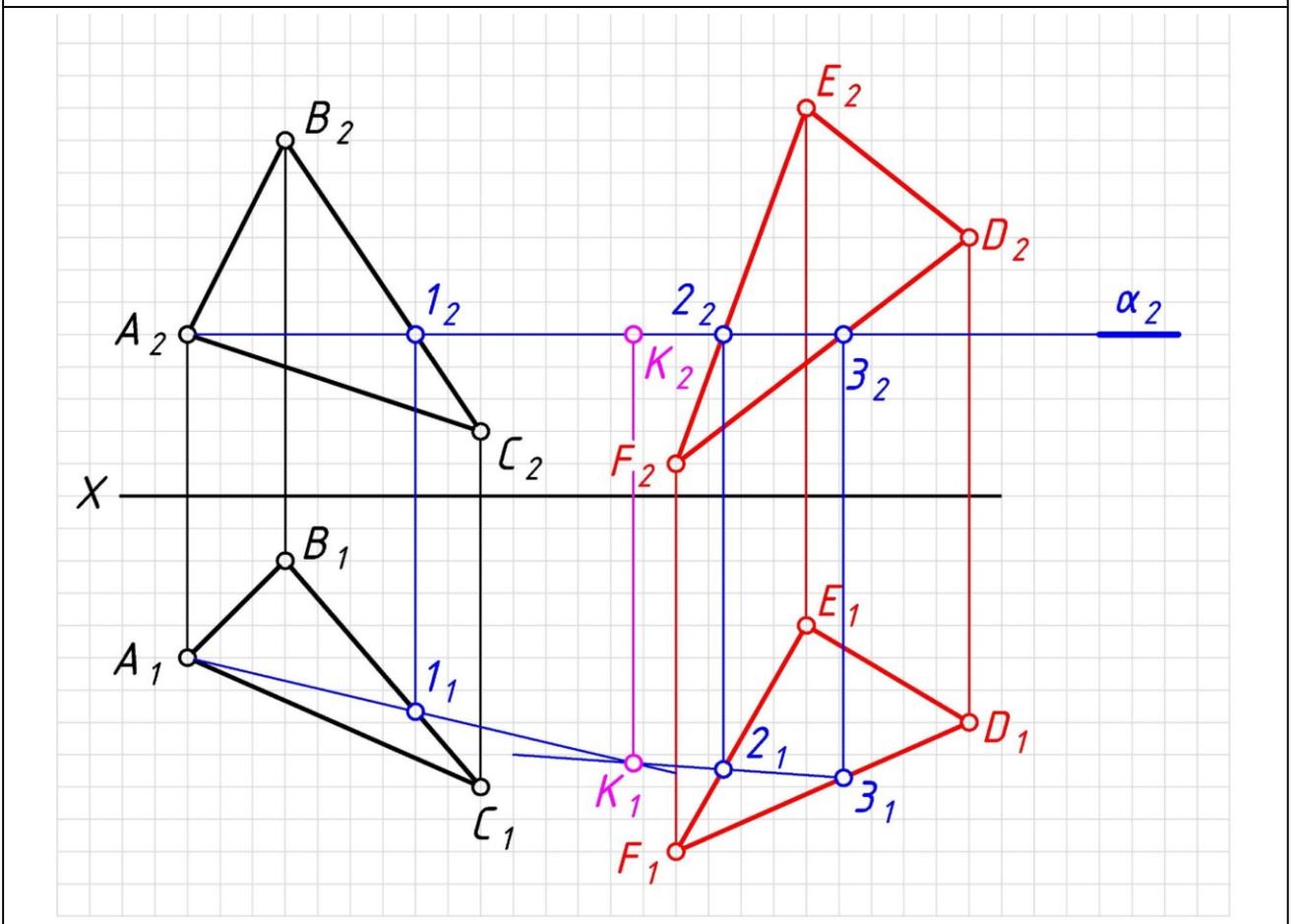
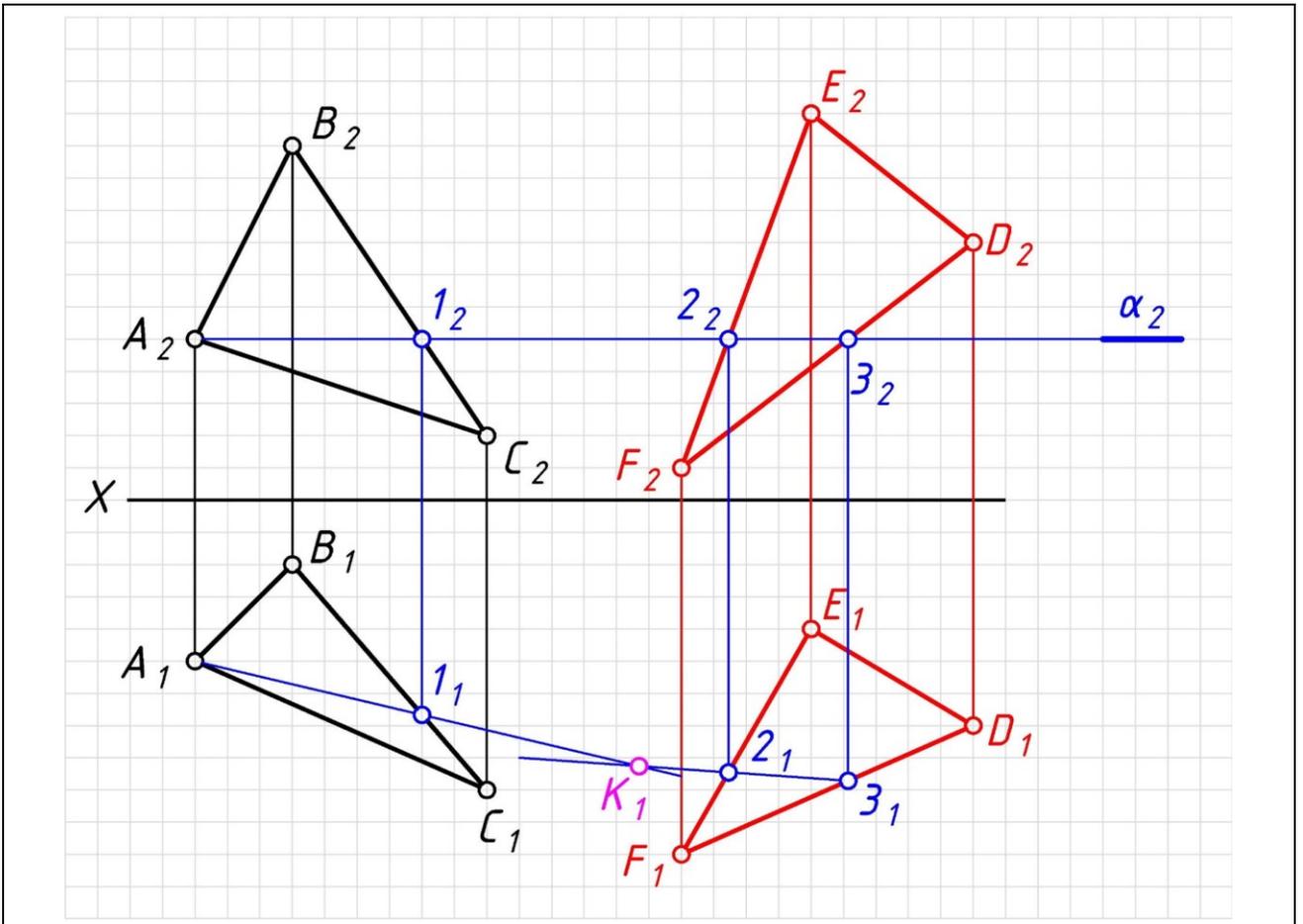
$$K_1 = A_11_1 \cap E_11_1, \quad K_2 \in \alpha_2;$$

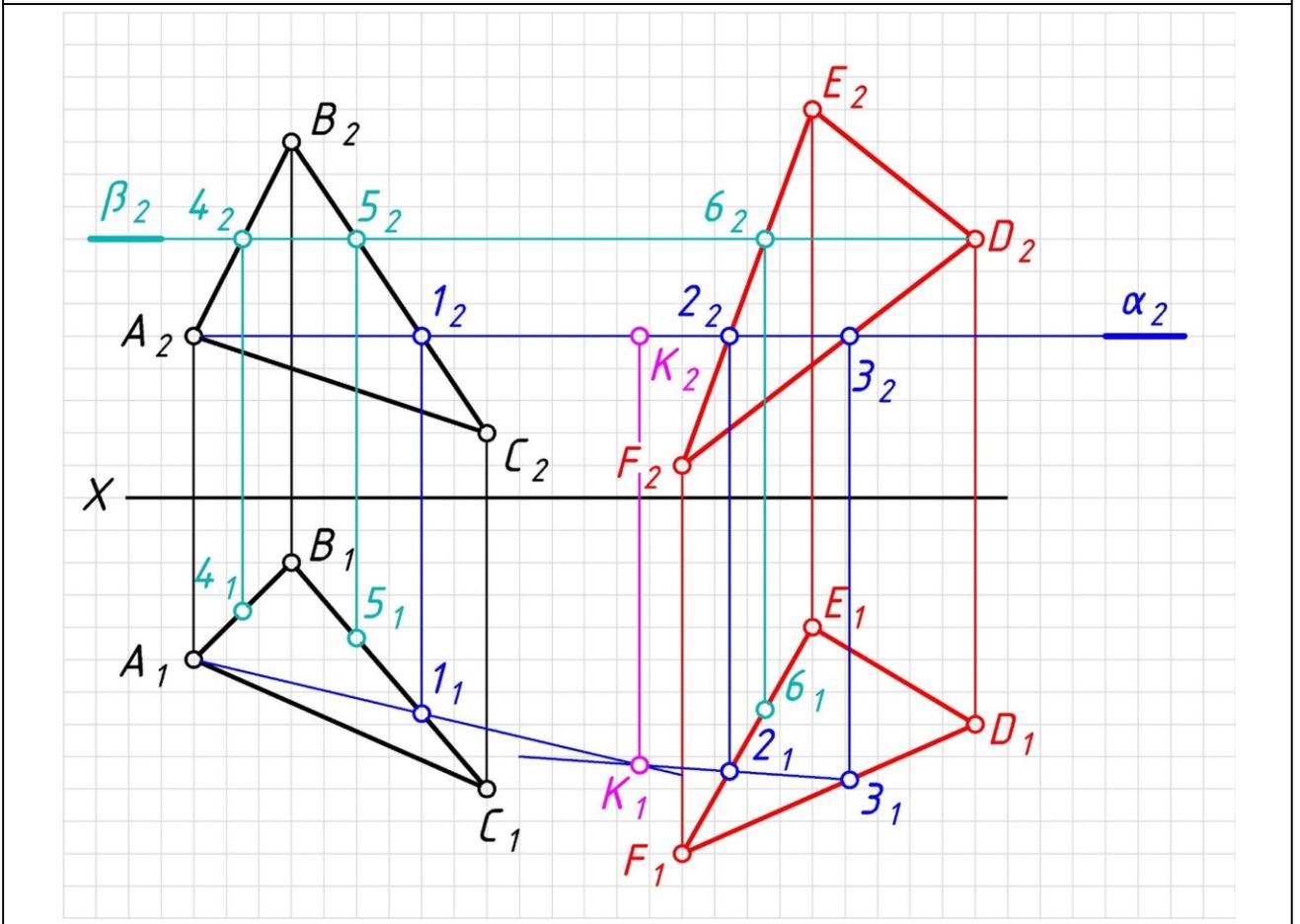
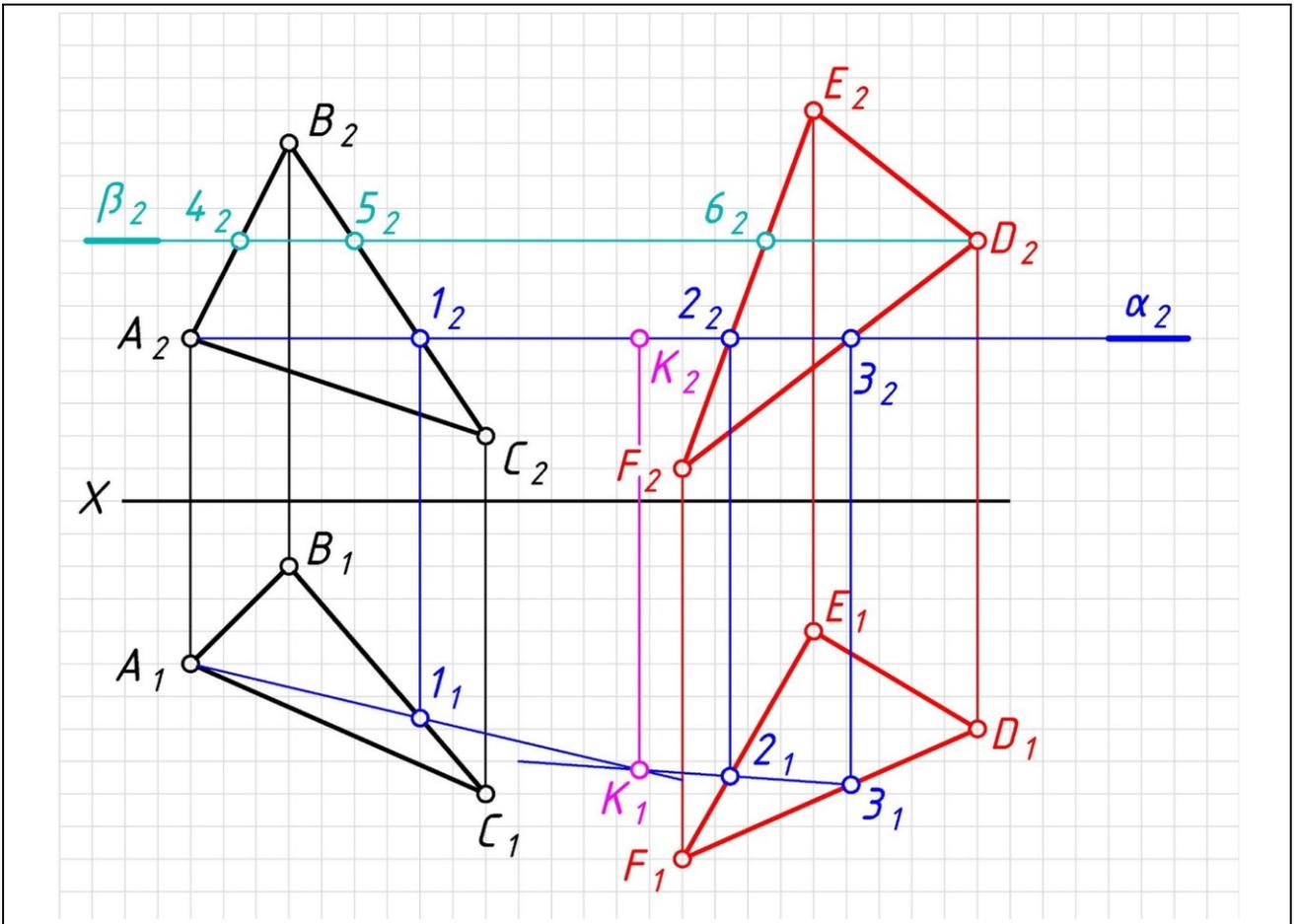
$$L_1 = A_21_1 \cap E_21_1, \quad L_2 \in \beta_2.$$

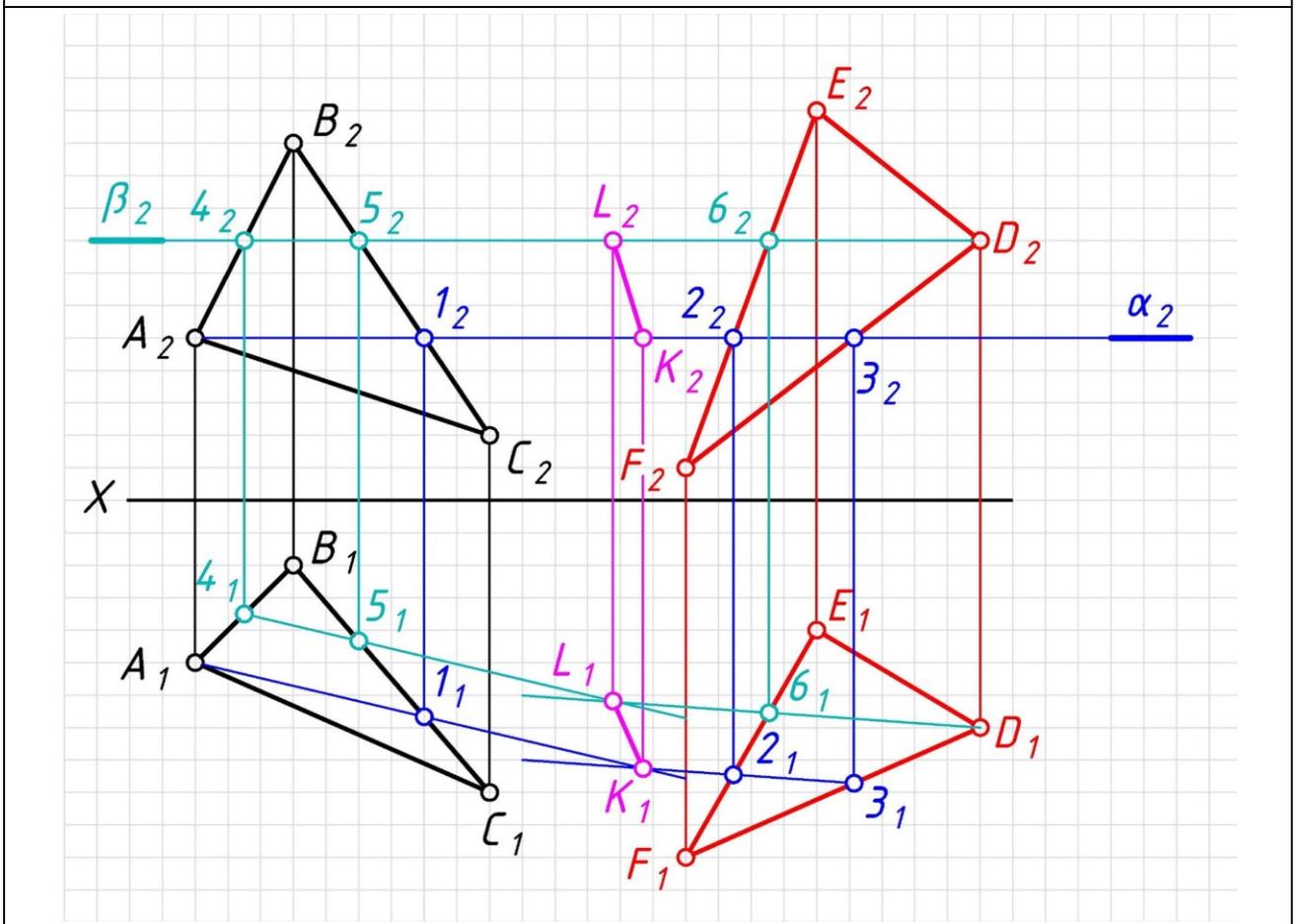
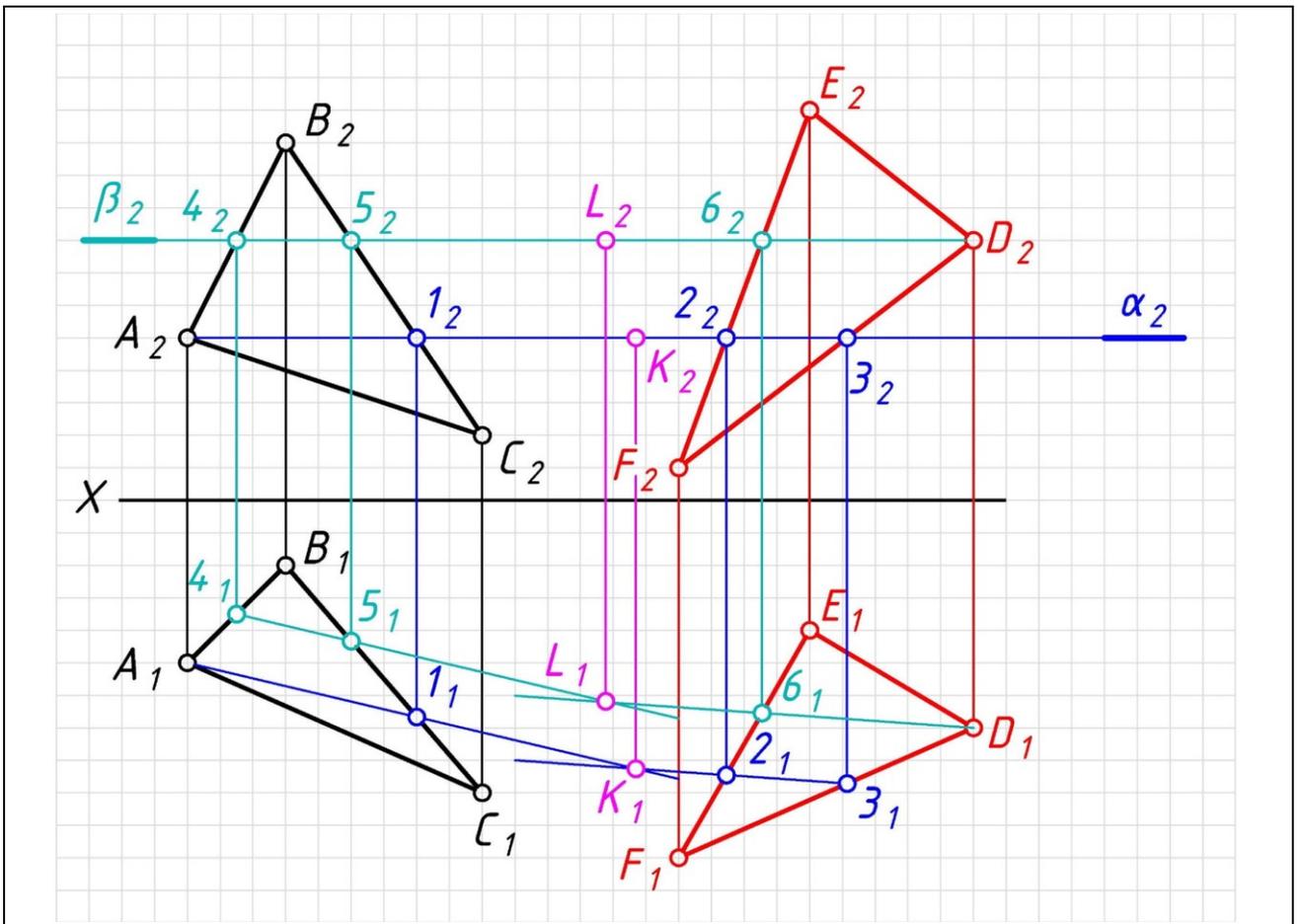








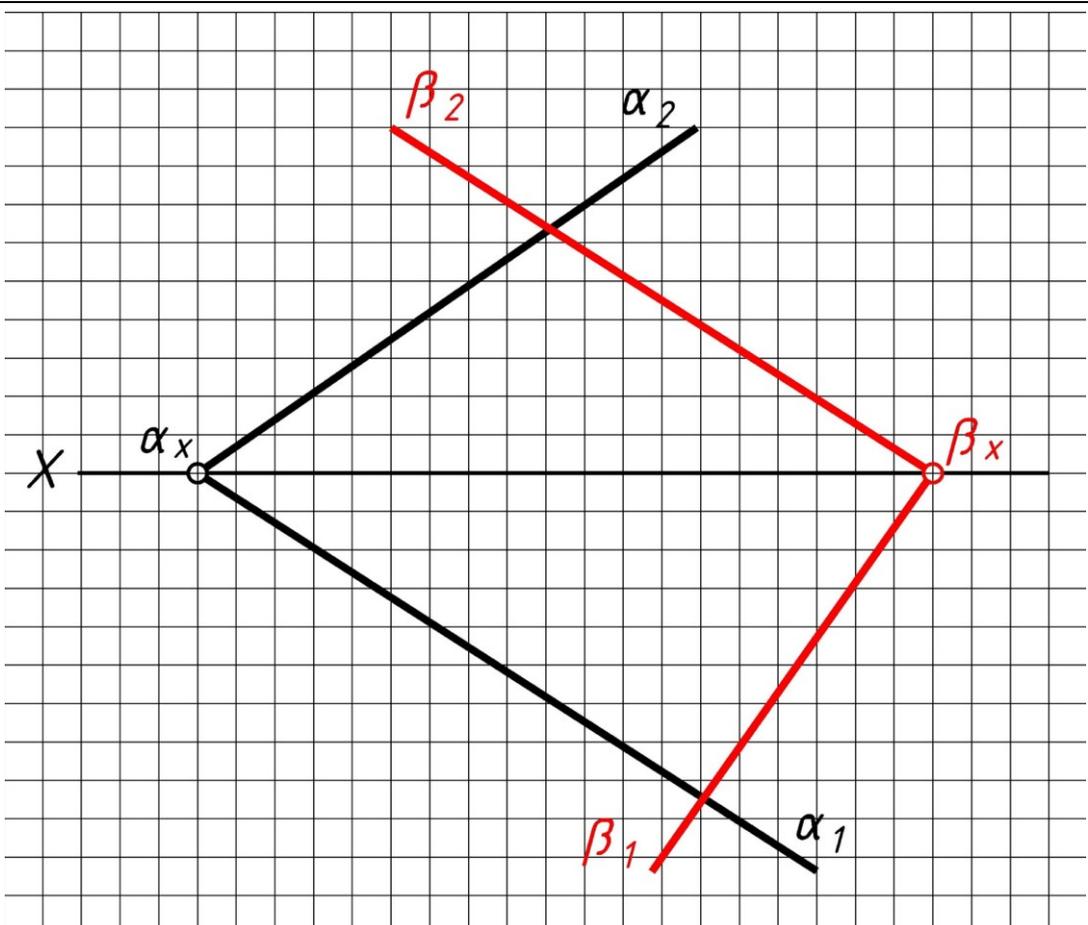


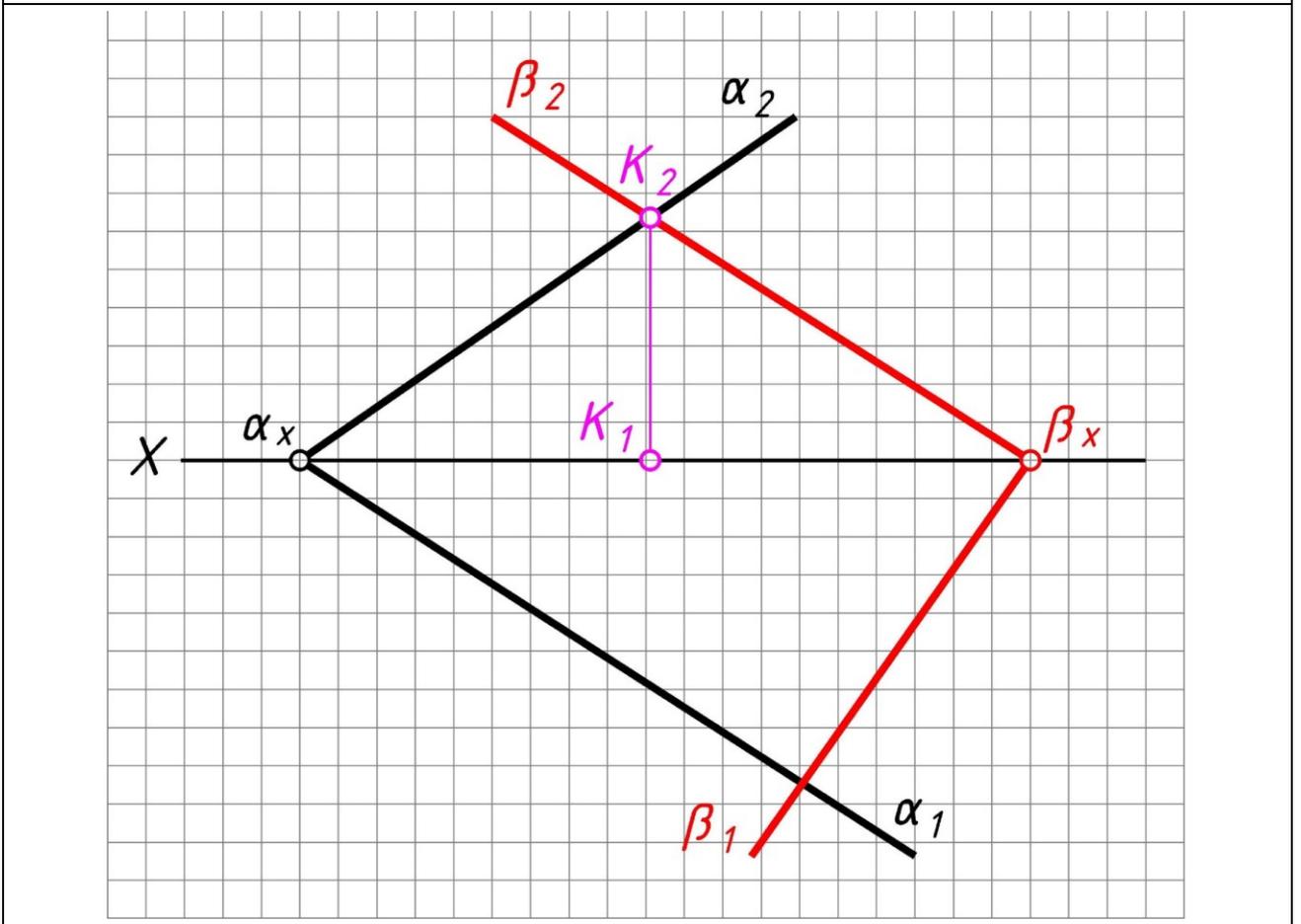
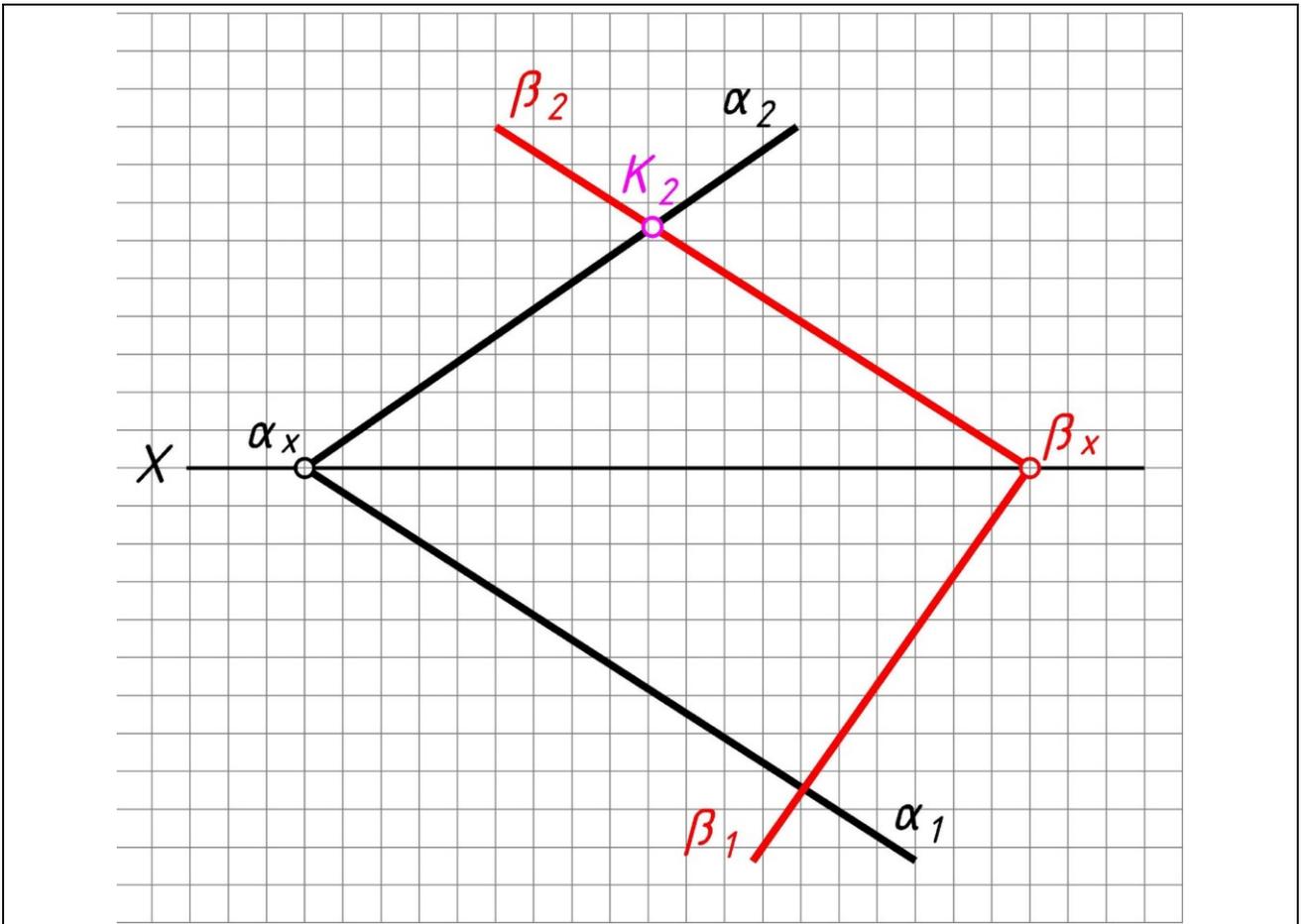


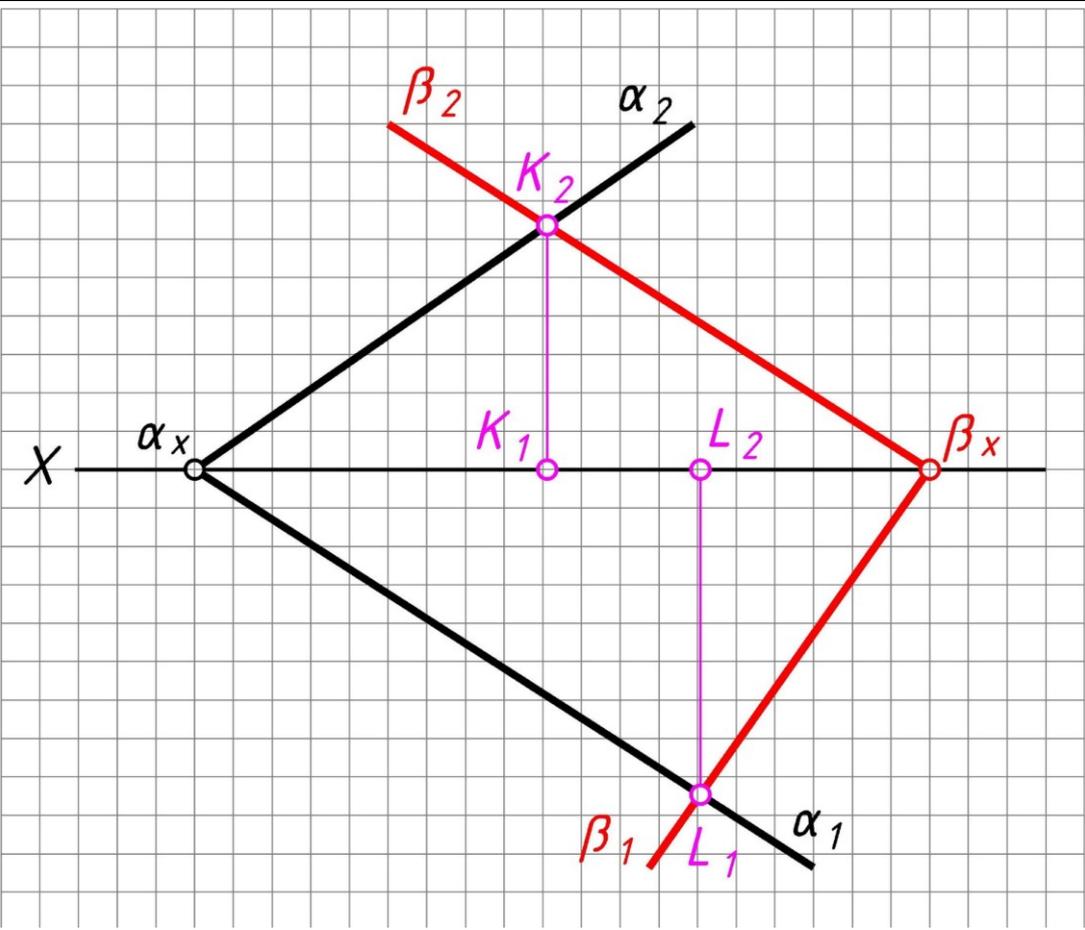
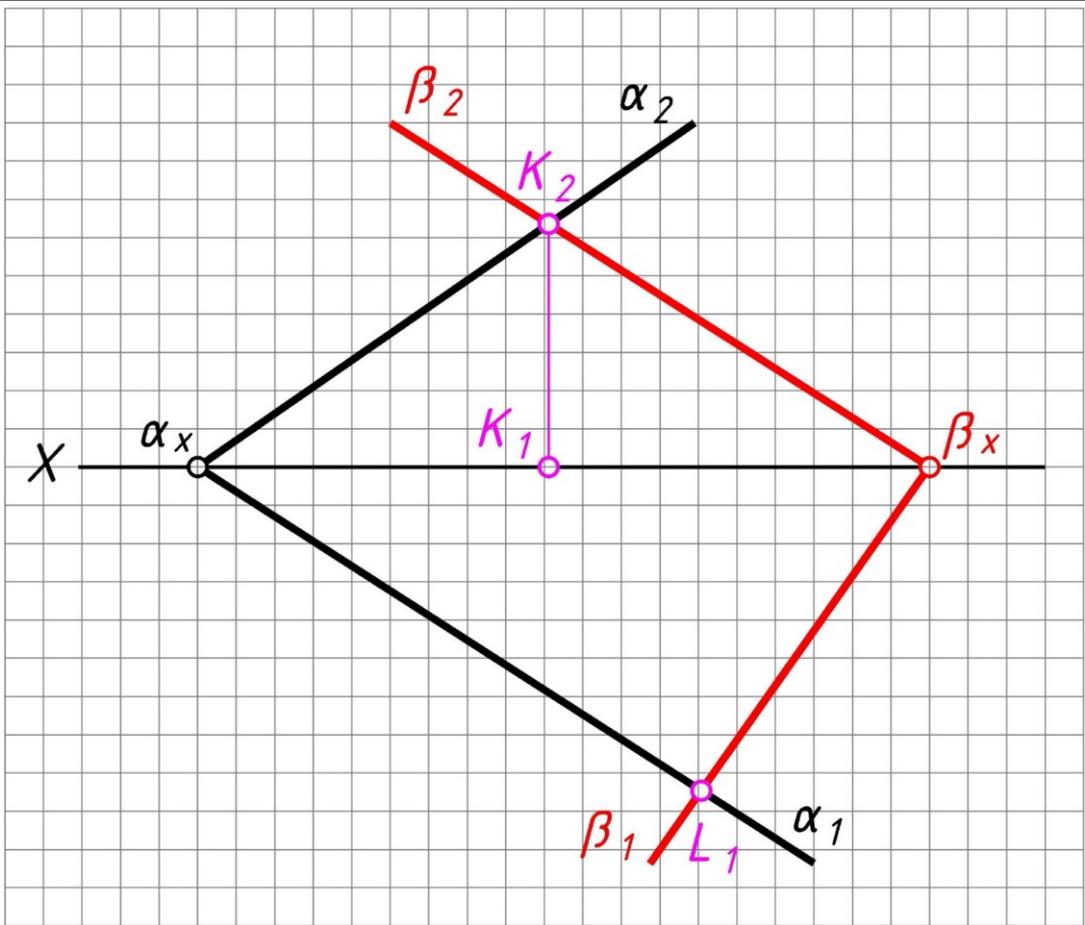
Если плоскости заданы следами.

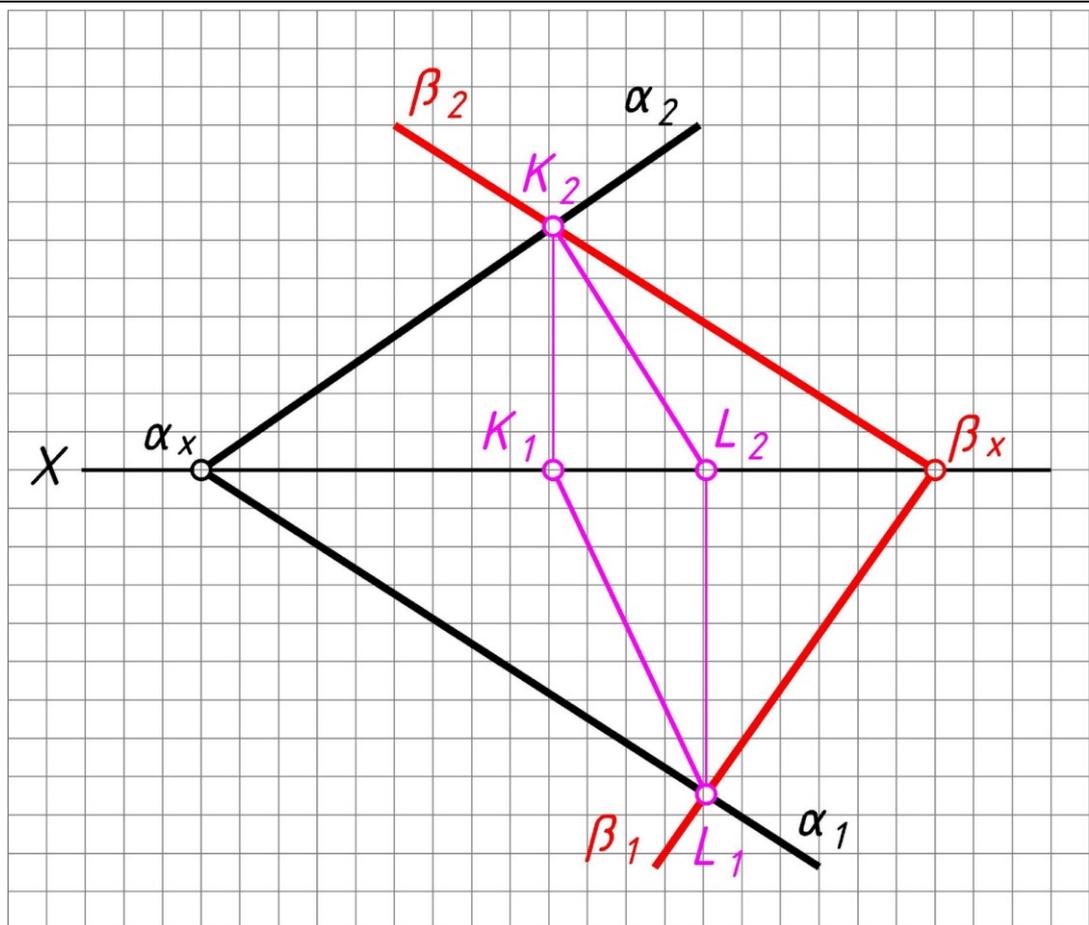
Алгоритм решения:

1. Определяем на чертеже точку  $K$  ( $K_2$ ) пересечения фронтальных следов плоскостей  $\alpha$  и  $\beta$ . Горизонтальная проекция точки  $K$  принадлежит оси  $X$ :  $K_1 \in OX$ .
2. Определяем на чертеже точку  $L$  ( $L_1$ ) пересечения горизонтальных следов плоскостей  $\alpha$  и  $\beta$ . Фронтальная проекция точки  $L$  принадлежит оси  $X$ :  $L_2 \in OX$ .
3. Одноименные проекции точек  $K$  и  $L$  соединяем прямыми.  $KL$  ( $K_1L_1$ ,  $K_2L_2$ ) – искомая линия пересечения плоскостей  $\alpha$  и  $\beta$ .









### Частные случаи пересечения двух плоскостей

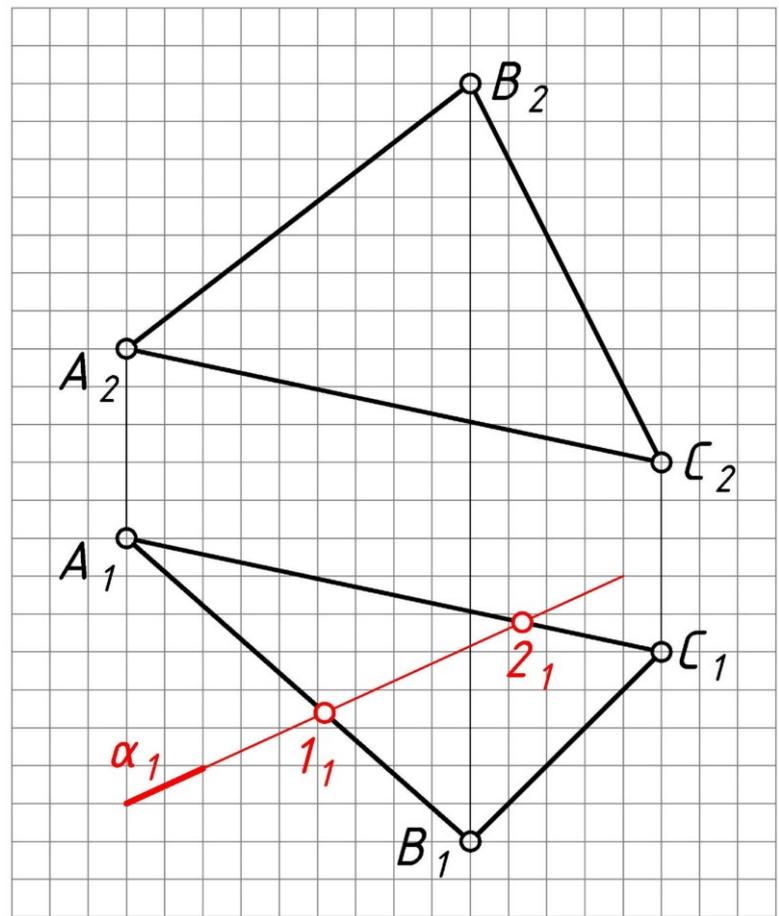
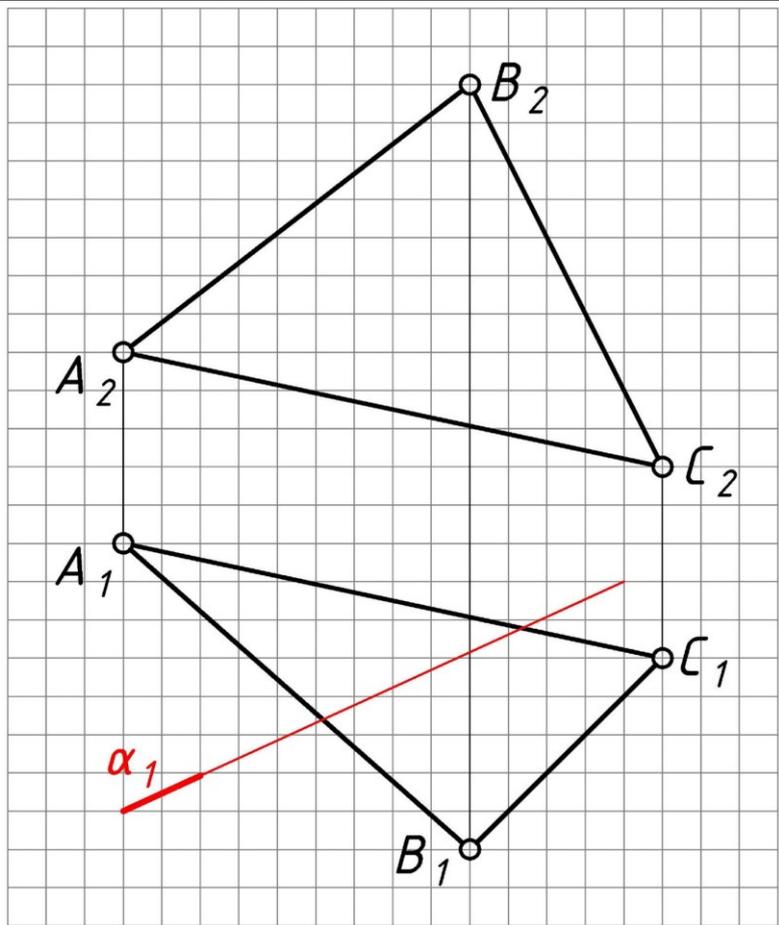
Одна, или обе плоскости занимают частное положение относительно плоскостей проекций. Используется свойство «собираемости» проецирующих ГО.

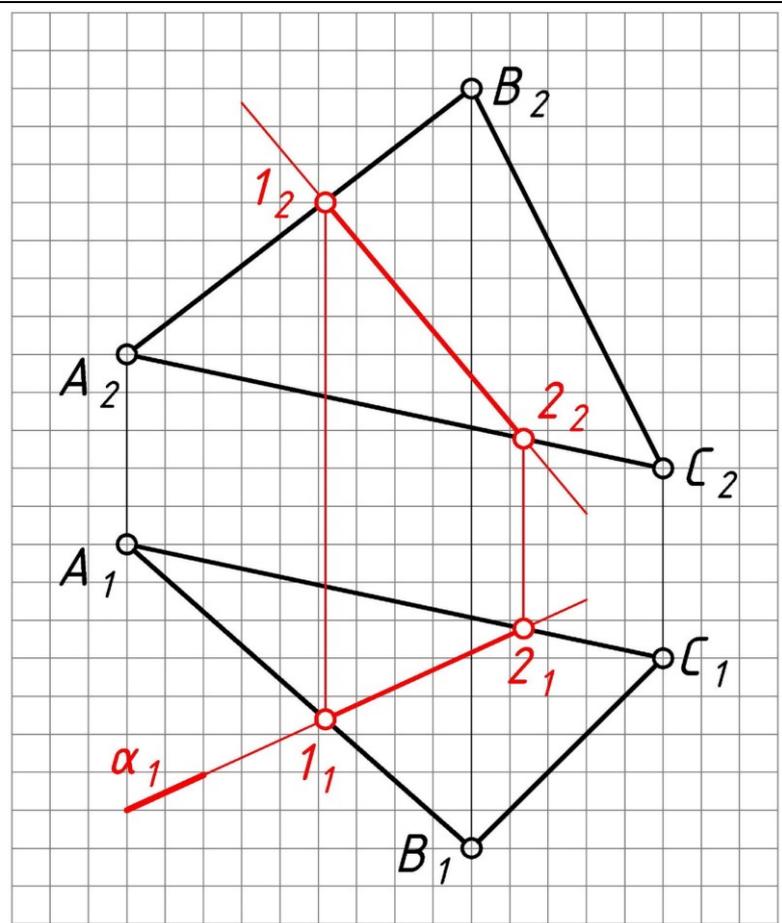
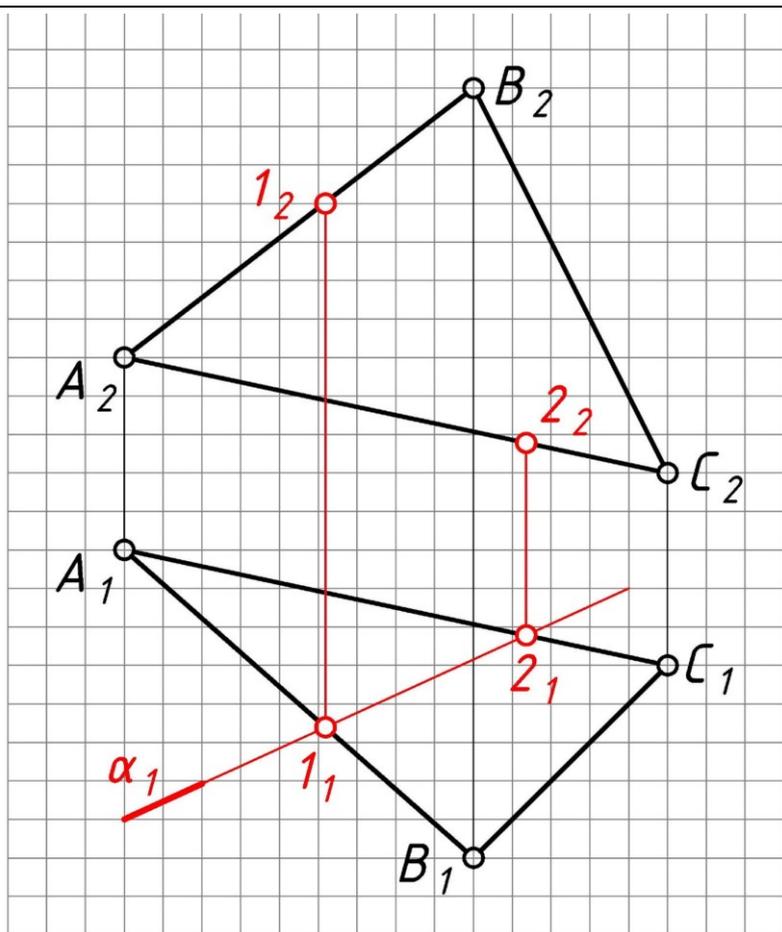
Дано:  $ABC$  – плоскость общего положения,  $\alpha$  – горизонтально проецирующая плоскость.

Найти: проекции прямой  $l_2$  пересечения плоскостей  $ABC$  и  $\alpha$ .

Решение:

1.  $1_1 = A_1B_1 \cap \alpha_1$ ,  $2_1 = A_1C_1 \cap \alpha_1$ .
2.  $1_2 \in A_2B_2$ ,  $2_2 \in A_2C_2$
3.  $l_2 (1_2, 2_2)$  – искомая линия пересечения плоскостей.



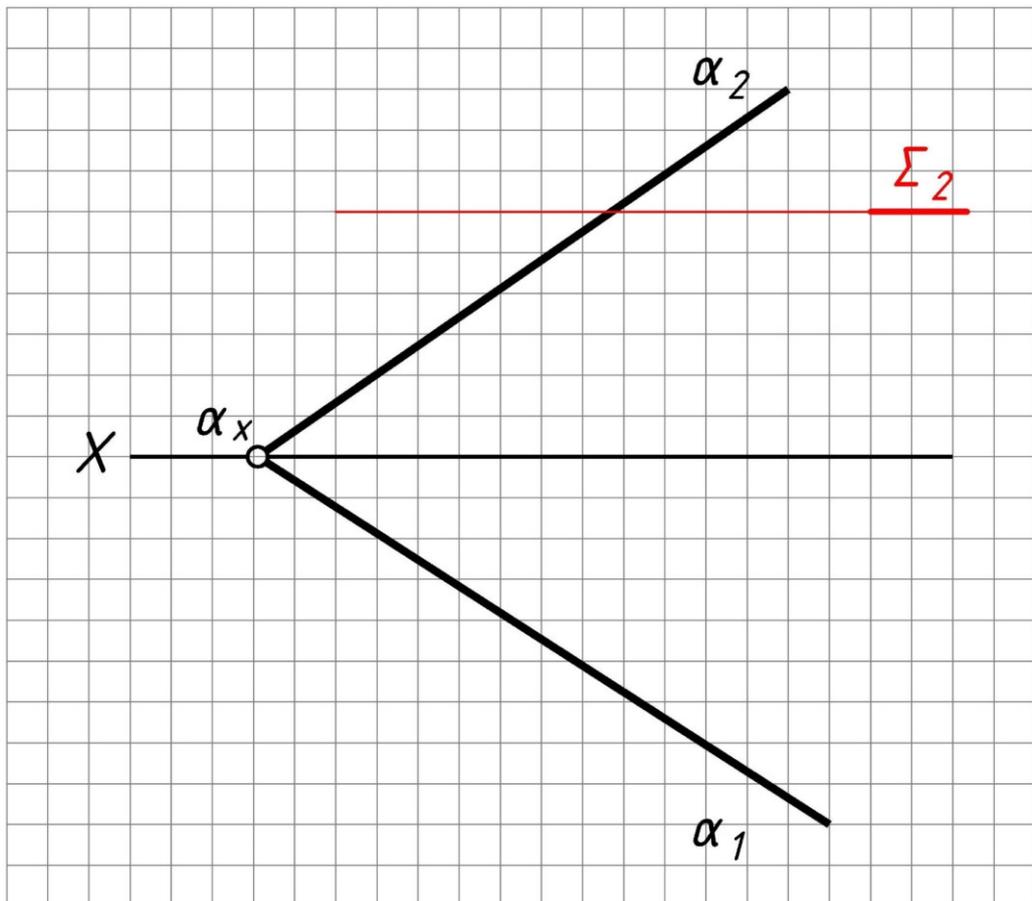


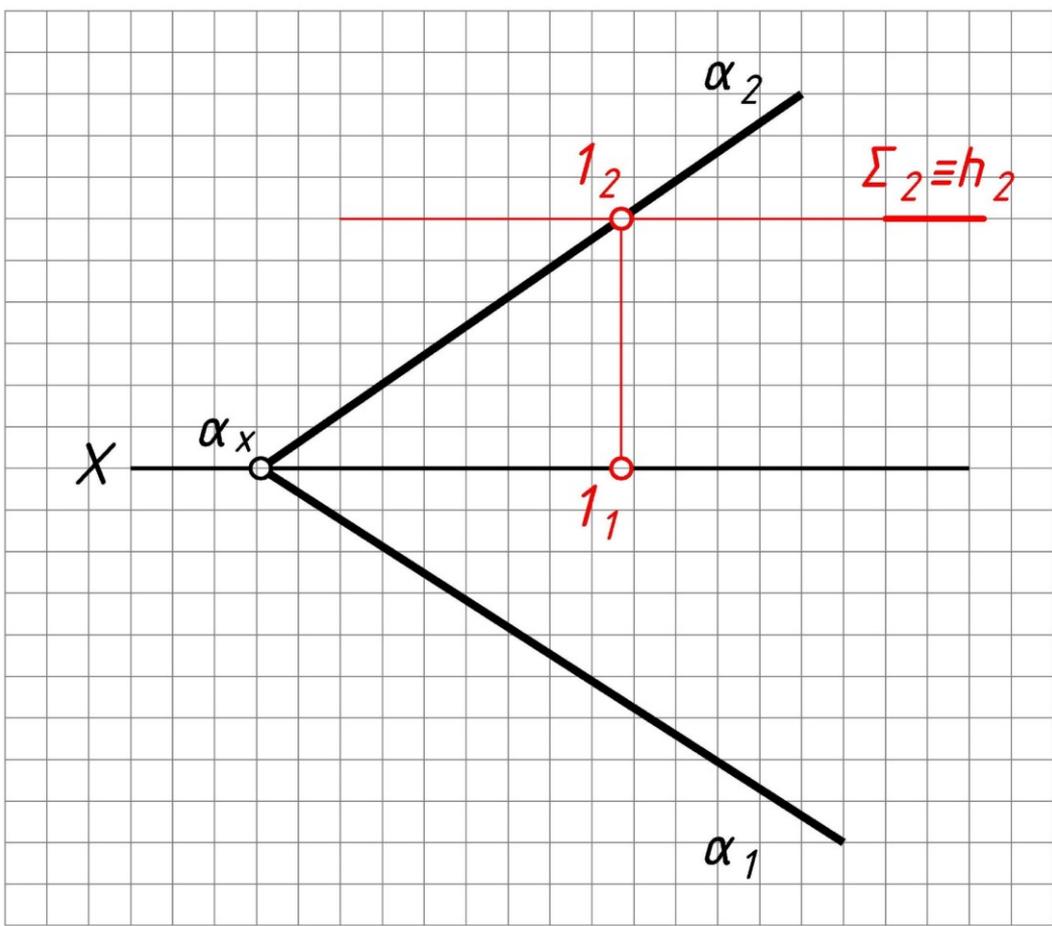
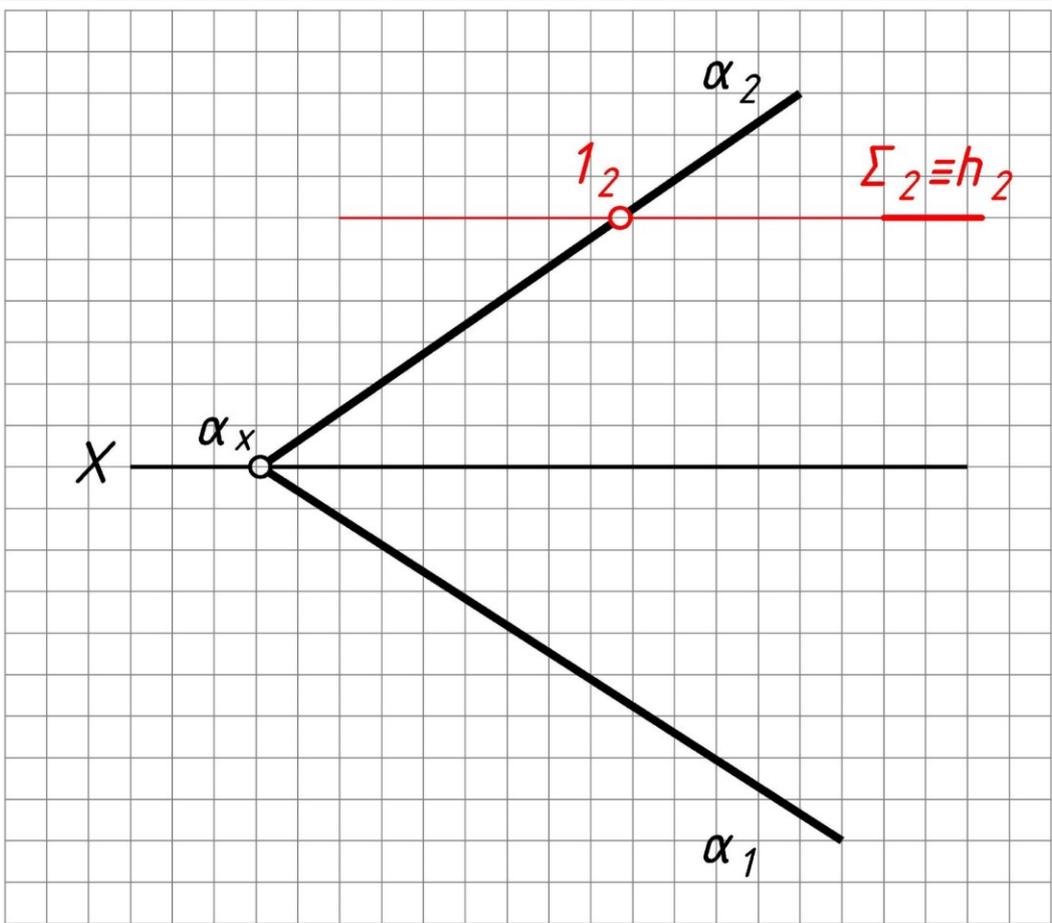
Дано:  $\alpha$  – плоскость общего положения,  $\Sigma$  – плоскость горизонтального уровня.

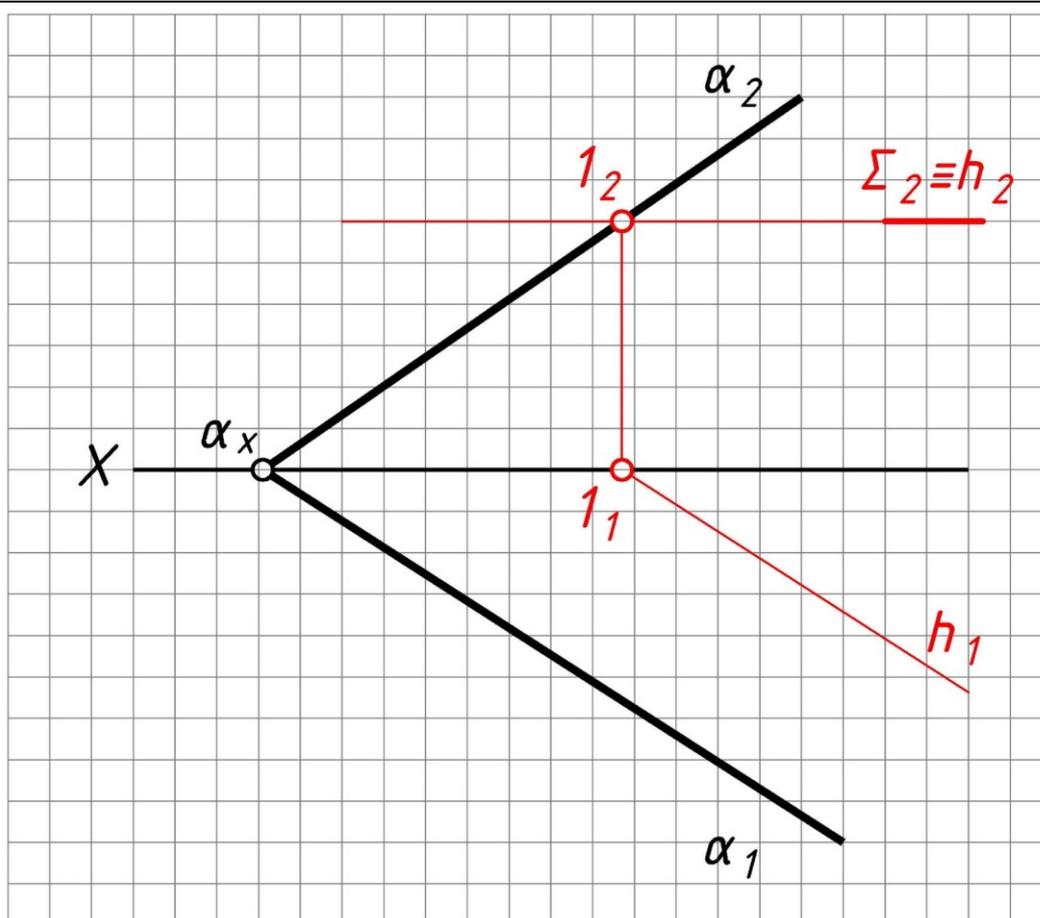
Найти: проекции прямой пересечения плоскостей  $\alpha$  и  $\Sigma$ .

Решение:

1. Плоскость уровня пересекает плоскость общего положения по горизонтали  $h$ .
2.  $h_2 \equiv \Sigma_2$ .
3.  $l_2 = h_2 \cap \alpha_2$ .
4.  $l_1 \in OX$ .
5. Через  $l_1$  проводим  $h_1, h_1 // \alpha_1$ .
6.  $h (h_1, h_2)$  – искомая линия пересечения плоскостей.





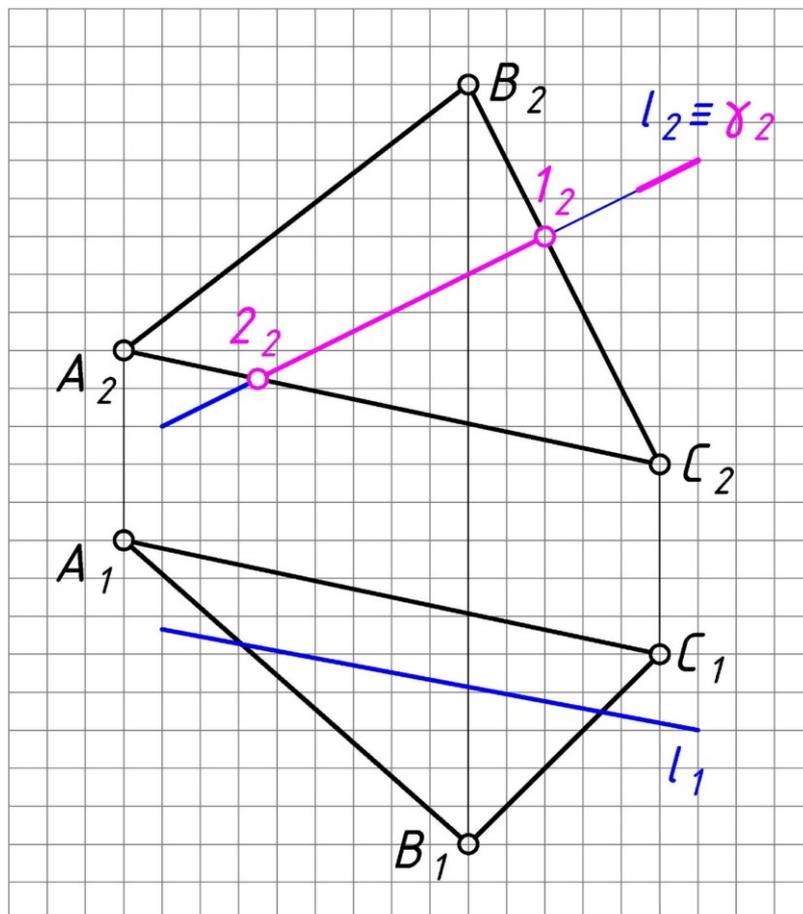
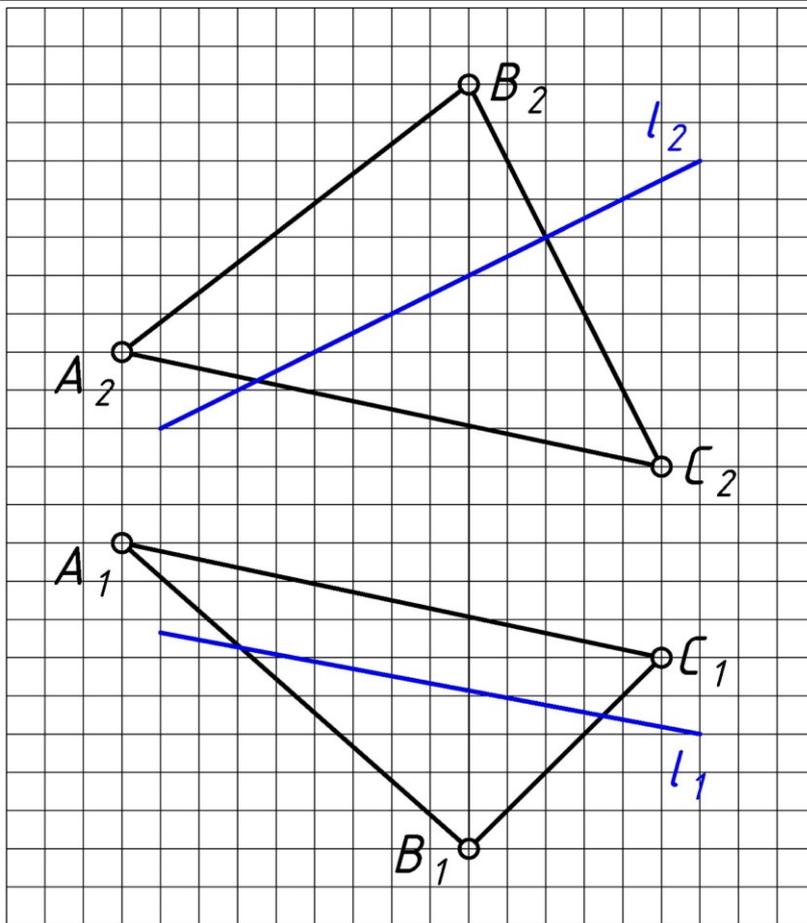


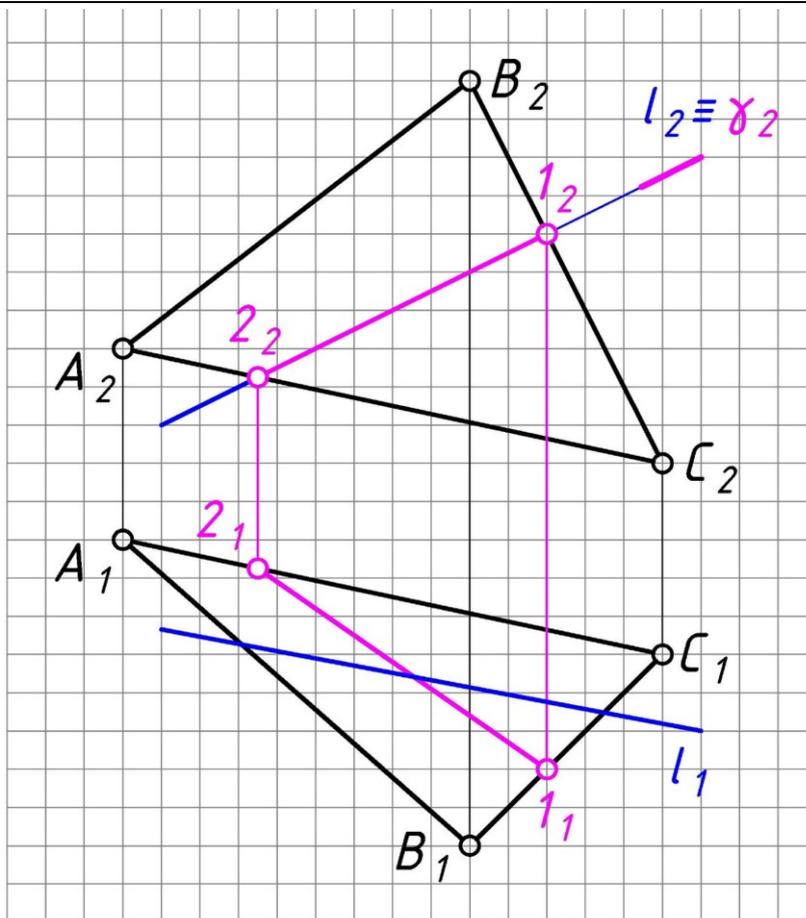
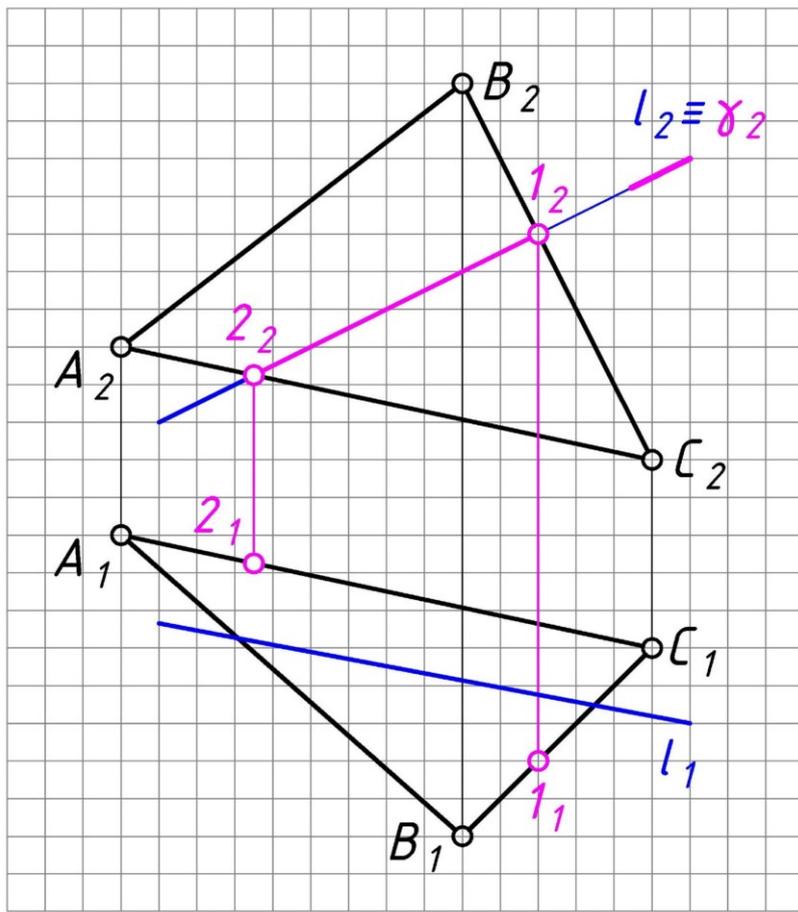
### Общий случай пересечения прямой и плоскости

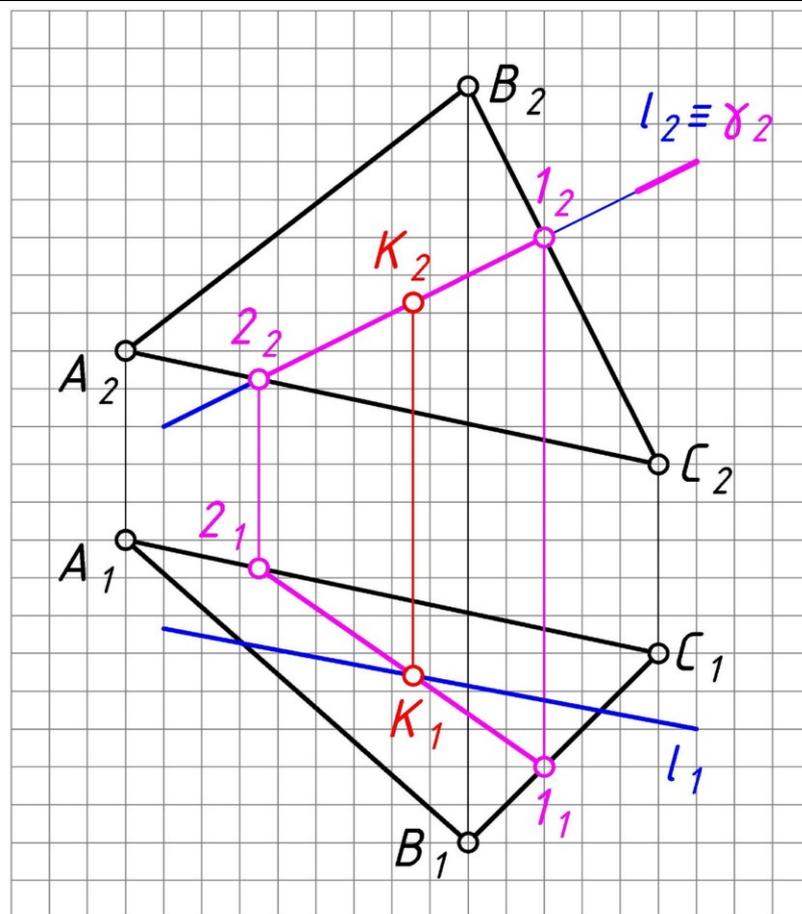
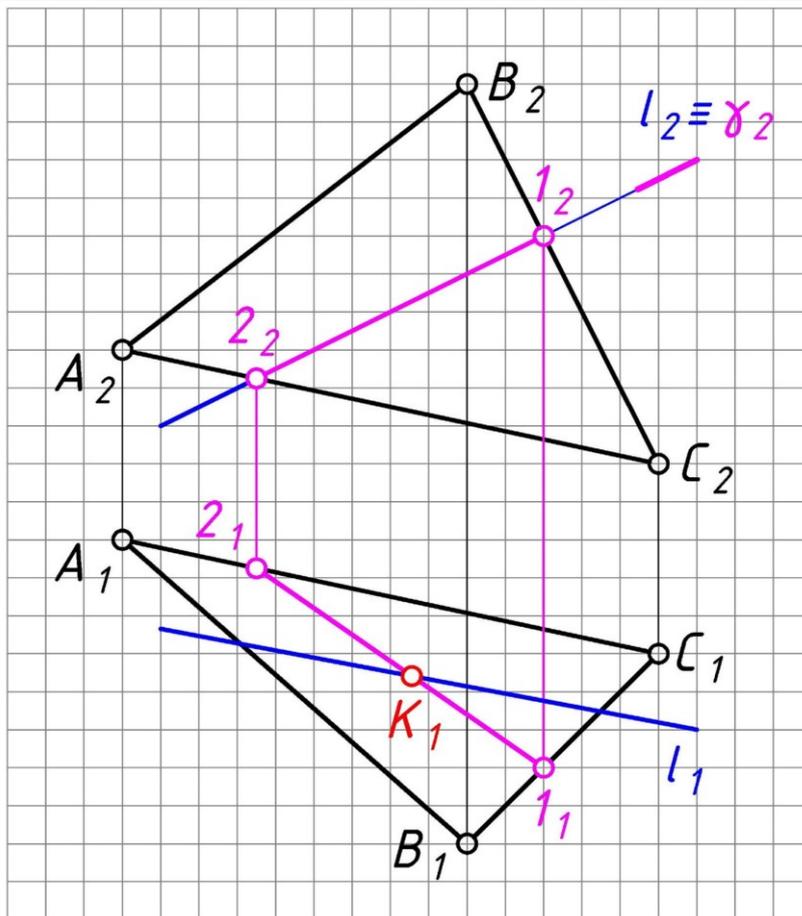
В результате пересечения прямой с плоскостью образуется точка, которая одновременно принадлежит и прямой и плоскости.

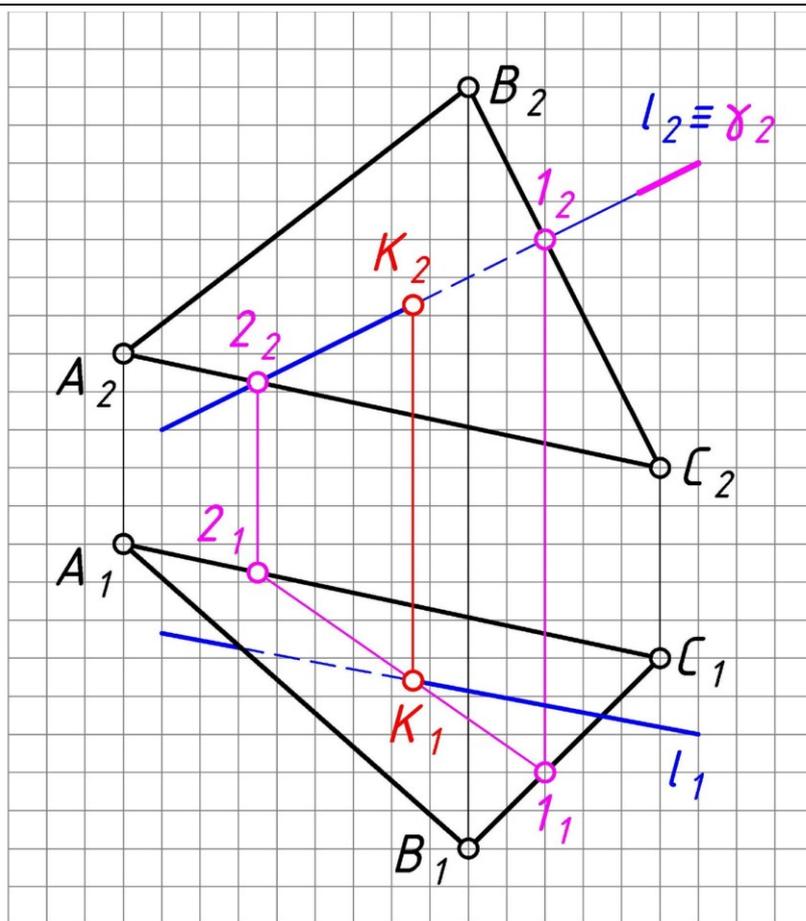
Алгоритм решения:

1. Заключаем прямую  $l$  во вспомогательную плоскость-посредник частного положения (проецирующую, либо уровня)  $\chi$  (фронтально проецирующую).
2. Определяем линию пересечения  $l_2$  заданной плоскости  $ABC$  со вспомогательной плоскостью-посредником  $\chi$ .
3. Определяем точку пересечения заданной прямой  $l$  с заданной плоскостью  $ABC$ , как точку пересечения этой прямой с линией пересечения плоскостей:  
 $K_1 = l_2 \cap l_1$   
 $K_2 \in l_2$
4. Определяем видимость прямой  $l$ .









### Частные случаи пересечения прямой и плоскости

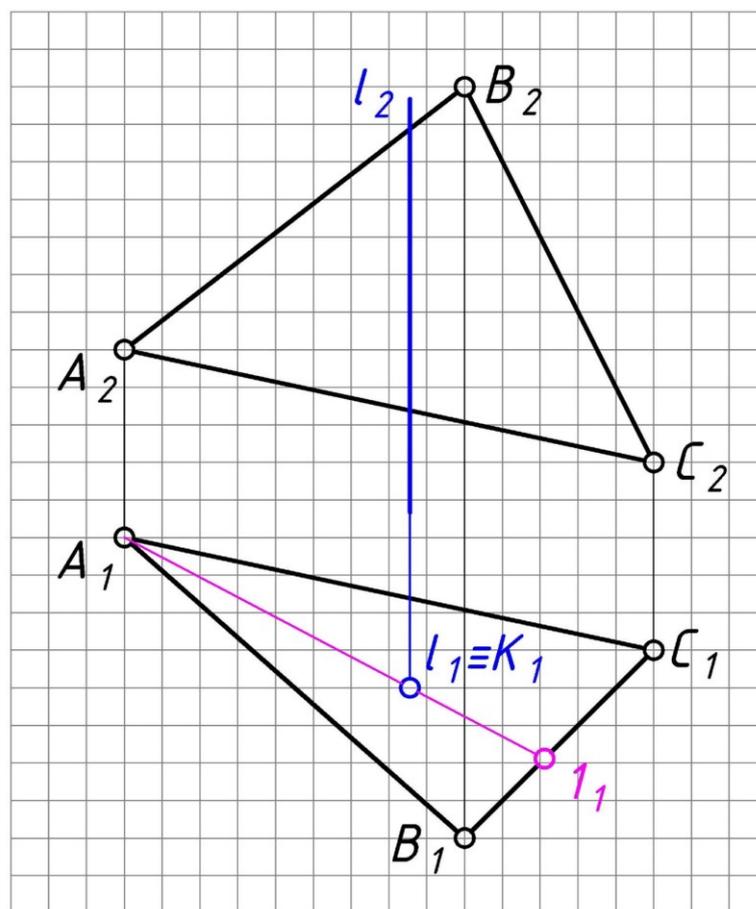
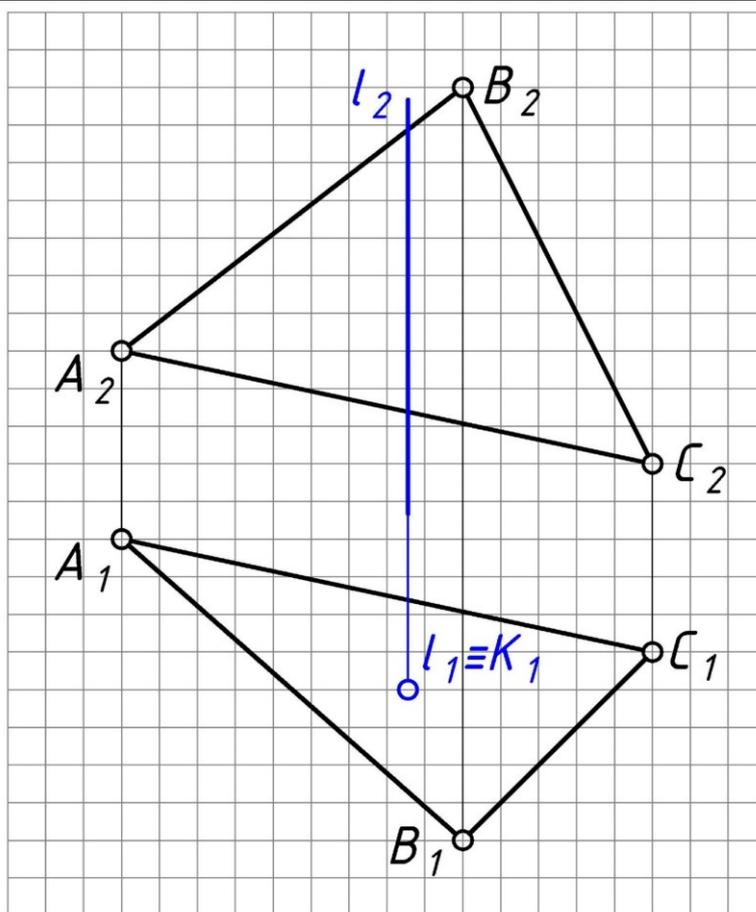
Один, или оба ГО занимают частное положение относительно плоскостей проекций. Используется свойство «собираемости» проецирующих ГО.

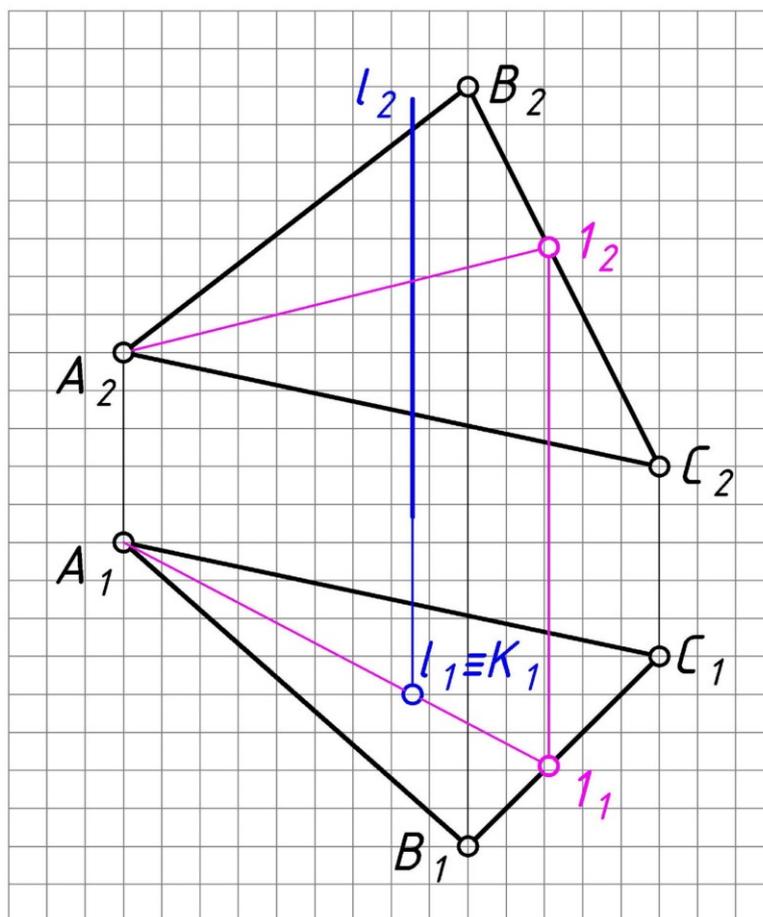
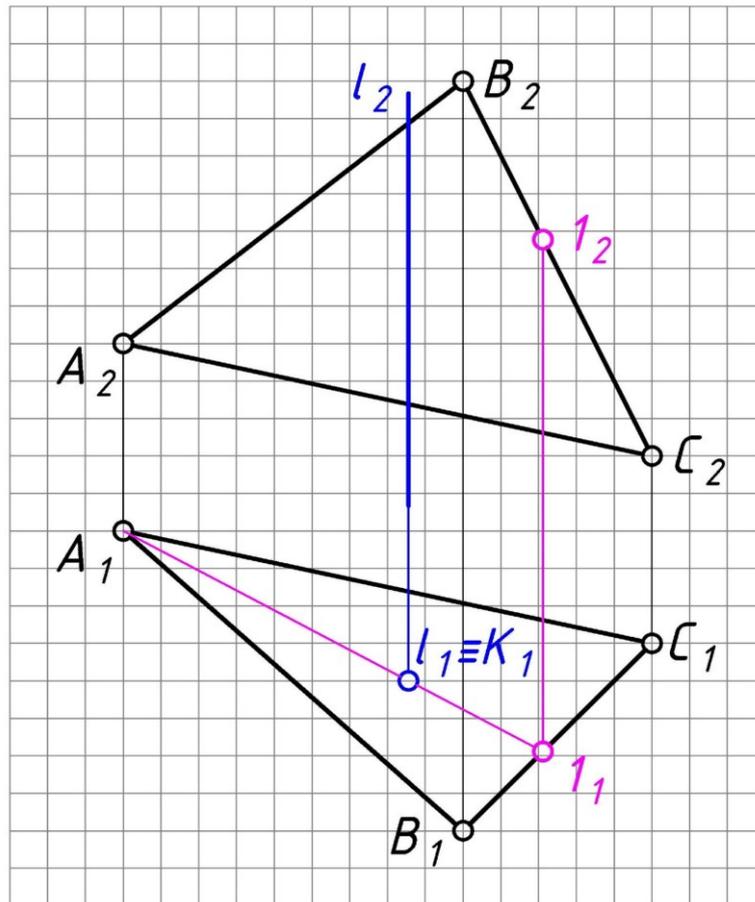
Дано:  $ABC$  – плоскость общего положения,  $l$  – горизонтально проецирующая прямая.

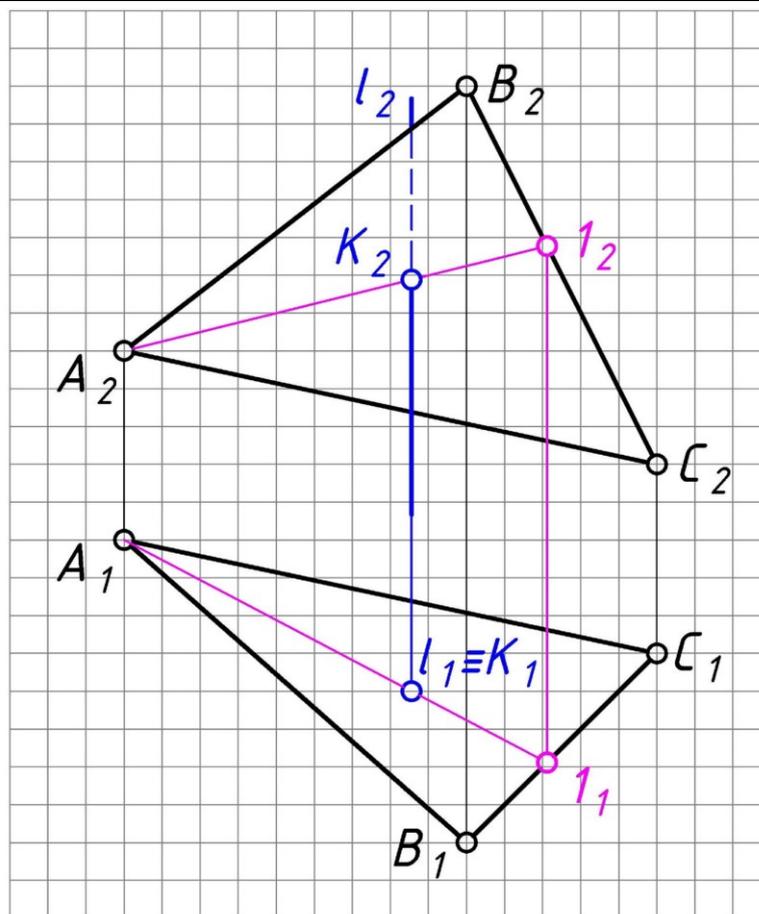
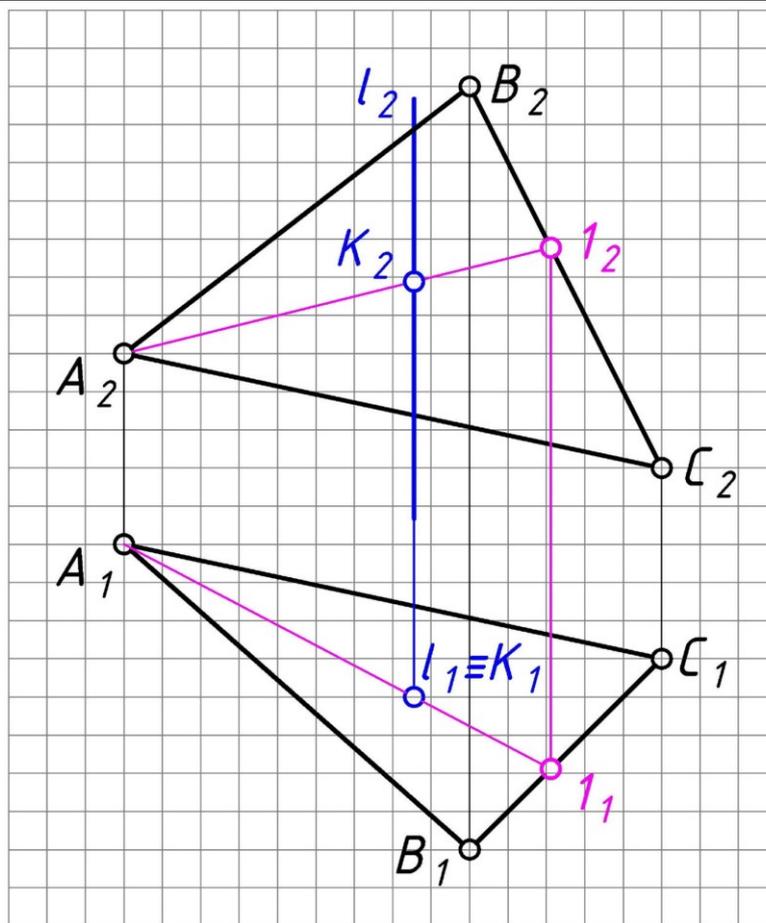
Найти: проекции точки  $K$  пересечения плоскости  $ABC$  с прямой  $l$ .

Решение:

1.  $K_1 \equiv l_1$ .
2. Через  $K_1$  проводим  $A_11_1$ ,  $A_1 \in (ABC)$ .
3.  $K_2 = A_21_2 \cap l_2$ .
4. Определяем видимость прямой  $l$ .





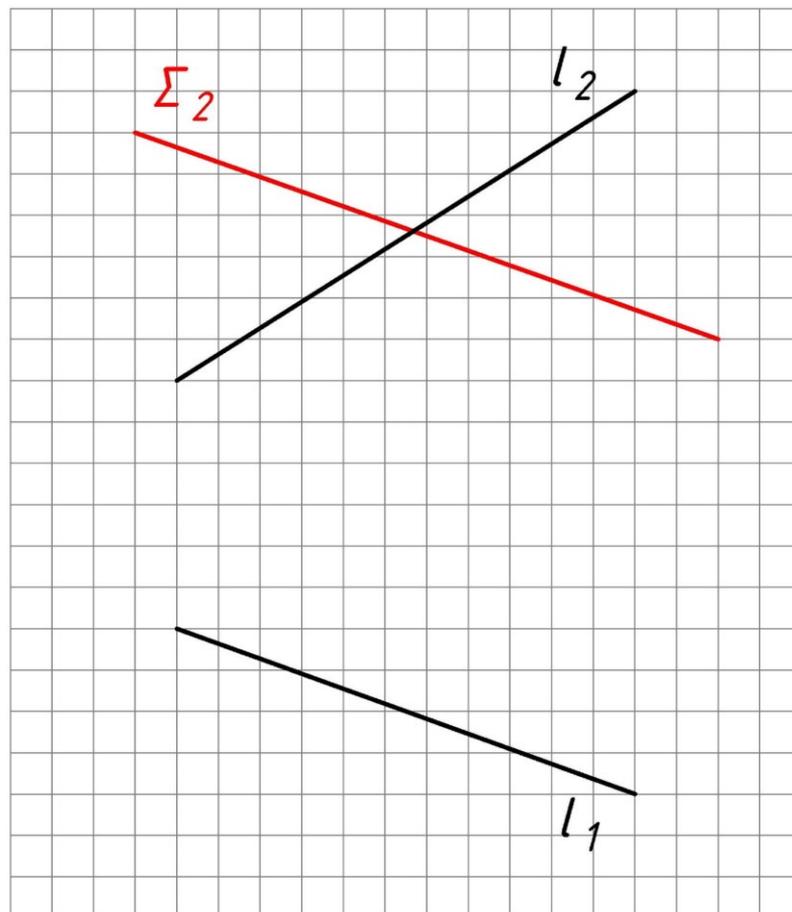


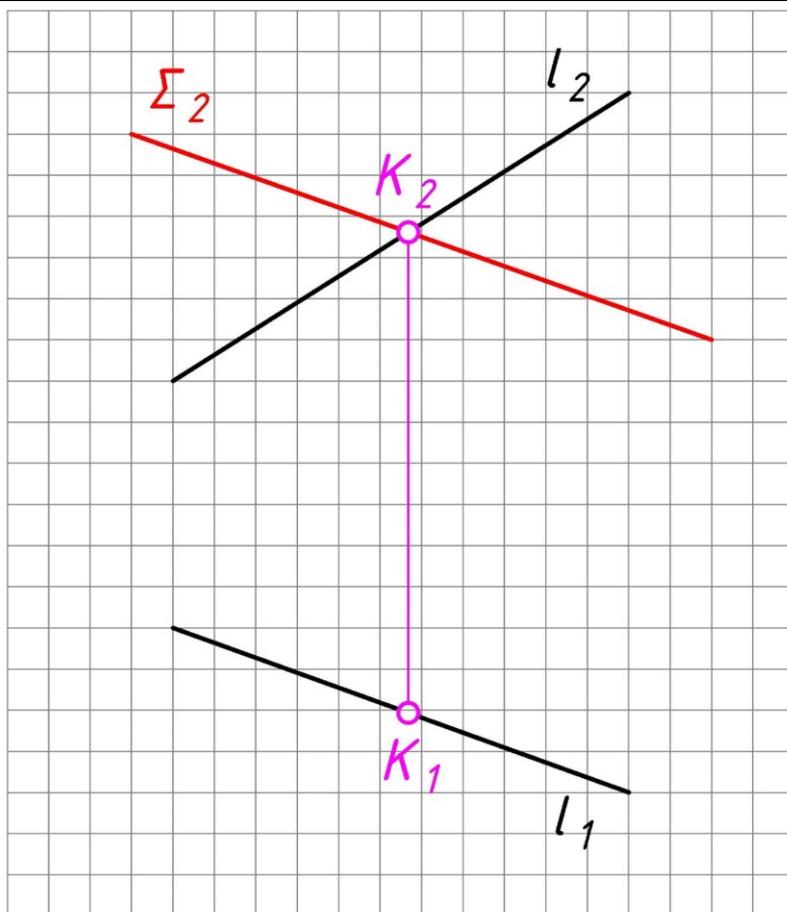
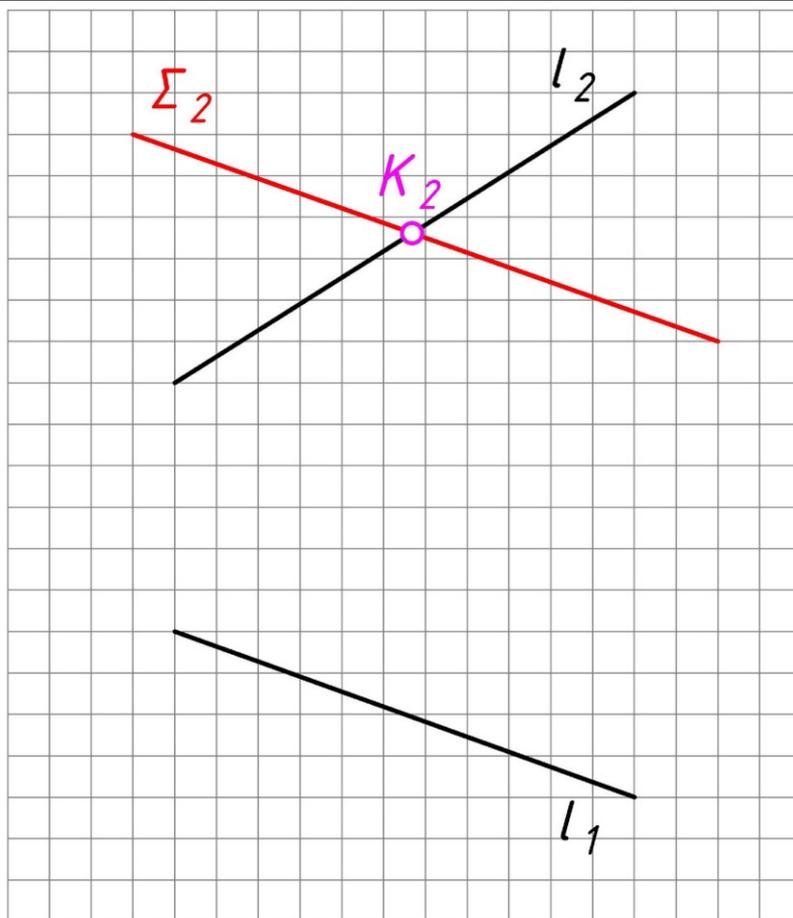
Дано:  $\Sigma$  – фронтально проецирующая плоскость,  $l$  – прямая общего положения.

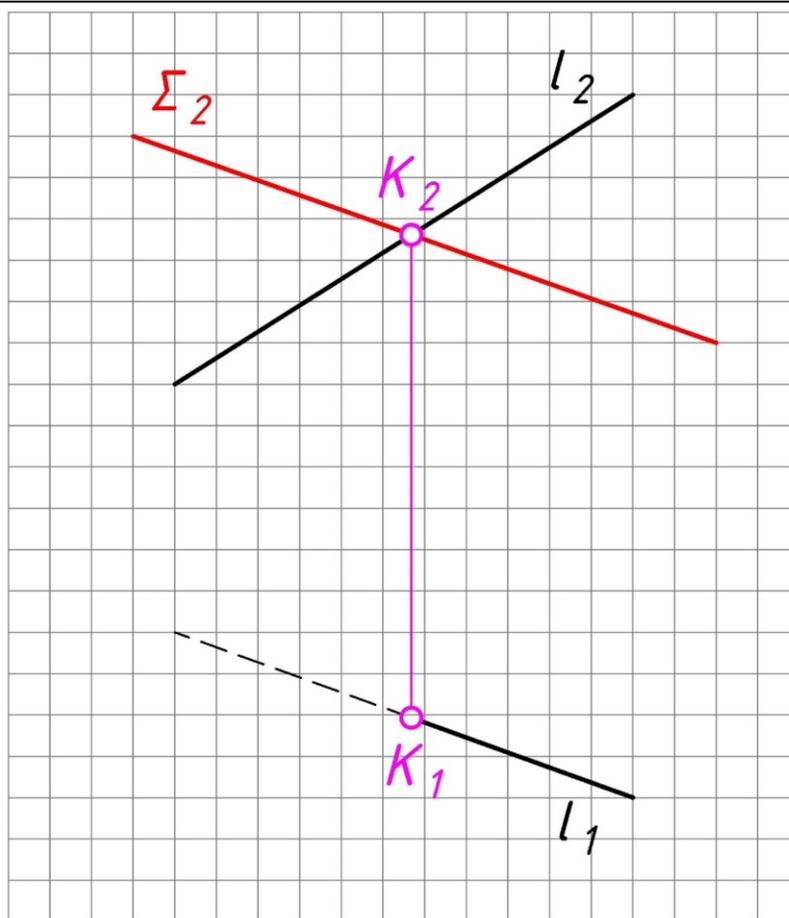
Найти: проекции точки  $K$  пересечения плоскости  $\Sigma$  с прямой  $l$ .

Решение:

1.  $K_2 = \Sigma_2 \cap l_2$ .
2.  $K_1 \in l_1$ .
3. Определяем видимость прямой  $l$ .

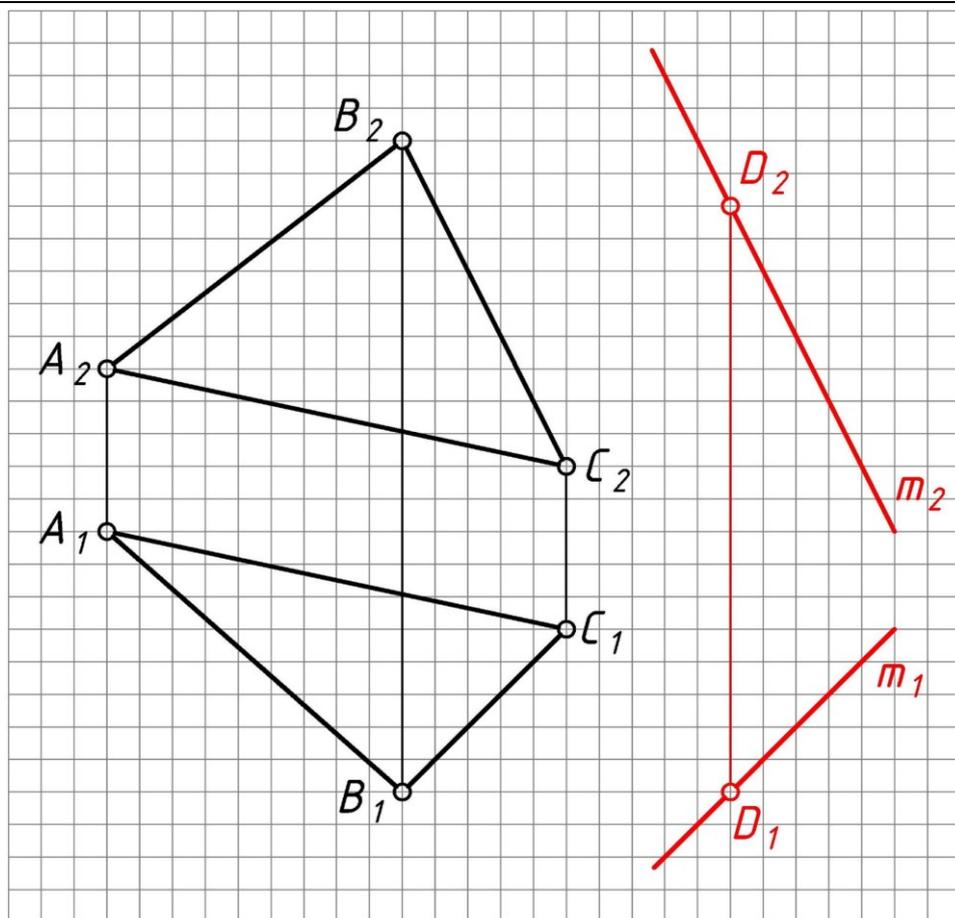
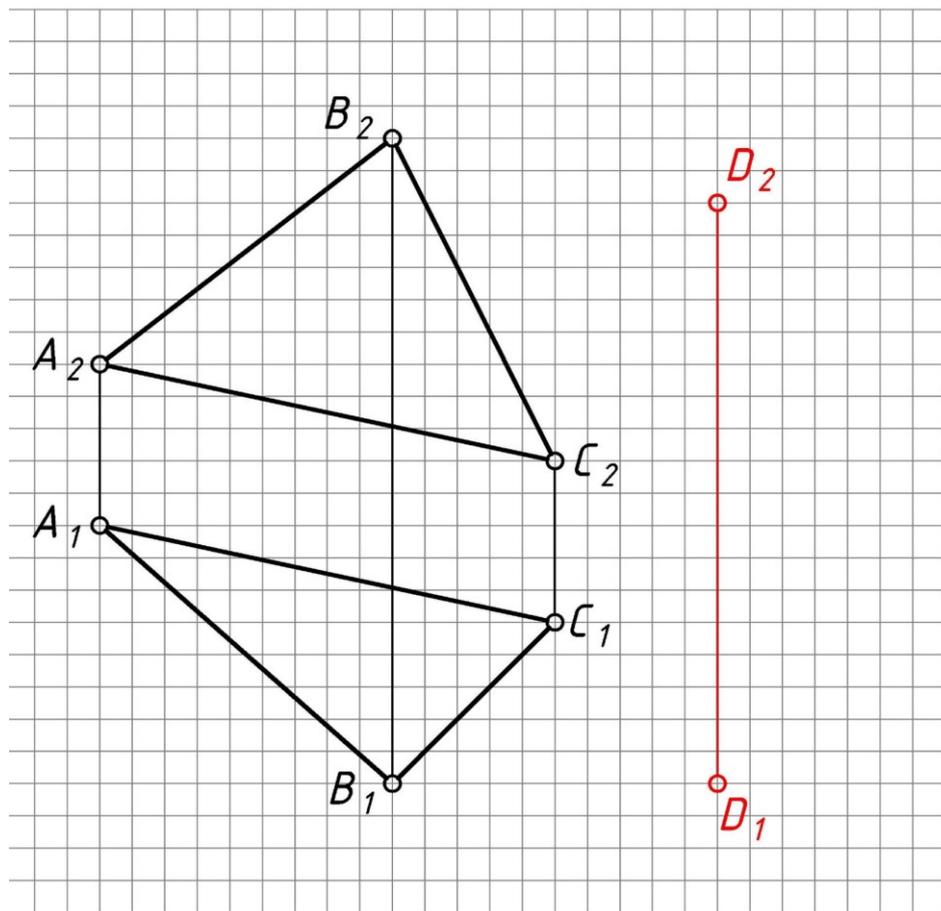


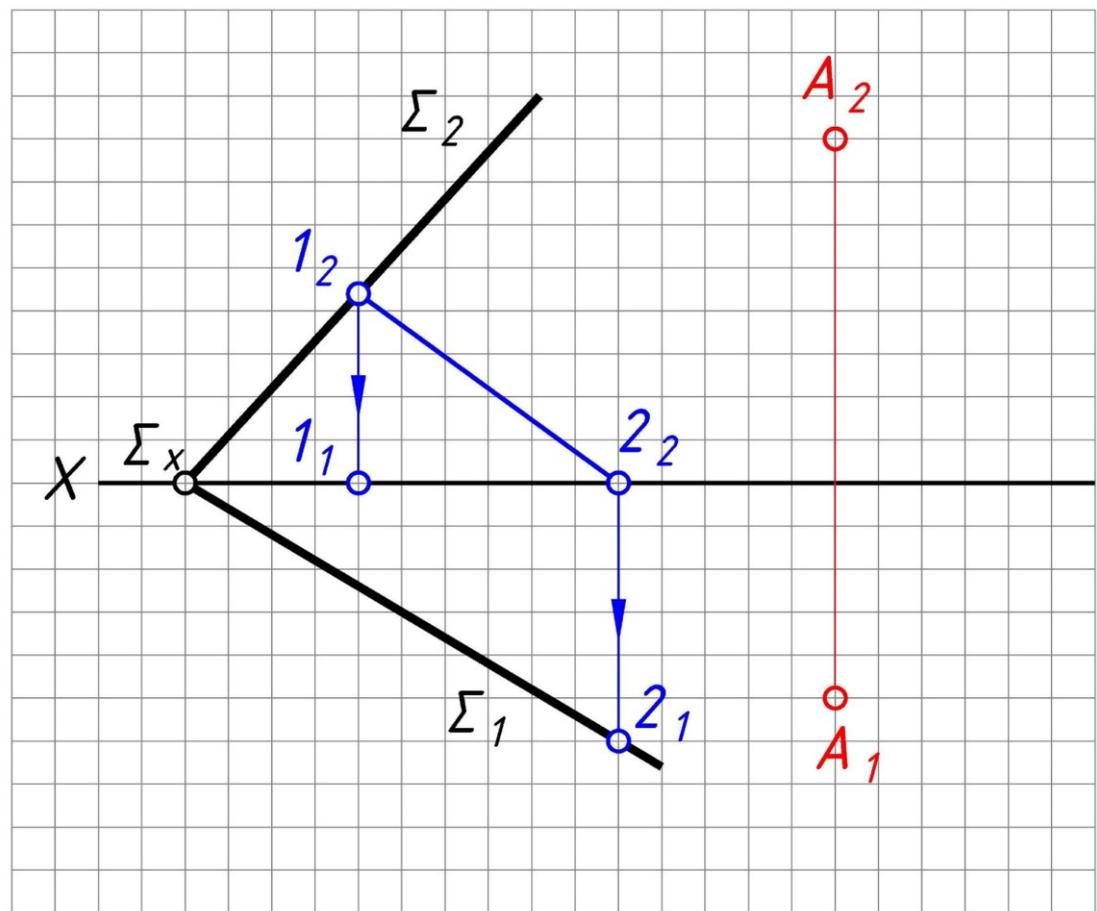
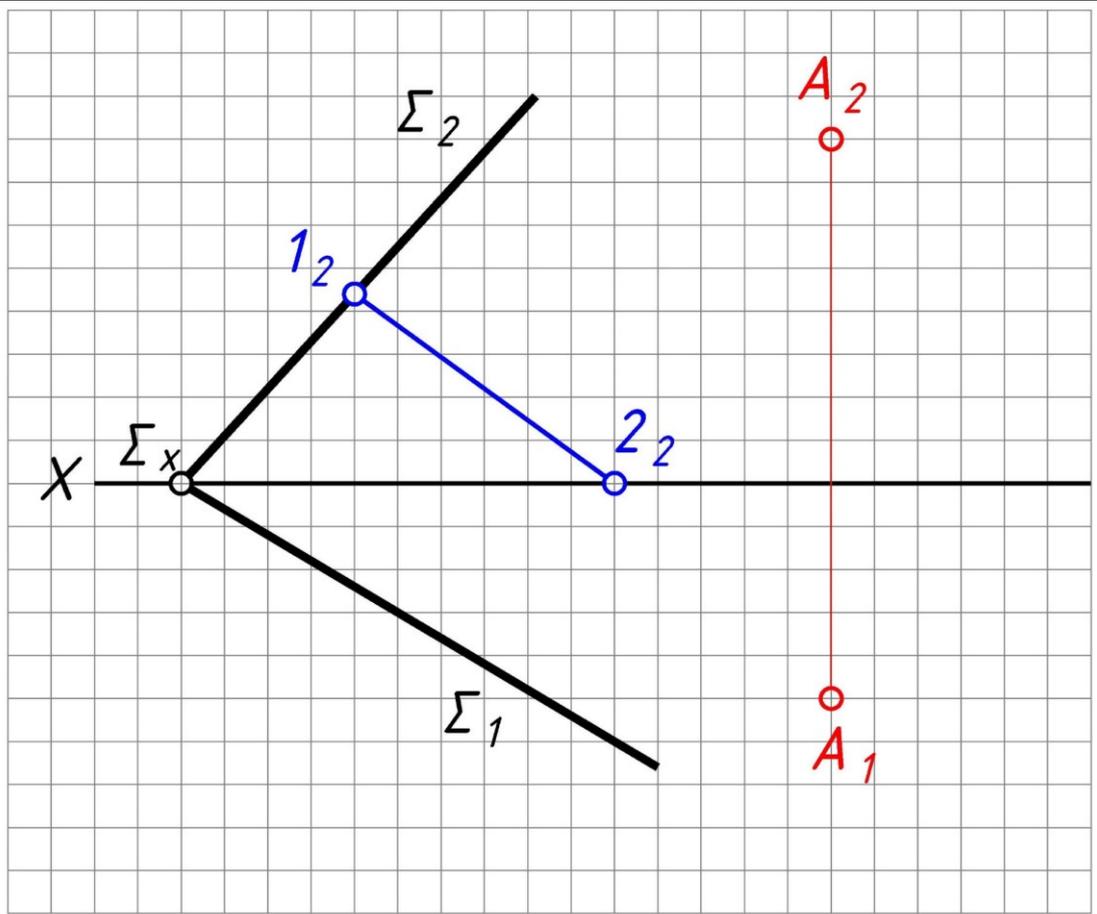


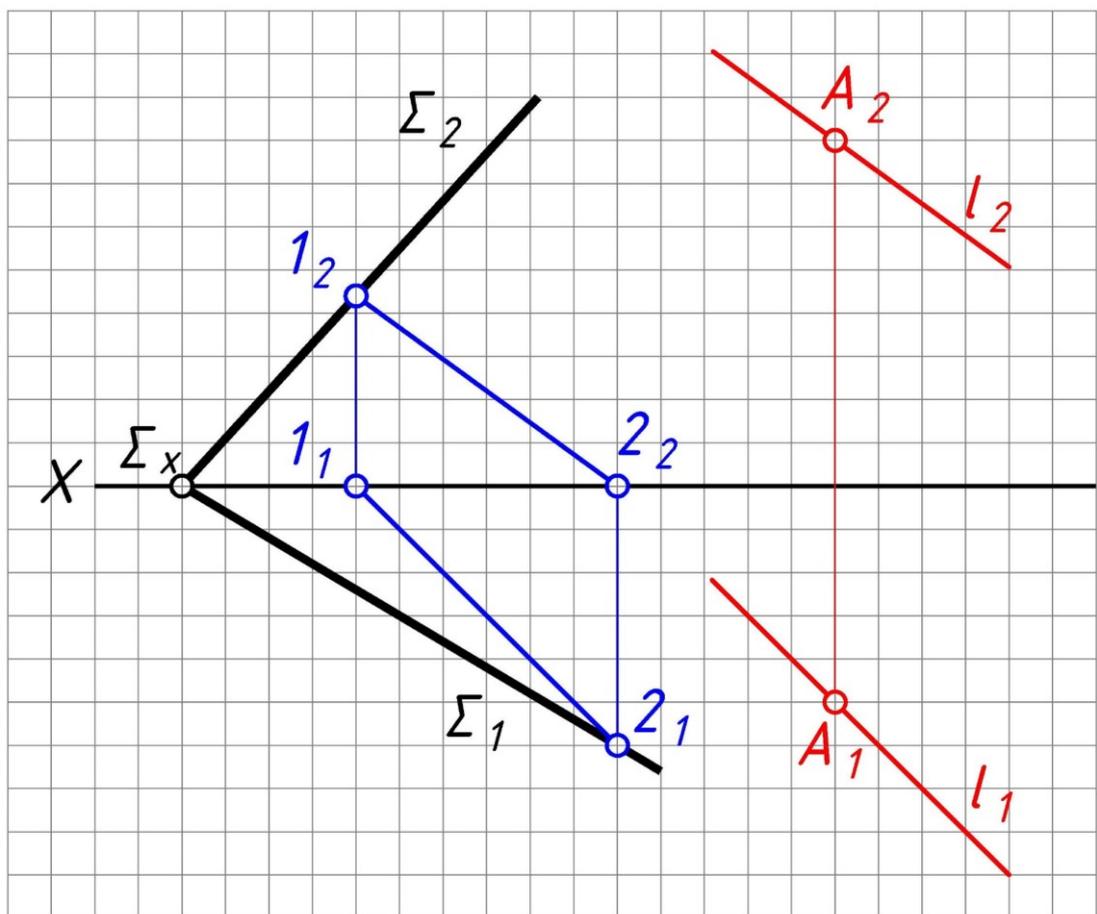
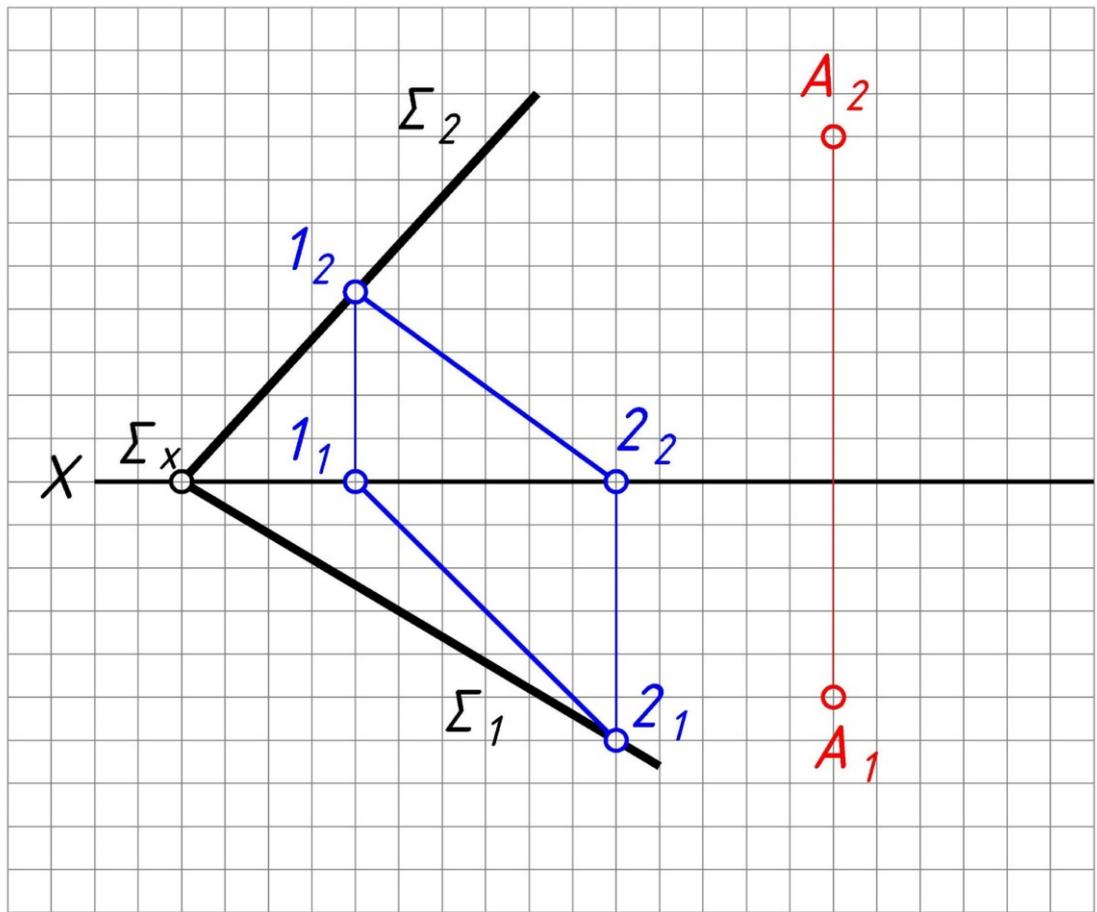


*Параллельность плоскостей, прямой и плоскости*

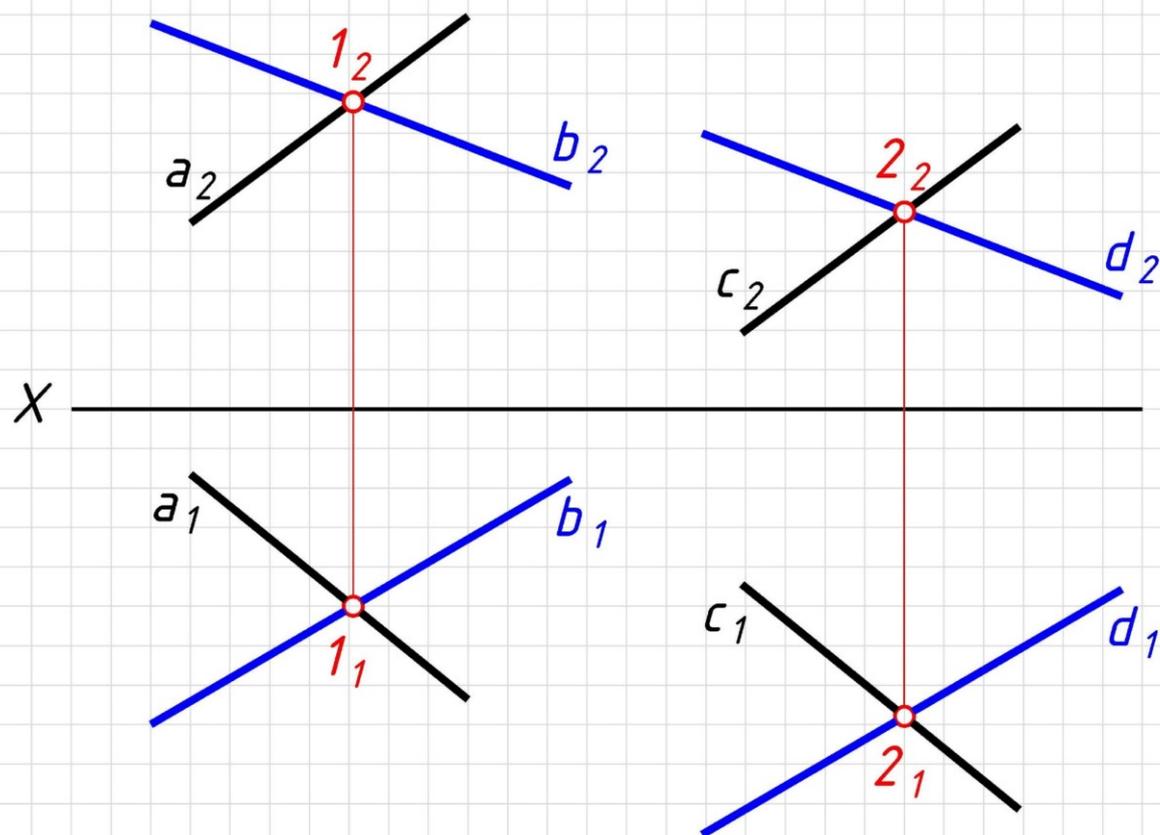
*Теорема: Прямая параллельна плоскости, если она параллельна какой-либо прямой, принадлежащей этой плоскости.*

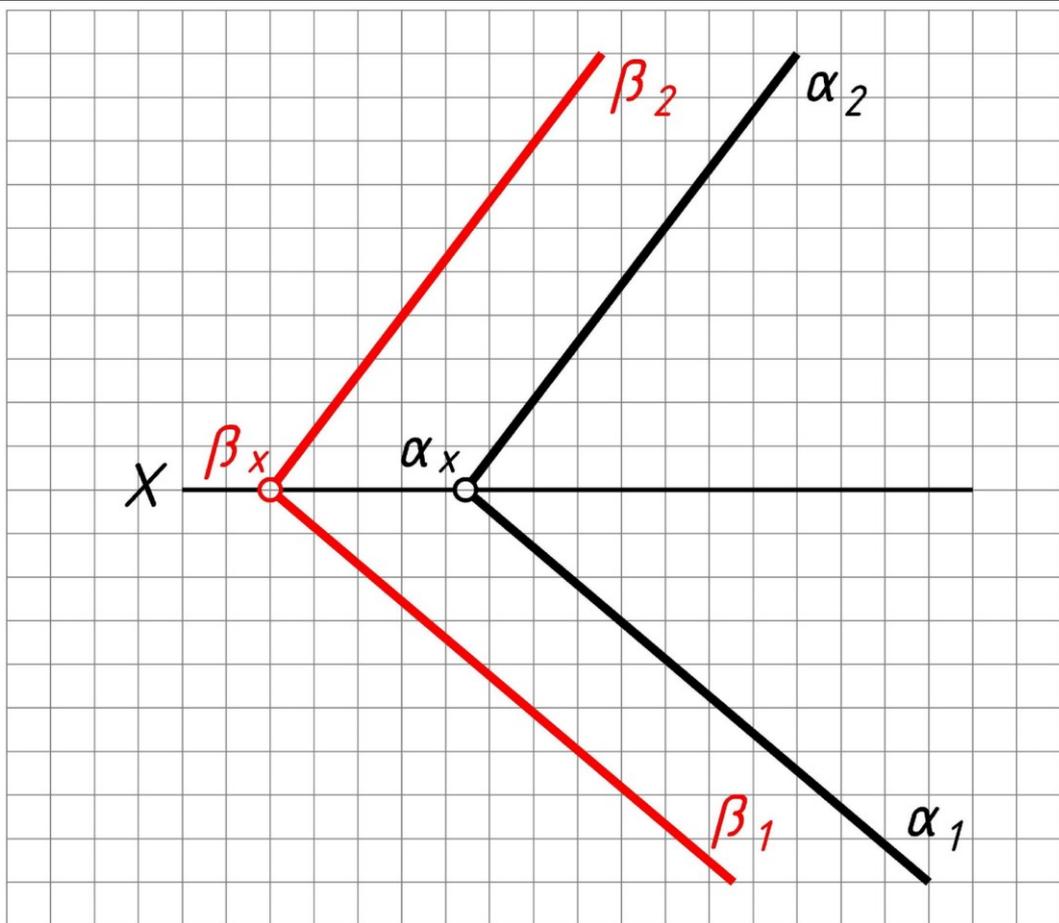






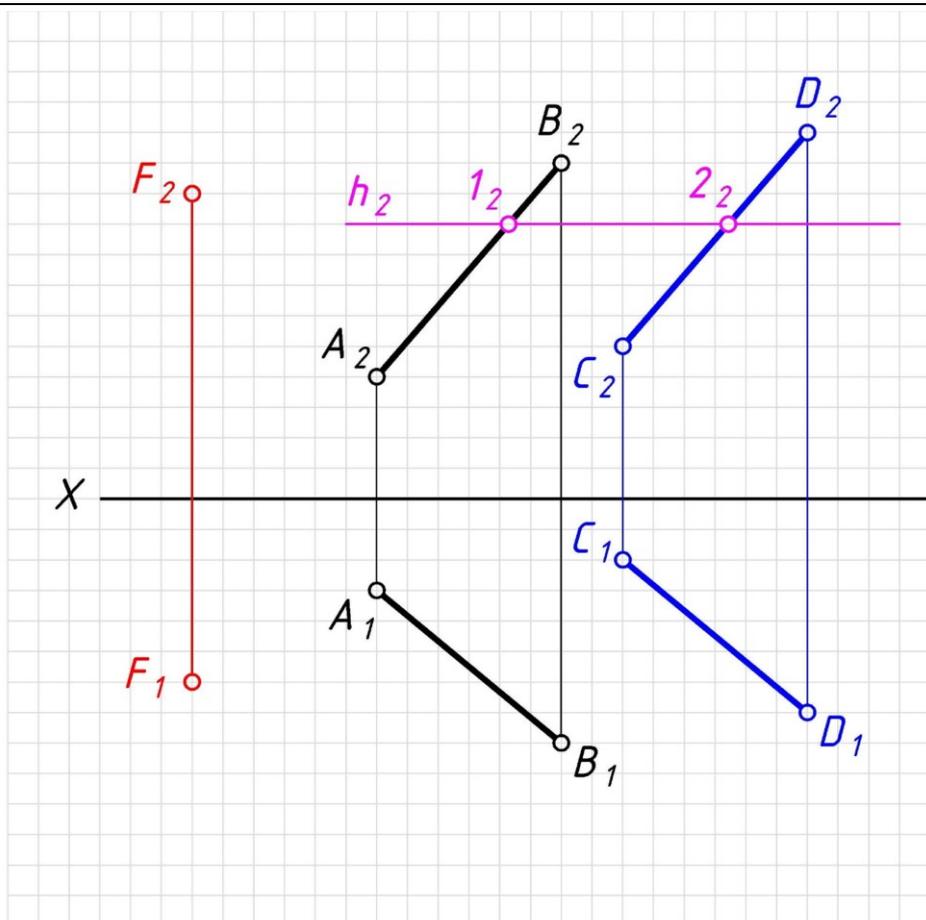
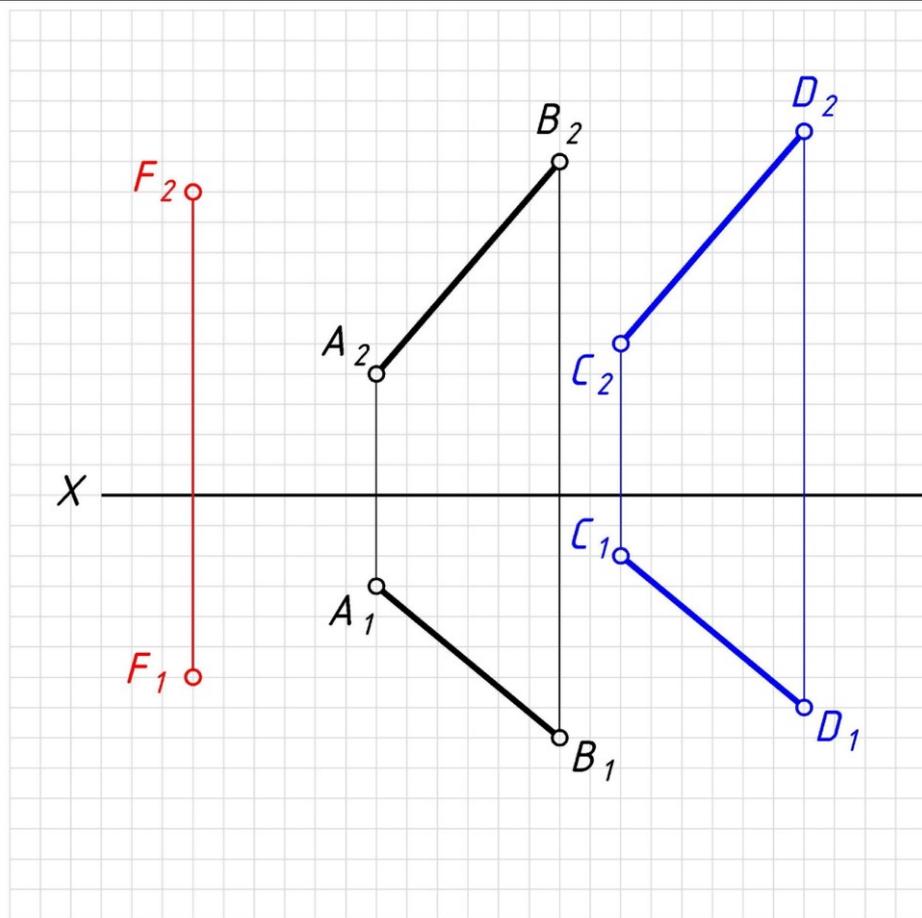
*Теорема: Две плоскости параллельны, если две пересекающиеся прямые одной плоскости параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости. Если плоскости заданы следами, то на чертеже параллельны их следы.*

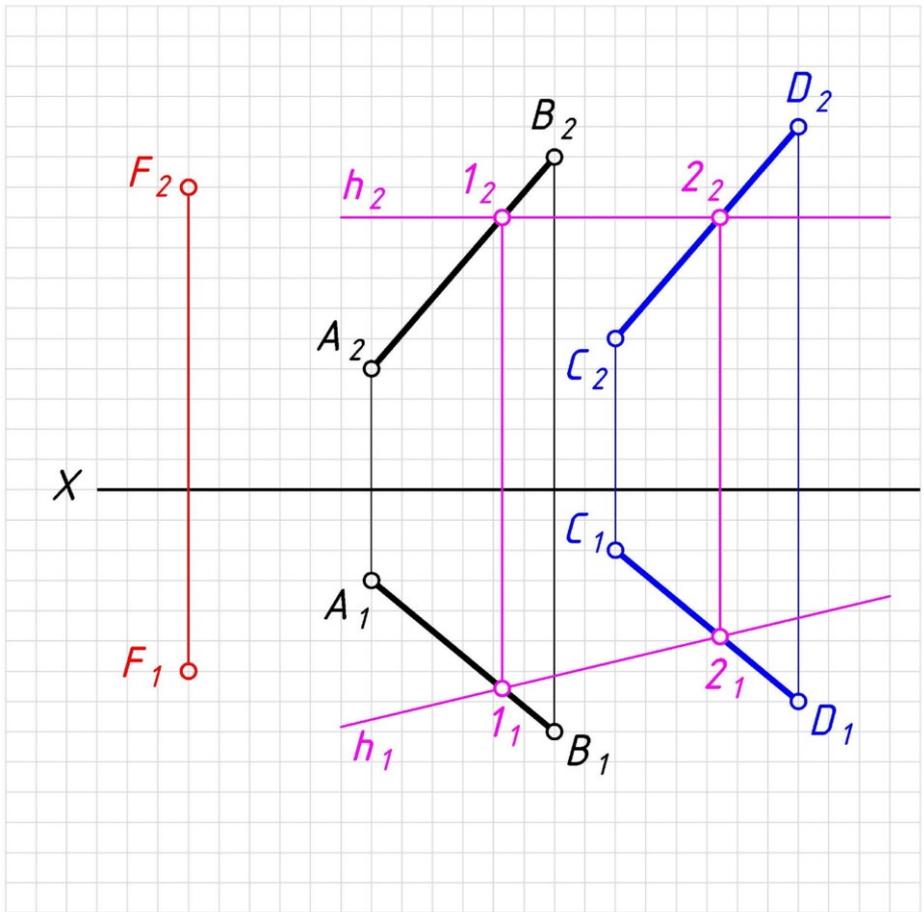
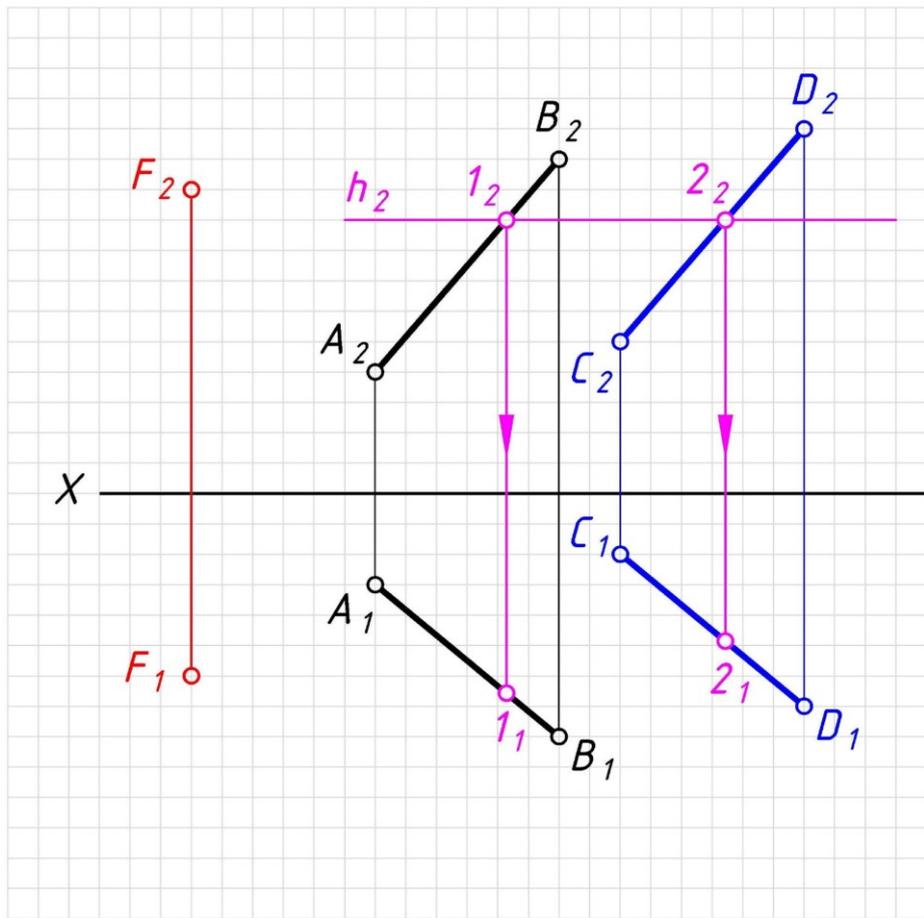


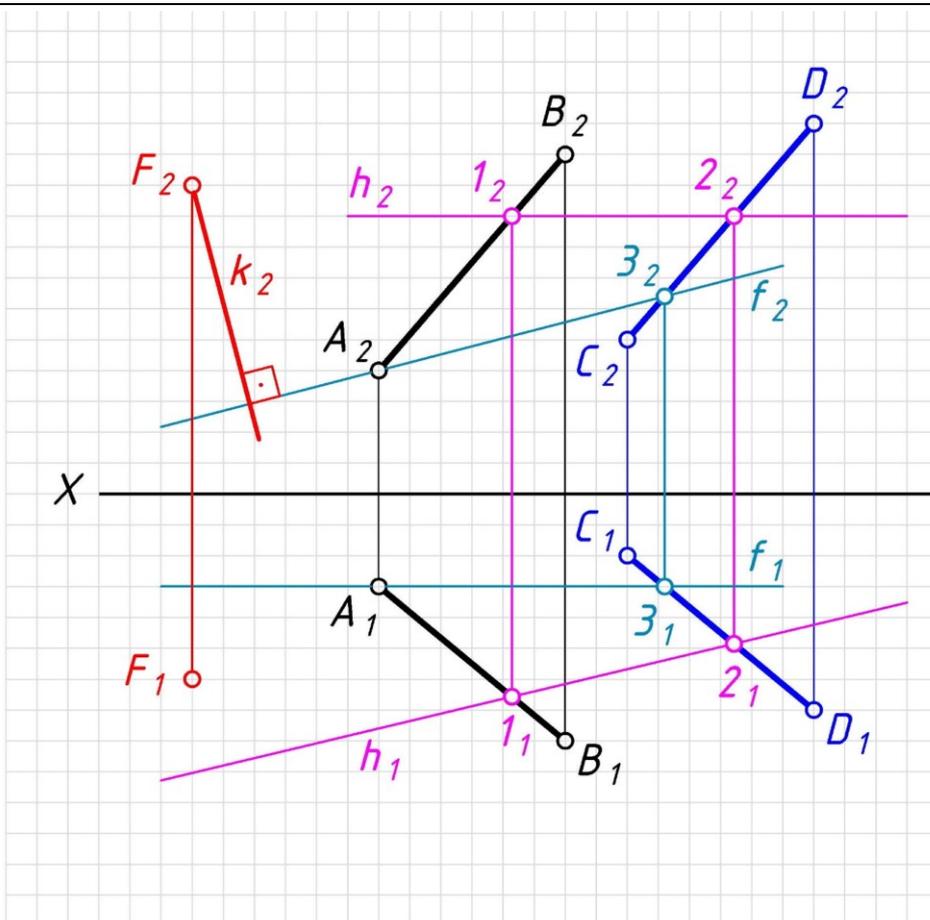
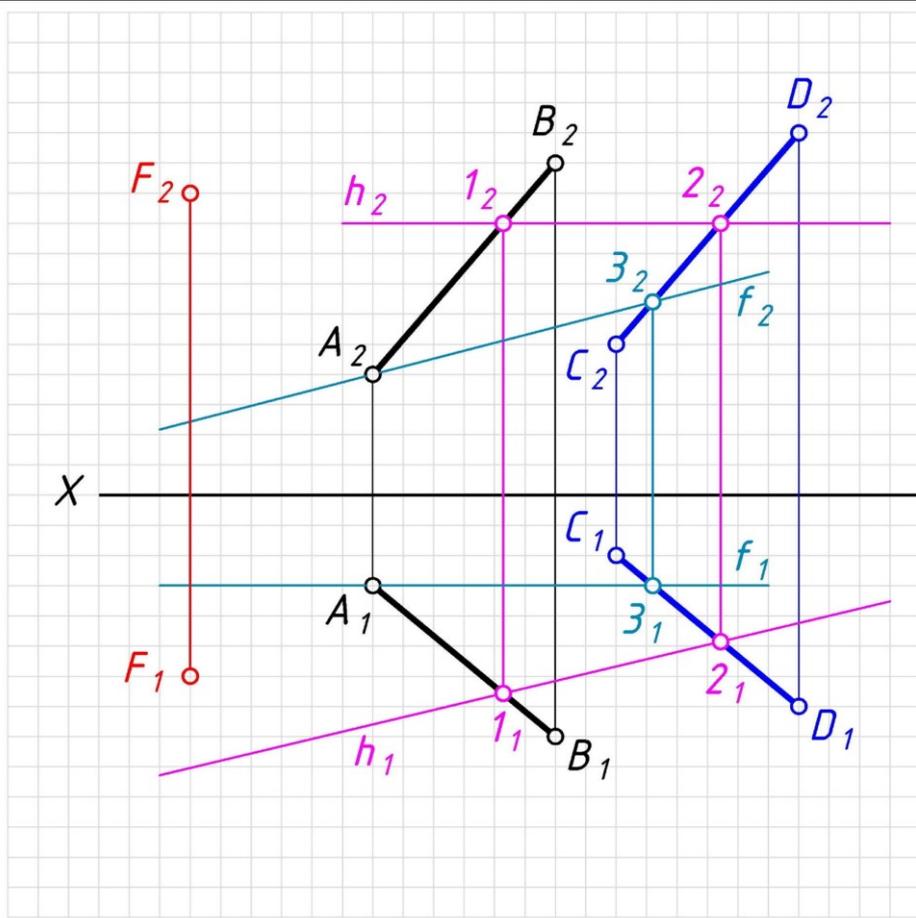


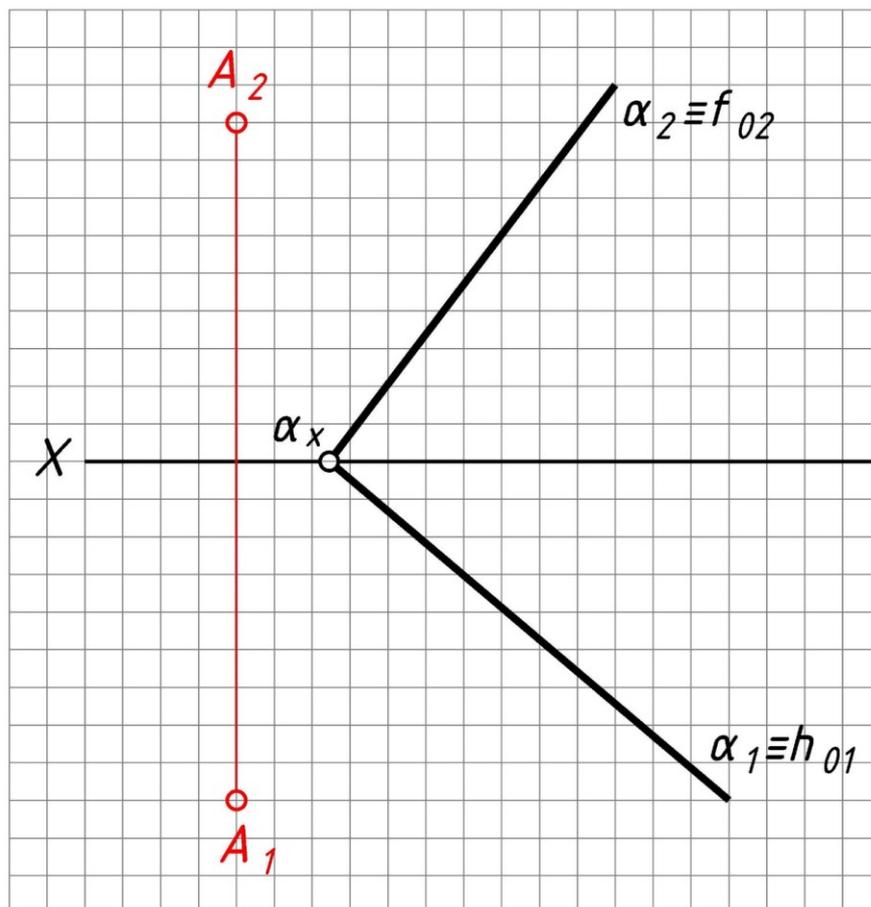
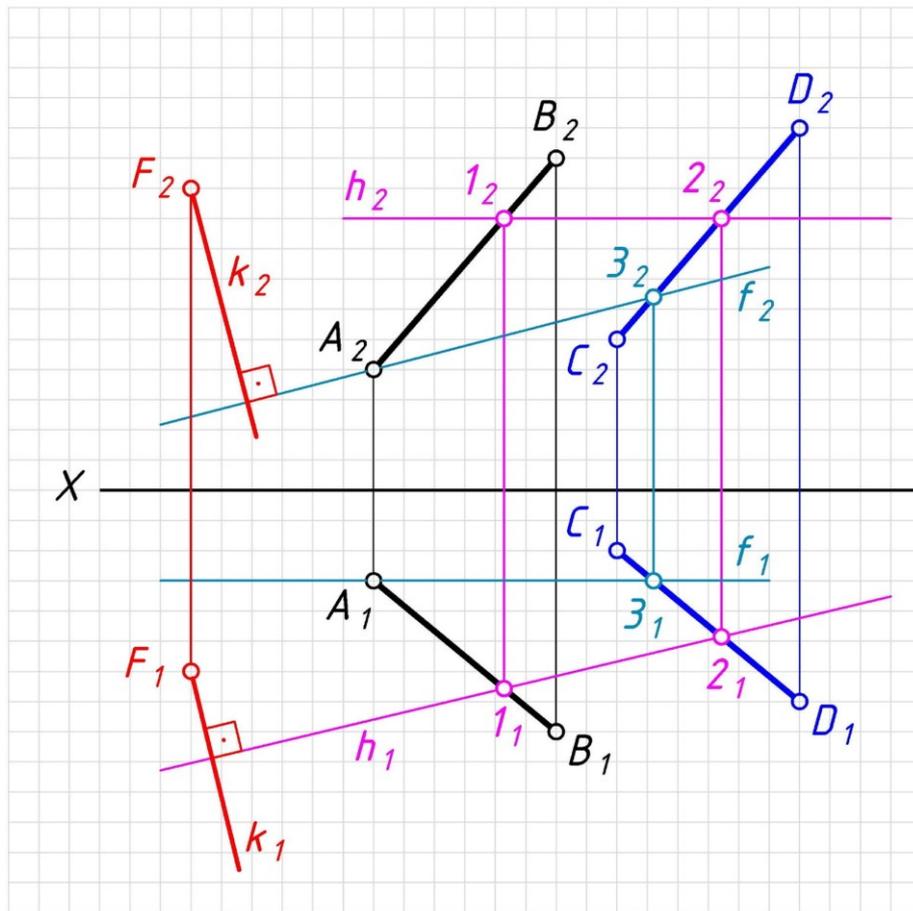
*Перпендикулярность плоскостей, прямой и плоскости*

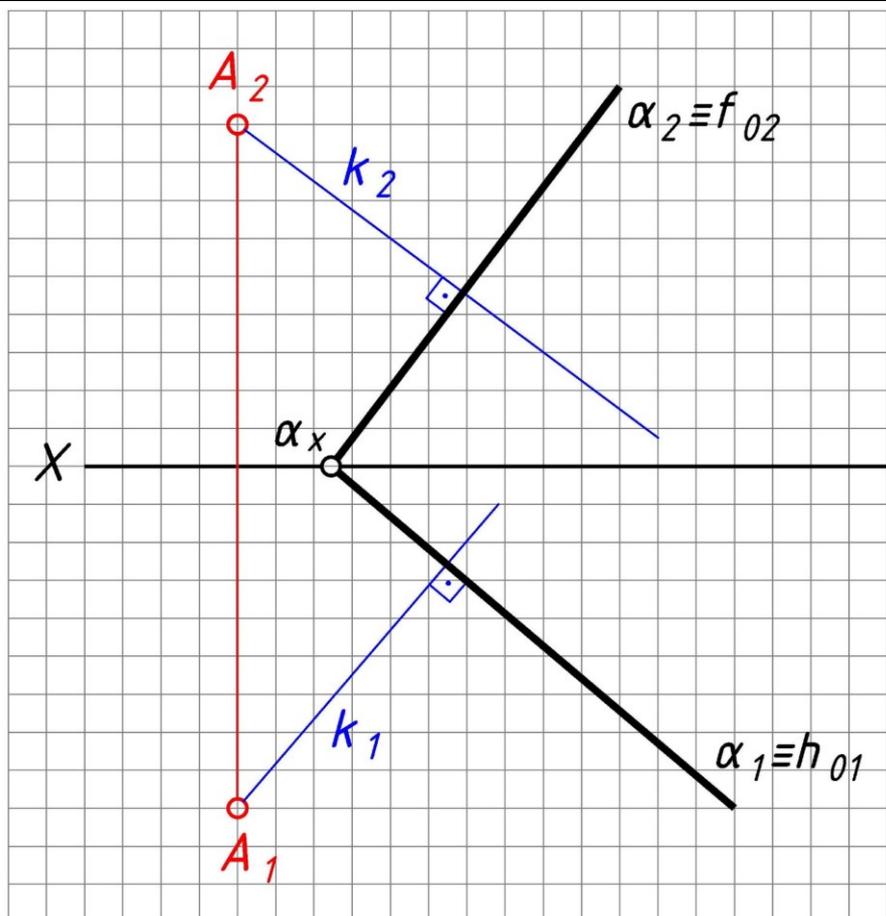
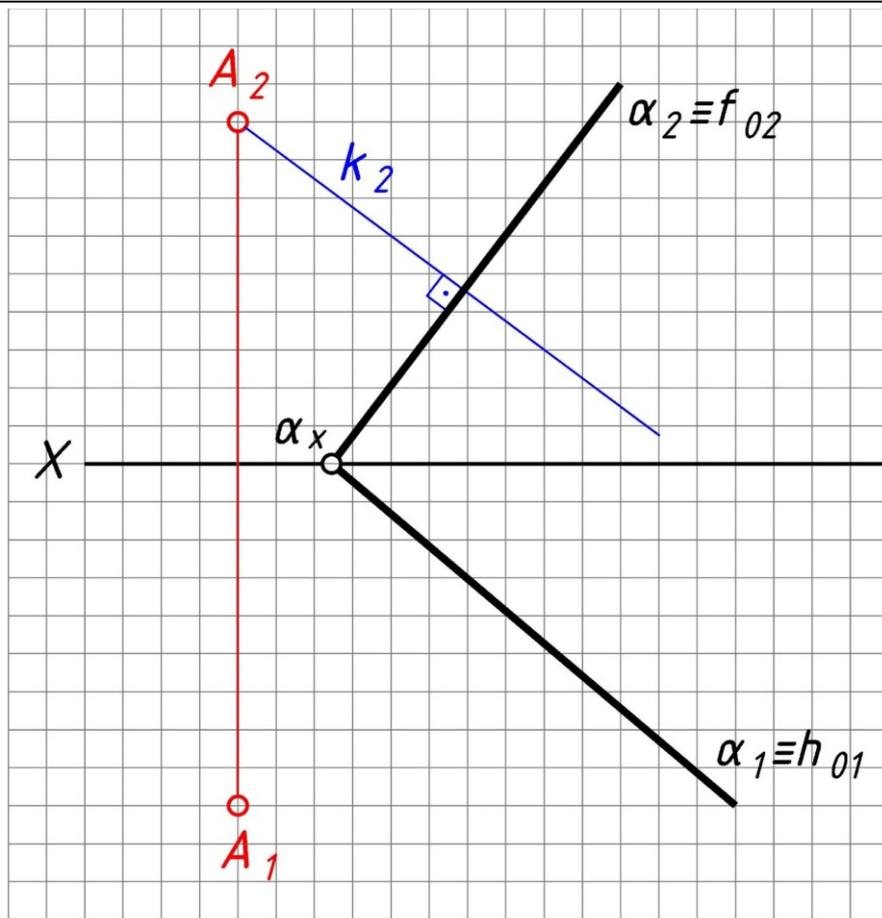
*Теорема: Прямая перпендикулярна плоскости, если она перпендикулярна двум пересекающимся прямым этой плоскости.*

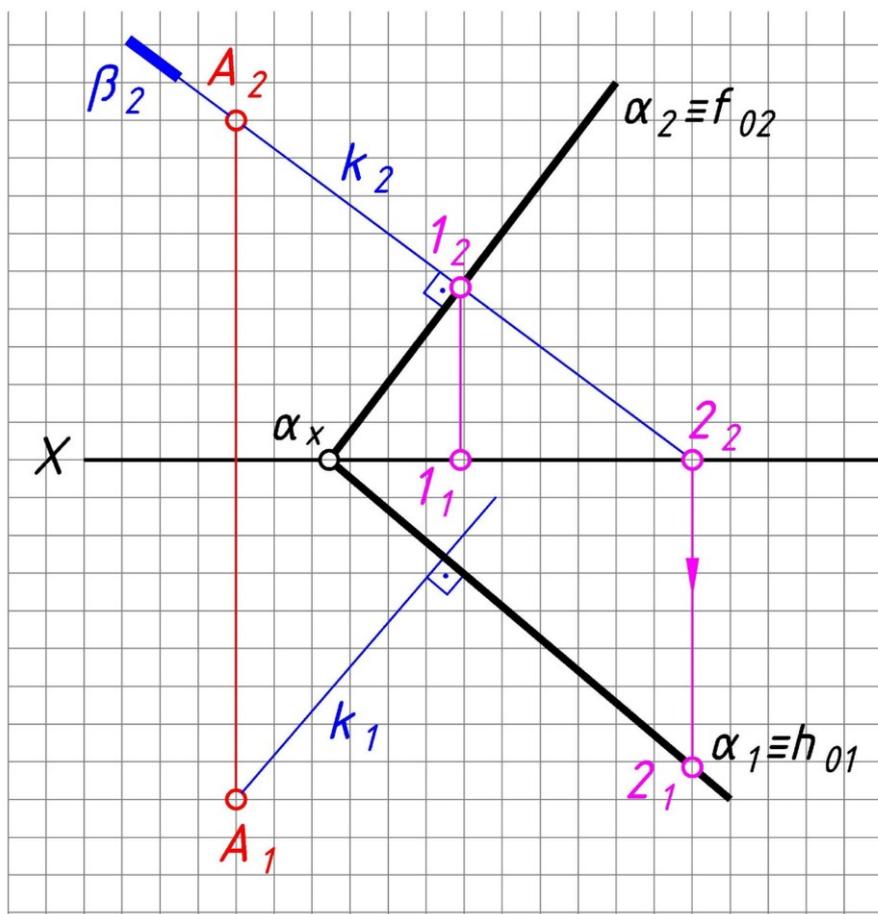
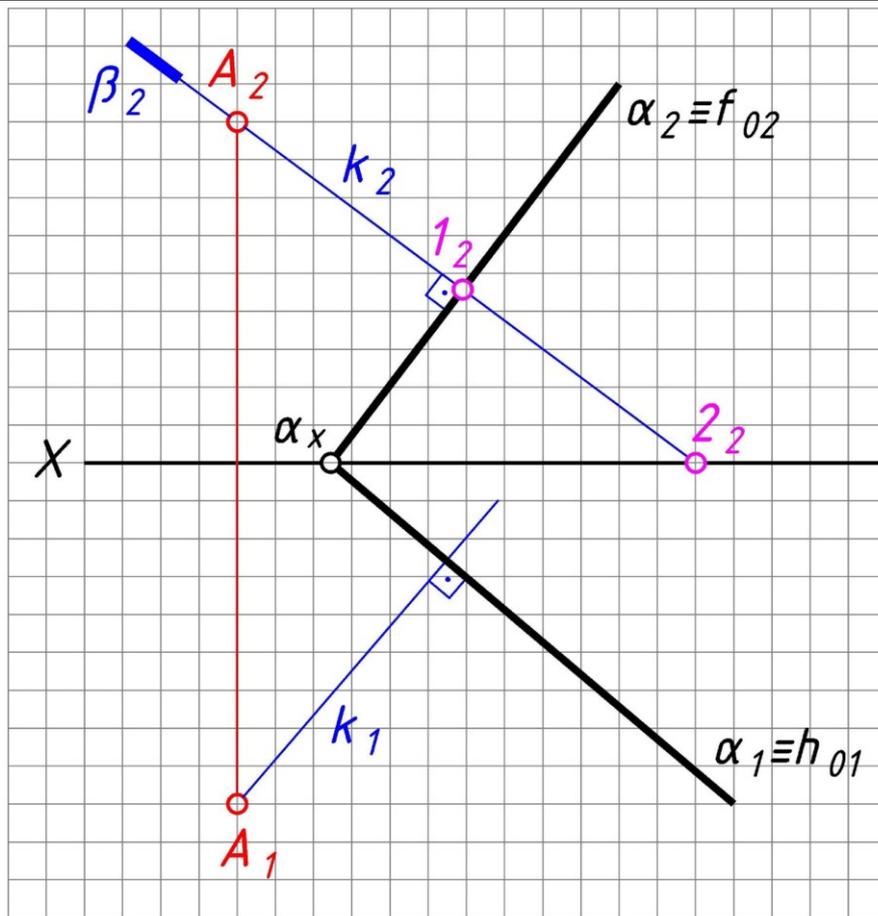


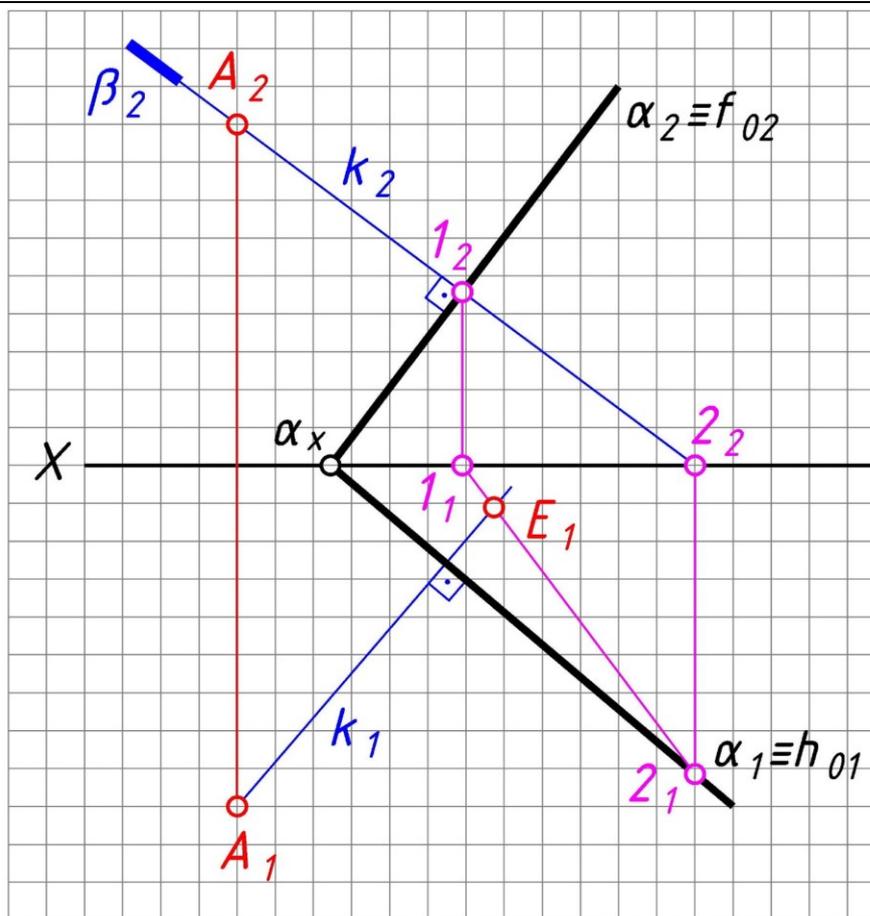
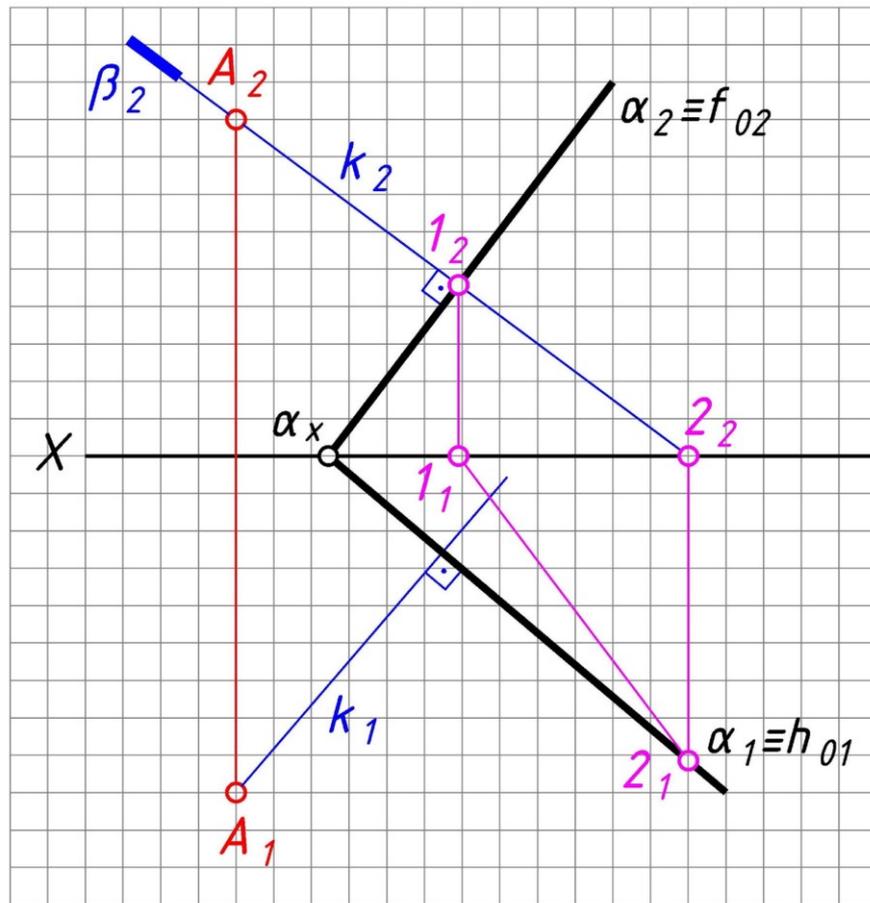


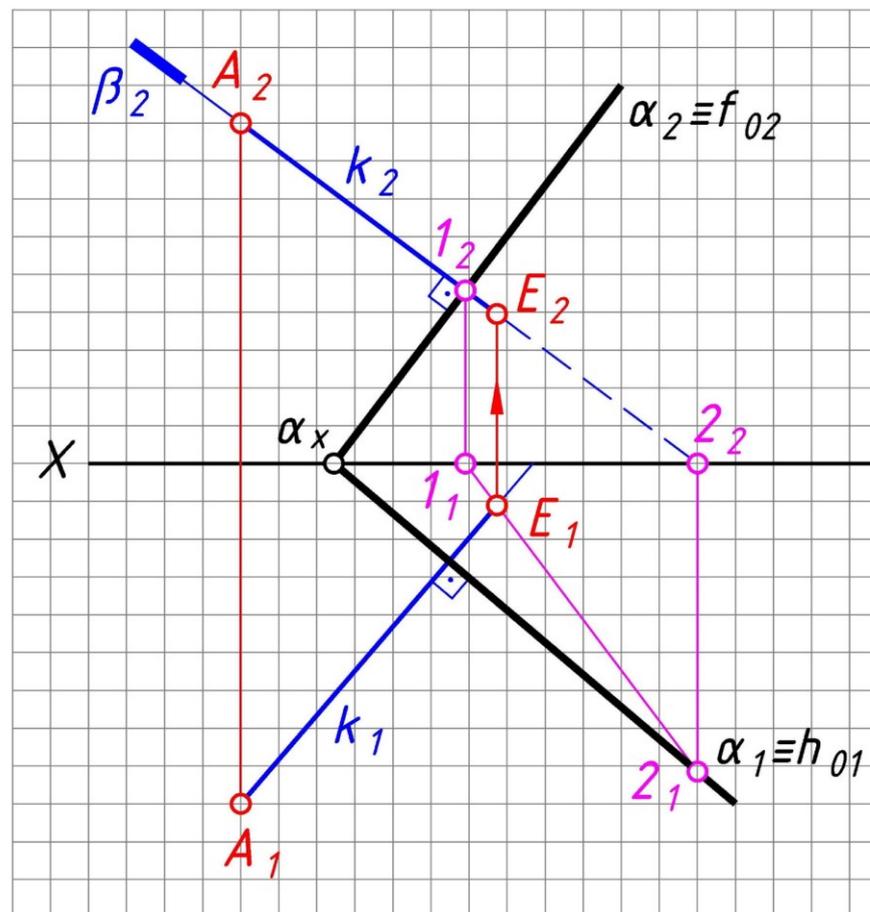
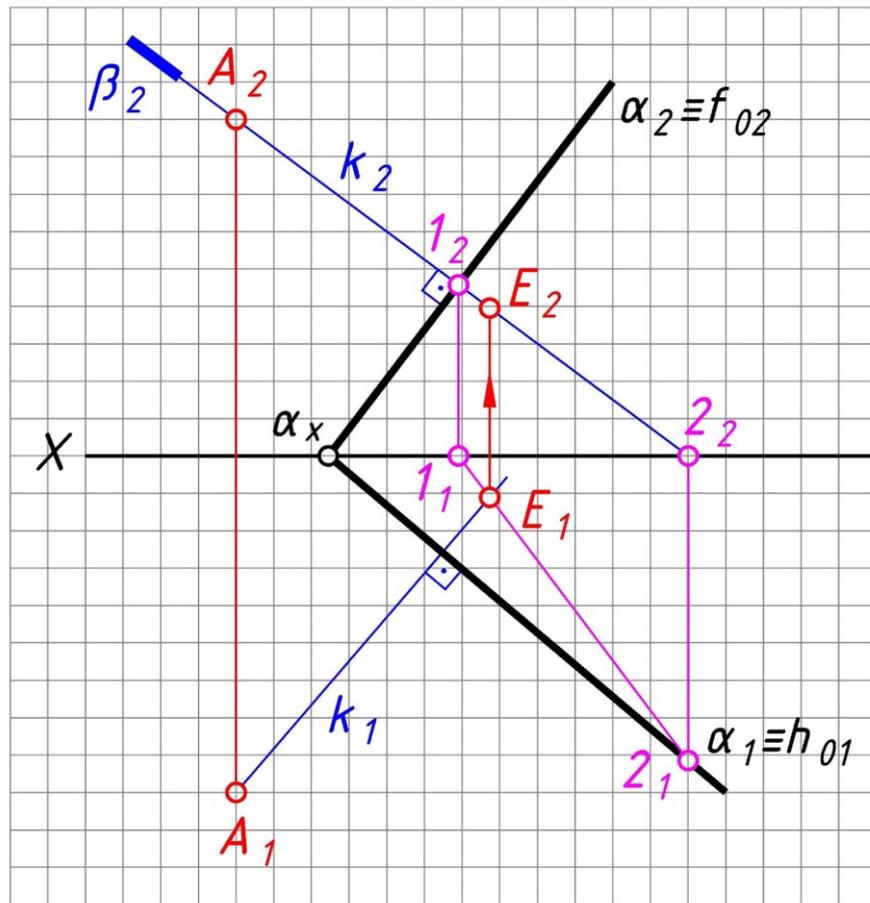




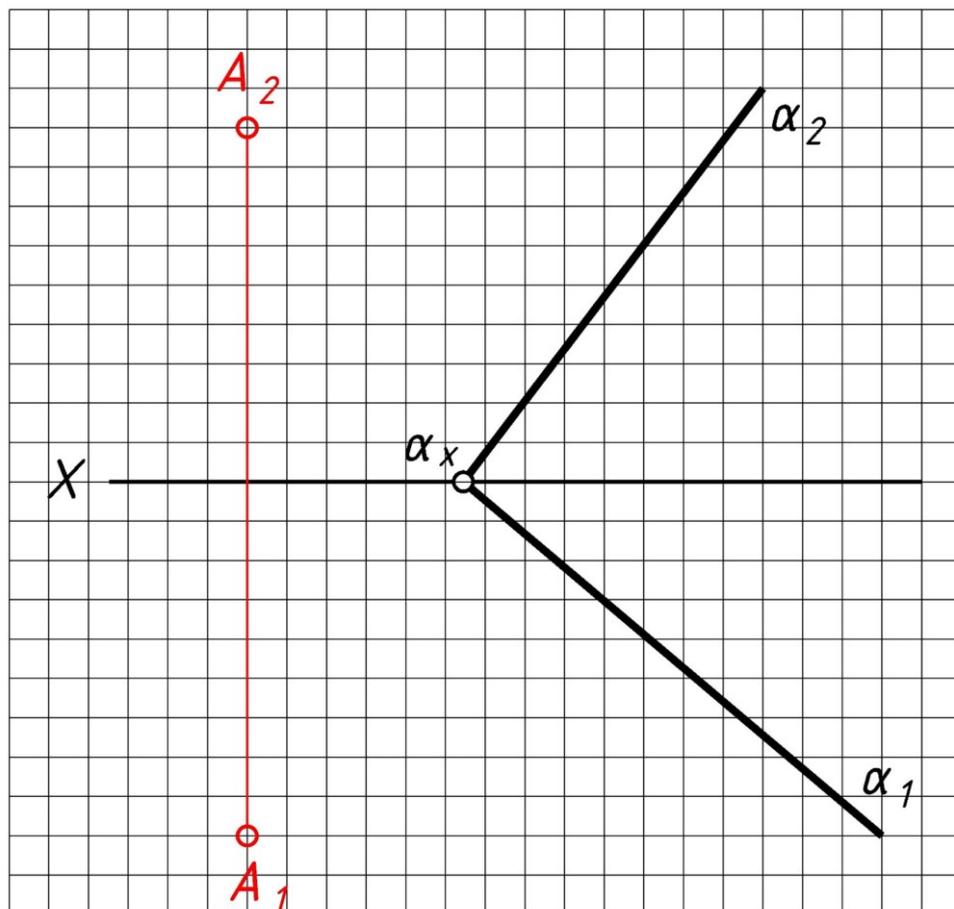


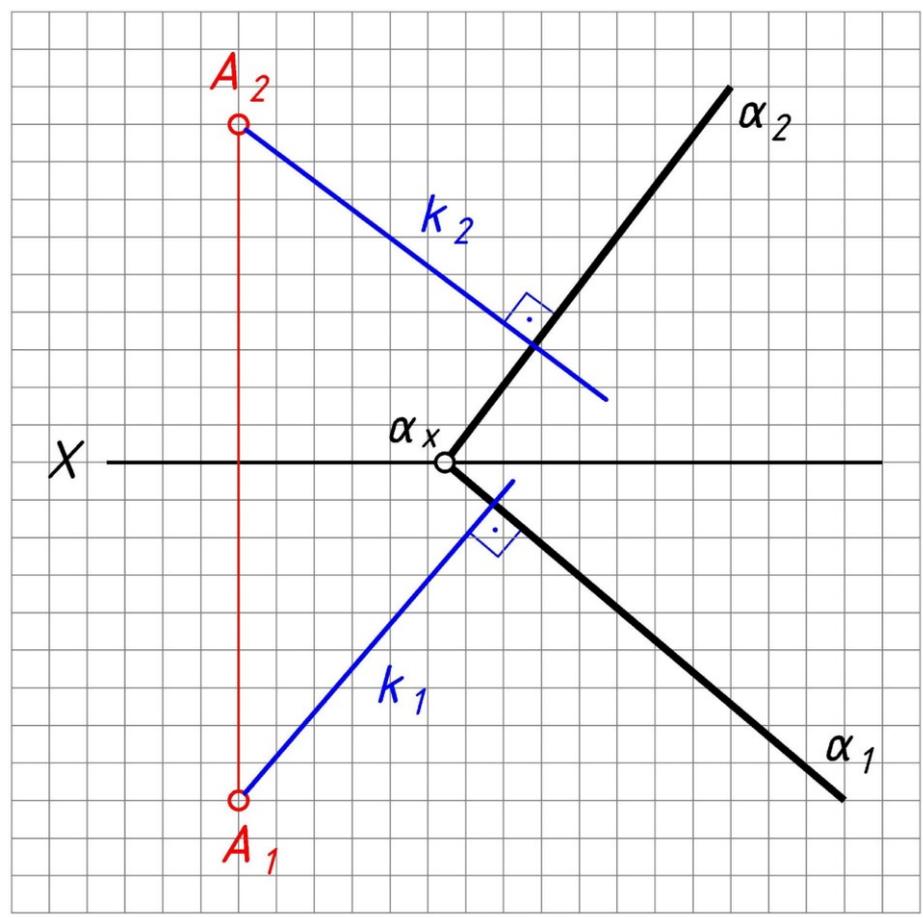
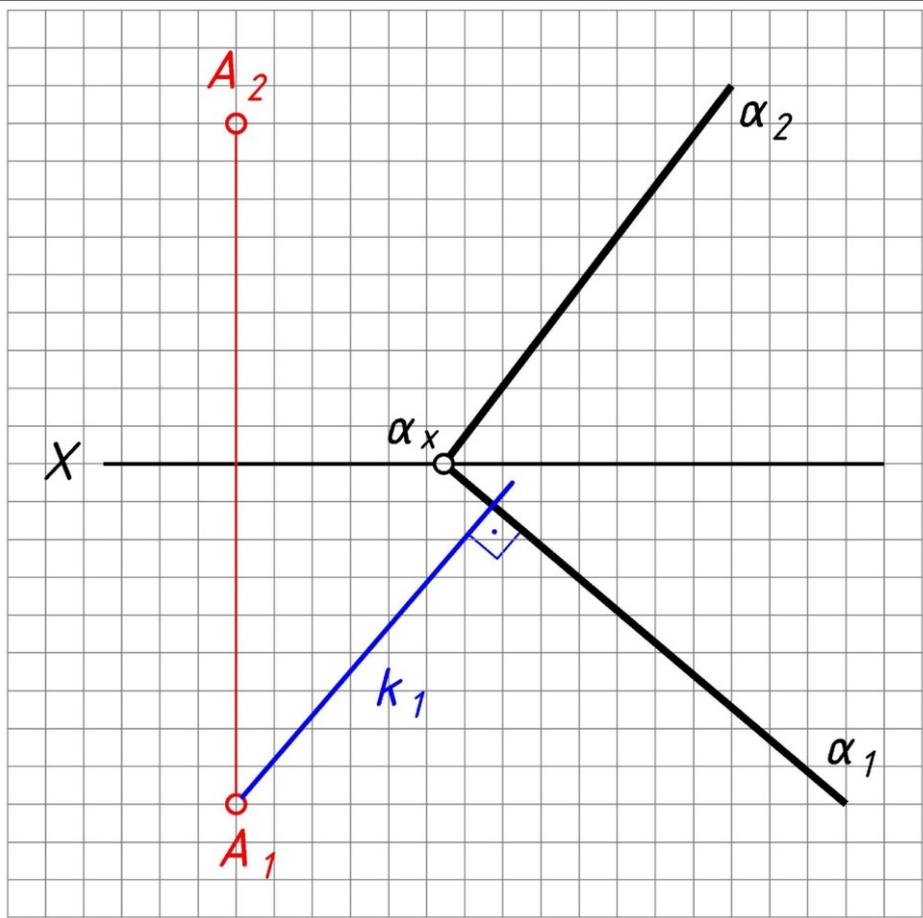


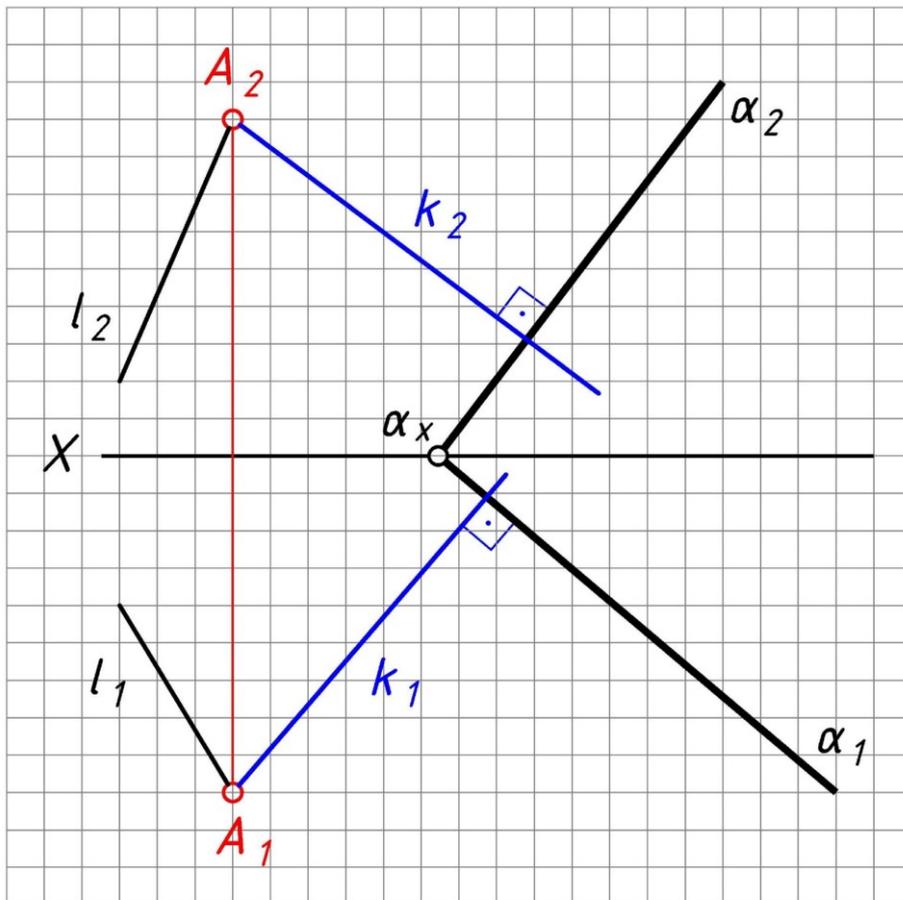




*Теорема: Две плоскости взаимно перпендикулярны, если одна из плоскостей проходит через прямую, перпендикулярную другой плоскости.  
Взаимно перпендикулярные прямые принадлежат взаимно перпендикулярным плоскостям.*







### ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПЛОСКОСТЬЮ

В результате пересечения поверхности плоскостью образуется плоская замкнутая фигура, называемая **сечением**.

Для того, чтобы построить линию пересечения любой поверхности плоскостью, необходимо найти ряд точек, принадлежащих как поверхности, так и плоскости.

Выделяют следующие точки линии сечения:

1. *Характерные*:

а) Точки, принадлежащие участвующим в пересечении ребрам многогранника;

б) Точки, одновременно принадлежащие основанию поверхности (при его наличии) и секущей плоскости;

в) Точки смены видимости – точки сечения, лежащие на очерковых образующих поверхности. Они разграничивают линию пересечения на видимую и невидимую части;

г) Экстремальные точки, т.е. самая близкая и самая удаленная точки линии пересечения относительно той или иной плоскости проекций. Экстремальные точки относительно плоскости  $\Pi_1$  называют высшей и низшей.

2. *Промежуточные* точки – произвольные точки, принадлежащие линиям каркаса поверхности.

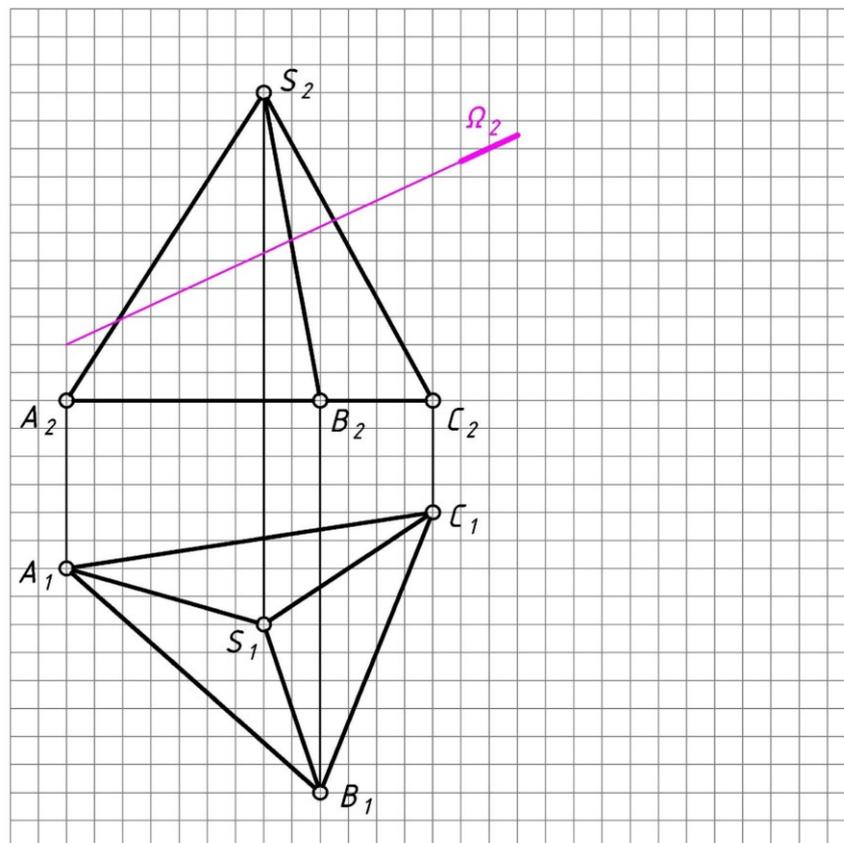
## ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПЛОСКОСТЬЮ ЧАСТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ

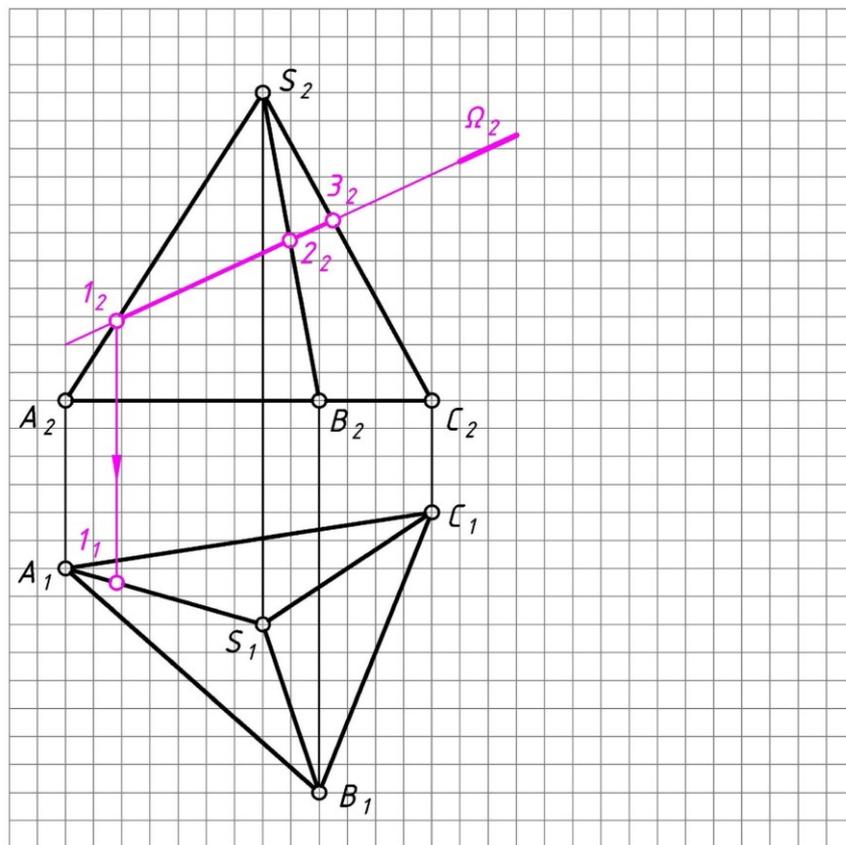
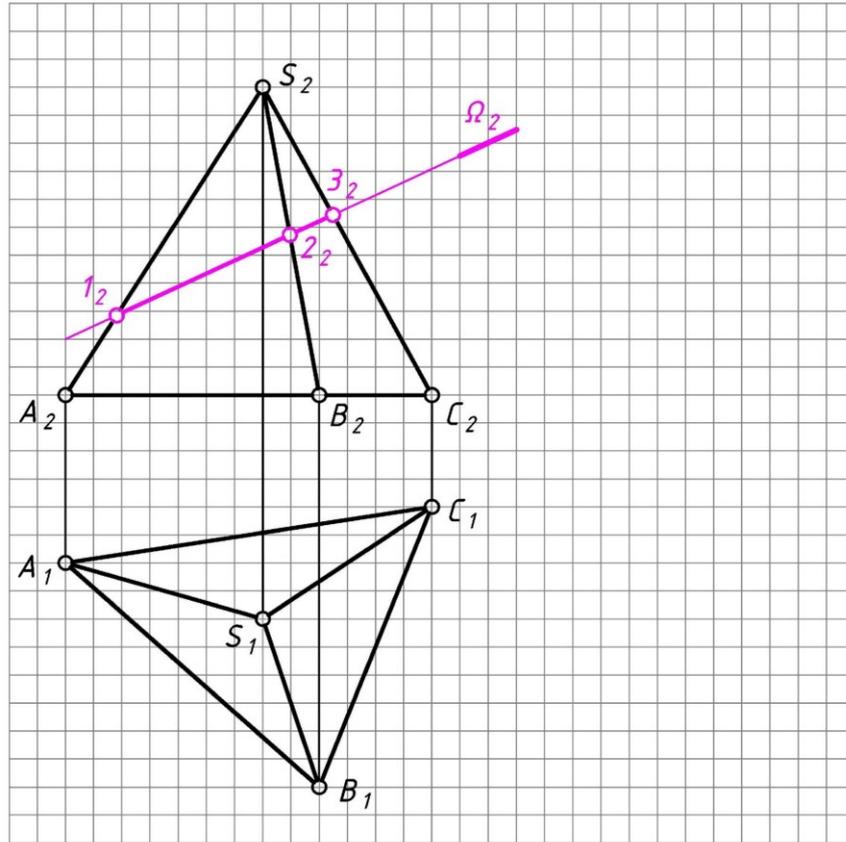
Если секущая плоскость, проецирующая либо уровня, то с учетом свойства «собирательности» одна проекция линии пересечения ее с поверхностью совпадает с соответствующим следом плоскости, вторая проекция линии пересечения находится из условия принадлежности ее точек поверхности.

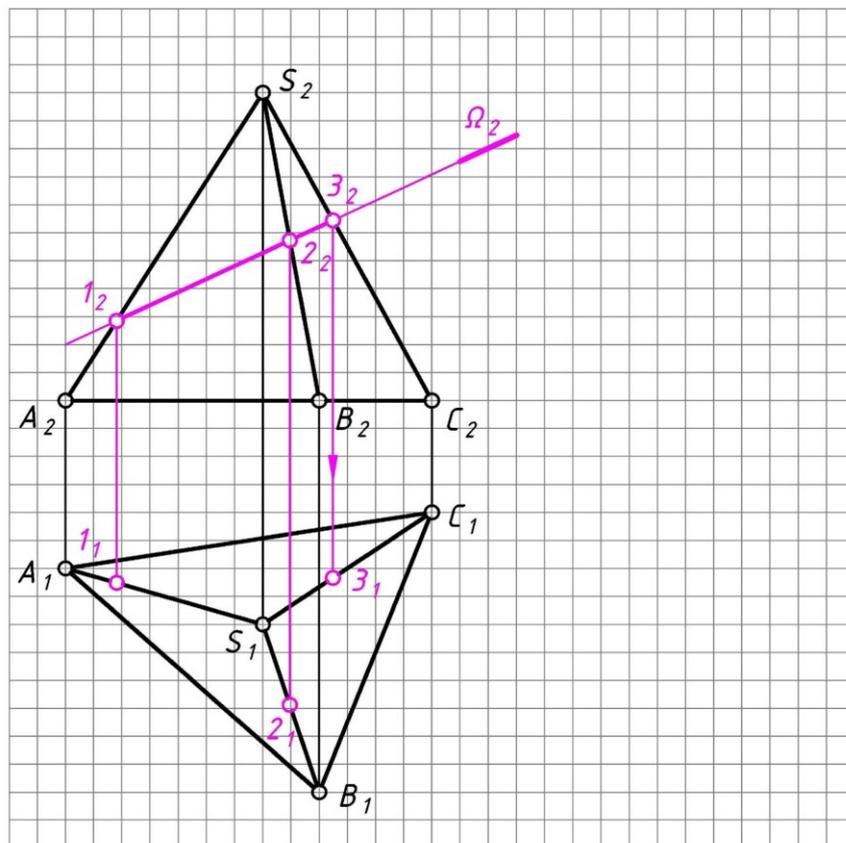
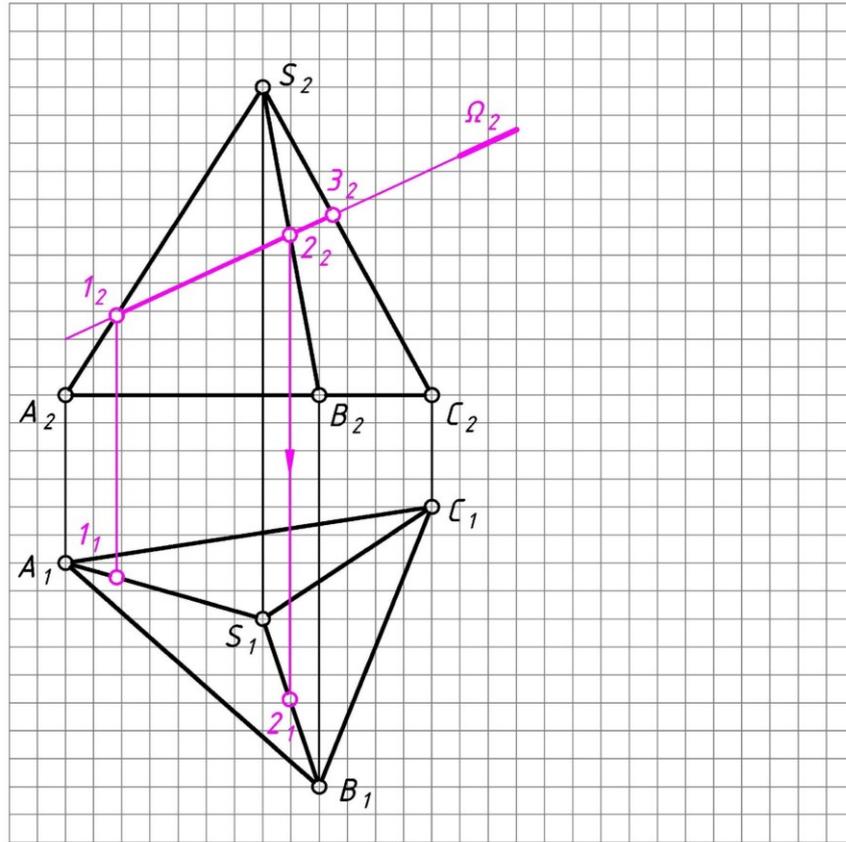
Если проецирующей является поверхность (прямой цилиндр, прямая призма), то одна из проекций линии пересечения совпадает с соответствующей вырожденной проекцией поверхности.

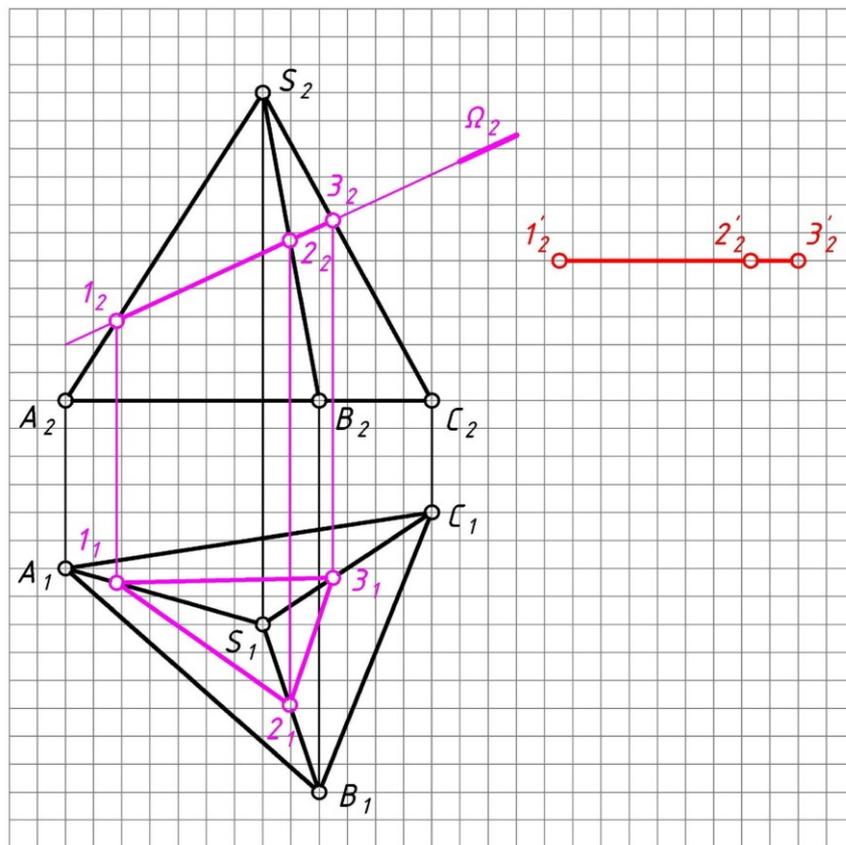
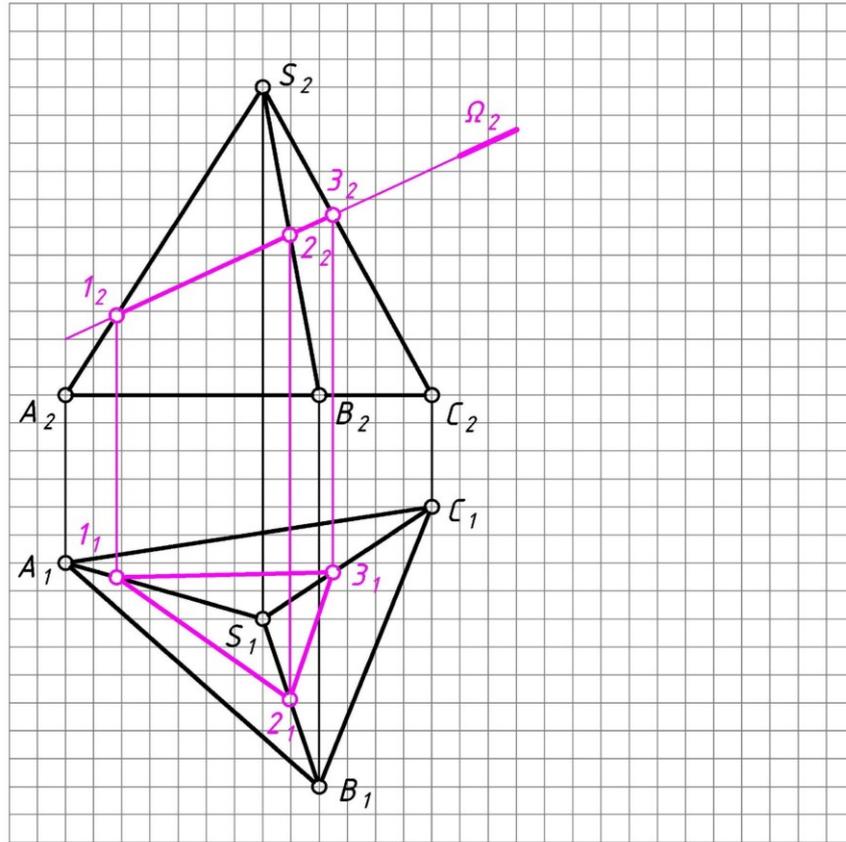
### Сечения многогранника

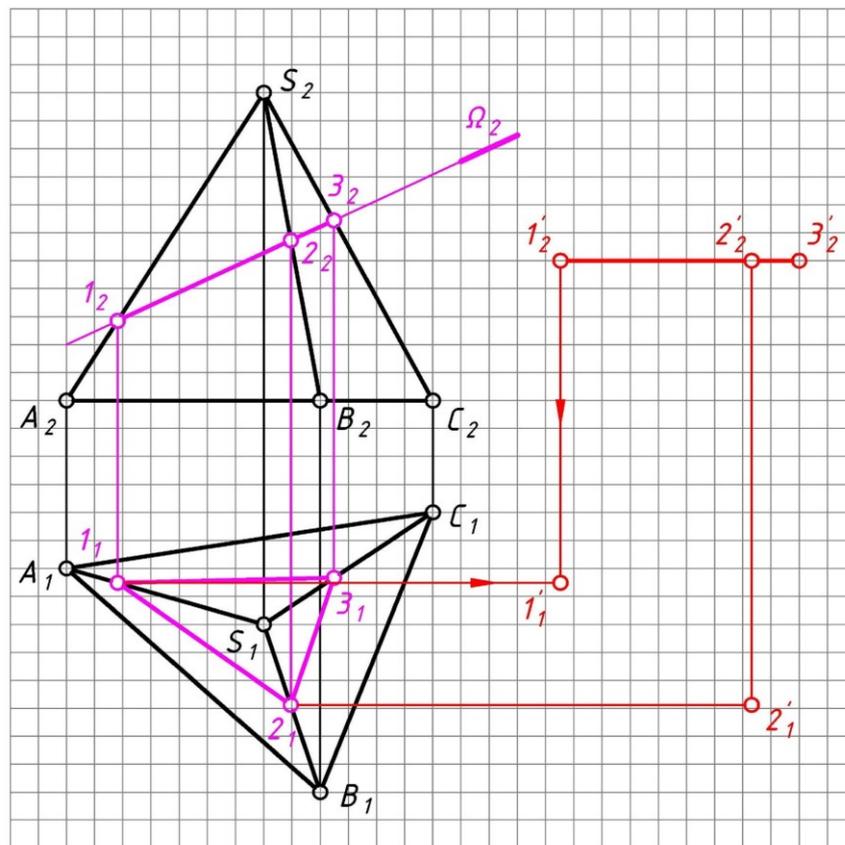
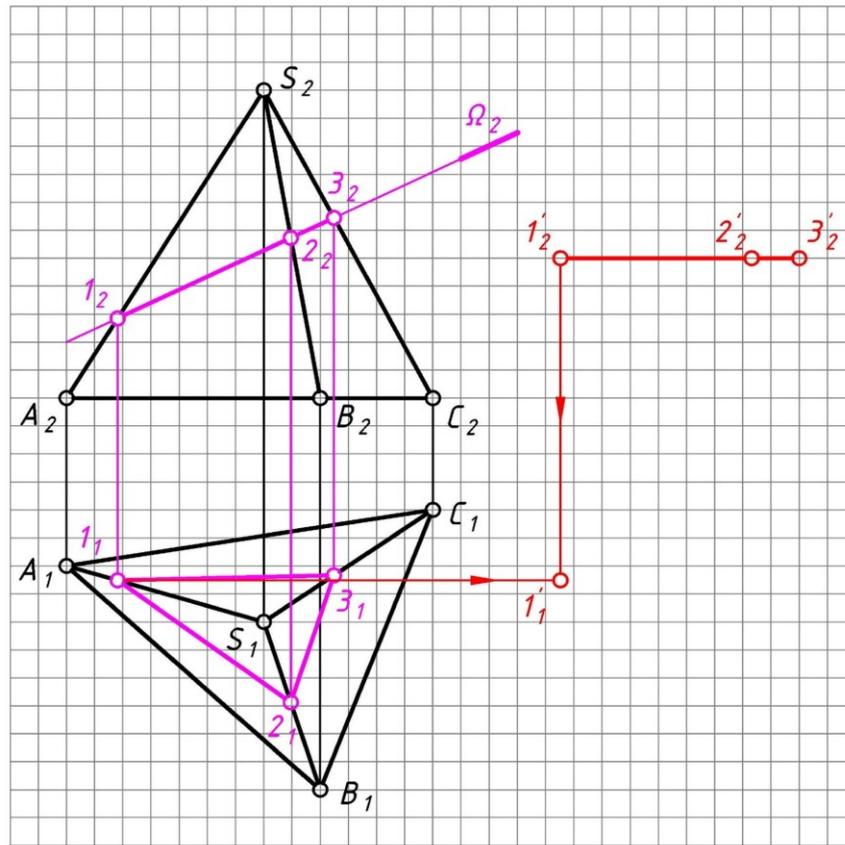
Проекциями сечения многогранников, в общем случае, являются многоугольники, вершины которых принадлежат ребрам, а стороны – граням многогранника. Так как в случае плоскости частного положения одна из проекций линии пересечения на чертеже определена, то вторая проекция строится из условия принадлежности точек поверхности (по принадлежности соответствующим ребрам и сторонам основания).

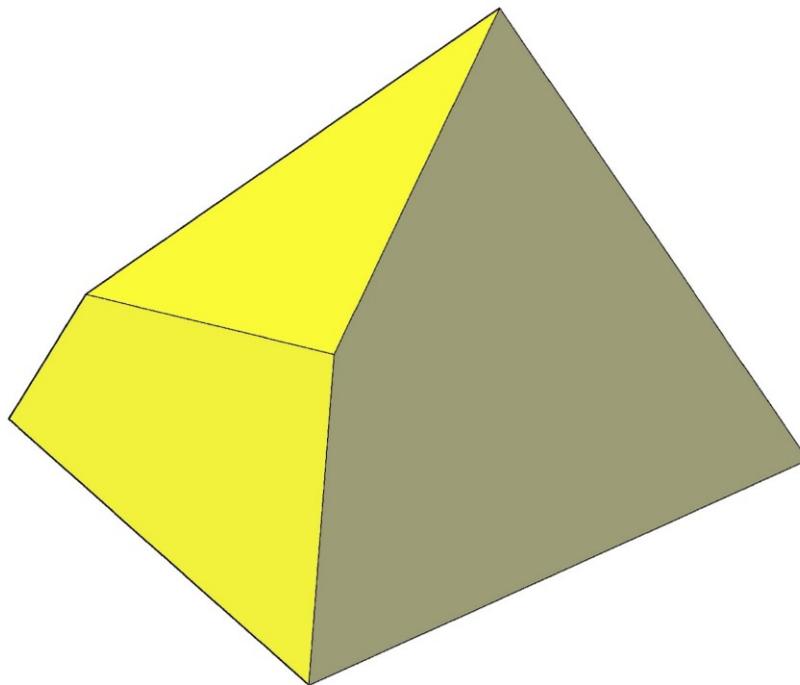
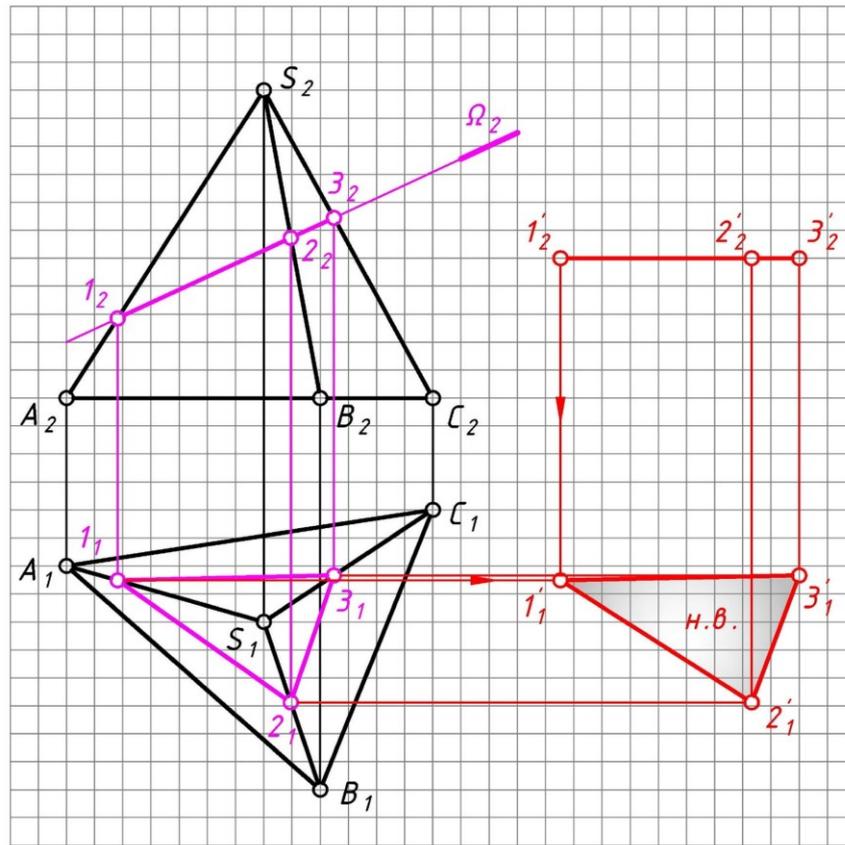


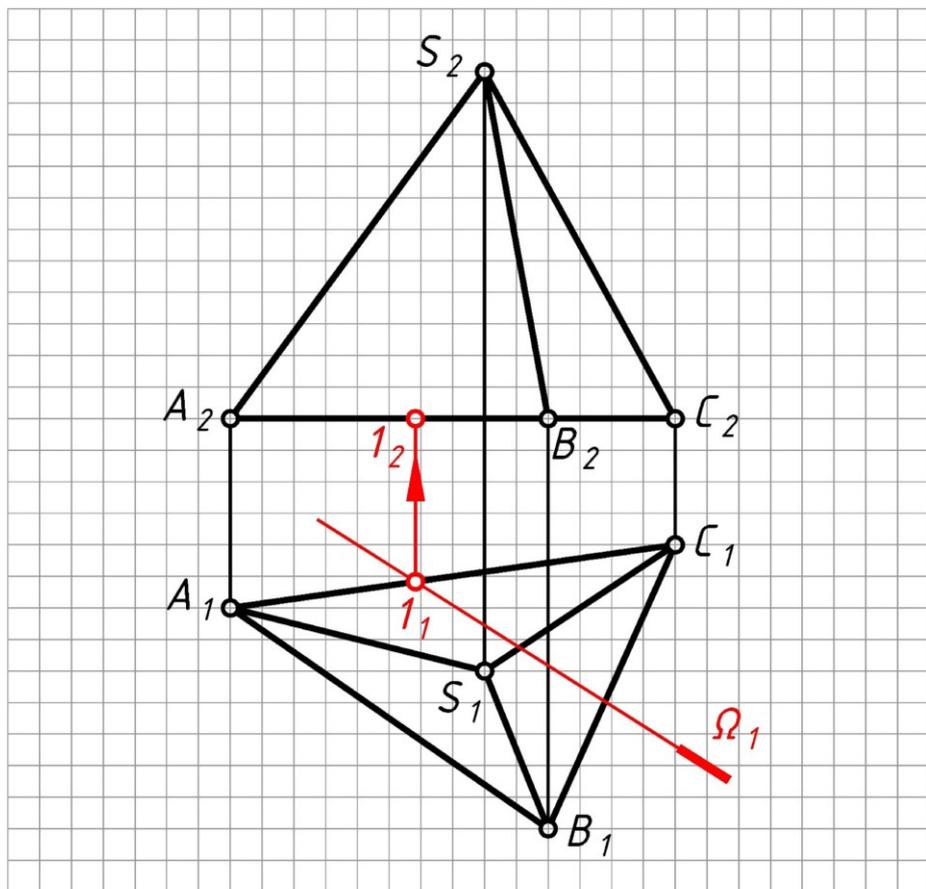
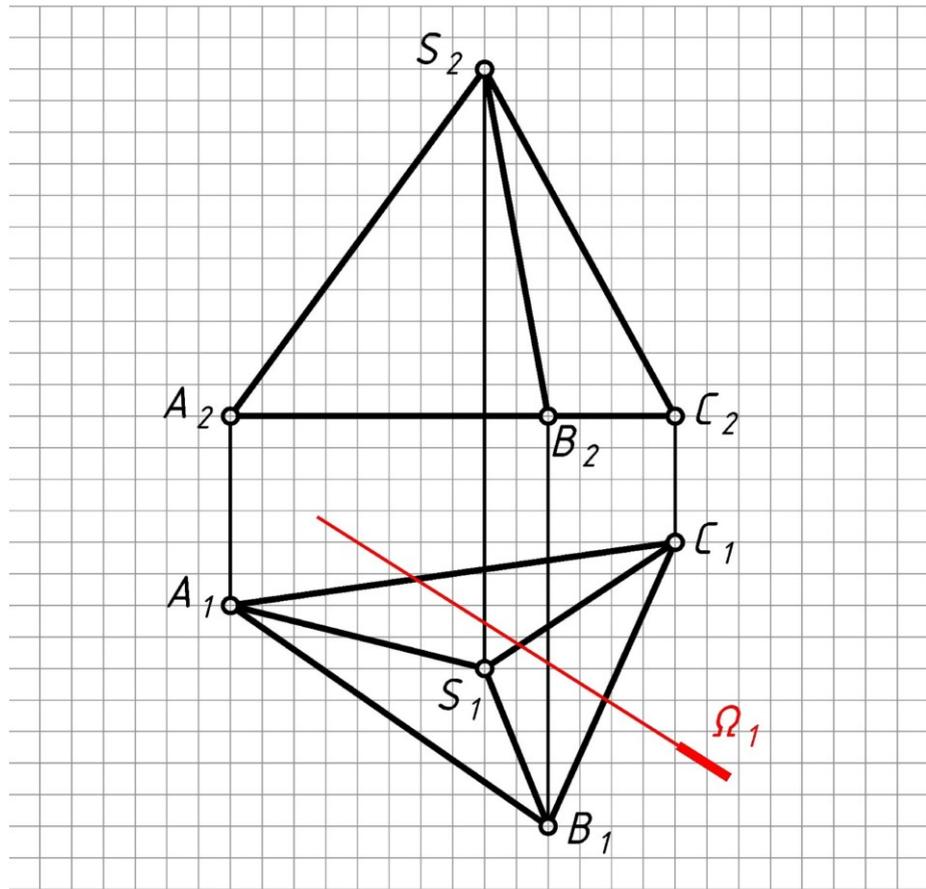


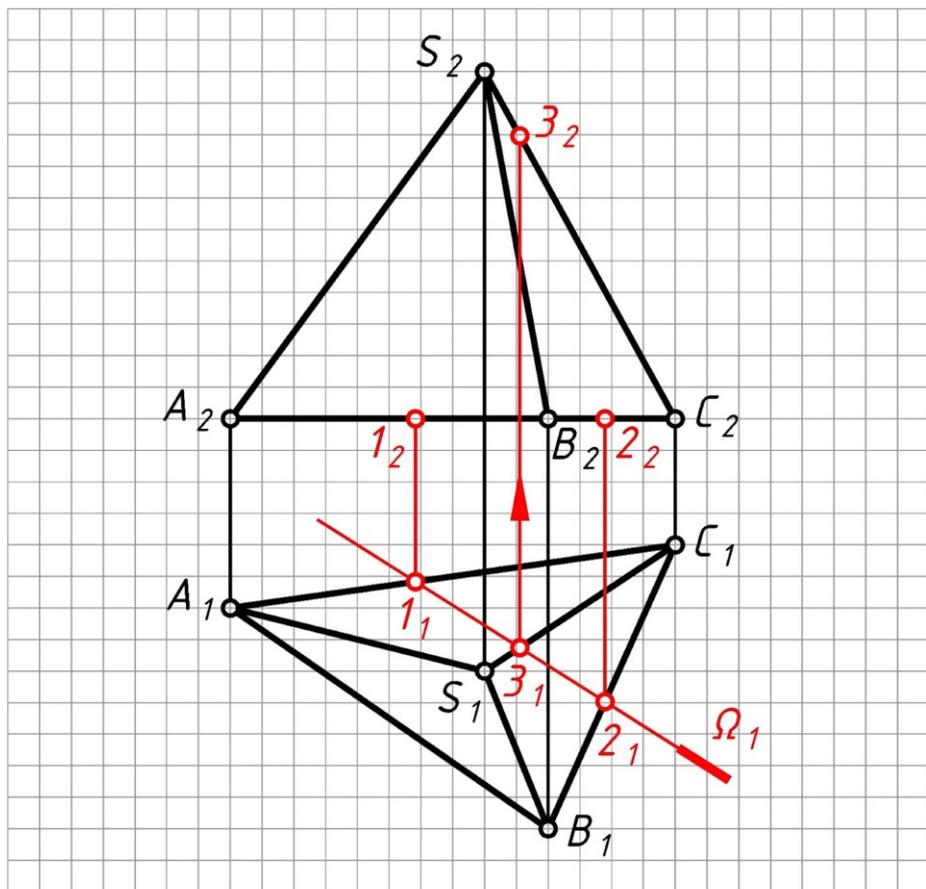
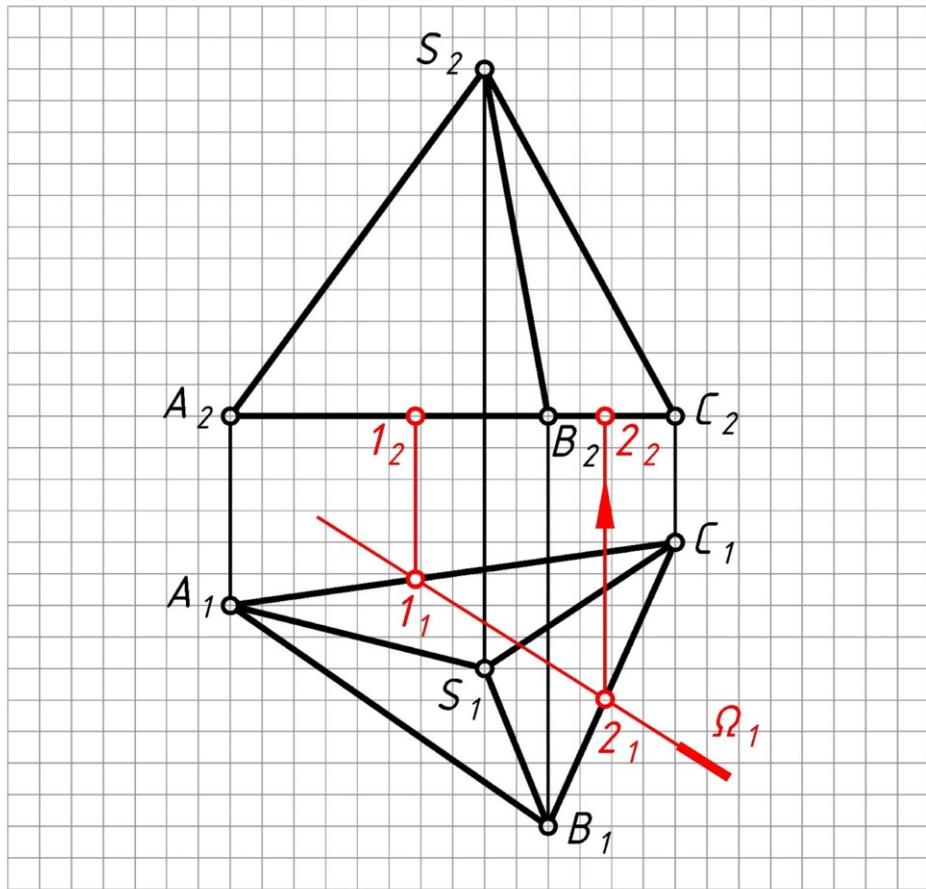


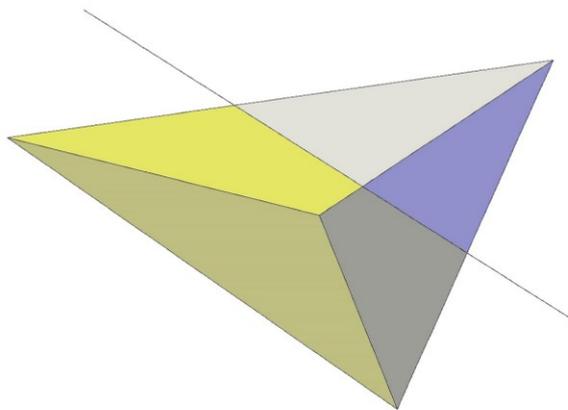
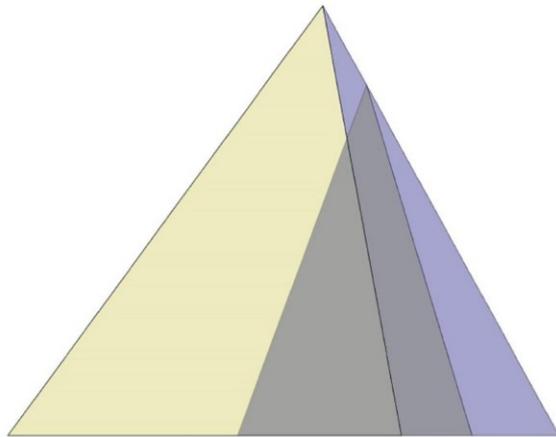
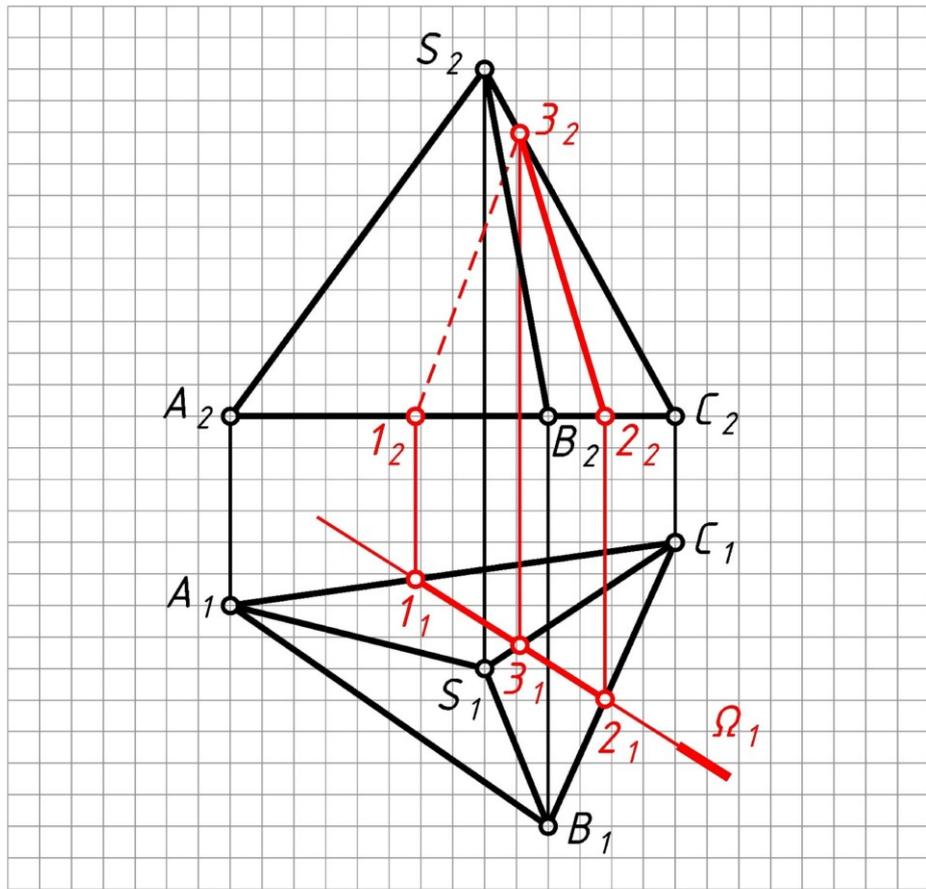


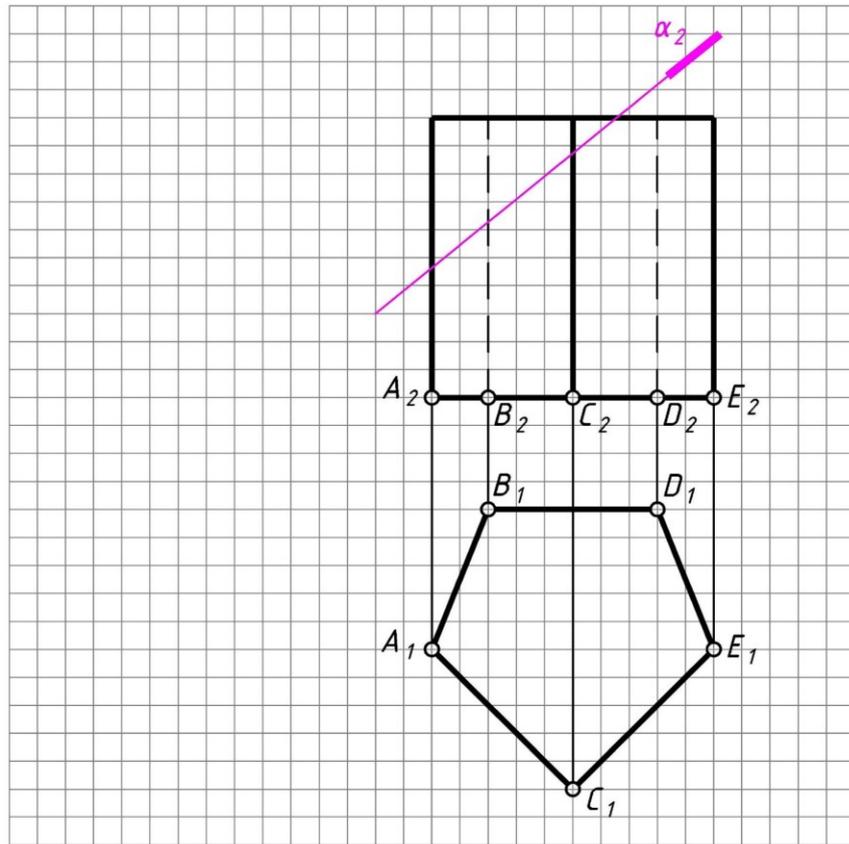
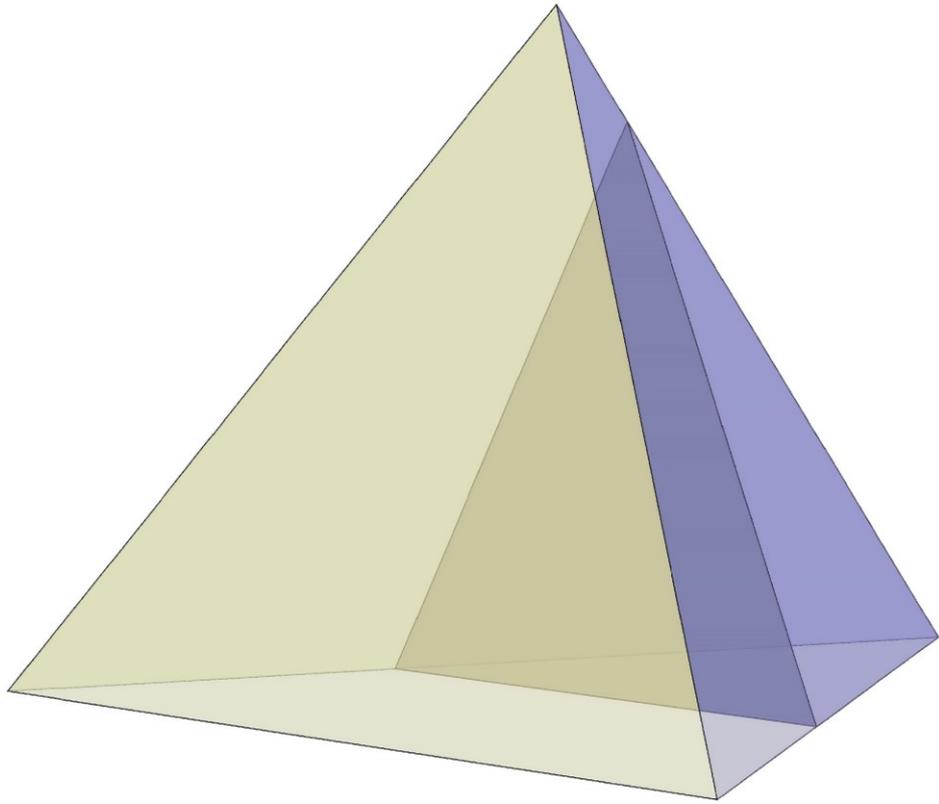


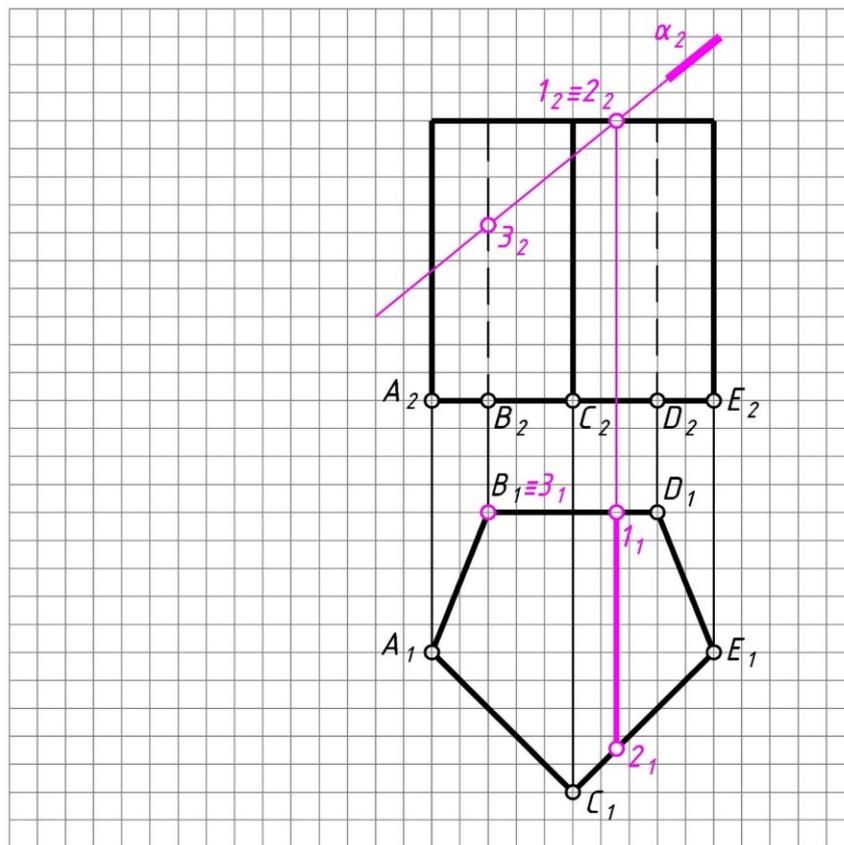
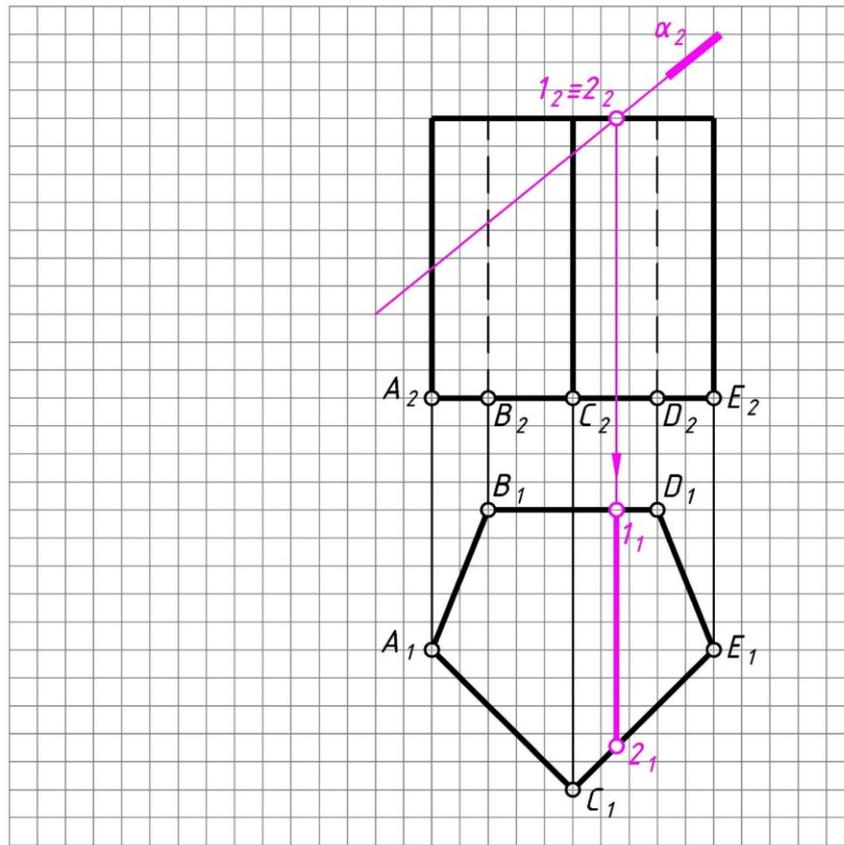


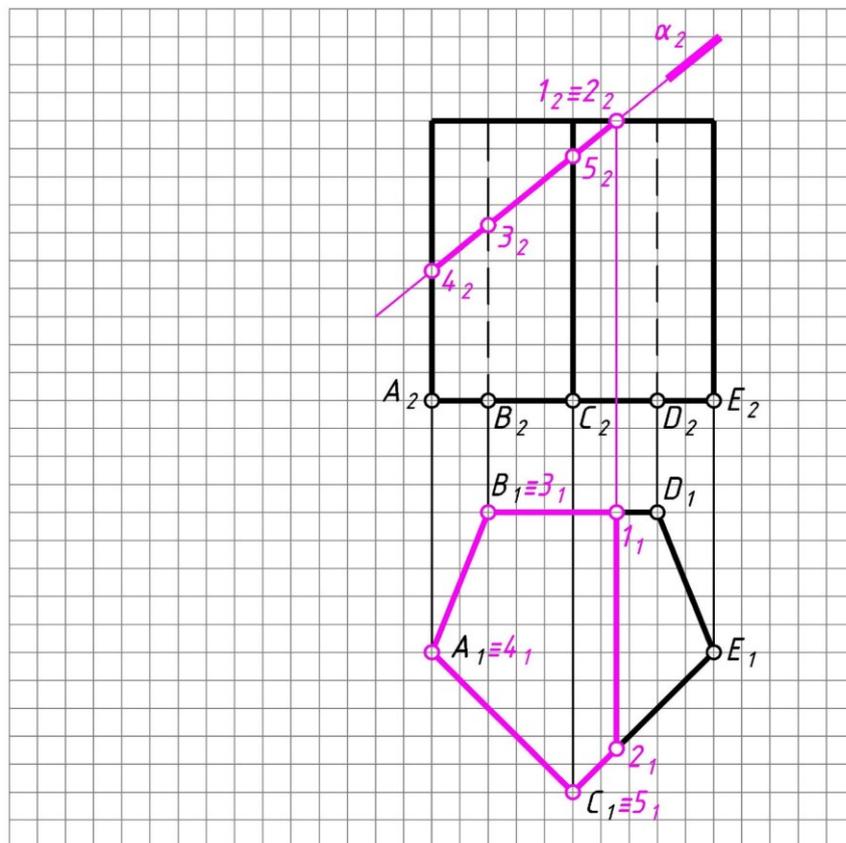
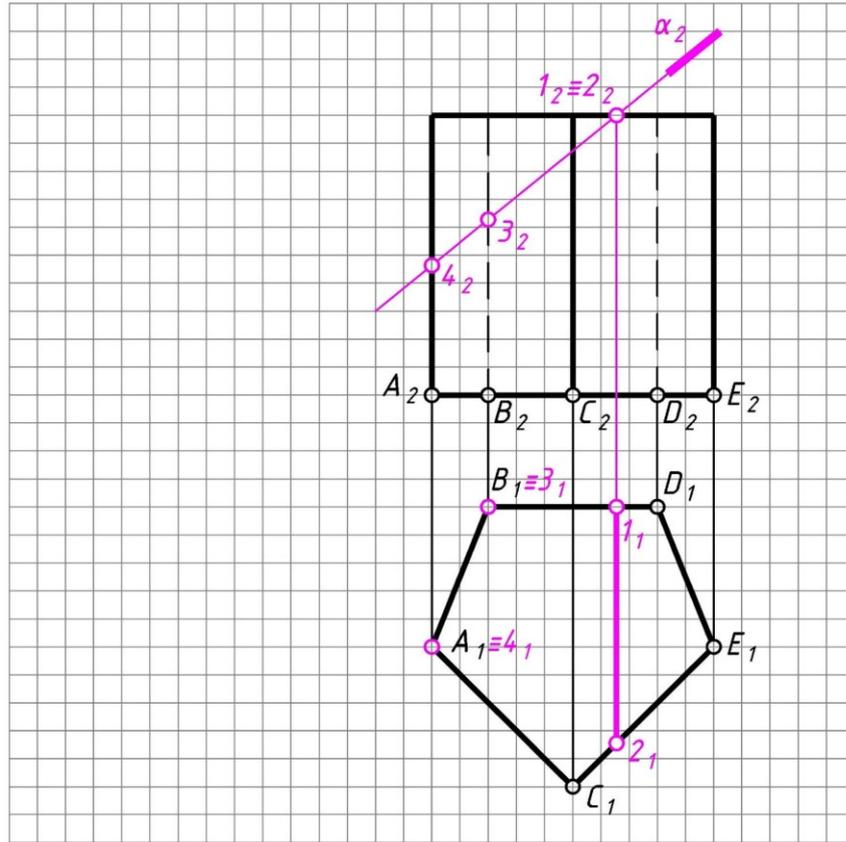


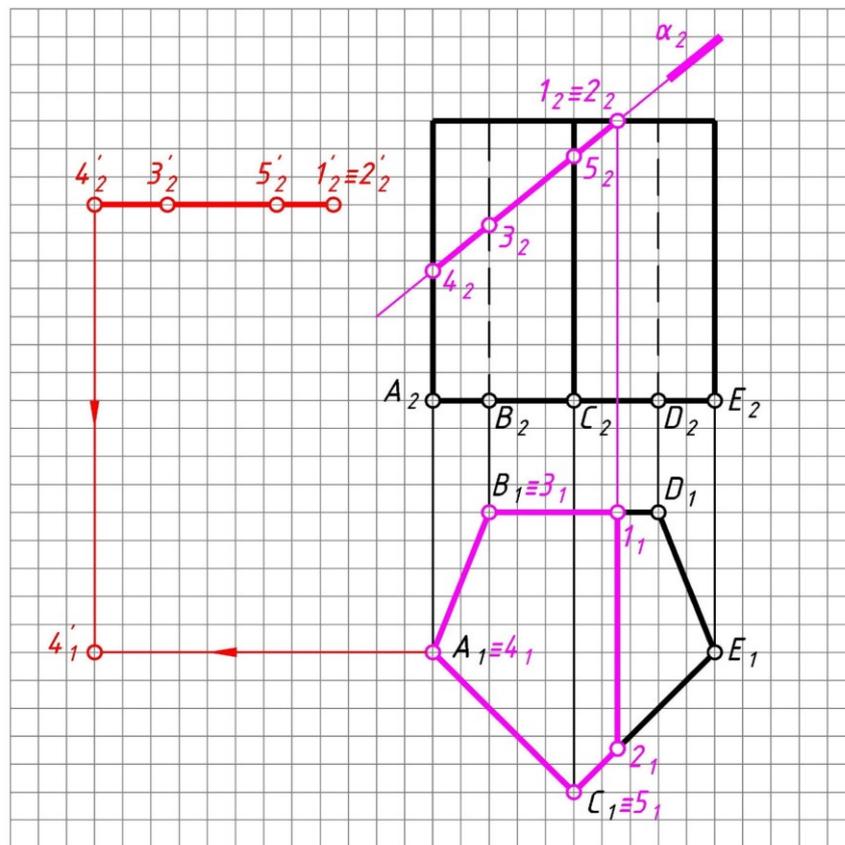
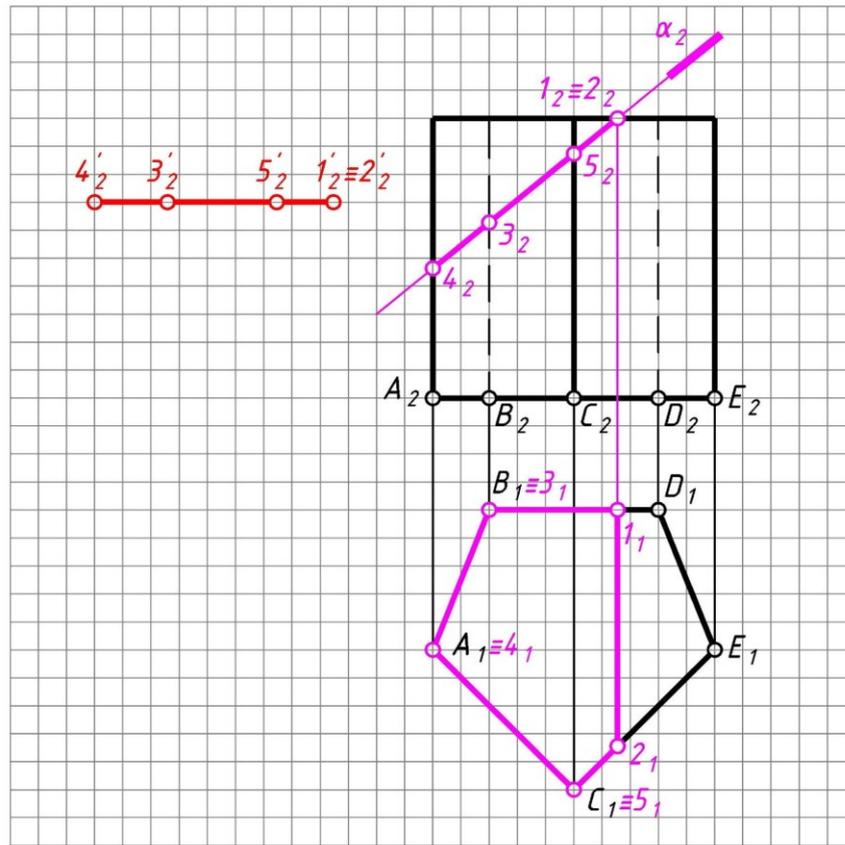


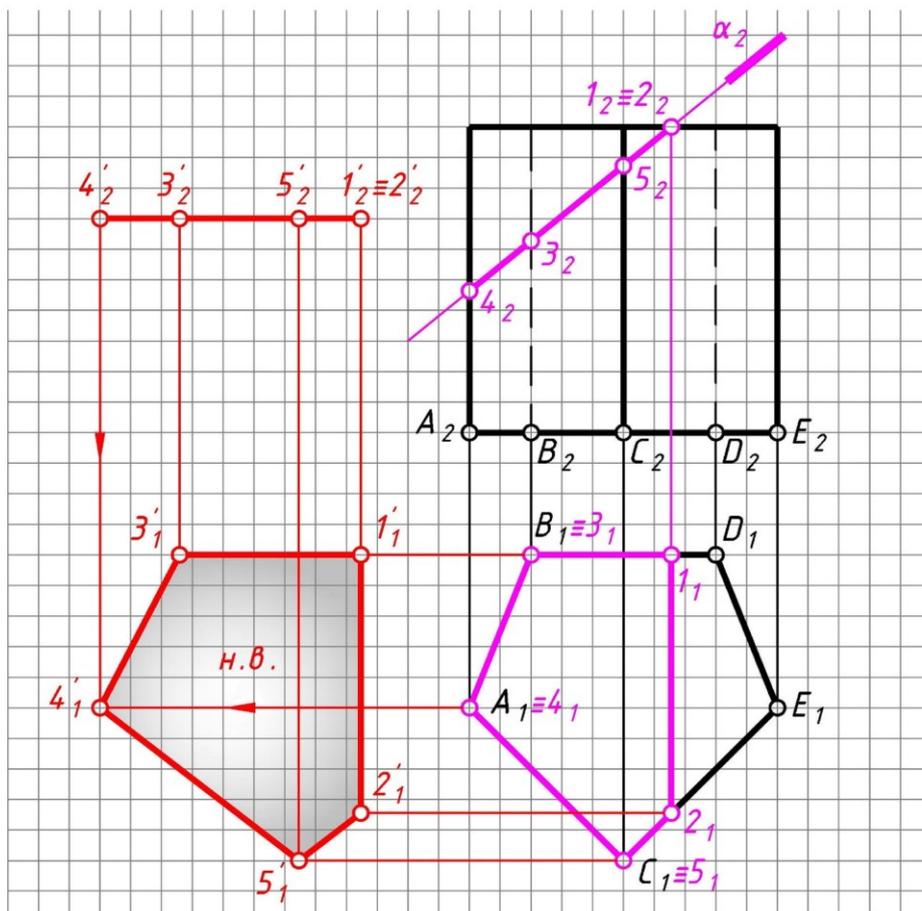
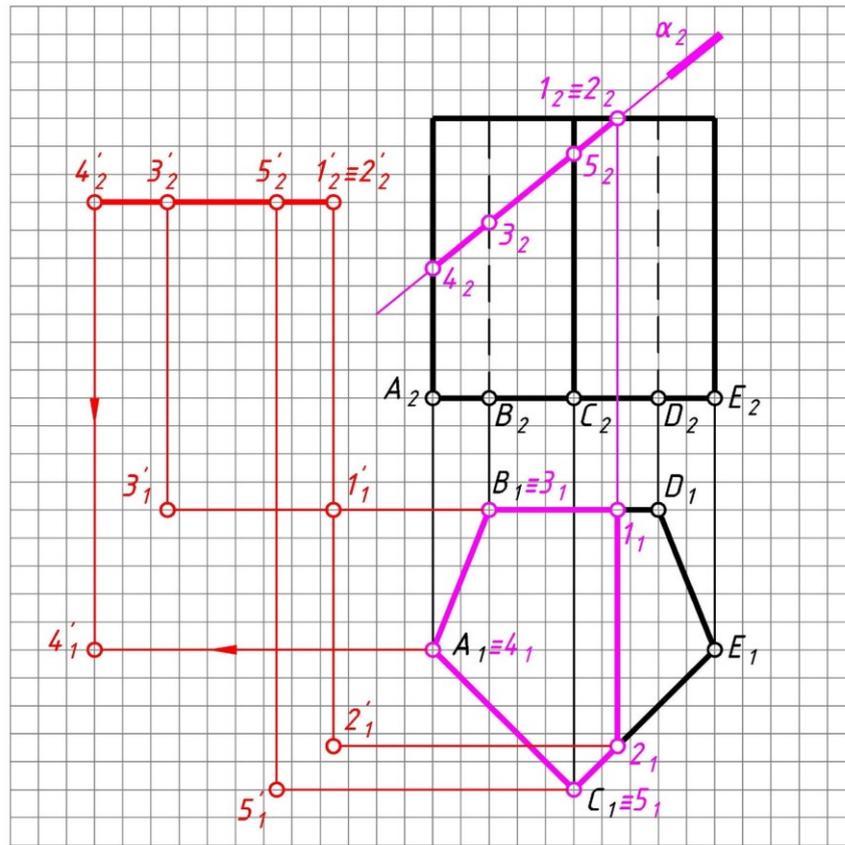


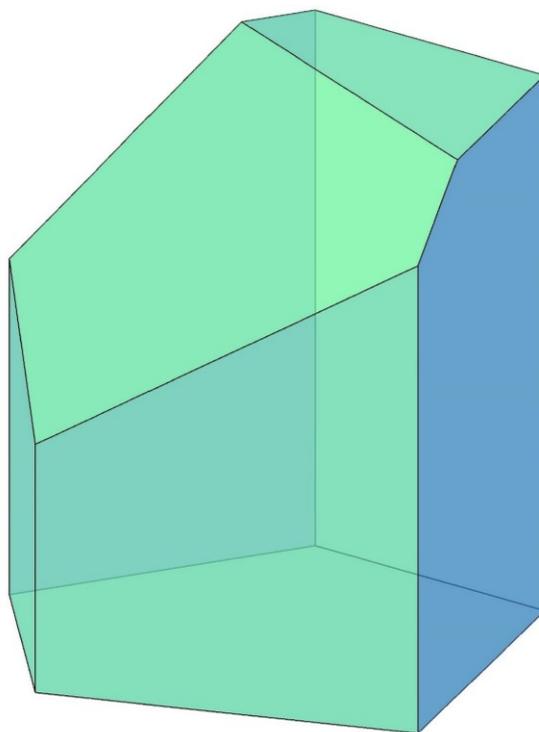










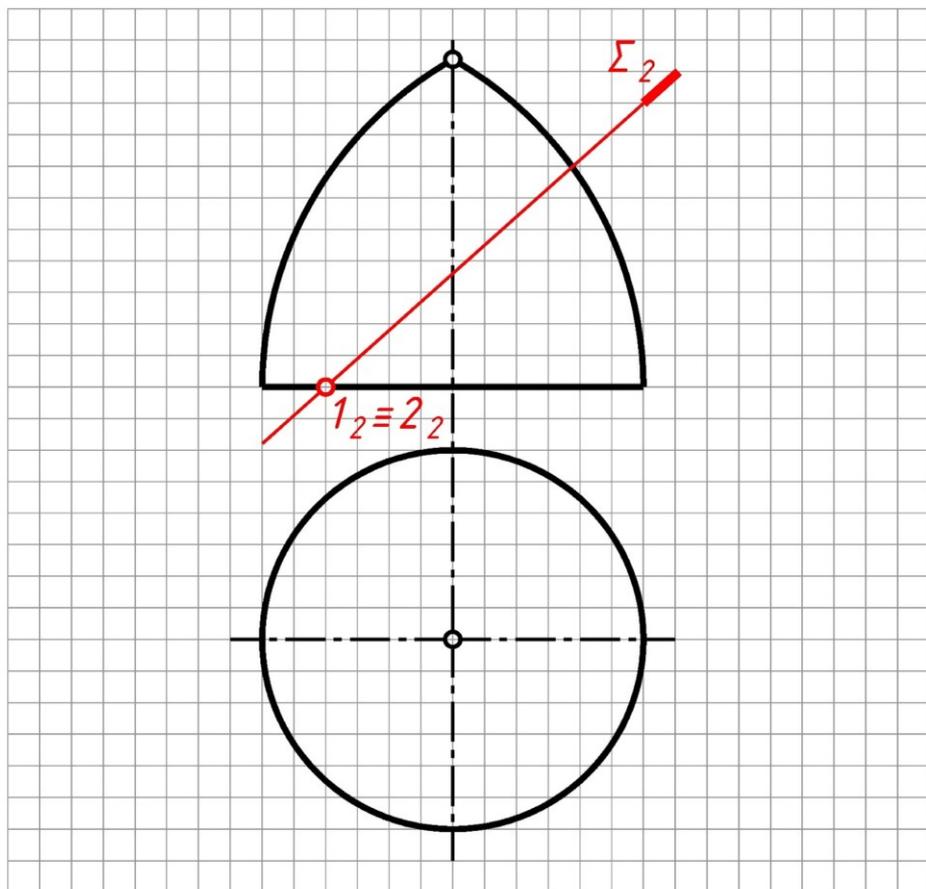
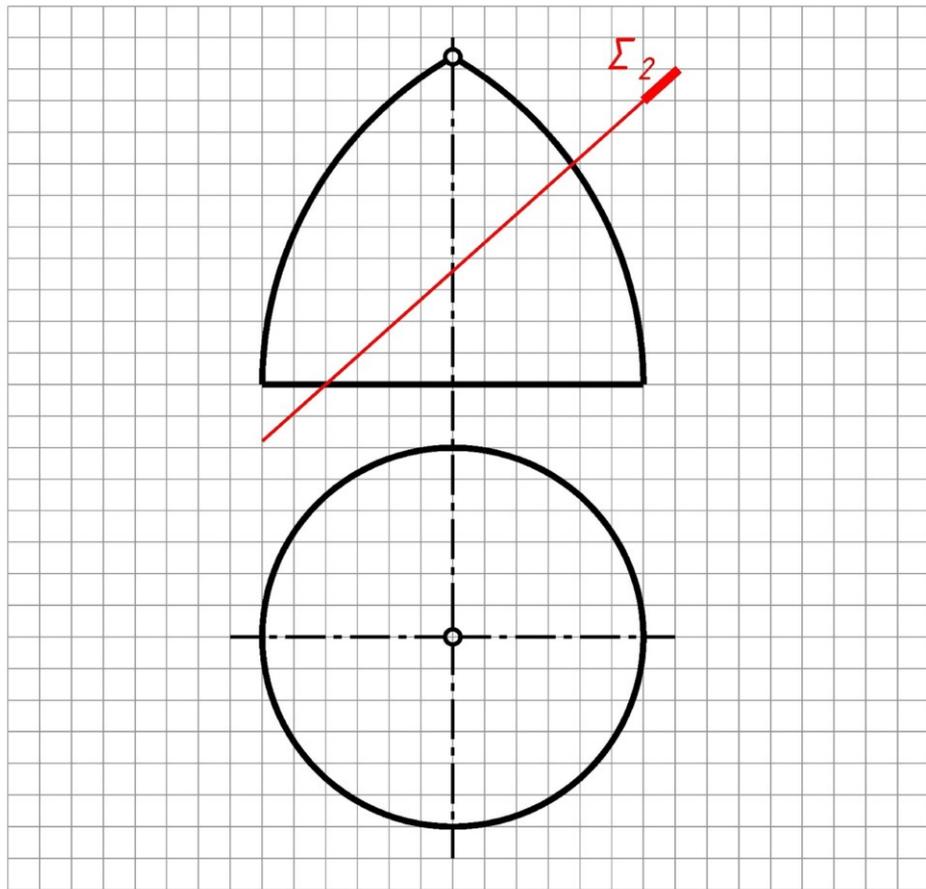


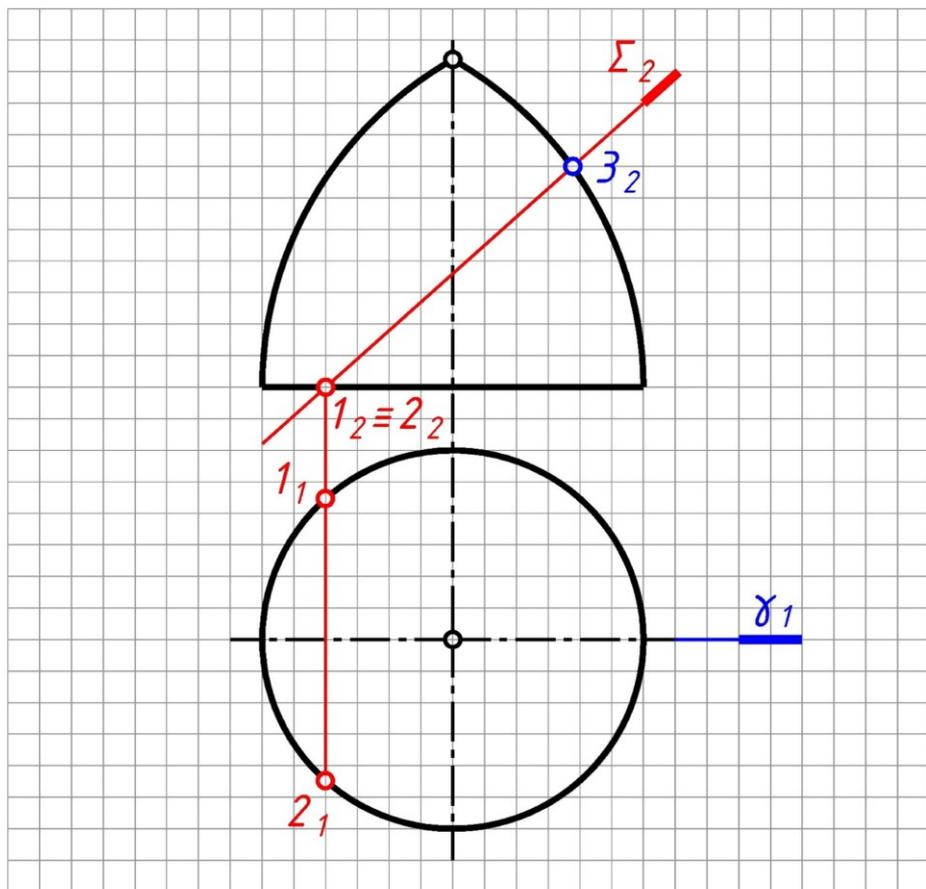
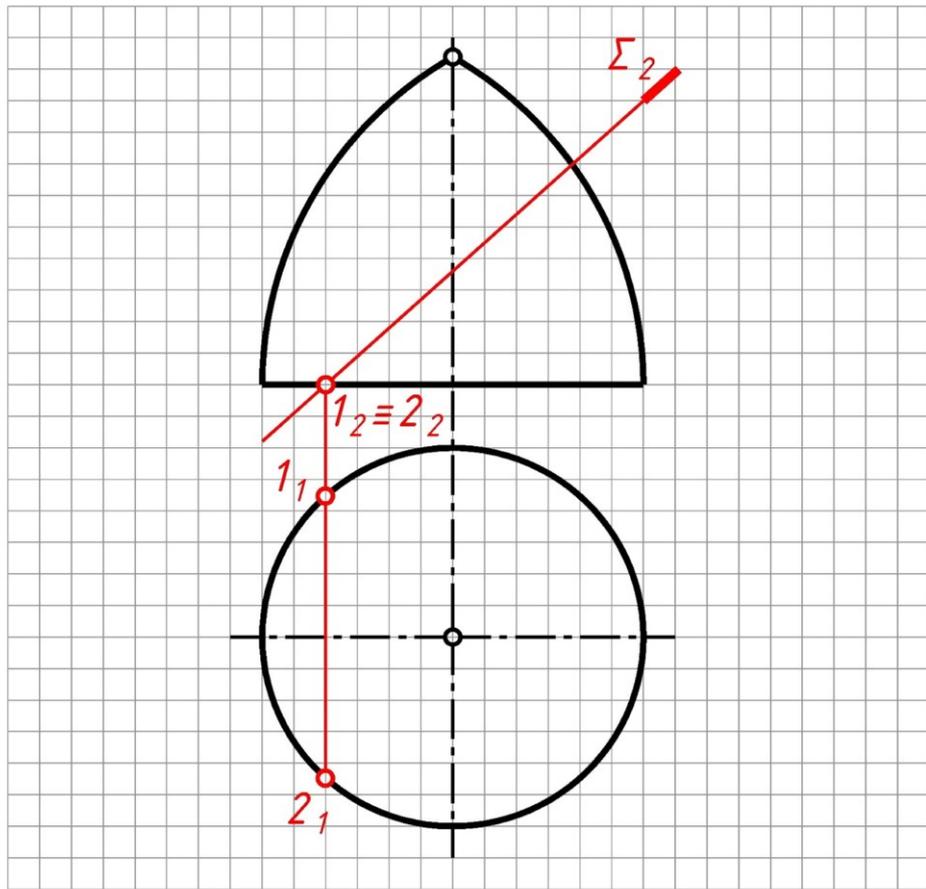
### **Сечения криволинейных поверхностей**

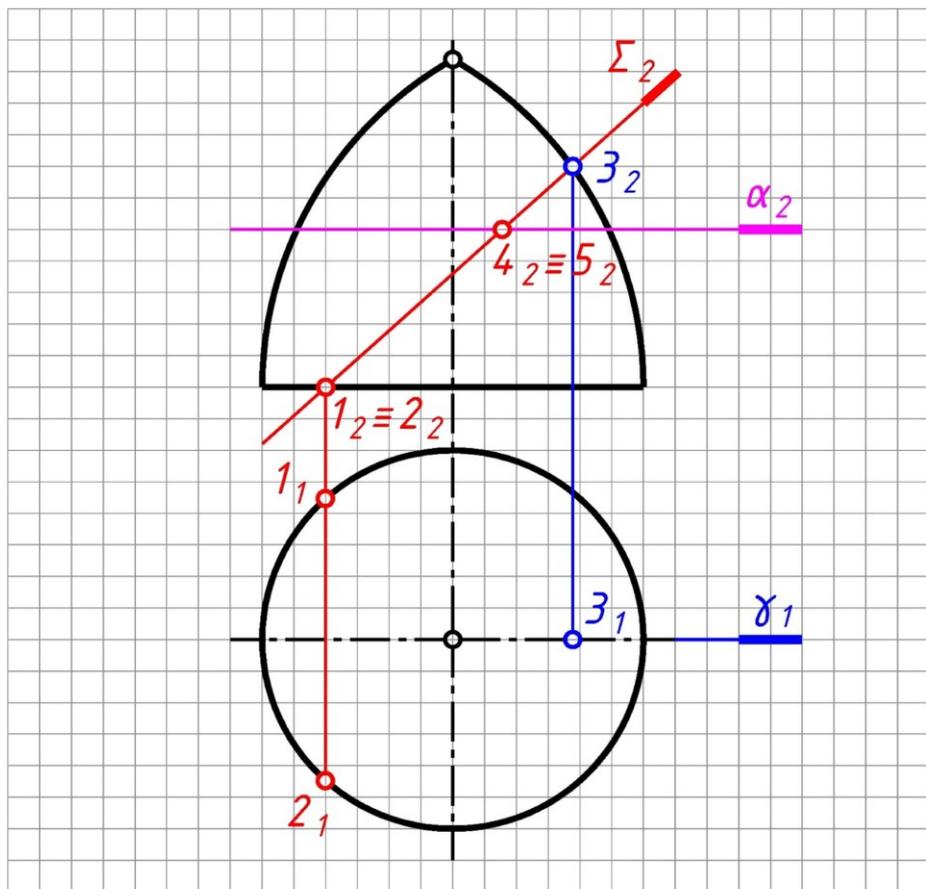
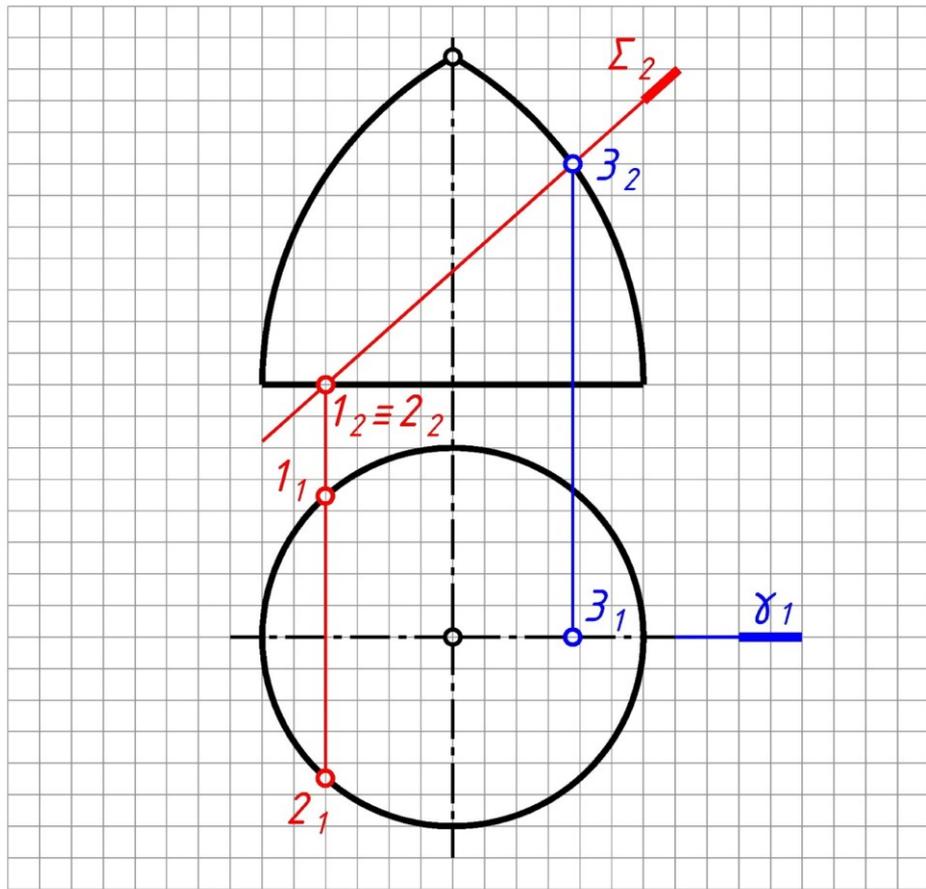
Линия пересечения криволинейной поверхности плоскостью представляет собой плоскую кривую. В некоторых частных случаях линейчатые поверхности могут пересекаться плоскостями по образующим, т.е. по прямым линиям.

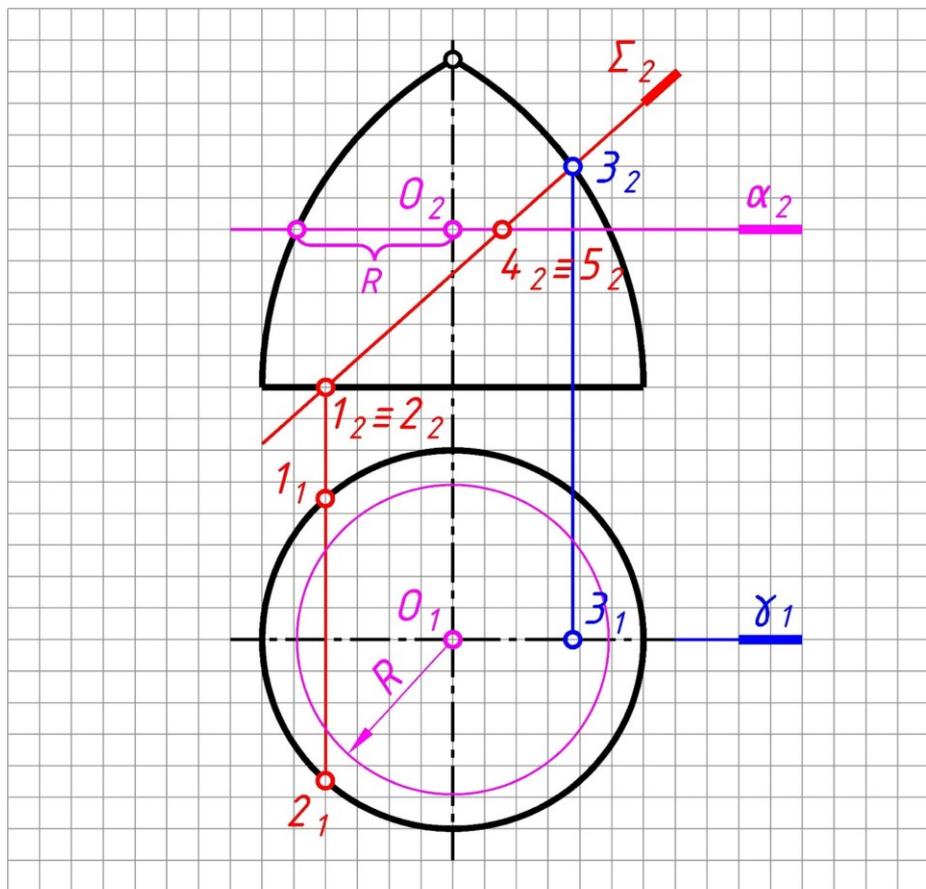
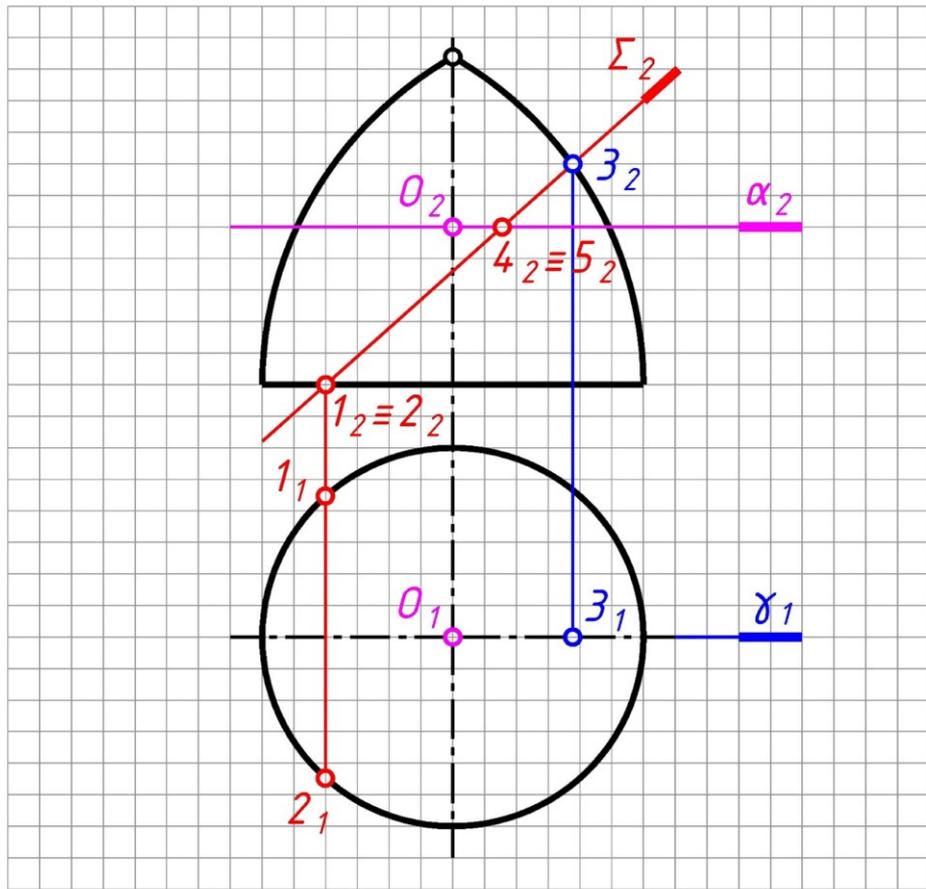
Сечение поверхности вращения плоскостью является симметричной фигурой. Ось симметрии принадлежит общей плоскости симметрии поверхности и секущей плоскости. Плоскость симметрии проходит через ось вращения поверхности и перпендикулярна секущей плоскости.

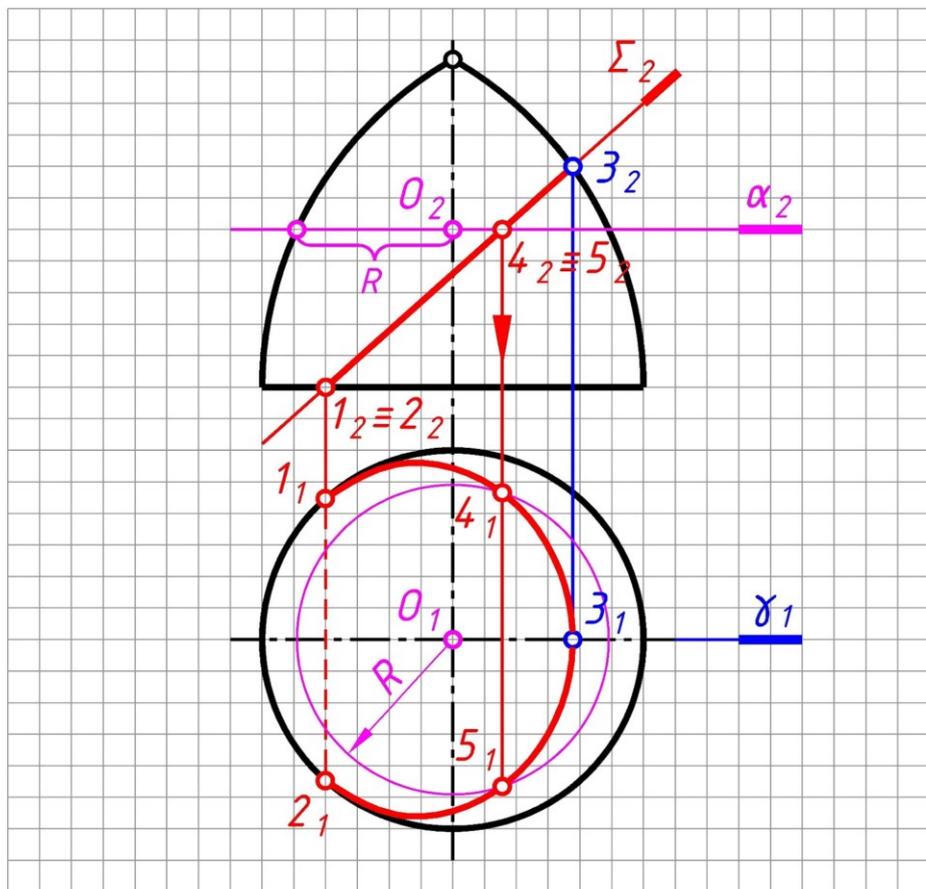
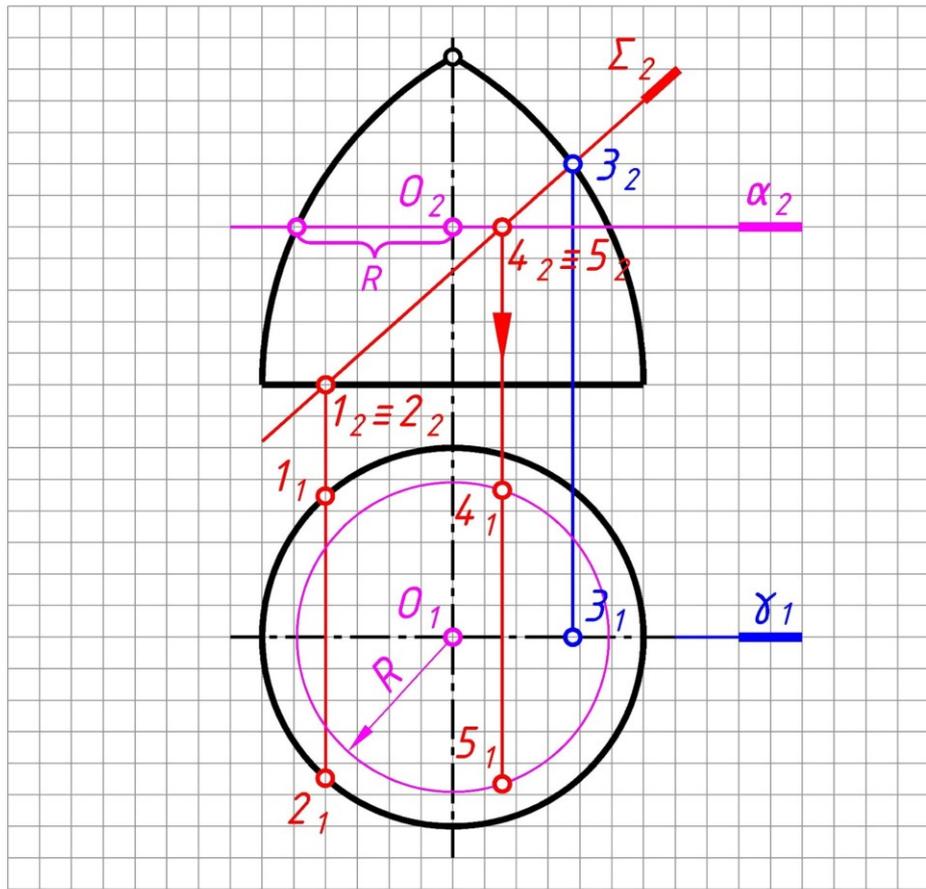
В общем случае для нахождения линии пересечения криволинейной поверхности плоскостью используют вспомогательные плоскости-посредники частного положения, пересекающие заданную поверхность по простым линиям – прямым или окружностям).

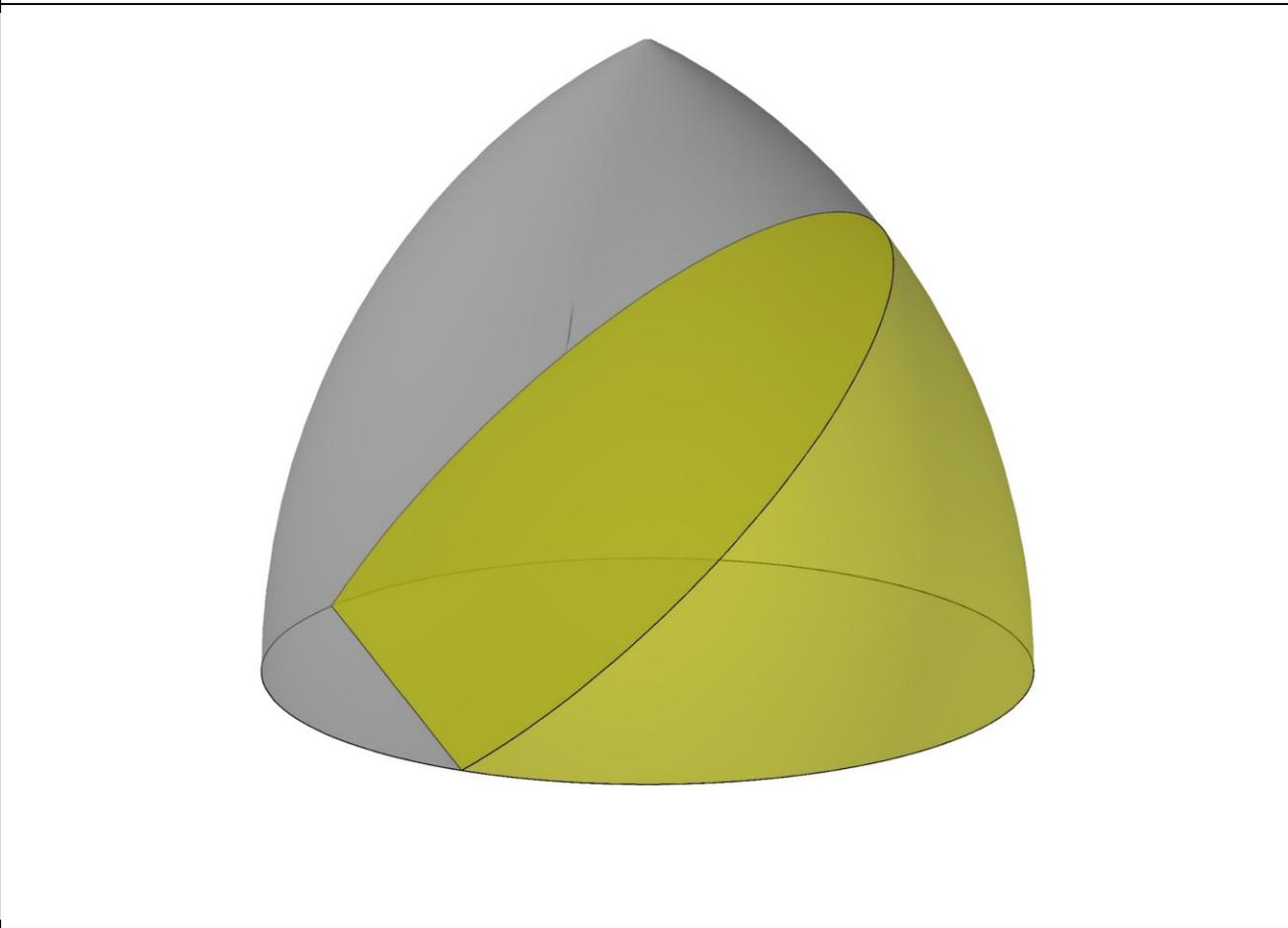
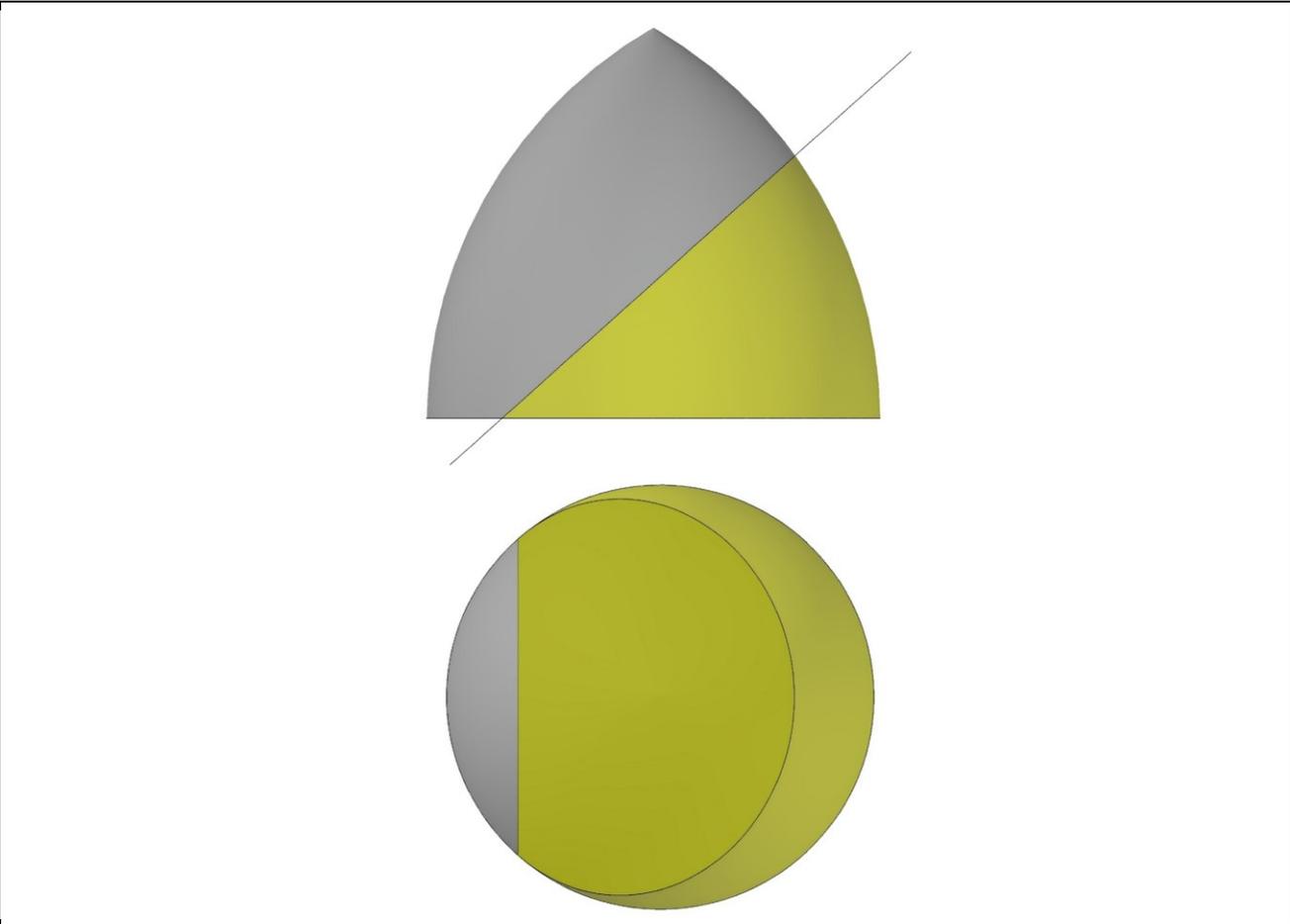






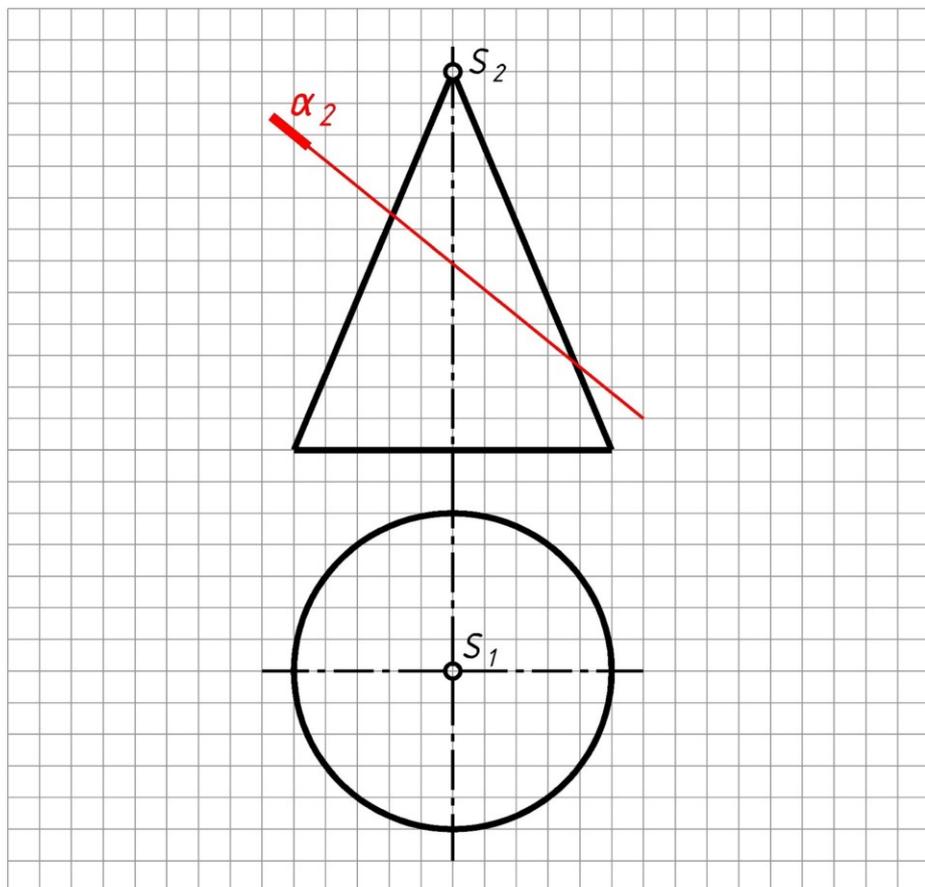


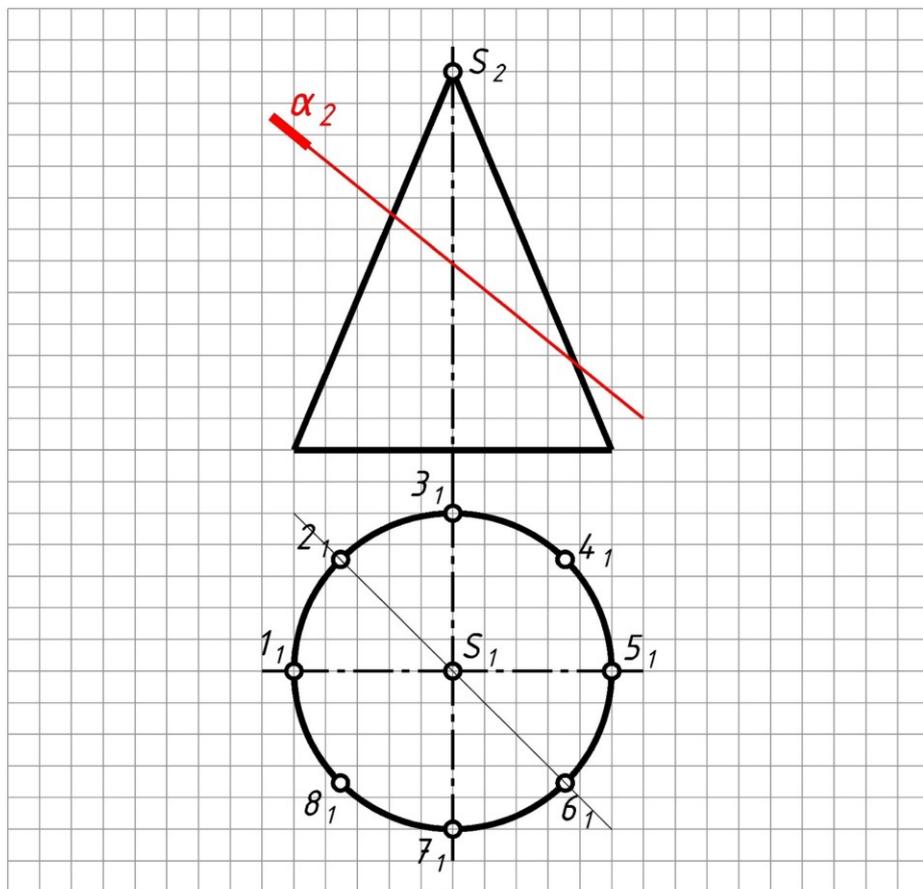
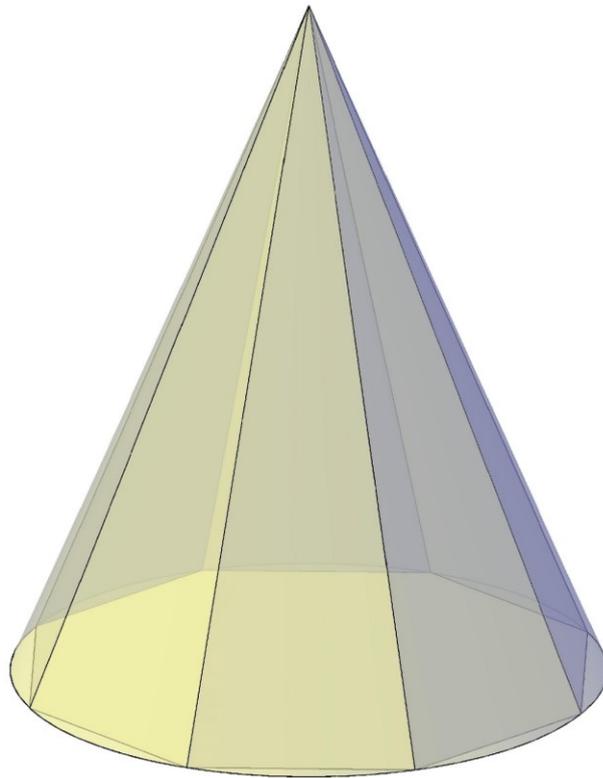


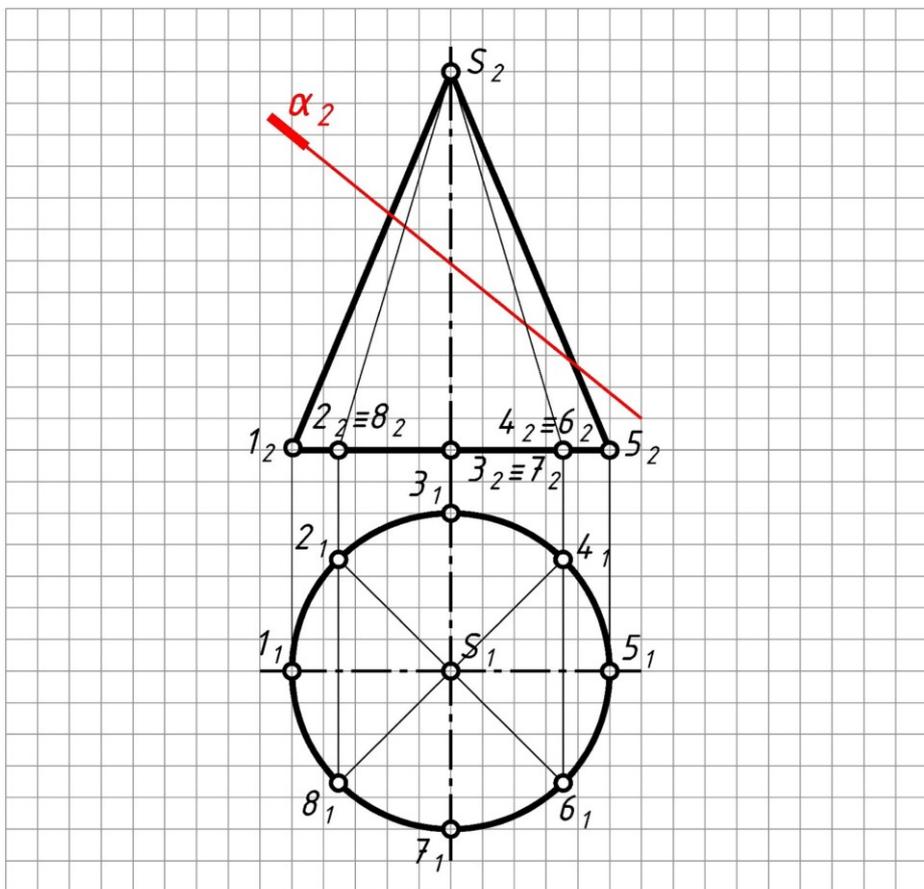
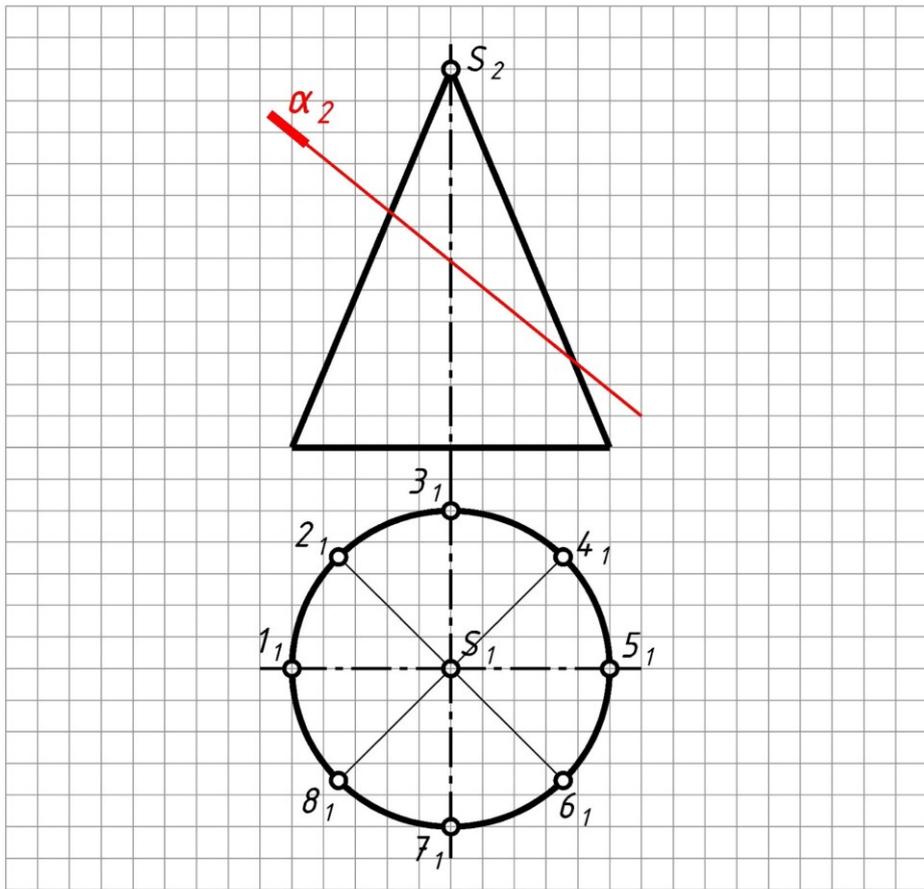


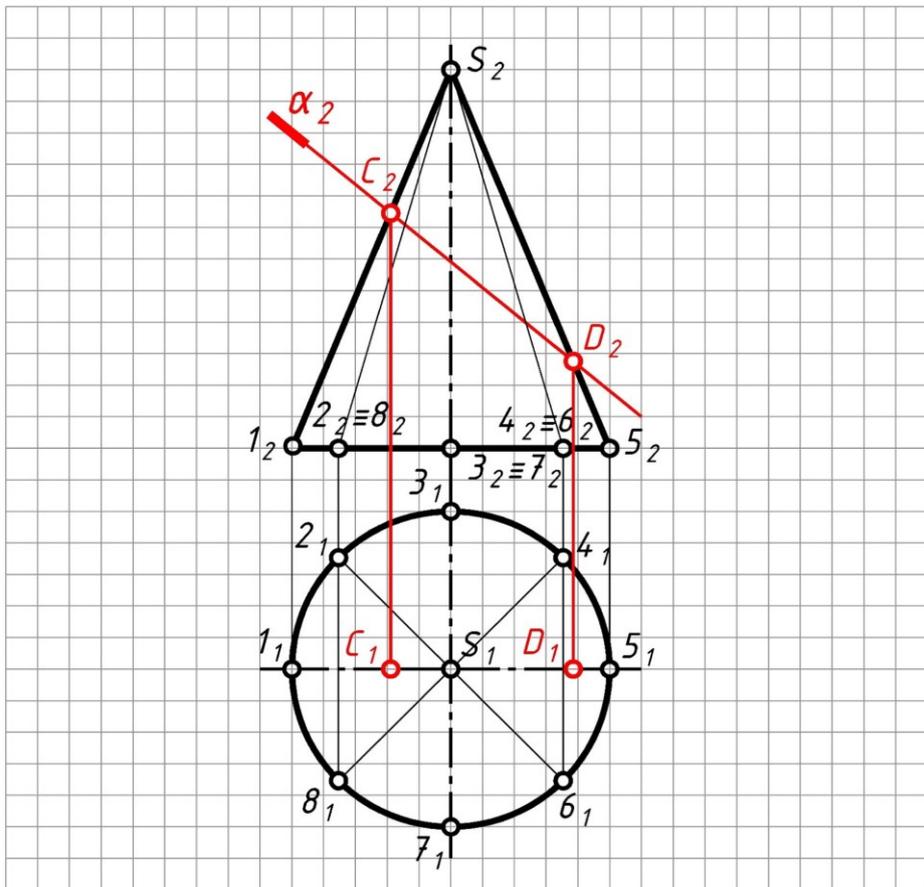
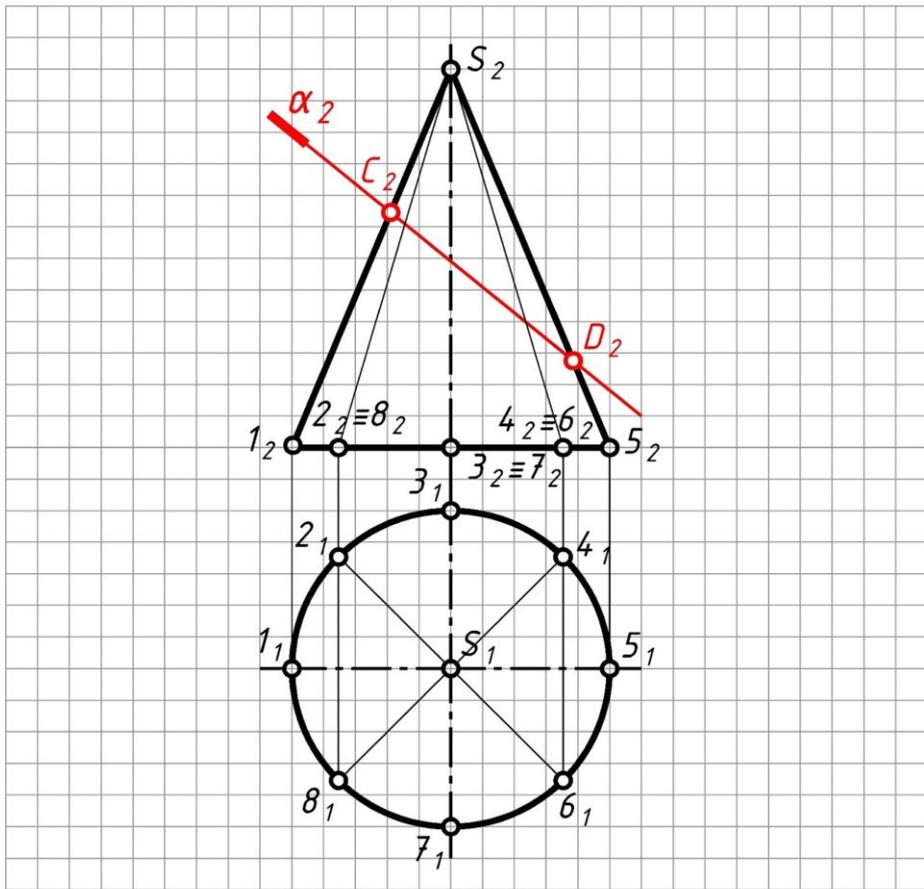
Если заданная поверхность имеет прямолинейные образующие (цилиндр, конус), то ее можно аппроксимировать (заменить) поверхностью многогранника с бесчисленным числом сторон (призмой, пирамидой). В этом случае за ребра многогранника принимаются образующие поверхности.

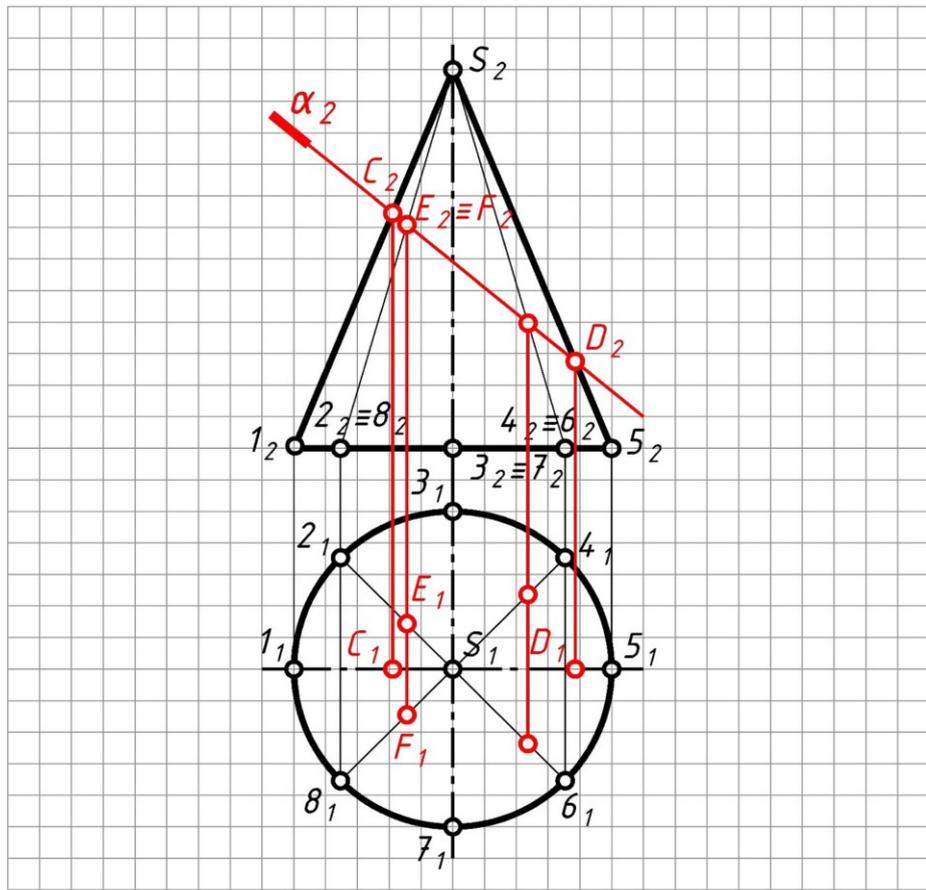
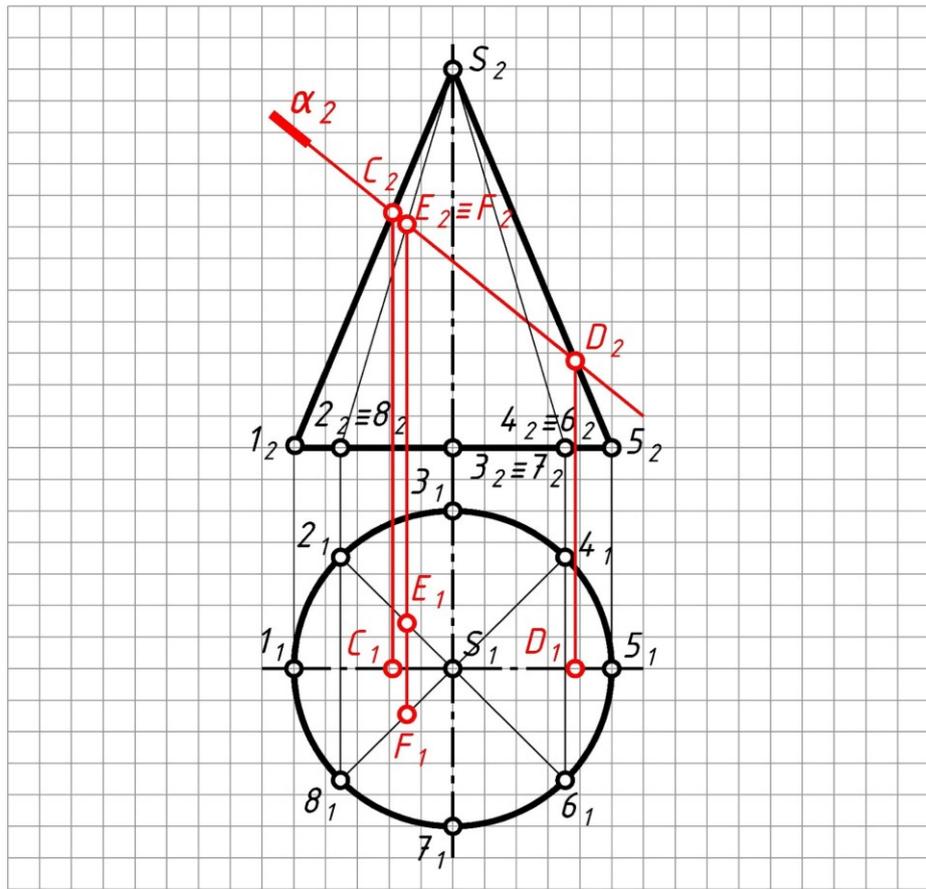
Чем большее число граней многогранника принимают, тем точнее получается линия пересечения. Полученные точки соединяют плавной кривой.

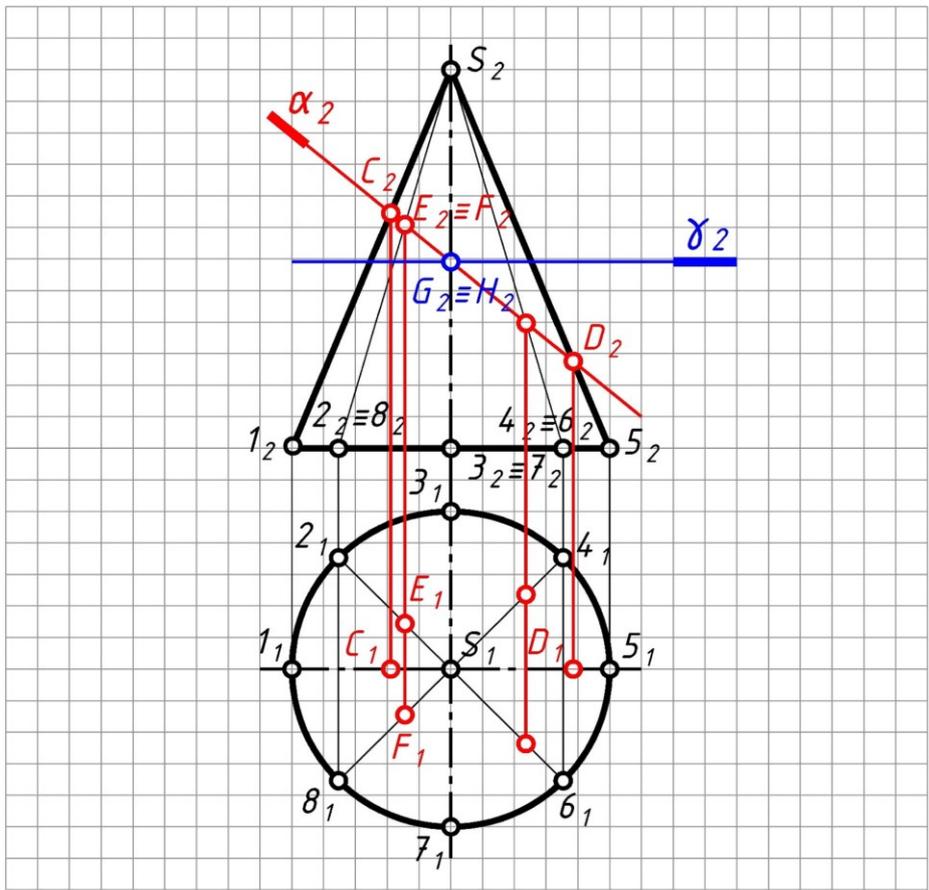
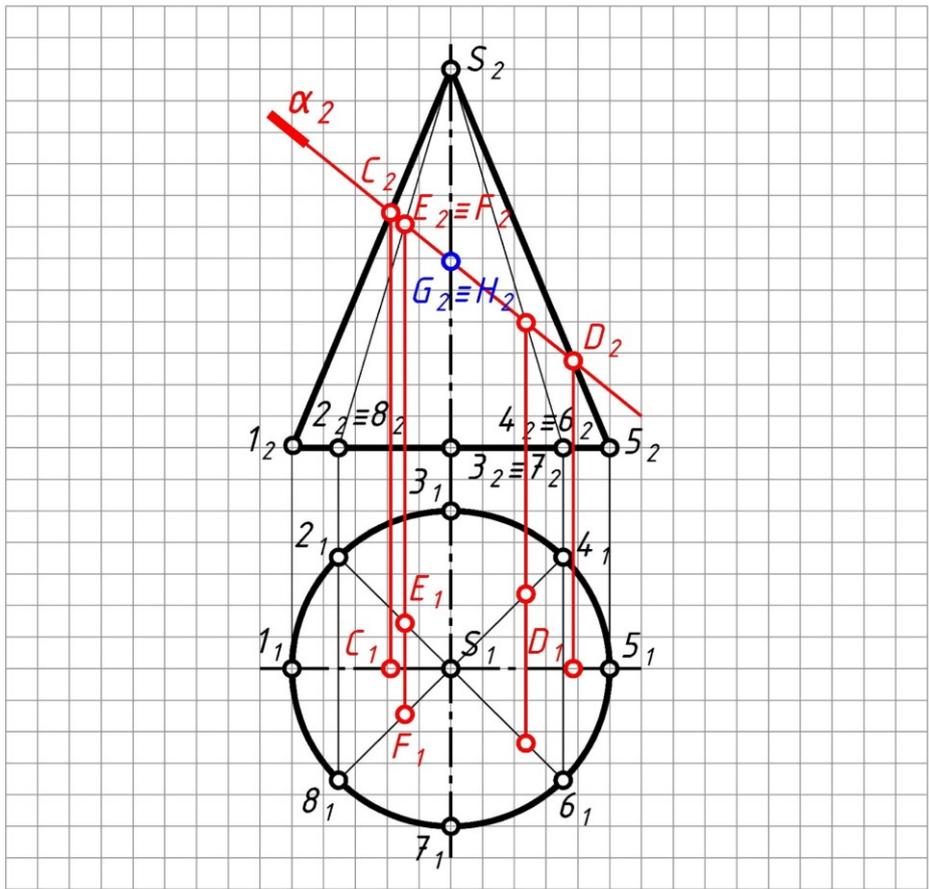


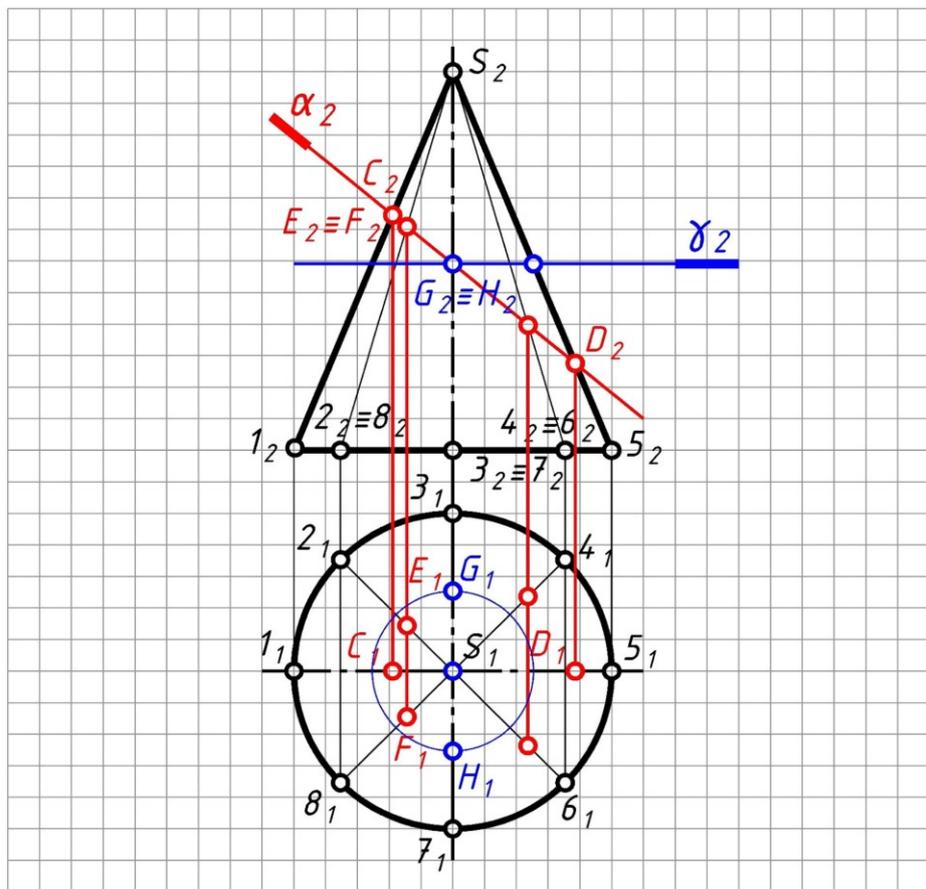
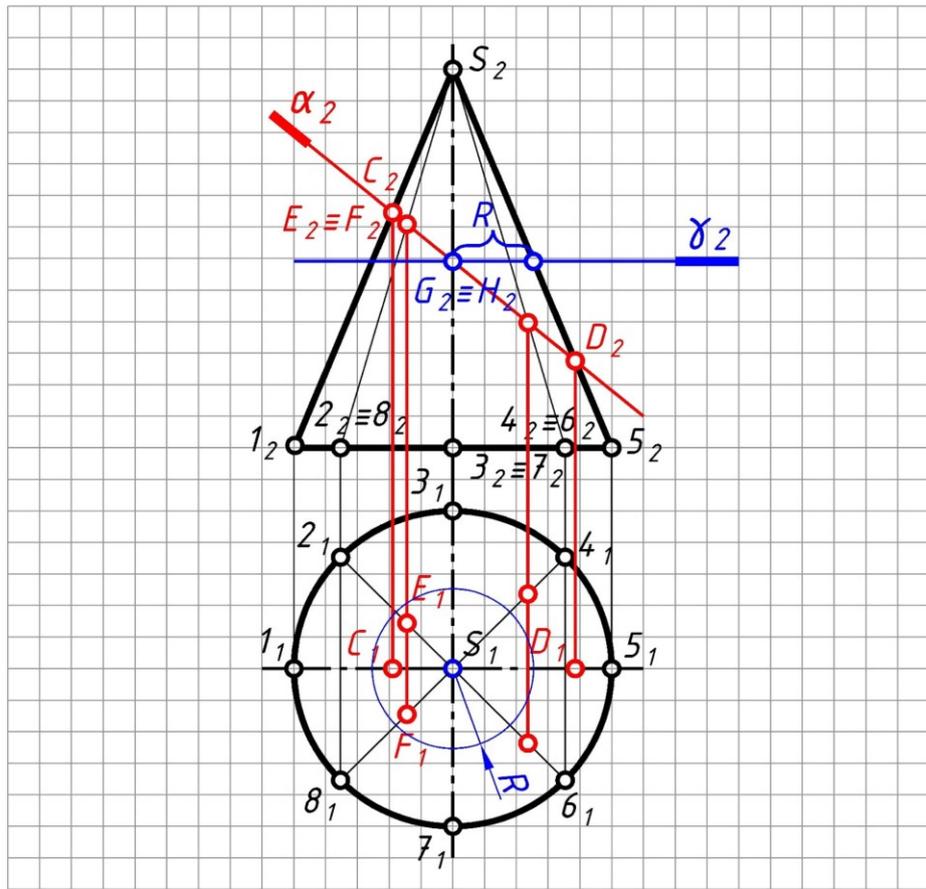


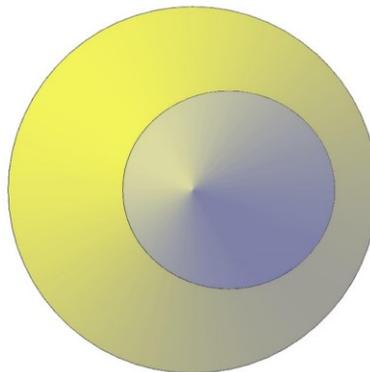
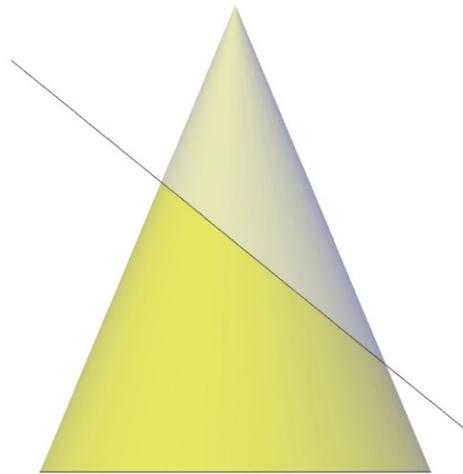
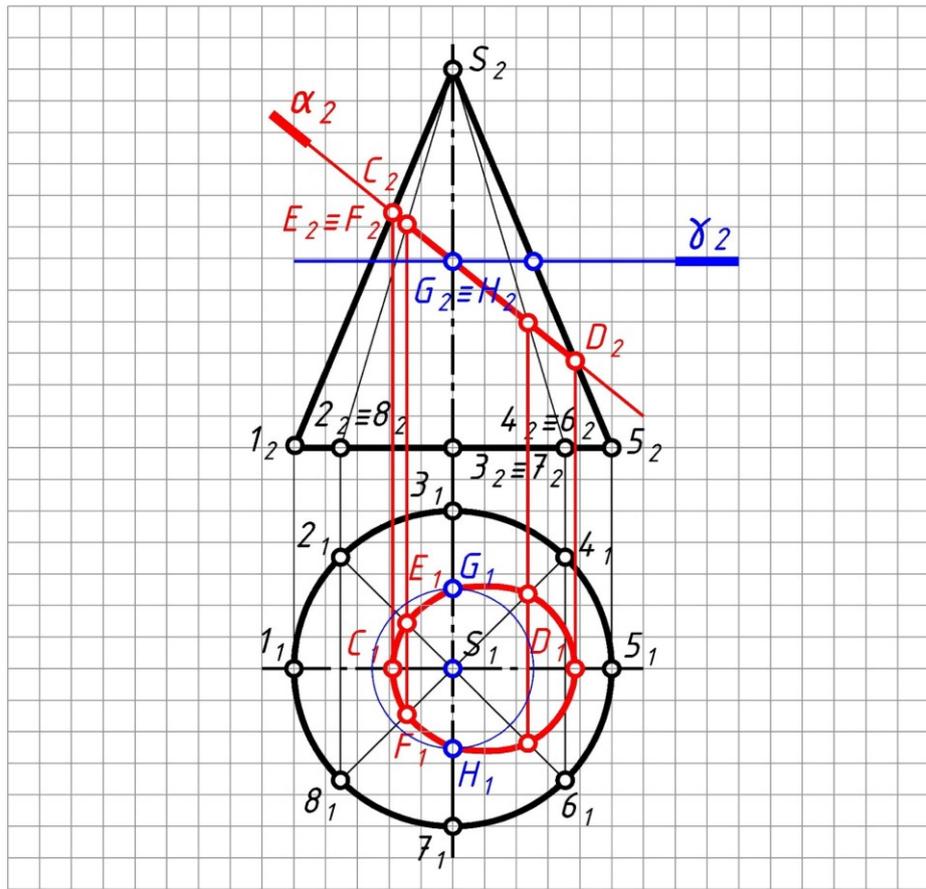


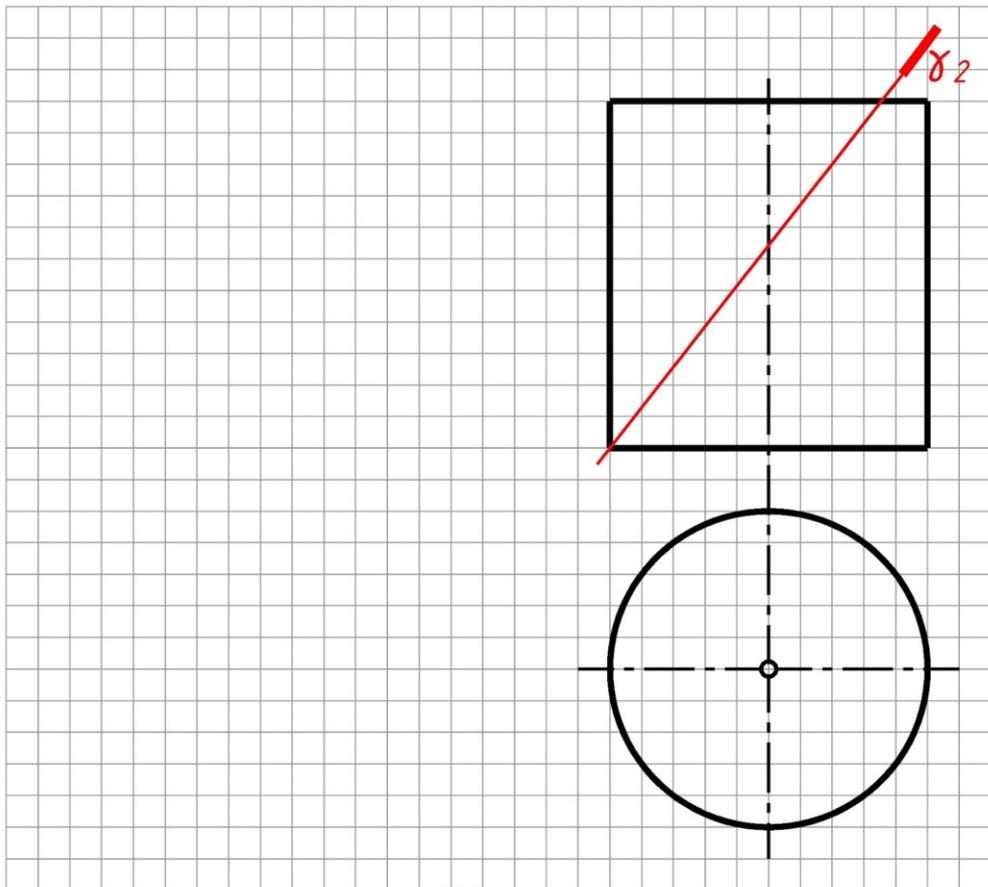
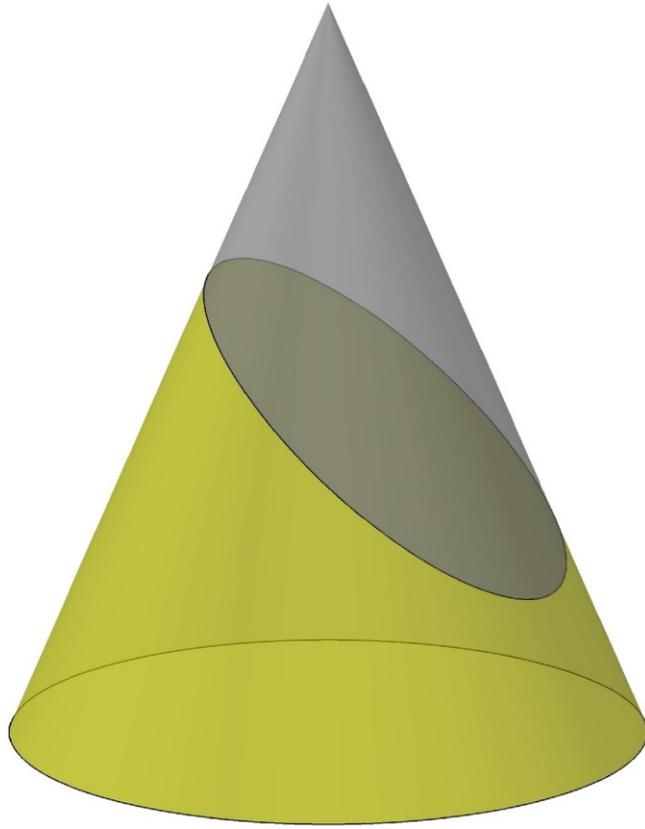


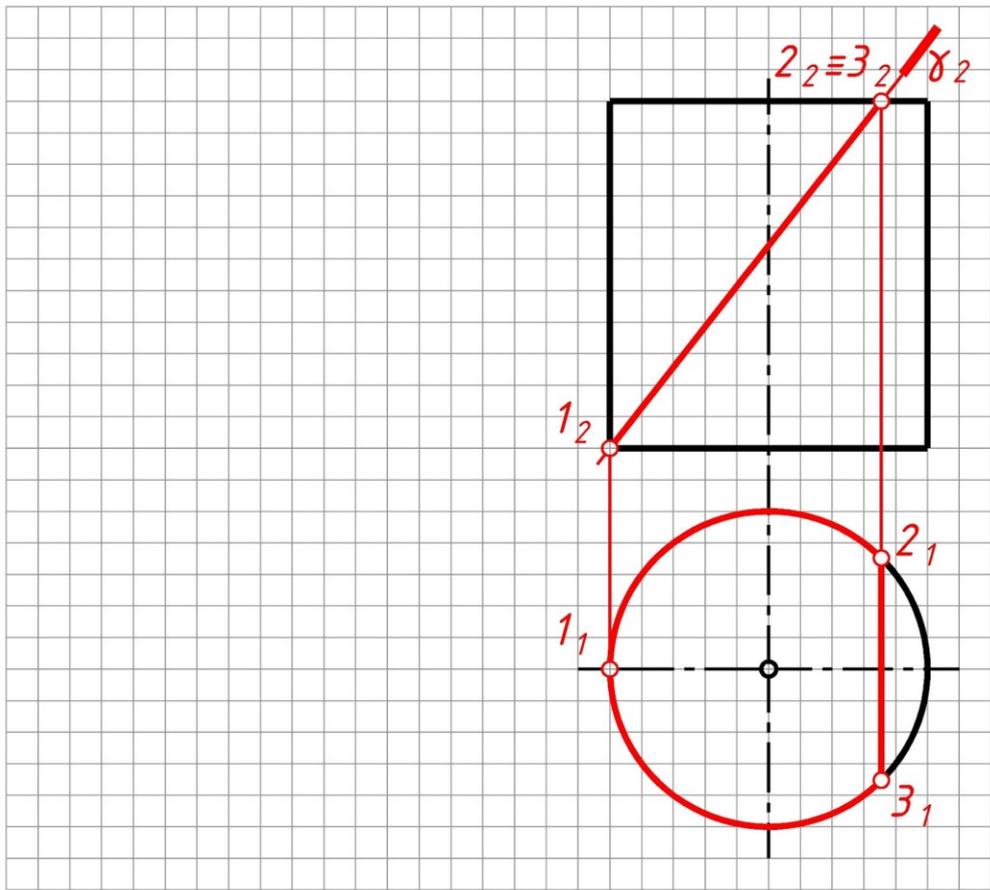
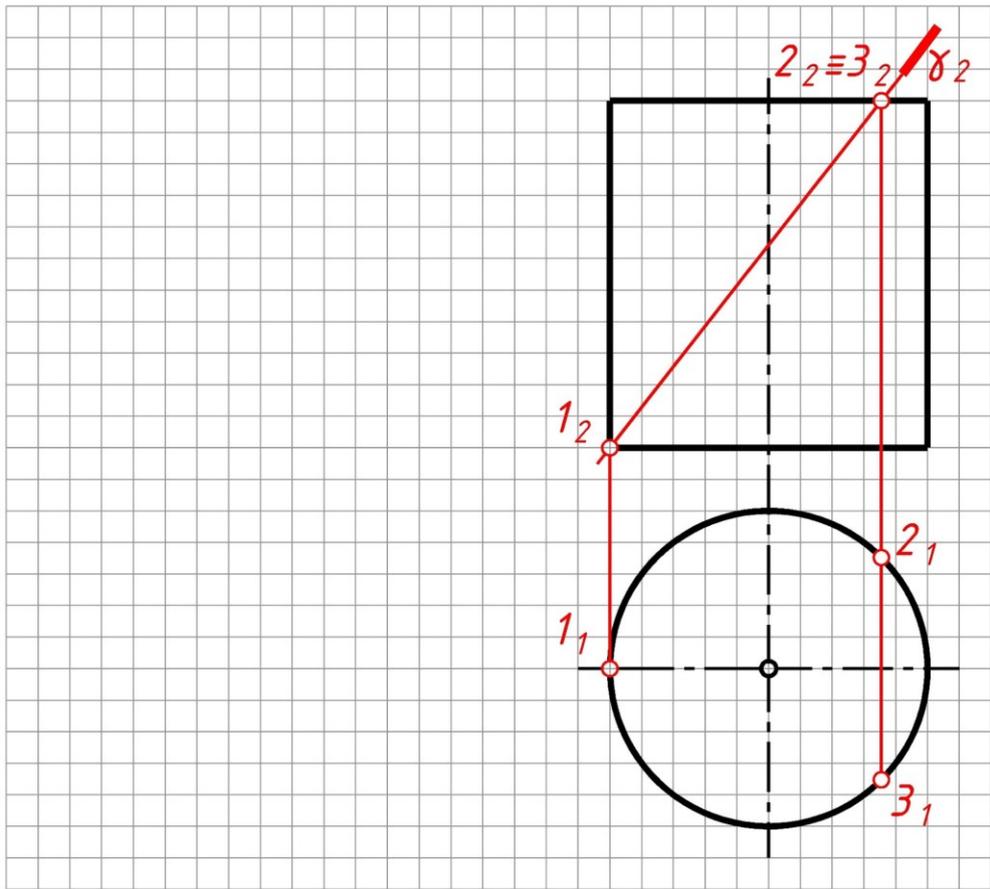


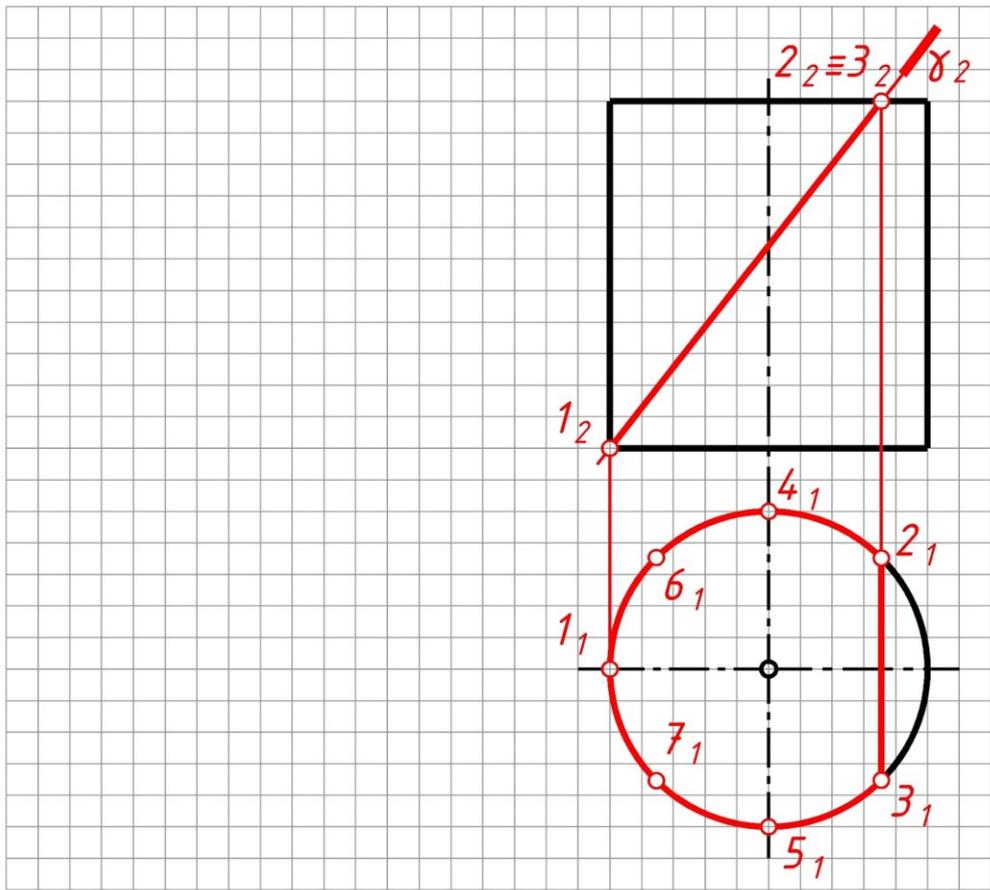
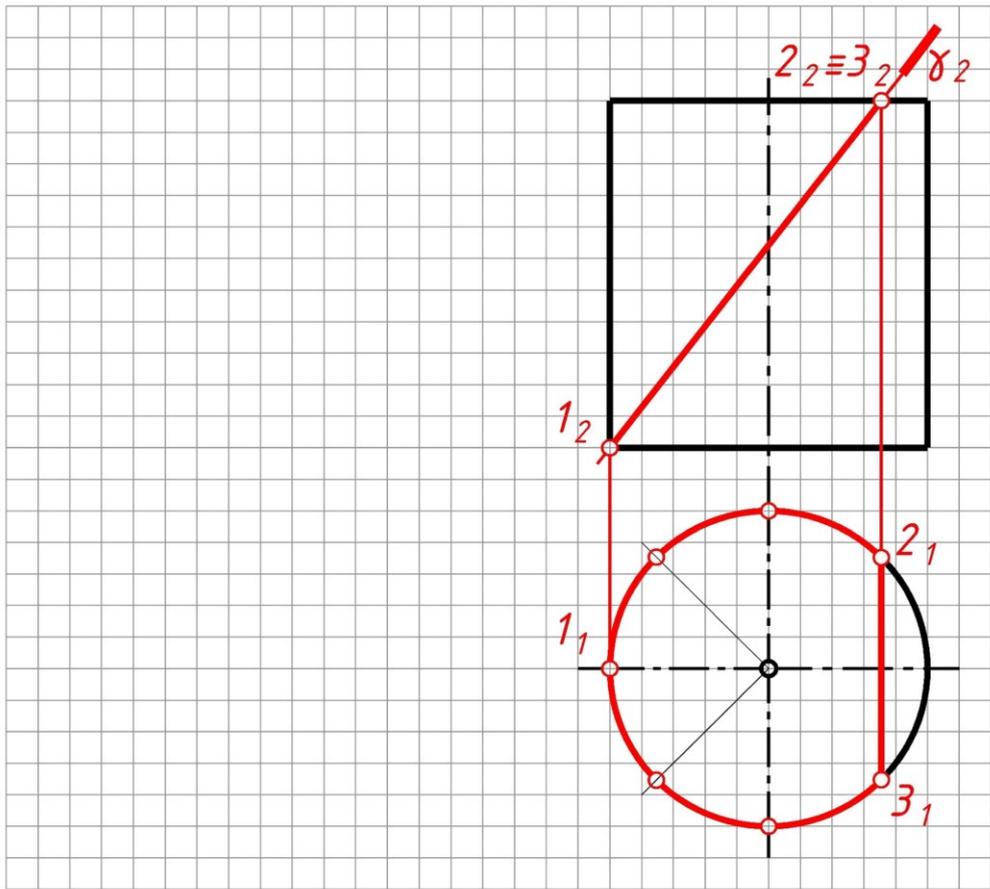


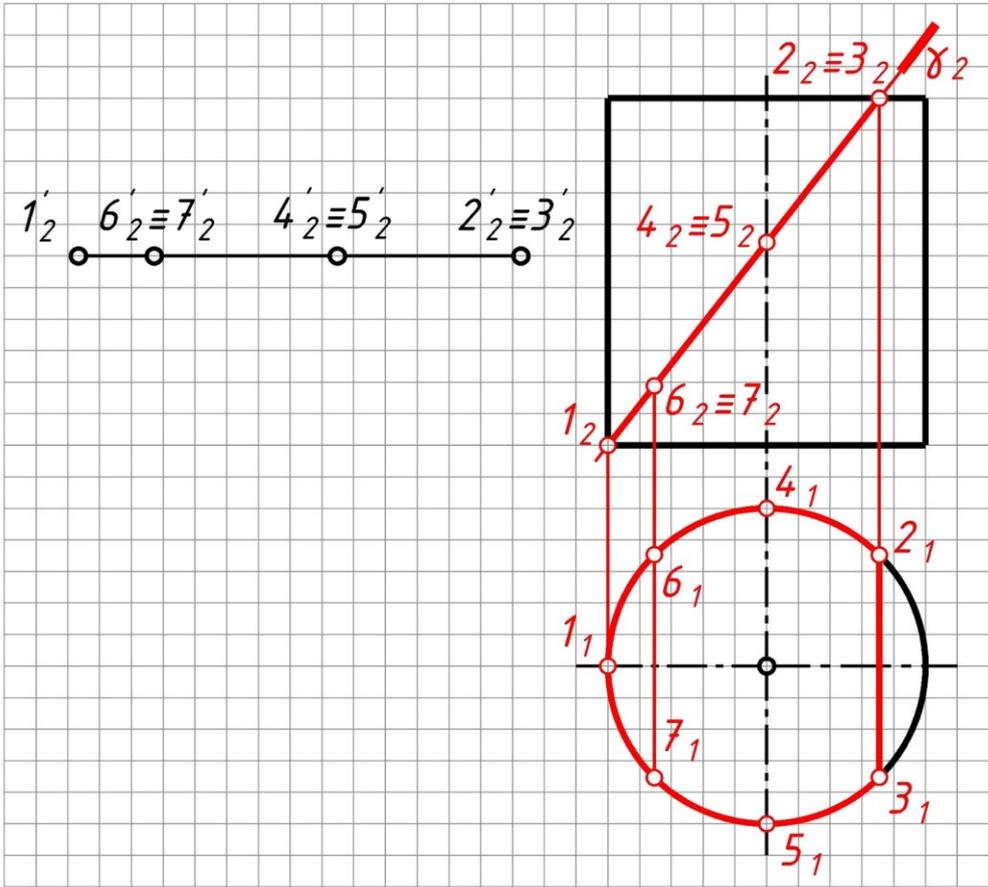
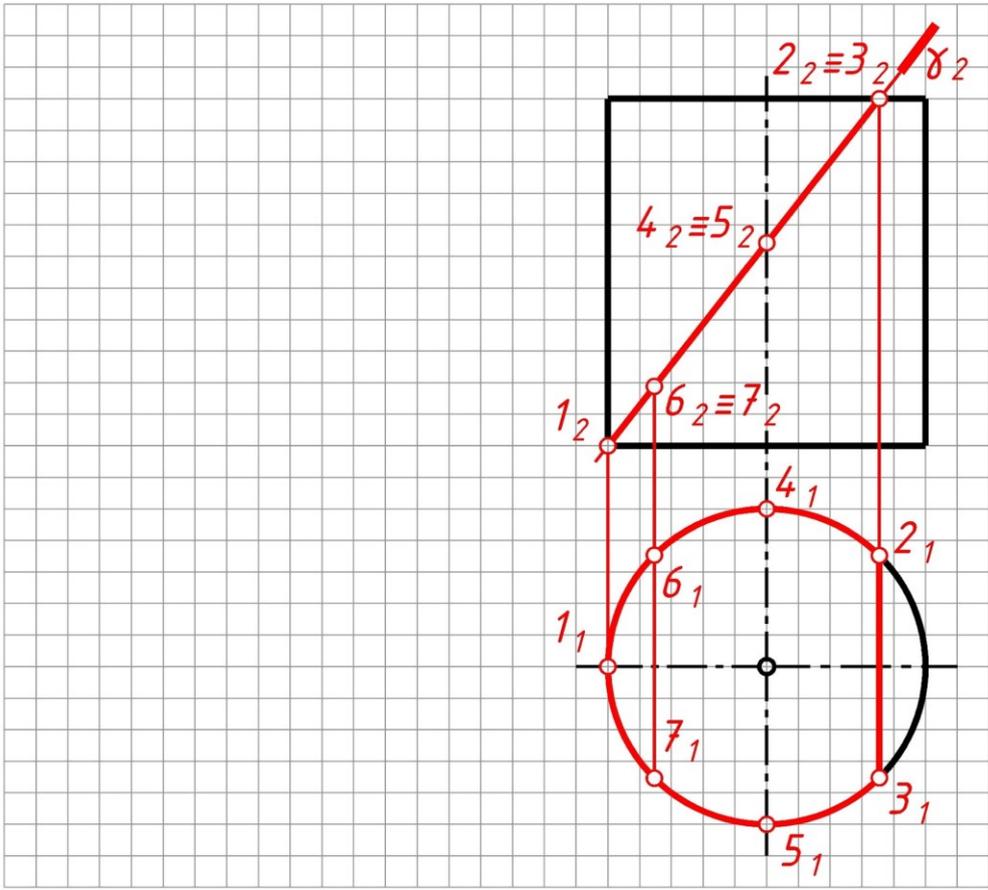


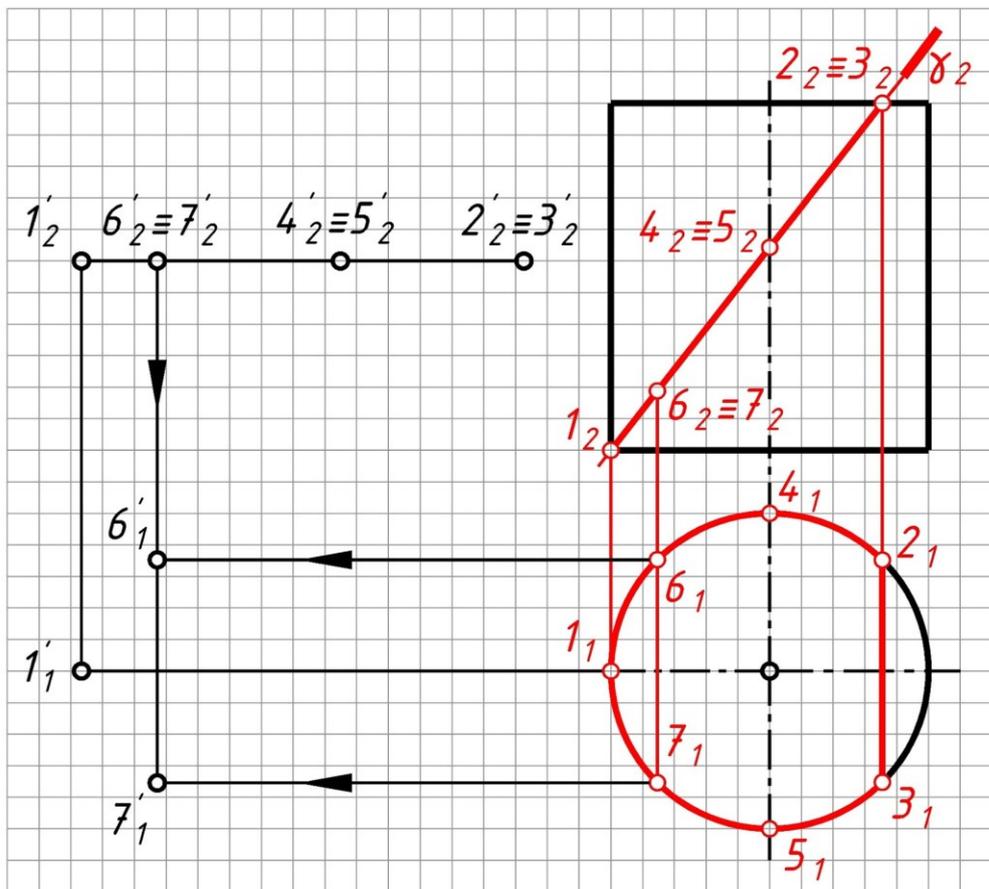
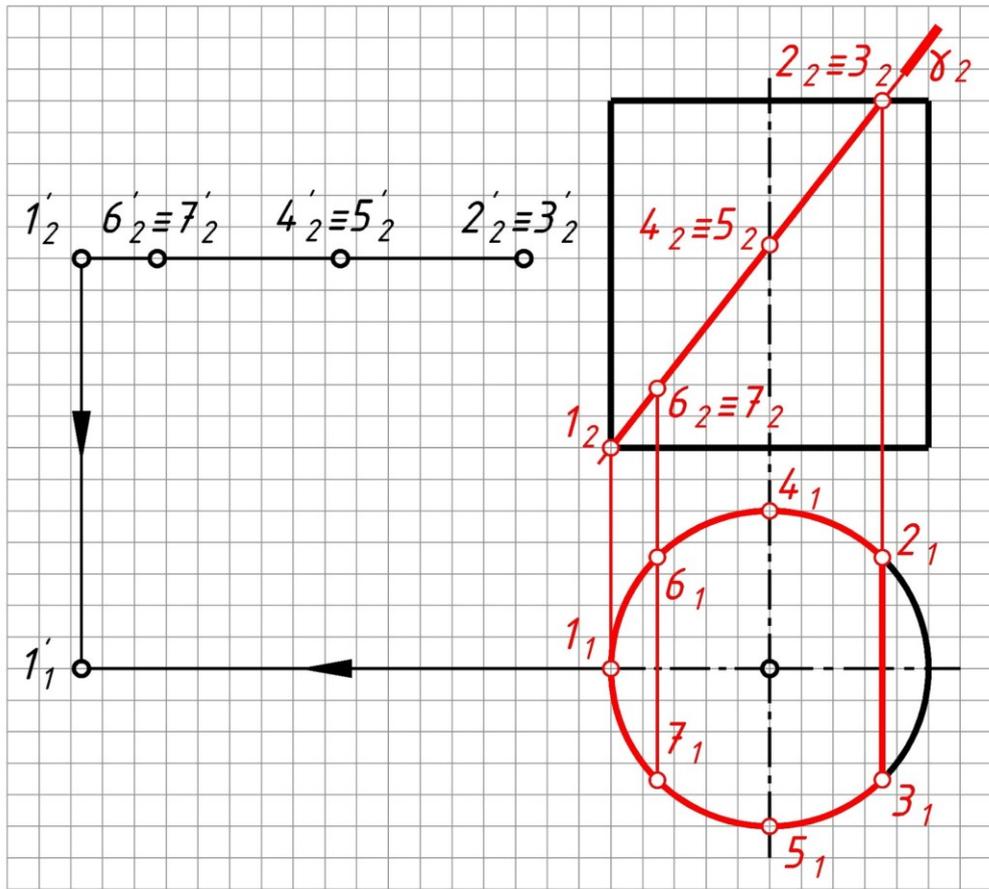


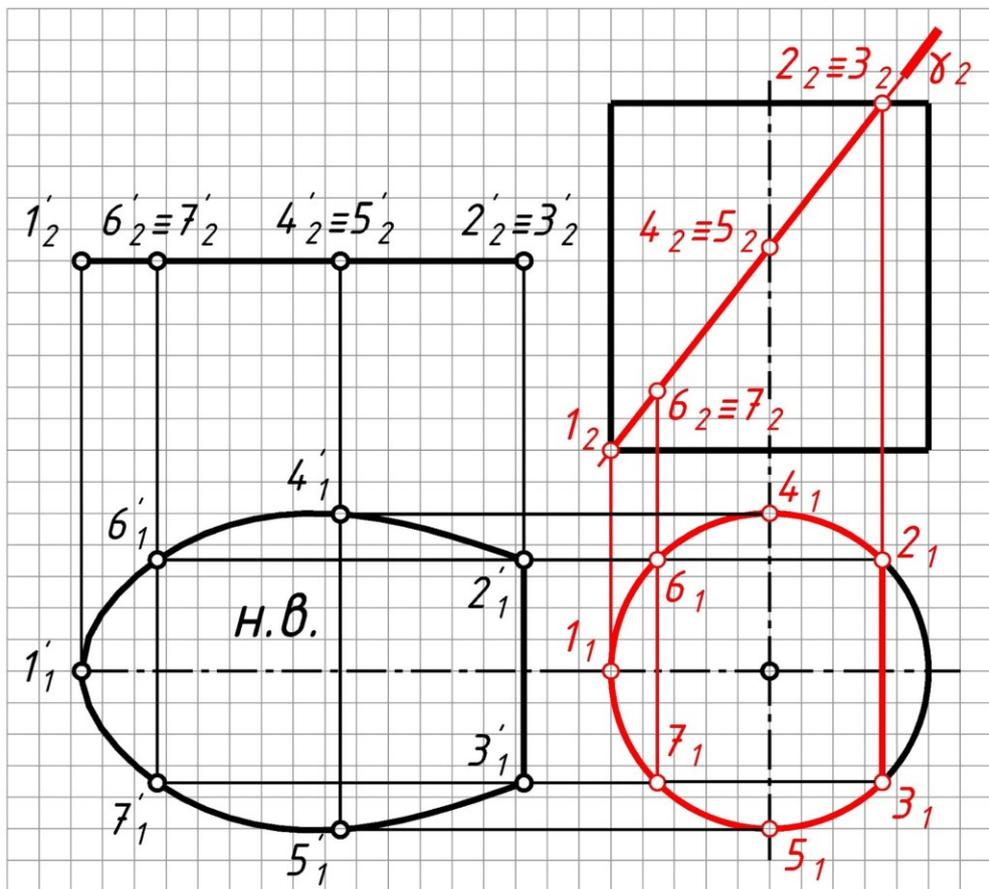
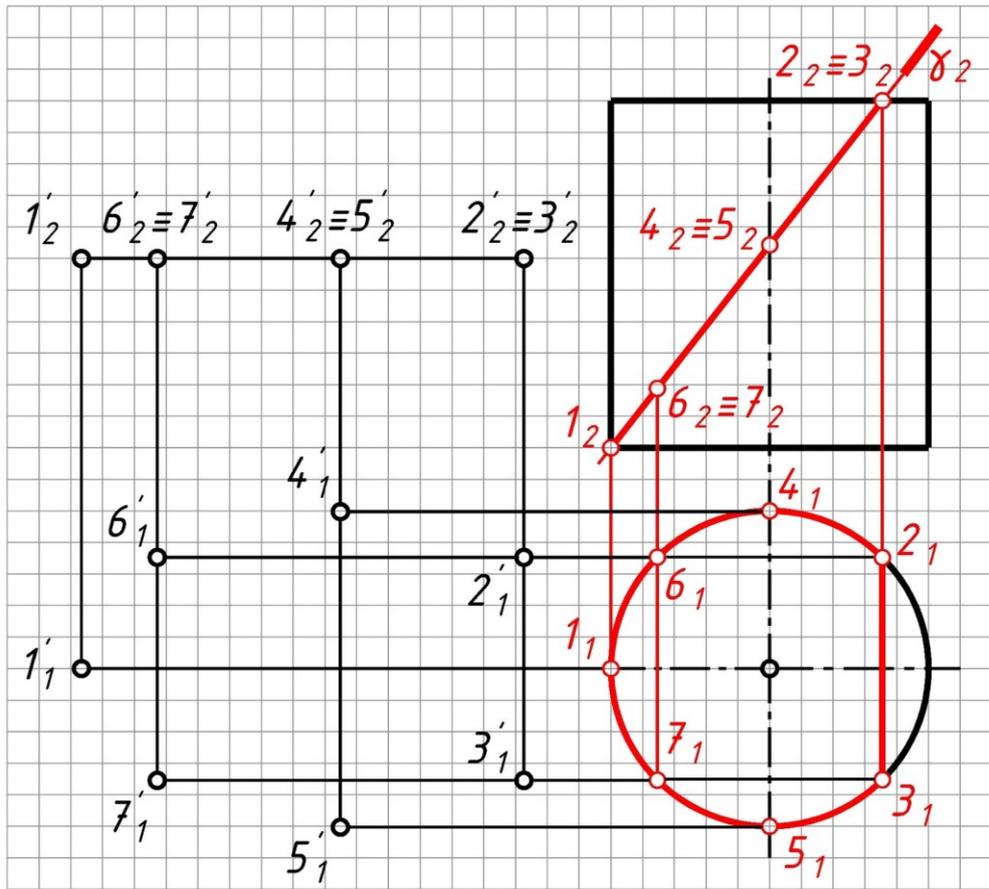


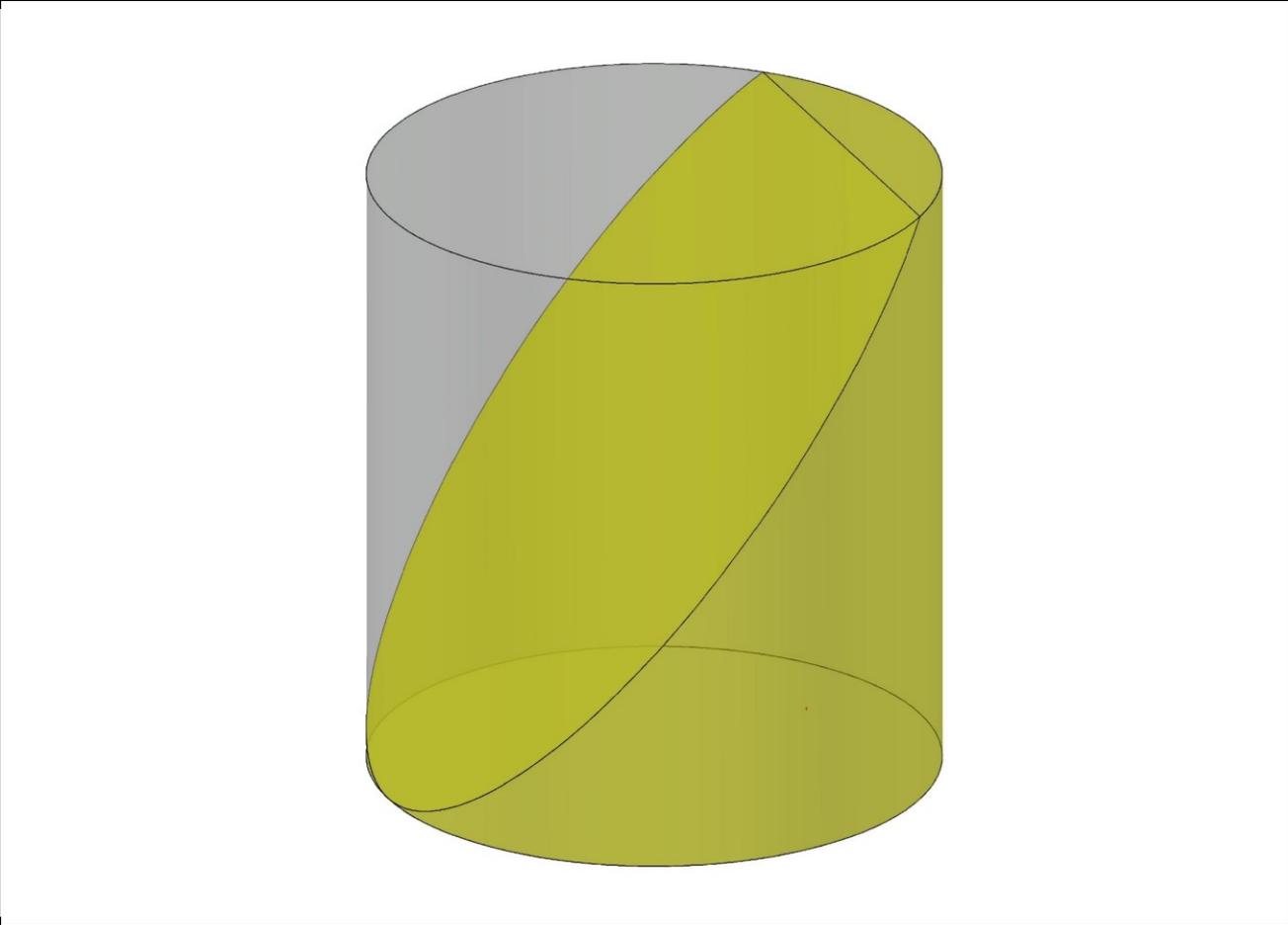
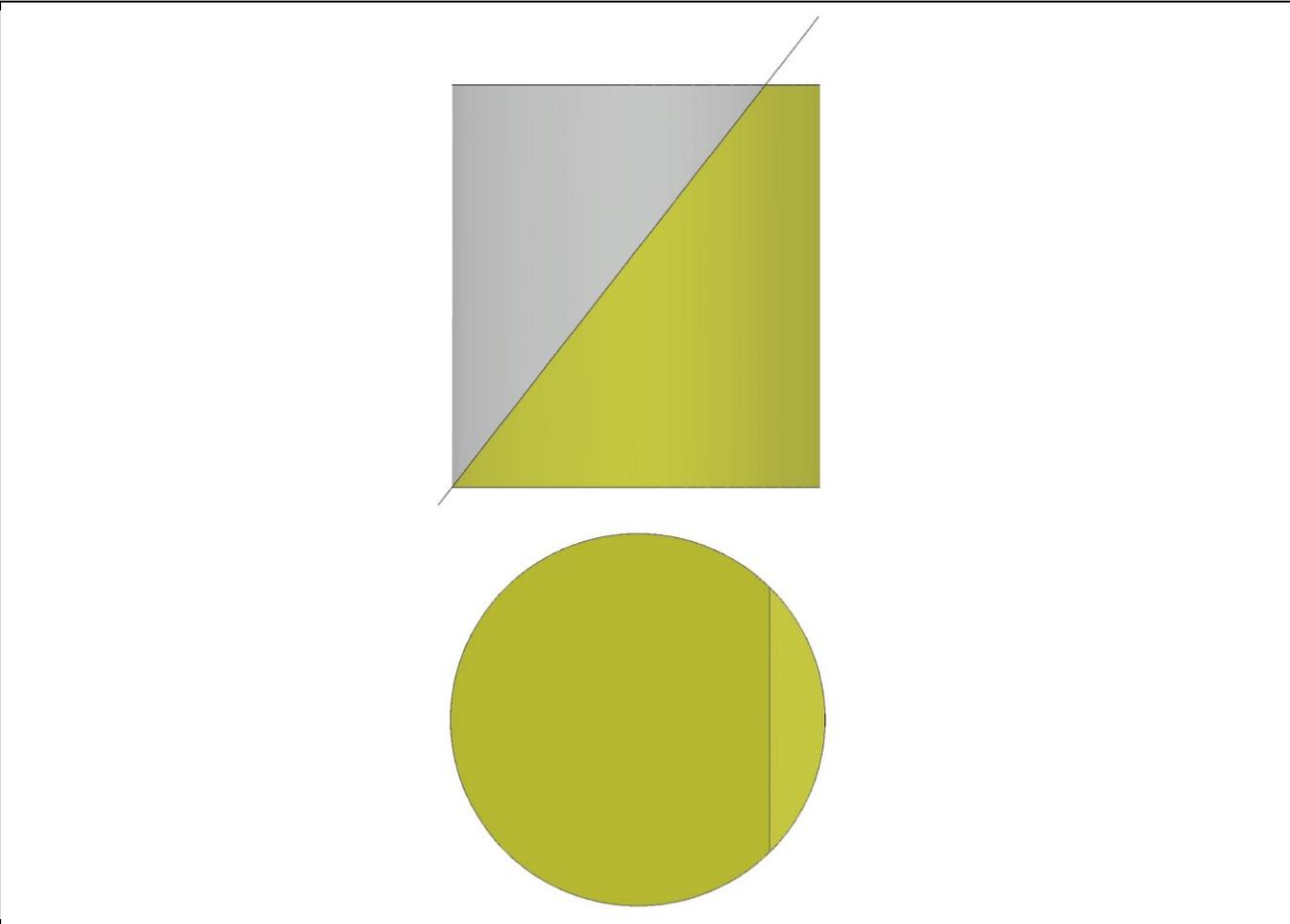






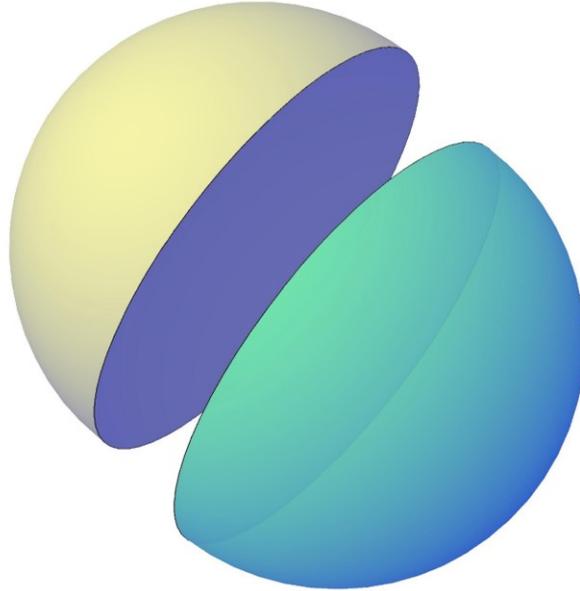






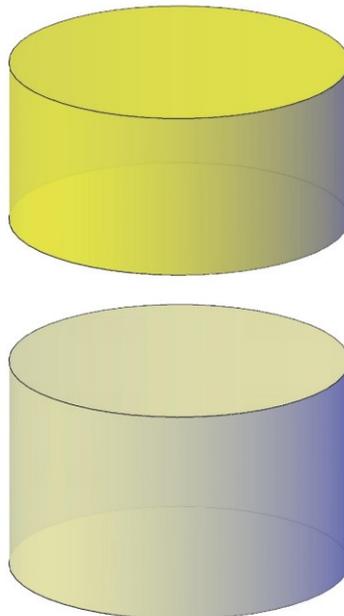
### Сечения шара

Любая плоскость пересекает поверхность шара по окружности. В частном случае плоскость является касательной к поверхности шара.

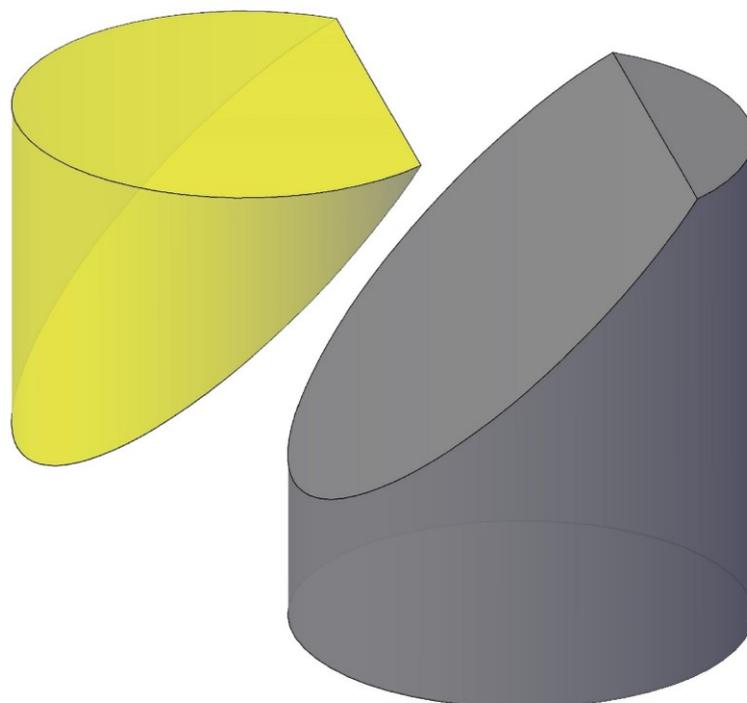
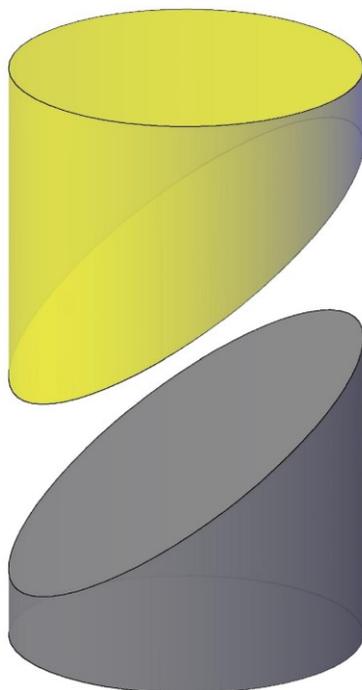


### Сечения цилиндра

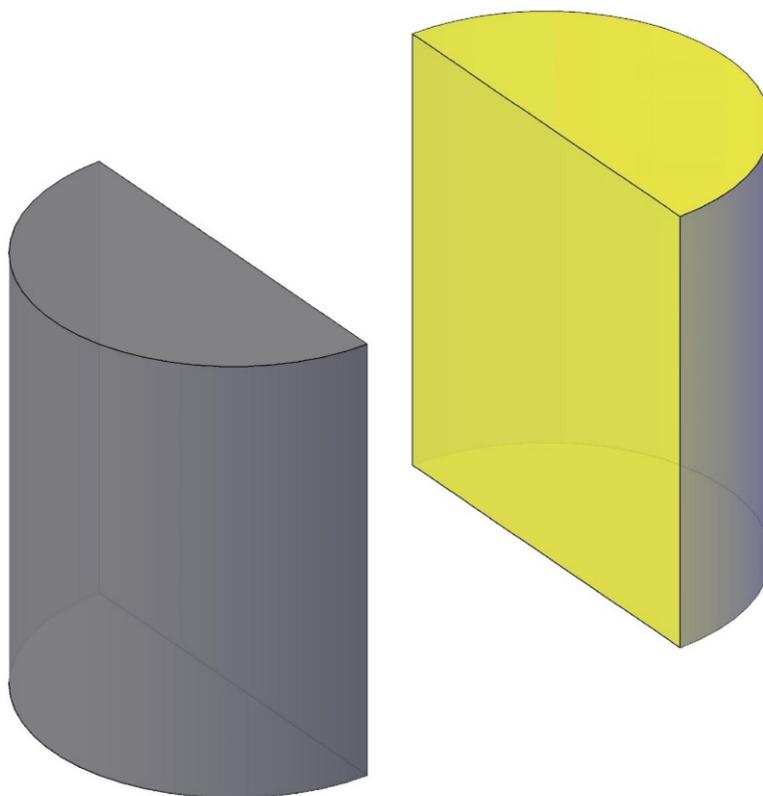
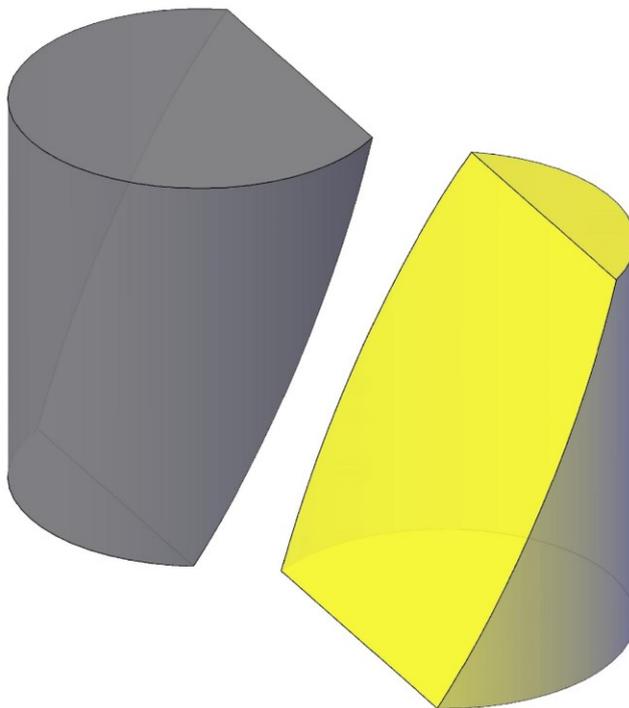
Плоскость пересекает поверхность прямого кругового цилиндра  
а) по окружности, если плоскость перпендикулярна оси цилиндра;



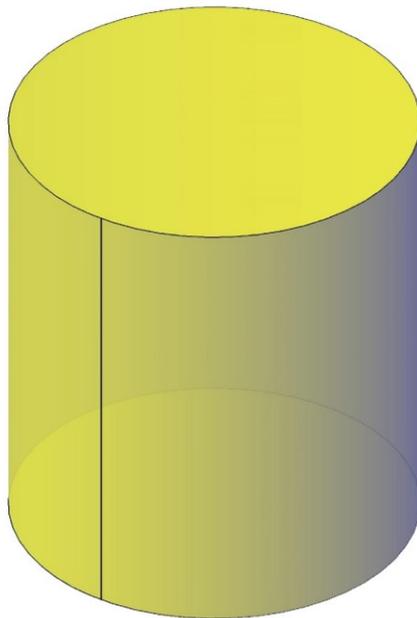
б) по эллипсу, если плоскость произвольно наклонена к оси цилиндра;



в) по двум образующим, если плоскость параллельна оси цилиндра;



г) по одной образующей, если плоскость касается цилиндра.

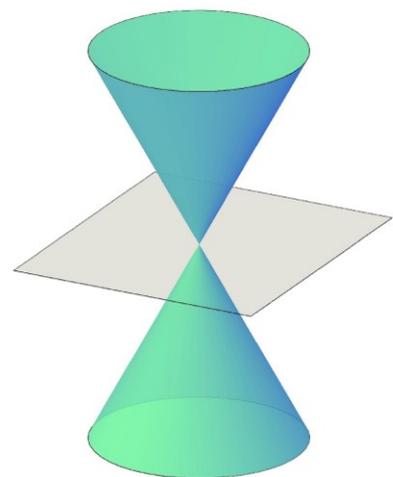
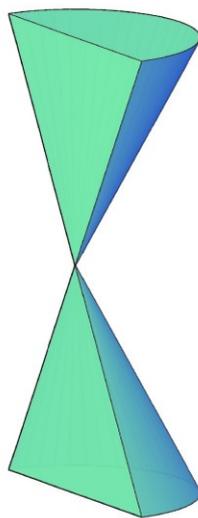
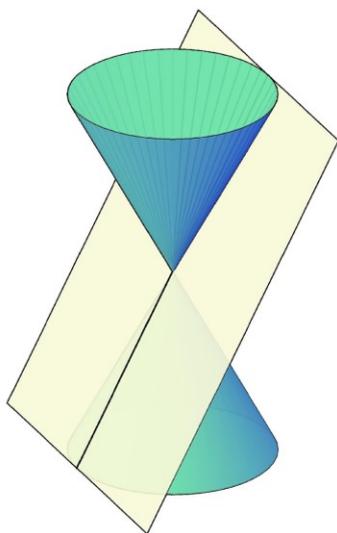


### Сечения конуса

Плоскость, проходящая через вершину прямого кругового конуса, пересекает его поверхность:

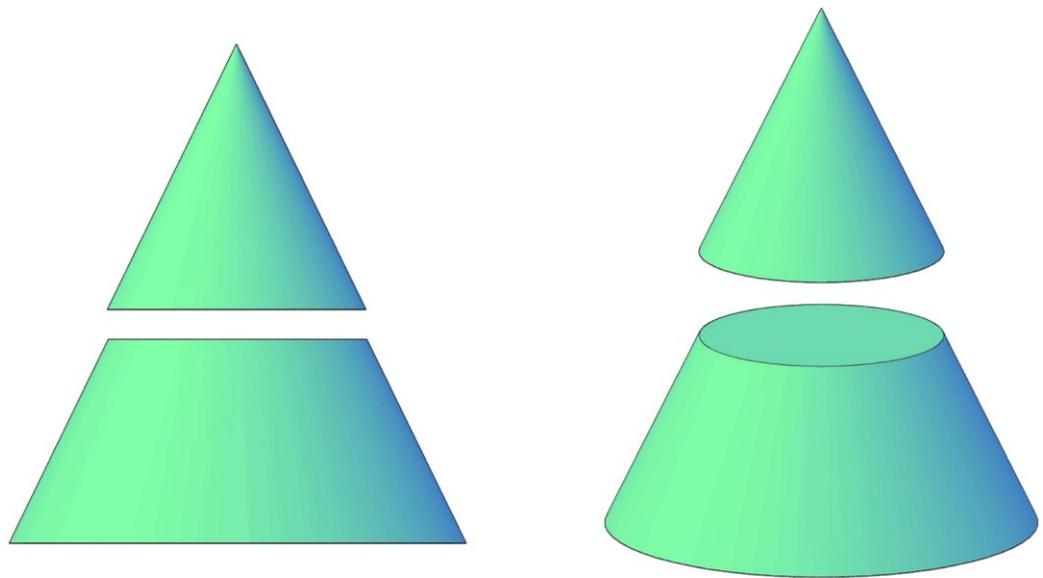
а) по одной образующей, если плоскость является касательной к поверхности конуса;

б) по двум образующим (треугольнику), если плоскость проходит через ось конуса.

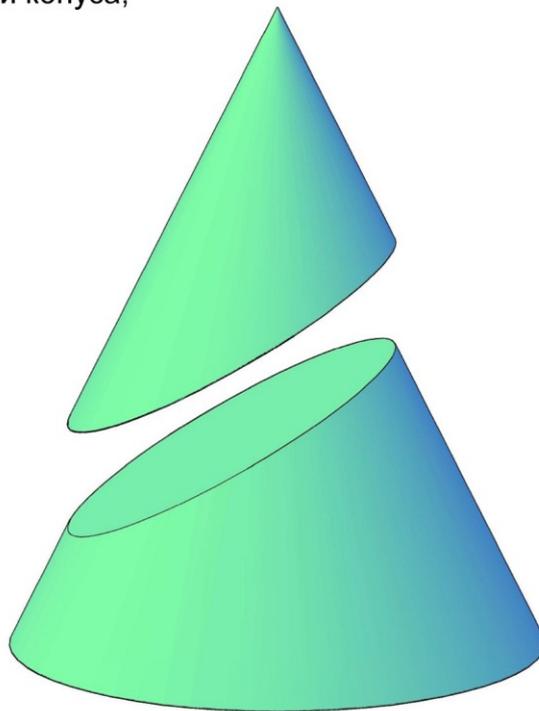


Плоскость, не проходящая через вершину:

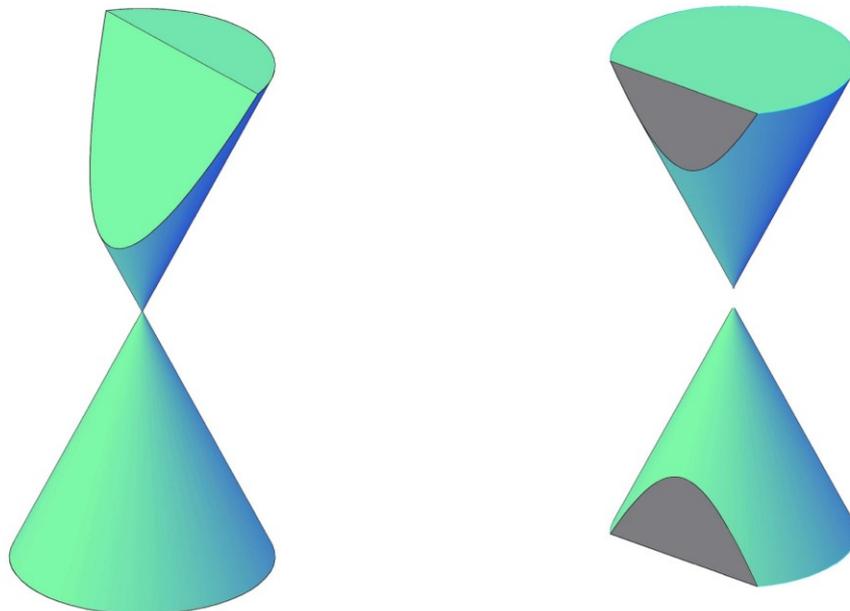
а) по окружности, если плоскость перпендикулярна оси конуса;



б) по эллипсу, если плоскость пересекает все образующие конуса и не перпендикулярна оси конуса;



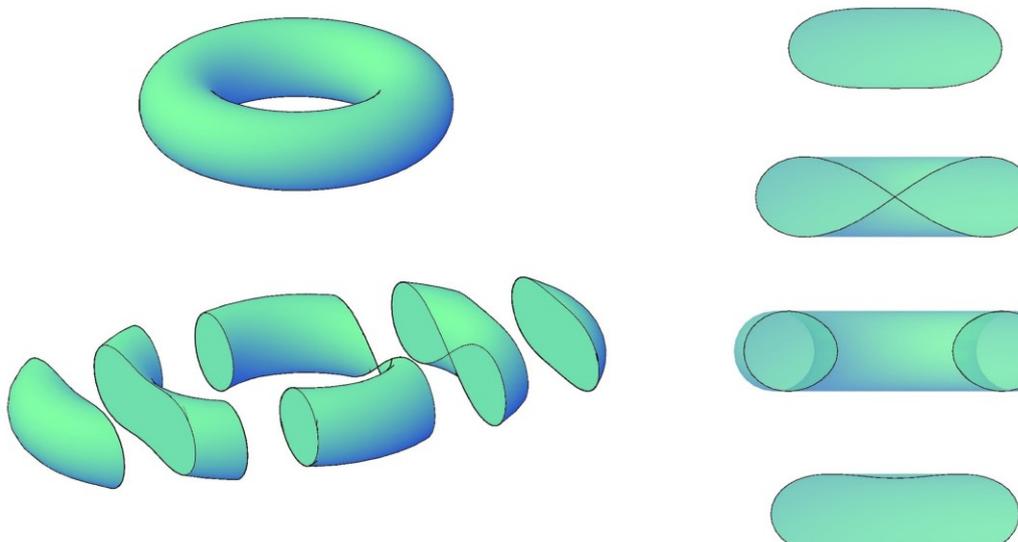
- в) по параболе, если плоскость параллельна одной из образующих конуса;
- г) по гиперболе, если плоскость параллельна двум образующим конуса.



### Сечения тора

Линию пересечения тора плоскостью в общем случае строят при помощи вспомогательных плоскостей-посредников, пересекающих тор по окружности, т.е. расположенных перпендикулярно оси тора, или проходящие через его ось.

Кривые Персея – кривые пересечения тора с плоскостью, параллельной его оси. Вид их зависит от расстояния от секущей плоскости до оси.



# РАЗВЕРТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

## Общие сведения

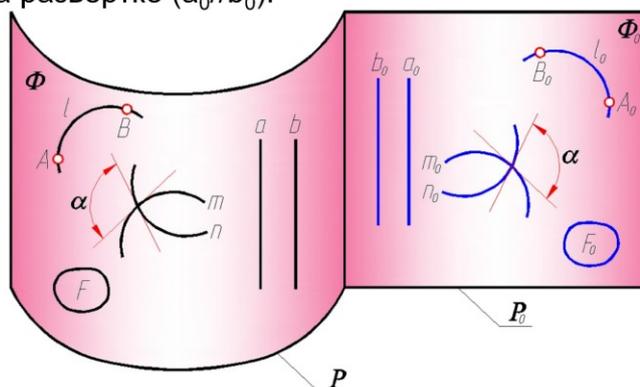
**Развертка поверхностей** - преобразование, в результате ктр. все точки развертываемой поверхности совмещаются с одной плоскостью без искажений.

В этом случае поверхность называется развертываемой, а развертка – точной, либо приближенной.

Поверхности, ктр. не могут быть совмещены с одной плоскостью без искажений, относятся к неразвертываемым поверхностям, а поэтому их развертка называется условной.

Между поверхностью и ее разверткой существует взаимно однозначное точечное соответствие, обладающее следующими свойствами :

- 1 Длина участка АВ линии  $l$  на поверхности равна длине участка  $A_0B_0$  соответствующей ей линии  $l_0$  на развертке;
- 2 Угол между кривыми  $m$  и  $n$  на поверхности равен углу между соответствующими им кривыми  $m_0$  и  $n_0$  на развертке;
- 3 Площадь отсека  $F$  поверхности равна площади соответствующего ему отсека  $F_0$  развертки.
- 4 Прямой линии ( $a$ ) на поверхности соответствует прямая ( $a_0$ ) на развертке;
- 5 Прямым, параллельным на поверхности ( $a//b$ ), соответствуют прямые, параллельные на развертке ( $a_0//b_0$ ).



## Методы построения разверток гранных поверхностей

Разверткой поверхности многогранника называют плоскую фигуру, полученную при совмещении с плоскостью всех его граней.

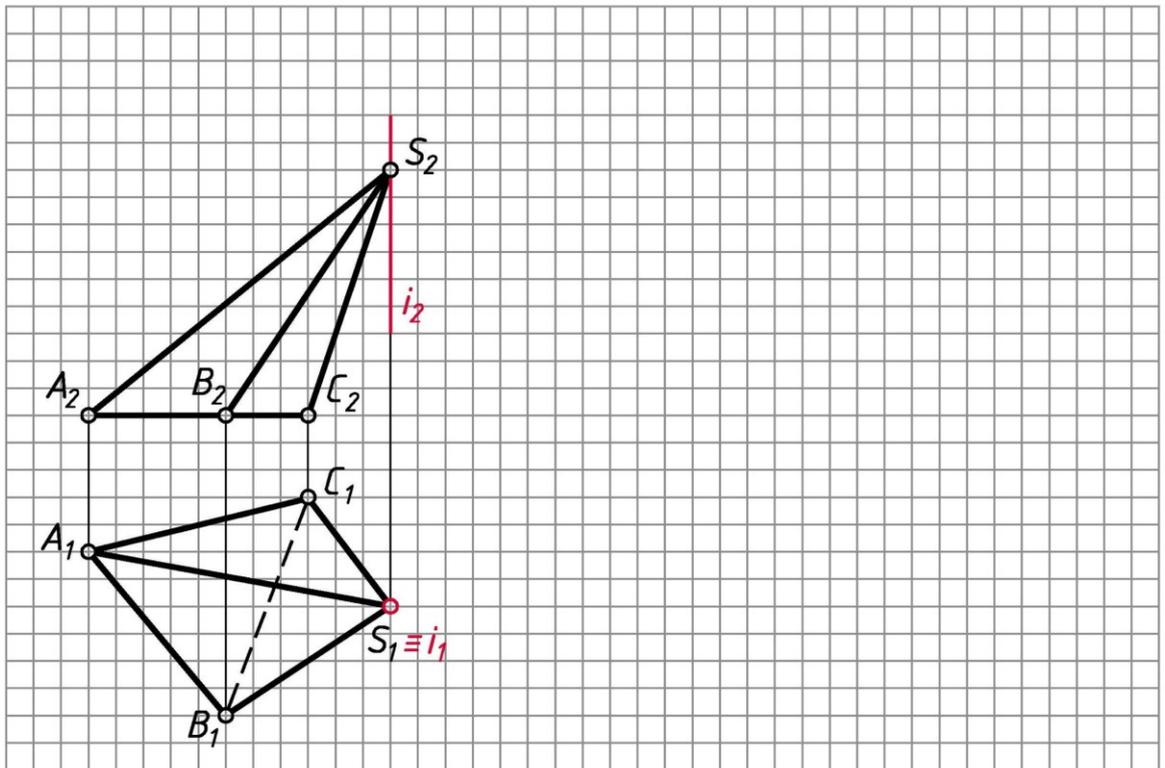
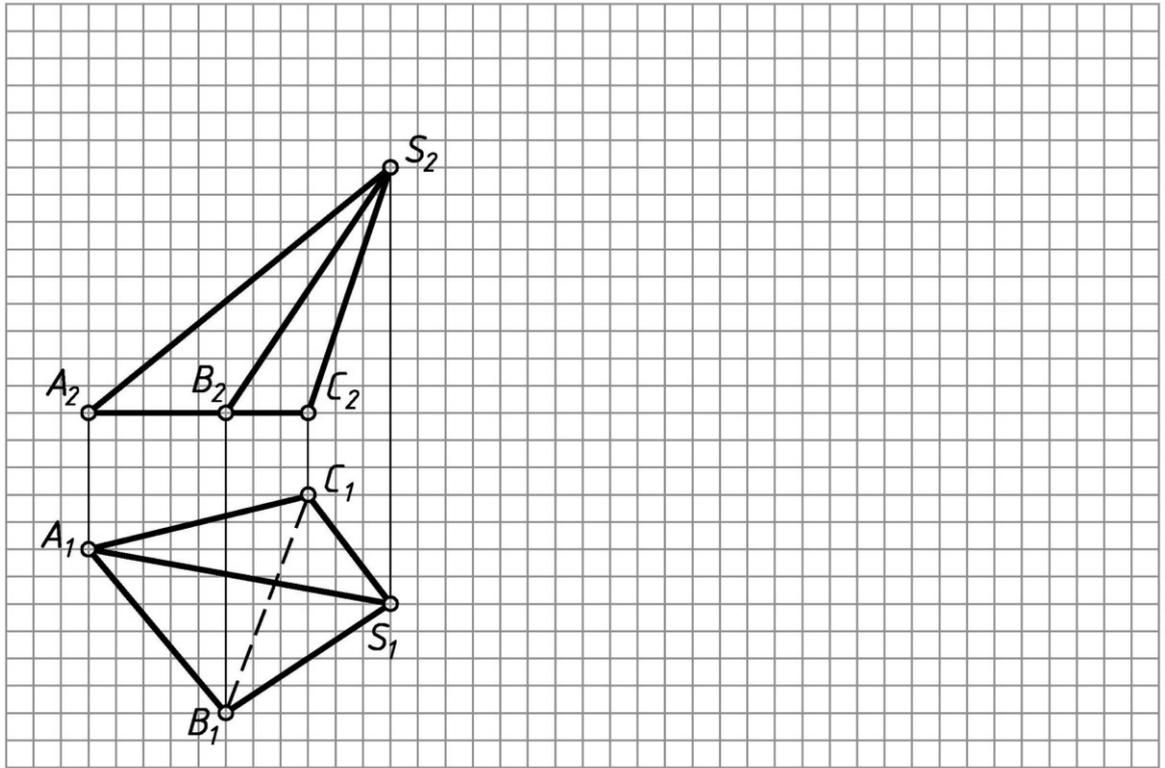
Для построения развертки многогранника необходимо найти натуральные величины всех его ребер.

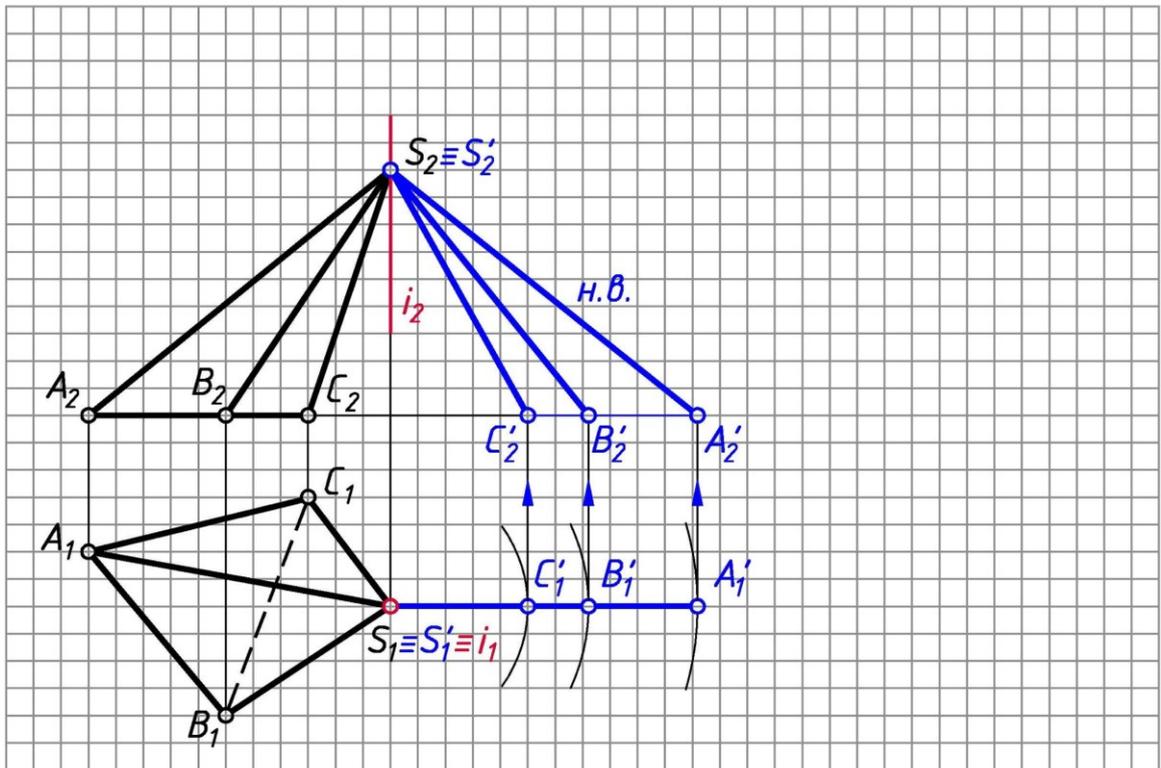
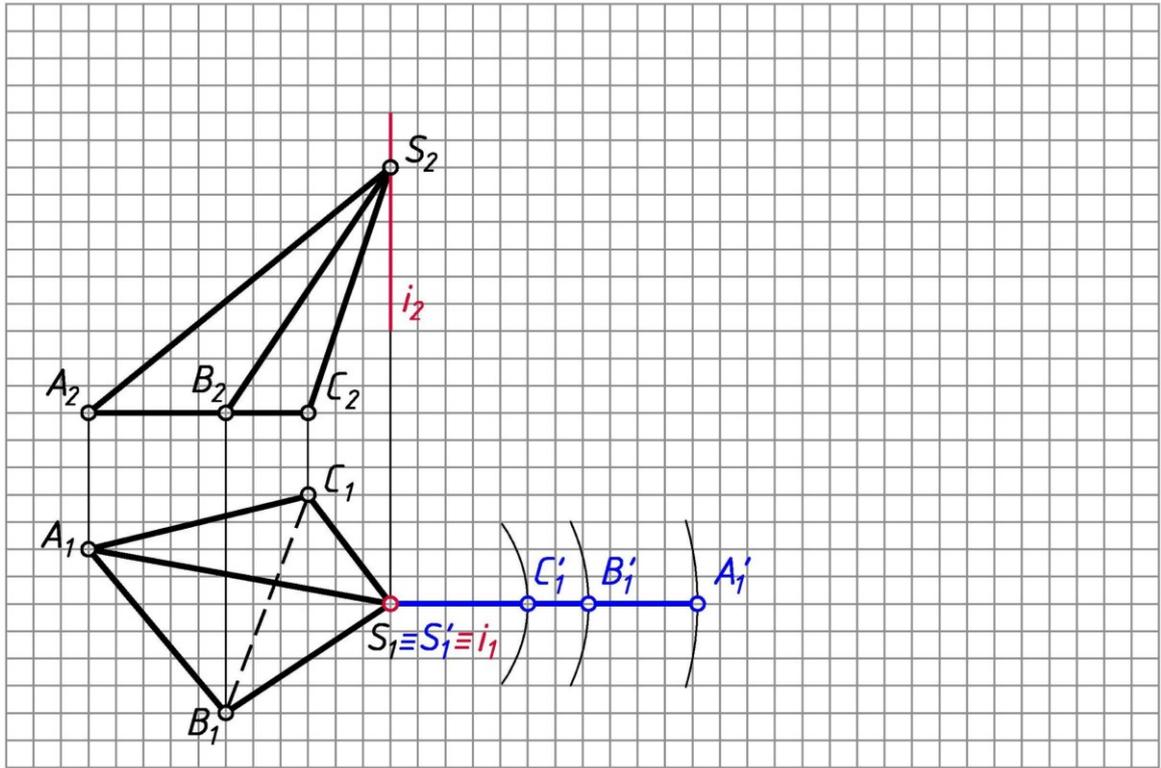
Для построения развертки боковой поверхности применяют следующие методы:

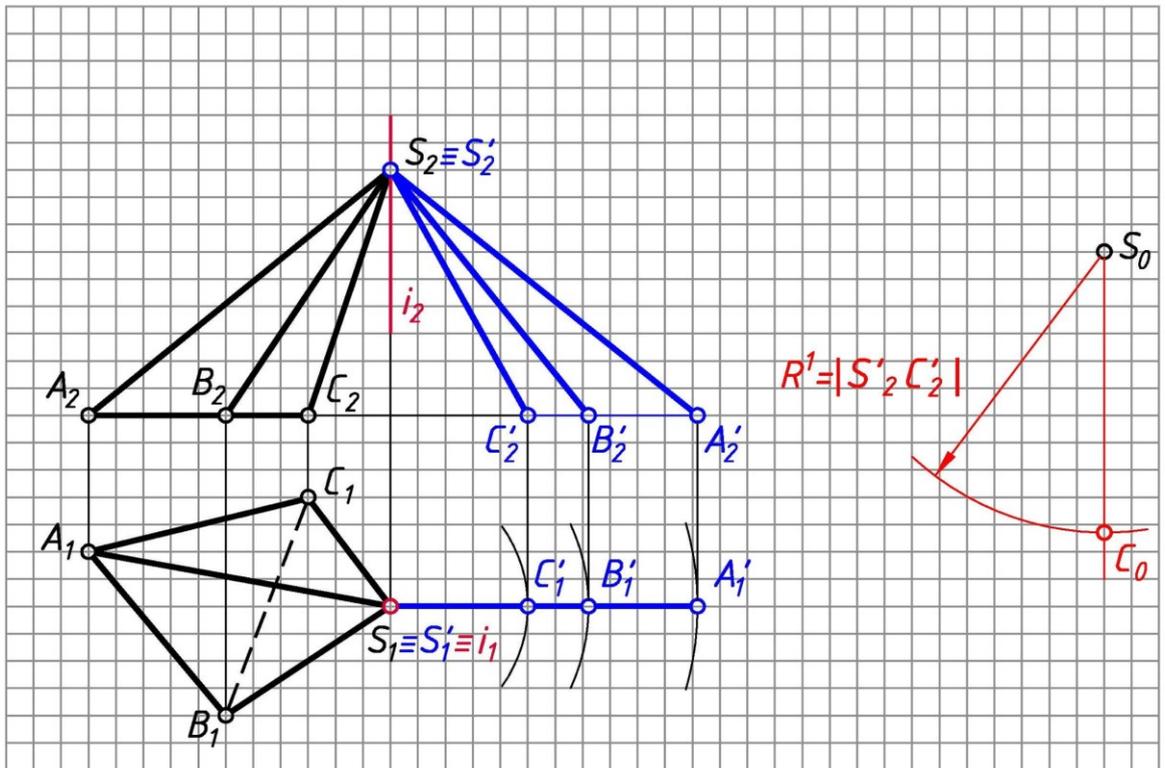
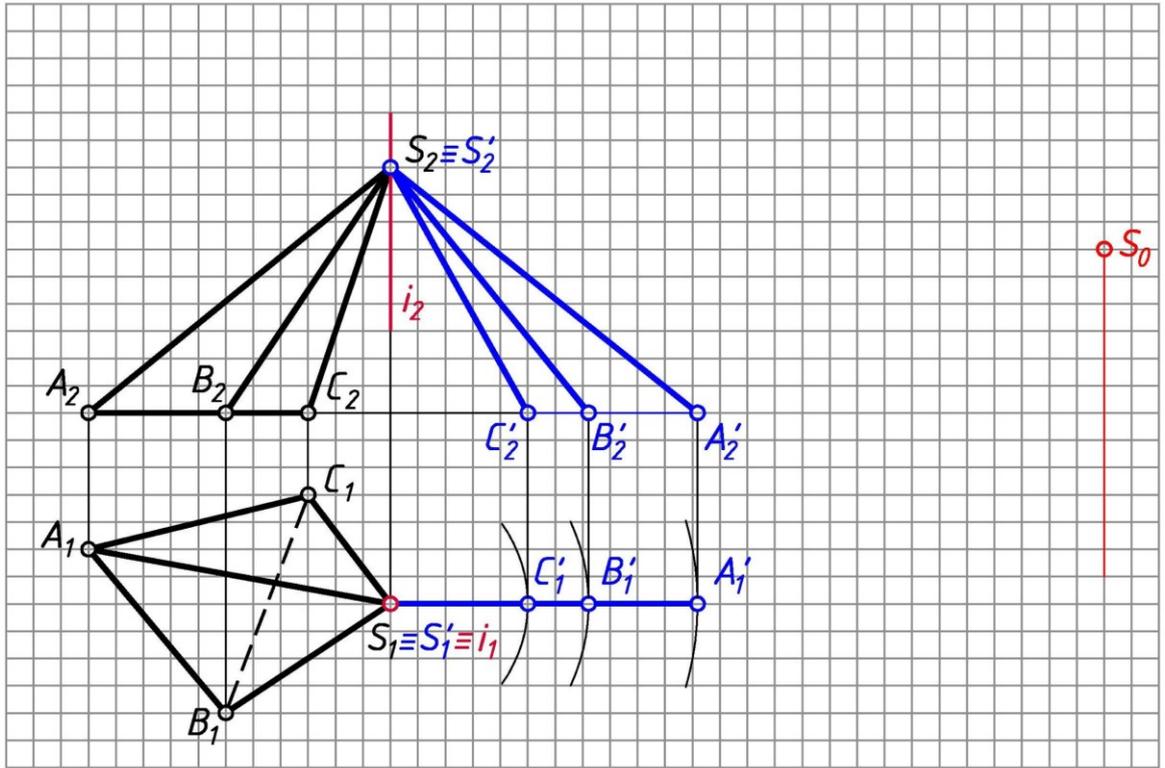
1. Метод треугольников (триангуляции) (для пирамид);
2. Метод раскатки (вращают грани призмы последовательно вокруг одного ребра до совмещения с плоскостью чертежа – получают боковые ребра призмы и основания в натуральную величину);
3. Метод перпендикулярного (нормального) сечения.

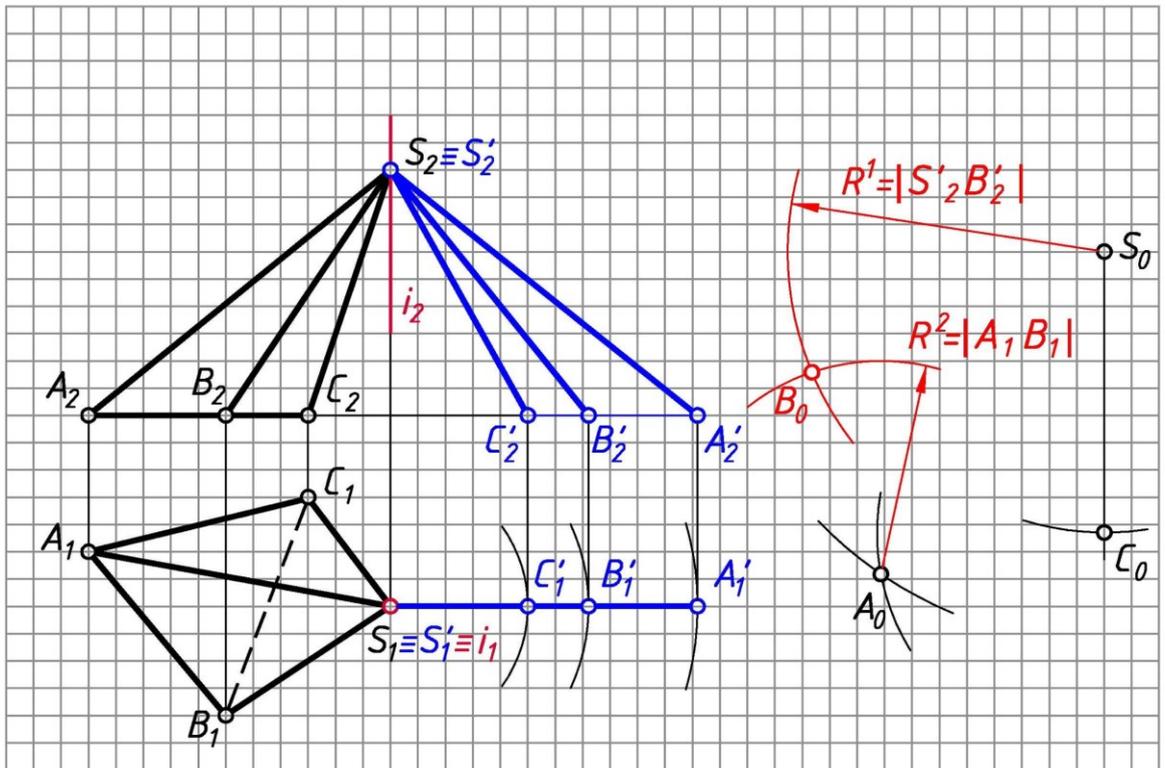
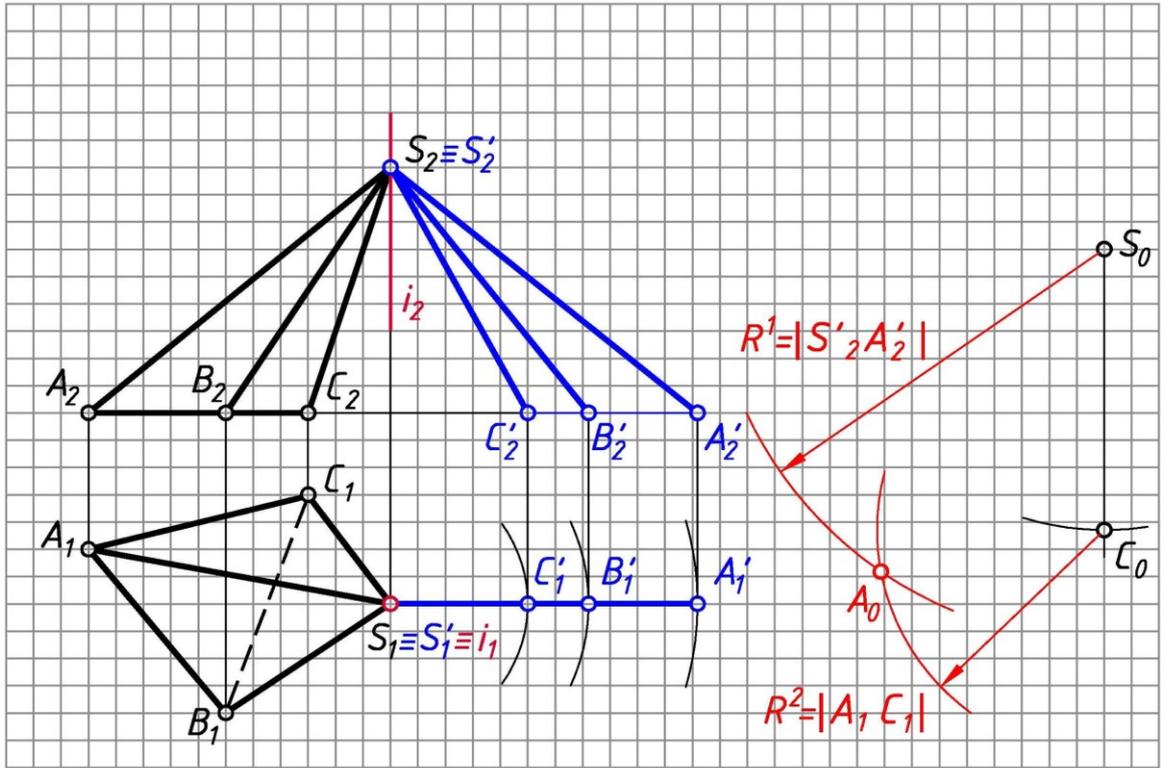
### МЕТОД ТРЕУГОЛЬНИКА

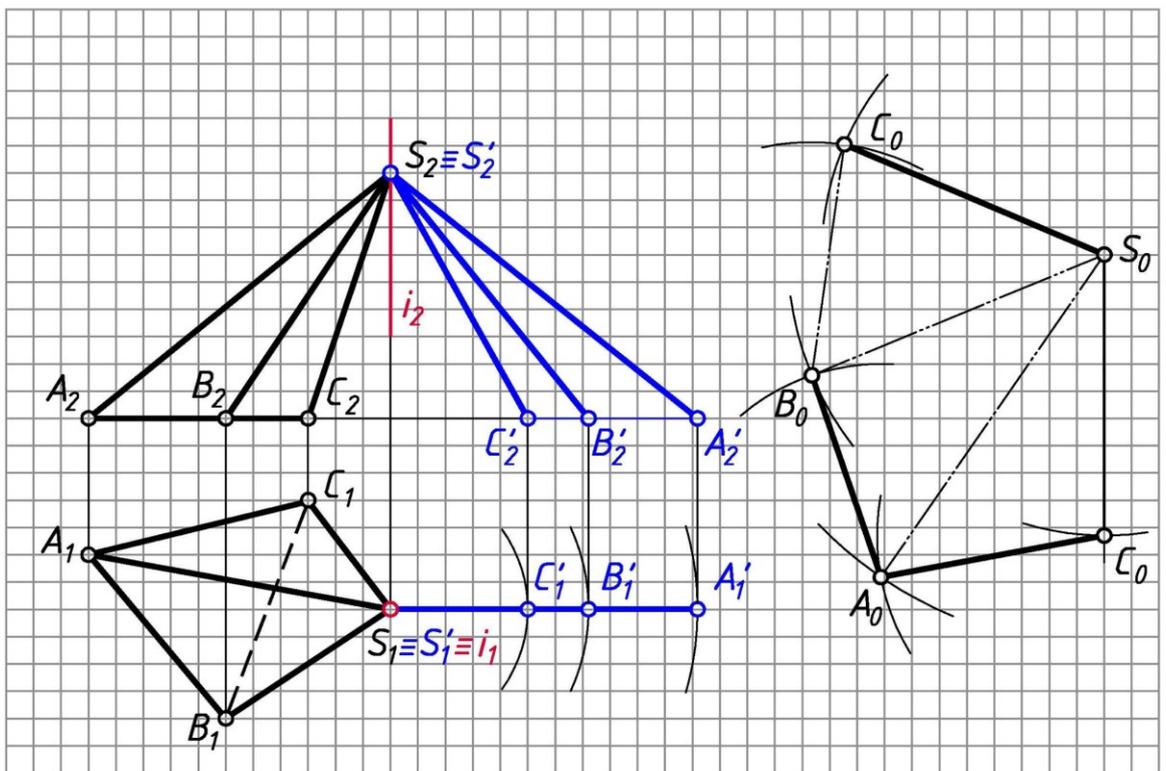
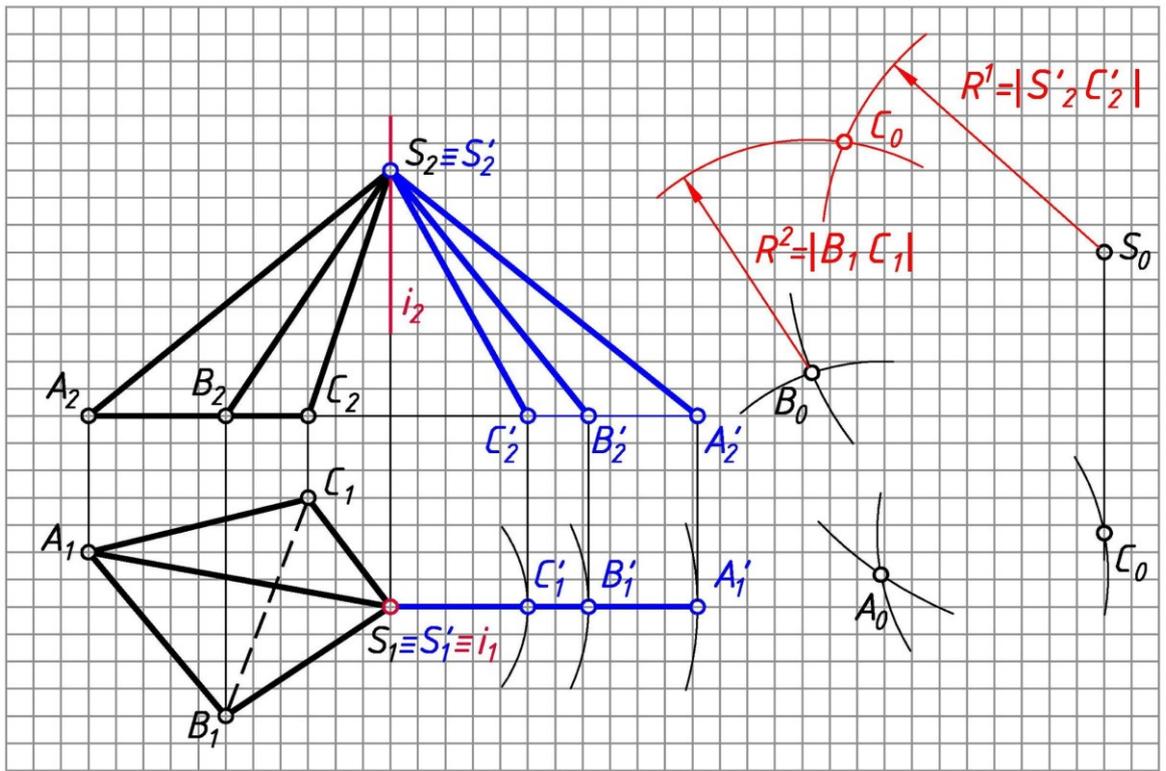
1. *Определяем н.в. всех ребер пирамиды вращением вокруг гор.-проец. оси  $i$  ( $i_1; i_2$ ).  $S'_2A'_2; S'_2B'_2; S'_2C'_2$  – н.в. Т.к.  $ABC$  – пл. гор. уровня, то  $A_1B_1C_1$  – н.в.*
2. *На свободном поле чертежа отмечаем точку  $S_0$  и через нее проводим произвольную линию.*
3. *От  $S_0$  на линии откладываем н.в. ребра  $SC = |S'_2C'_2|$ .*
4.  *$A_0 = \text{Окр. (ц. } S_0; R^1 = |S'_2A'_2|) \cap \text{Окр. (ц. } C_0; R^2 = |A_1C_1|)$ .*
5. *Аналогичным образом определяем другие точки.*
6. *Линии сгиба показываем штрихпунктирной линией с двумя штрихами.*
7. *К развертке боковой поверхности пирамиды пристраиваем н.в. основания.*

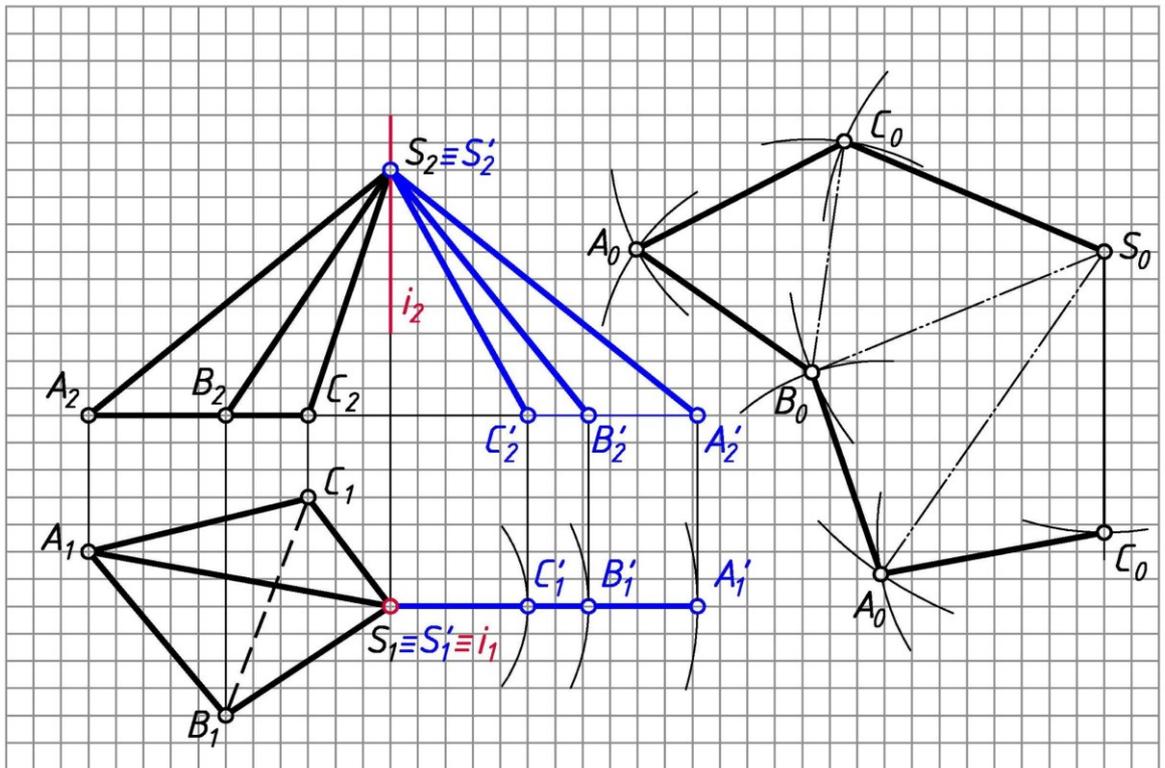
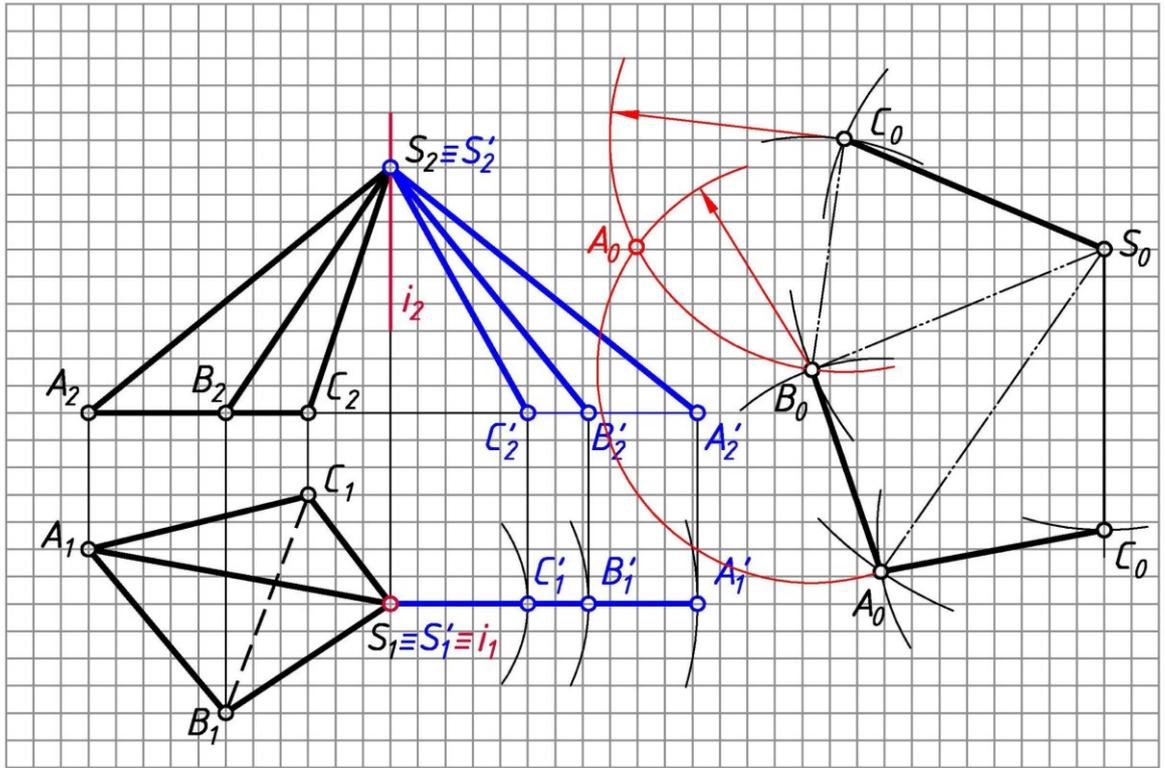






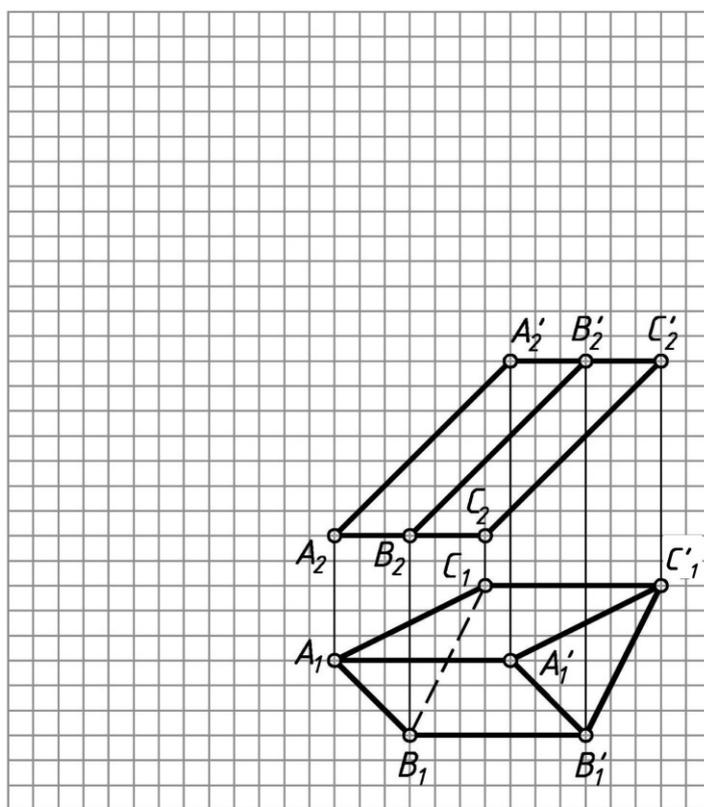




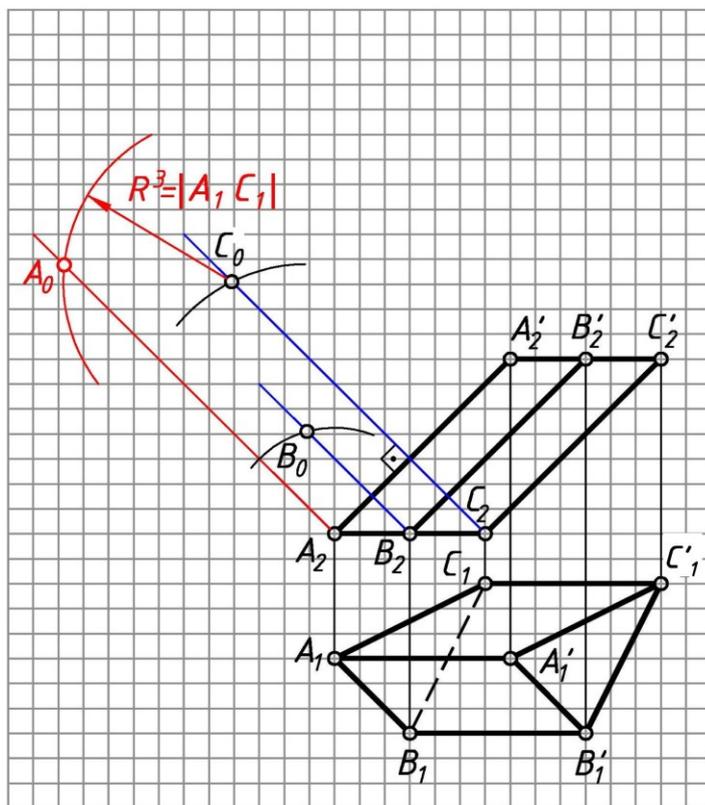
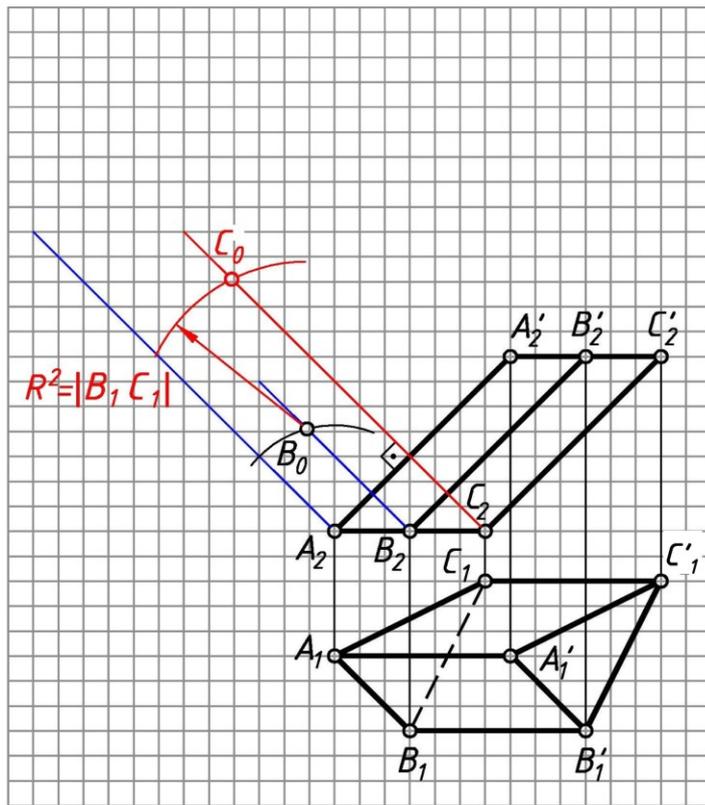


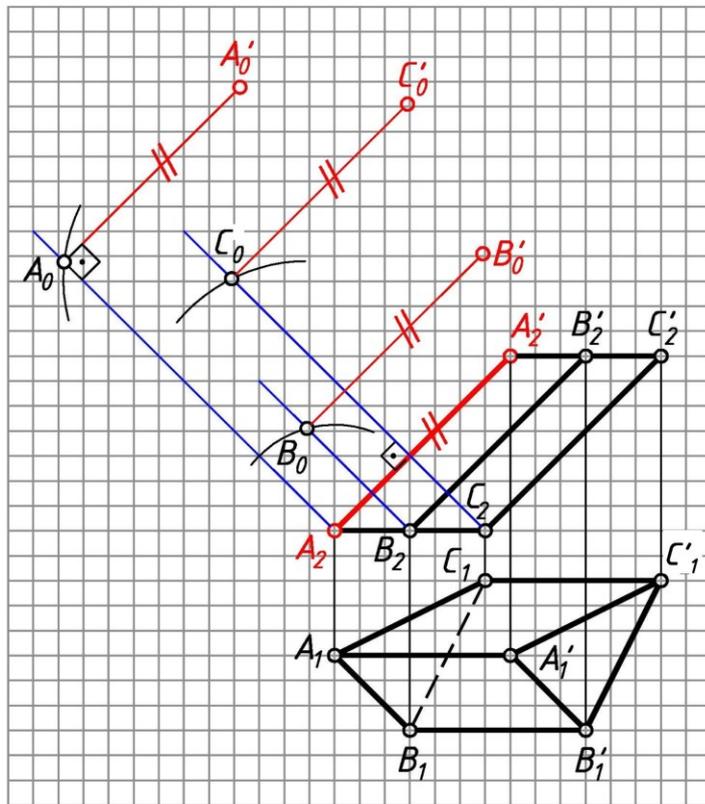
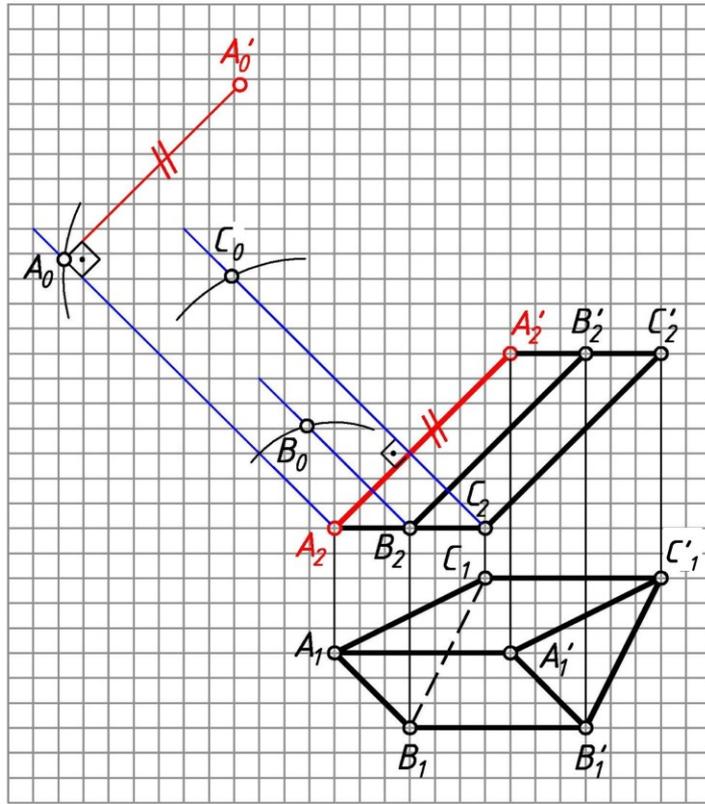
## МЕТОД РАСКАТКИ

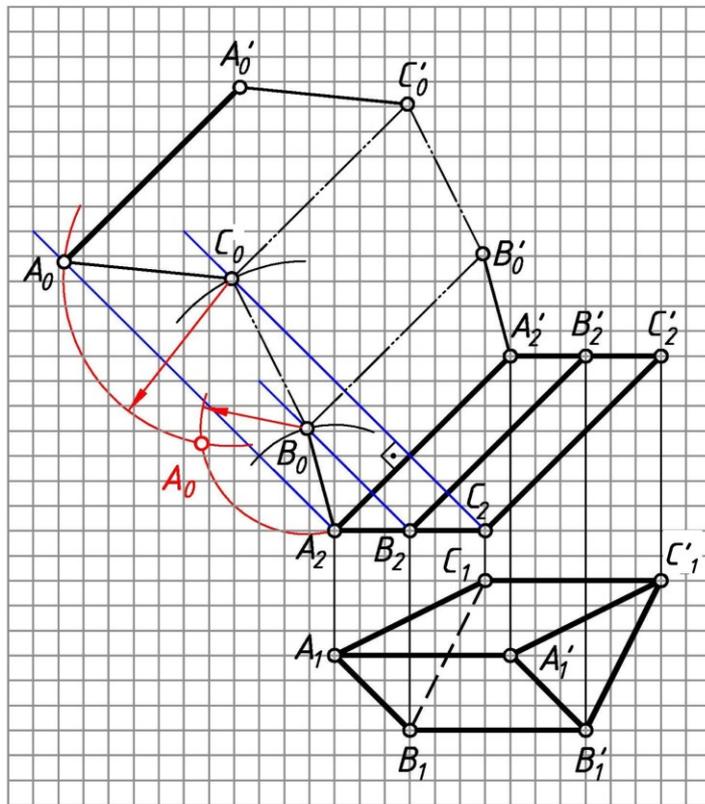
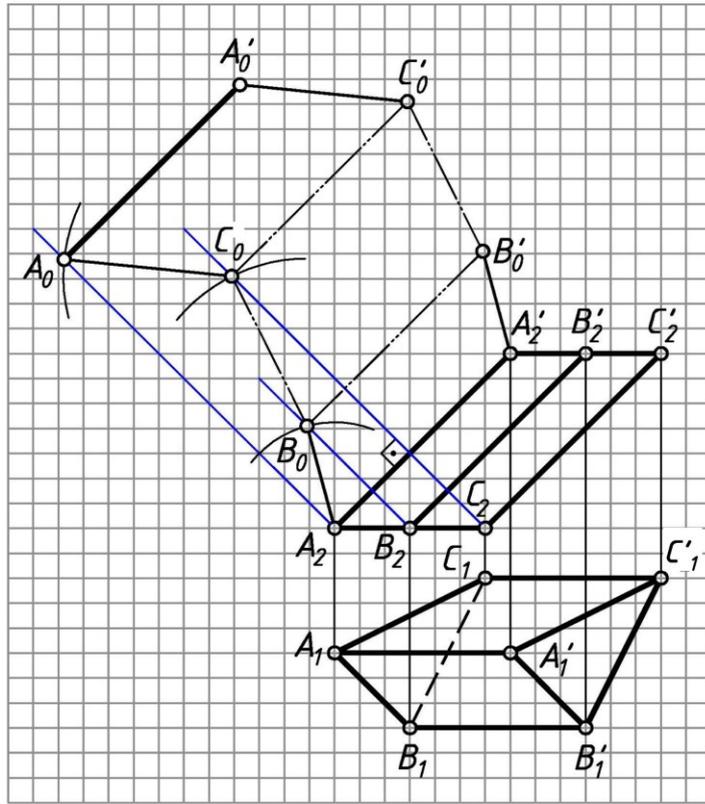
1.  $A_2A'_2; B_2B'_2; C_2C'_2$  – н.в., т.к.  $AA', BB', CC'$  – прямые фронт. уровня. Т.к.  $ABC$  – пл. гор. уровня, то  $A_1B_1C_1$  – н.в.
2. Из проекций  $A_2, B_2, C_2$  проводим плоскости вращения,  $\perp$ -но  $A_2A'_2$ .
3. Последовательно вращаем т.  $B$ , до совмещения с пл. фронт. уровня, проходящей через ребро  $A_2A'_2$  (см. вращение вокруг следа плоскости):  $A_2A'_2$  – ось вращения,  $A_2$  – центр вращения;  $R^1 = |A_1B_1|$  – н.в. радиуса вращения. Вращаем т.  $B$  до пересечения с ее плоскостью вращения  $\delta_2$ .
4. Другие точки строим аналогично.
5.  $A_0A'_0 \parallel A_2A'_2; |A_0A'_0| = |A_2A'_2|$ ;
6. Аналогично строим другие ребра призмы.
7. К развертке боковой поверхности призмы пристраиваем основания.

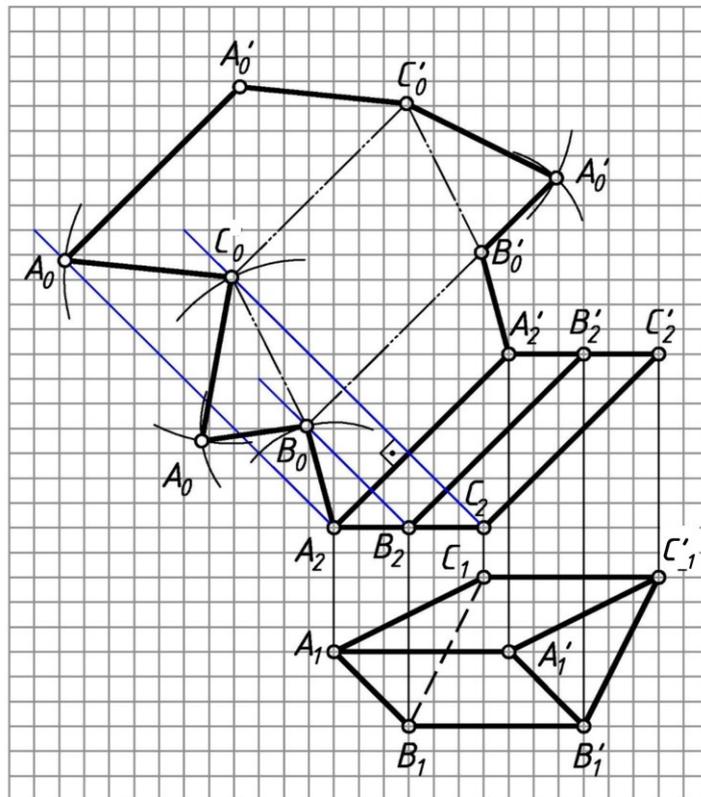






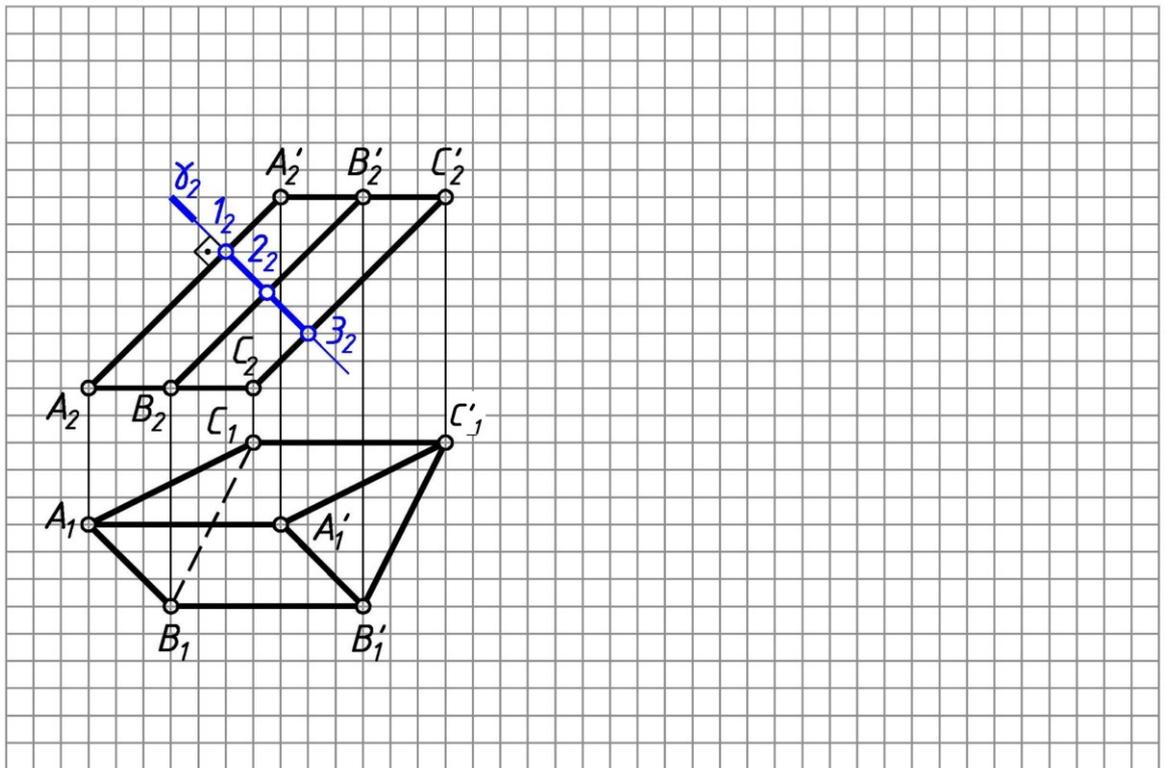
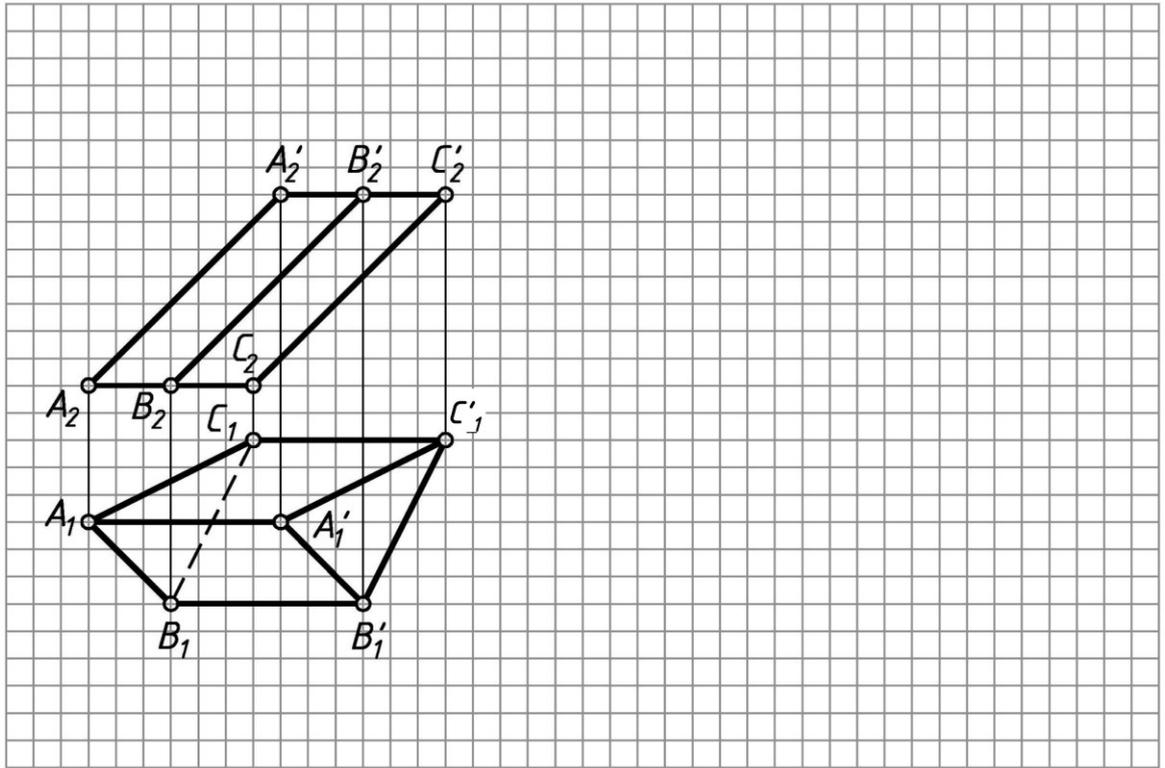


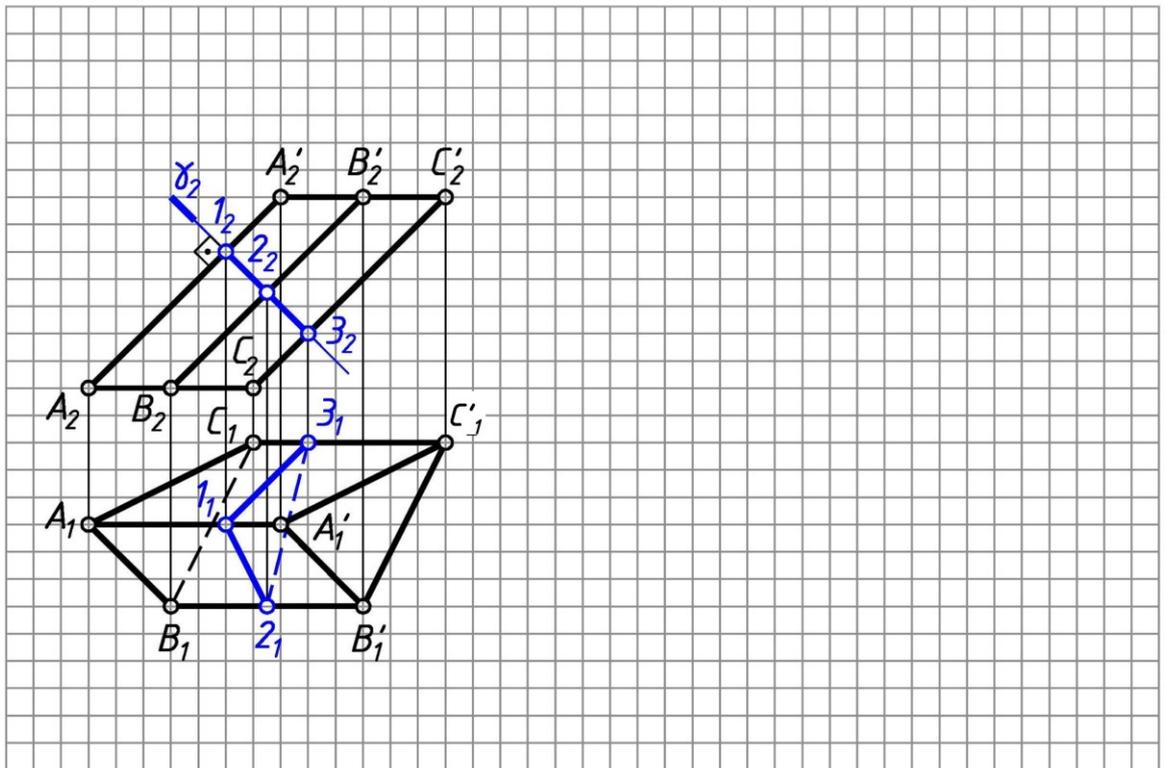
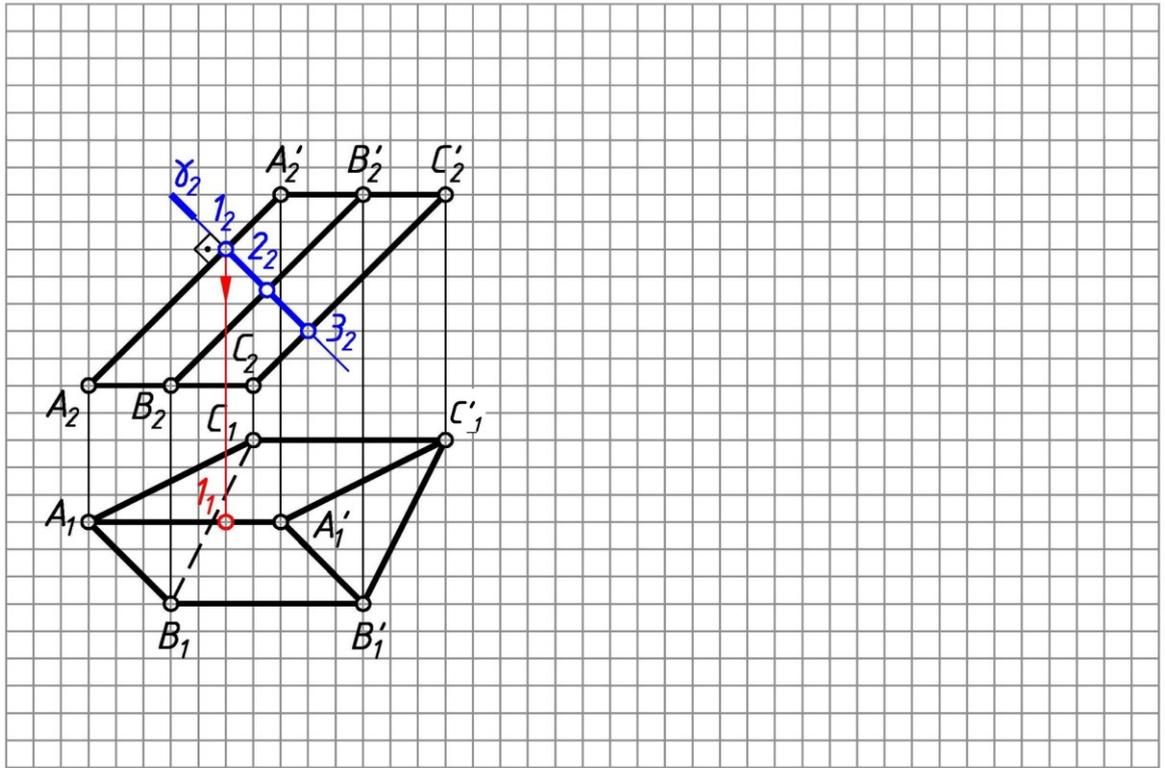


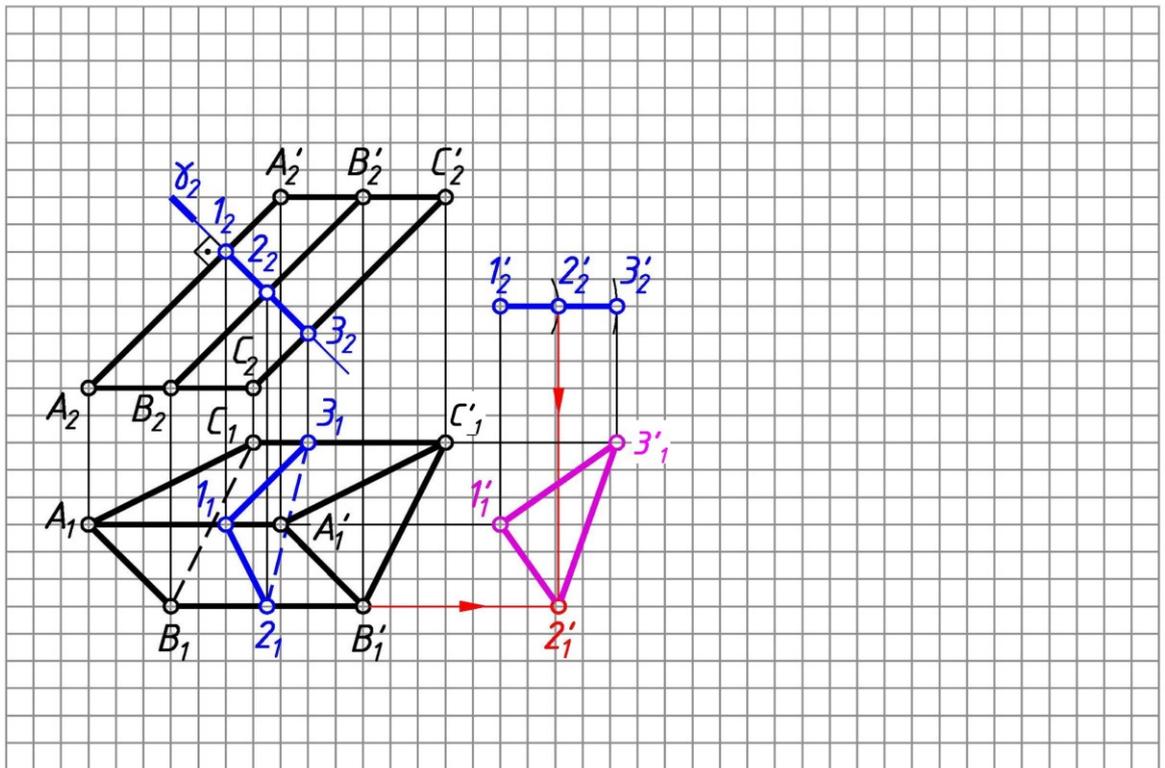
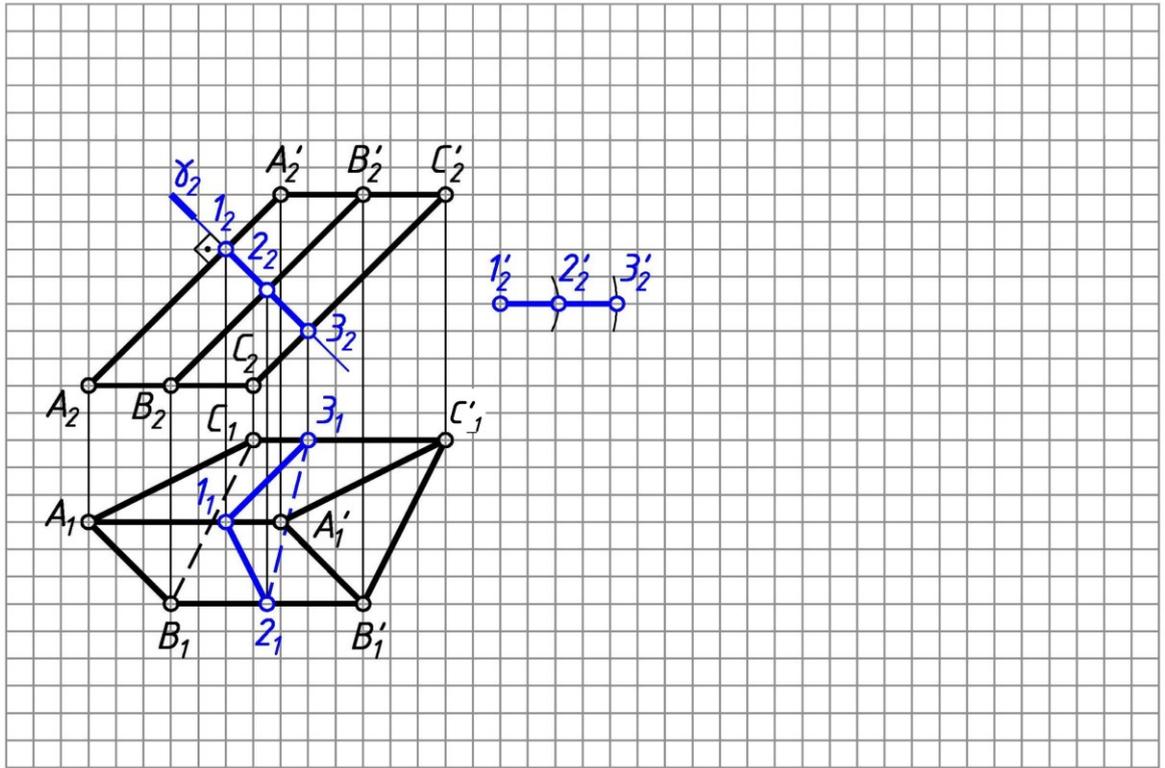


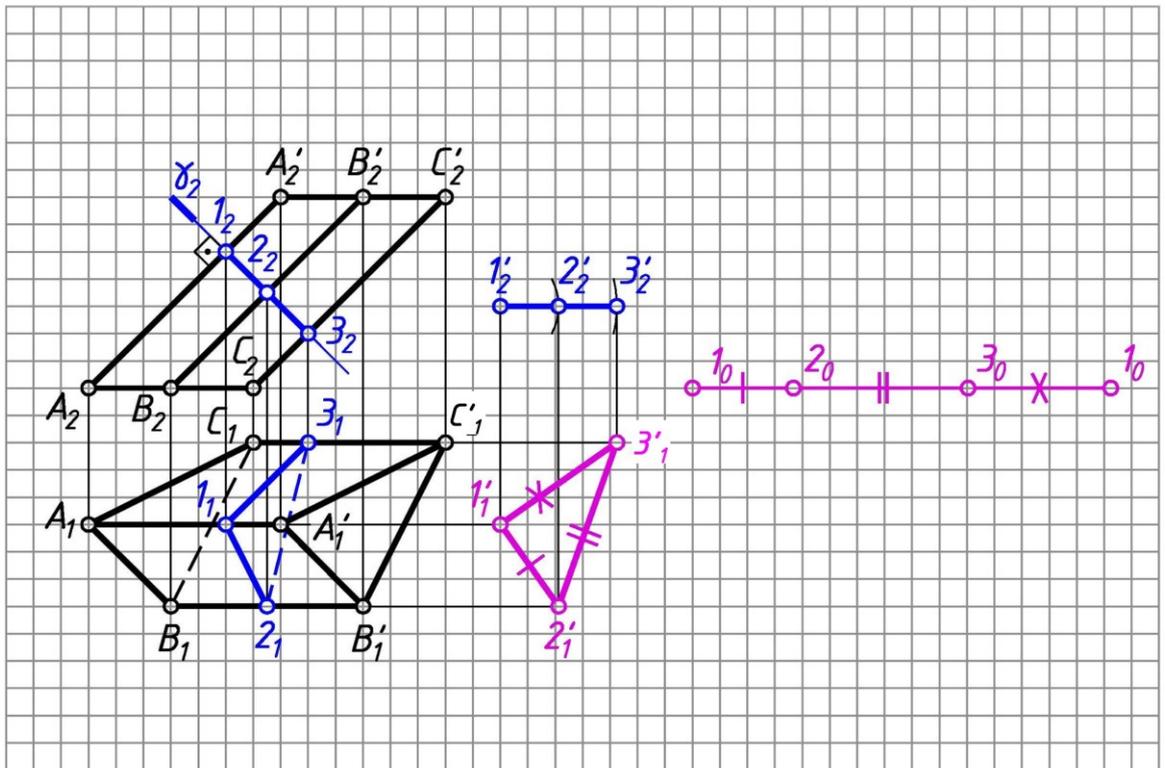
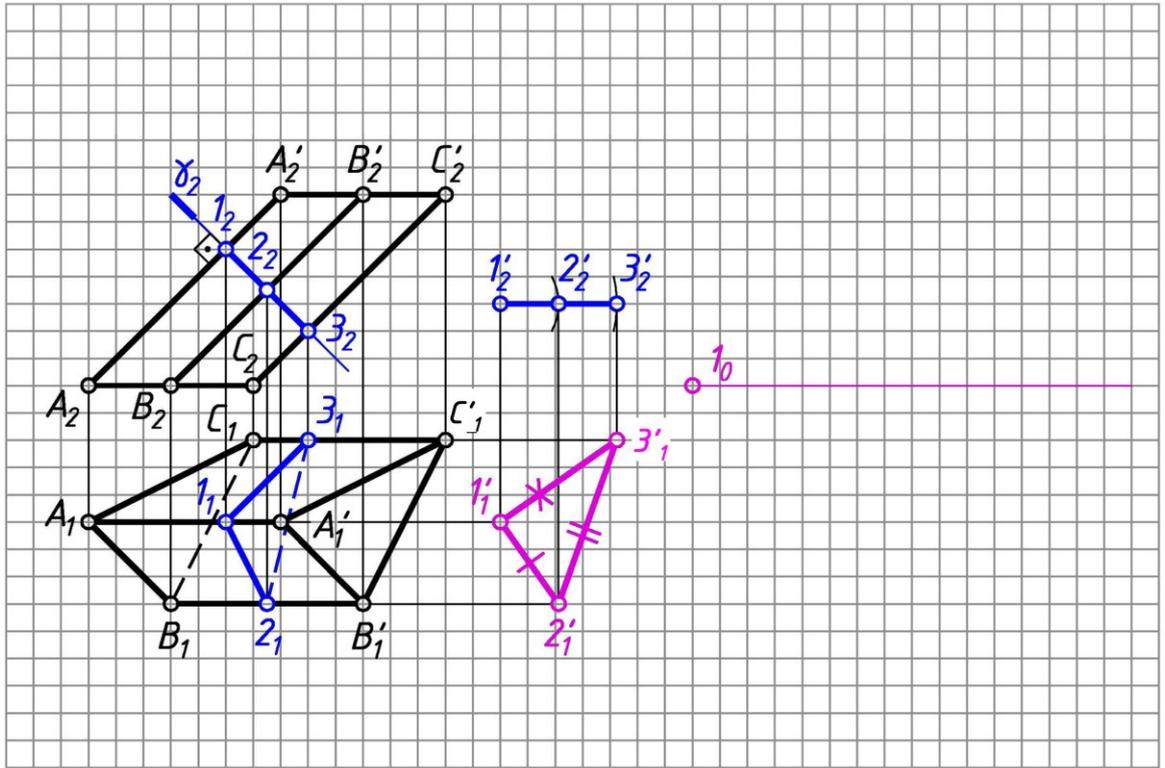
### МЕТОД ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОГО СЕЧЕНИЯ

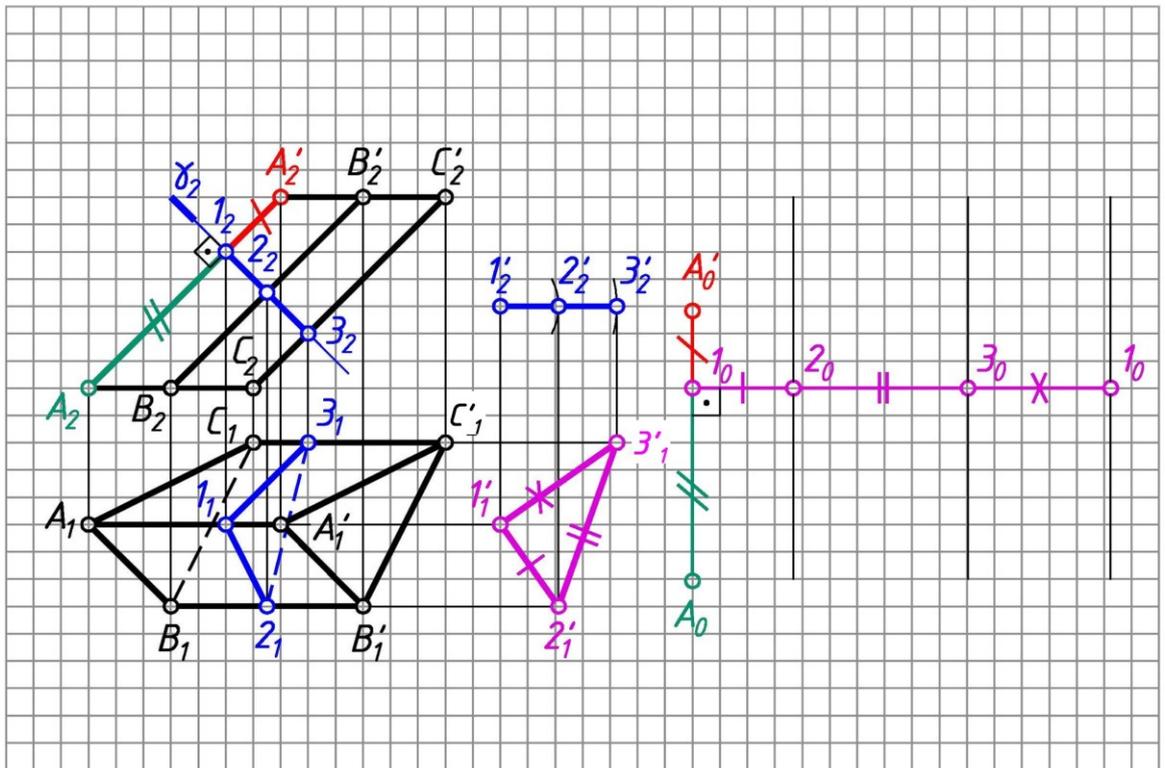
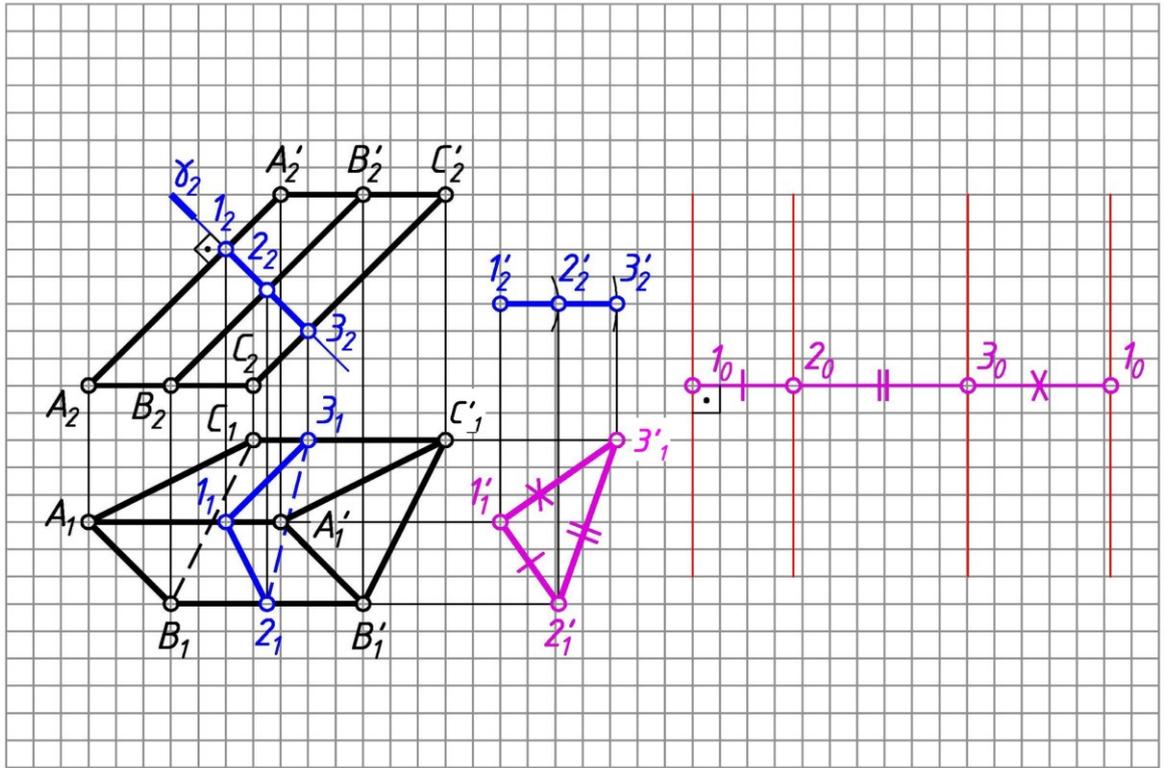
1.  $A_2A'_2$ ;  $B_2B'_2$ ;  $C_2C'_2$  – н.в.,  $A_1B_1C_1$  – н.в.
2. Проводим произвольно фронт.-проец. пл.  $\gamma - \gamma_2 \perp A_2A'_2$ .
3.  $123$  – линия пересечения  $\gamma$  с призмой.
4. Определяем н.в.  $123$  способом плоскопараллельного перемещения.  $1'_2'3'_1$  – н.в.  $123$ .
5. Проводим на свободном поле чертежа горизонтальную линию и откладываем на ней действительные величины всех сторон перпендикулярного сечения.
6. Из точек  $1_0$ ,  $2_0$ ,  $3_0$  проводим вертикальные линии, на ктр. последовательно откладываем  $1_0A_0 = |1_2A_2|$  и  $1_0A'_0 = |1_2A'_2|$ .
7. Аналогично строим другие ребра призмы.
8. К развертке боковой поверхности призмы пристраиваем основания.

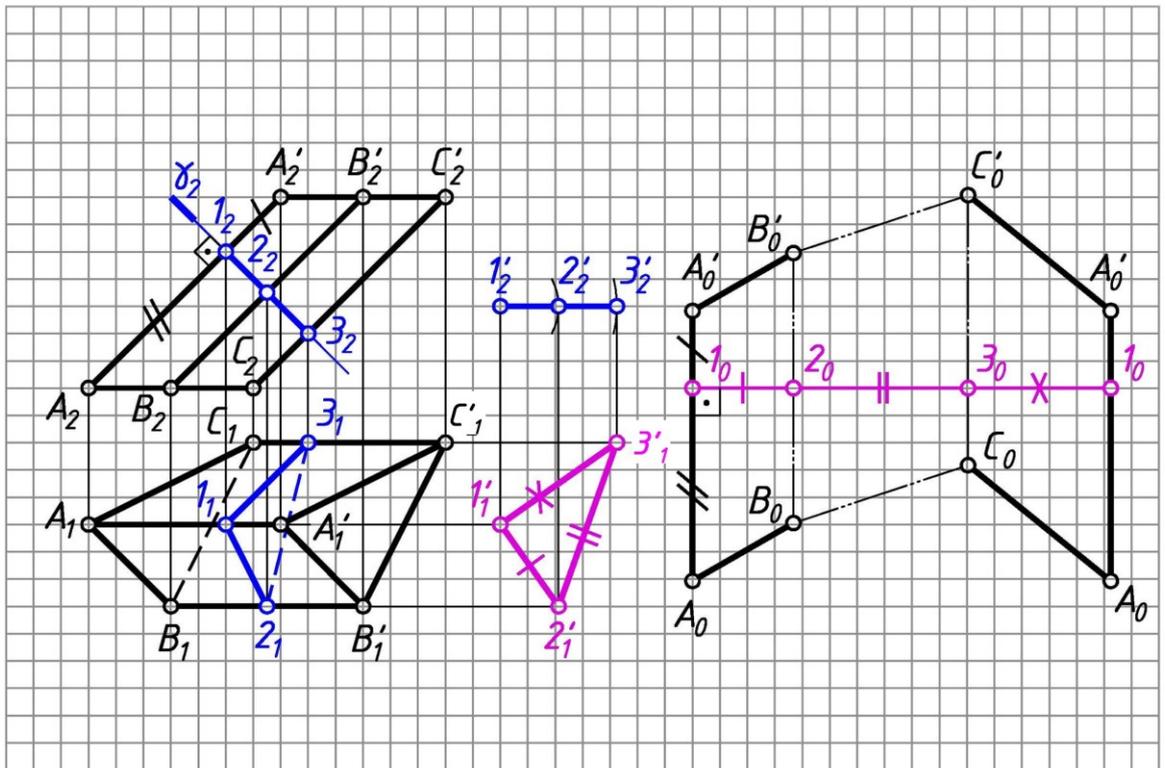
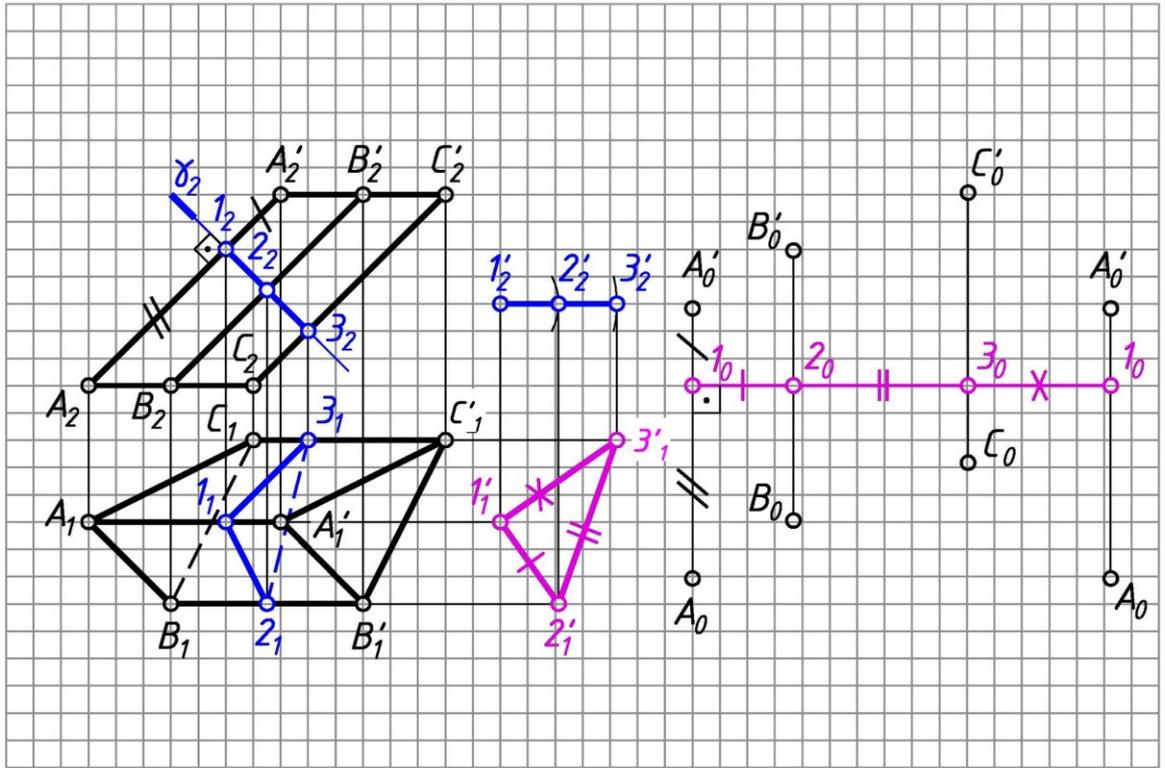


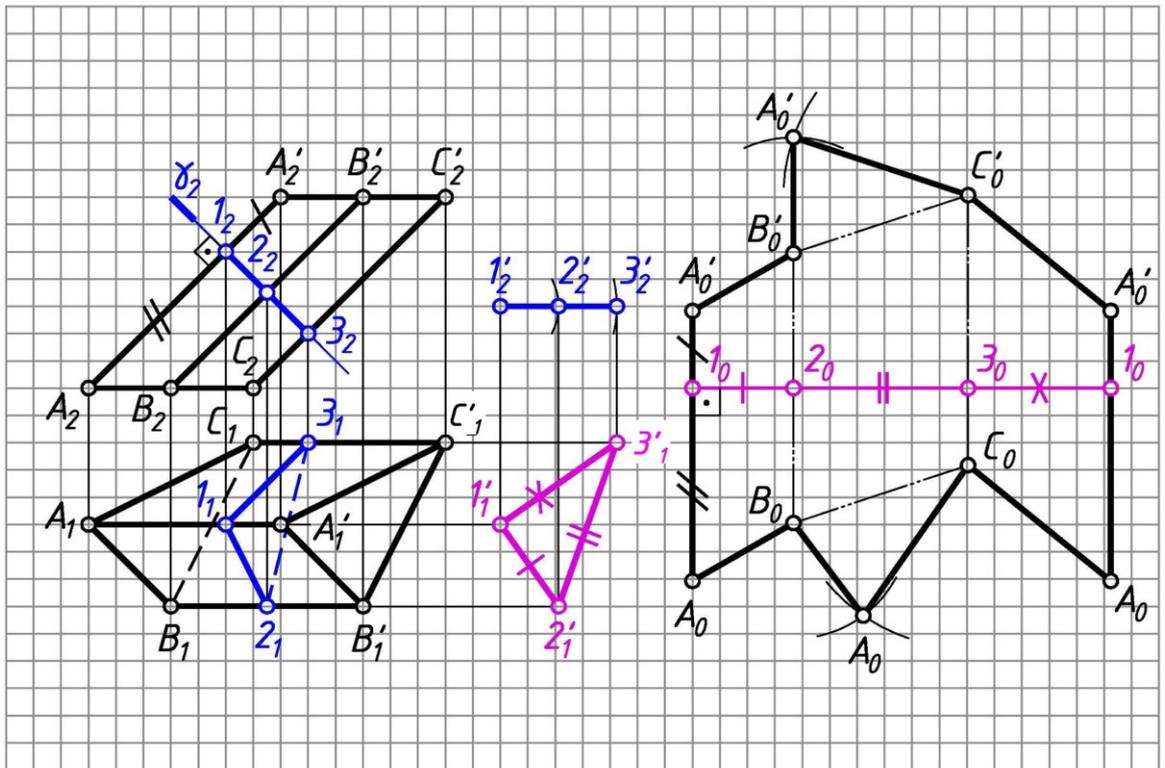
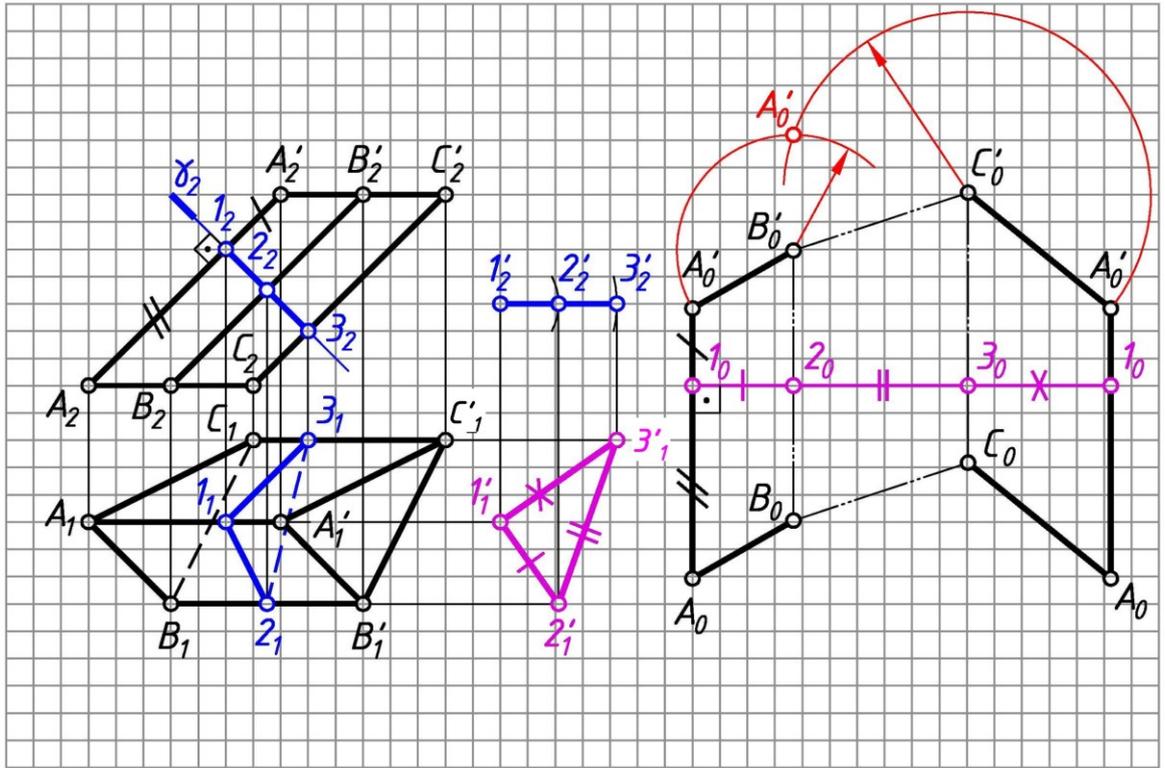












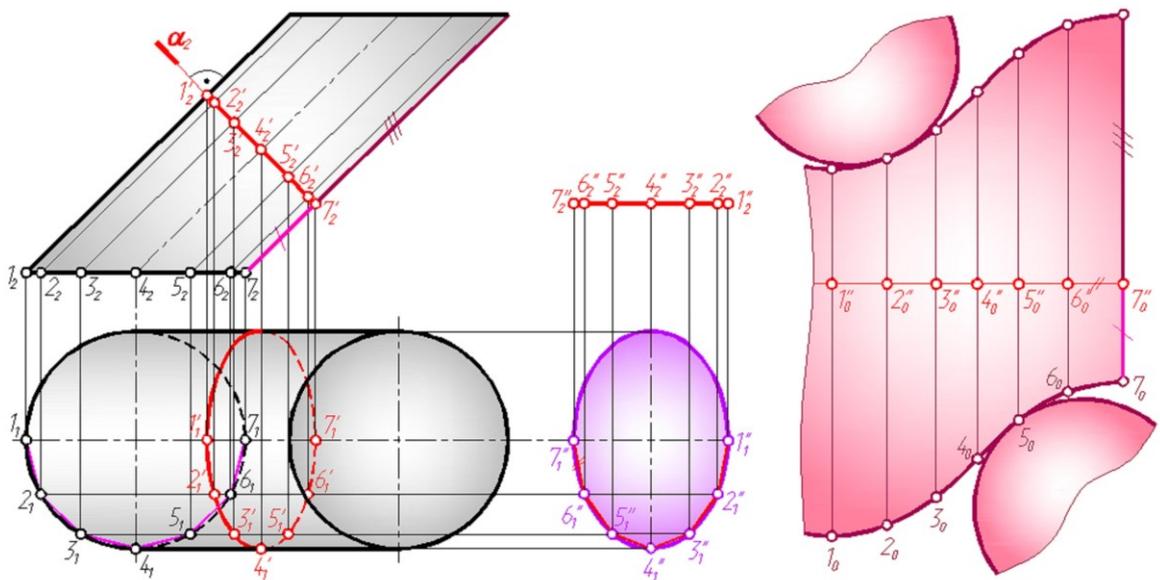
## Методы построения разверток криволинейных поверхностей

Для построения развертки конической поверхности осуществляется ее аппроксимация пирамидальной поверхностью.

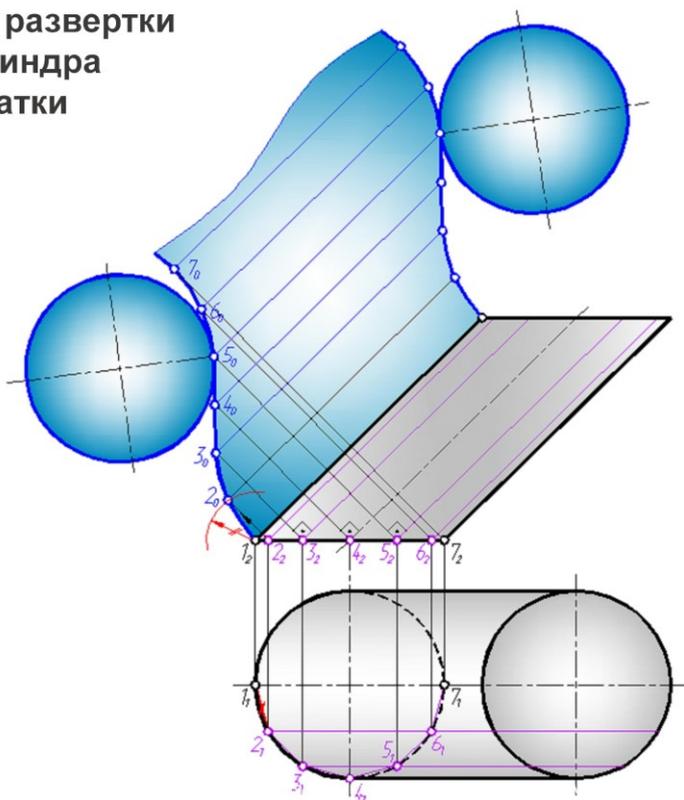
Развертка этой  $n$ -угольной пирамиды и принимается за развертку конуса. Ломаная линия, получающаяся на развертке пирамиды, заменяется плавной кривой, проходящей через те же точки. Чем большее число граней у вписанной пирамиды (не менее 8), тем меньше будет разница между действительной и приближенной разверткой конической поверхности.

Аналогичным образом развертка цилиндрической поверхности сводится к построению развертки  $n$ -гранной призмы.

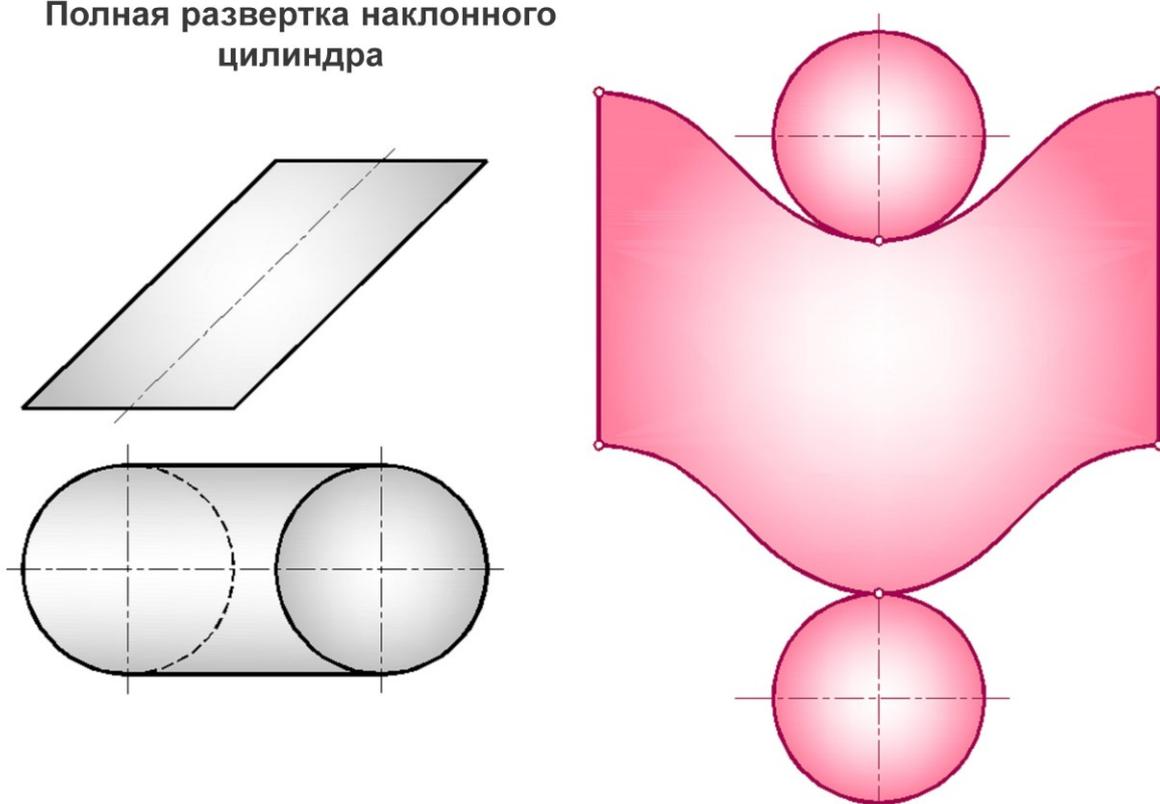
### Пример построения развертки наклонного цилиндра методом перпендикулярного сечения



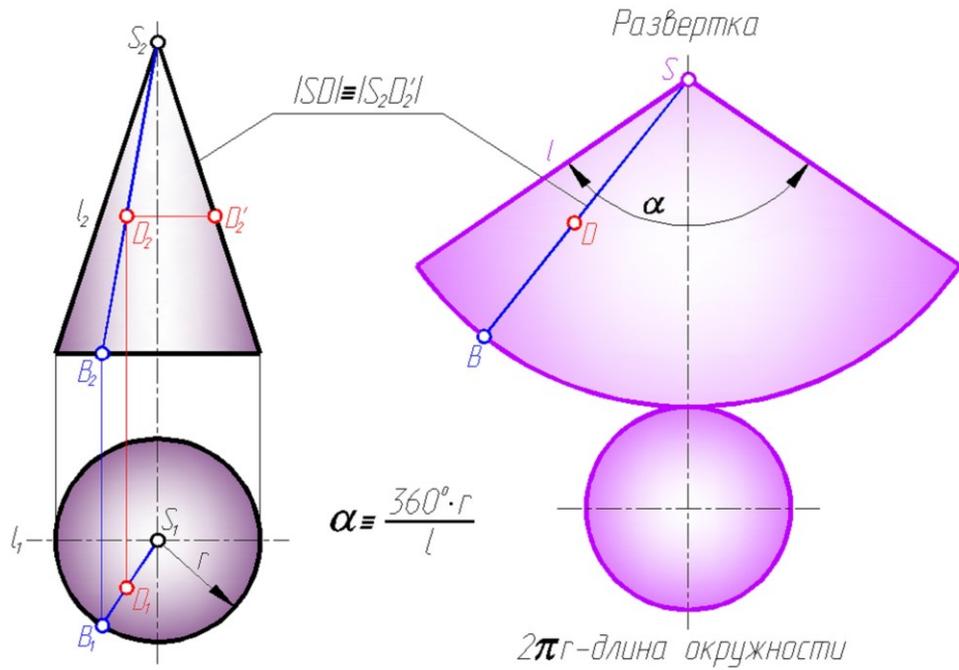
Пример построения развертки  
наклонного цилиндра  
методом раскатки



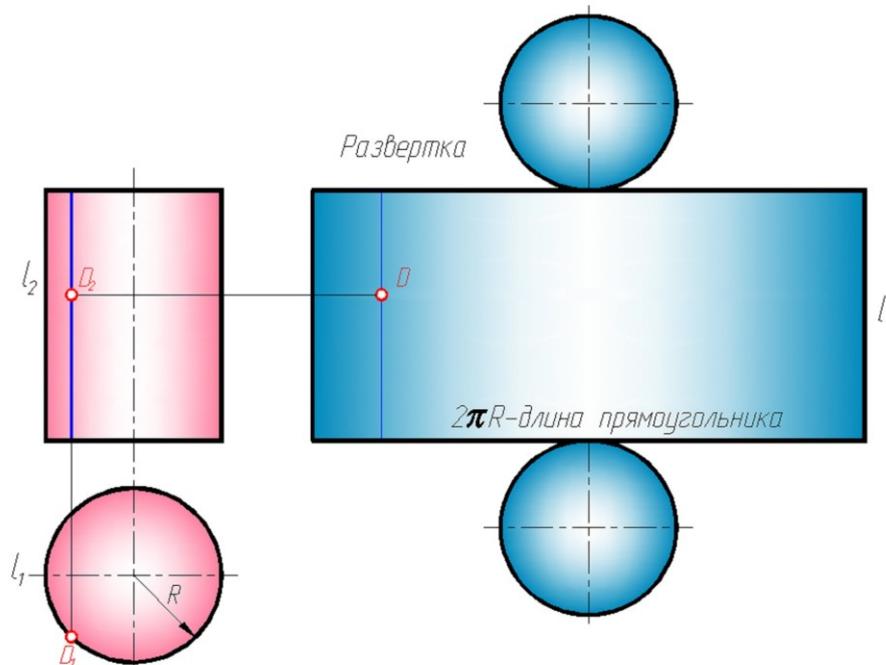
Полная развертка наклонного  
цилиндра



Развертка прямого кругового конуса, образующая которого равна  $l$  и радиус основания  $r$ , имеет форму кругового сектора с радиусом, равным  $l$ , и центральным углом  $\alpha = 360^\circ \cdot r / l$



Разверткой боковой поверхности цилиндра является прямоугольник, длина которого равна длине окружности основания цилиндра ( $2\pi R$ ), а высота равна высоте цилиндра (длине образующей  $l$ ).



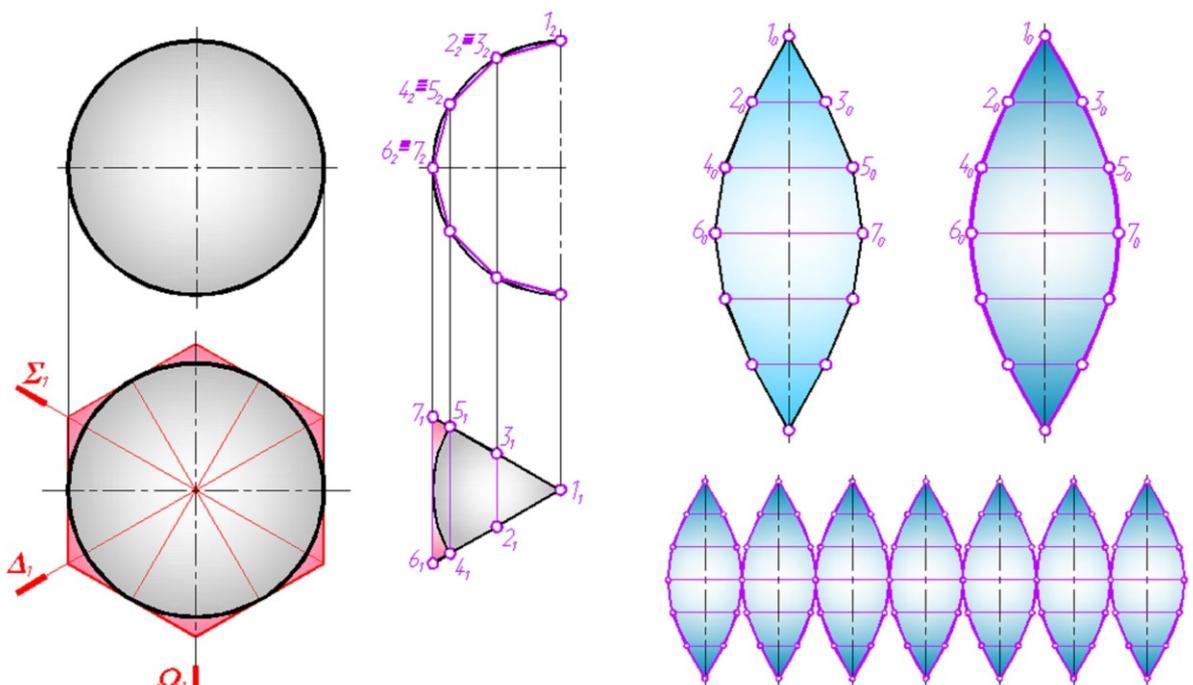
## Построение условных разверток неразвертывающихся поверхностей

Точную развертку неразвертывающейся поверхности построить нельзя. Для построения условной развертки такой поверхности применяют метод аппроксимации, который заключается в следующем.

Данная неразвертывающаяся поверхность разбивается на некоторые отсеки. Каждый из этих отсеков заменяется отрезком кривой развертываемой поверхности.

При свертывании такой развертки, кроме изгибания, необходимо произвести частичное растяжение, или сжатие отдельных ее участков.

### Развертка сферы



# ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

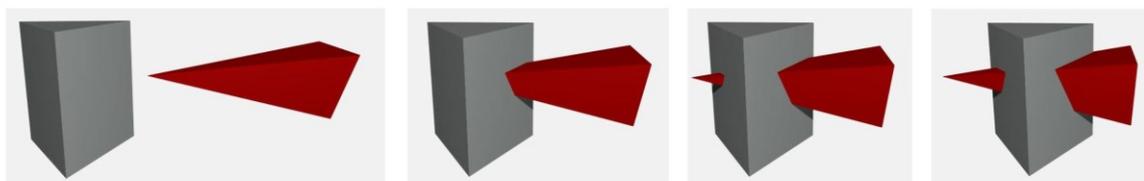
## 1. Общие сведения о пересечении поверхностей

В результате пересечения поверхностей образуется пространственная, реже, плоская замкнутая линия, вид и форма которой зависят от вида пересекающихся поверхностей. При этом **линия пересечения одновременно принадлежит одной и другой поверхности.**

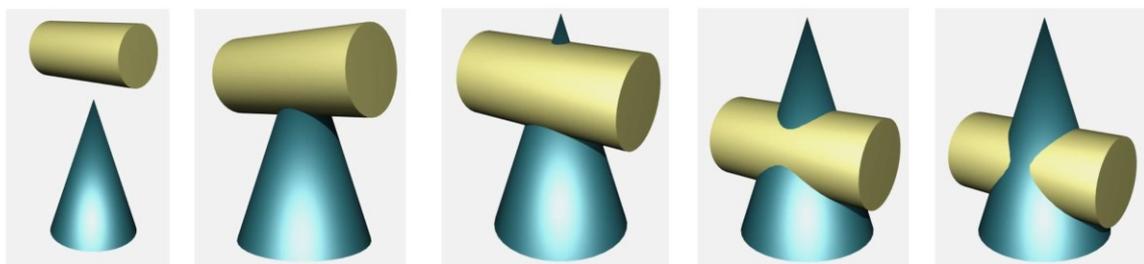
Для построения линии пересечения двух поверхностей в данном случае рассматриваются два основных метода:  
– **метод секущих плоскостей-посредников частного положения;**  
– **метод концентрических сфер-посредников.**

В зависимости от взаимного расположения поверхностей, возможны два вида их пересечения – **врезка** и **проникание**.

а)

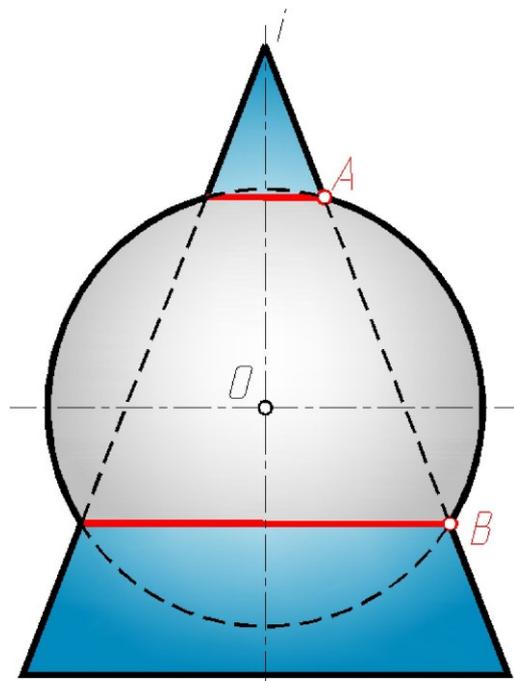
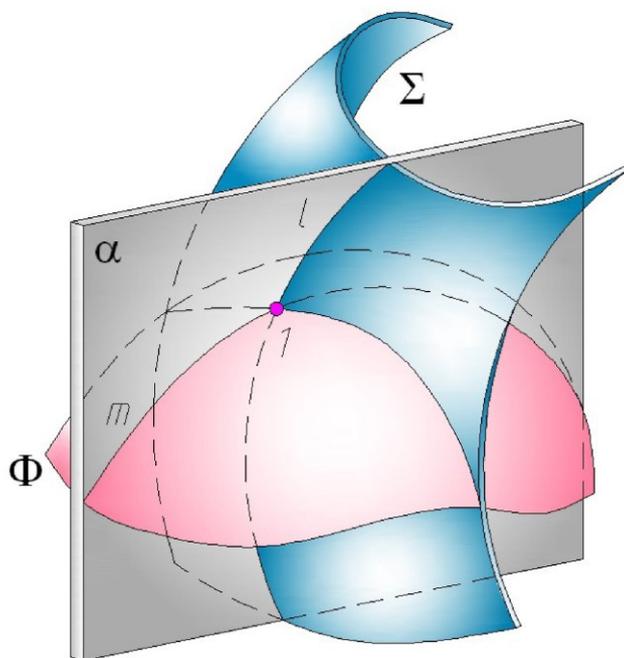


б)



При составлении алгоритма решения задач на построения проекций линии пересечения поверхностей на комплексном чертеже выявляют:

- вид заданных пересекающихся поверхностей и их расположение относительно плоскостей проекций;
- область пересечения поверхностей;
- характерные точки, принадлежащие линии пересечения;
- промежуточные точки, принадлежащие линии пересечения (методом секущих плоскостей-посредников частного положения, либо методом концентрических сфер-посредников).



- При применении метода плоскостей-посредников частного положения, последние следует выбирать так, чтобы они пересекали заданные поверхности по наиболее простым для графического построения линиям – прямым, либо окружностям. Для того чтобы концентрическая сфера-посредник пересекала по параллелям две заданные поверхности вращения, центр этой сферы-посредника должен лежать в точке пересечения осей вращения заданных поверхностей;
- Если оси вращения заданных поверхностей параллельны какой-либо плоскости проекций, то на чертеже параллели пересечения концентрических сфер-посредников с заданными поверхностями проецируются на эту плоскость в прямые линии.

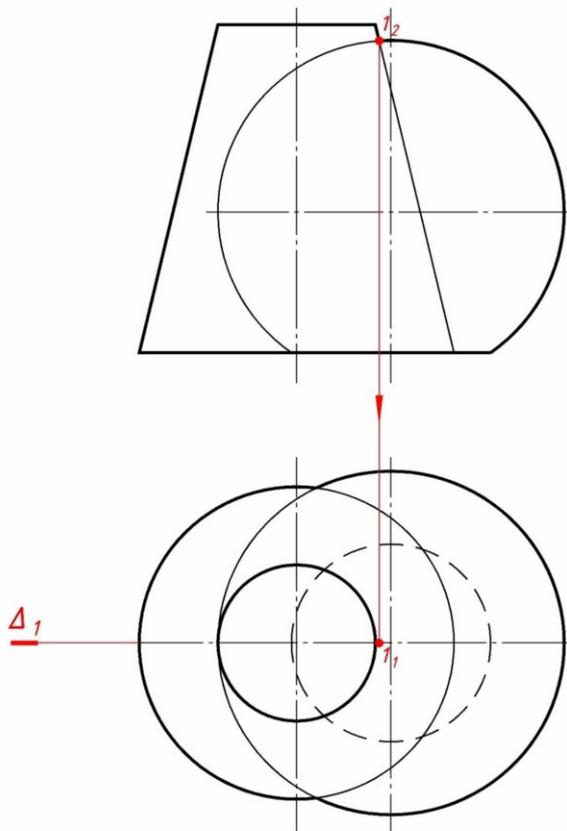
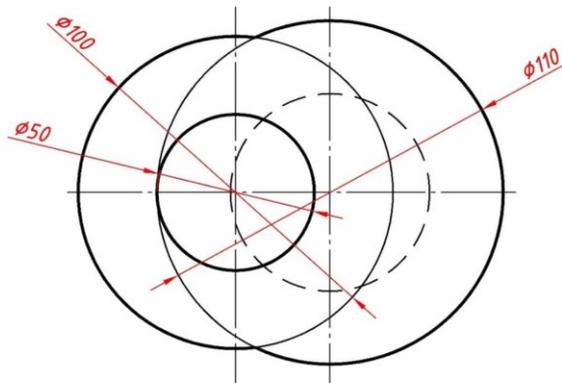
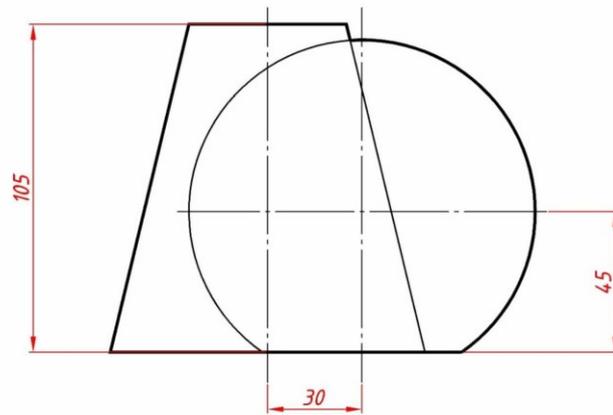
Поэтому, концентрические сферы-посредники применяются только в том случае, когда две пересекающиеся поверхности являются:

- поверхностями вращения;
- оси вращения этих поверхностей пересекаются и расположены параллельно одной и той же плоскости проекций, или одна из осей должна быть проецирующей прямой, а вторая – линией уровня.

## **А. Метод секущих плоскостей – посредников**

*Общие положения при составлении алгоритма решения задач:*

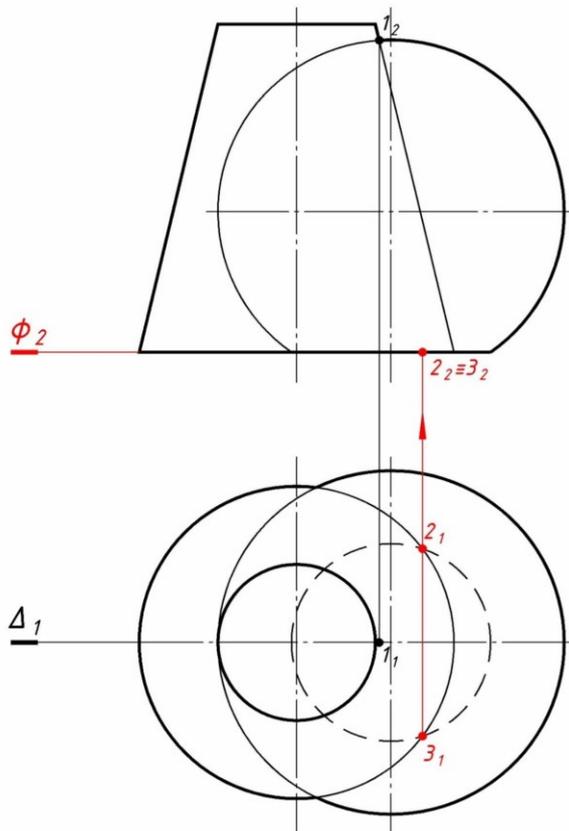
- 1 Проводят анализ заданных поверхностей по классификации их образования и расположения относительно плоскостей проекций.
- 2 Выбирают плоскости-посредники таким образом, чтобы при пересечении их с каждой из заданных поверхностей образовались удобные для построения линии (прямые или окружности).
- 3 Определяют характерные точки, принадлежащие линии пересечения, а затем промежуточные.
- 4 Соединяют полученные точки линией, с учетом ее характера (ломаная, кривая, комбинированная).
- 5 Определяют видимость проекций линии пересечения и заданных поверхностей.



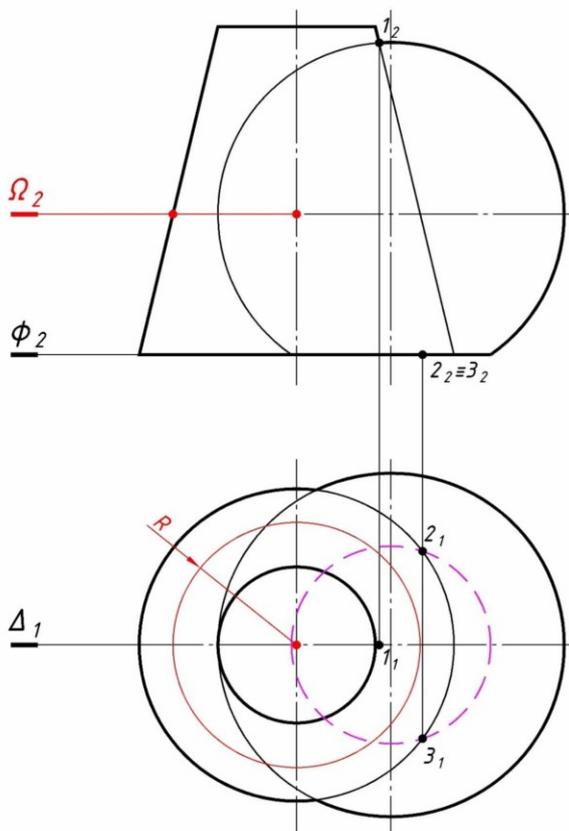
Задачу решаем способом  
вспомогательных  
плоскостей-посредников.

1. Независимо от способа решения  
сначала определяем характерные  
точки линии пересечения - это  
наивысшая и наинизшая точки линии  
пересечения, а также точки смены  
видимости на плоскостях проекций.  
2. Наивысшая и наинизшая точки  
будут располагаться в общей  
плоскости симметрии обеих  
поверхностей. В нашем случае это  
плоскость  $\Delta$ .

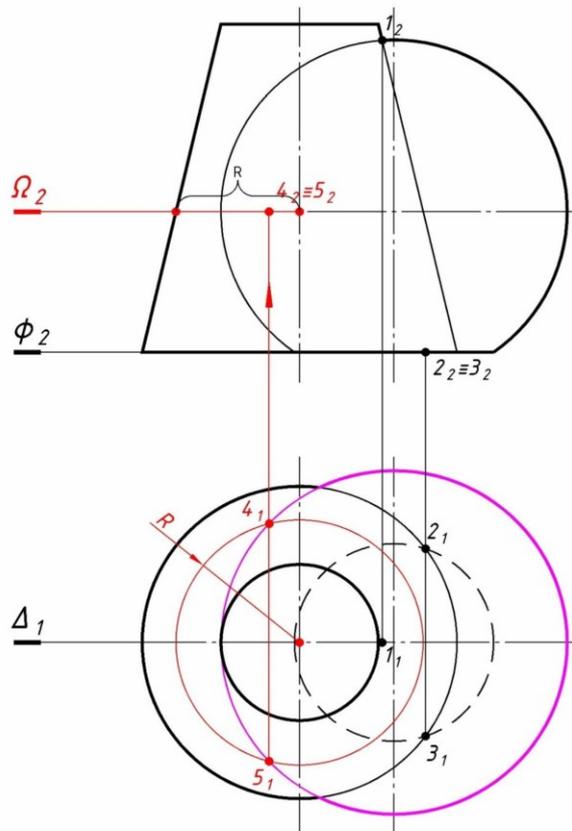
Эта плоскость пересекает обе  
поверхности по очерковым  
образующим, следовательно на их  
пересечении будут искомые точки.  
Т.к. обе поверхности усеченные (или  
хотя бы одна), то мы получим  
только наивысшую точку сечения  $1_2$ .  
Проекцию  $1_1$  по линии проекционной  
связи опускаем на  $\Delta_1$ .



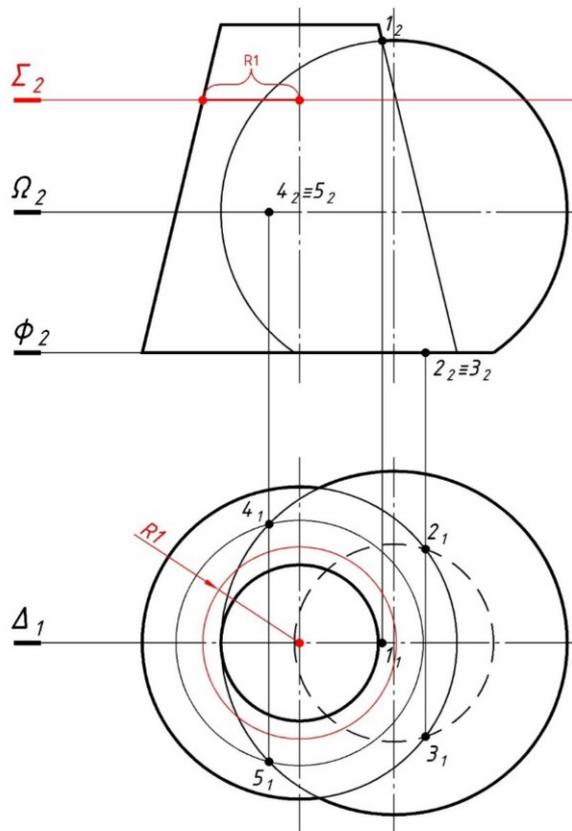
3. Так как основания поверхностей усеченные, то заключаем их во вспомогательную плоскость посредник  $\phi$ , ктр. в данном случае совпадает с горизонтальной плоскостью проекций. На пересечении горизонтальных проекций усеченных оснований поверхностей находим искомые проекции  $2_1$  и  $3_1$ . Фронтальные проекции точек возвращаем на  $\phi_2$ .



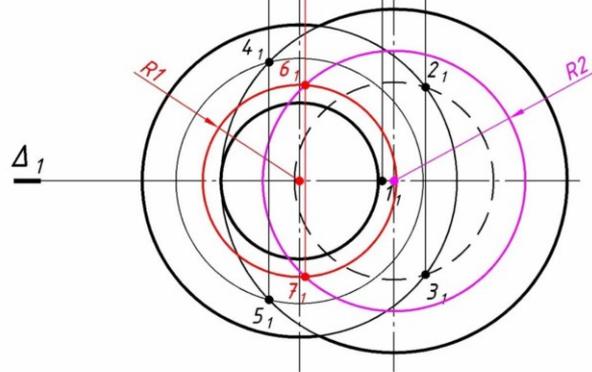
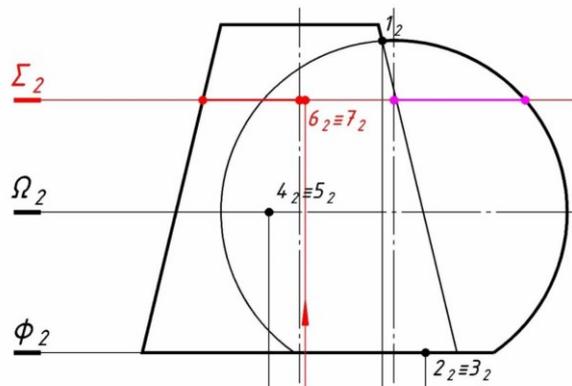
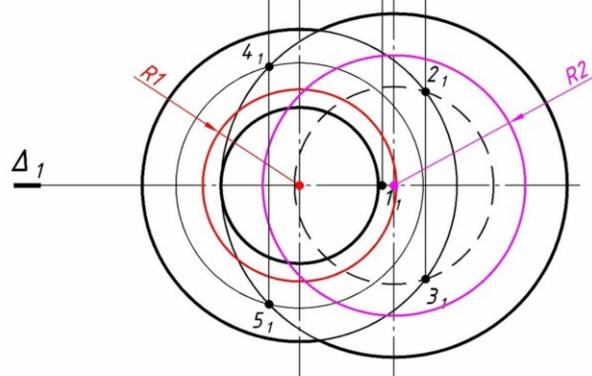
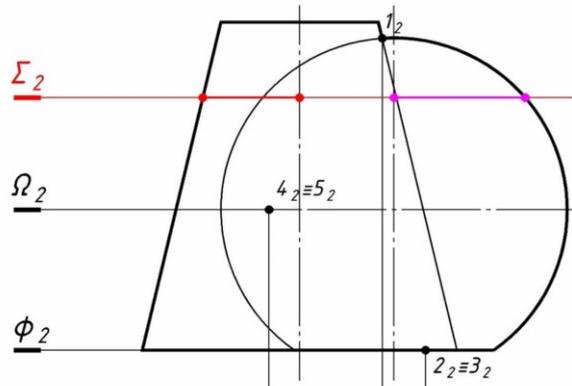
4. Точки смены видимости принадлежат осям симметрии поверхностей. Проведем вспомогательную плоскость  $\Omega$  горизонтального уровня через ось симметрии усеченной сферы. Эта плоскость пересекает сферу по окружности ее радиуса, а конус по окр. радиуса  $R$  (расстояние от оси до очерка конуса по плоскости).

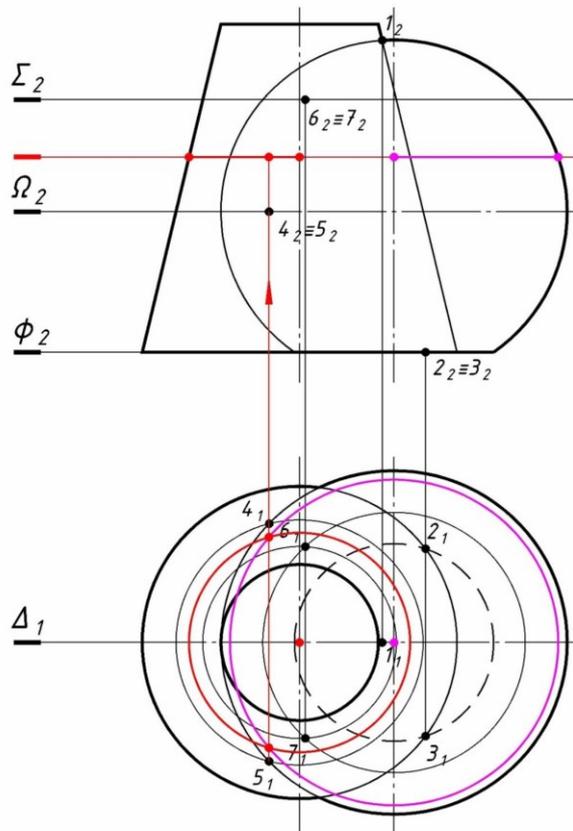


На пересечении горизонтальных проекций этих линий находим горизонтальные проекции искомых точек  $4_1$  и  $5_1$ . Возвращаем фронтальные проекции точек на  $\Omega_2$ .

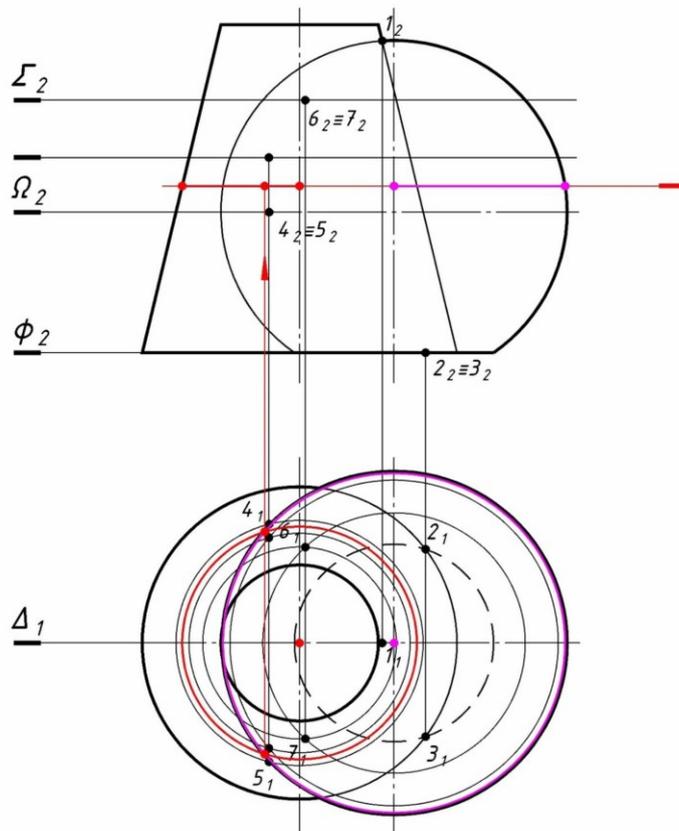


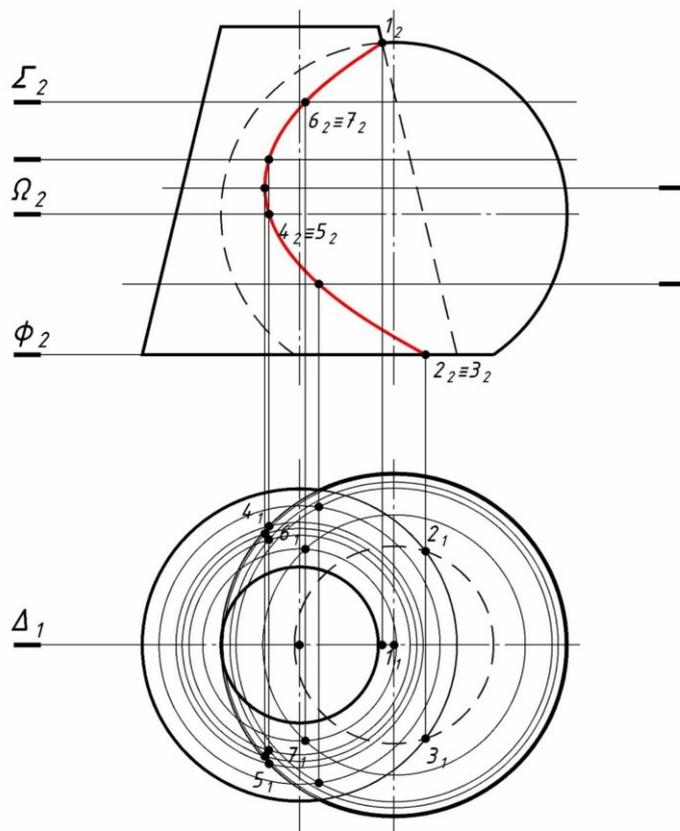
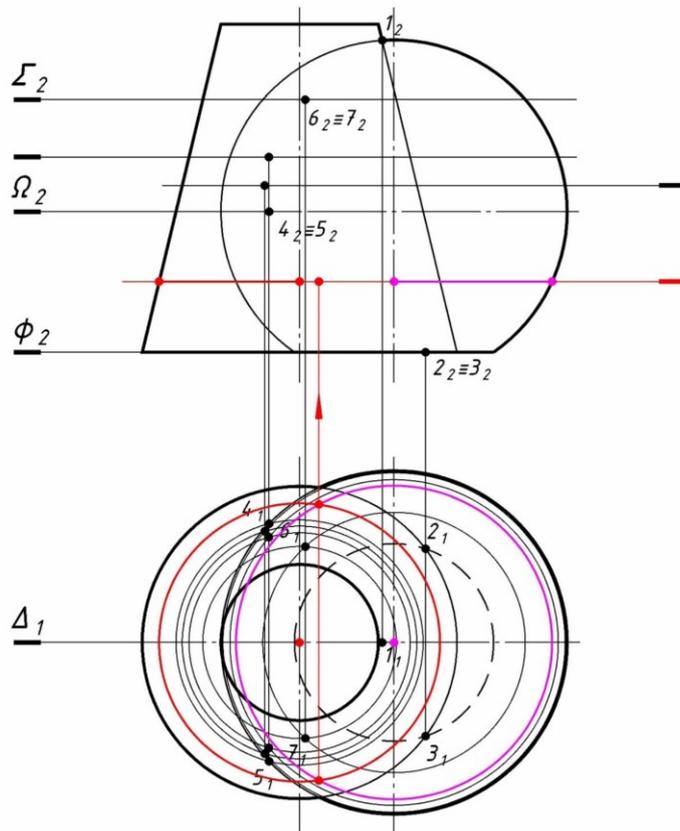
5. Находим промежуточные точки линии пересечения. Для этого в пределах вышней и низшей точек произвольно проводим вспомогательные плоскости-посредники горизонтального уровня. Проведем плоскость-посредник  $\Sigma$ , ктр. пересекает конус по окружности радиуса  $R1$ , а усеченную сферу по окружности радиуса  $R2$ . На пересечении горизонтальных проекций этих линий находим искомые проекции точек  $6_1$  и  $7_1$ . Фронтальные проекции точек возвращаем на  $\Sigma_2$ .



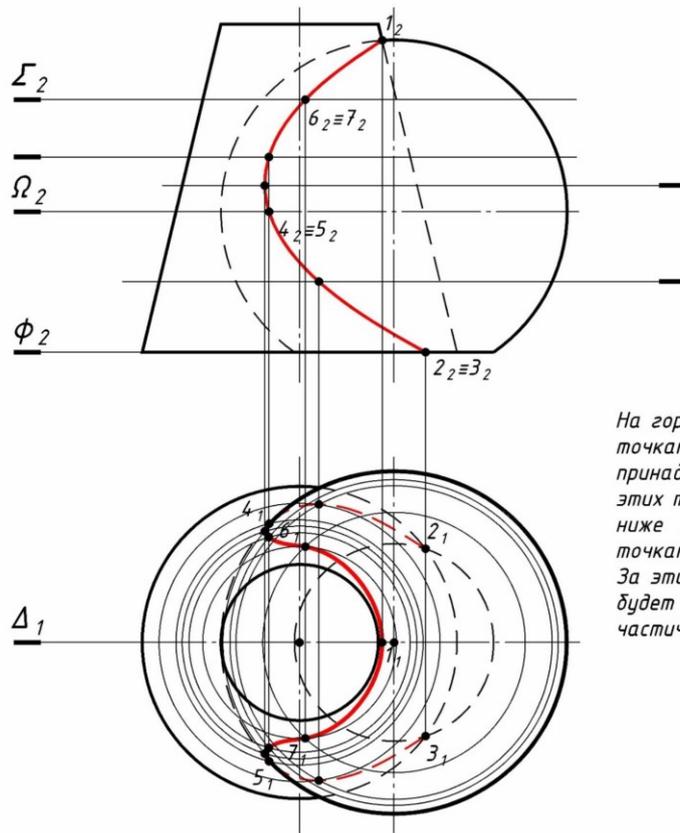


Аналогично строим необходимое количество промежуточных точек, принадлежащих линии пересечения.

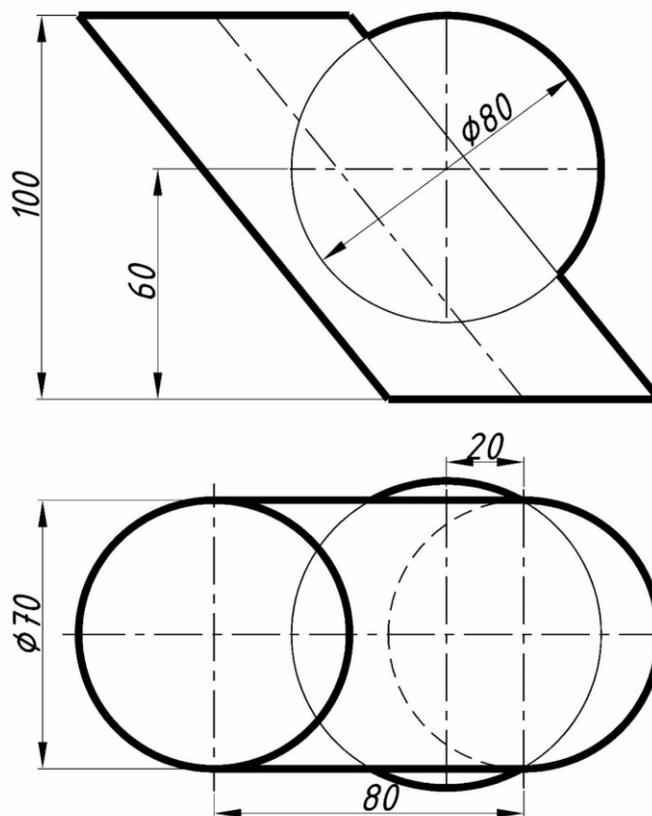


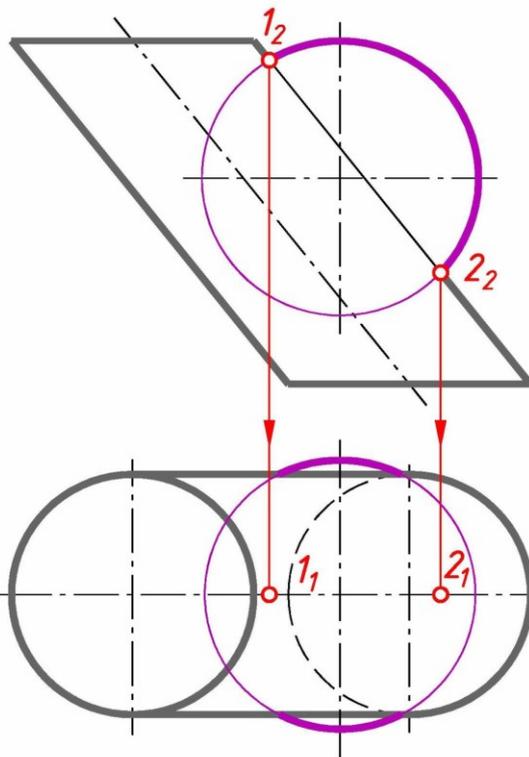
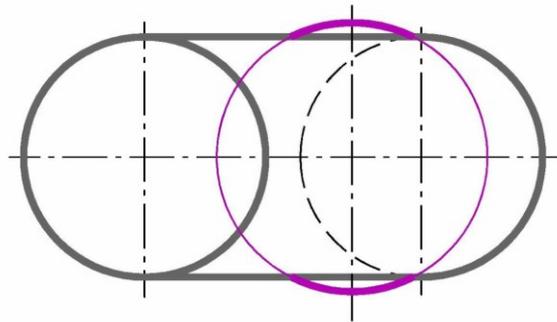
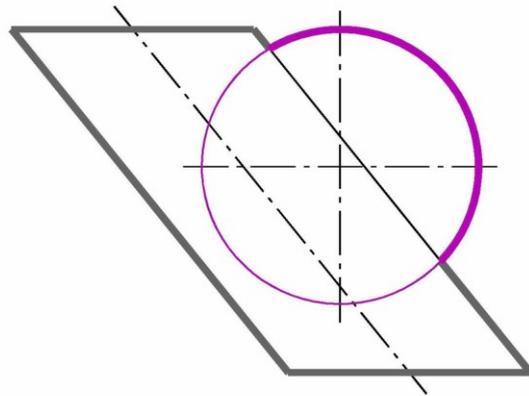


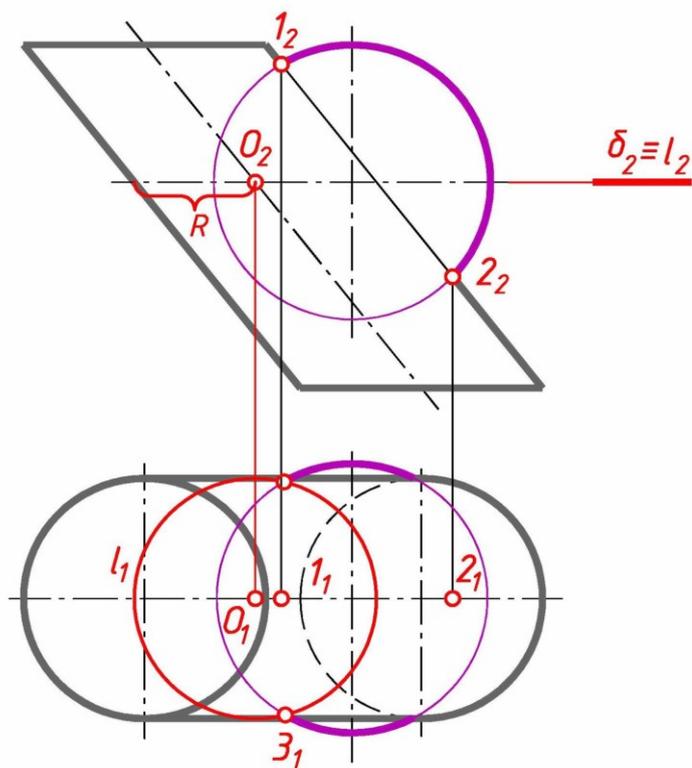
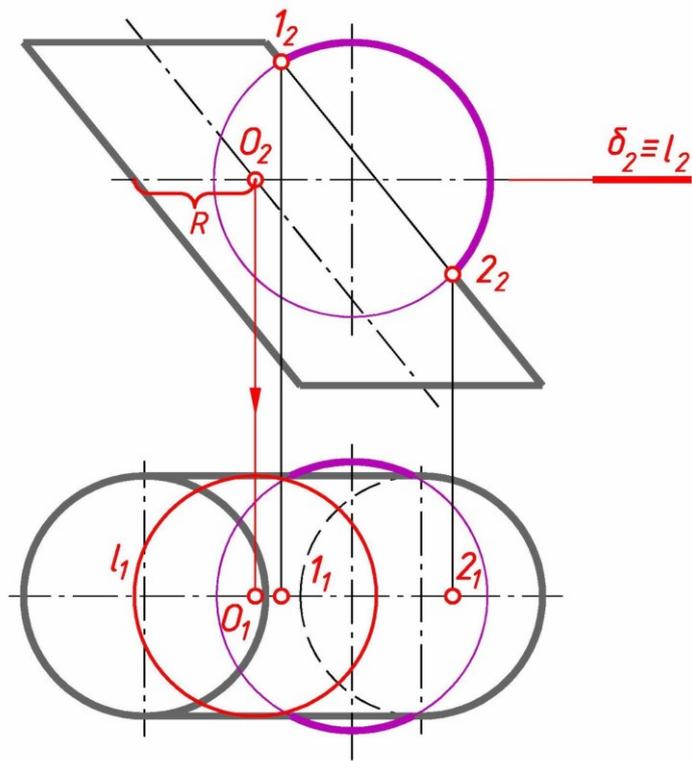
Соединяем точки по-порядку и определяем видимость. На фронтальной плоскости проекций линия пересечения будет видимой (та часть, ктр. находится за плоскостью симметрии 1642 и невидима, будет совпадать с видимой частью линии). Часть сферы внутри конуса и часть конуса внутри сферы будут невидимыми.

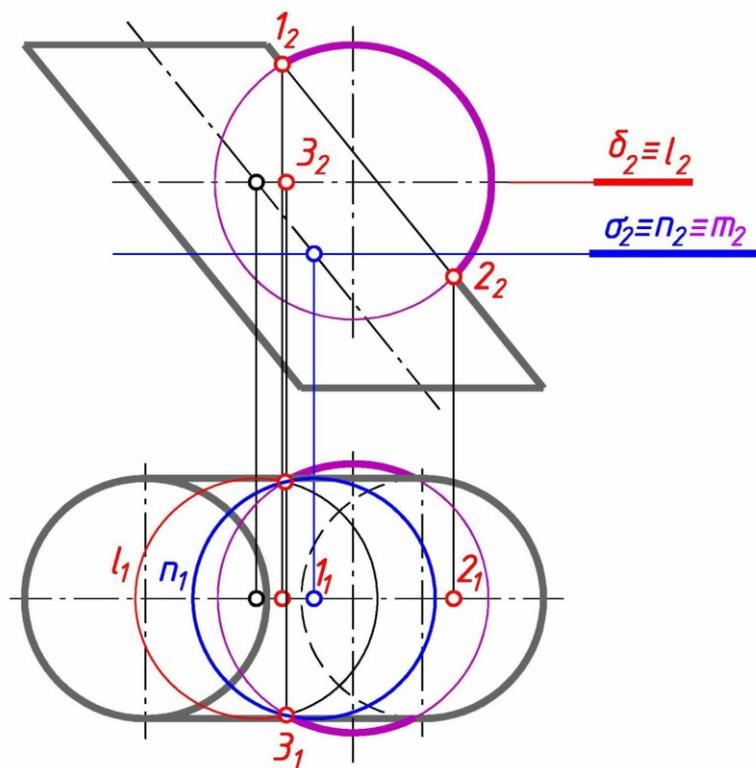
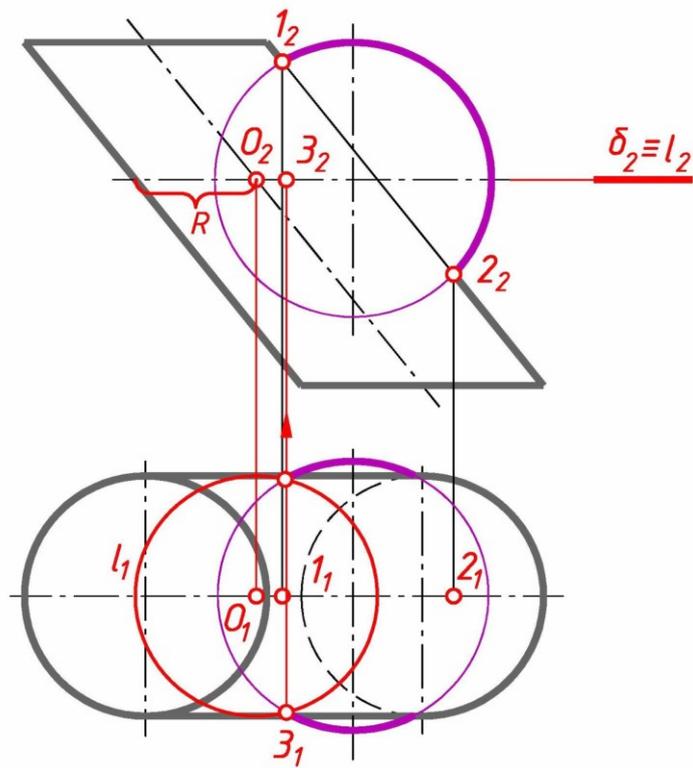


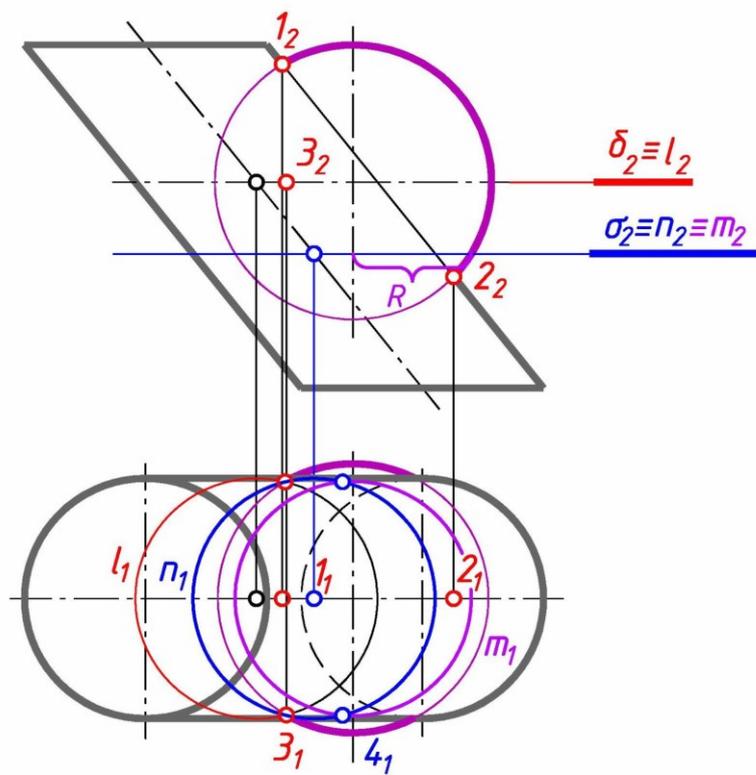
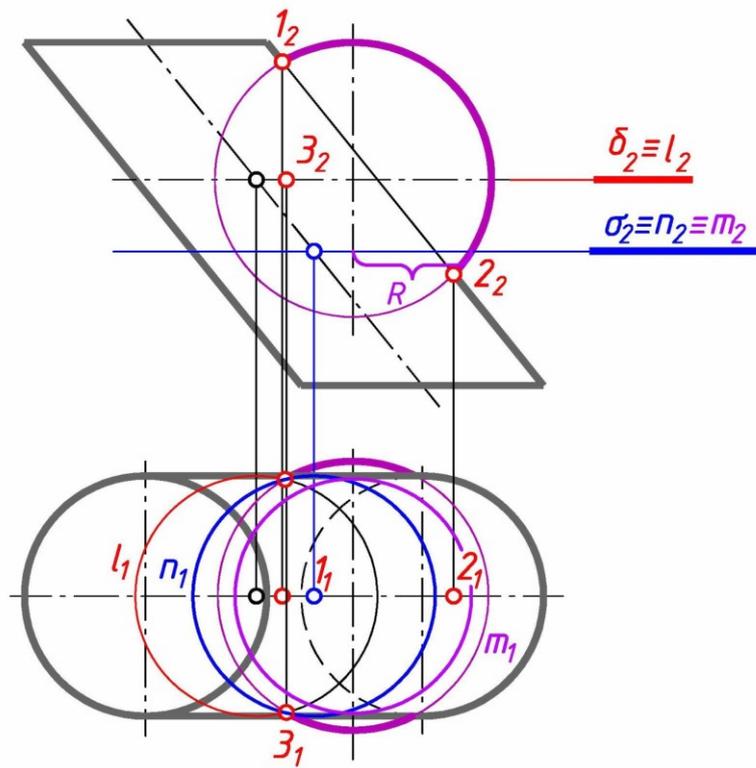
На горизонтальной плоскости проекций точками смены видимости являются 4 и 5, т.к. принадлежат оси симметрии сферы. Что выше этих точек на гор. пл. пр. будет видимым, что ниже - невидимым. Эти точки являются точками смены видимости и для очерка сферы. За этими точками сфера уходит в конус и будет невидимой. Нижнее основание конуса частично закрыто сферой и будет невидимо.

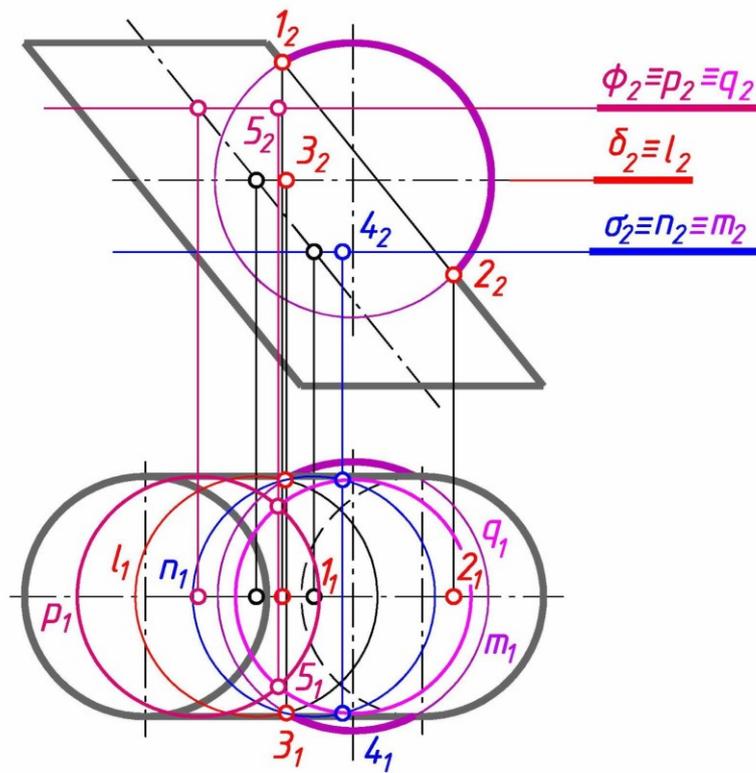
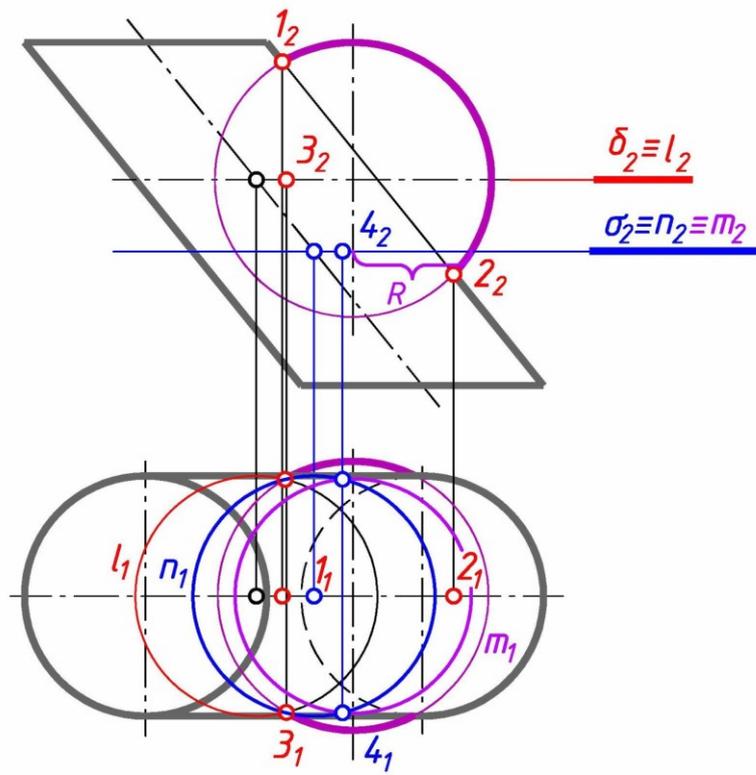


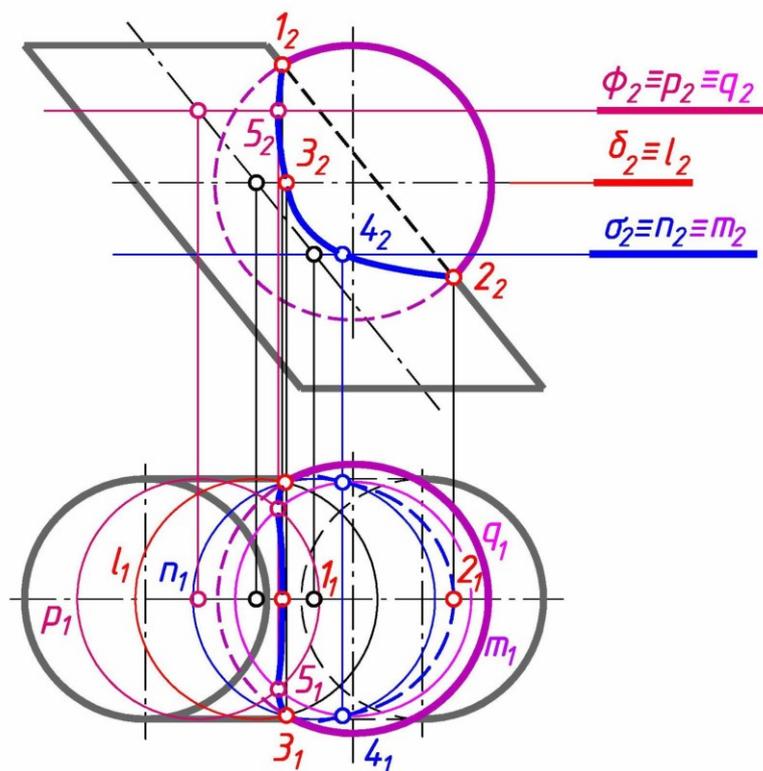










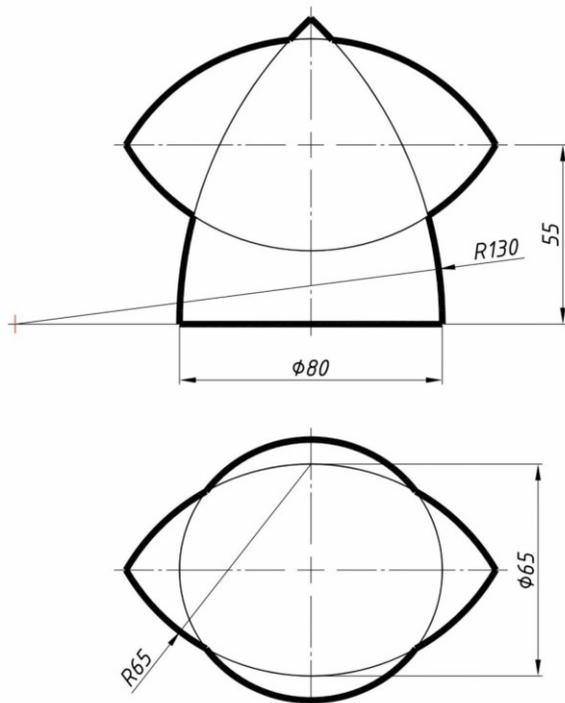
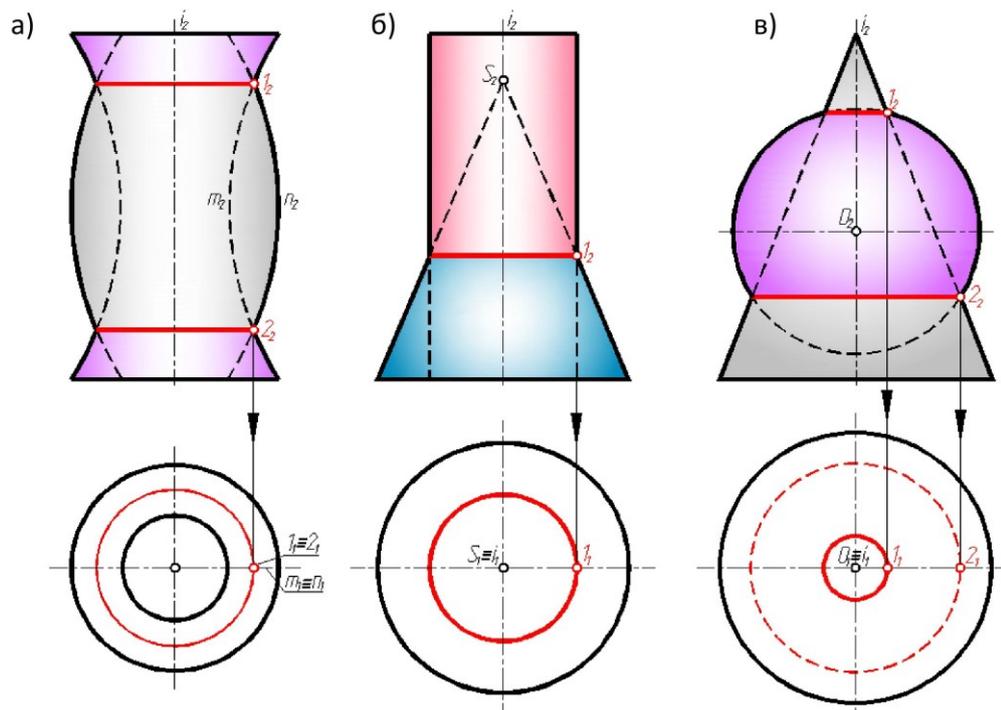


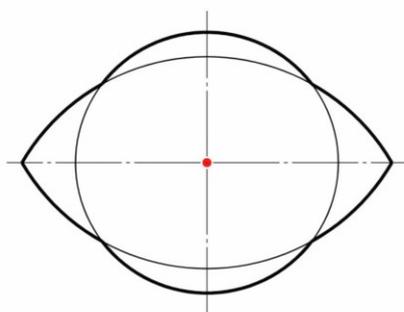
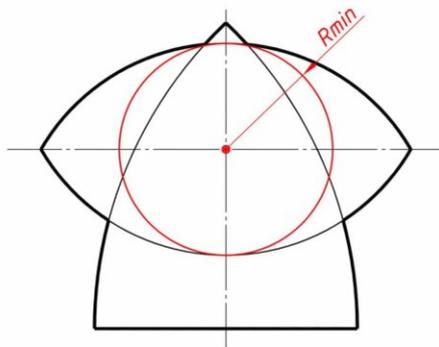
## Б. Метод концентрических сфер-посредников

**Общий подход к составлению алгоритма решения задач:**

- 1 Проводят анализ заданных поверхностей по способу их расположения относительно плоскостей проекций.
- 2 Определяют характерные точки, принадлежащие линии пересечения;
- 3 Для определения промежуточных точек определяют область проведения концентрических сфер, которые находятся между сферами ( $R_{max}$ ,  $R_{min}$ ), при этом:
  - $R_{max}$  – радиус сферы, равный расстоянию от центра проведения сферы до самой удаленной характерной точки линии пересечения;
  - $R_{min}$  – радиус сферы, которая касается одной пересекаемой поверхности и одновременно пересекает другую поверхность.
- 4 Соединяют полученные точки плавной кривой линией.
- 5 Определяют видимость линии пересечения и поверхностей.

Сфера с центром в точке **O** пересечения осей двух поверхностей вращения будет соосна с каждой из этих поверхностей и пересечет их по окружностям **l** и **m**.

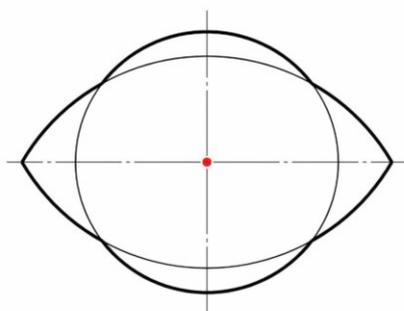
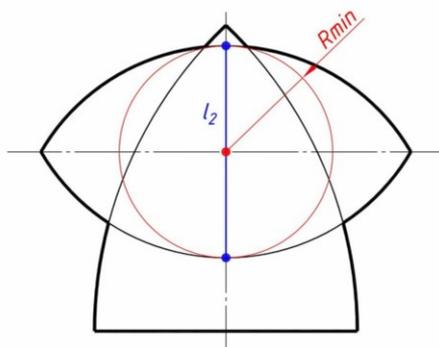




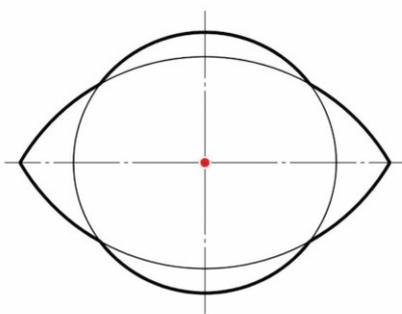
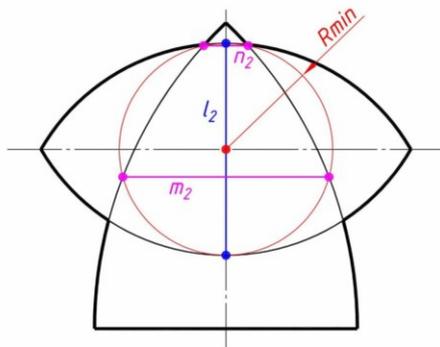
Задачу решаем методом концентрических сфер-посредников, т.к. заданные поверхности являются поверхностями вращения, оси вращения этих поверхностей пересекаются и расположены параллельно одной и той же плоскости проекций, или одна из осей должна быть проецирующей прямой, а вторая – линией уровня.

1. Для определения промежуточных точек определяют область проведения концентрических сфер, которые находятся между сферами ( $R_{max}$ ,  $R_{min}$ ), при этом:

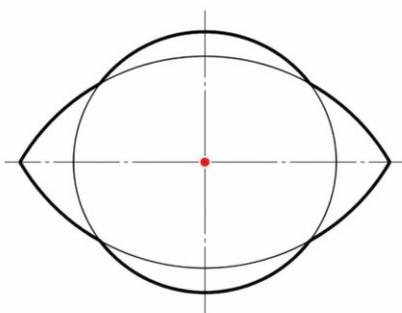
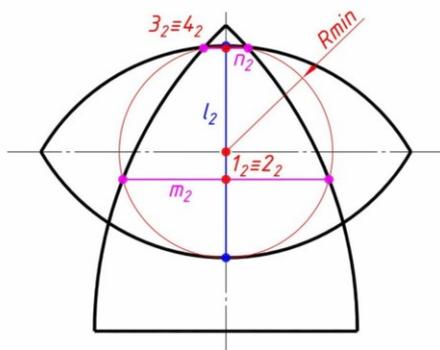
- $R_{max}$  – радиус сферы, равный расстоянию от центра проведения сферы до самой удаленной характерной точки линии пересечения;
- $R_{min}$  – радиус сферы, которая касается одной пересекаемой поверхности и одновременно пересекает другую поверхность.



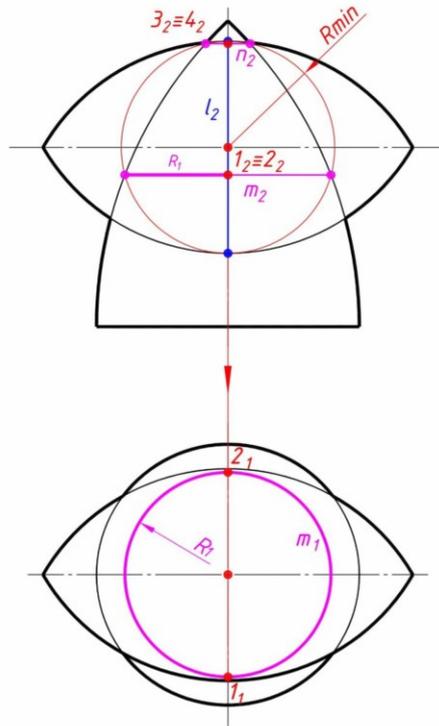
Сфера-посредник радиуса  $R_{min}$  пересекает поверхности по линиям  $l$ ,  $m$ ,  $n$ .



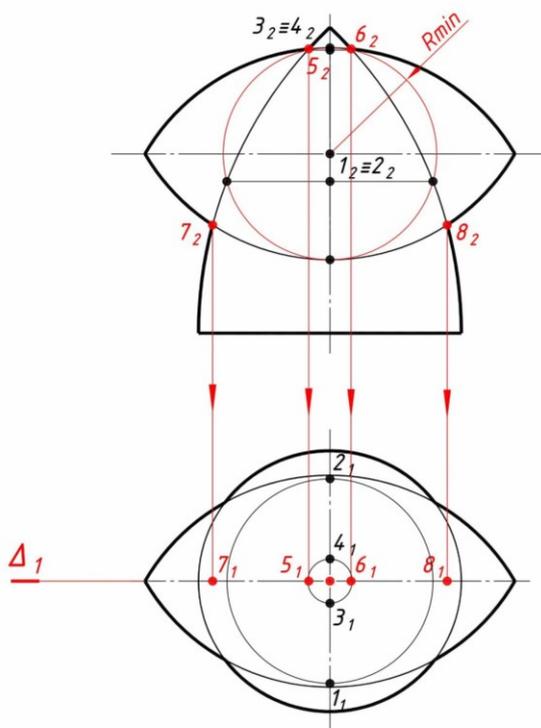
Линии  $l_2$  и  $m_2$  пересекаются в точках 1 и 2. Линии  $l_2$  и  $n_2$  пересекаются в точках 3 и 4.



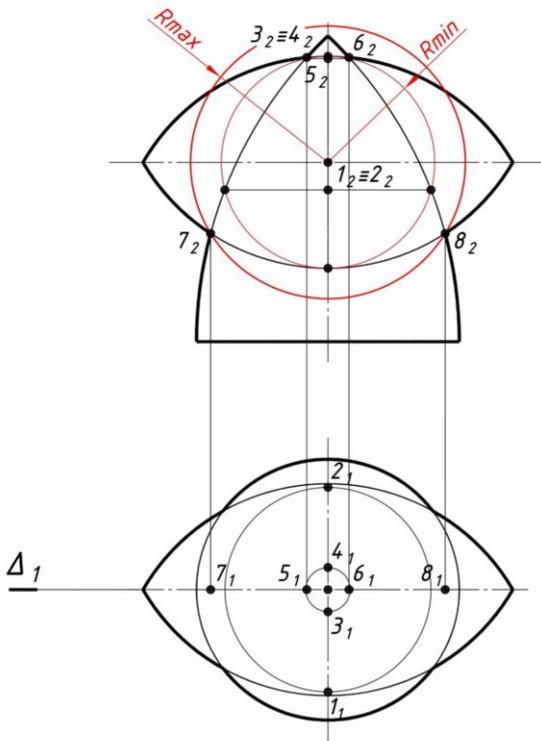
Горизонтальные проекции точек находим по принадлежности соответствующим горизонтальным проекциям линий  $m_1$  и  $n_1$ .



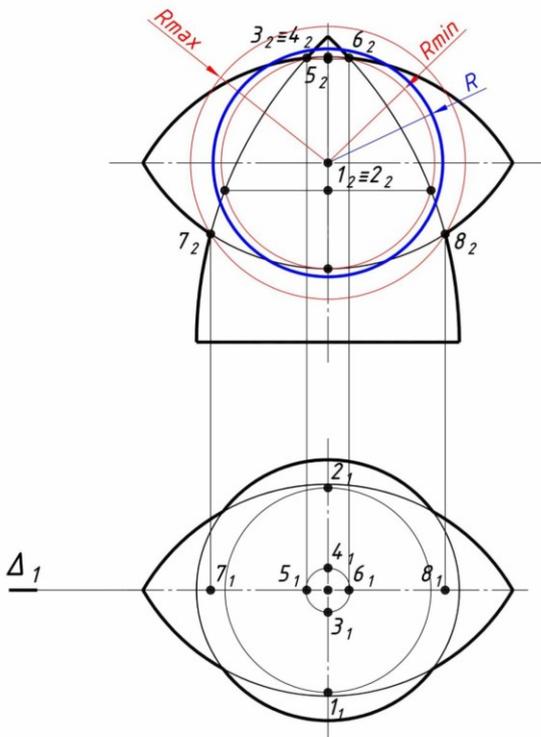
2. Наивысшая и наинизшая точки будут располагаться в общей плоскости симметрии обеих поверхностей. В нашем случае это плоскость  $\Delta$ . Эта плоскость пересекает обе поверхности по очерковым образующим, следовательно на их пересечении будут искомые точки 5, 6, 7 и 8. Горизонтальные проекции точек по линии проекционной связи опускаем на  $\Delta_1$ .



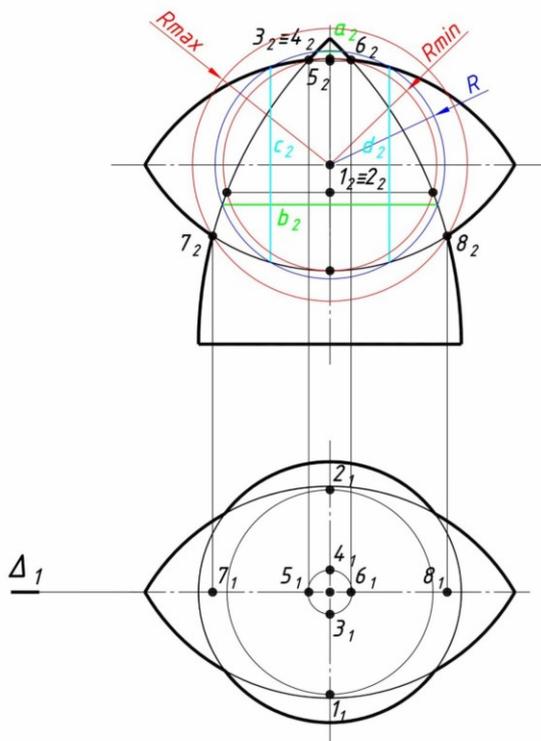
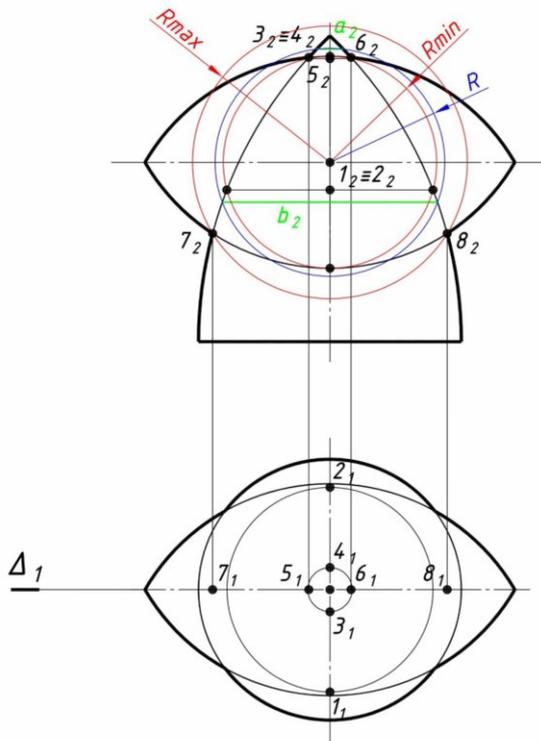
3. Расстояние от наиболее удаленных характерных точек 7 и 8 и определяют радиус  $R_{max}$  сферы-посредника.



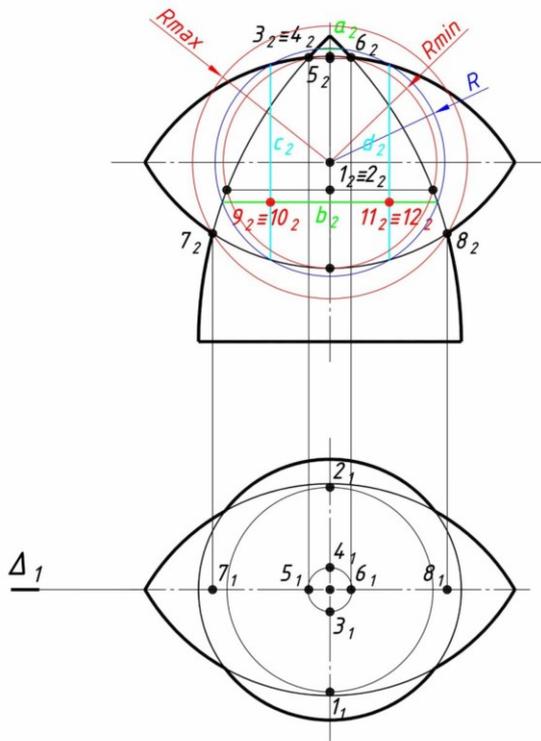
4. Промежуточные точки находим с помощью сфер посредников произвольного радиуса  $R$ , такого что  $R_{min} < R < R_{max}$ .



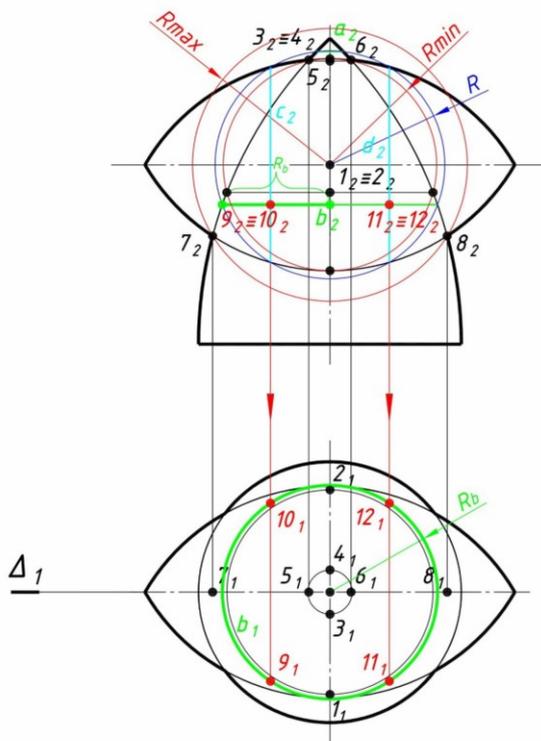
5. Сфера посредник пересекает одну поверхность по линиям  $a$  и  $b$ , а вторую с и  $d$ .

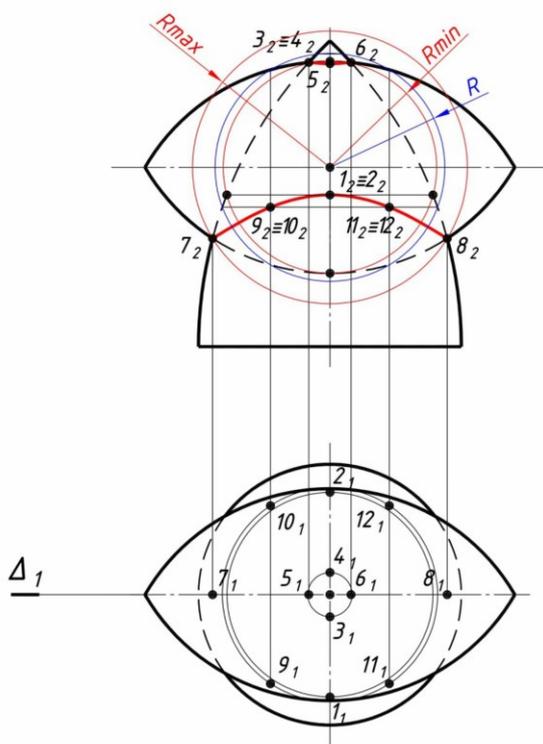


В пределах поверхностей пересекаются следующие линии:  
 -  $b_2$  и  $c_2$  в точках 9 и 10;  
 -  $b_2$  и  $d_2$  в точках 11 и 12.



Горизонтальные проекции точек находим по принадлежности горизонтальной проекции линии  $b$ .

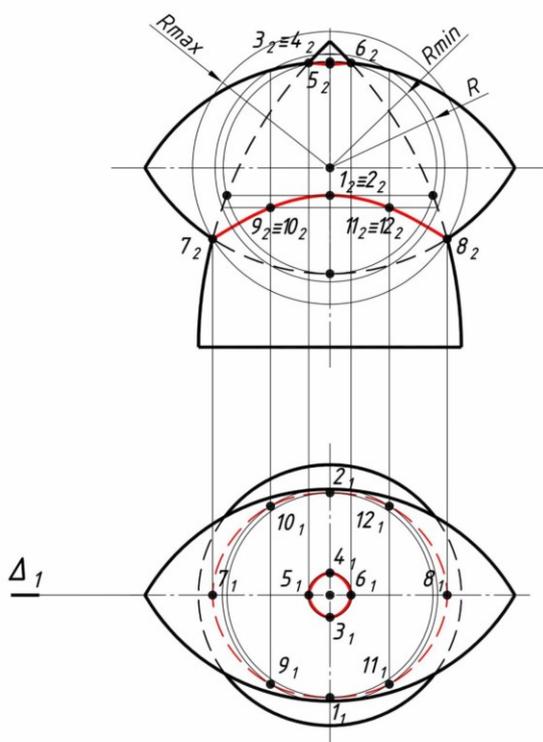




Если требуется, дополнительные промежуточные точки можно найти аналогично.

6. Последовательно соединяем полученные точки и определяем видимость.

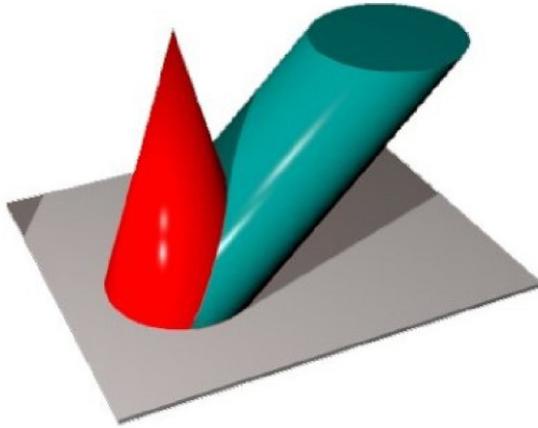
На фронтальной плоскости проекций линии пересечения будут видимы, т.к. на горизонтальной плоскости проекций линии 5-3-6 и 7-9-1-11-8 находятся до общей плоскости симметрии поверхностей. Линии 5-4-6 и 7-10-2-12-8 будут невидимы, расположены за плоскостью симметрии, но совпадут с видимыми.



На горизонтальной плоскости проекций видимой будет линия 3-5-4-6, т.к. расположена выше оси симметрии поверхности (лимона). Линия 7-10-2-12-8-11-1-9 будет невидимой, так как расположена под осью симметрии на фронтальной плоскости проекций.

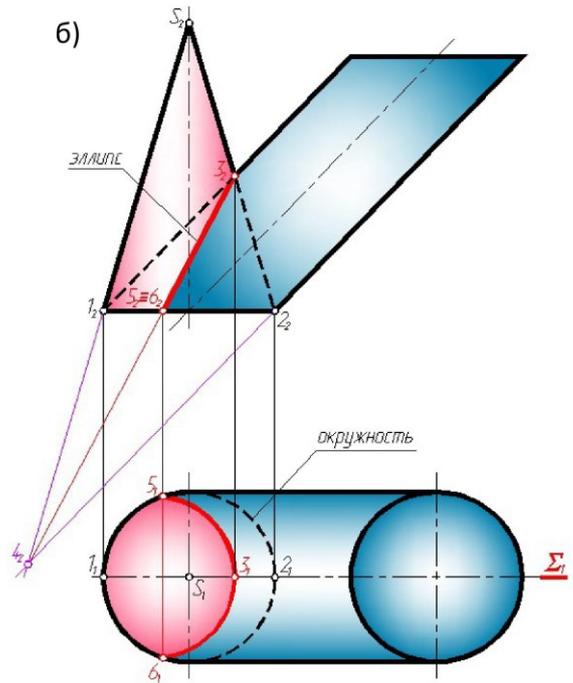
## Частный случай пересечения поверхностей вращения

а)

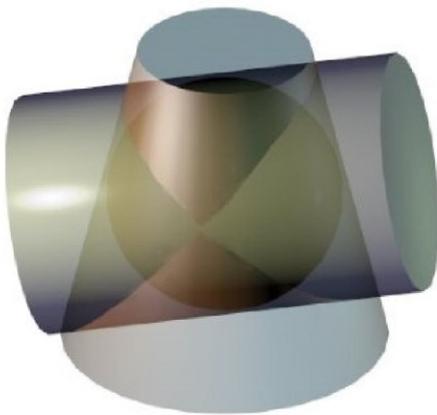


**Теорема 1.** Если две поверхности вращения второго порядка пересекаются по одной плоской кривой (1 – 5 – 2 – 6), то они пересекаются еще по одной кривой (3 – 5 – 4 – 6), которая тоже будет плоской.

б)

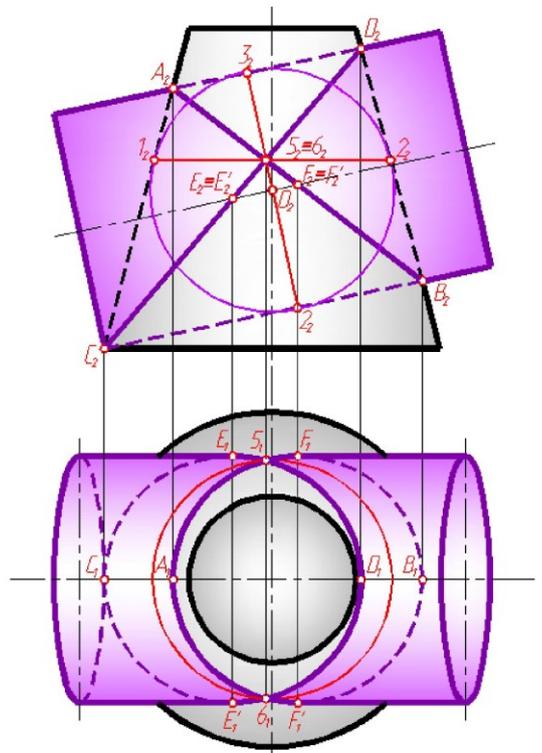


а)



**Теорема 2 (Теорема Монжа).** Две поверхности вращения второго порядка, вписанные в третью поверхность вращения второго порядка, или описанные вокруг нее, пересекаются между собой по двум плоским кривым второго порядка.

б)



## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА

### Способы вращения

Сущность способа вращения заключается в том, что проецируемая фигура перемещается в пространстве так, чтобы она заняла частное положение относительно плоскостей проекций, которые при этом не меняют своего положения в пространстве.

Выделяют следующие **способы вращения**:

- ✓ *вращение вокруг проецирующих прямых;*
- ✓ *вращение вокруг линий уровня;*
- ✓ *вращение вокруг следа (способ совмещения);*
- ✓ *плоскопараллельное перемещение;*

Это перемещение осуществляется вокруг неподвижной прямой (**ось вращения**) в плоскостях,  $\perp$ -ых оси вращения (**плоскости вращения**).

Каждая точка перемещается по окружности, центр которой находится в точке пересечения оси вращения с плоскостью вращения (**центр вращения**), а радиус равен расстоянию от центра до вращаемой точки (**радиус вращения**).

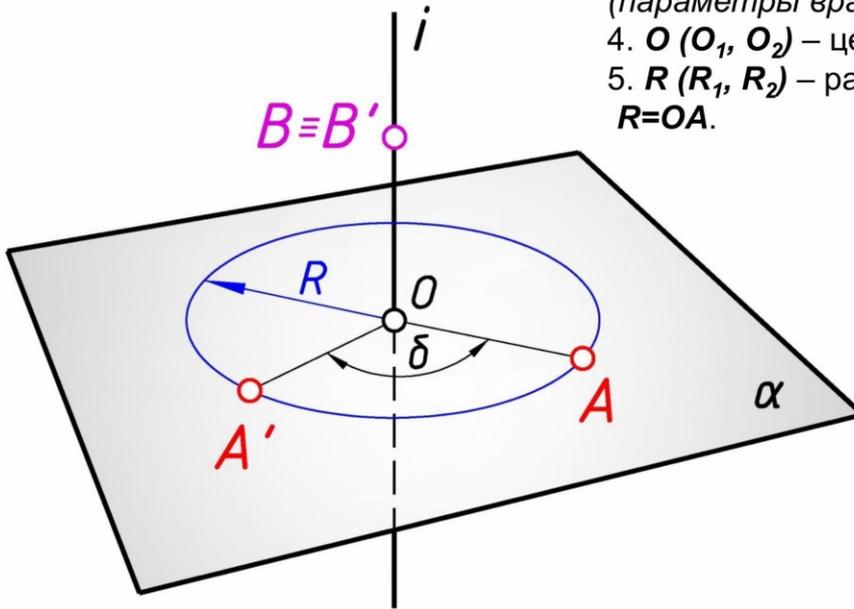
Если какая-либо точка принадлежит оси вращения, то при вращении она останется неподвижной.

*На чертеже радиус вращения  $R$  должен быть в натуральную величину.*

**Аппарат вращения:**

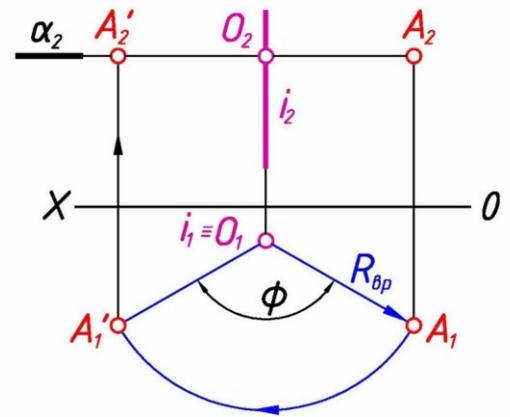
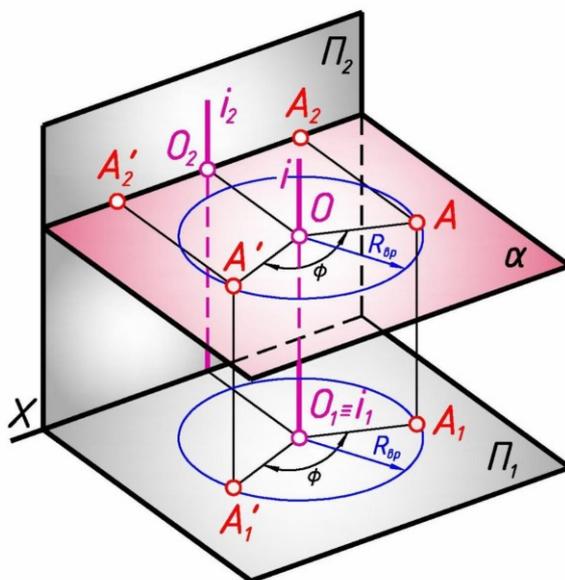
(геометрические элементы вращения):

1. Точка  $A (A_1, A_2)$  – объект вращения;
  2.  $i (i_1, i_2)$  – ось вращения;
  3.  $\alpha$  – плоскость вращения точки  $A$ ;  $\alpha \perp i$ ;
- (параметры вращения):
4.  $O (O_1, O_2)$  – центр вращения  $\alpha \cap i = O$ ;
  5.  $R (R_1, R_2)$  – радиус вращения точки  $A$ ;  
 $R = OA$ .

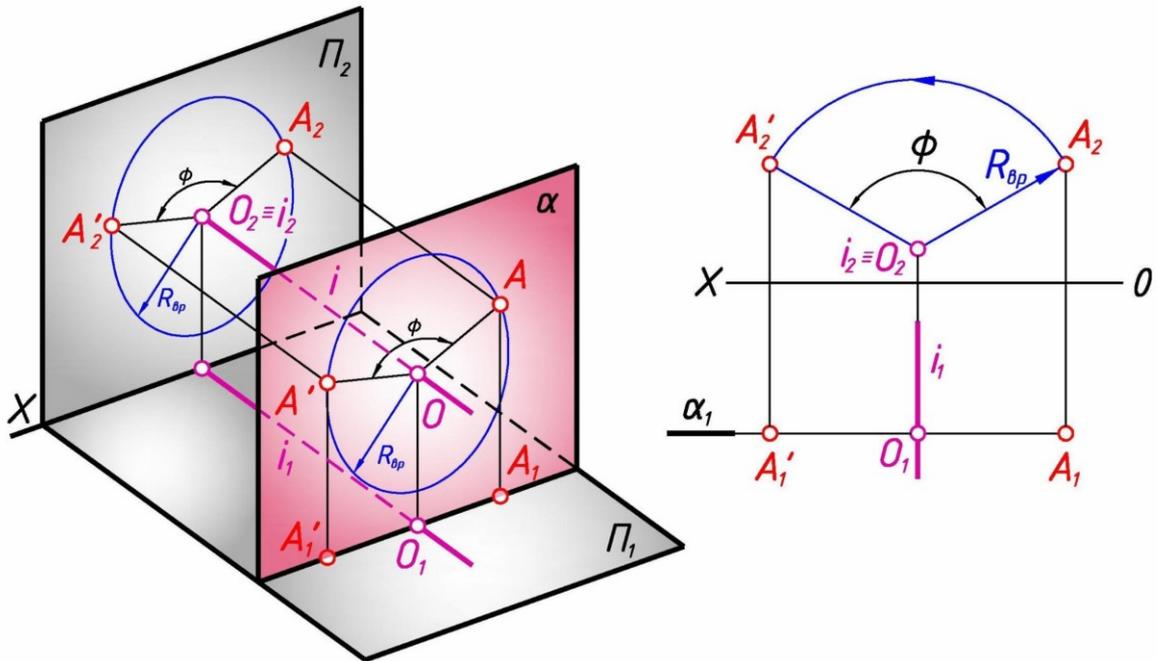


**Вращение вокруг проецирующих осей**

**Вращение вокруг горизонтально-проецирующей оси**



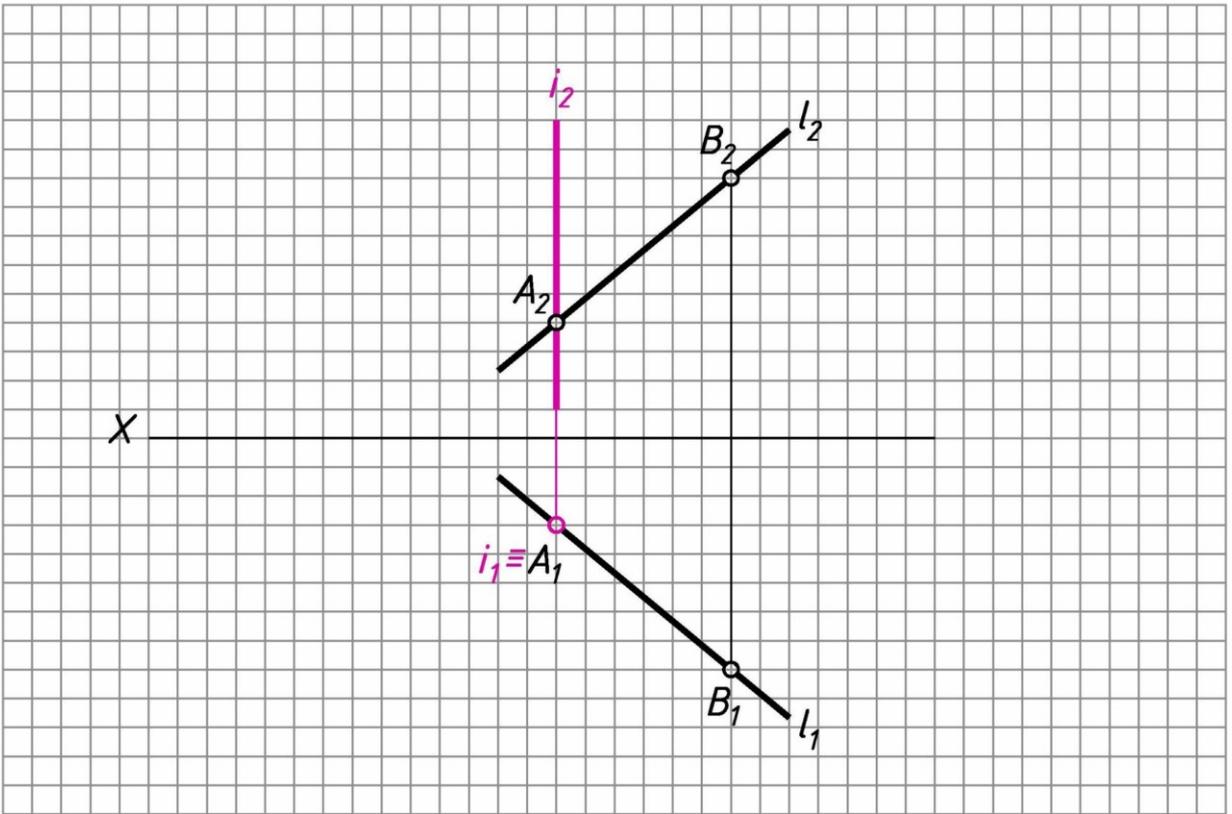
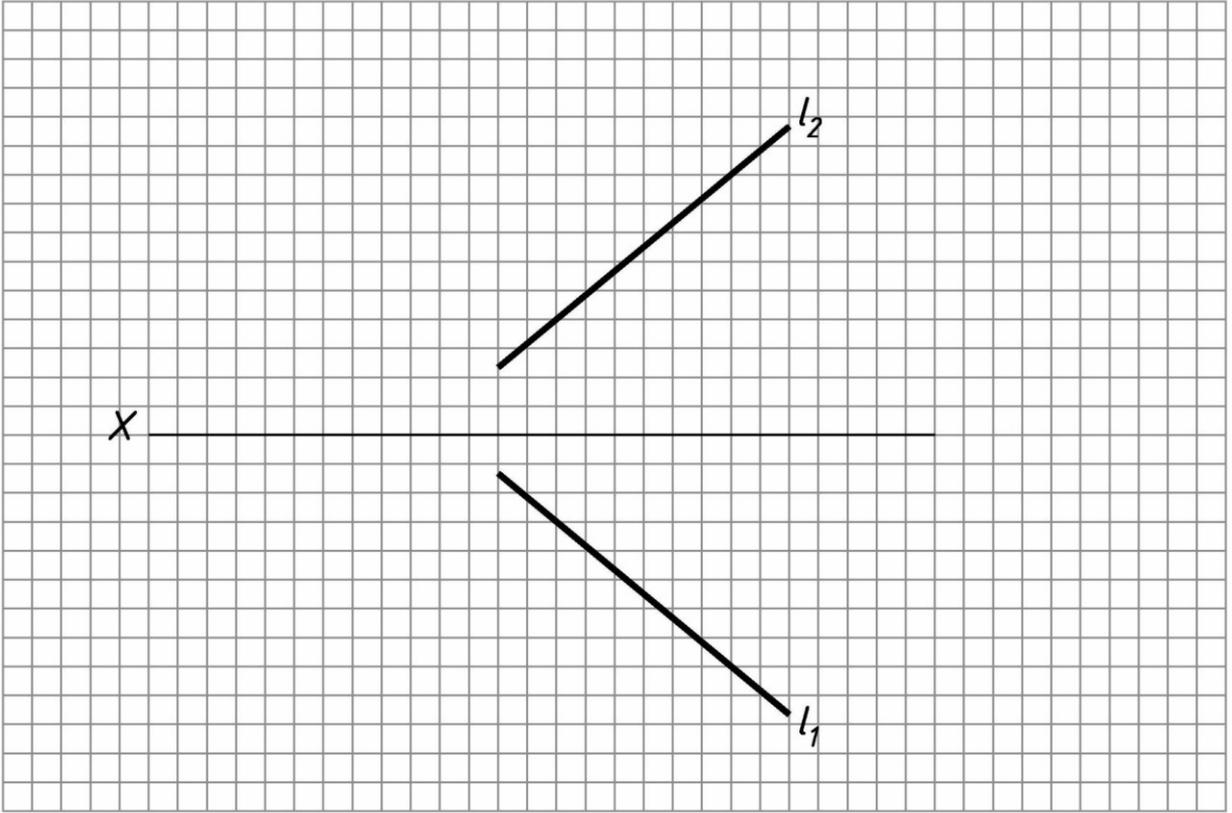
## Вращение вокруг фронтально-проецирующей оси

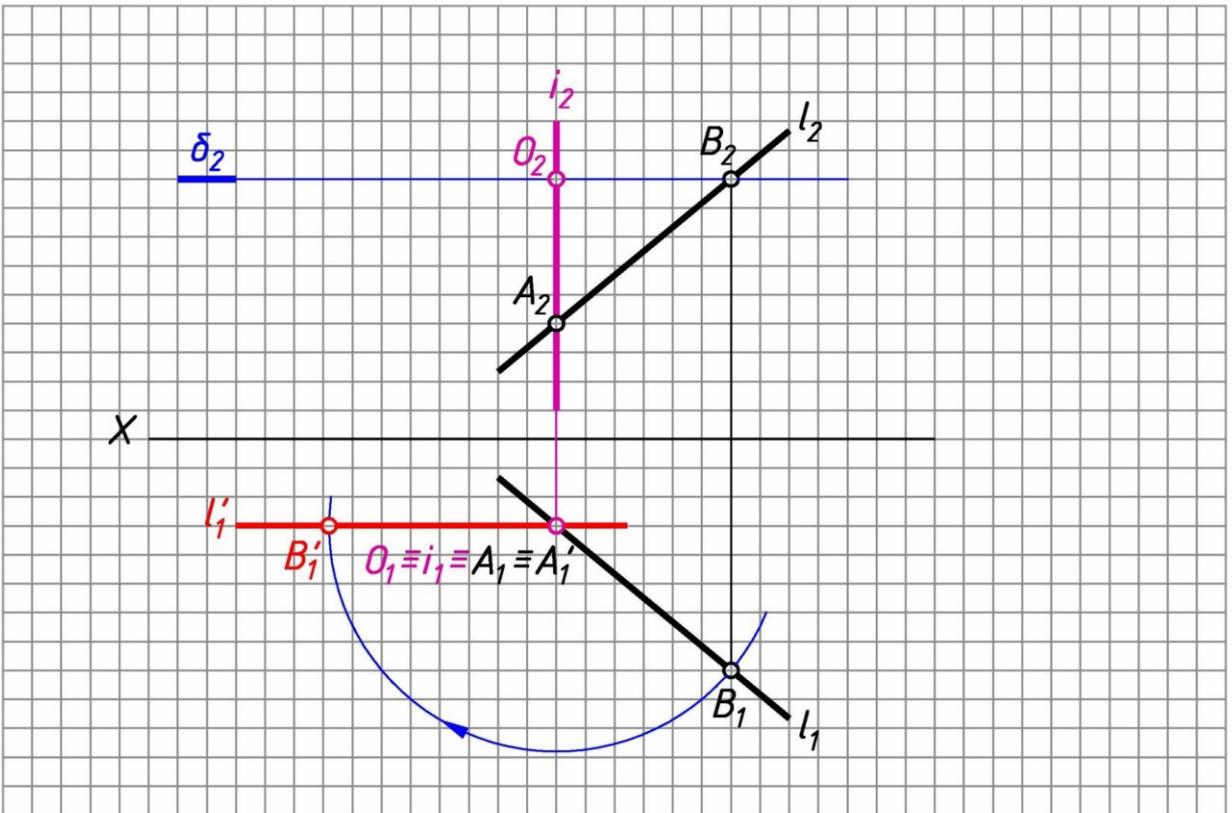
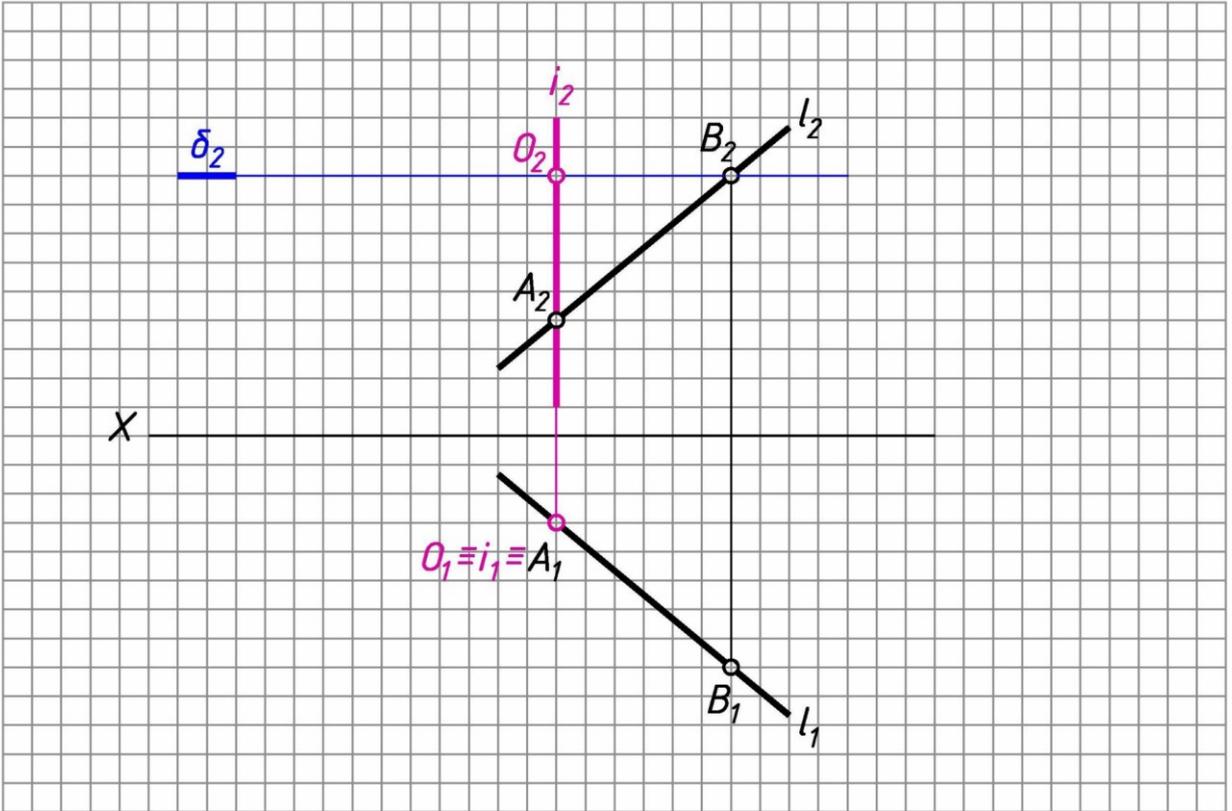


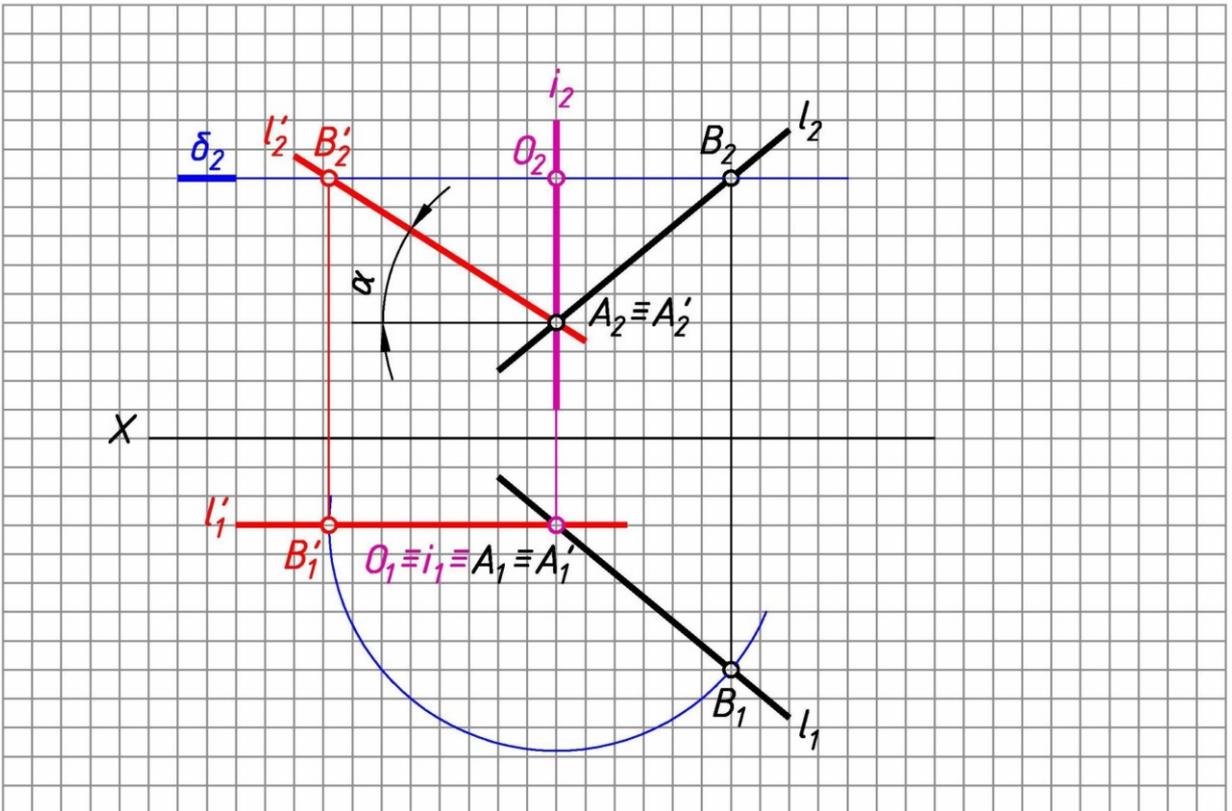
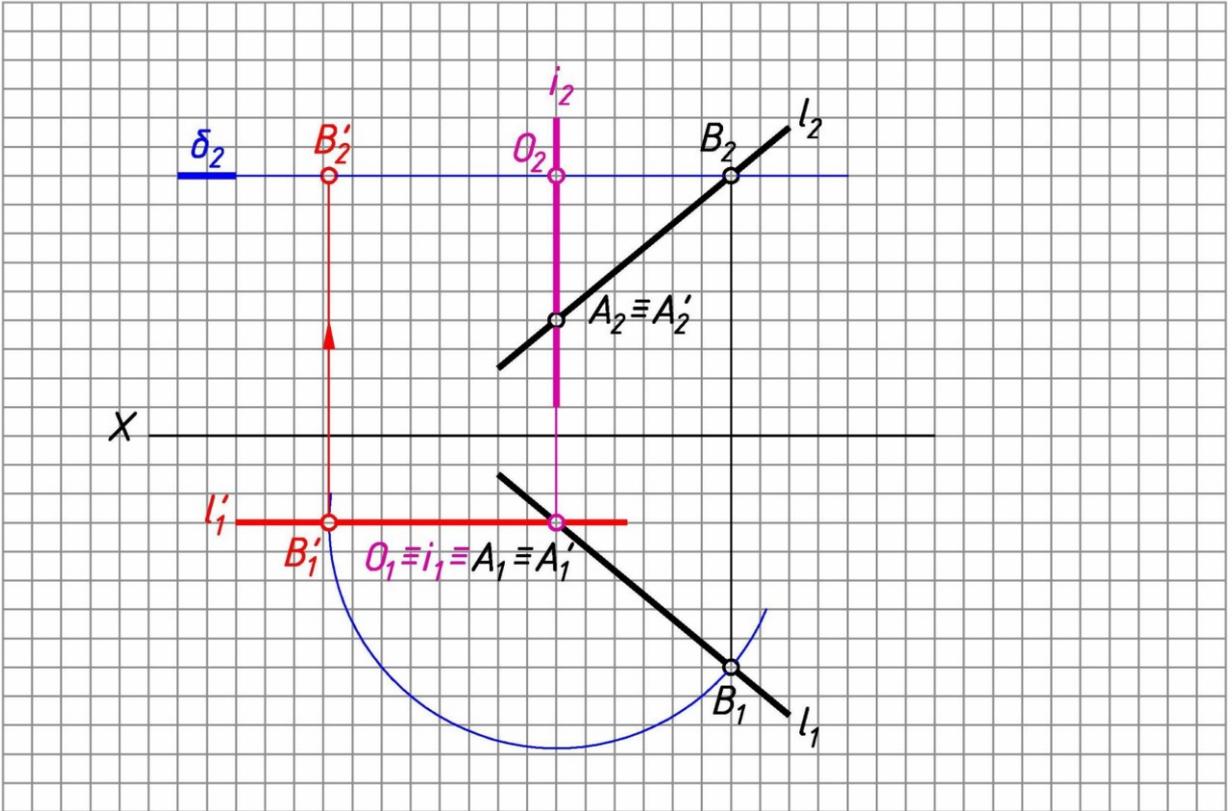
**ЗАДАЧА 2:** Преобразовать прямую  $l$  общего положения в прямую фронтального уровня, найти угол наклона  $l$  к  $\Pi_1$ .

**Алгоритм решения:**

1. Выбираем 2 произвольные точки на прямой  $l$  ( $A, B \in l$ ).
2. Ч/з т.  $A$  проводим  $i \perp \Pi_1$ , где  $i$  – ось вращения.
3. При вращении т.  $A$  останется неподвижной, т.к.  $A \in i$ .
4. Ч/з  $B_2$  проводим след плоскости вращения т.  $B$  –  $\delta_2$  ( $\delta_2 \perp i_2$ ).
5.  $i_2 \cap \delta_2 = O_2$  – центр вращения т.  $B$ ;  $O_1 \equiv i_1$ .
6. Вращаем  $l_1$  до положения  $l'_1 \parallel X$ .
7.  $B'_2 \in \delta_2$ .
8. Прямая  $l'$  – фронтального уровня;  $\alpha$  – угол наклона  $l$  к  $\Pi_1$ .



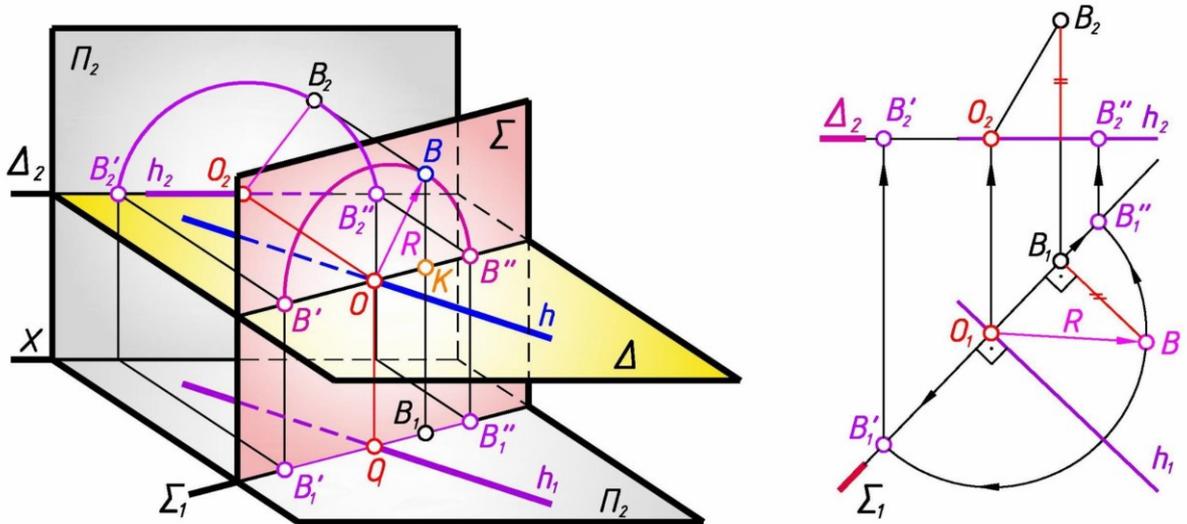




## Вращение вокруг линии уровня

Вращение фигуры вокруг линии уровня (горизонтали или фронтали) производится с целью ее совмещения с плоскостью уровня.

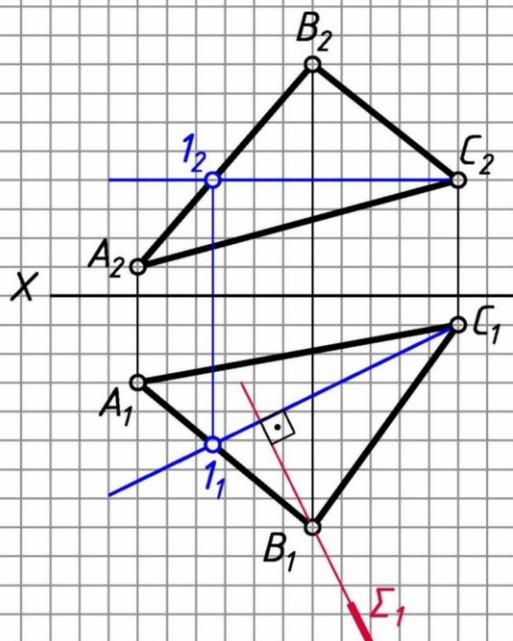
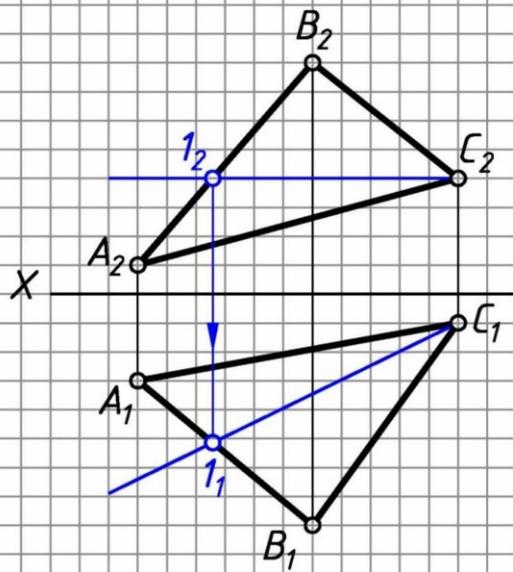
### Вращение вокруг линии горизонтального уровня

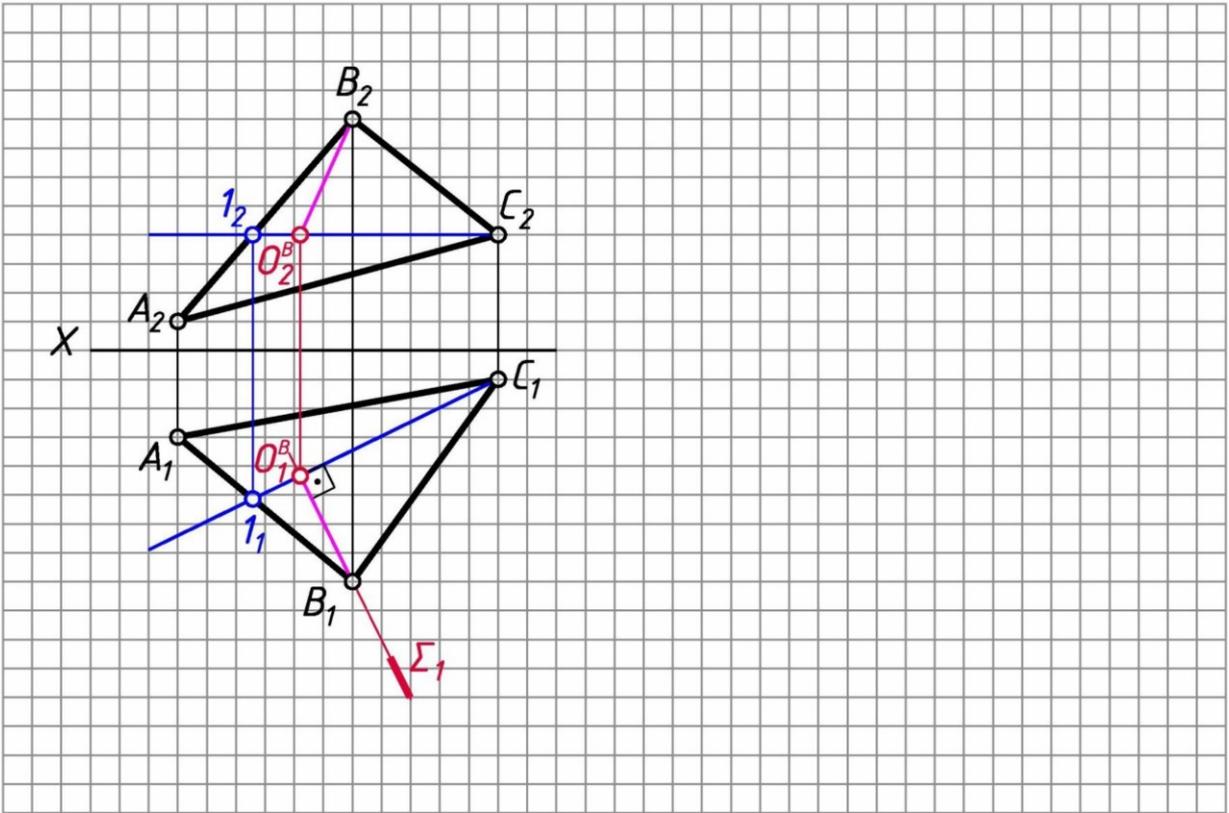
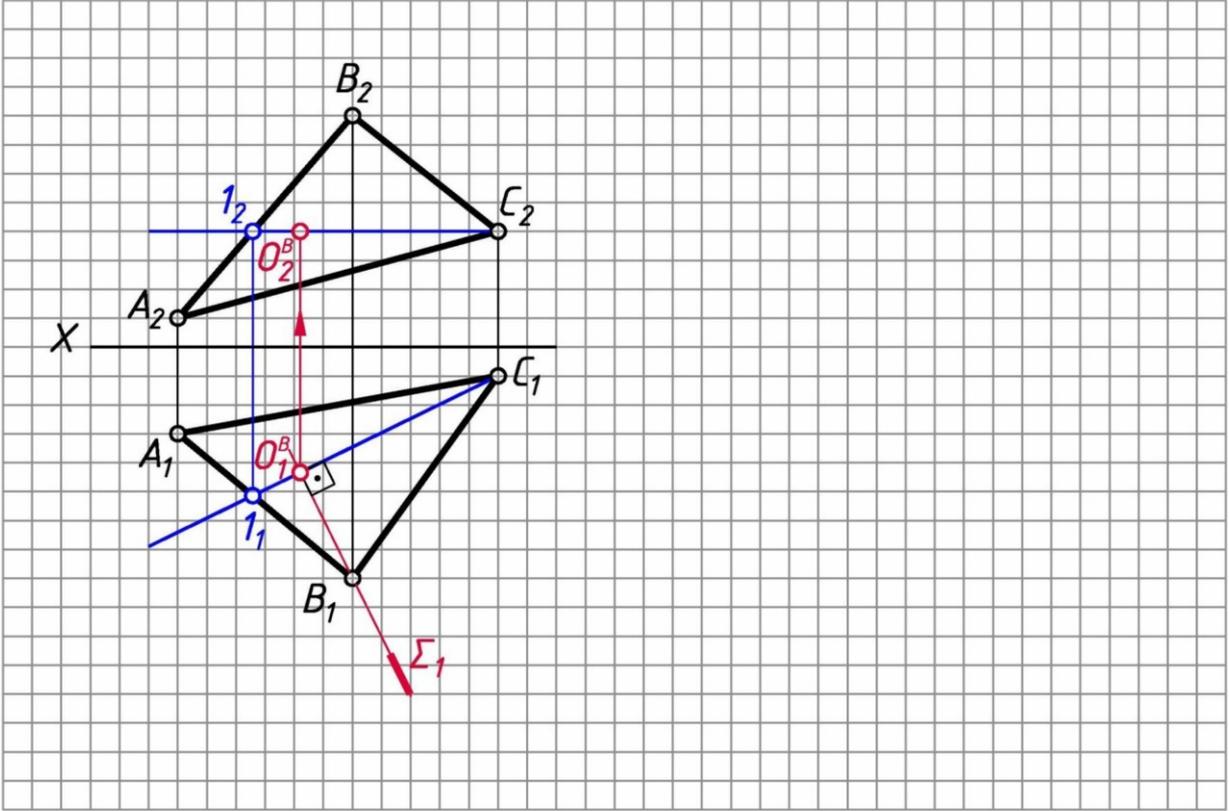


**ЗАДАЧА 3:** Определить н.в.  $\Delta ABC$  способом вращения вокруг линии уровня.

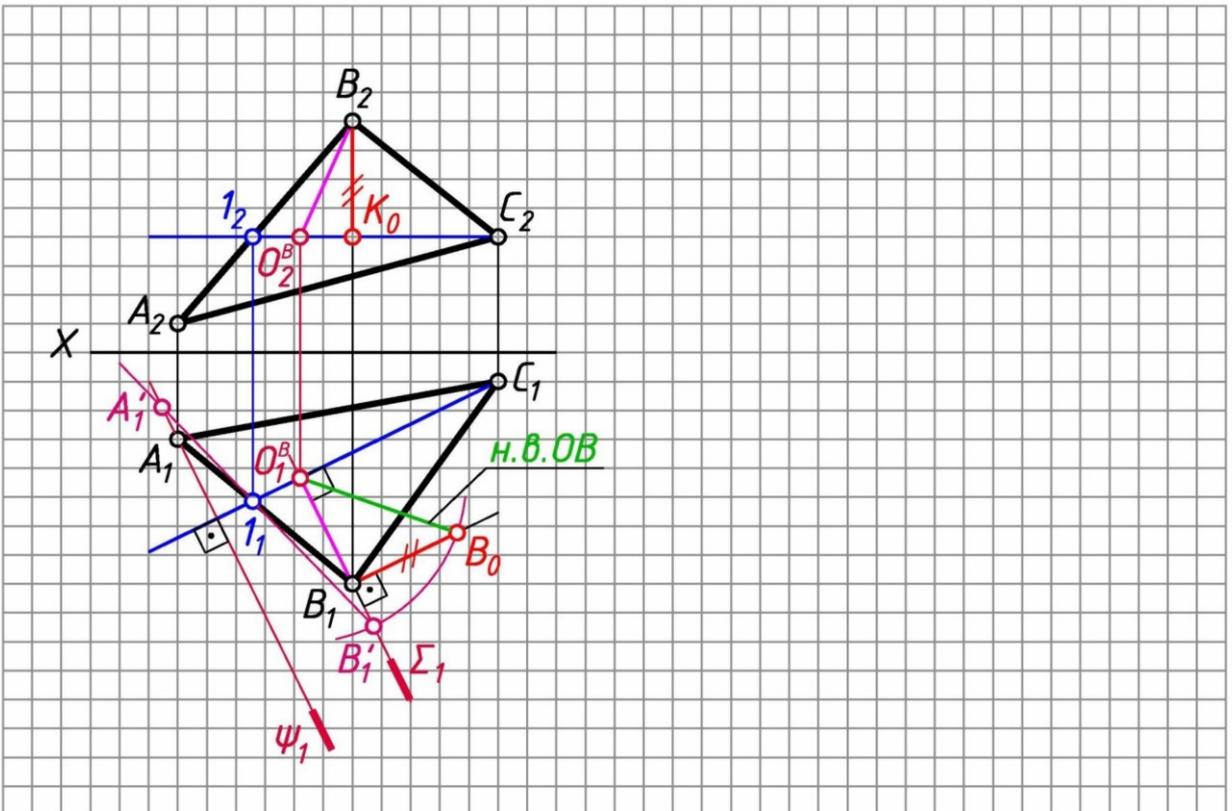
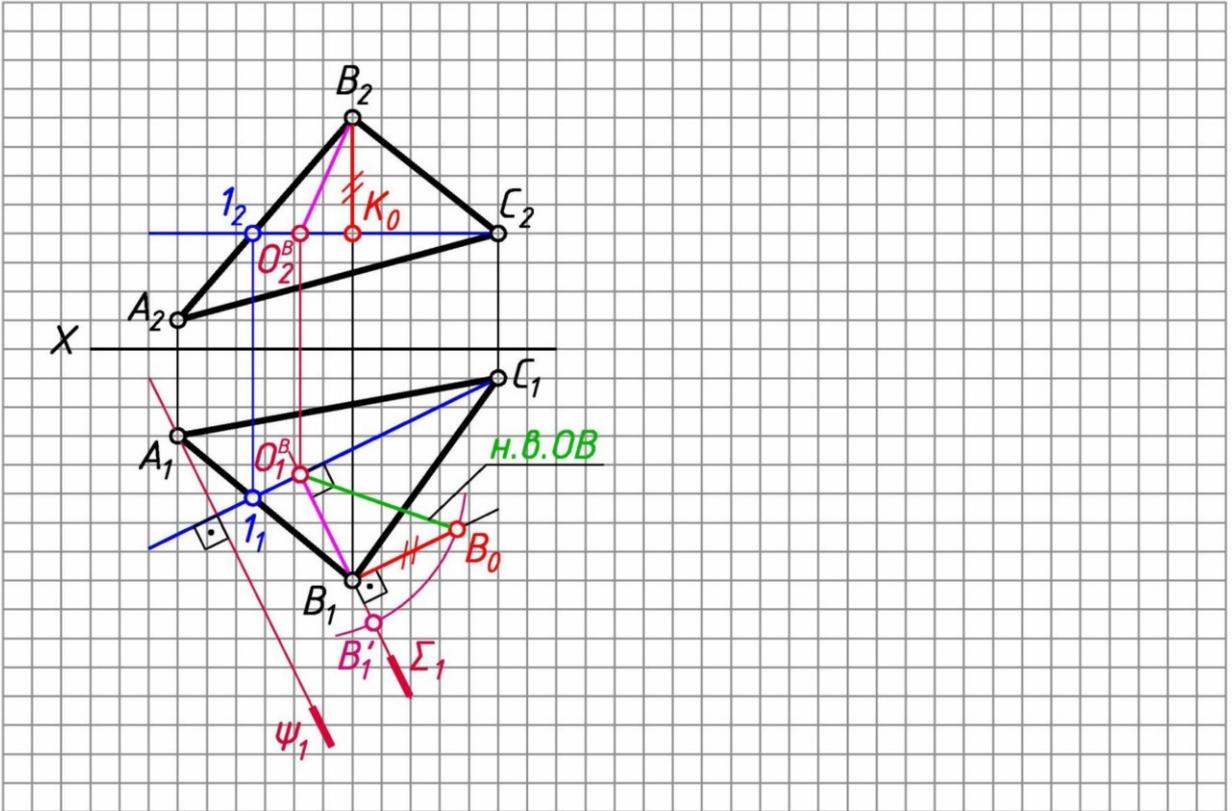
**Алгоритм решения:**

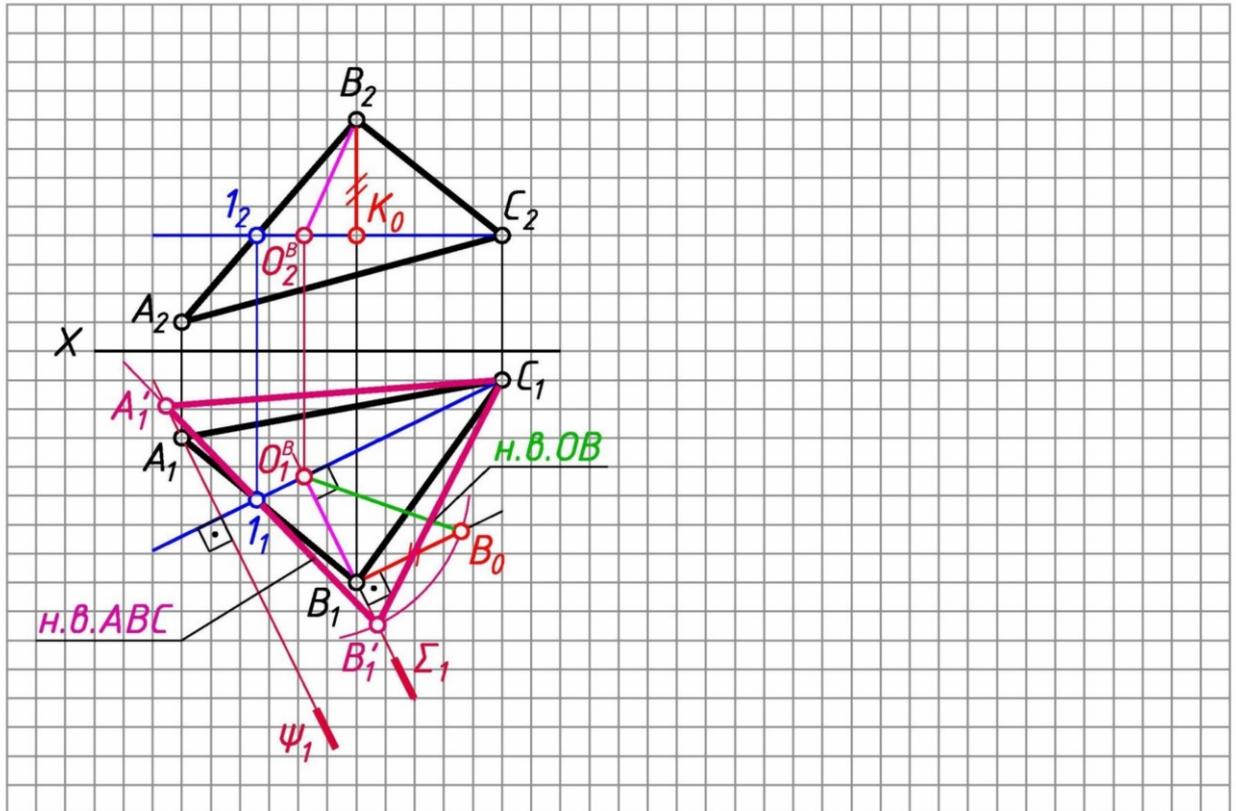
1. Построим горизонталь  $C_1$  ( $C_{11}; C_{21_2}$ ) – ось вращения.
2.  $C \in$  оси вращения  $\rightarrow$  при вращении т.  $C$  остается неподвижной.
3.  $\Sigma_1 \perp C_{11}$  – след плоскости вращения т.  $B$ .
4.  $\Sigma_1 \cap C_{11} = O^B$ ;  $O^B \in C_{21_2}$  – центр вращения т.  $B$ .
5.  $O^B B$  ( $O^B_1 B_1$ ;  $O^B_2 B_2$ ) – радиус вращения т.  $B$ .
6. Определяем н.в.  $O^B B$  способом прямоугольного треугольника  $O^B_1 B_0$  – н.в.  $O^B B$ .
7. Окр. (ц.  $O^B$ ;  $R = O^B_1 B_0$ )  $\cap \Sigma_1 = B'_1$ .
8.  $\Psi_1 \perp C_{11}$  – след плоскости вращения т.  $A$ .
9.  $1 \in$  оси вращения  $\rightarrow$  при вращении т.  $1$  остается неподвижной.
10.  $B_1 1_1 \cap \Psi_1 = A'_1$ ;  $A'_1 B'_1 C_1$  – н.в.  $\Delta ABC$ .











## Вращение вокруг следа (совмещение)

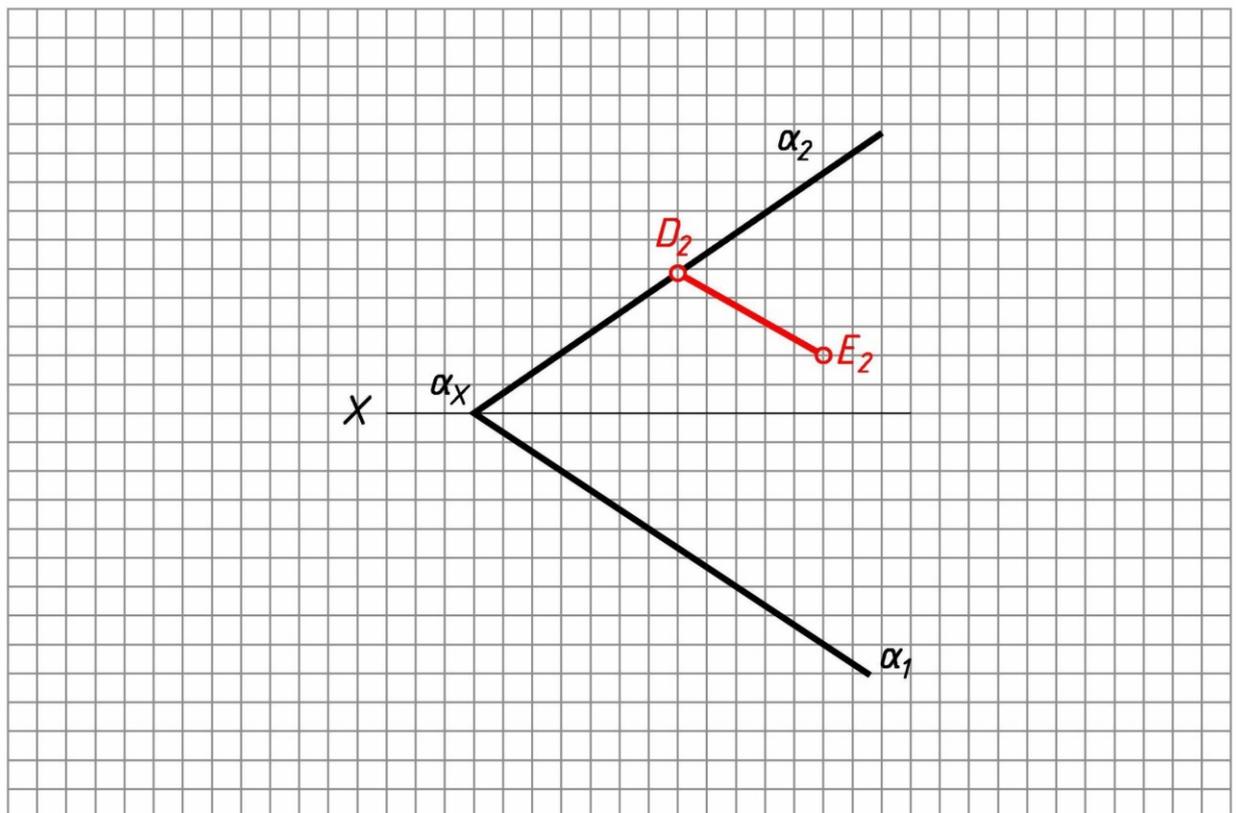
Совмещение (вращение вокруг следа пл-ти) – это частный случай вращения вокруг горизонтали, или фронтали, т.к. следы пл-ти – это нулевые горизонтали и фронтали.

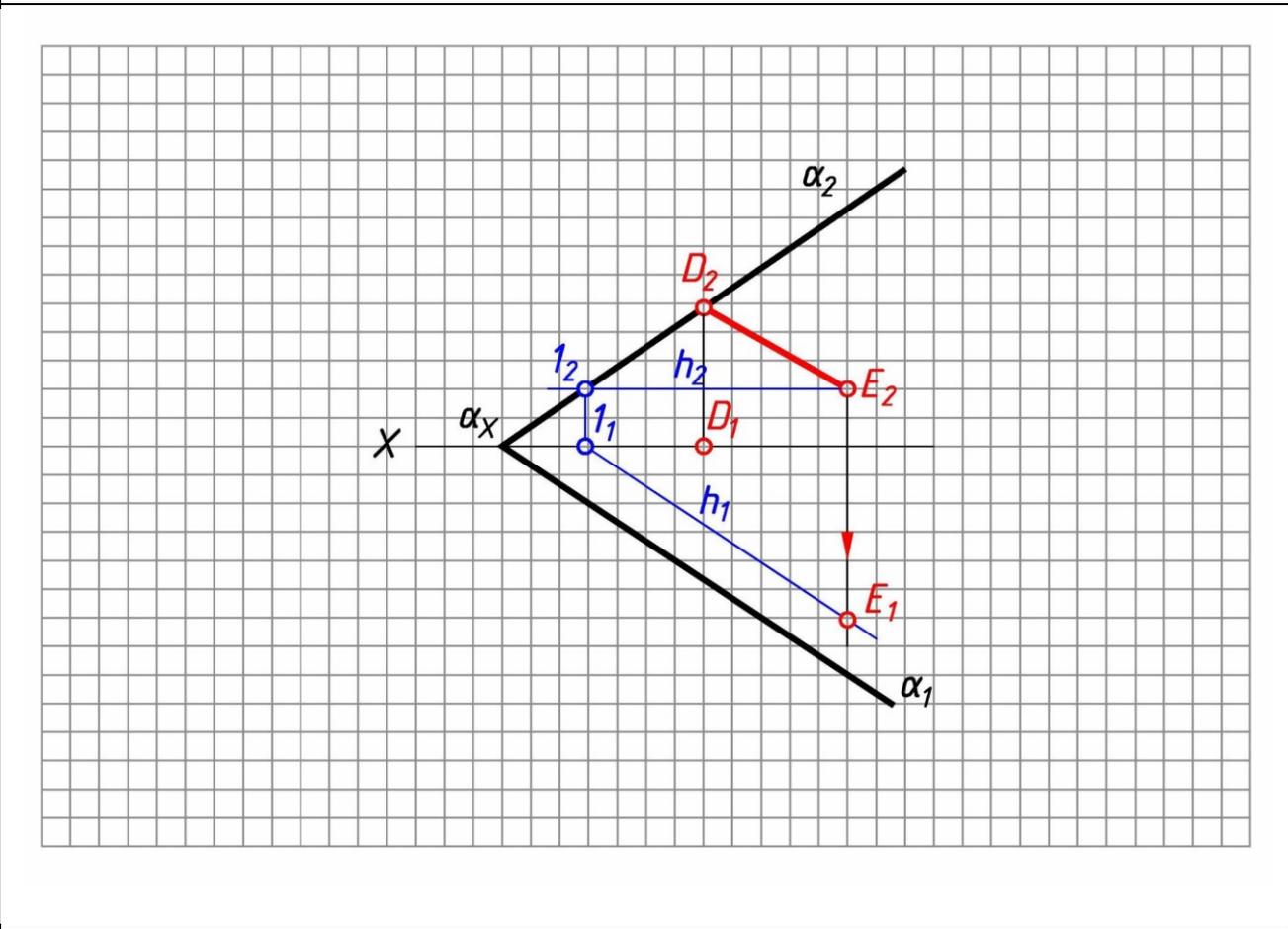
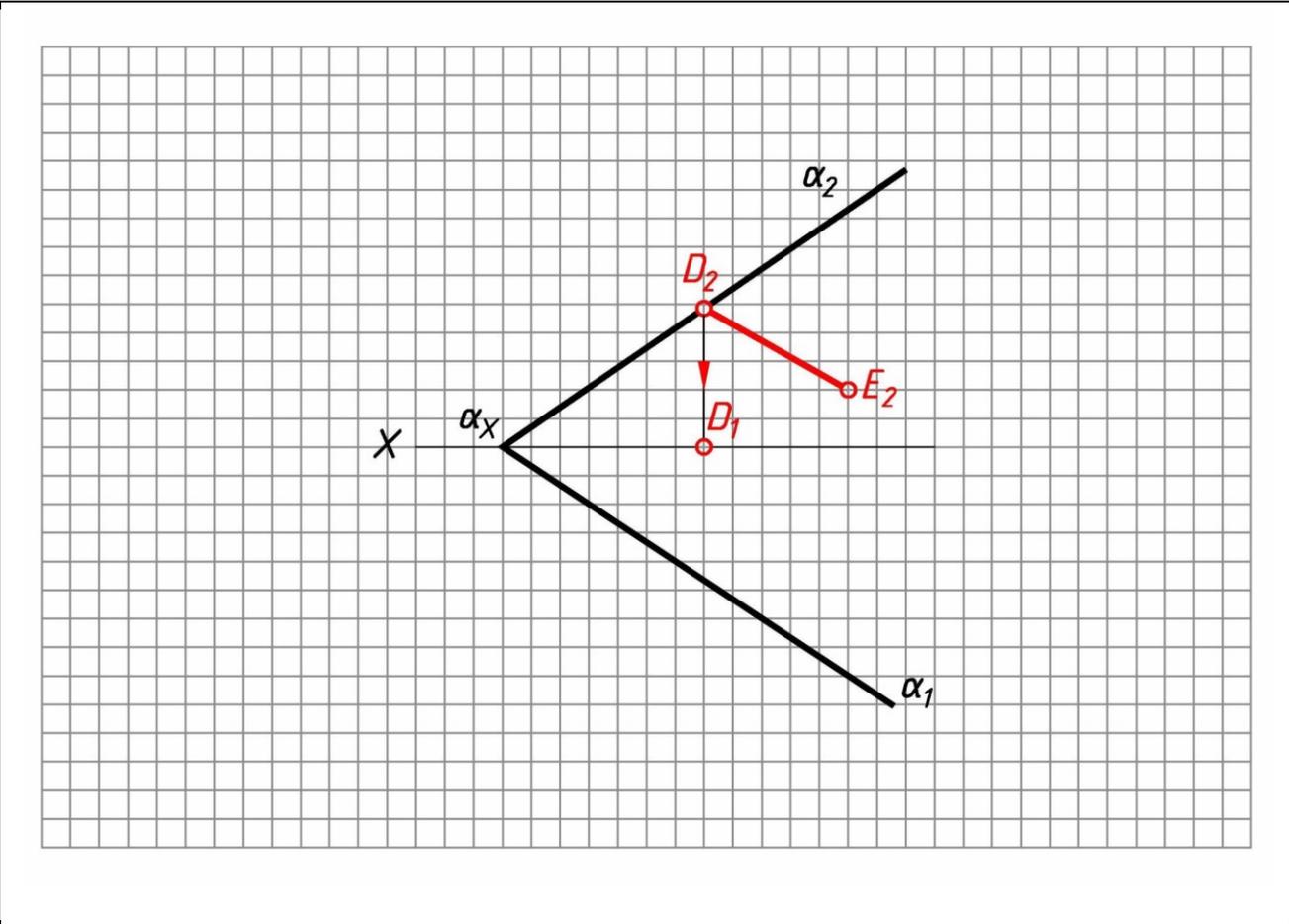
Если вращение происходит вокруг гор. следа, то пл-ть совмещается с  $\Pi_1$ . Если вращение осуществляется вокруг фронт. следа, то пл-ть совмещается с  $\Pi_2$ .

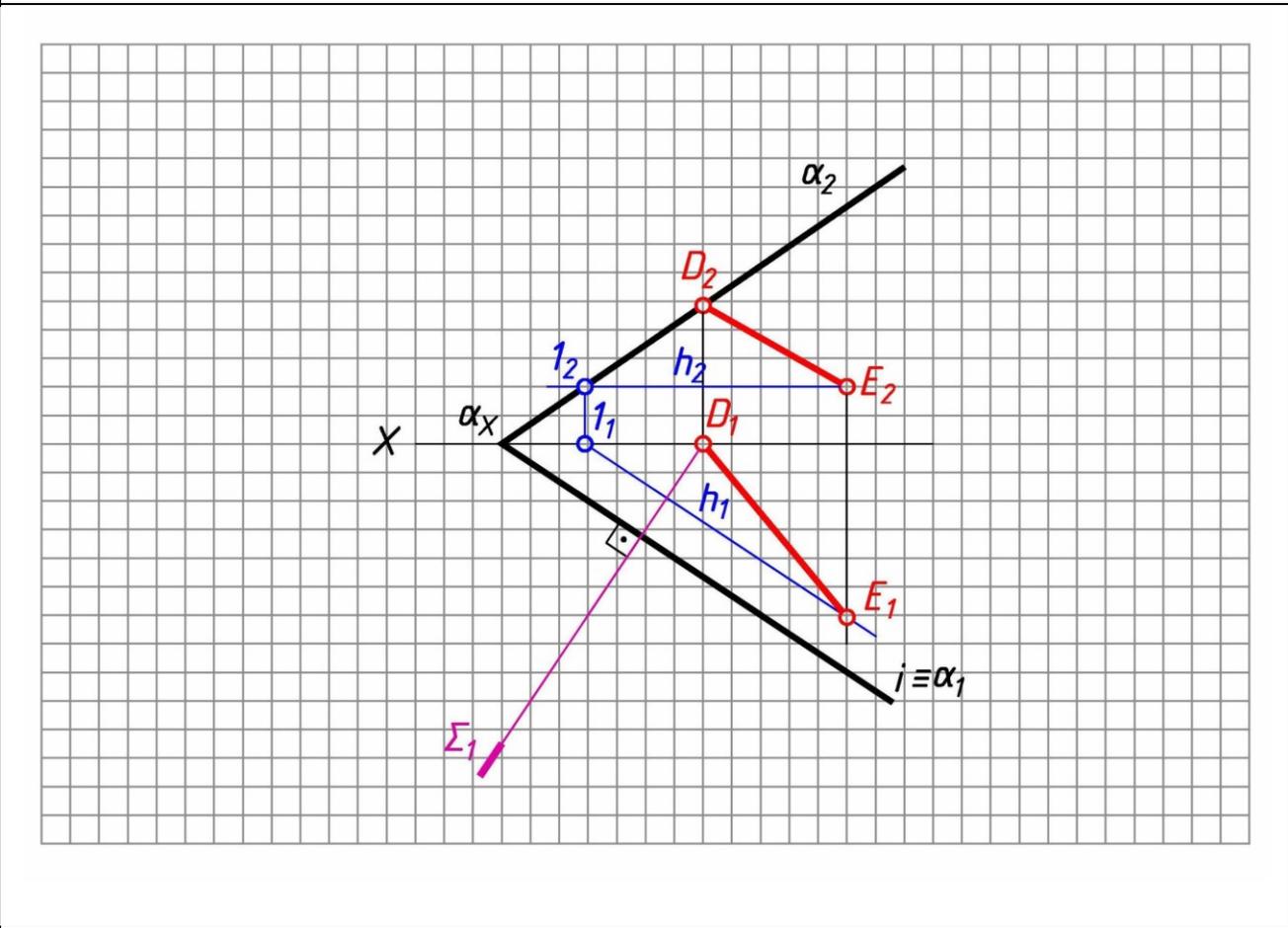
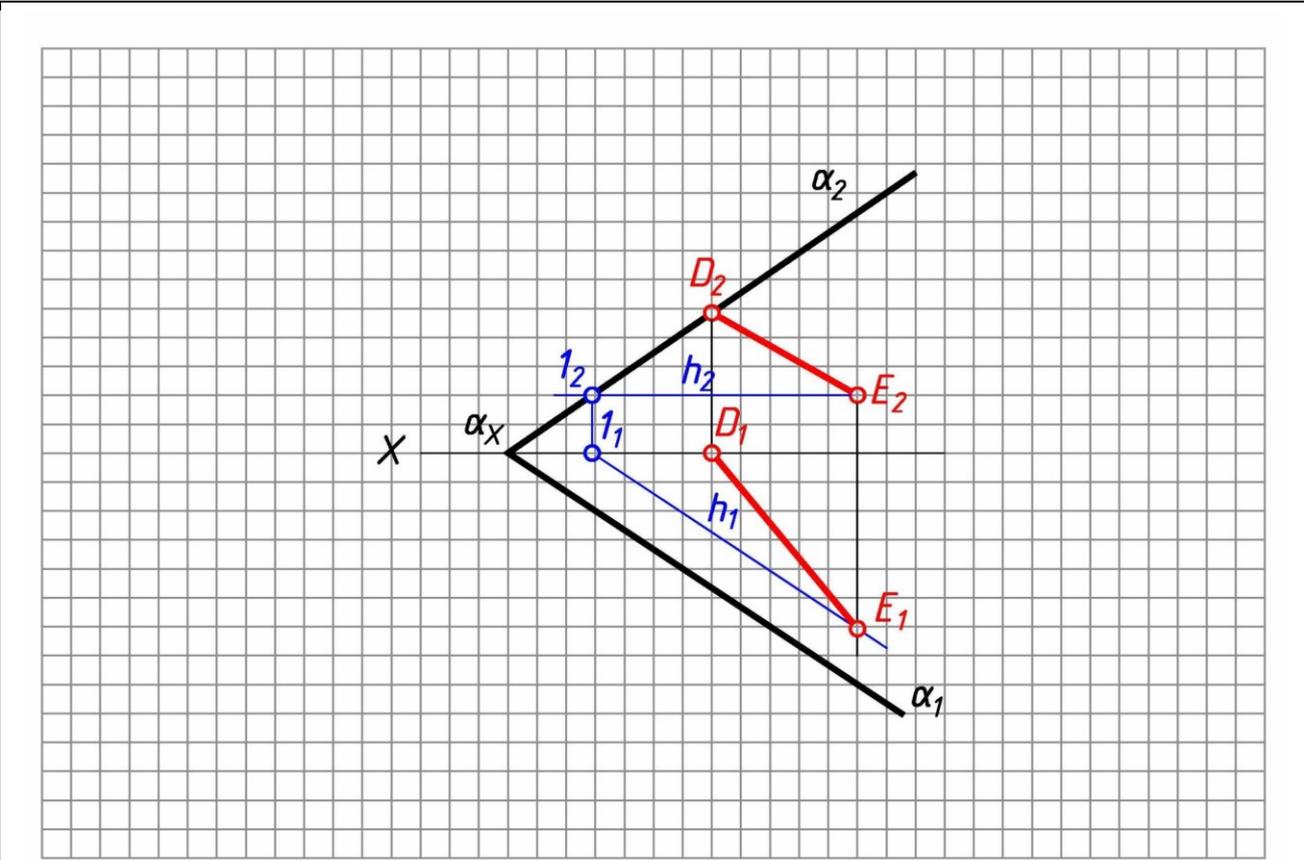
**ЗАДАЧА 4:** Определить н.в. отрезка ( $DE \in \alpha$ ) способом совмещения.

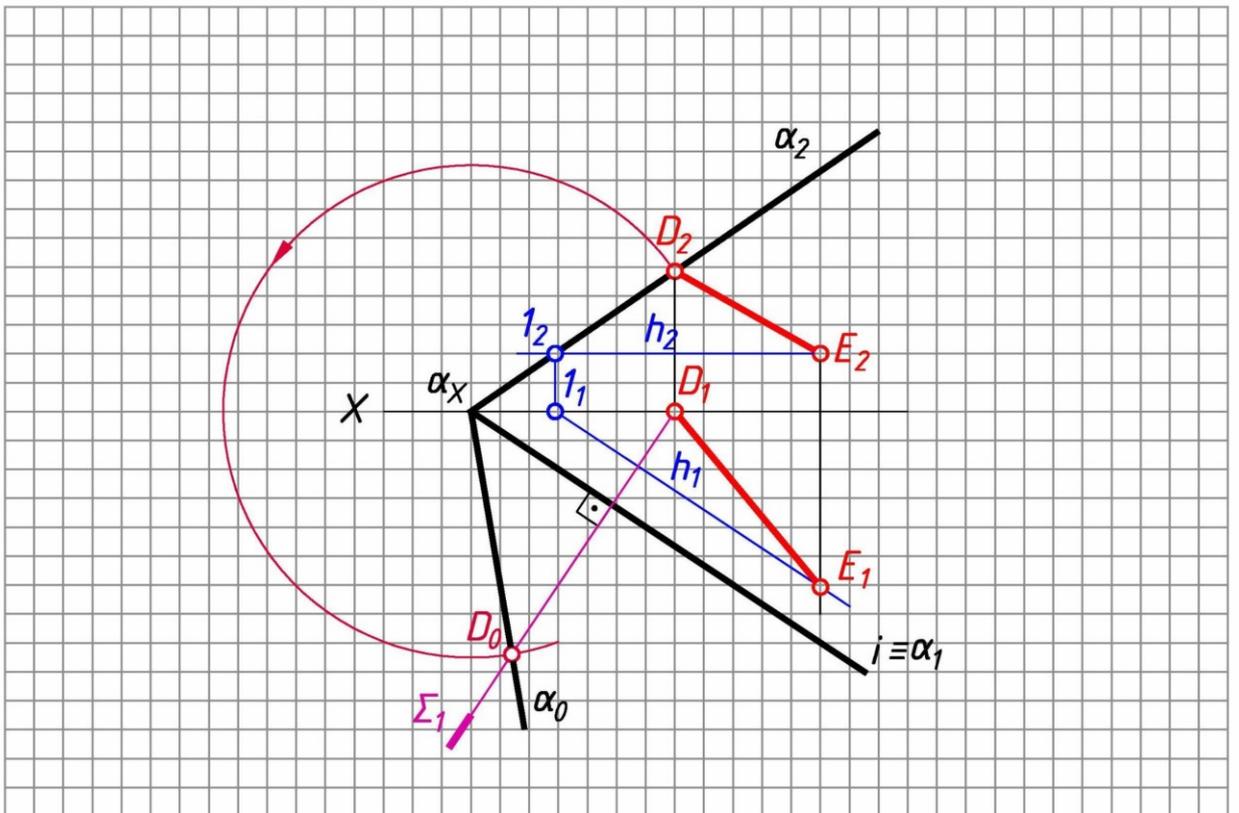
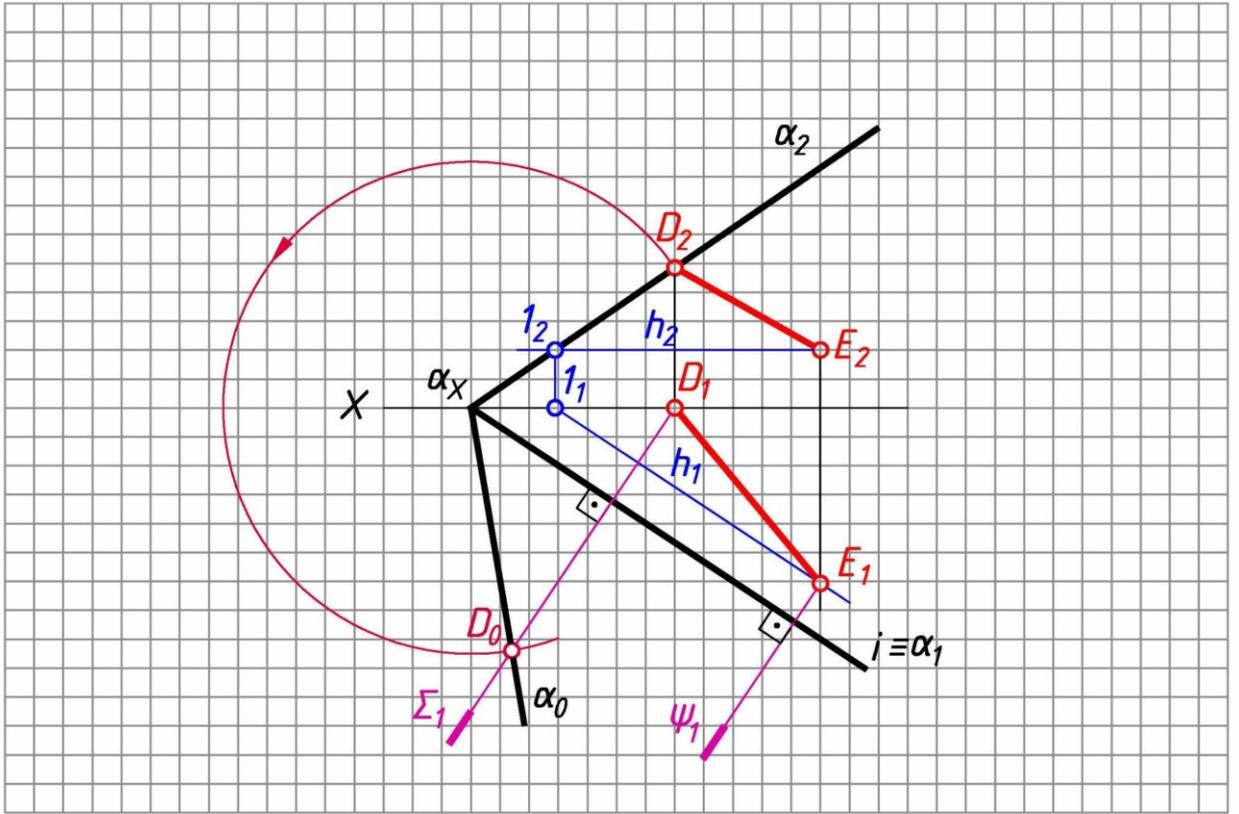
**Алгоритм решения:**

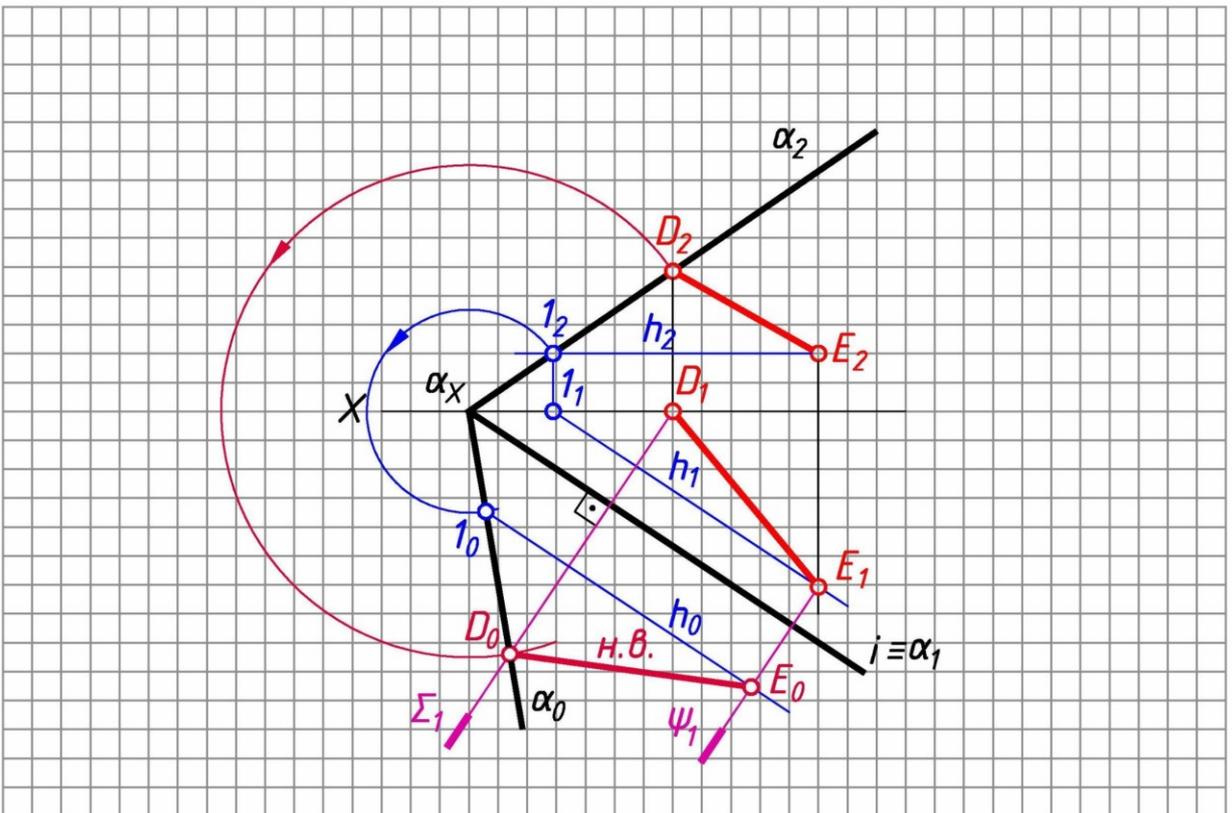
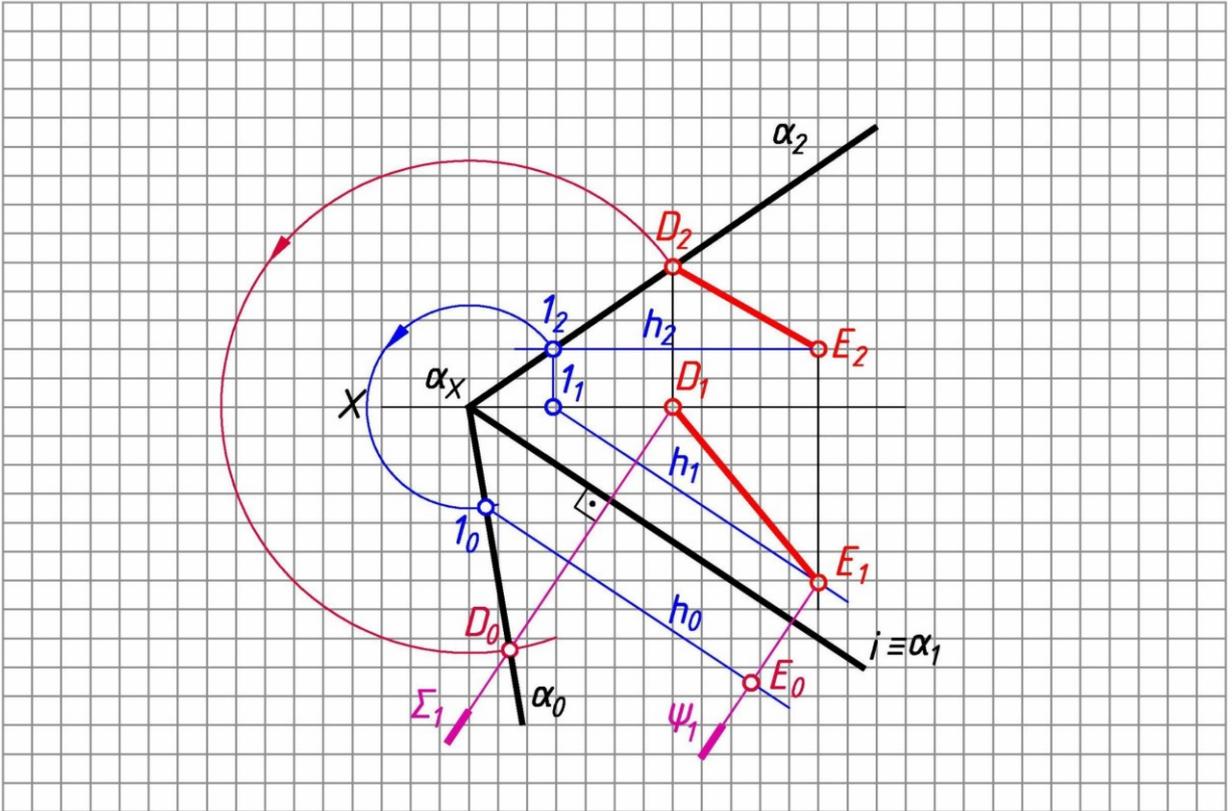
1. Т.к.  $D_2 \in \alpha_2$ , то  $D_1 \in X$ .
2.  $E_2 \in h_2 \rightarrow E_1 \in h_1$ , где  $h_1 \parallel \alpha_1$ .
3.  $\alpha_1$  - ось вращения.
4.  $D_2 \in \alpha_2 \rightarrow D_0 \in \alpha_0$ .
5.  $\Sigma_1 \perp \alpha_1$  - плоскость вращения т.  $D$ ,  $\alpha_X D_2$  - радиус вращения.
6. Окр. (ц.  $\alpha_X$ ;  $R = \alpha_X D_2$ )  $\cap \Sigma_1 = D_0$ ;  $\alpha_0$  - совмещенный след плоскости.
7. Т.к.  $E_2 \in h_2$ , то  $E_0 \in h_0$ ;  $1_2 \in \alpha_2 \rightarrow 1_0 \in \alpha_0$ ;  $h_0 \parallel \alpha_0$ ;  
Окр. (ц.  $\alpha_X$ ;  $R = \alpha_X 1_2$ )  $\cap \alpha_0 = 1_0$ ;
8.  $\Psi_1 \perp \alpha_1$  - плоскость вращения т.  $E$ .
9.  $h_0 \cap \Psi_1 = E_0$ .
10.  $D_0 E_0$  - н.в.  $DE$ .











## Плоскопараллельное перемещение

Это вращение фигуры вокруг не выявленных осей с последовательным ее перемещением.

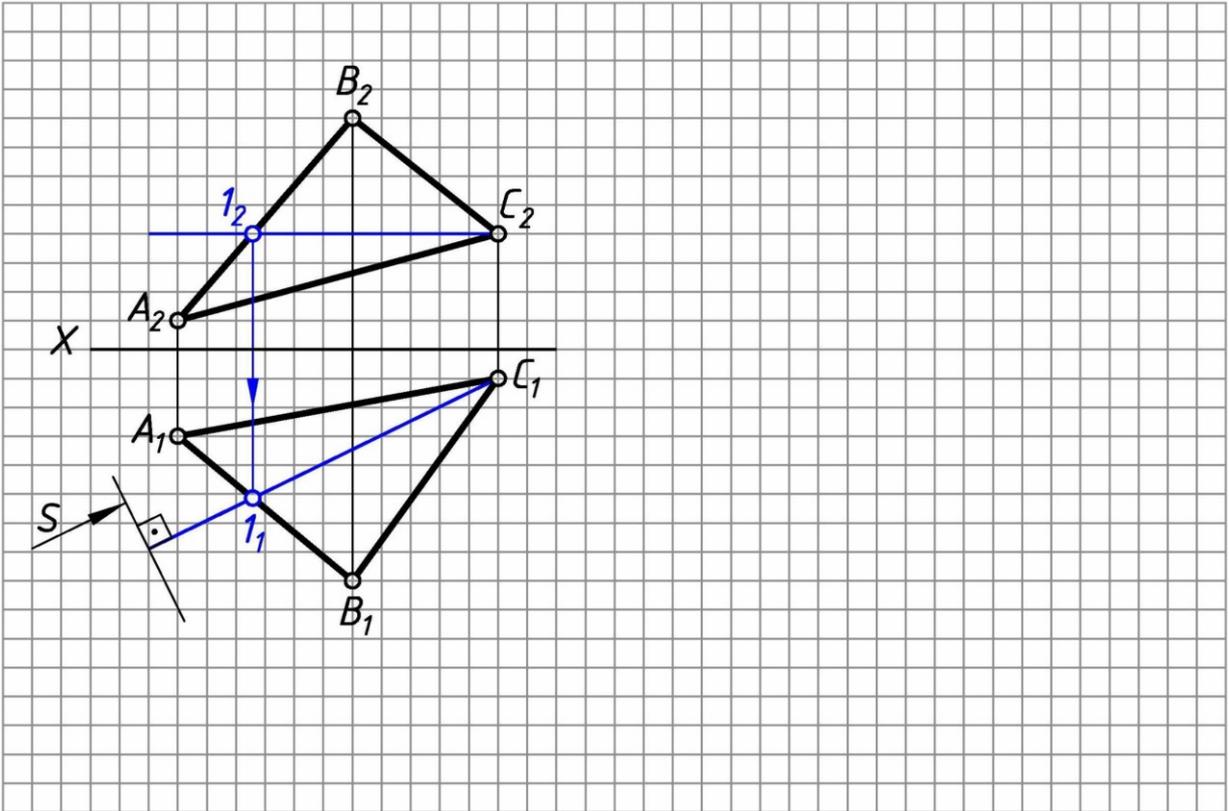
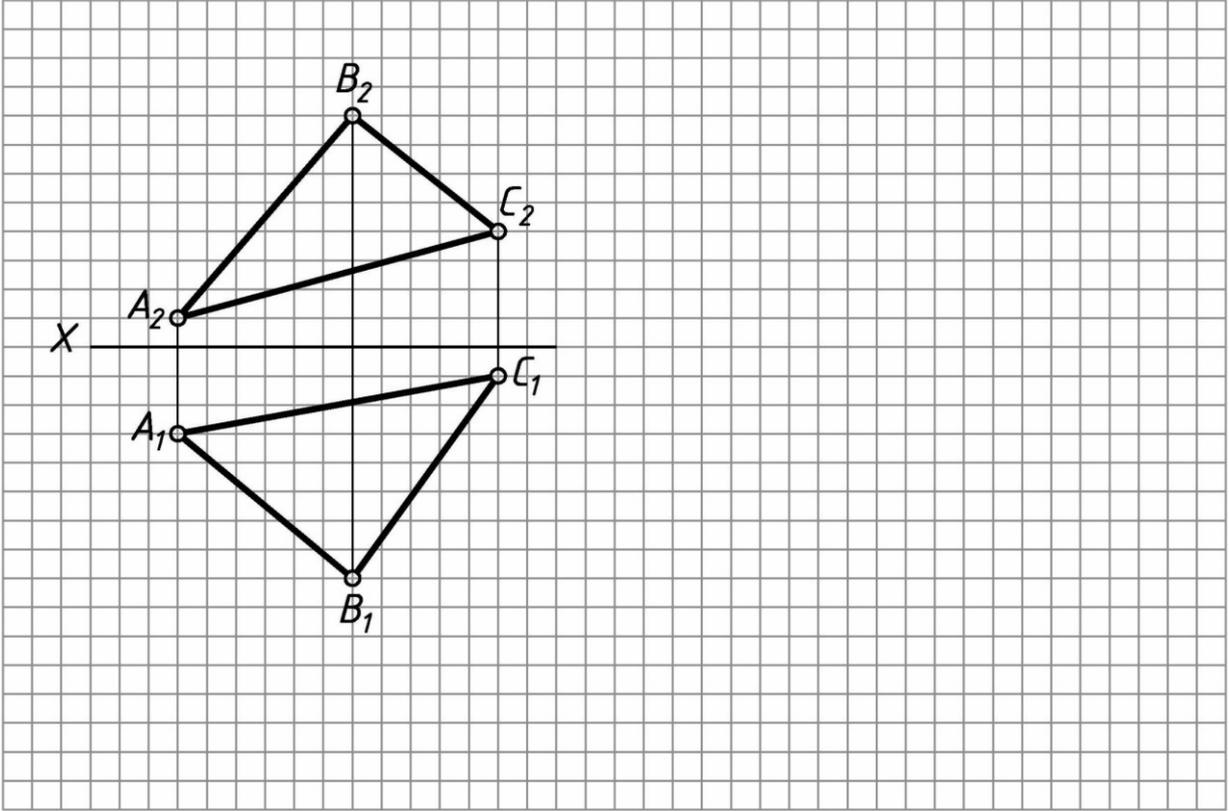
Способ основан на том, что при // -ом переносе фигуры относительно пл-ти проекций проекция ее на эту пл-ть не меняет своей формы и размеров, хотя и меняет положение.

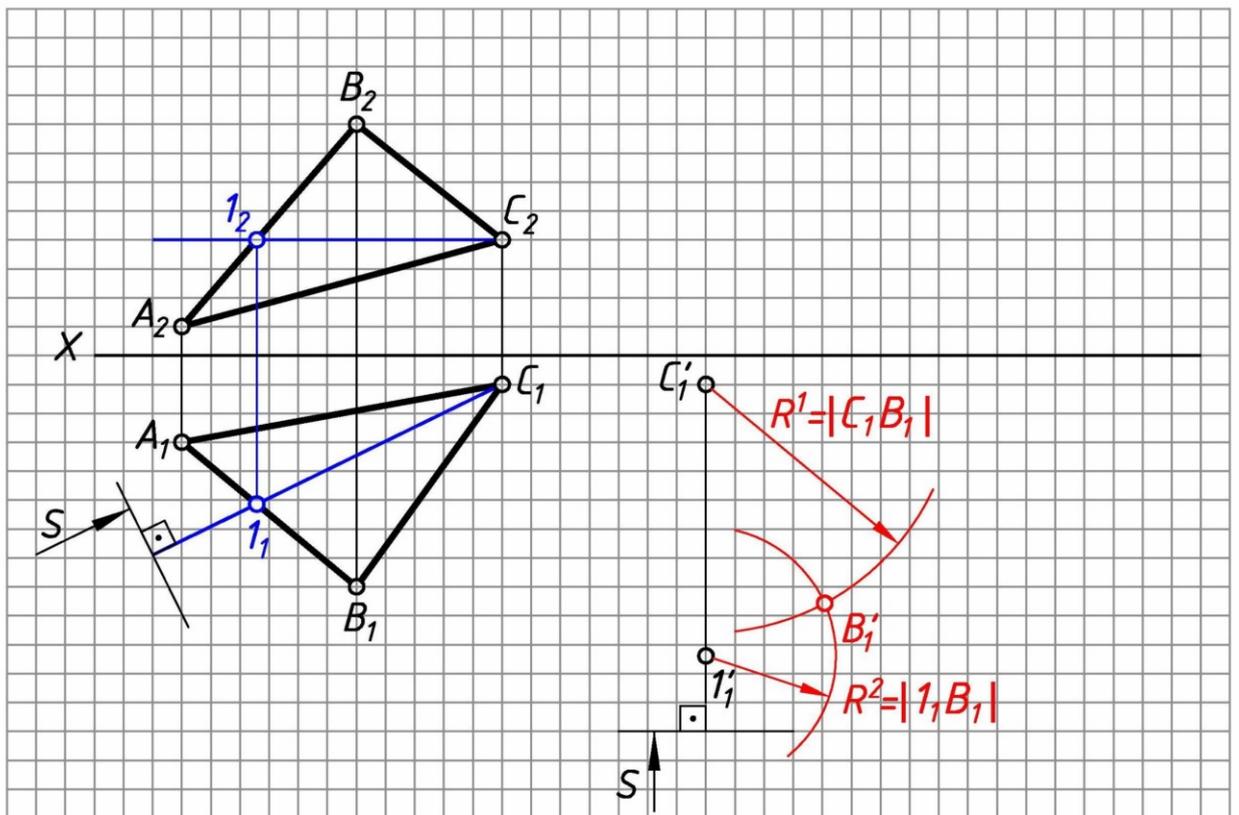
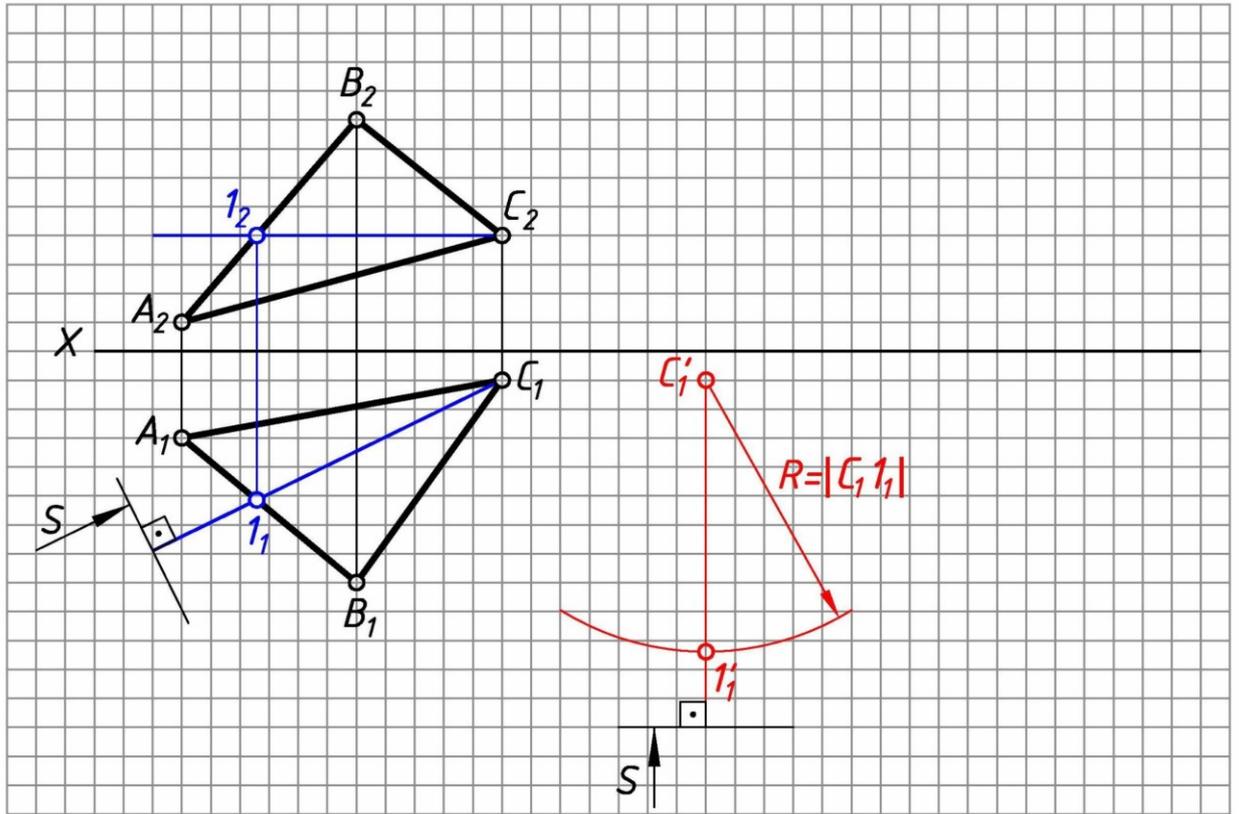
В случае произвольного перемещения точки в пл-ти, // -ой  $\Pi_1$  ( $\Pi_2$ ) ее фронт. (гор.) проекция перемещается по прямой, // -ой оси  $X$ .

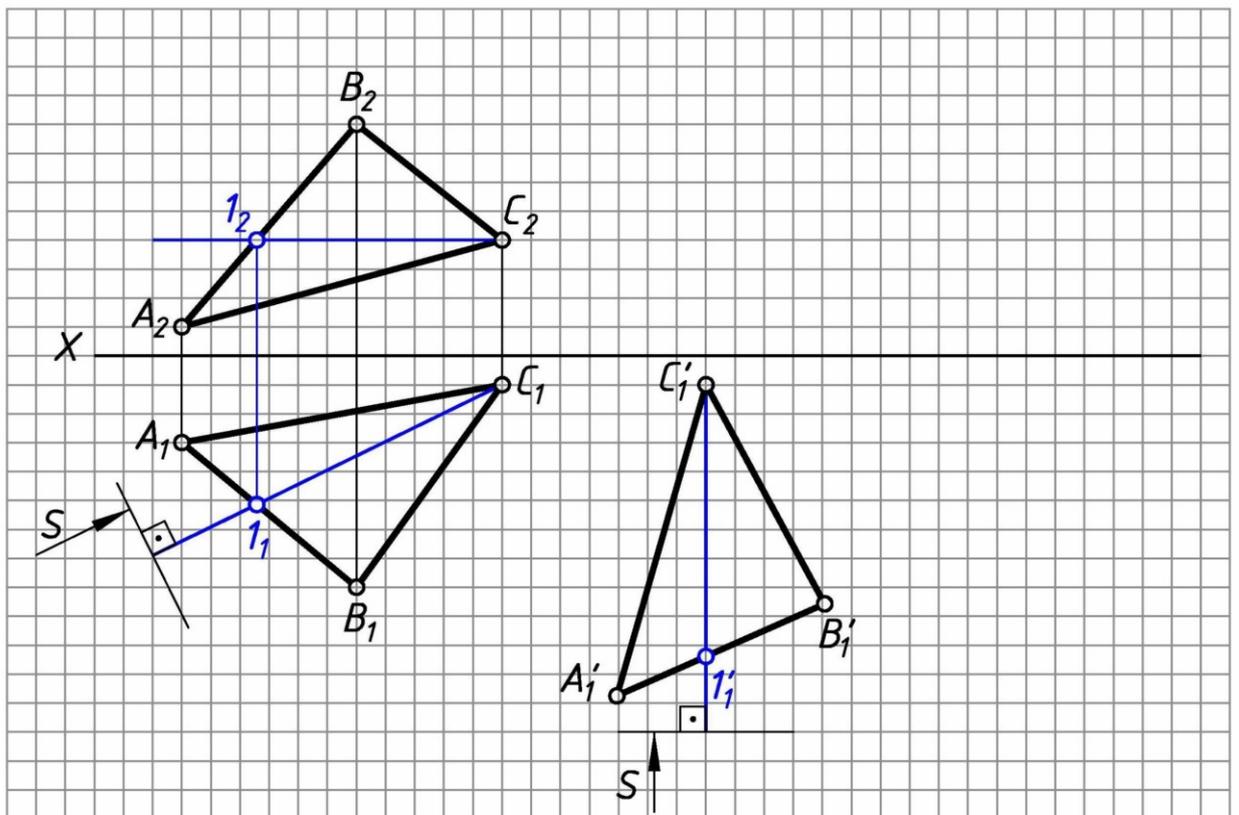
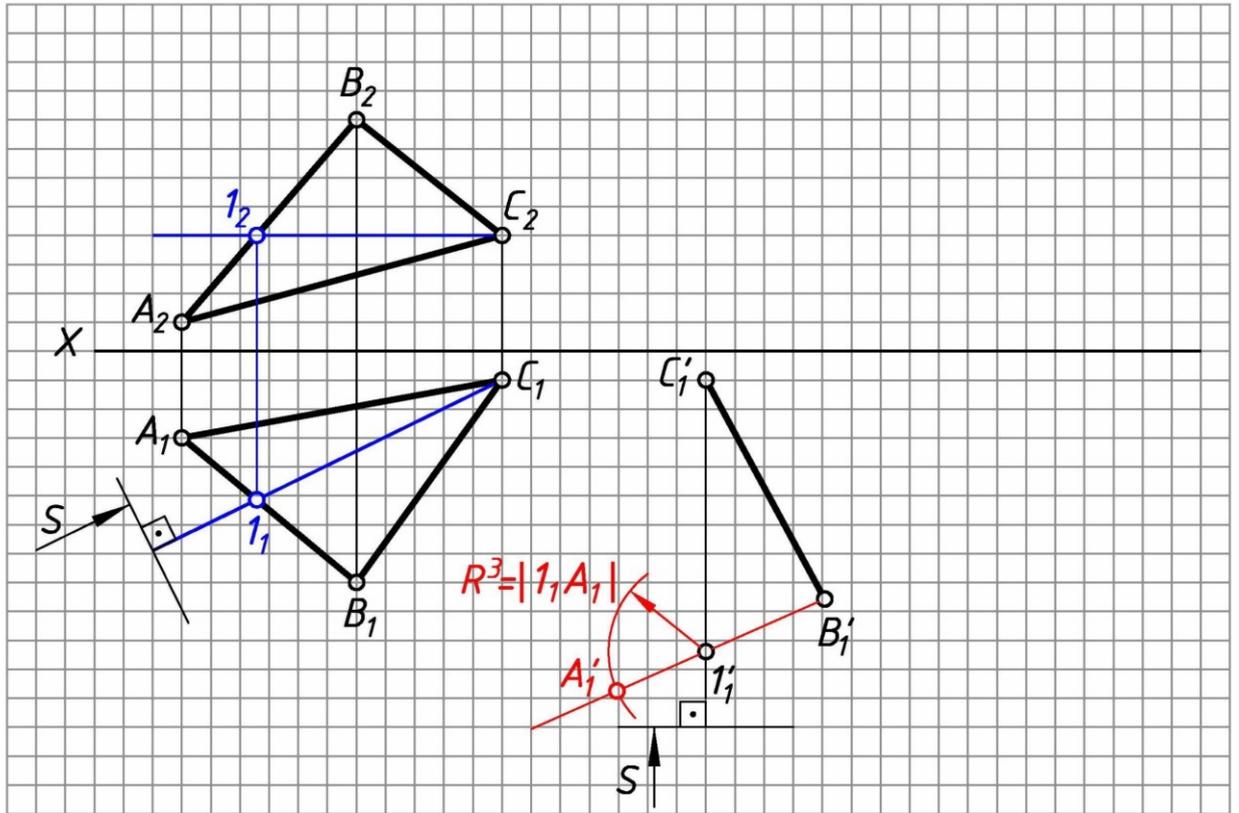
**ЗАДАЧА 1:** *Определить н.в.  $\Delta ABC$  способом плоскопараллельного перемещения.*

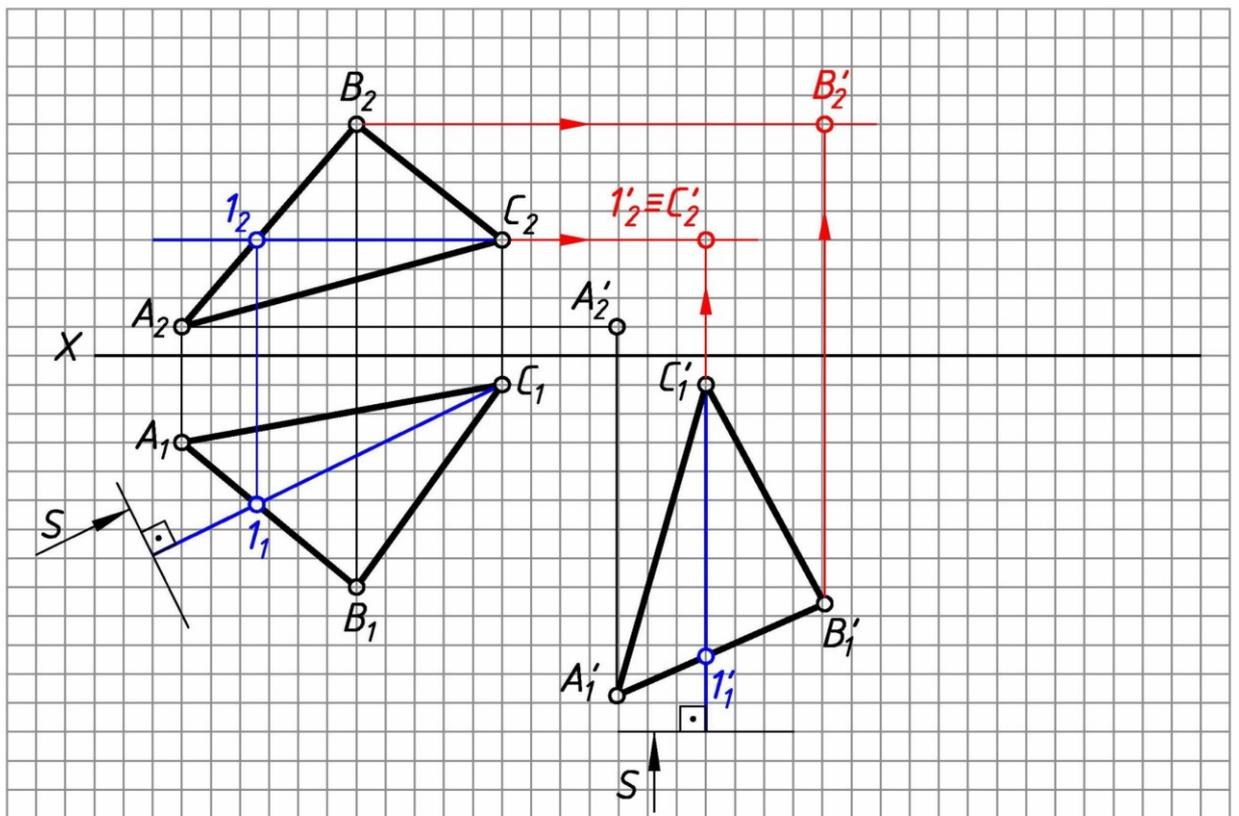
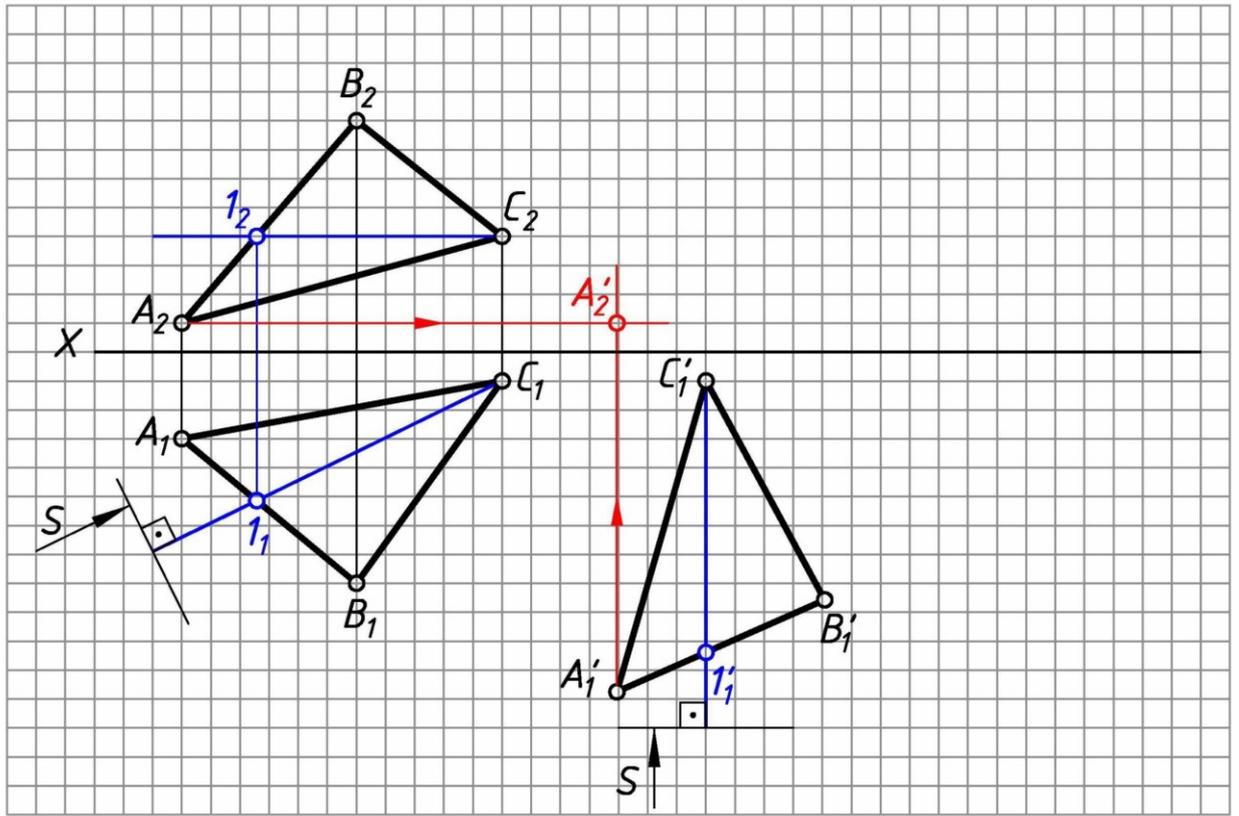
**Алгоритм решения:**

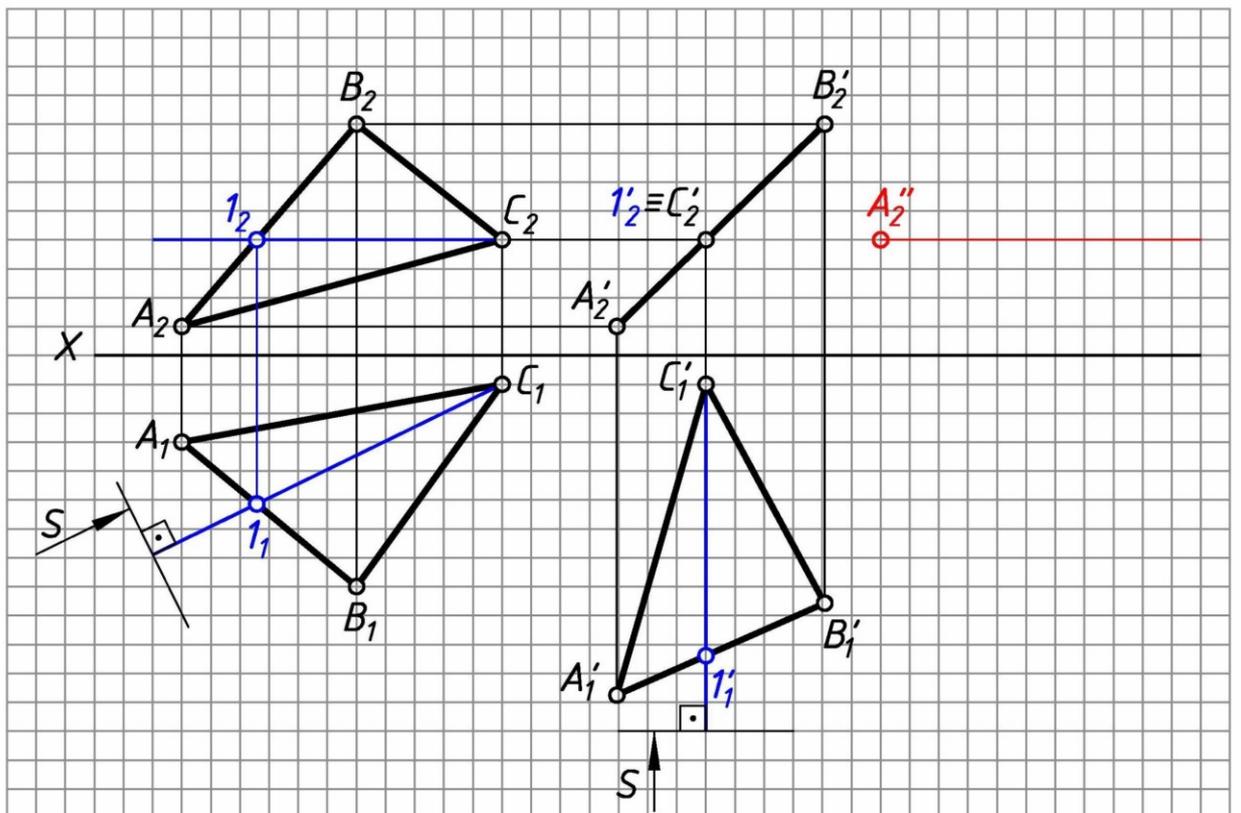
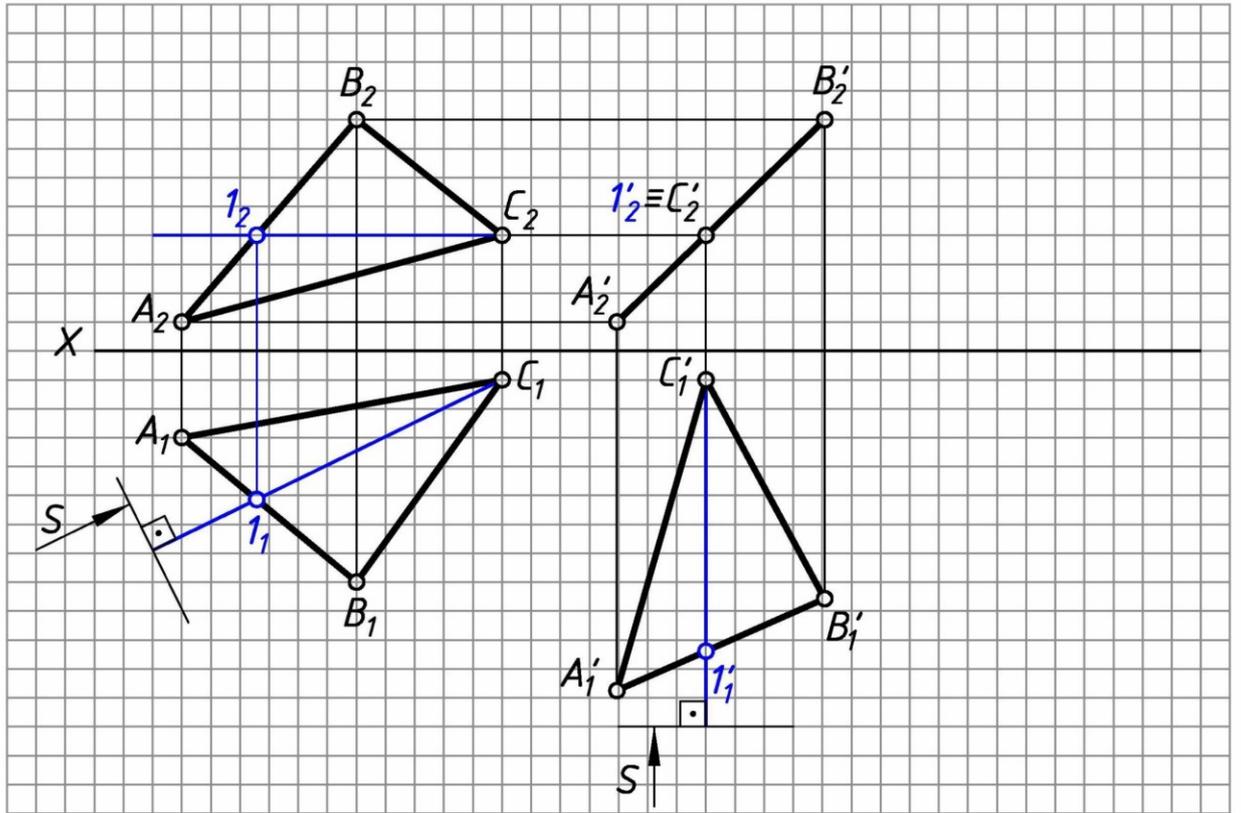
1. Построим горизонталь  $B1$  ( $B_11_1$ ;  $B_21_2$ ), ктр. определит новое направление проец-я.
2. Вращаем гор. проекцию  $A_1B_1C_1$  с перемещением так, чтобы горизонталь заняла фронт.-проец. положение ( $B1 \perp \Pi_2$ ).
3. Фронт. проекции точек перемещаются по линиям, // -ым оси  $X$ .
4. Пл-ть  $A'B'C'$  займет фронт.-проец. положение ( $A'B'C' \perp \Pi_2$ ).
5. Вращаем фронт. проекцию  $A'_2B'_2C'_2$  с перемещением до положения гор. уровня ( $A''B''C'' \parallel \Pi_1$ ).
6. Гор. проекции точек перемещаются по линиям, // -ым оси  $X$ .
7.  $A''B''C''_1$  - н.в.  $\Delta ABC$ .

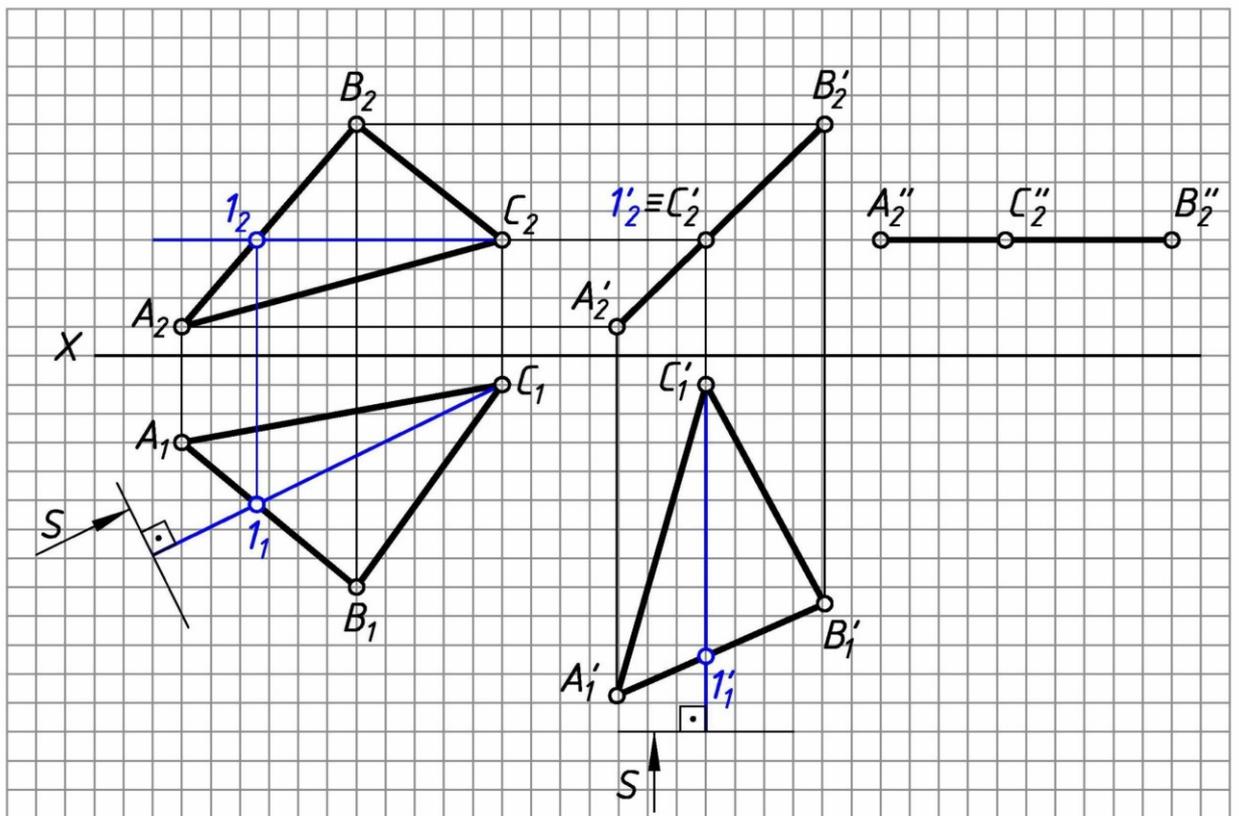
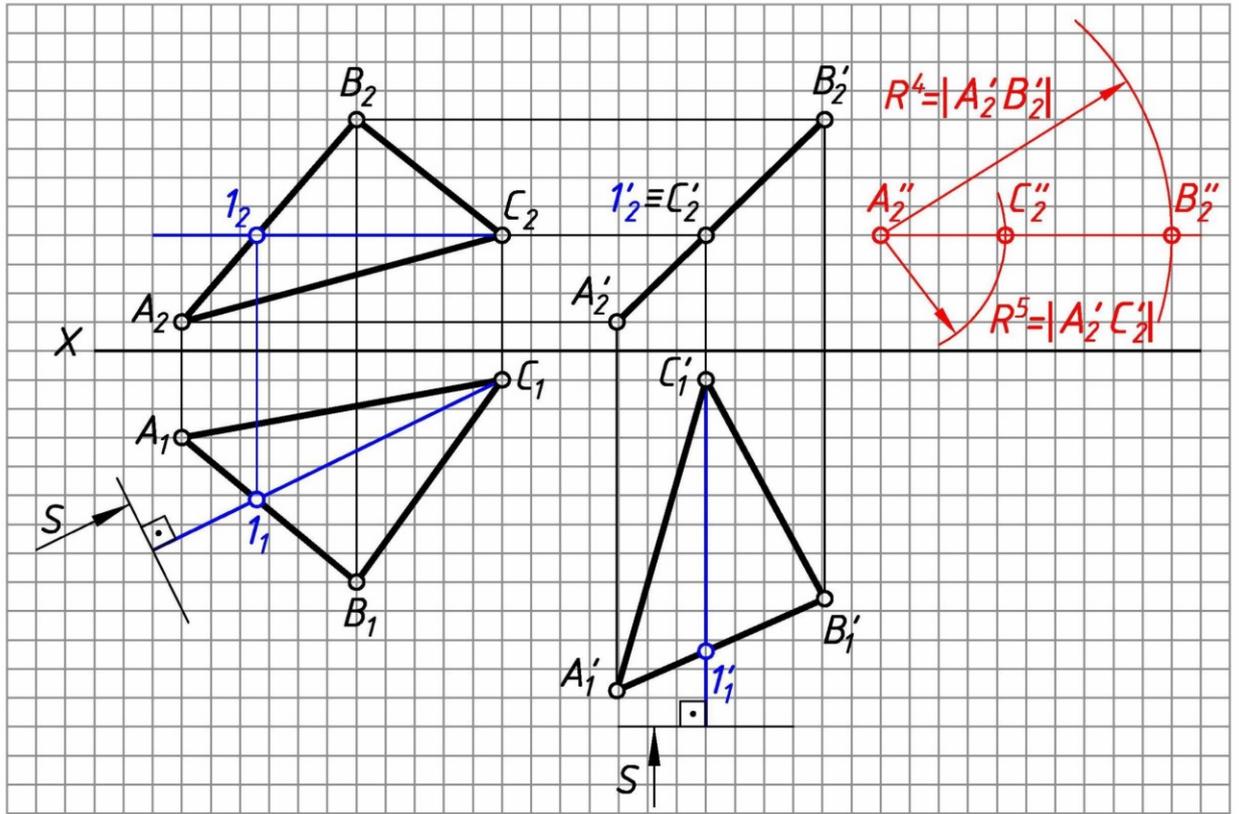


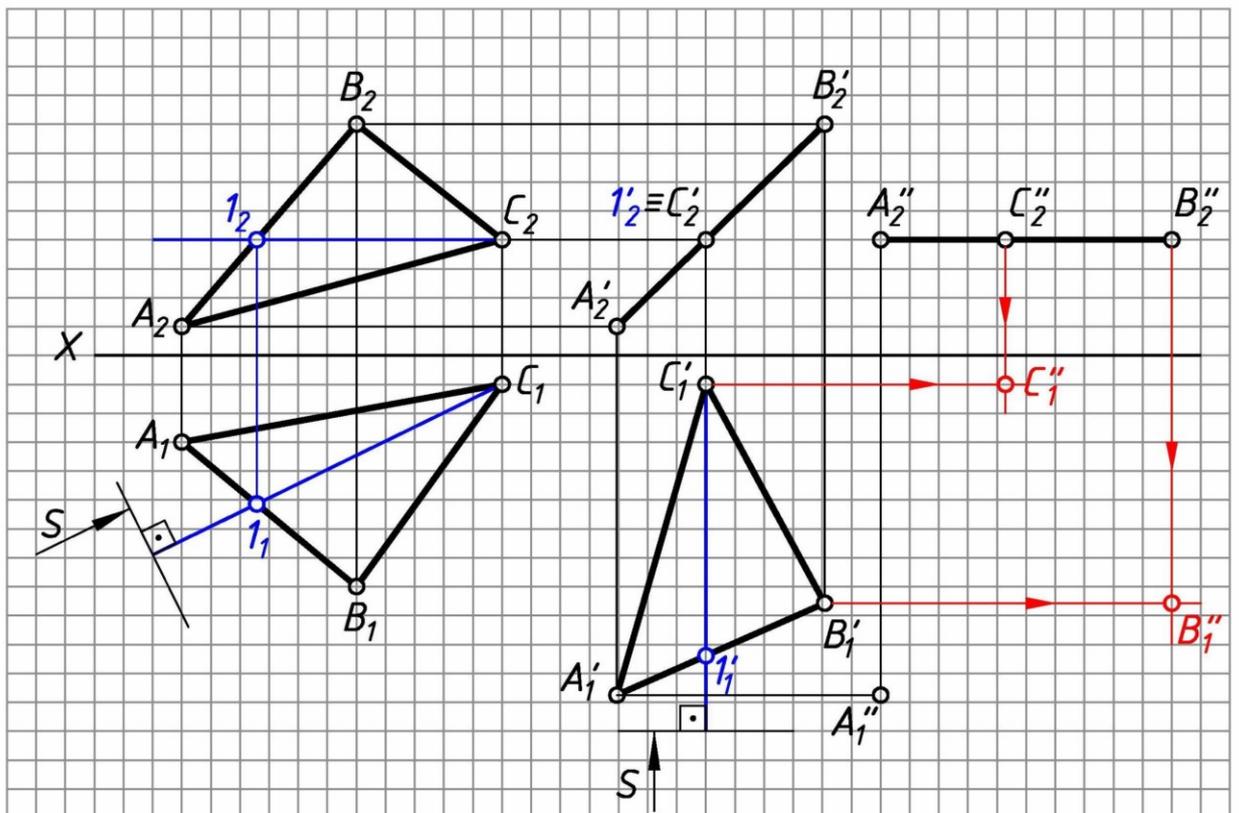
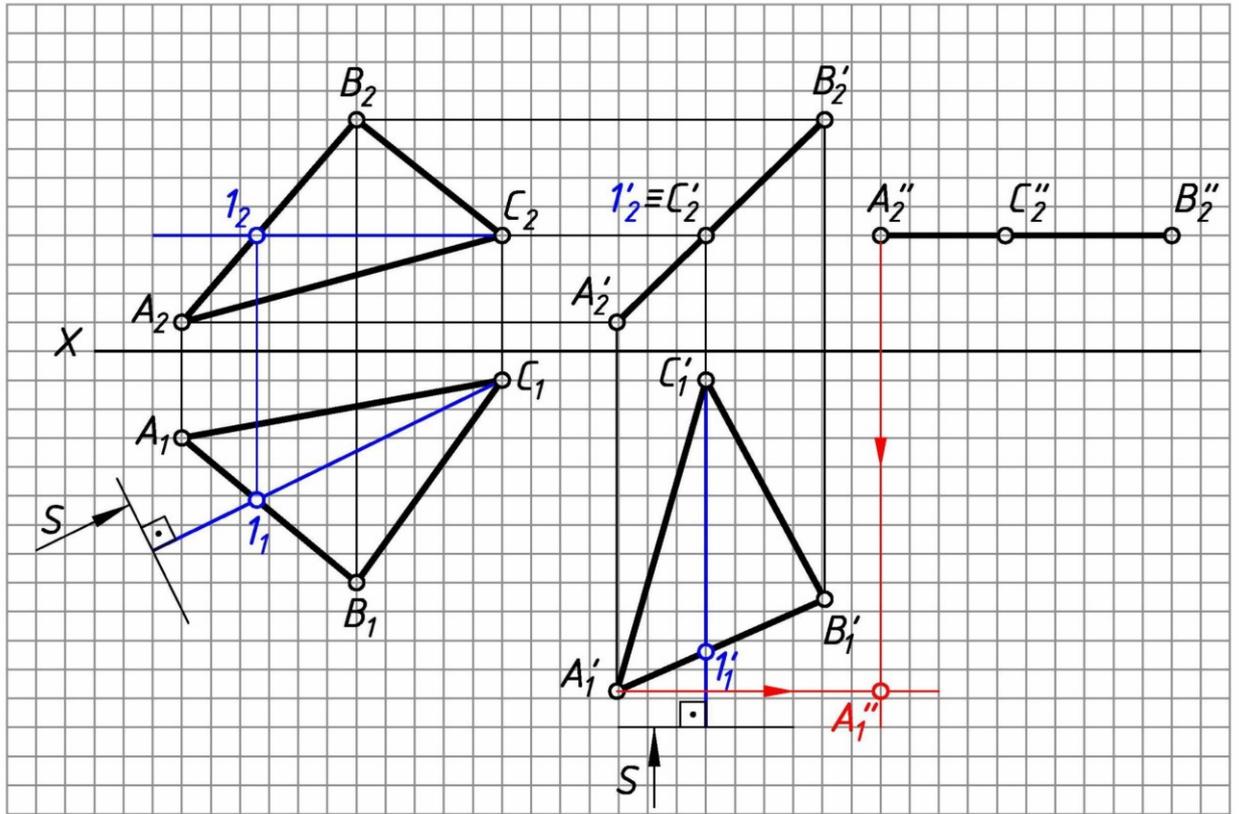


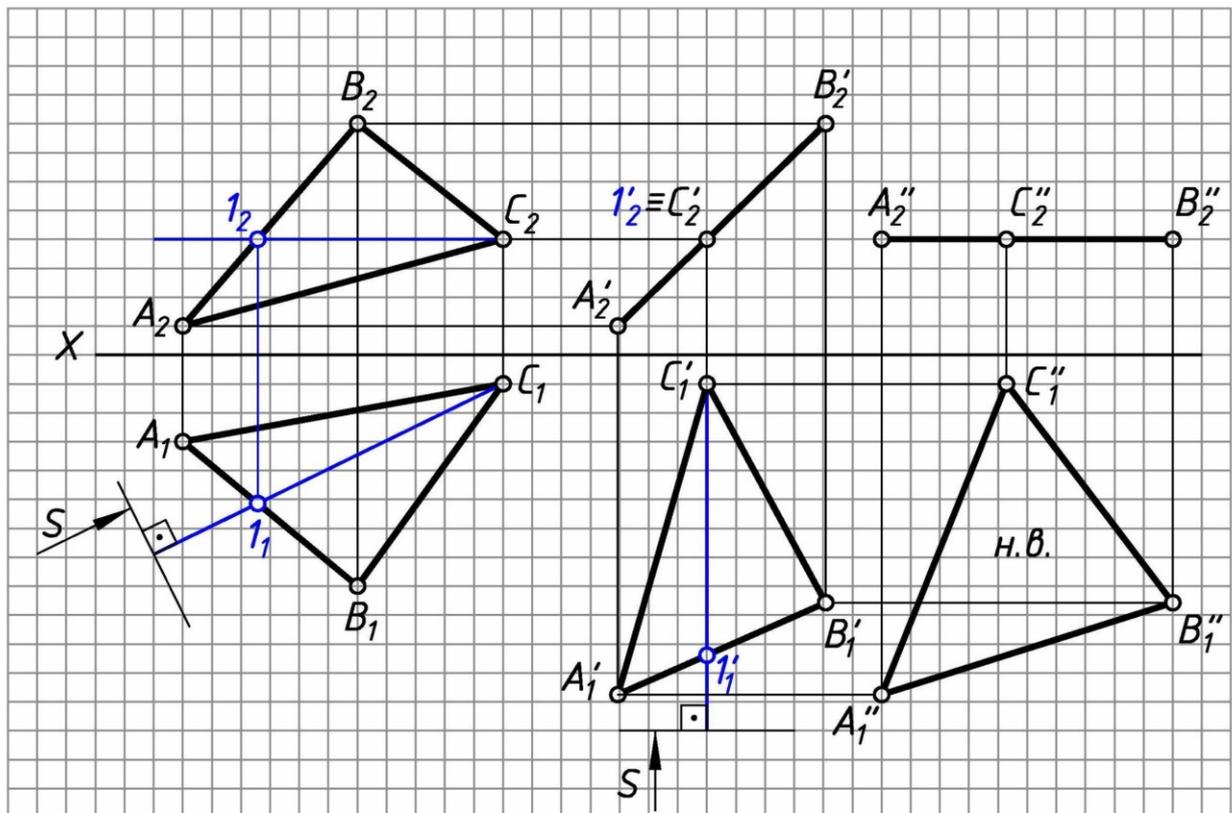












## Способ замены плоскостей проекций

Сущность способа замены плоскостей проекций заключается в том, что положение точек, линий, плоских фигур и поверхностей в пространстве остается неизменным, а система  $\Pi_1, \Pi_2$  дополняется плоскостями, образующими с  $\Pi_1$ , или  $\Pi_2$ , или м/д собой систему 2-х взаимно  $\perp$ -ых пл-стей, принимаемых за пл-сти проекций.

Каждая новая система выбирается так, чтобы получить положение наиболее удобное для выполнения требуемого построения:

- Если отрезок или плоская фигура  $\parallel$ -ны (параллельны) плоскости проекций, то на эту плоскость они будут прое-ся (проецируются) в н.в. (натуральную величину);
- Расстояние между скрещивающимися прямыми прое-ся в н.в., когда одна прямая проецирующая;
- Двугранный угол прое-ся в н.в, если его общее ребро занимает проецирующее положение;
- Расстояние от точки до пл-ти прое-ся в н.в., если эта пл-ть  $\perp$ -на (перпендикулярна) пл-ти проекций;
- Угол м/д прямой и пл-тью прое-ся в н.в. в случае, когда прямая  $\parallel$ -на, а пл-ть  $\perp$ -на одной и той же пл-сти проекций;
- Расстояние между двумя  $\parallel$ -ми прямыми прое-ся в н.в., если они обе являются проецирующими.

## Аппарат замены плоскостей проекций

*(.) A* – объект проецирования;

$A_1, A_2$  – ортогональные проекции *(.) A*;

$\Pi_2 / \Pi_1$  – исходная система плоскостей проекций;

$X_{12} = \Pi_1 \cap \Pi_2$  – исходная ось проекций;

$\Pi_4 / \Pi_1$  ( $\Pi_2 / \Pi_5$ ) – новая система плоскостей проекций;

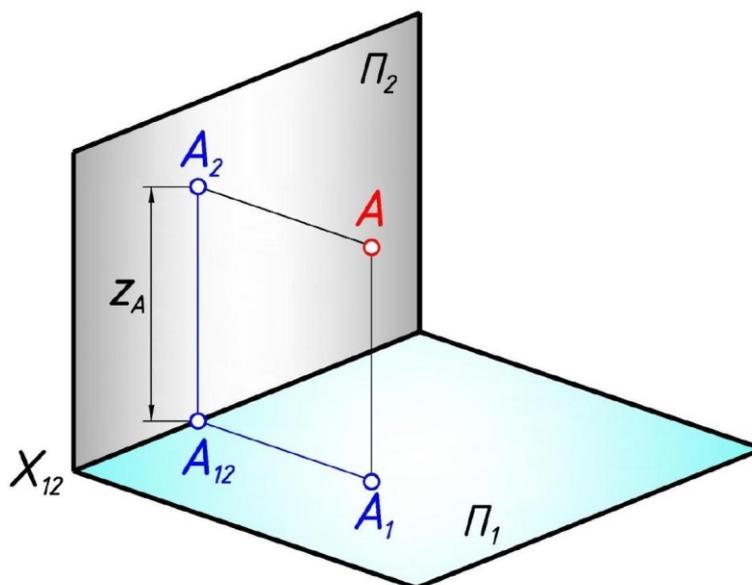
$X_{14} = \Pi_1 \cap \Pi_4$  ( $X_{25} = \Pi_2 \cap \Pi_5$ ) – новая ось проекций;

$A_1$  ( $A_2$ ) и  $A_4$  ( $A_5$ ) – ортогональные проекции точки *A* в новой системе плоскостей проекций.

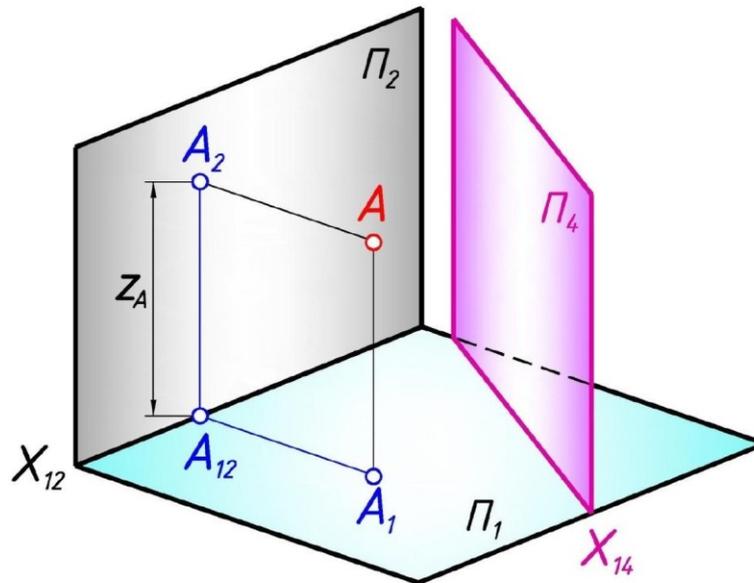
### **Замена фронтальной плоскости проекций (преобразование системы $\Pi_2/\Pi_1$ в систему $\Pi_4/\Pi_1$ )**

#### **I. Поэтапное построение пространственного чертежа**

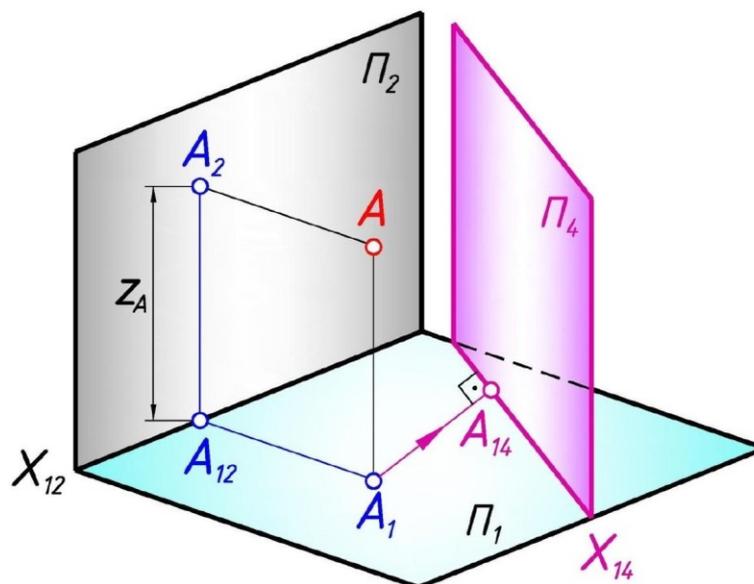
а)



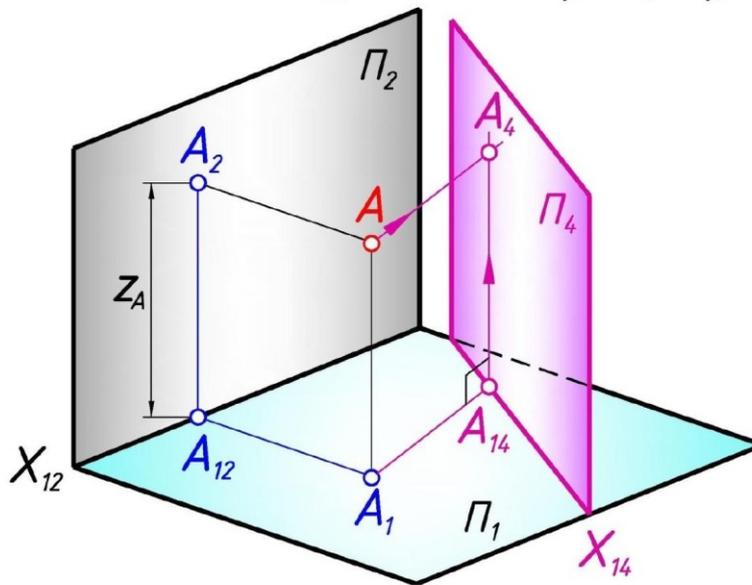
- b) Заменяем фронтальную плоскость проекций  $\Pi_2$  новой плоскостью  $\Pi_4$  (которую условно будем называть также фронтальной), перпендикулярной к  $\Pi_1$  и образующей с плоскостью  $\Pi_2$  некоторый угол (в случае проецирования точки этот угол произволен).



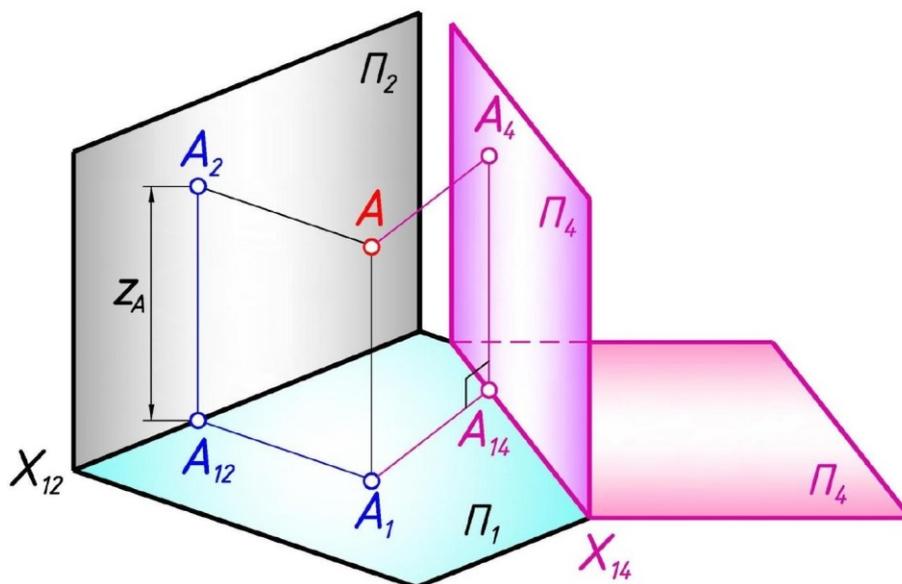
- c) В результате получим новую систему плоскостей проекций  $\Pi_4/\Pi_1$ . Плоскость  $\Pi_1$  является общей для исходной и новой систем плоскостей проекций. В новой системе  $\Pi_4/\Pi_1$  имеем:  $X_{14} = \Pi_1 \cap \Pi_4$  – новая ось проекций,  $A_1$  и  $A_4$  – ортогональные проекции точки  $A$ .



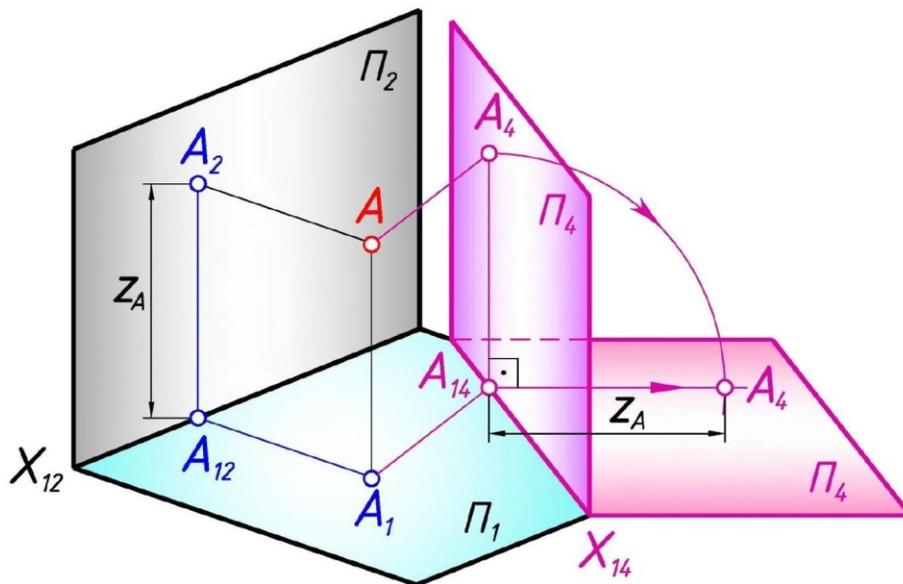
- d) При переходе от исходной системы  $\Pi_2/\Pi_1$  к новой  $\Pi_4/\Pi_1$  остаются неизменными (являются инвариантами преобразования):
- 1) плоскость  $\Pi_1$  и точка  $A$ ;
  - 2) горизонтальная проекция  $A_1$  точки  $A$ ;
  - 3) расстояние от точки  $A$  до плоскости  $\Pi_1$ , т.е.  $|AA_1| = |A_2A_{12}| = |A_4A_{14}|$ .



e)

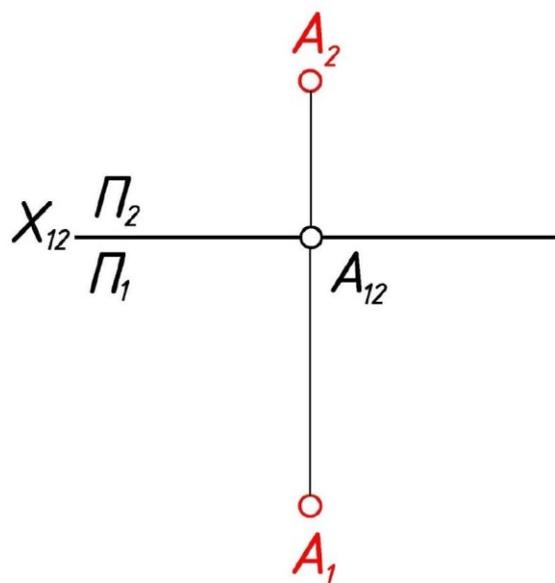


f)

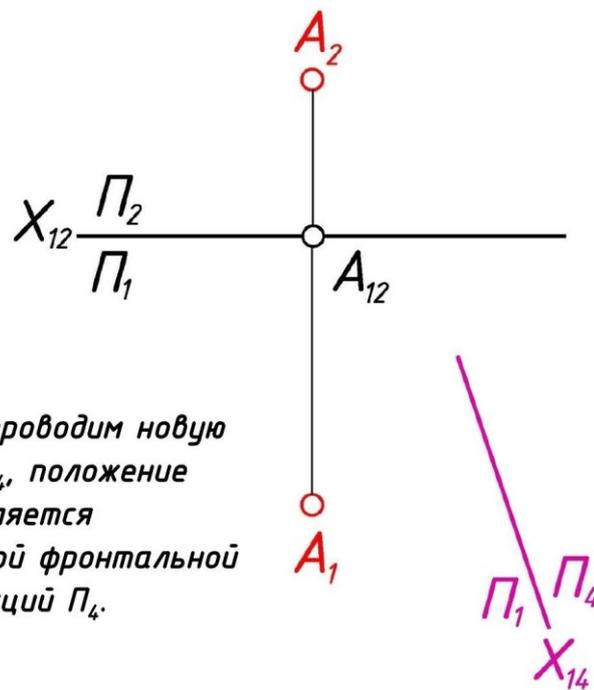


**II. Поэтапное построение плоскостного комплексного чертежа**

a)

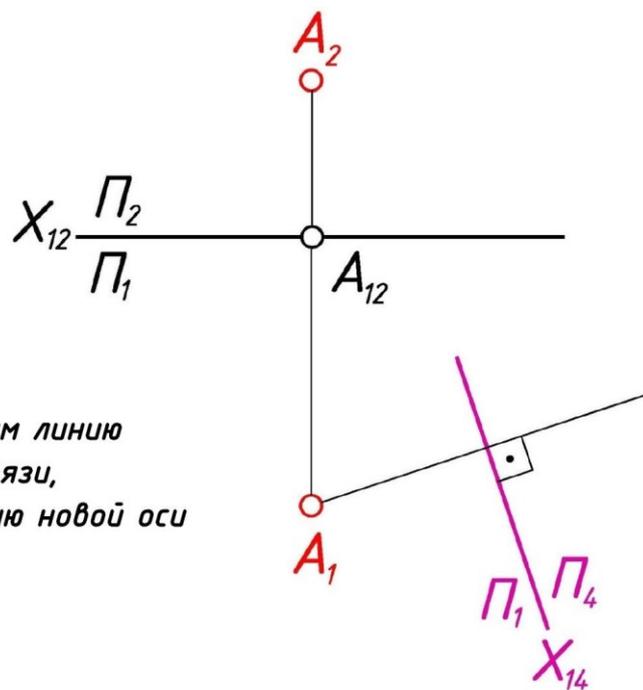


b)



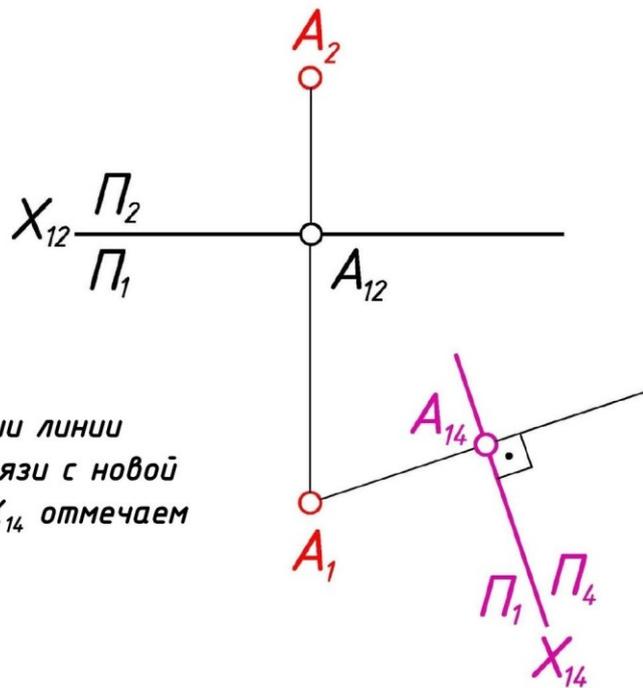
1. Произвольно проводим новую ось проекций  $X_{14}$ , положение которой определяется положением новой фронтальной плоскости проекций  $\Pi_4$ .

c)



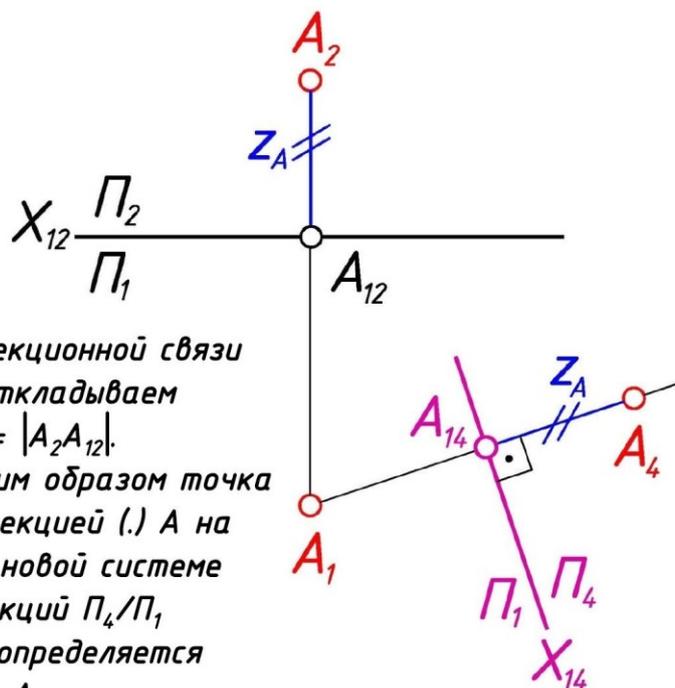
2. Из  $A_1$  проводим линию проекционной связи, перпендикулярную новой оси проекций  $X_{14}$ .

d)



3. На пересечении линии проекционной связи с новой осью проекций  $X_{14}$  отмечаем точку  $A_{14}$ .

e)

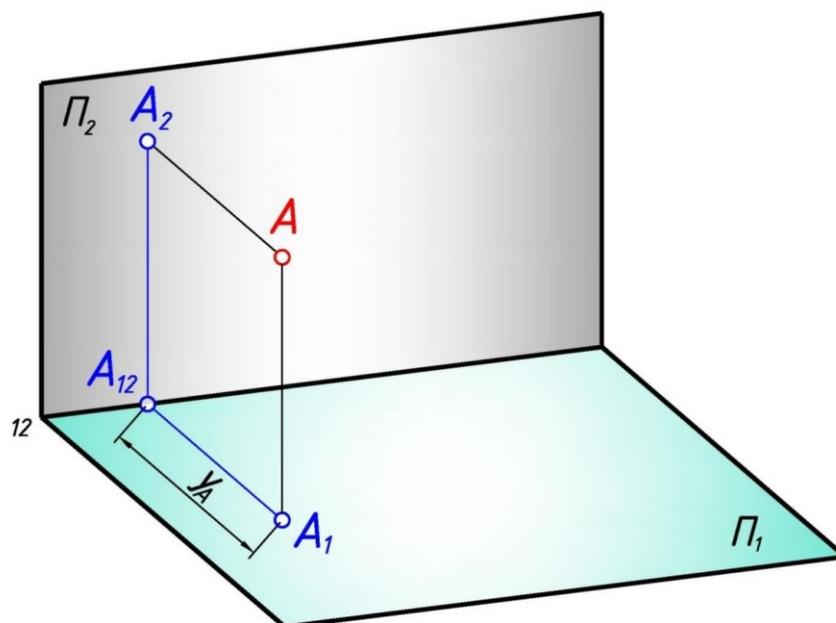


4. На линии проекционной связи от точки  $A_{14}$  откладываем отрезок  $|A_4A_{14}| = |A_2A_{12}|$ . Полученная таким образом точка  $A_4$  является проекцией (.)  $A$  на плоскость  $\Pi_4$ . В новой системе плоскостей проекций  $\Pi_4/\Pi_1$  положение (.)  $A$  определяется проекциями  $A_1$  и  $A_4$ .

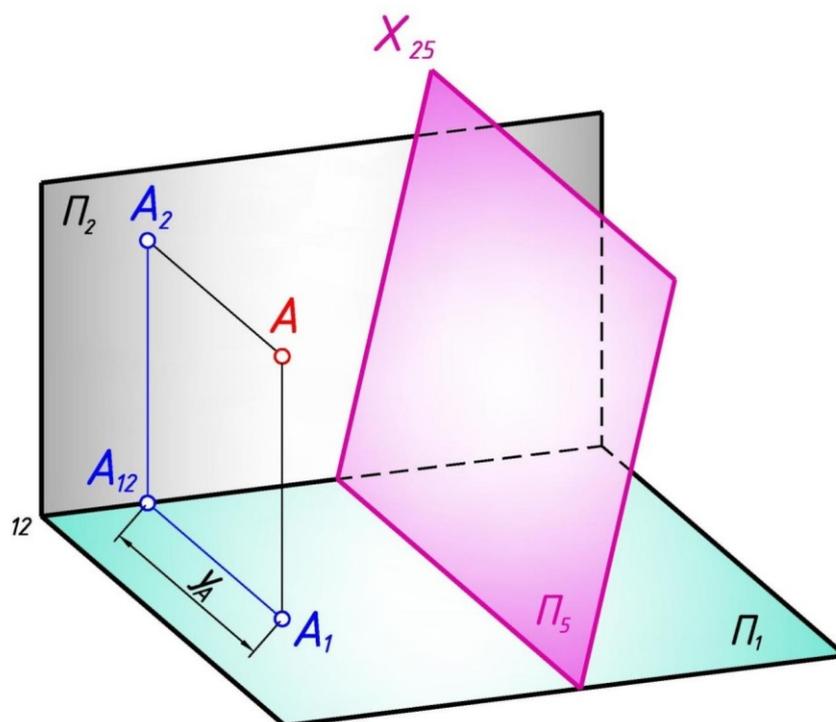
**Замена горизонтальной плоскости проекций  
(преобразование системы  $\Pi_2/\Pi_1$  в систему  $\Pi_2/\Pi_5$ )**

**I. Поэтапное построение пространственного чертежа**

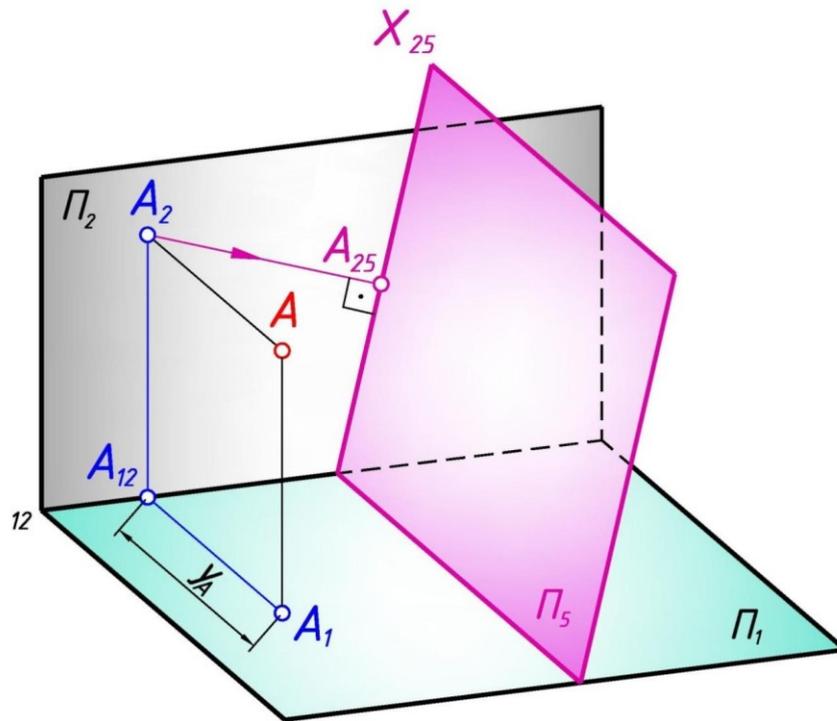
a)



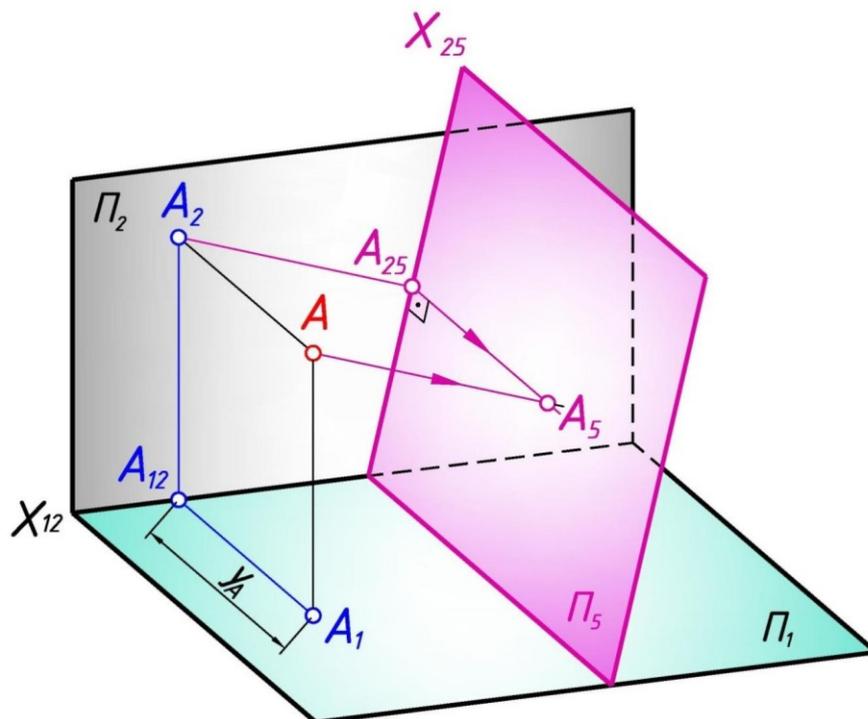
b)



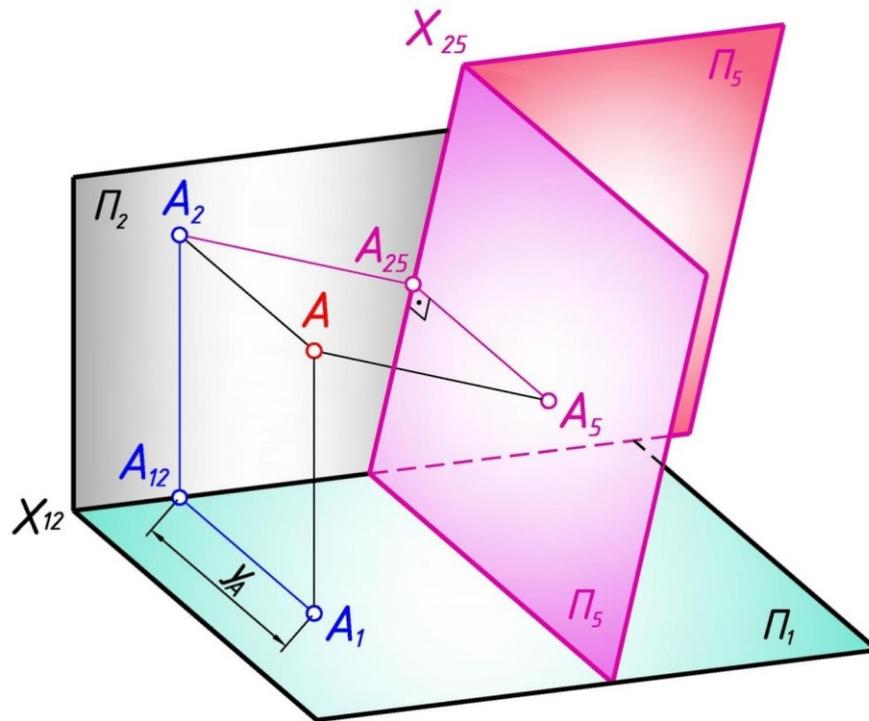
c)



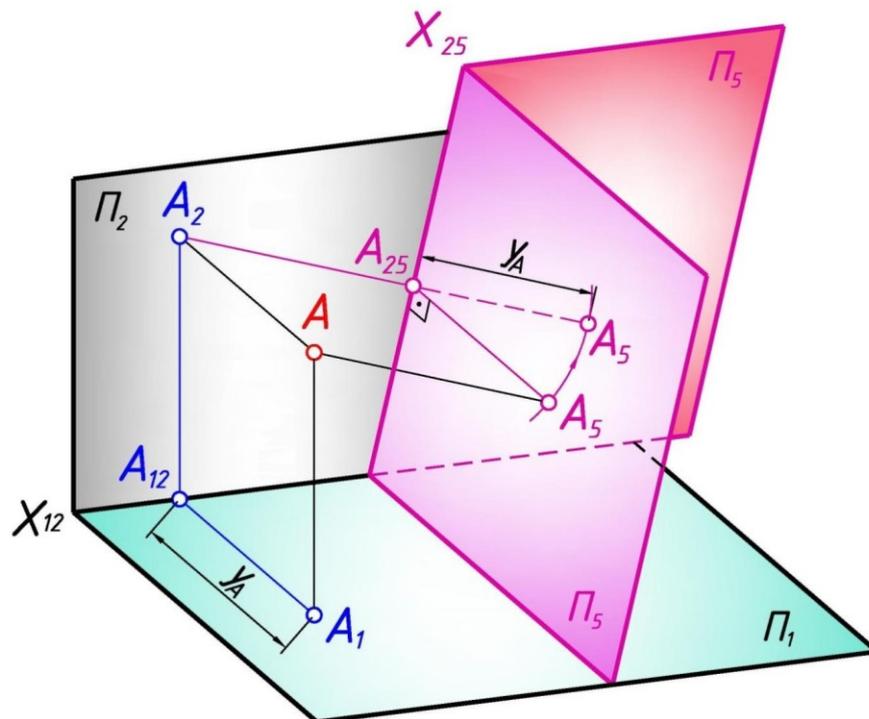
d)



e)

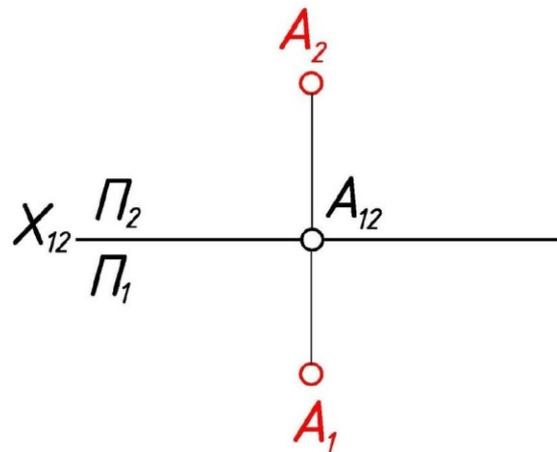


f)

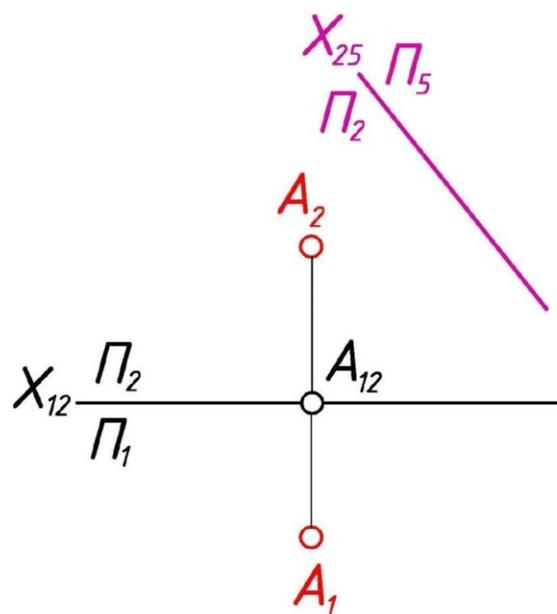


## II. Поэтапное построение плоскостного комплексного чертежа

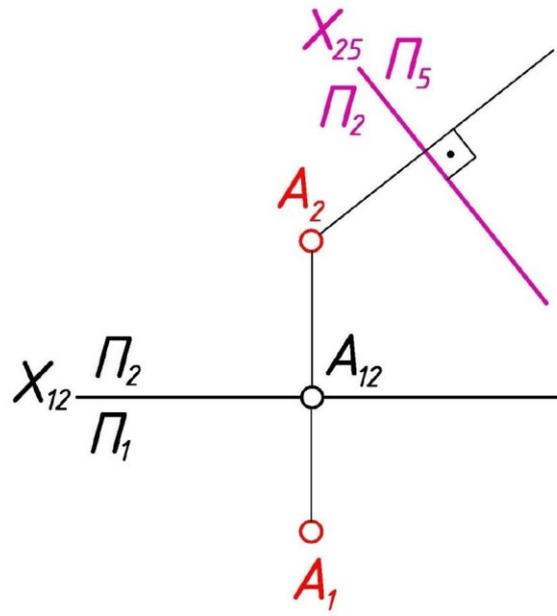
a)



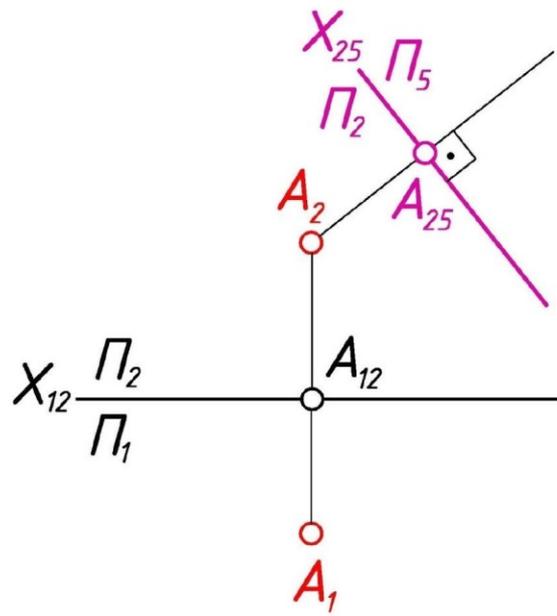
b)



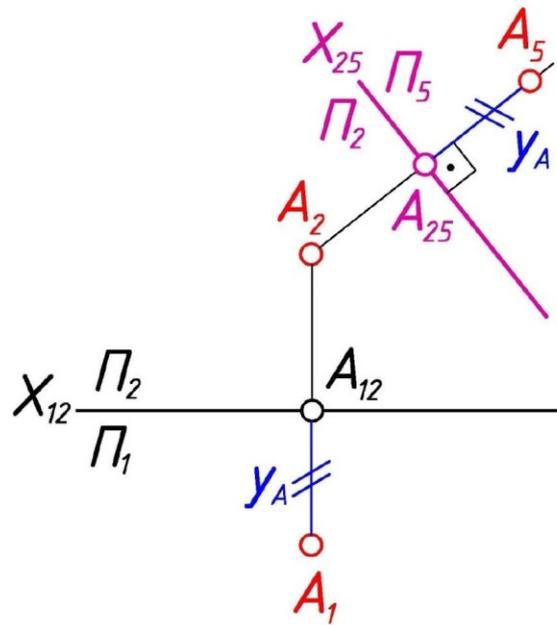
c)



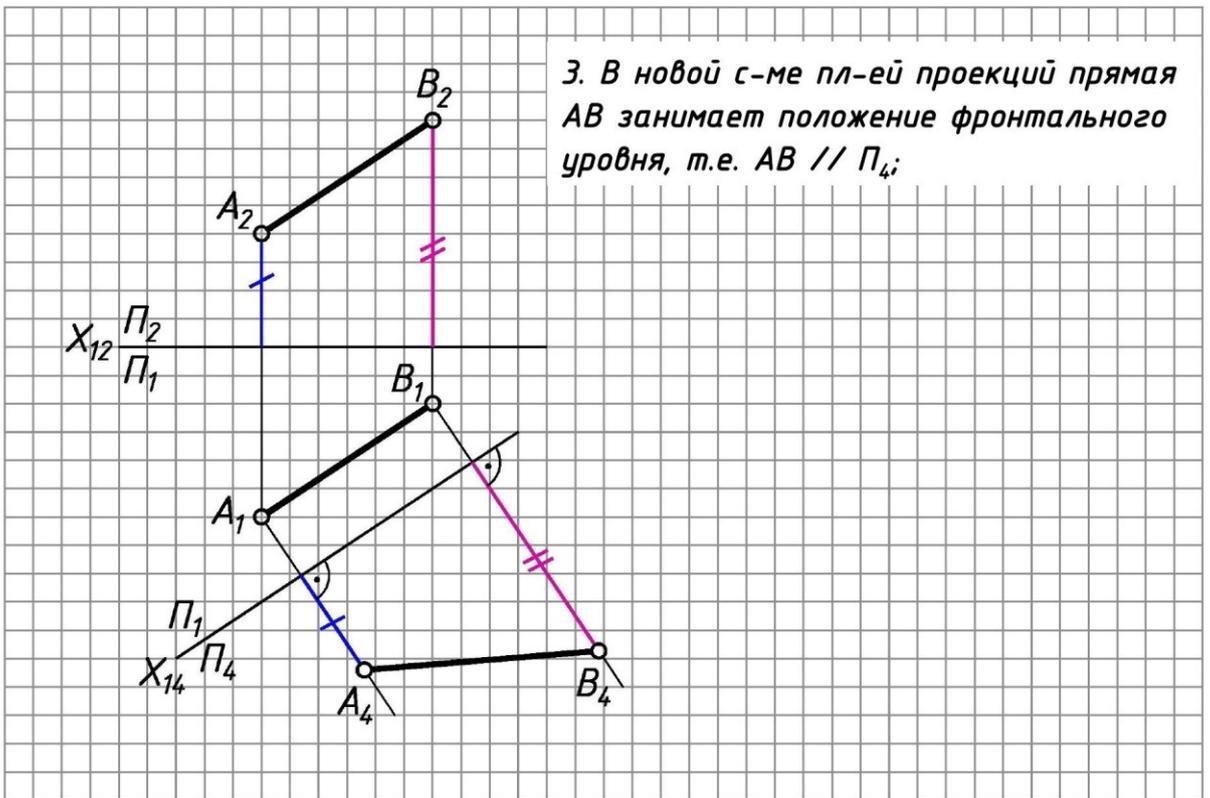
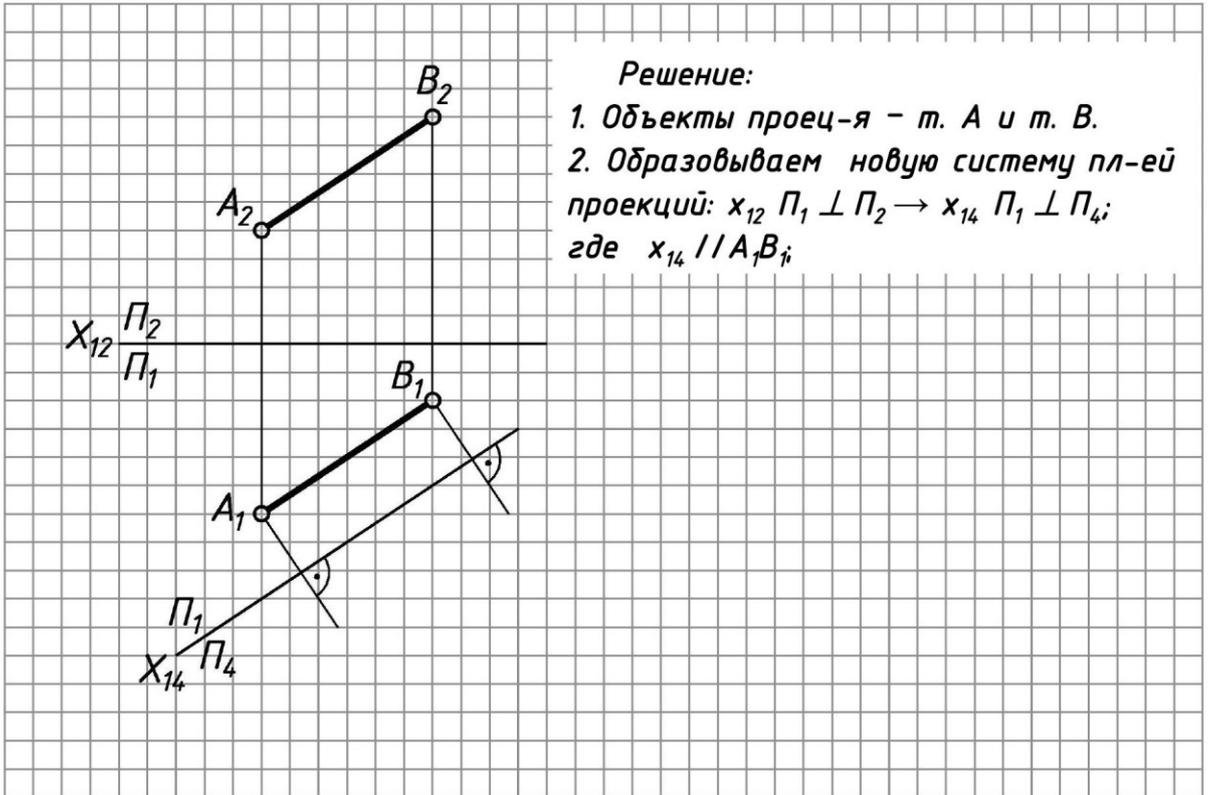
d)

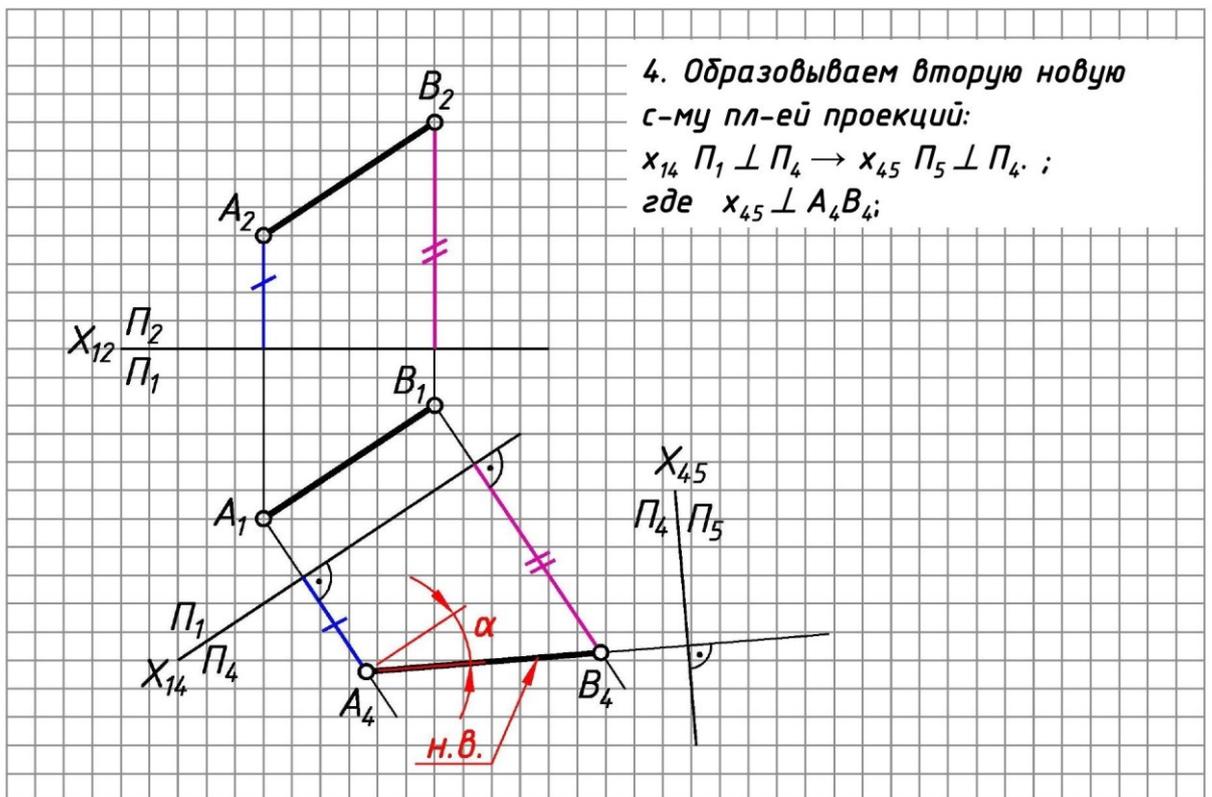
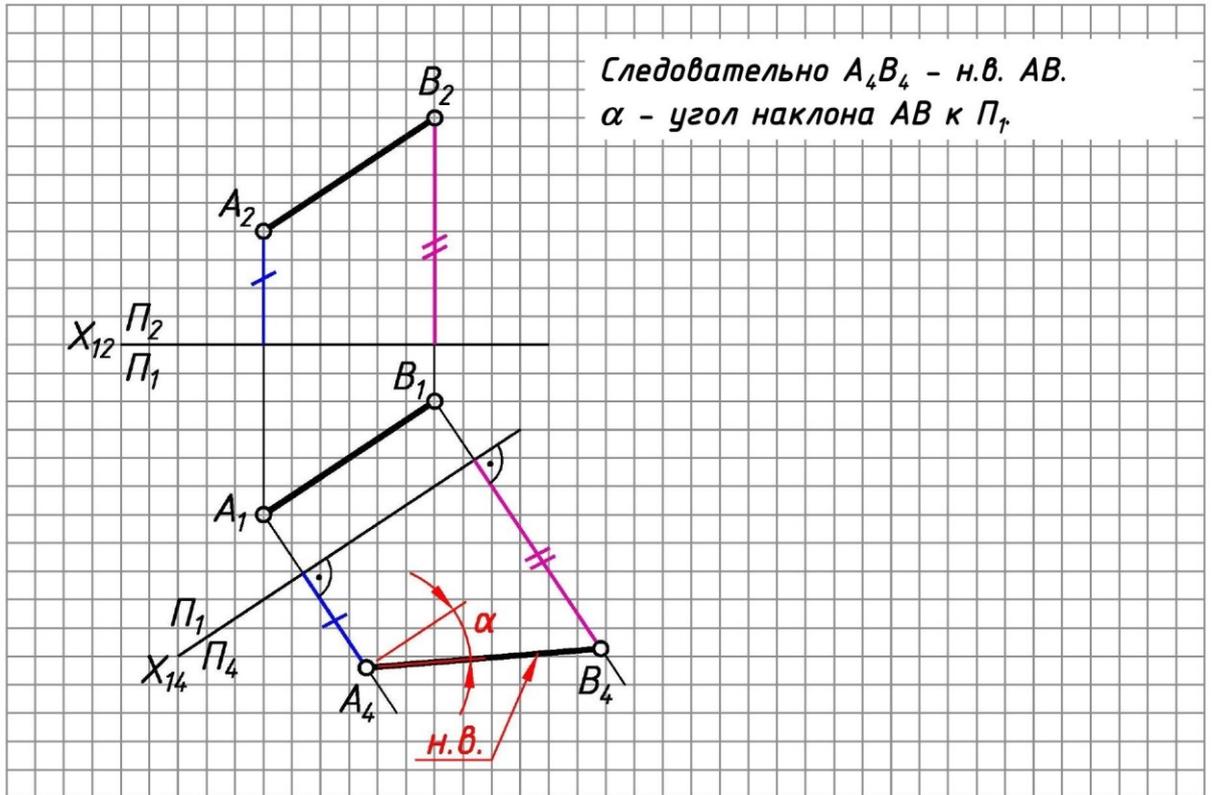


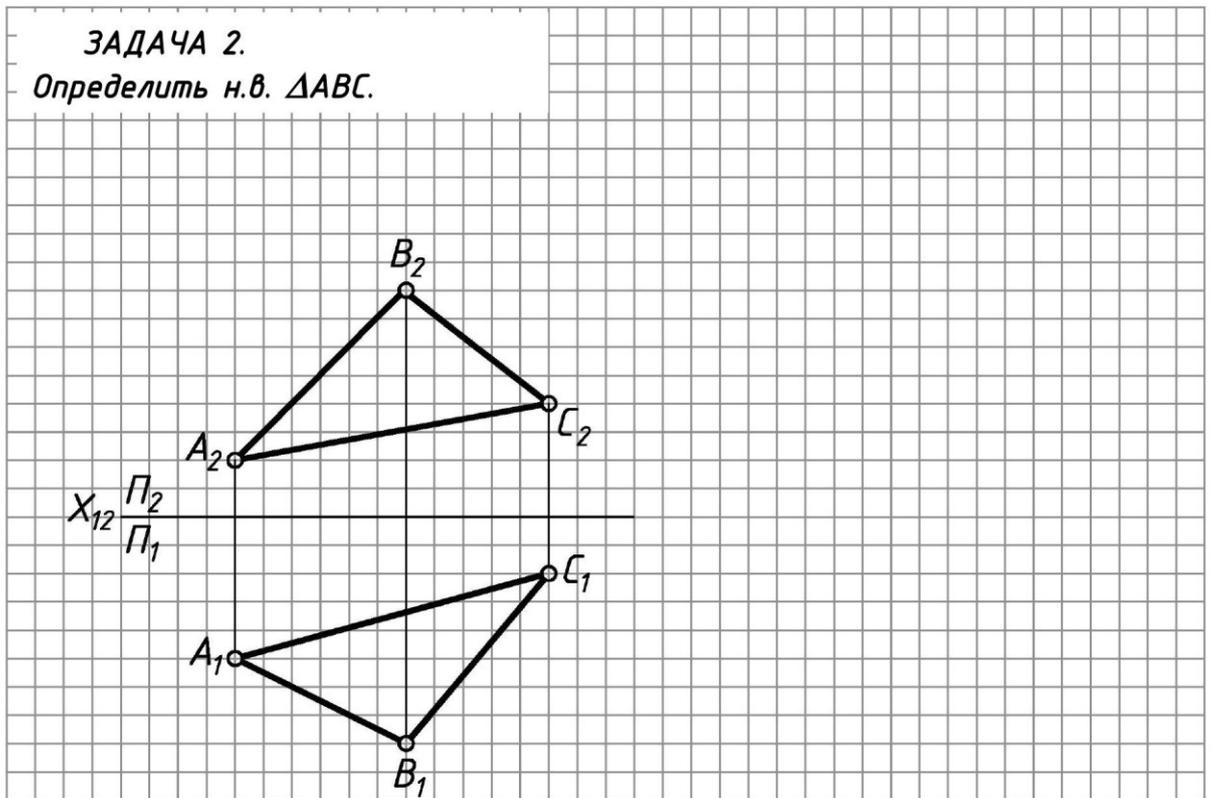
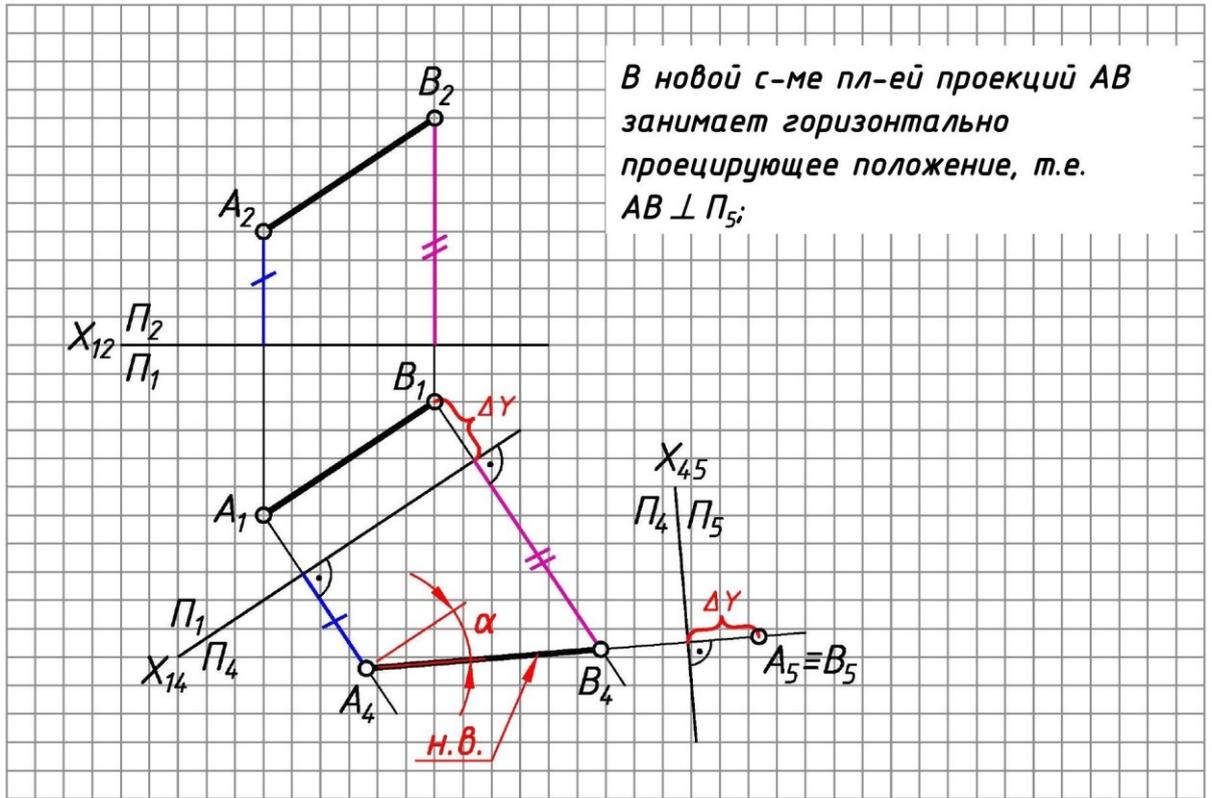
e)



**ЗАДАЧА 1.**  
Прямую АВ общего положения преобразовать в проецирующую.

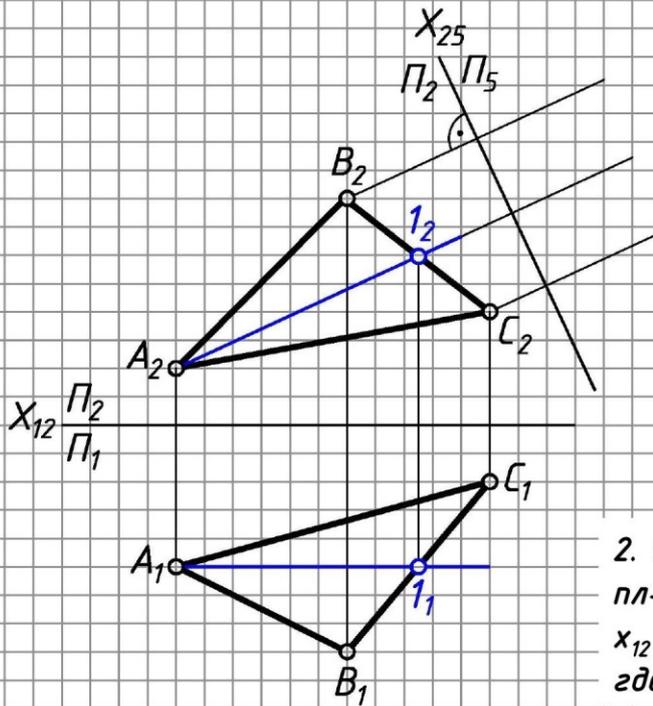
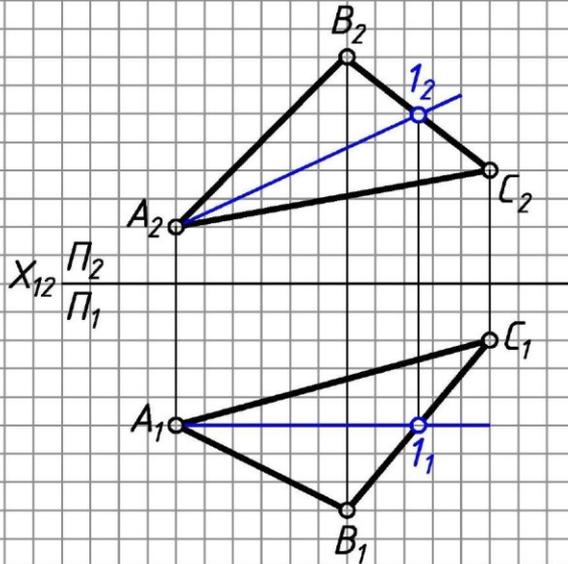




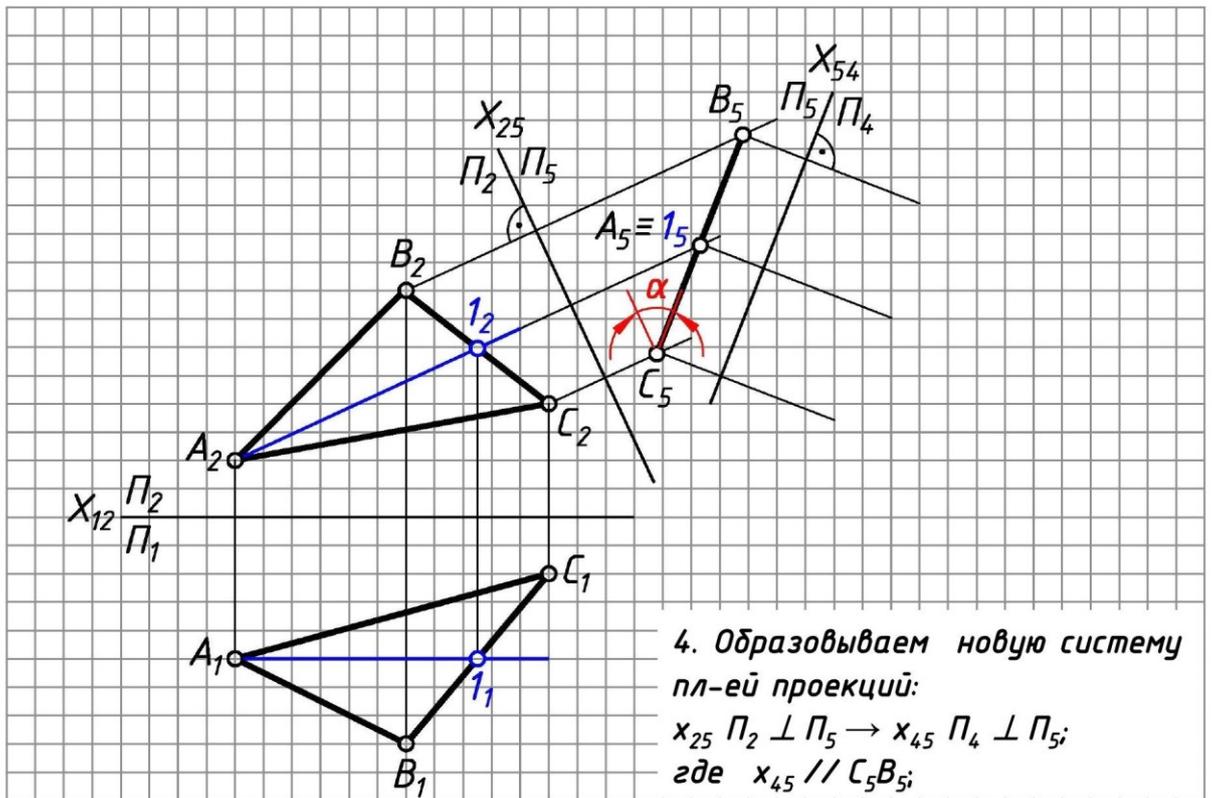
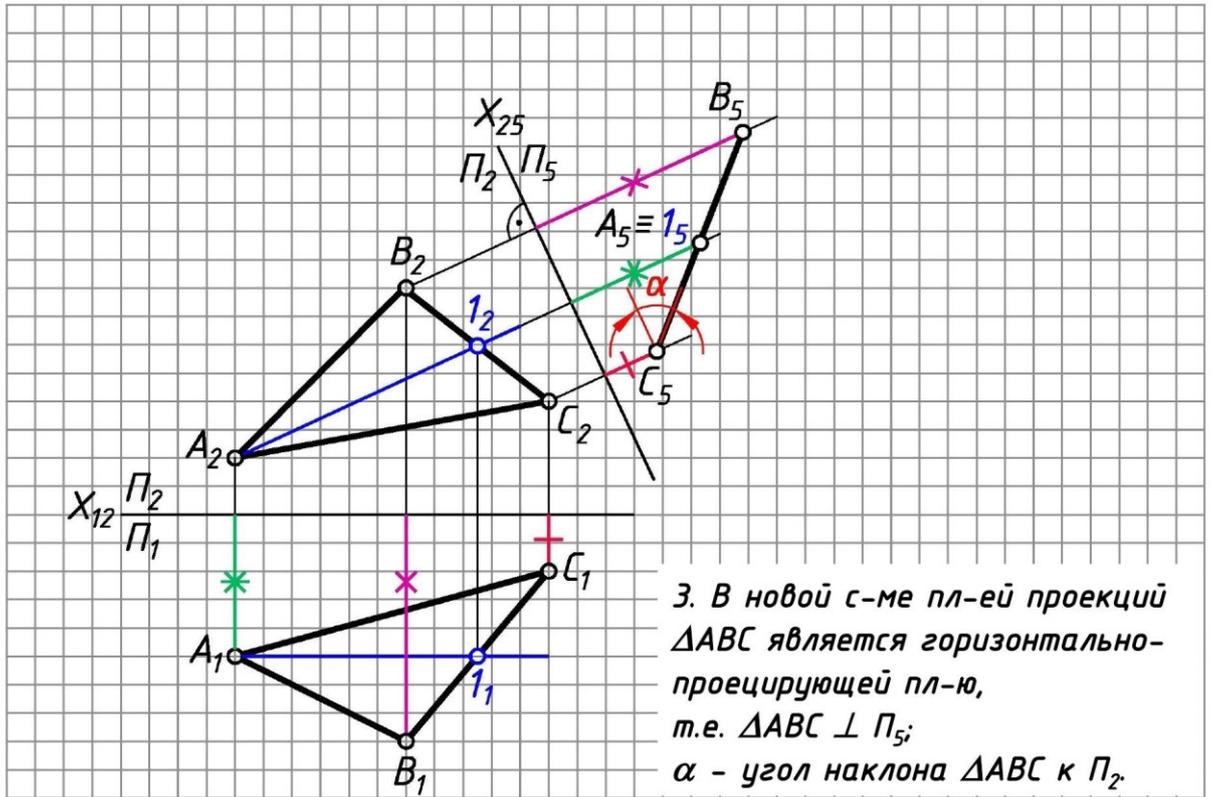


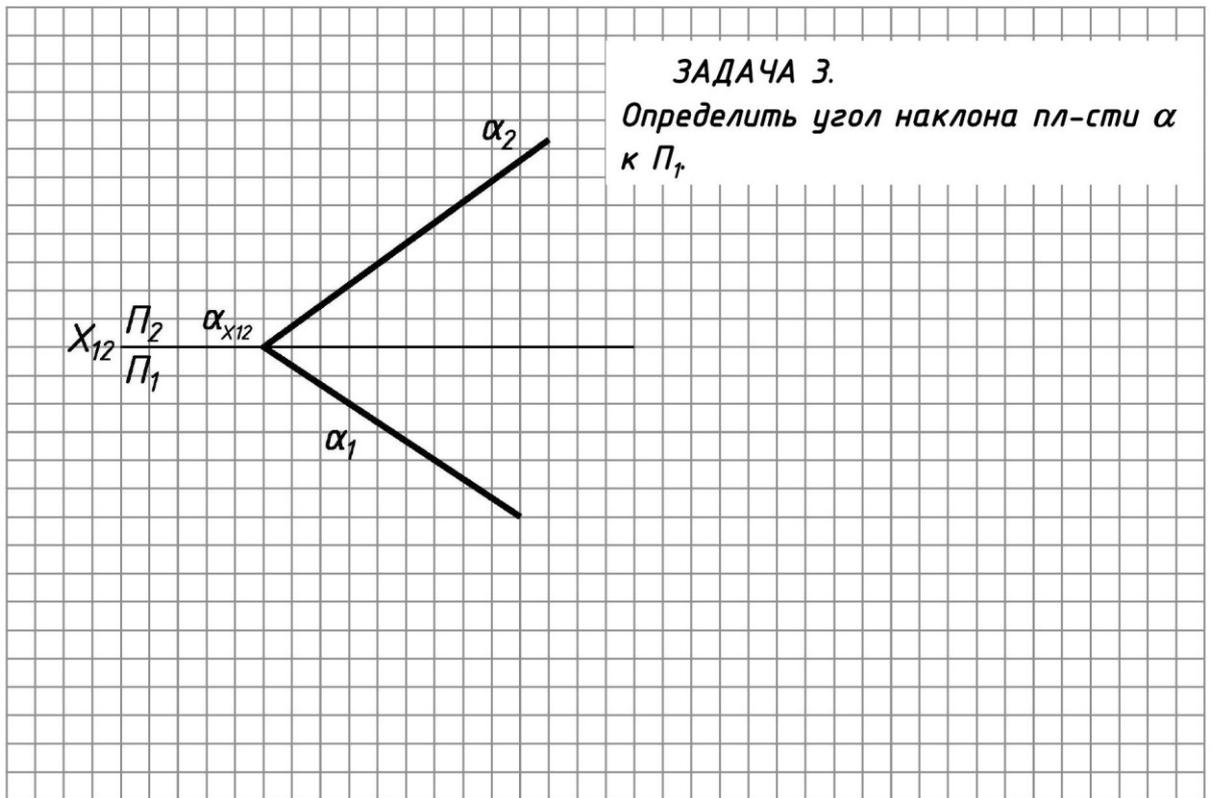
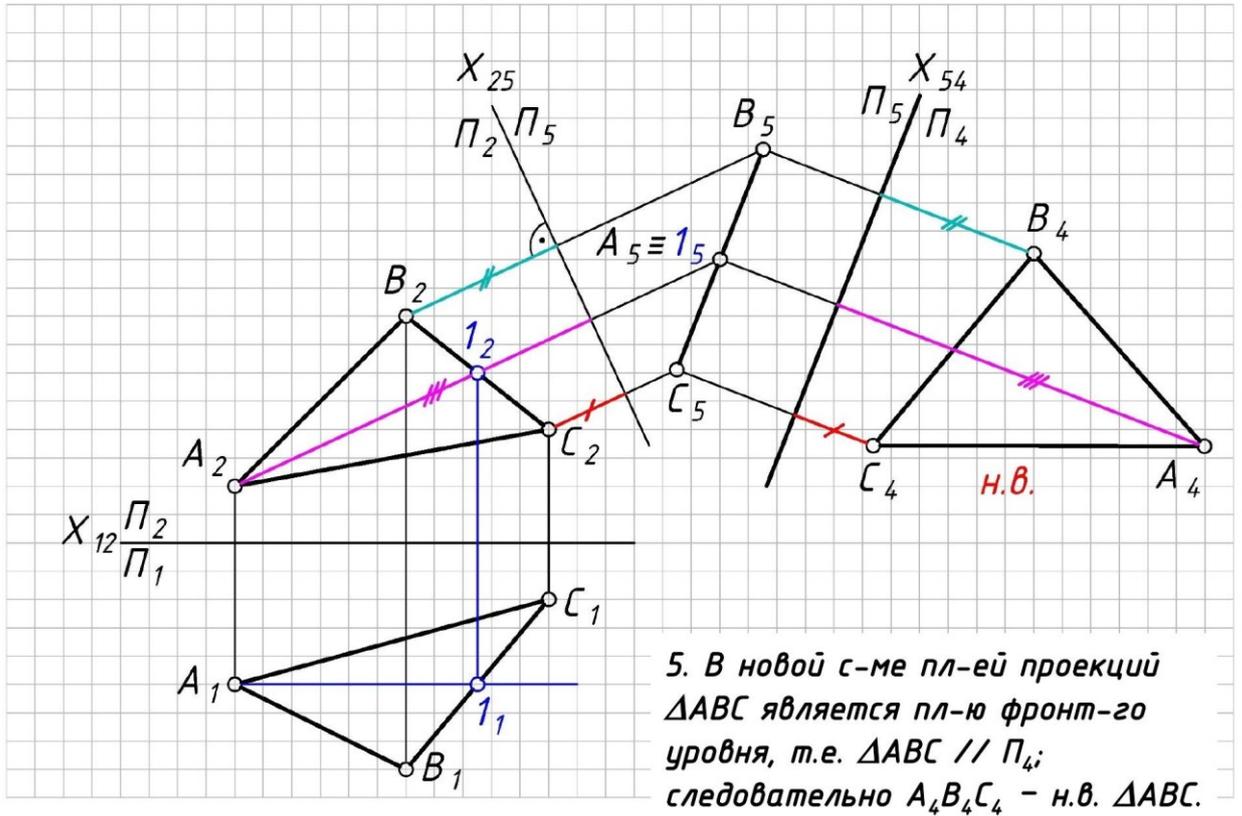
**Решение:**

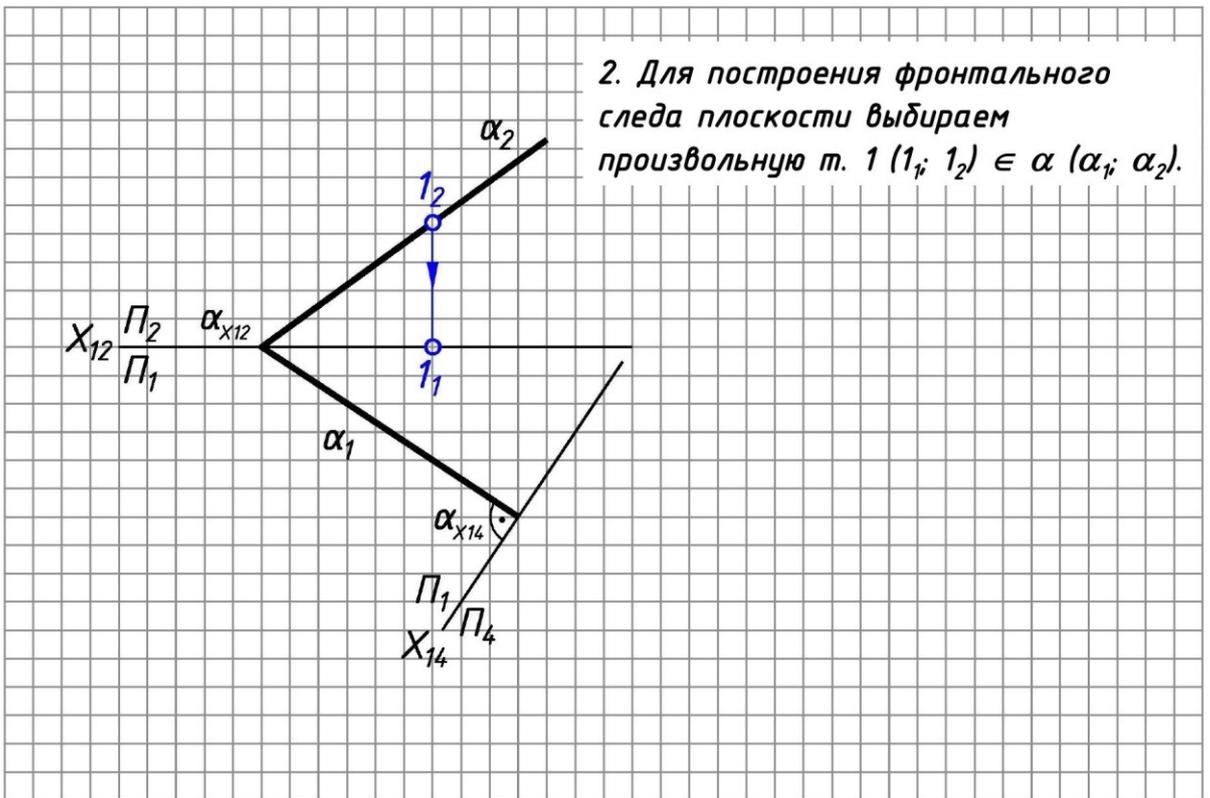
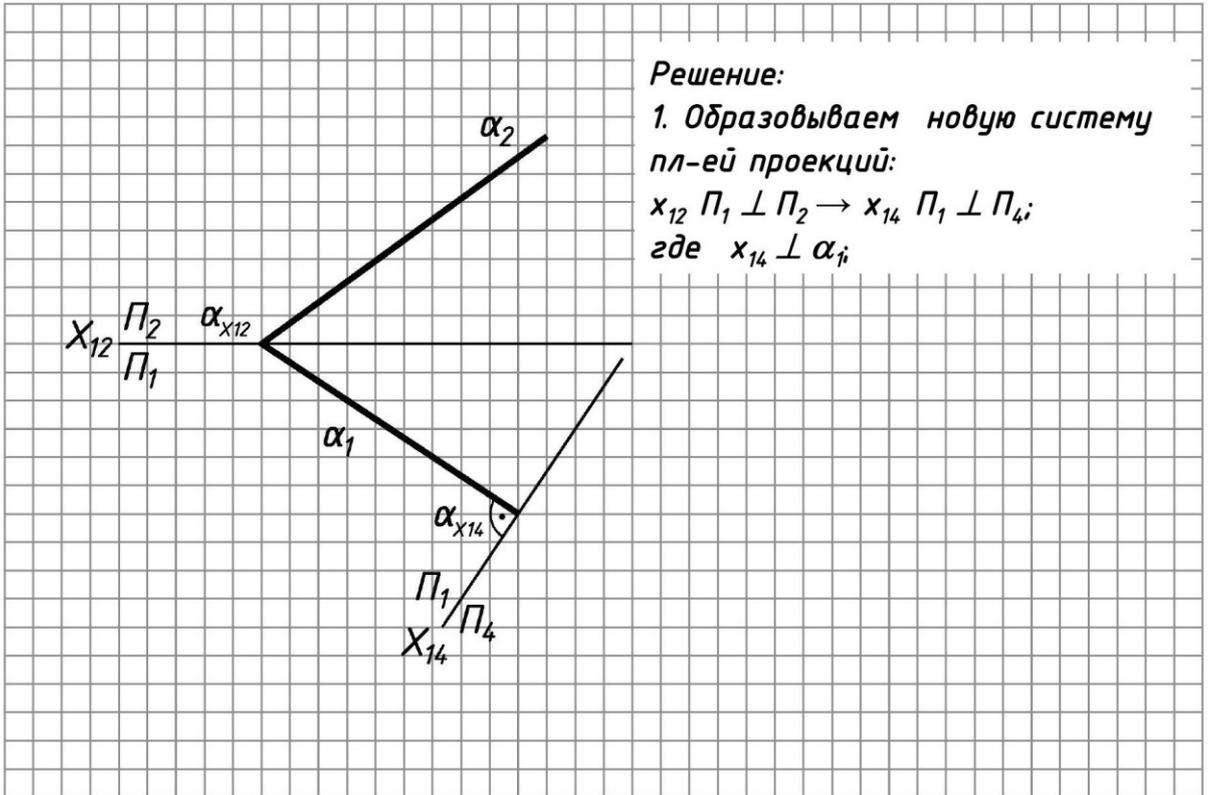
1. Выбираем новое направление проецирования. Для этого строим фронталь  $A_11_i; A_21_2$  плоскости  $\Delta ABC$ .

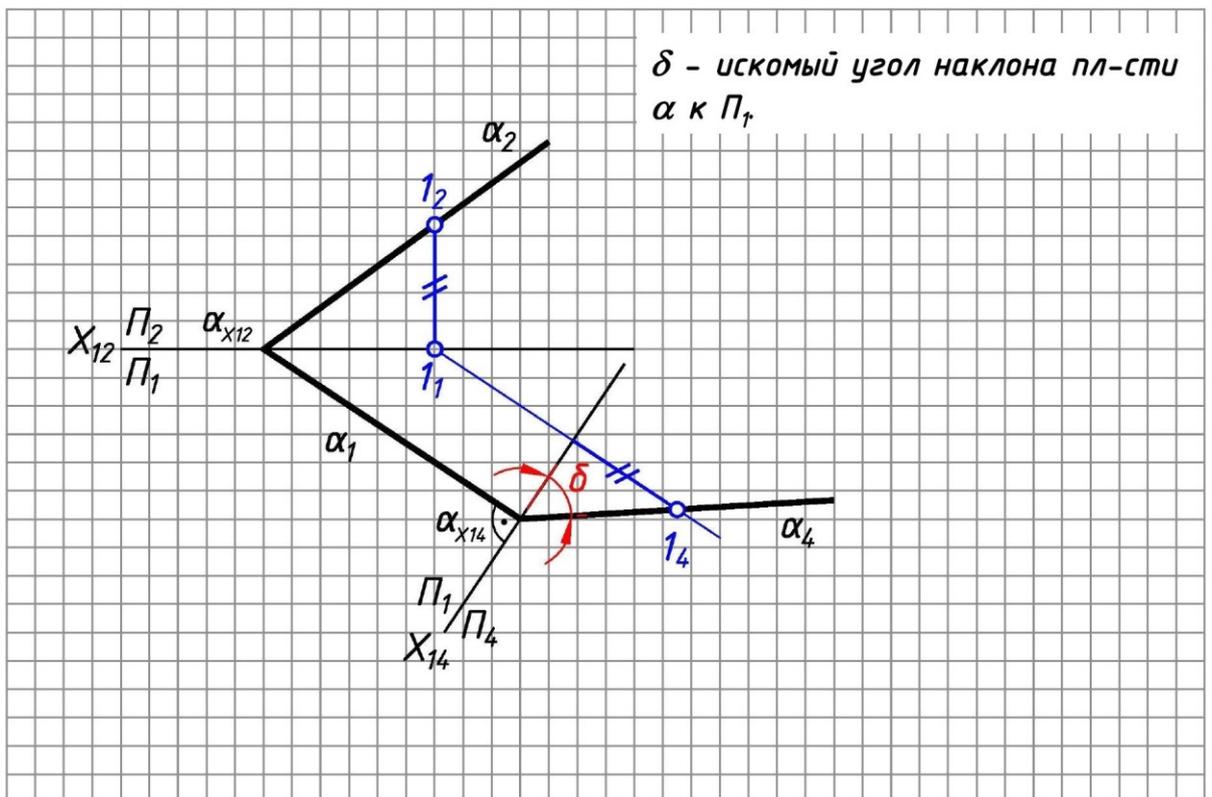
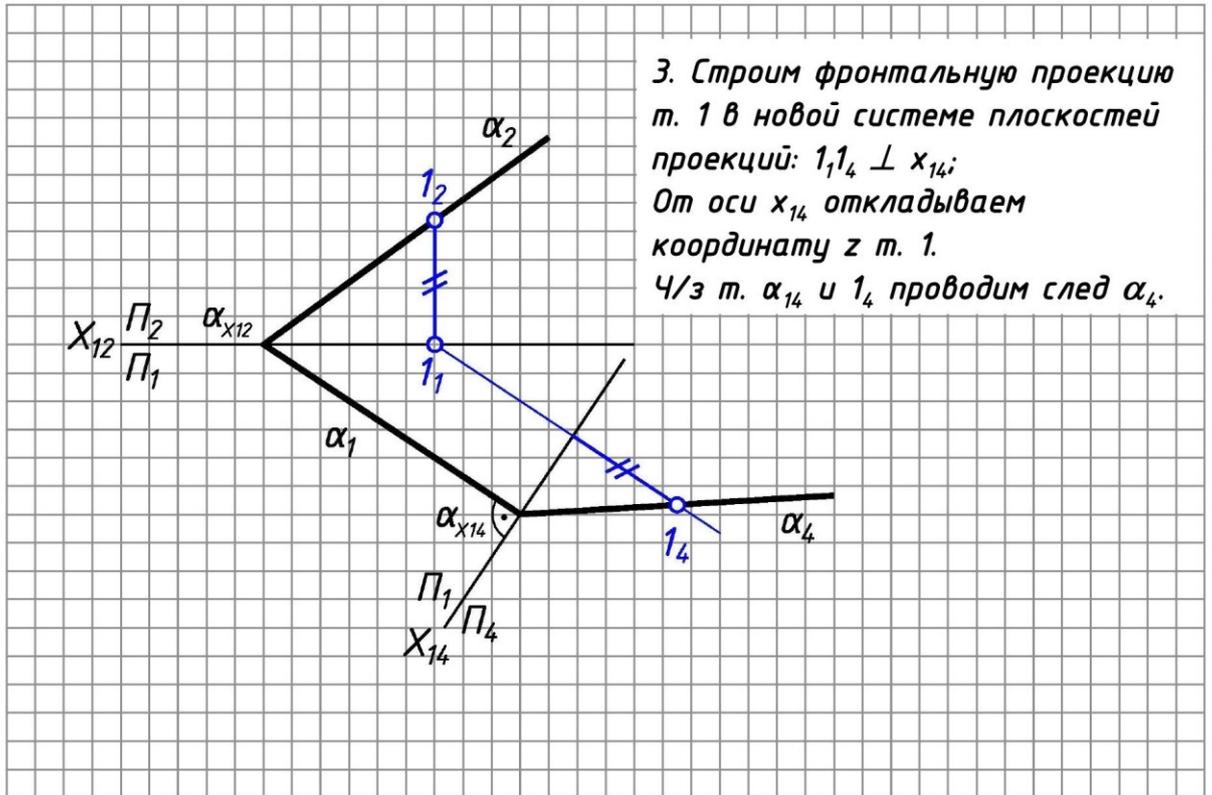


2. Образовываем новую систему пл-ей проекций:  
 $x_{12} \Pi_1 \perp \Pi_2 \rightarrow x_{25} \Pi_2 \perp \Pi_5$ ;  
где  $x_{25} \perp A_21_2$









### 1.3. Лекция «Моделирование геометрических тел и поверхностей в AutoCAD»

[#ТеоретическийРаздел](#)

#### 1. Структура геометрического моделирования

**Моделирование** – это один из основных способов исследования реальных процессов и явлений, который используется практически во всех областях научных знаний. По сути, геометрическая и математическая модели, плоский чертеж реального объекта – это равноценные его модели, используемые для исследования тех или иных свойств.

В частности, геометрическое моделирование позволяет изучать пространственные формы, отношения, закономерности и свойства объектов.

**Структурная схема геометрического моделирования** включает в себя четыре основополагающих компонента (рис. 1.1):



Рисунок 1.1. Структурная схема геометрического моделирования

1) *Оригинал или объект моделирования*. При моделировании трехмерного пространства на экране монитора получают ортогональные проекции, аксонометрию, перспективу, проекции с числовыми отметками. Кроме того, объектами моделирования могут являться и любые другие многообразия, но это уже будут многомерные и нелинейные модели, исследование которых является актуальной и до сих пор нерешенной до конца проблемой для современной науки.

2) *Область модели* – это носитель модели, где осуществляется ее отображение. Как правило, она представляет собой экран монитора, однако, для отображения также может быть выбрано любое другое многообразие.

3) *Аппарат моделирования* определяет способы задания 3D-моделей. Выделяют:

– аналитические (моделирование с явным заданием геометрии – задание оболочки);

– кинематические (операции «Выдавить», «Сдвиг», «Вращать», «По сечениям» и некоторые другие);

- конструктивные (использование базовых элементов формы и булевых операций над ними – «Объединение», «Вычитание», «Пересечение»);
- параметрические (зависимые параметры, устанавливающие соотношение между размерными и геометрическими характеристиками);
- комбинированные способы.

4) И, наконец, *модели* по своему представлению подразделяют на каркасные, поверхностные и твердотельные (рис. 1.2).

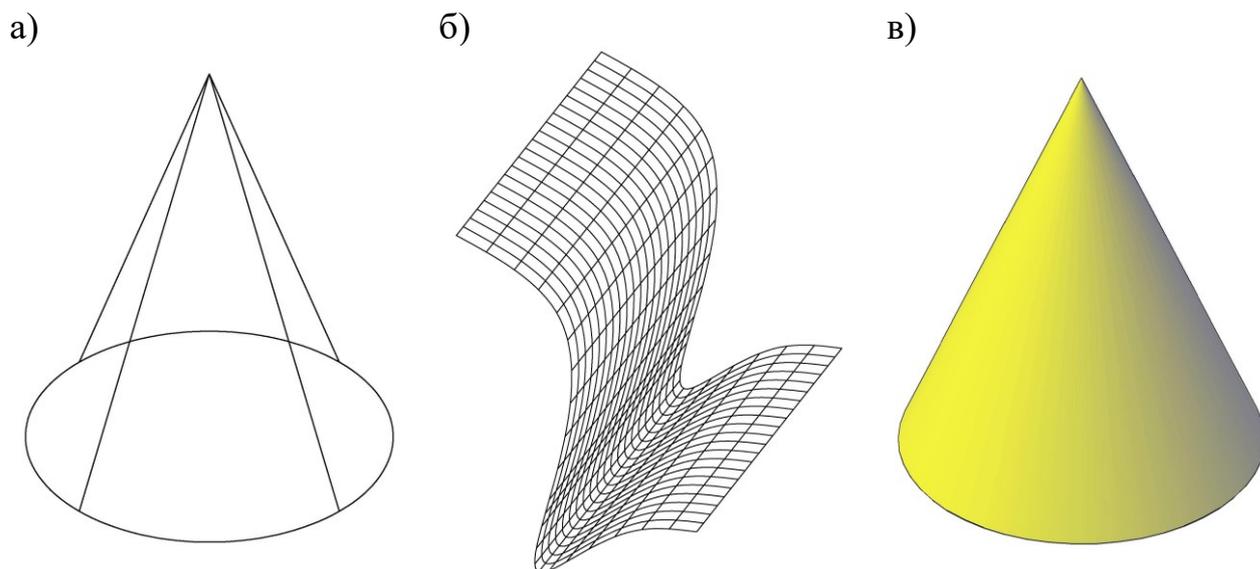


Рисунок 1.2. Виды моделей по представлению:  
 а) – каркасная; б) – поверхностная; в) - твердотельная

## 2. Настройка рабочего пространства в AutoCAD

Система автоматизированного проектирования AutoCAD обладает гибким интерфейсом и позволяет настраивать рабочее пространство, представляющее собой определенным образом сгруппированные панели инструментов и меню, в соответствии с поставленной задачей.

По умолчанию в AutoCAD предопределены следующие рабочие пространства:

- Рисование и аннотации;
- Основы 3D;
- 3D моделирование;
- классический AutoCAD.

Их переключение осуществляется на соответствующей панели.

Следует также различать пространство модели и пространство листов. Построение модели (плоской или пространственной) осуществляется в пространстве модели в натуральную величину. Компонировка и оформление чертежа производится в пространстве листа.

Следует отметить, что выполнение любой команды в AutoCAD может реализовываться различными способами, которые подробно описаны в справке по AutoCAD. Справка вызывается нажатием кнопки F1.

### 3. Моделирование геометрических тел

При моделировании твердотельных объектов используют тела и поверхности.

Для их построения важно знать закон образования поверхности, определяющий соответствующий алгоритм для ее создания посредством аппарата моделирования.

#### 3.1 Моделирование базовых твердотельных элементов формы

В AutoCAD предусмотрена возможность создания следующих базовых твердотельных форм, называемых твердотельными примитивами:

- прямого конуса с круговым или эллиптическим основанием, а также усеченного конуса;
- прямого цилиндра с круговым или эллиптическим основанием;
- шара;
- тора;
- пирамиды, основанием которой является многоугольник (от 3 до 32 сторон), вписанный в окружность, а высота параллельна оси Z, а также усеченной пирамиды.

Соответствующие команды расположены на инструментальной панели «Моделирование». Их реализация подробно описана в справке (нажать кнопку команды, затем F1).

#### 3.2 Моделирование поверхностей вращения с помощью команды «Вращать»

**Поверхности вращения** – это поверхности, получаемые от вращения некоторой образующей вокруг неподвижной линии – оси вращения.

Для их моделирования предусмотрена команда  «Вращать» на панели «Моделирование».

Следует отметить, что при вращении замкнутого объекта получается тело, а при вращении разомкнутого – поверхность.

Рассмотрим моделирование поверхности вращения на примере.

#### Пример 1.

Задан ортогональный чертеж поверхности вращения (см. рис. 1.3). Необходимо построить 3D модель заданной поверхности.

Решение:

##### 1) Построение контура вращения.

Для построения модели используем фронтальную проекцию поверхности. При этом объектом вращения является образующая, находящаяся по одну сторону от оси вращения. Поэтому обрезаем проекцию до оси вращения с помощью команды  «Обрезать» на панели инструментов «Изменить» («Редактирование») (рис. 1.4, а). Также удаляем лишние линии с помощью клавиши Delete.

Для создания тела необходимо вращать замкнутый контур, поэтому достраиваем недостающий вертикальный отрезок (рис. 1.4, б).

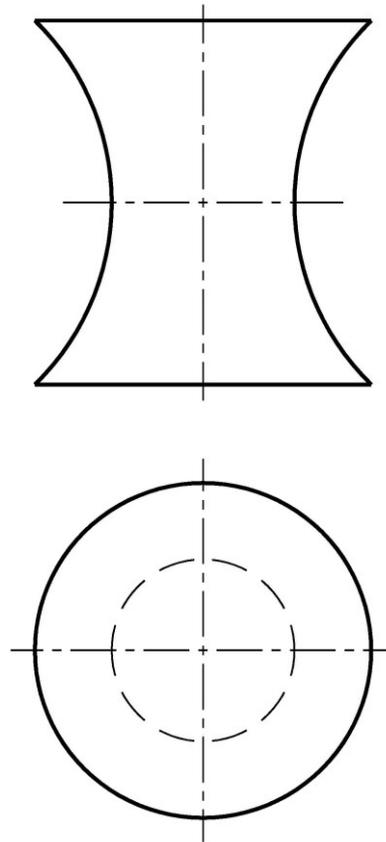


Рисунок 1.3. Задание к примеру 1

Для создания замкнутого контура используем команду  «Область» на панели «Черчение» («Рисование»). Важно, что область создается только из попарно соединенных прямых и (или) кривых линий, имеющих **общие конечные точки**. При успешном выполнении команды наведение курсора мыши на любую линию области приводит к выделению всего замкнутого контура (рис. 1.4, в).

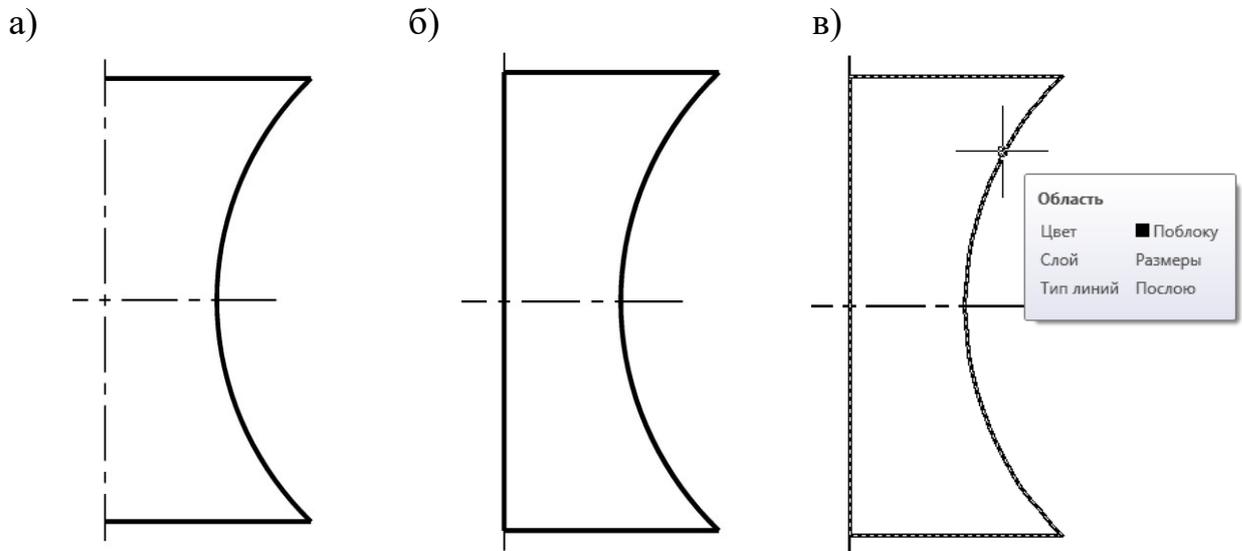


Рисунок 1.4. Этапы создания замкнутого контура

2) *Создание 3D модели* осуществляем с помощью команды  «Вращать».

3) *Изменение представления модели* осуществляется с помощью панели «Визуальные стили». Выбираем визуальный стиль «Концептуальный». Устанавливаем вид «СВ изометрия» на панели «Вид» (рис. 1.5, а).

4) *Ориентация модели в пространстве*. Ось вращения поверхности должна быть направлена вдоль оси Z, поэтому необходимо осуществить ее поворот относительно оси X на  $90^\circ$ .

Для этого выбираем команду  «3D поворот» на панели «Моделирование». Выбираем ЛК объект вращения, нажимаем Enter. Появляются ручки вращения в соединении с курсором. ЛК выбираем базовую точку, затем наводим курсор на красную ручку до появления оси вращения (ось X) (рис. 1.5, б). Вводим с клавиатуры угол поворота 90 и нажимаем Enter (см. рис. 1.5, в). Следует отметить, что по умолчанию в AutoCAD при задании положительного значения угла поворот осуществляется против часовой стрелки, отрицательного – по часовой стрелке.

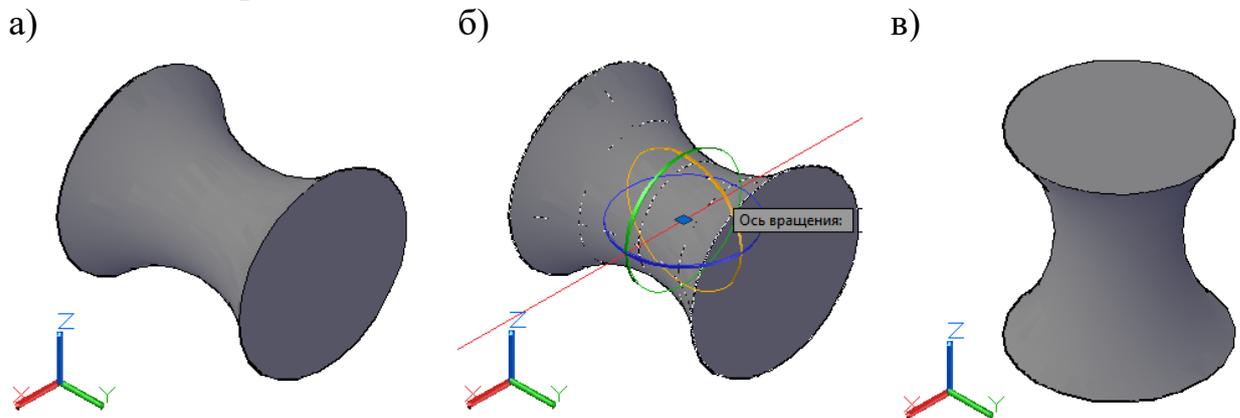


Рисунок 1.5. Ориентация 3D модели в пространстве

*Примечание:* Последовательность действий при выполнении всех команд подробно описана в справке по AutoCAD, которая вызывается нажатием клавиши F1.

### 3.3 Моделирование прямых и наклонных призм и цилиндров с помощью команды «Выдавить»

Команда  «Выдавить» на панели «Моделирование» позволяет создавать 3D тела путем выдавливания объекта в заданном направлении и на заданное расстояние. Важно, что для создания тела необходимо выдавливать замкнутый контур. По умолчанию выдавливание объекта осуществляется вдоль оси Z, однако возможно выдавливание и вдоль заданной траектории (оси).

Рассмотрим моделирование наклонного кругового цилиндра.

#### Пример 2

Задан ортогональный чертеж наклонного кругового цилиндра (см. рис. 1.6). Необходимо построить 3D модель заданной поверхности.

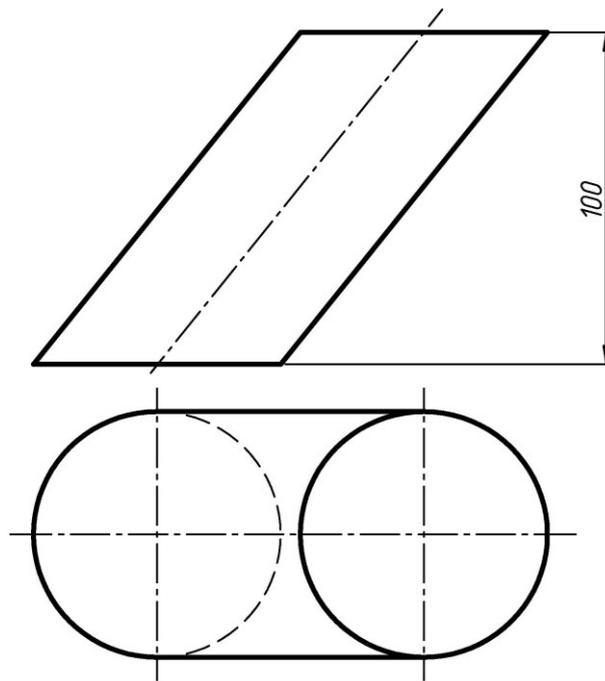


Рисунок 1.6. Задание к примеру 2

Решение:

1) Для выдавливания используем горизонтальную проекцию. Переключаем вид «ЮЗ изометрия». Из центра верхнего основания восстанавливаем перпендикуляр на высоту цилиндра (100). Проводим ось цилиндра 12 и удаляем лишние линии как показано на рис. 1.7.

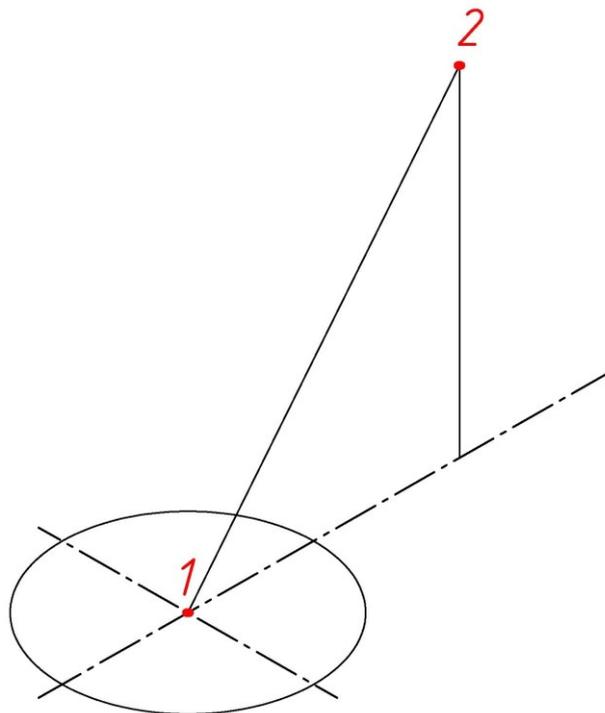
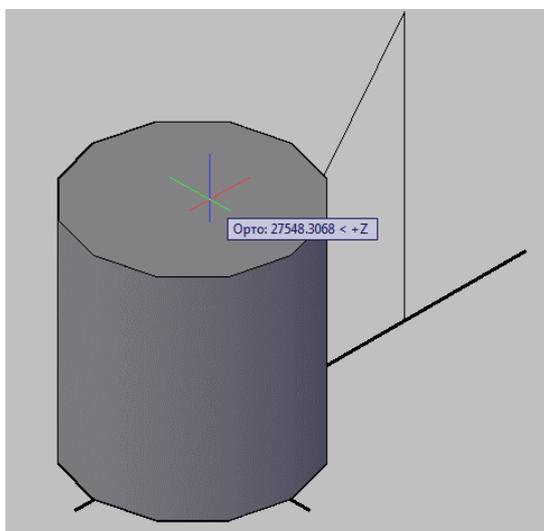


Рисунок 1.7. Контур и траектория выдавливания

2) Вызываем команду «Выдавить». ЛК выбираем контур для выдавливания, нажимаем Enter. В командной строке появится запрос: *Высота выдавливания [Направление\ Траектория\ Угол сужения]*. Для построения прямого цилиндра

необходимо ввести его высоту (рис. 1.8, а). Для построения наклонного цилиндра необходимо вызвать опцию «Траектория» (ввести т (большая буква в команде) +Enter) и выбрать ЛК ось 12 (рис. 1.8, б).

а)



б)

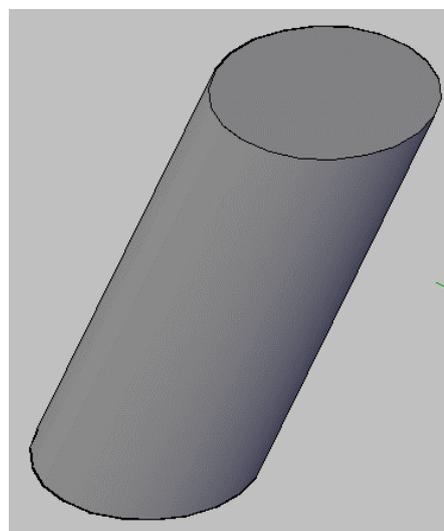


Рисунок 1.8. Моделирование цилиндра: а) прямого; б) наклонного

### 3.4 Моделирование наклонных конусов и пирамид с помощью команды «По сечениям»

С помощью команды «По сечениям» на панели «Моделирование» выполняется построение 3D тела или поверхности между поперечными сечениями. При использовании команды необходимо задать не менее двух поперечных сечений. В качестве первого или последнего поперечного сечения может быть задана точка. Точка устанавливается в необходимое место с помощью команды  «Точка» на панели «Черчение» («Рисование») (рис. 1.9).

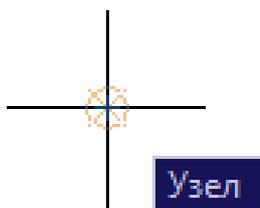


Рисунок 1.9. Пример установки точки

Рассмотрим моделирование наклонного кругового конуса.

#### Пример 3

Задан ортогональный чертеж наклонного кругового конуса (см. рис. 1.10). Необходимо построить 3D модель заданной поверхности.

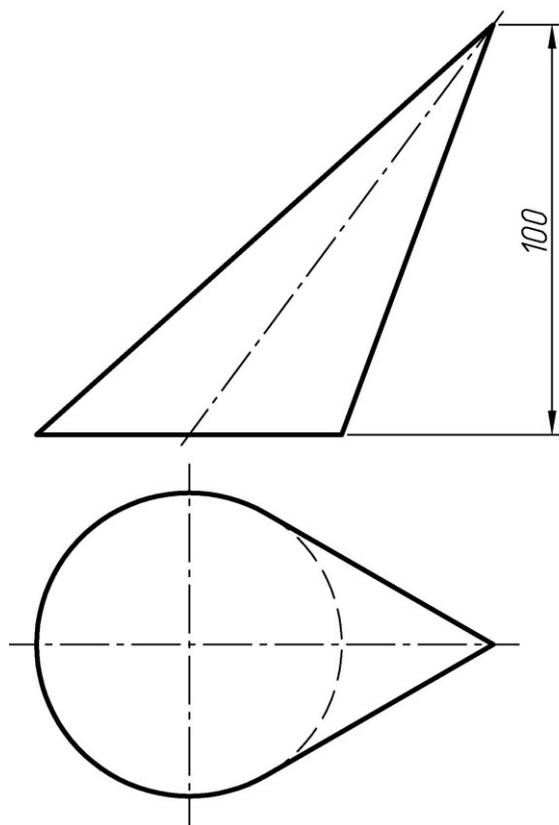
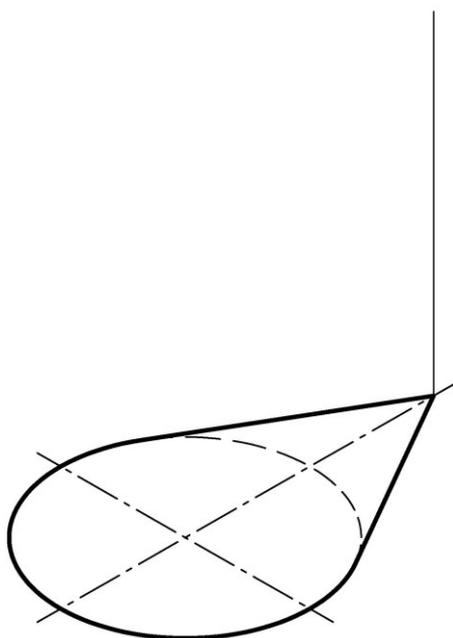


Рисунок 1.10. Задание к примеру 3

Решение:

1) Для построения модели используем горизонтальную проекцию. Переключаем вид «ЮЗ изометрия». Из вершины конуса восстанавливаем перпендикуляр на высоту конуса (100) (рис.1.11, а). Удаляем лишние линии. На вершине перпендикуляра с помощью команды «Точка» устанавливаем точку (на месте точки 1 на рис. 1.11, б).

а)



б)

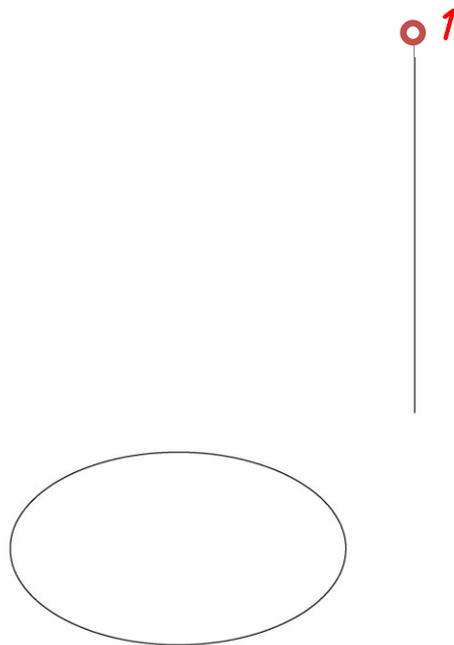


Рисунок 1.11. Подготовка к построению модели наклонного конуса

2. Вызываем команду «По сечениям». ЛК выбираем сечения в восходящем порядке – сначала точку, затем окружность и нажимаем Enter. В командной строке по умолчанию стоит опция [Только поперечные сечения]. Нажимаем Enter. Появляется диалоговое окно «Настройки сечений» (рис. 1.12), нажимаем ОК.

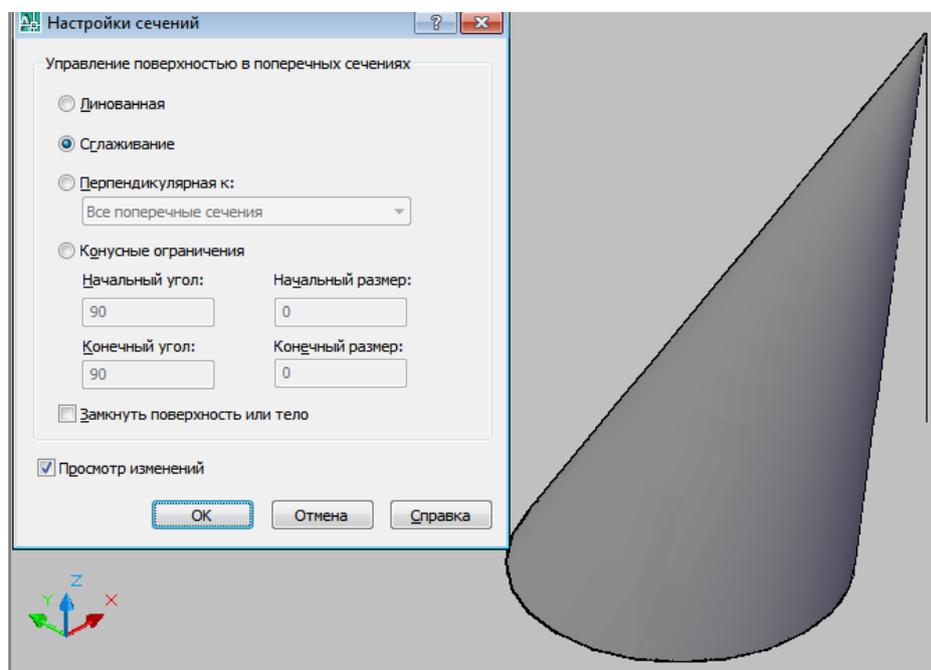
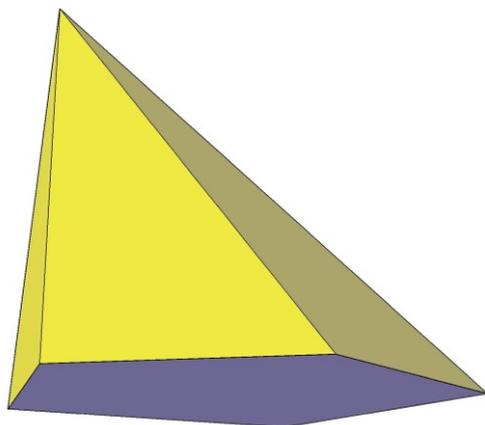


Рисунок 1.12. Моделирование наклонного конуса

Подобным образом можно построить и наклонную пирамиду, имеющую произвольное основание с точкой при вершине (рис. 1.13).

а)



б)

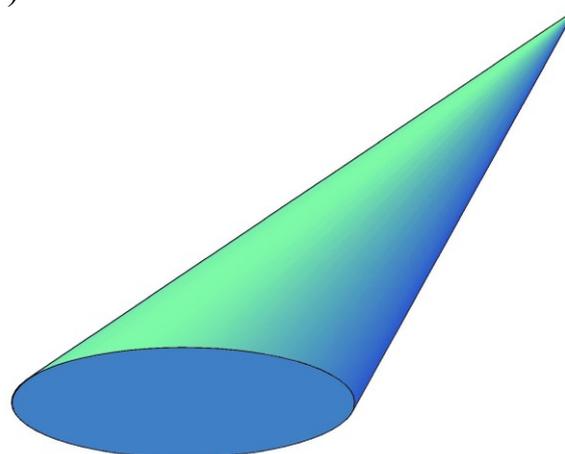


Рисунок 1.13. 3D модели: а) наклонной пирамиды; б) наклонного конуса

### 3.5 Моделирование пересечения поверхностей

Для пересечения поверхностей используем команду  «Объединение» на панели «Моделирование», которая позволяет объединить выбранные тела посредством сложения.

Рассмотрим пример.

#### Пример 4.

Задан ортогональный чертеж двух пересекающихся поверхностей (см. рис. 1.14). Необходимо построить 3D модель пересекающихся поверхностей и найти линию пересечения.

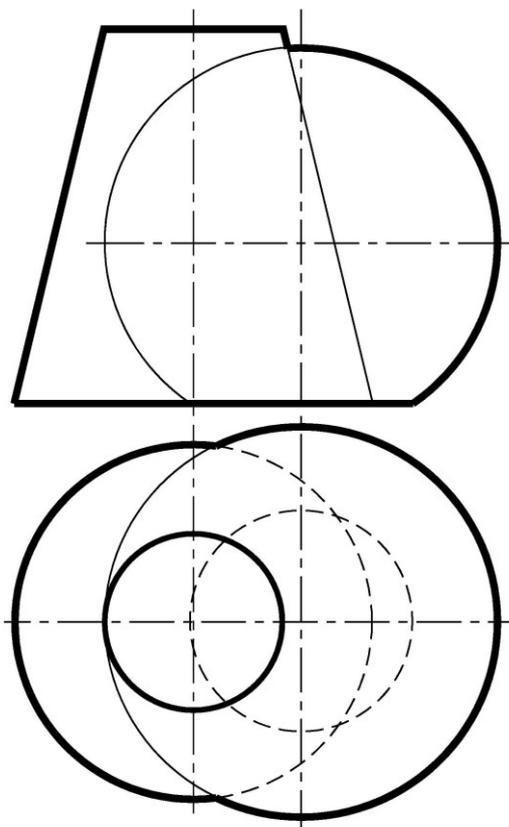


Рисунок 1.14. Задание к примеру 4

Решение:

1) *Моделирование поверхностей.*

Для построения модели используем фронтальную проекцию. Заданные поверхности вращения – это усеченный конус и усеченный шар. Для их моделирования можно использовать твердотельные примитивы (см. п. 3.1) или команду «Вращать». Выбираем второй способ (см. пример 1). Создаем контуры вращения (рис. 1.15, а) и с помощью команды «Вращать» создаем модели заданных поверхностей.

2) *Объединение поверхностей.*

С помощью команды «Объединение» моделируем пересечение поверхностей (рис. 1.15, б).

3) *Изменение представления модели.*

Выбираем визуальный стиль «Концептуальный». Устанавливаем вид «ЮЗ изометрия».

4) *Ориентация модели в пространстве.*

Ось вращения поверхности должна быть направлена вдоль оси Z, поэтому необходимо осуществить ее поворот относительно оси X на  $90^\circ$  (рис. 1.16).

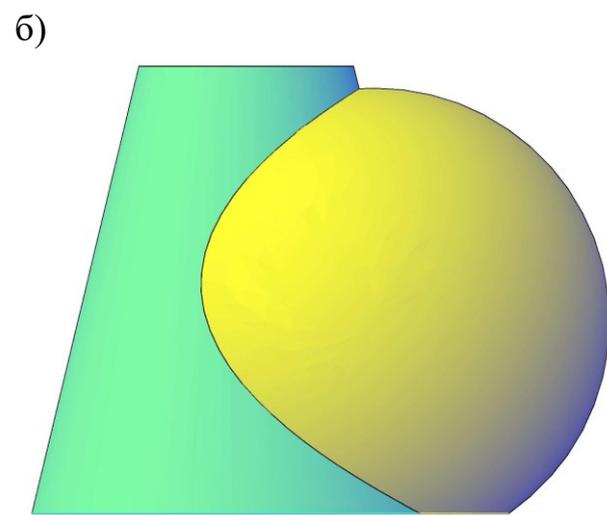
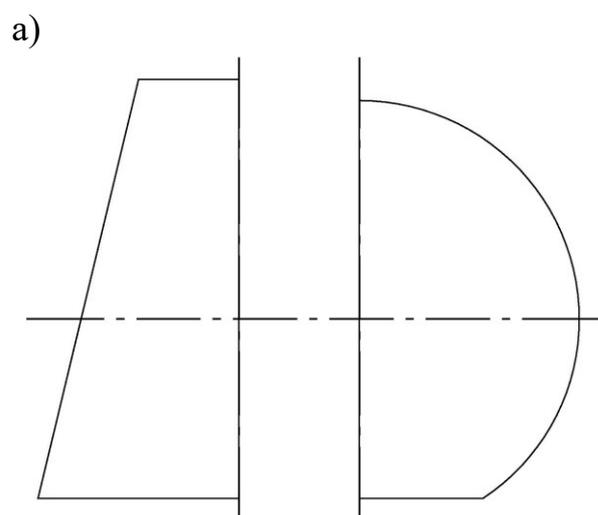


Рисунок 1.15. Моделирование поверхностей

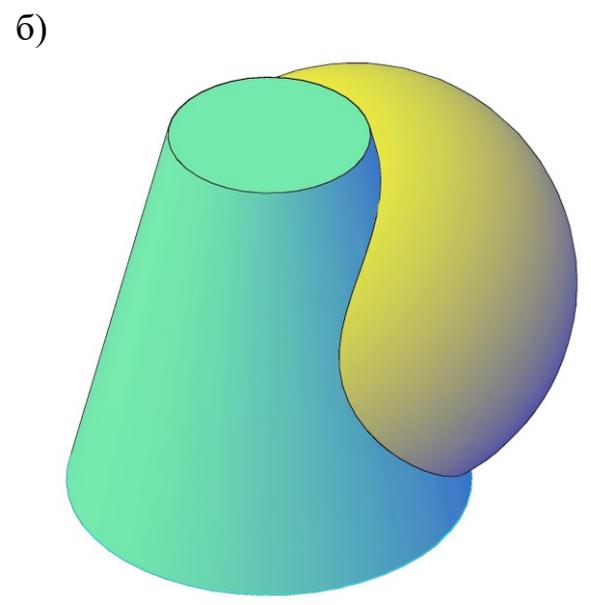
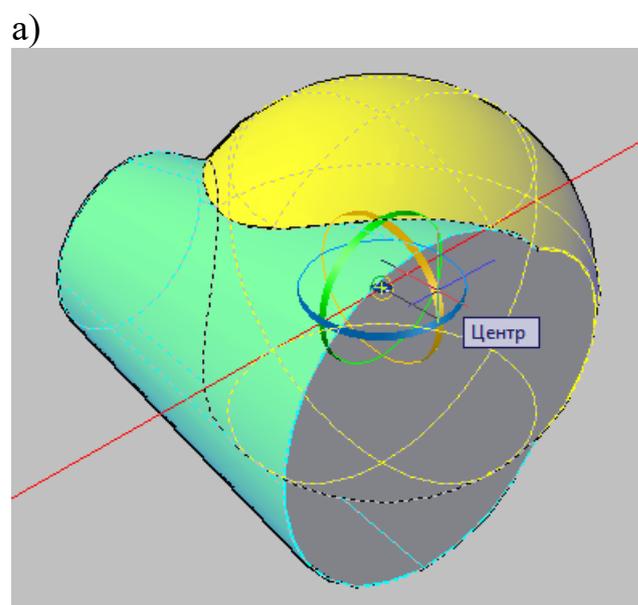


Рисунок 1.16. Ориентация модели в пространстве

## Сущность метода

Заключается в том, что объект ортогонально проецируется на горизонтальную плоскость, и у проекций точек ставятся числа (**числовые отметки**), показывающие расстояния от этих точек до условно принятой пл-ти проекций, которая называется *нулевой* ( $\Pi_0$ ).

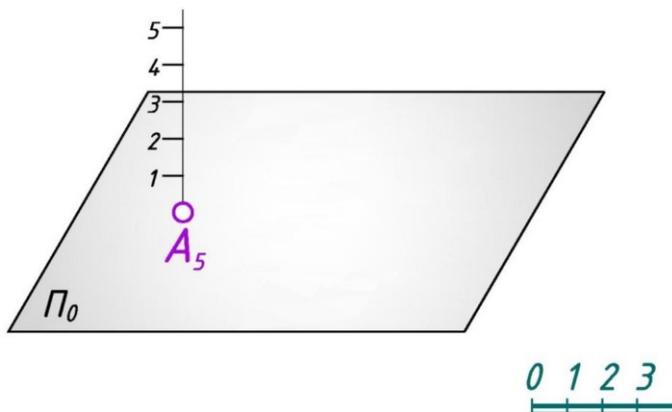
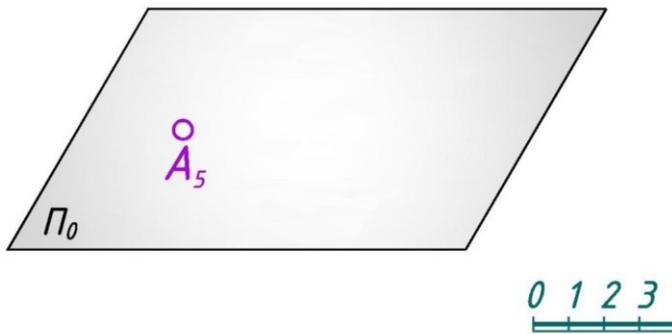
Если отметка отсчитывается вверх от плоскости, то она считается *положительной*, если отсчет идет вниз – *отрицательной*.

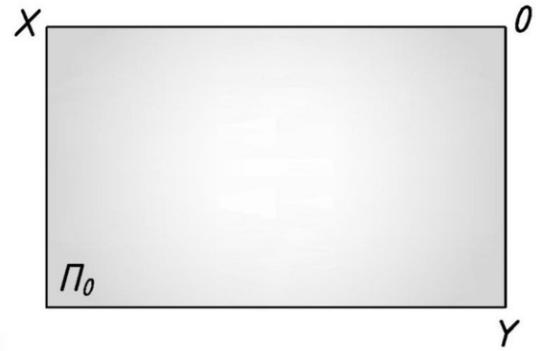
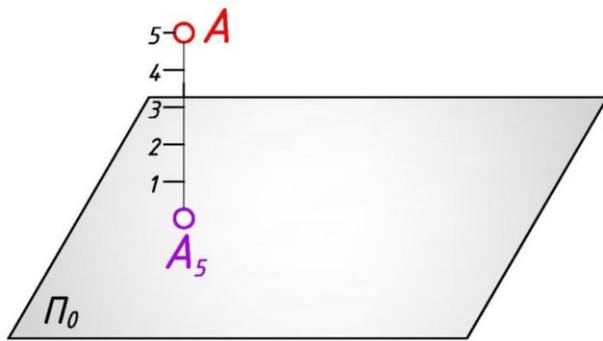
Чертежи в проекциях с числовыми отметками обязательно сопровождаются *линейным или числовым масштабом*.

## Изображение точки, прямой линии, плоскости

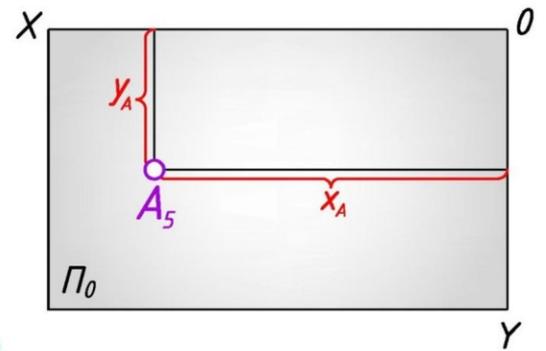
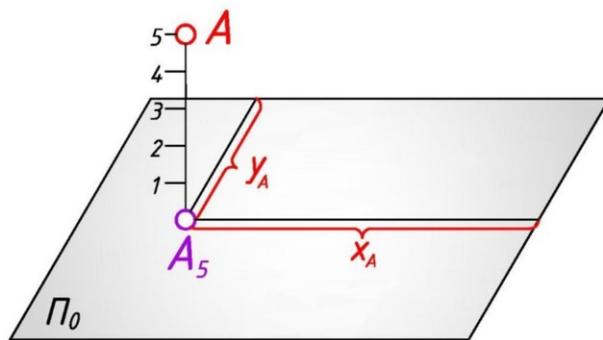
**Изображение точки.** В проекциях с числовыми отметками проекции точек наносят на плоскость по двум координатам, а ее третью координату указывают у проекции этой точки в виде числовой отметки.

Точка **A** имеет положительную отметку (расположена выше плоскости проекций  $\Pi_0$ ).



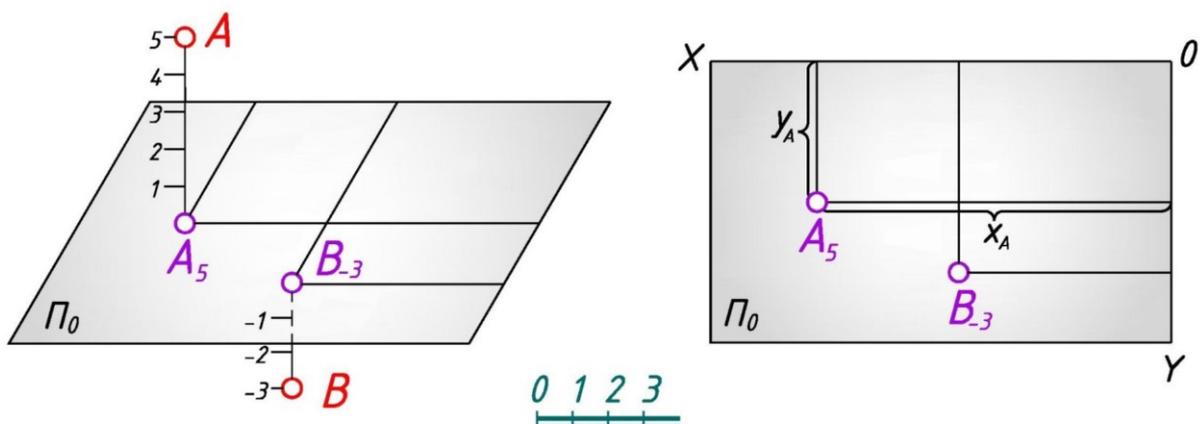


0 1 2 3

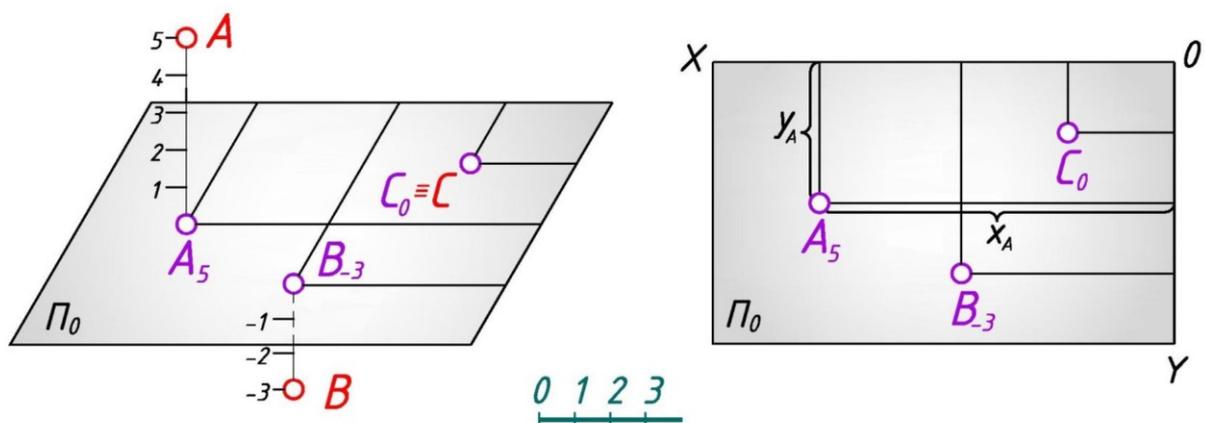


0 1 2 3

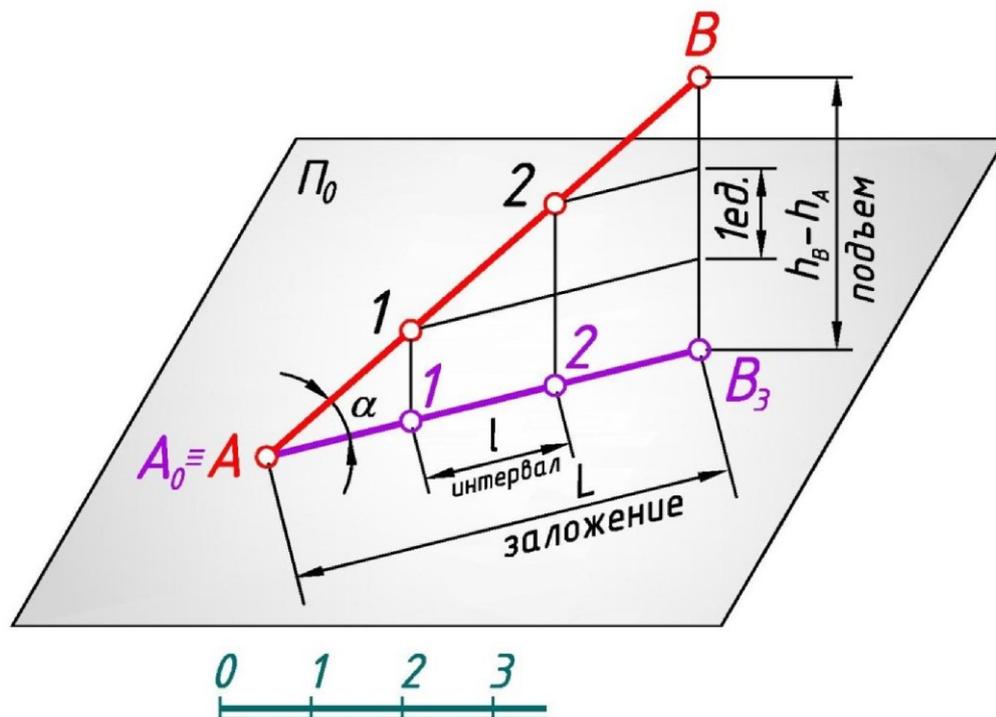
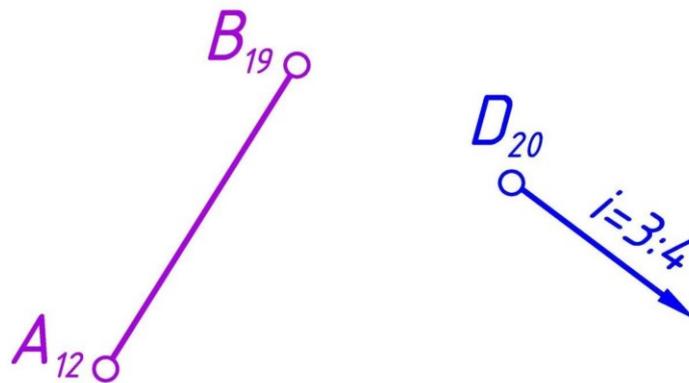
Точка **B** имеет отрицательную отметку (располагается ниже плоскости  $\Pi_0$ ).



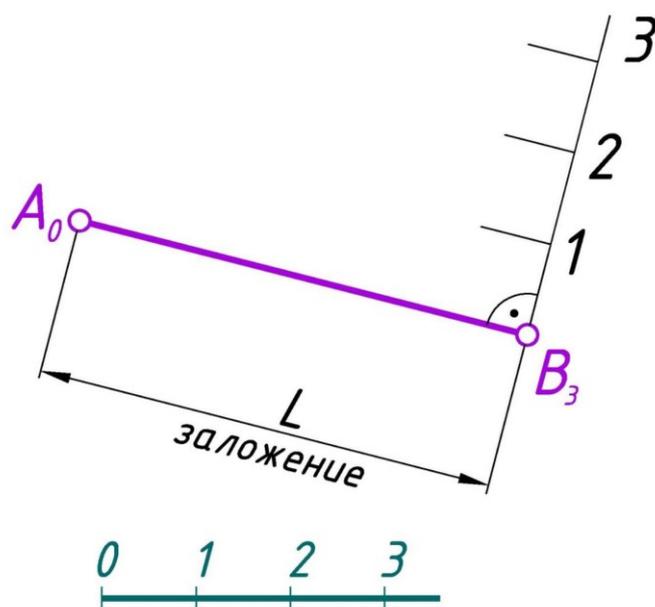
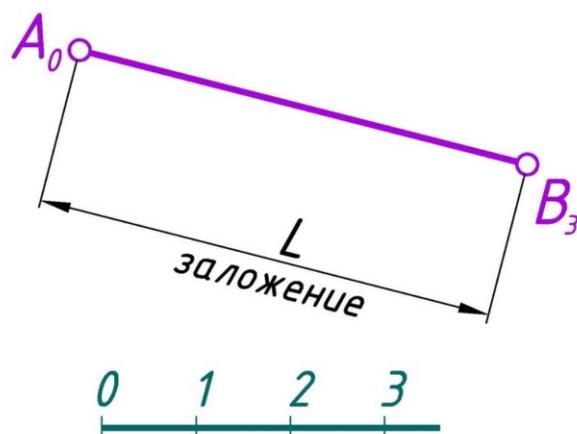
Точка **C** имеет нулевую отметку (принадлежит плоскости  $\Pi_0$ ).



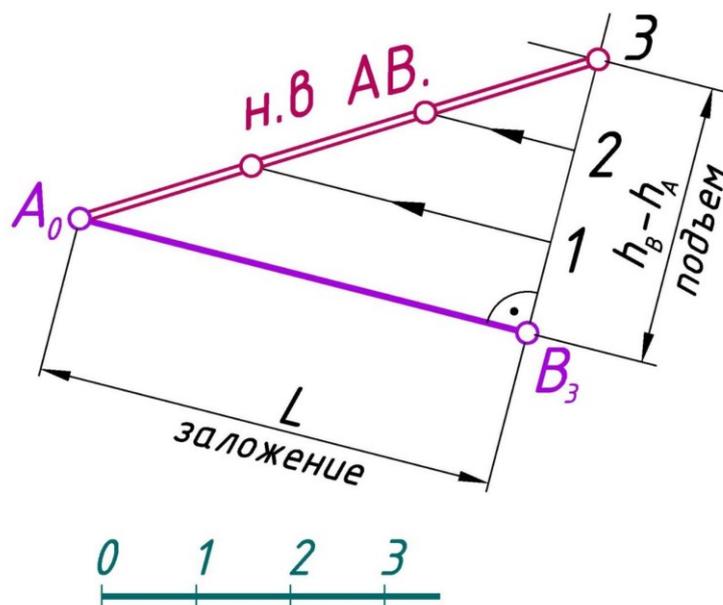
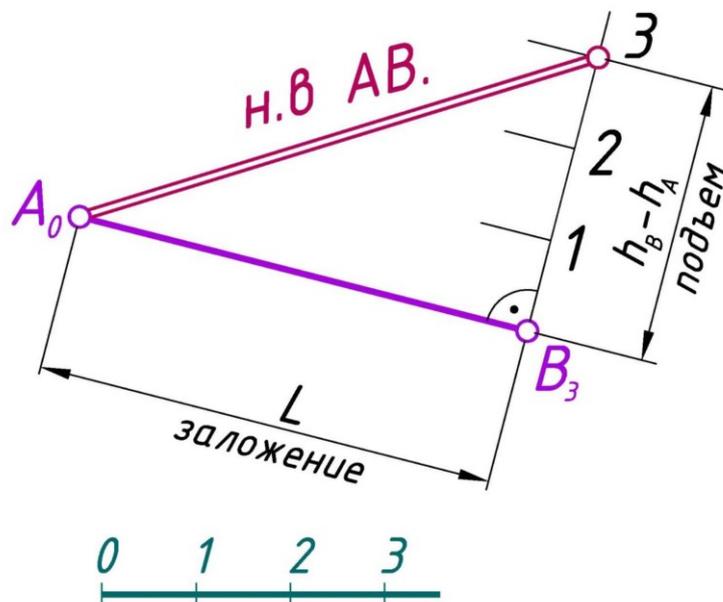
**Изображение прямой.** Положение прямой в пространстве определяется двумя ее точками, либо одной точкой и направлением (углом наклона и направлением падения (спуска)).

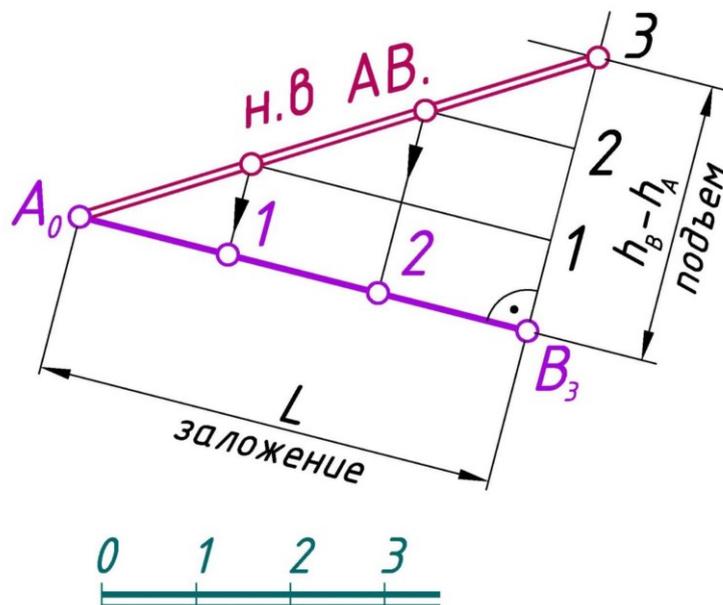


**Заложением ( $L$ )** отрезка  $AB$  называется длина его горизонтальной проекции.

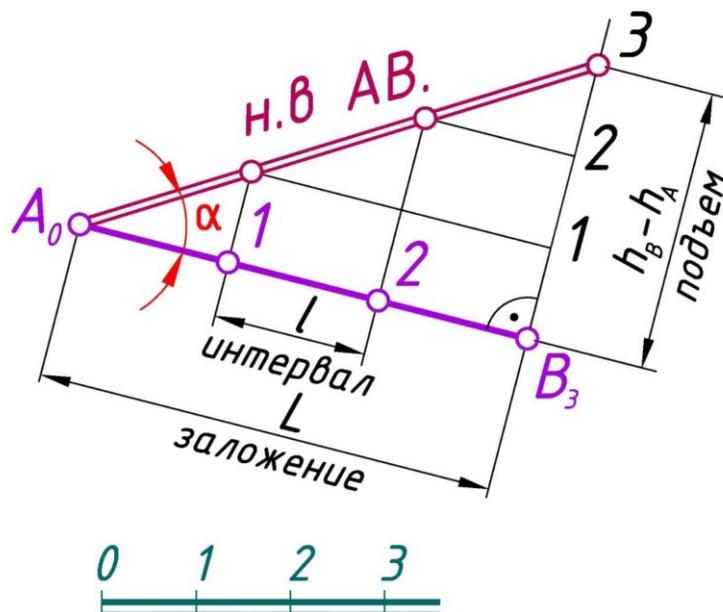


**Превышением (подъемом)** отрезка называется разность отметок его концов ( $\Delta h = h_B - h_A$ ).

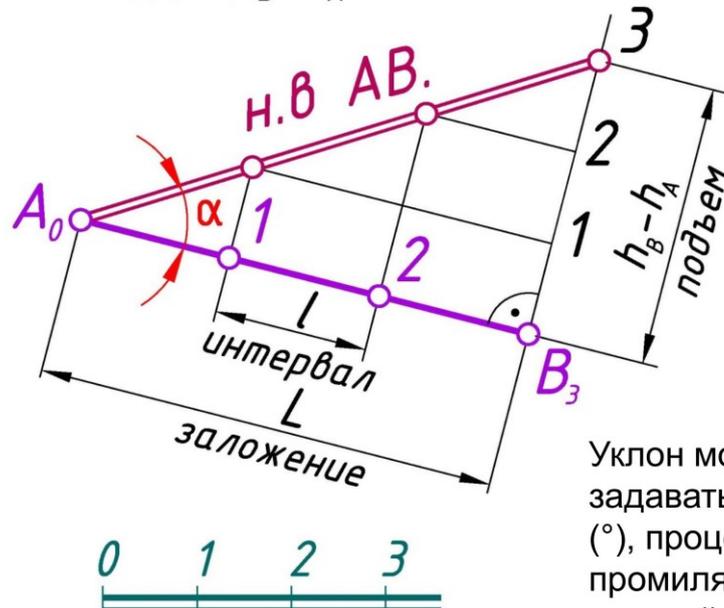




**Интервал (I)** – это заложение отрезка, разность отметок концов которого равна единице.



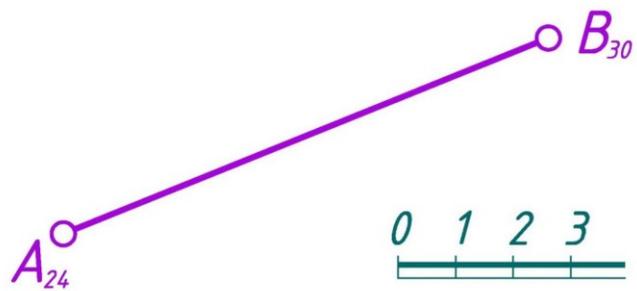
**Угол наклона прямой ( $\alpha$ )** – это угол наклона прямой к плоскости проекций  $\Pi_0$ . Обычно наклон прямой задают не *углом*  $\alpha$ , а *уклоном* ( $i$ ). *Уклоном отрезка* прямой ( $i$ ) является отношение его превышения к заложению, то есть  $\text{tg}(\alpha) = (h_B - h_A) / L = 1 / l$ , отсюда  $l = 1 / i$ .



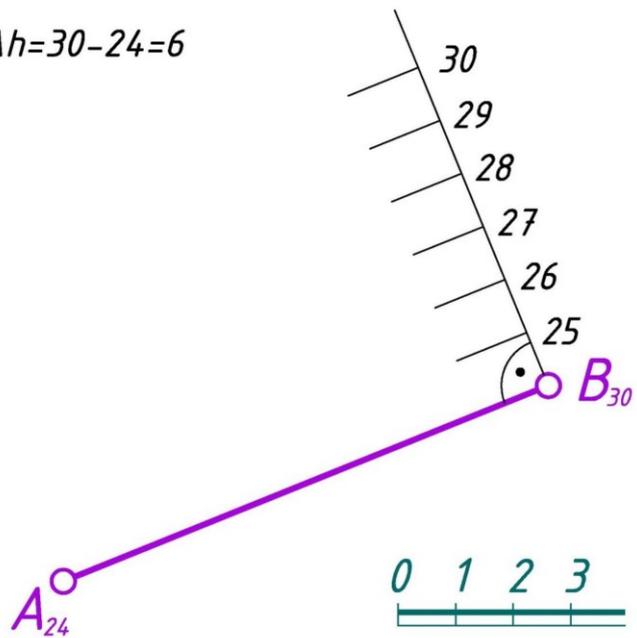
Уклон может задаваться в градусах ( $^\circ$ ), процентах (%), промилях (‰) или простой дробью.

**Градуированием** прямой линии называется определение на прямой точек с постоянной разностью координат (в целых единицах), т.е. построение интервалов. Градуировать прямую линию можно *графически* и *аналитически*.

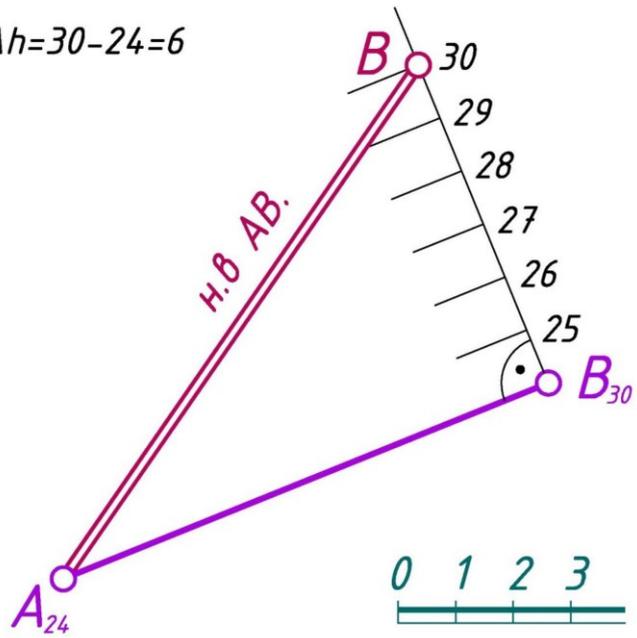
## Графический способ градуирования прямой



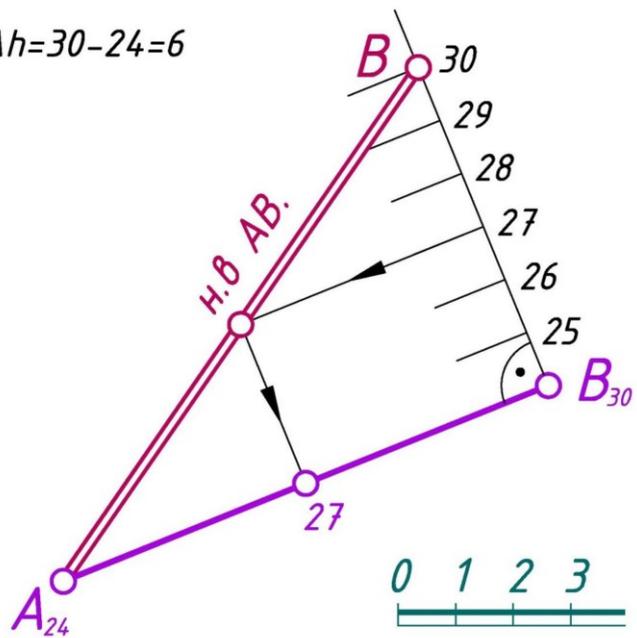
$$\Delta h = 30 - 24 = 6$$

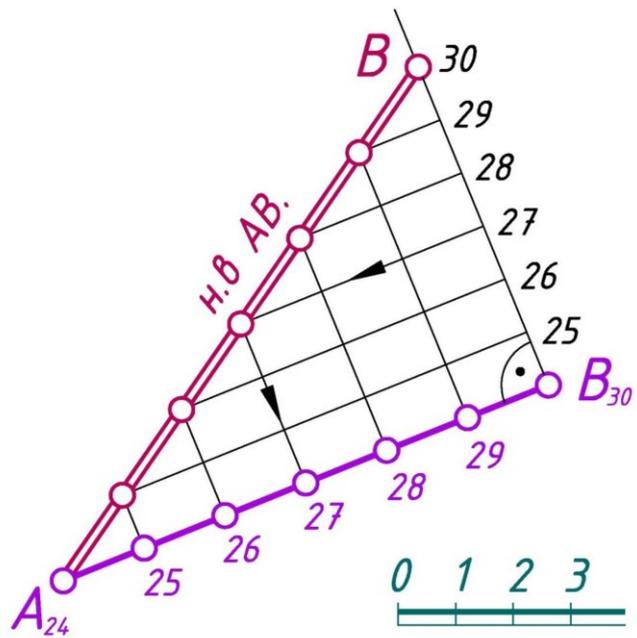


$$\Delta h = 30 - 24 = 6$$

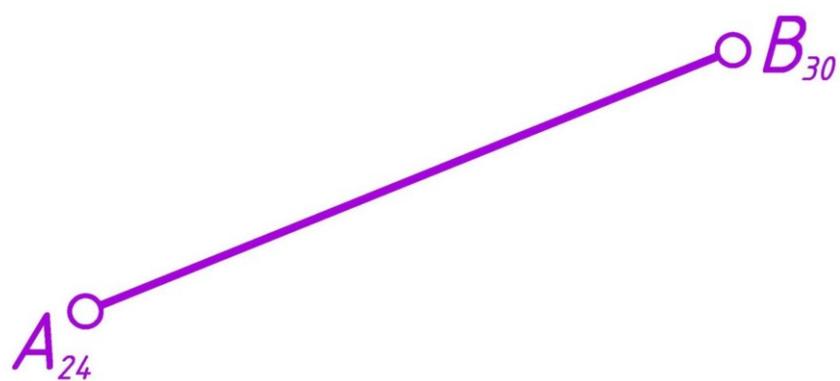


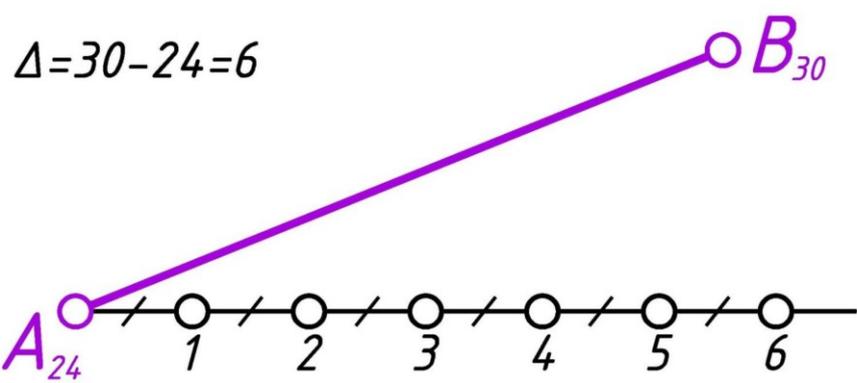
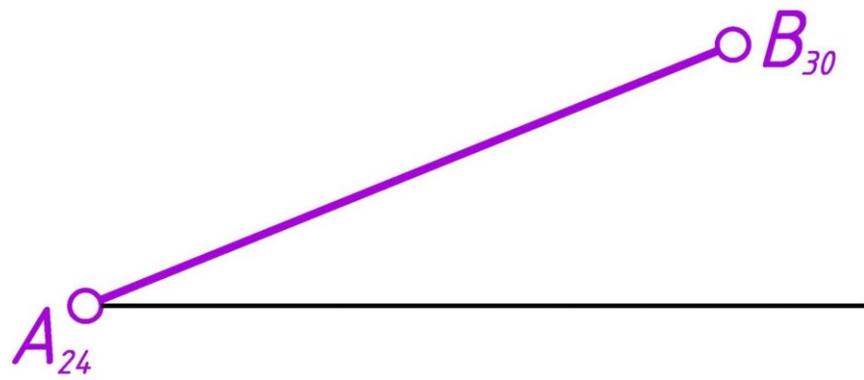
$$\Delta h = 30 - 24 = 6$$



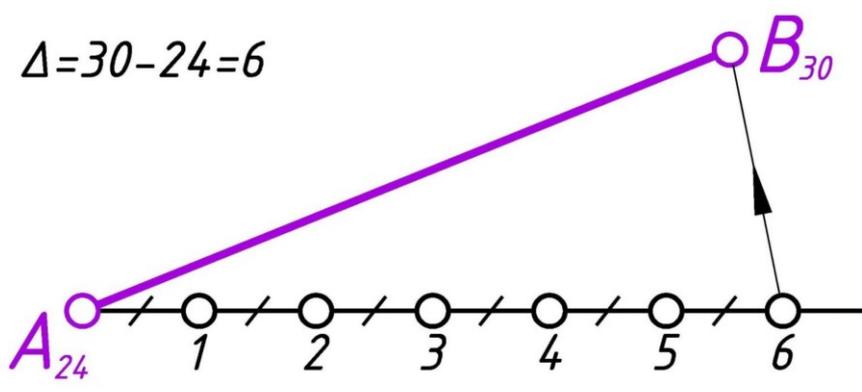


Способ пропорционального деления отрезка

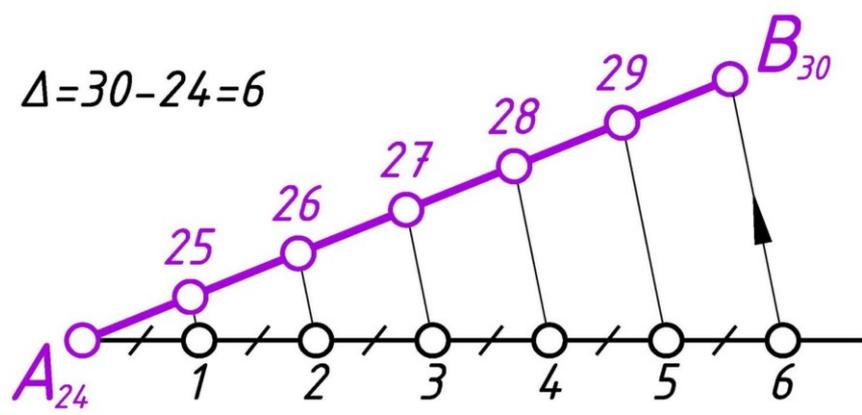




$$\Delta = 30 - 24 = 6$$

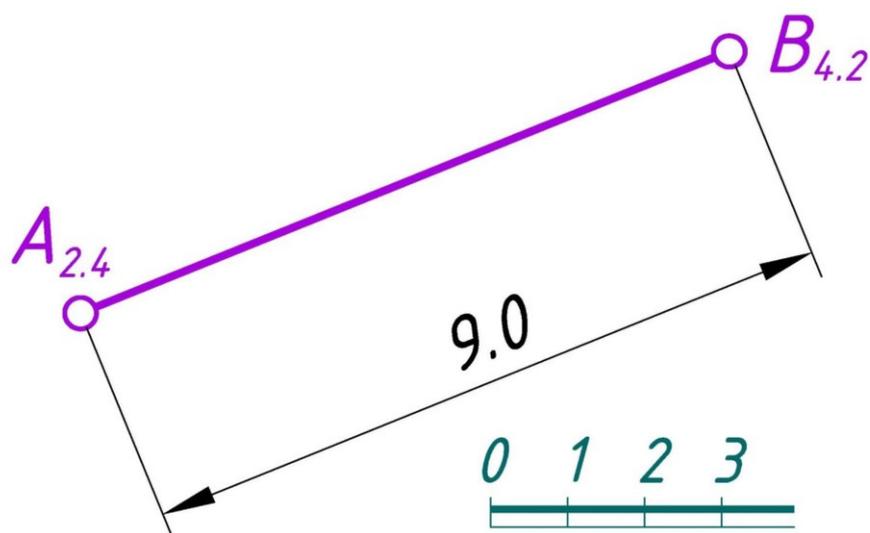


$$\Delta = 30 - 24 = 6$$

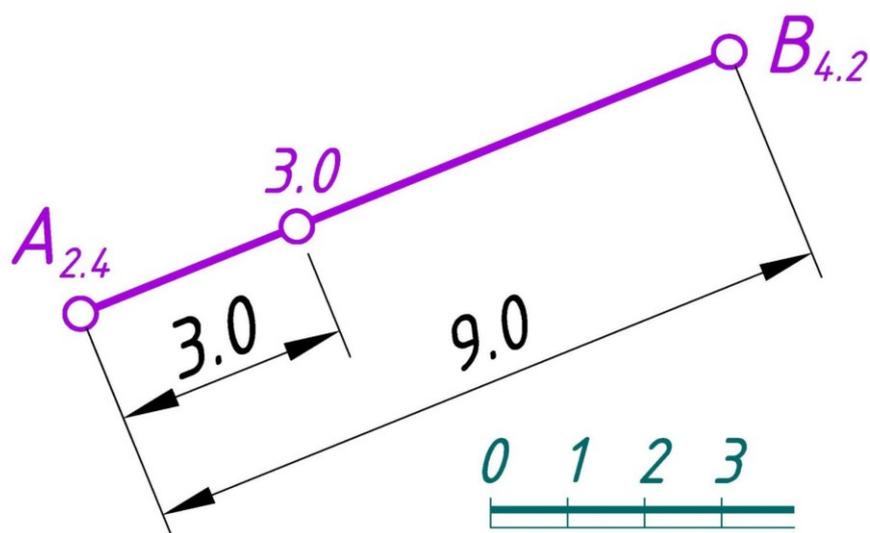


## Аналитический способ градуирования прямой линии

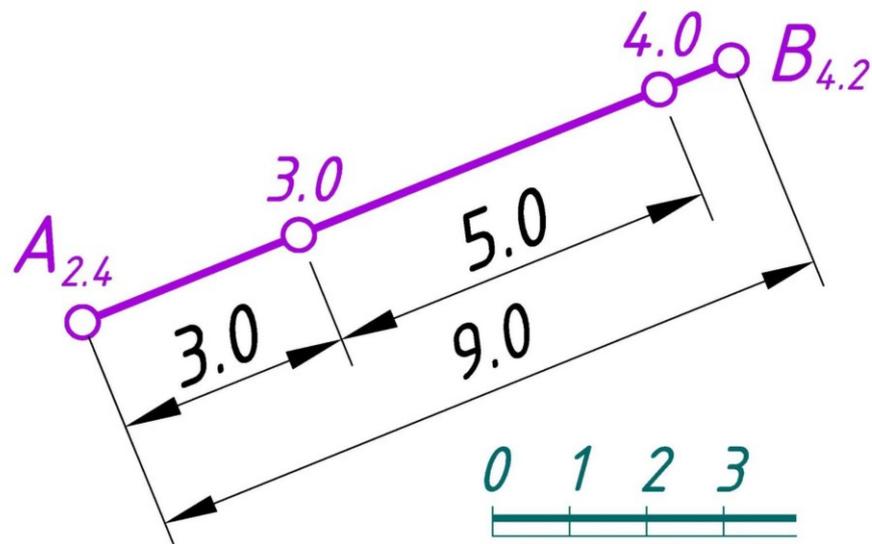
Находим интервалы  $l = 9:(4,2 - 2,4) = 9:1,80 = 5$  м.



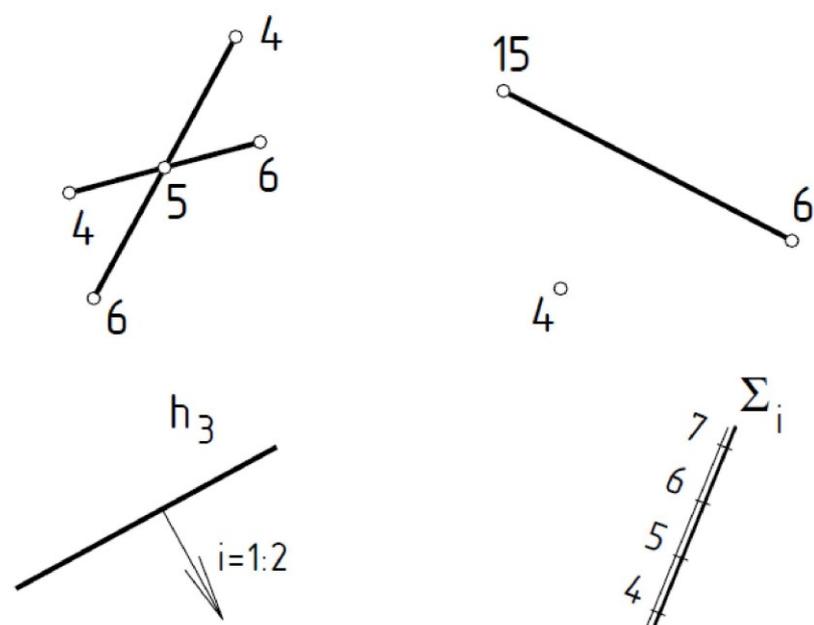
Первой точкой с отметкой в целое число будет 3,0. Разница в высоте двух точек:  $3 - 2,4 = 0,6$ . Заложение этого подъема будет  $0,6 \times 5 = 3$  м. Отложив от точки  $A_{2,4}$  отрезок 3 м, получим точку с отметкой 3,0.



Дальше откладываем интервалы, равные 5 м и получаем точки с отметками 4, 5, 6 и т.д.

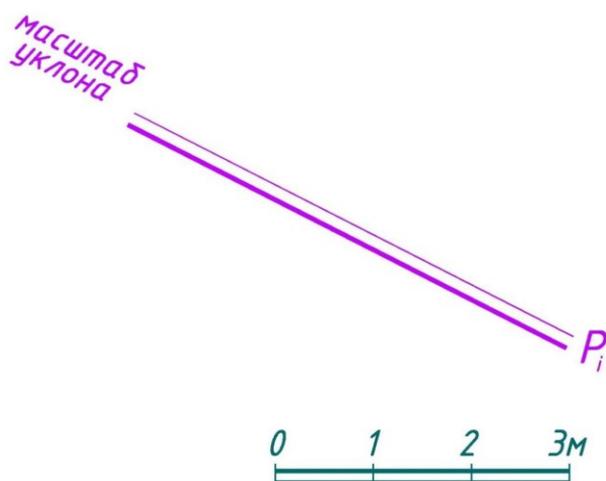
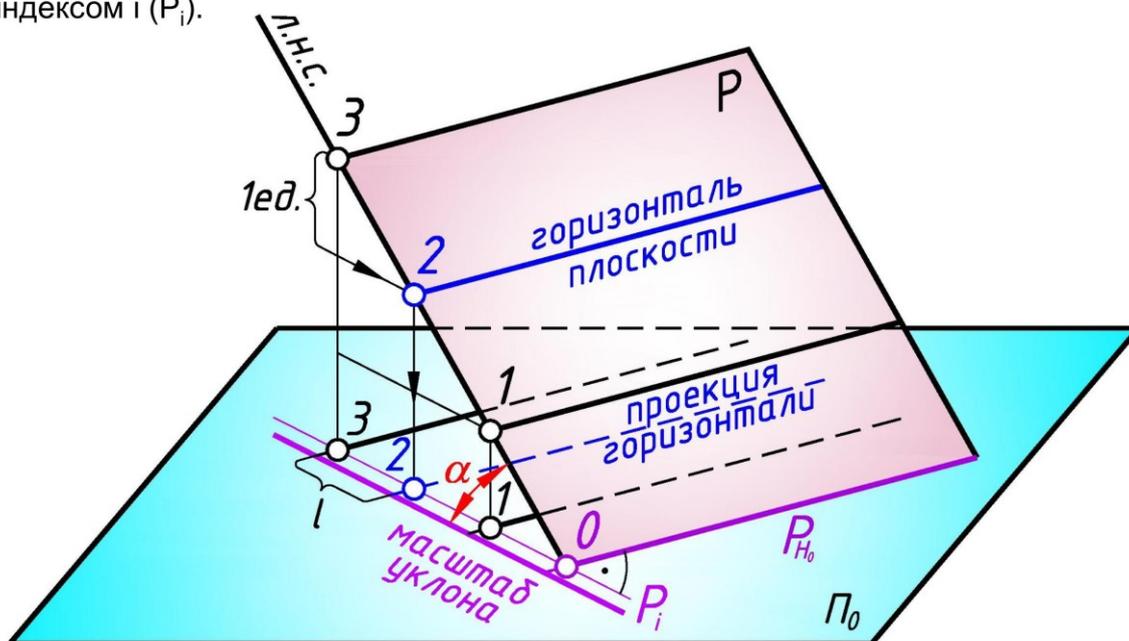


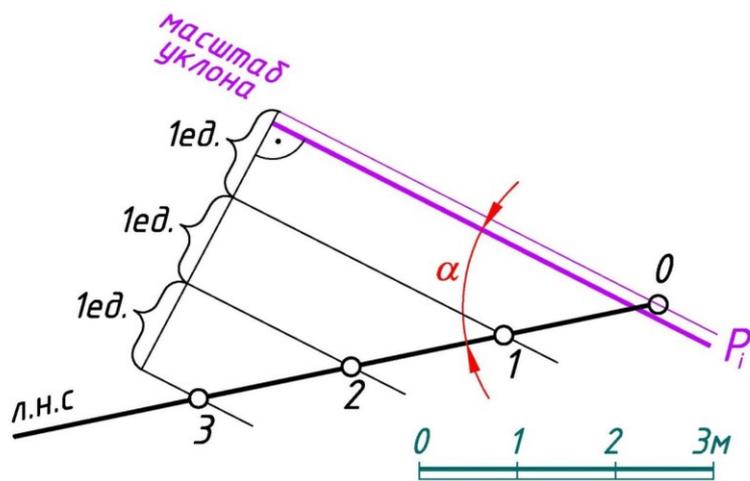
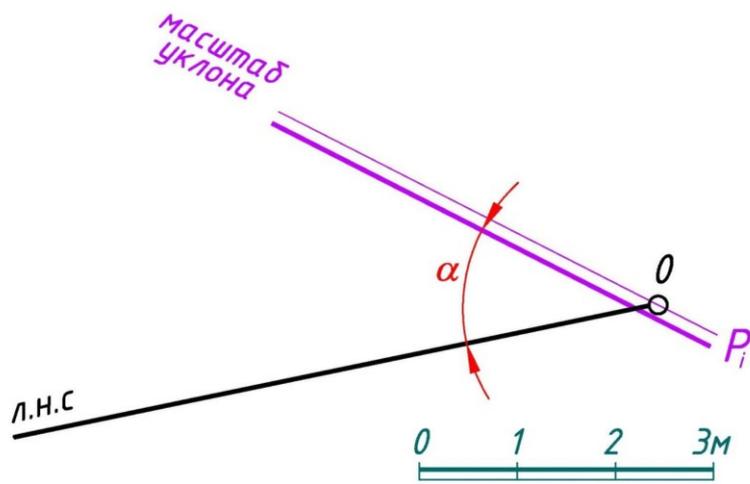
**Плоскость** в проекциях с числовыми отметками можно задать так же, как и в ортогональных проекциях (проекциями прямых и точек), горизонталью и уклоном плоскости, однако удобно задавать плоскость масштабом уклона.

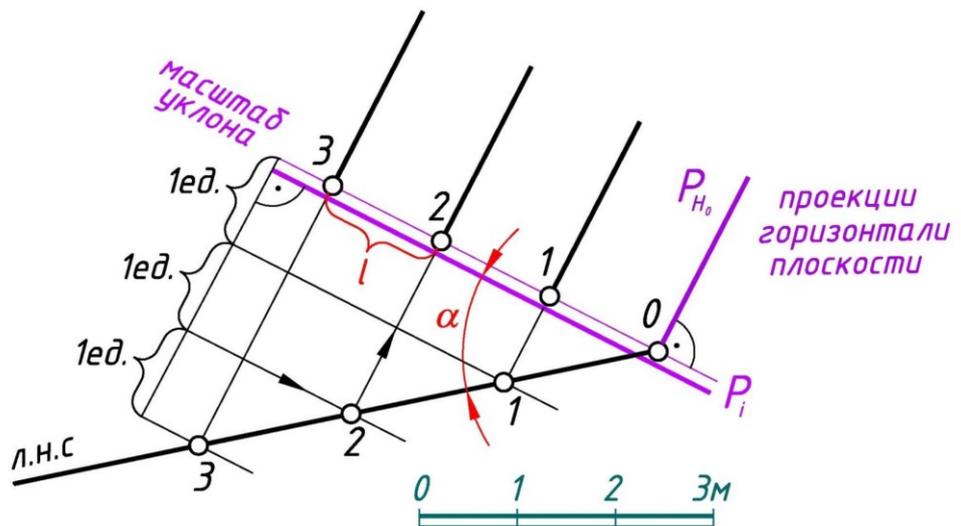
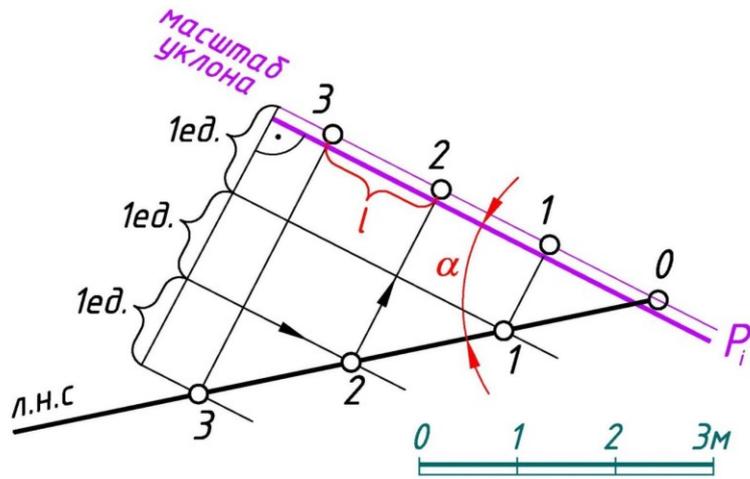


**Масштаб уклона плоскости** – это проградуйрованная проекция линии наибольшего ската плоскости.

Масштаб уклона условно изображают двумя параллельными прямыми (основной и тонкой) и обозначают той же буквой, что и плоскость, но с индексом  $i$  ( $P_i$ ).



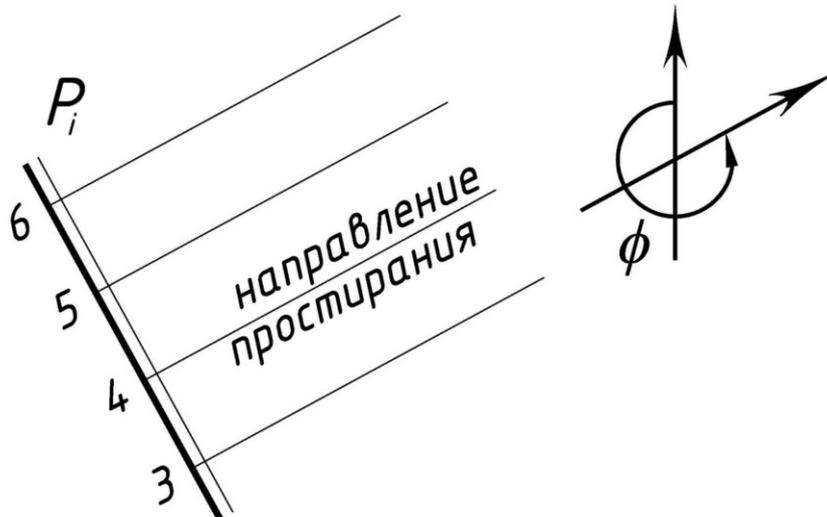




Для ориентировки плоскости относительно сторон света иногда на чертеже указывают *угол ее простирания*, который зависит от направления простирания плоскости.

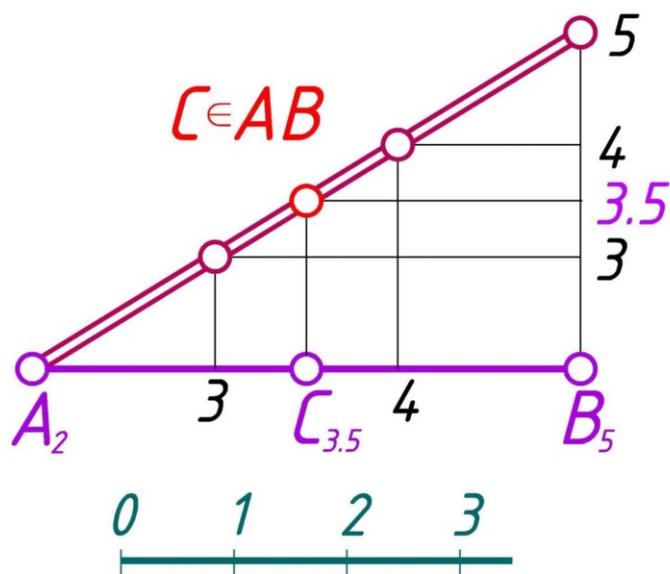
*Направление простирания плоскости* принимается направо, если смотреть на плоскость в сторону ее подъема.

Угол простирания  $\phi$  отсчитывается против движения часовой стрелки от северного конца меридиана до направления простирания.

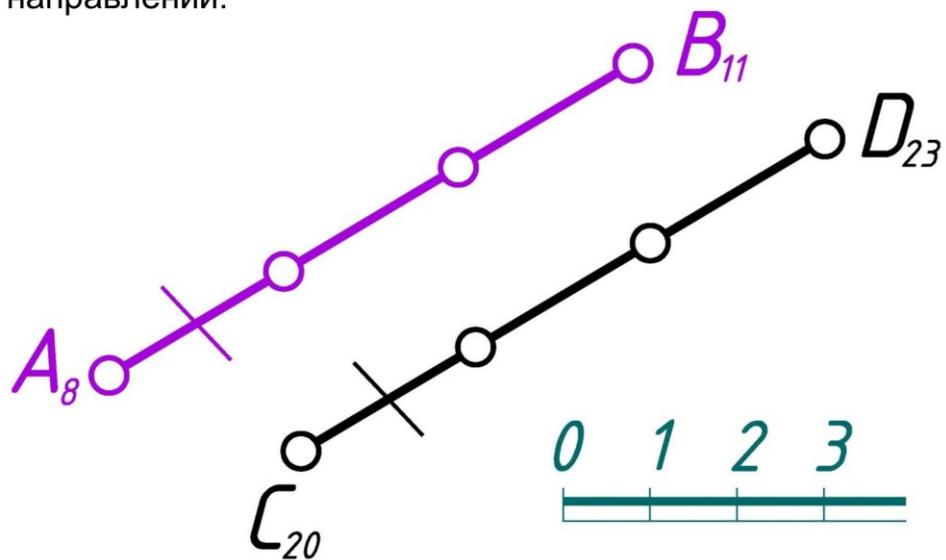


### Взаимное расположение прямых, прямой и плоскости, плоскостей

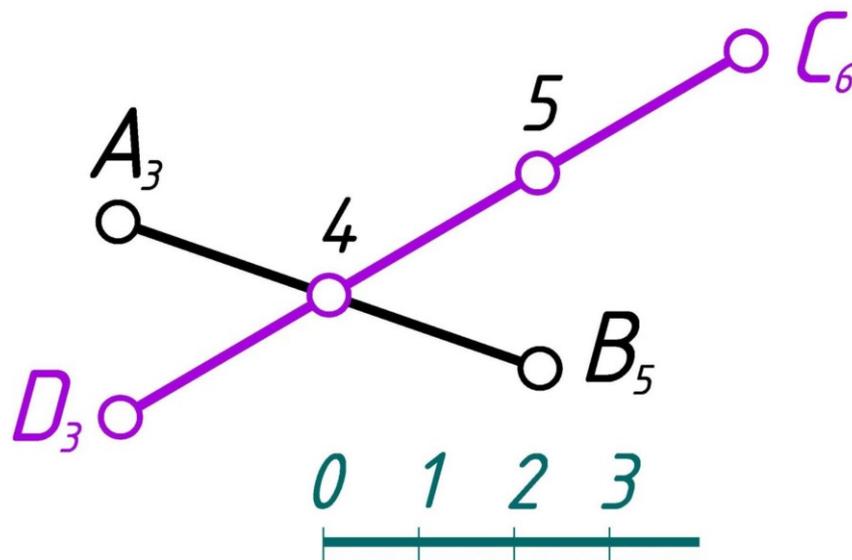
1. Если точка в пространстве лежит на отрезке прямой, то проекция этой точки лежит на проекции отрезка прямой и их высотные отметки совпадают.



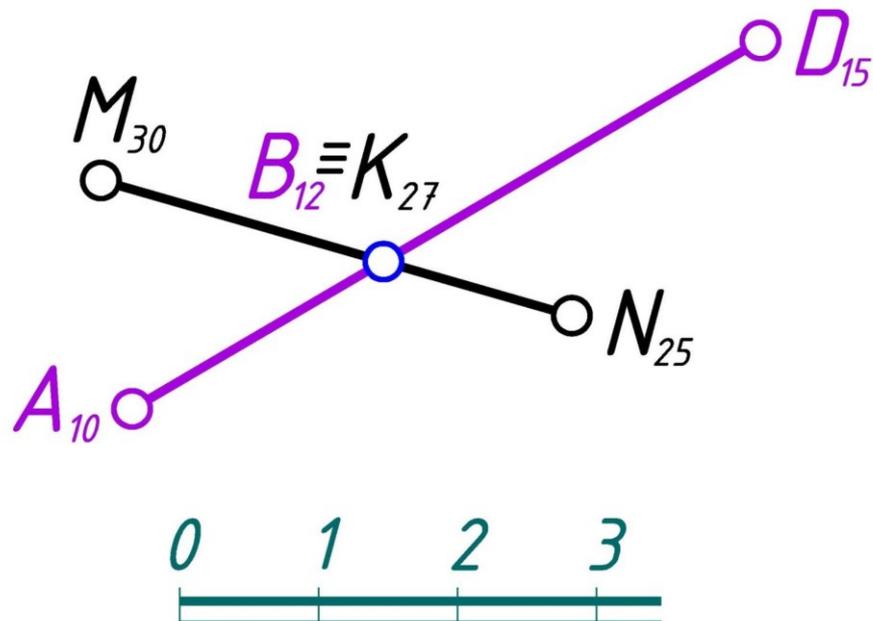
2. Если две прямые параллельны между собой, то проекции их параллельны друг другу, интервалы равны и отметки возрастают в одном направлении.



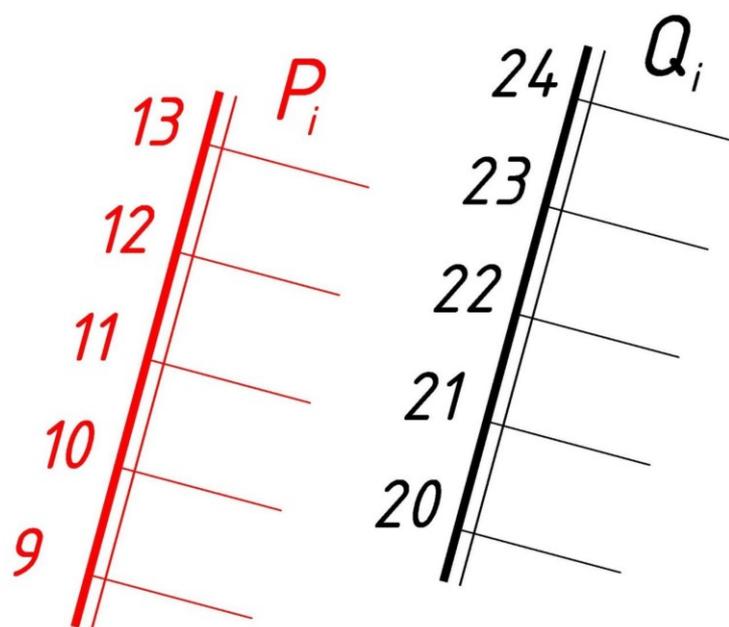
3. Если прямые в пространстве пересекаются, то их проекции взаимно пересекаются в точке с одинаковой отметкой.



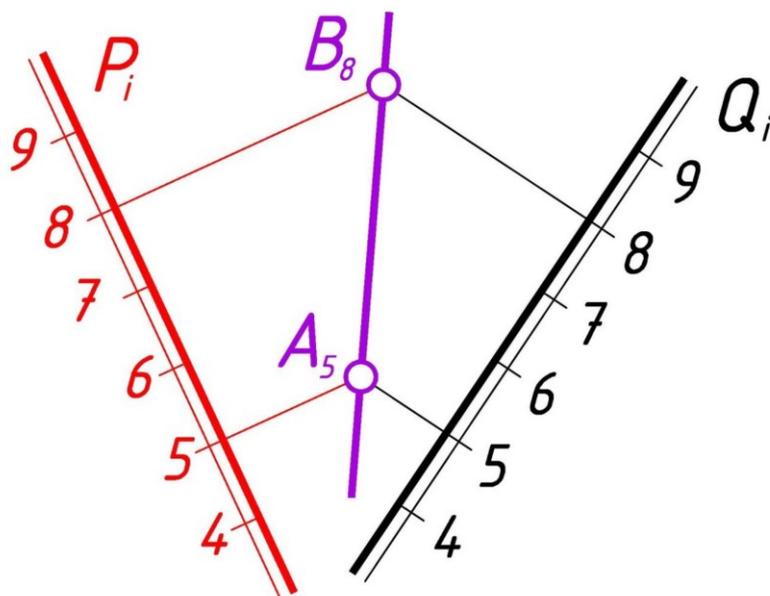
4. Если прямые скрещиваются, то проекции их могут пересекаться, но точка пересечения имеет две отметки: одну для точки первой прямой и вторую – для точки второй прямой.



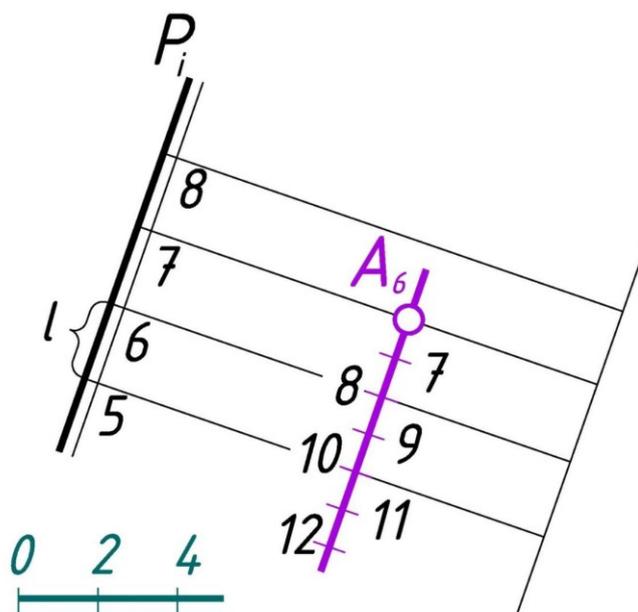
5. Если две плоскости в пространстве параллельны друг другу, то в проекциях с числовыми отметками масштабы уклонов их параллельны, интервалы равны и отметки возрастают в одном направлении.



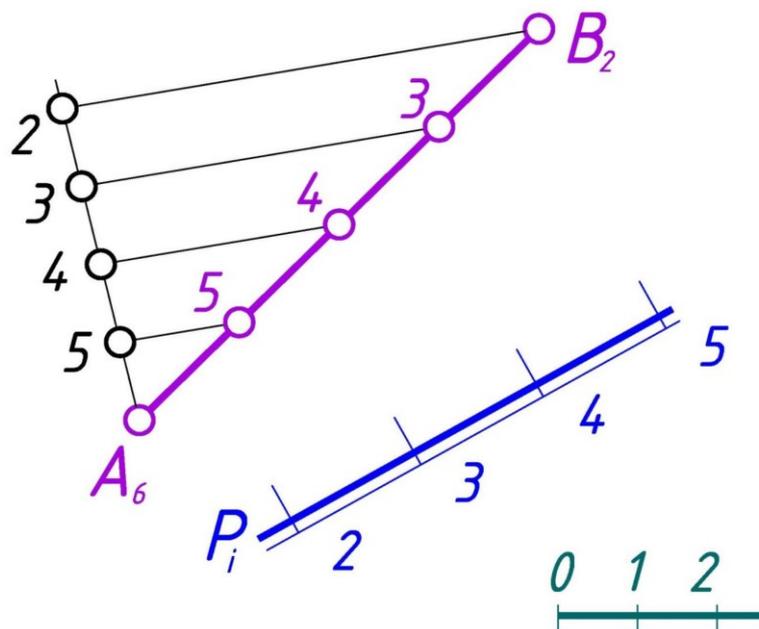
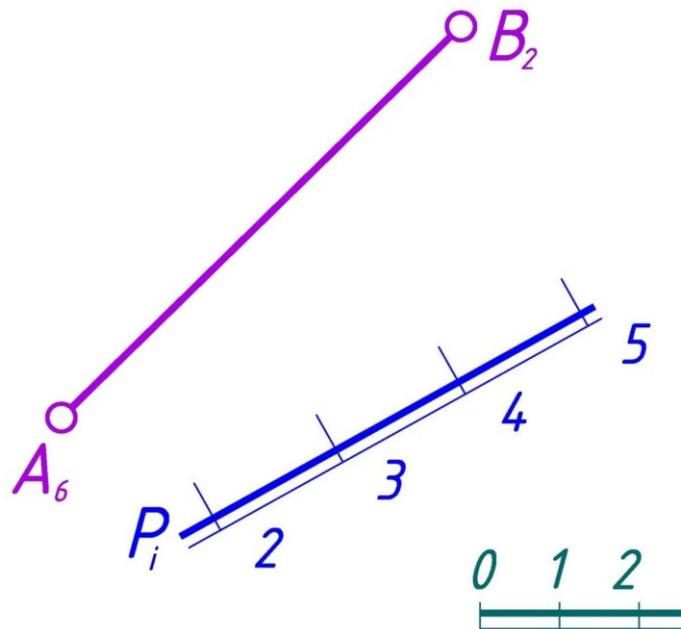
6. Чтобы построить линию пересечения двух плоскостей, достаточно определить две точки этой линии, которые являются точками пересечения одноименных горизонталей, или одну ее точку и направление линии.

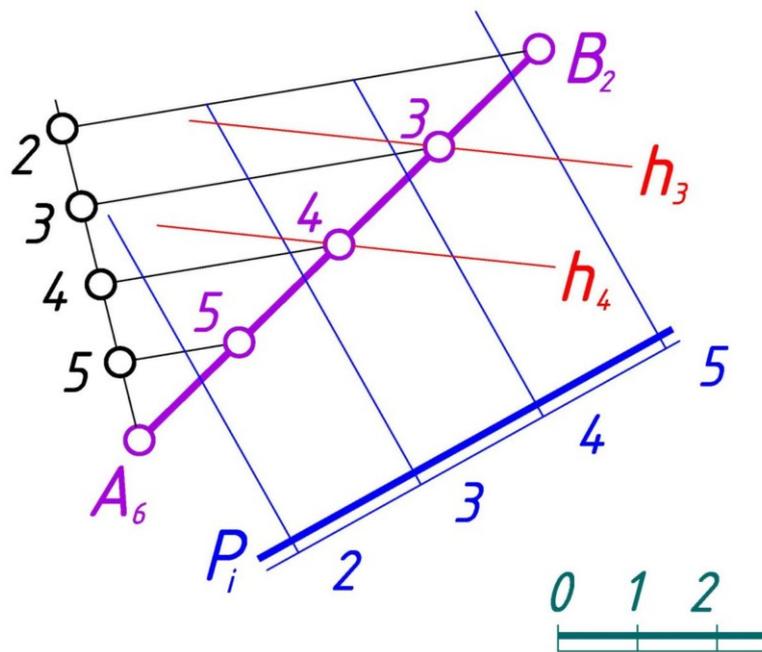
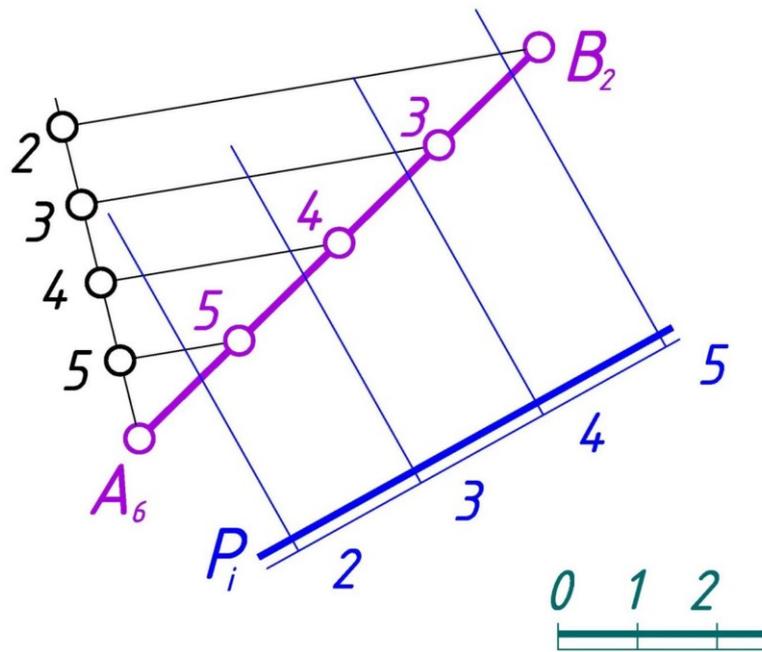


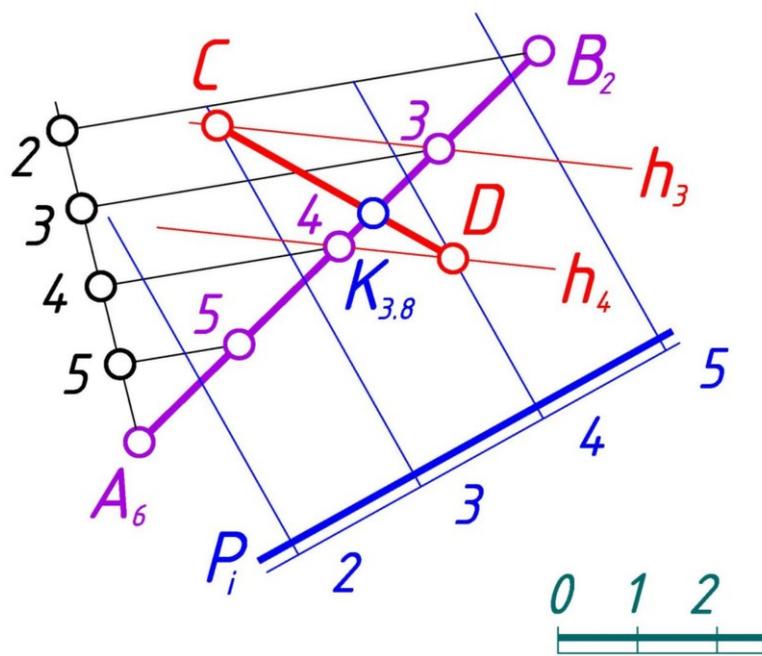
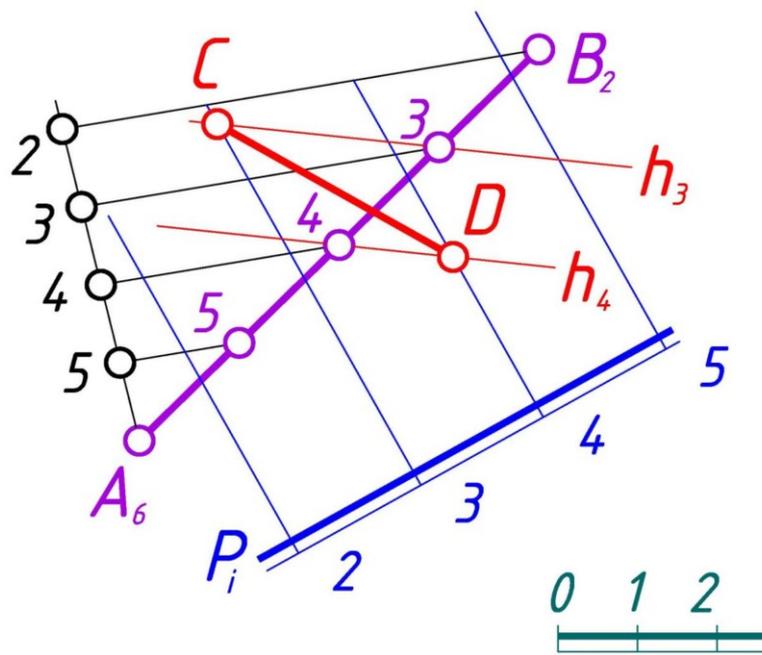
7. Если прямая перпендикулярна плоскости, то ее проекция параллельна масштабу уклона плоскости, а отметки перпендикуляра и линии наибольшего ската возрастают в противоположном направлении.



8. Точку пересечения прямой с плоскостью находят при помощи вспомогательной плоскости-посредника общего положения, проведенной через заданную прямую.



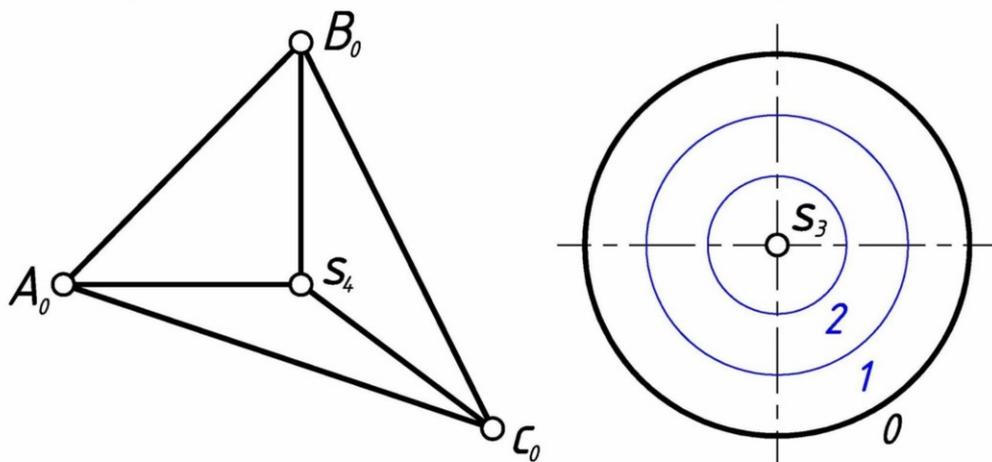




## Задание, образование и изображение поверхностей

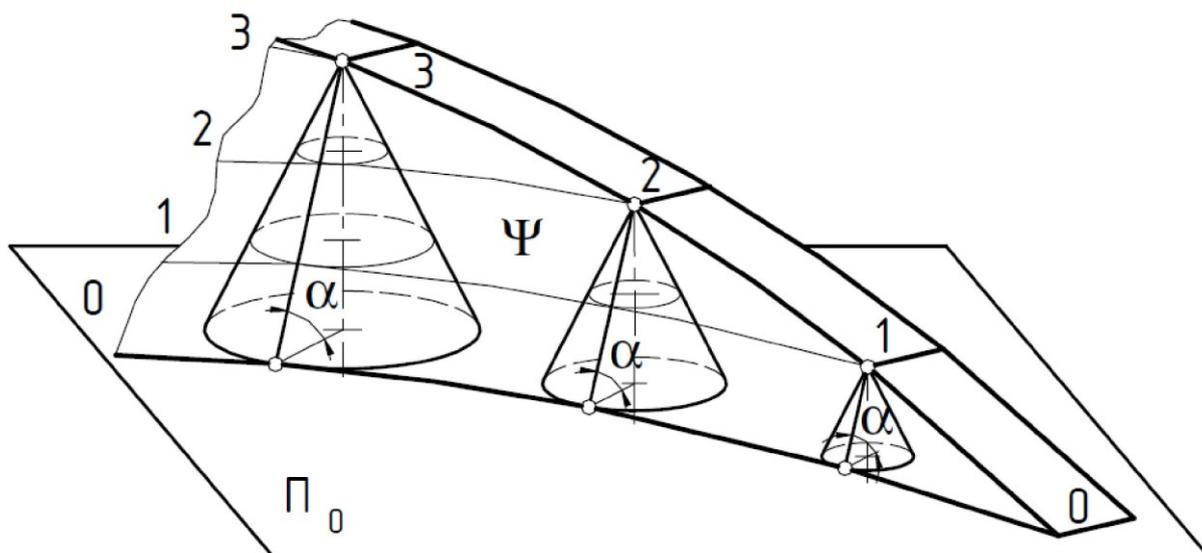
**Многогранники** в проекциях с числовыми отметками можно задать проекциями ребер с указанием отметок вершин.

**Криволинейные поверхности** в проекциях с числовыми отметками задаются рядом проекций горизонтальных сечений. Эти сечения проводятся через определенные промежутки, равные единице высоты. Полученные в сечении линии называют горизонталями.

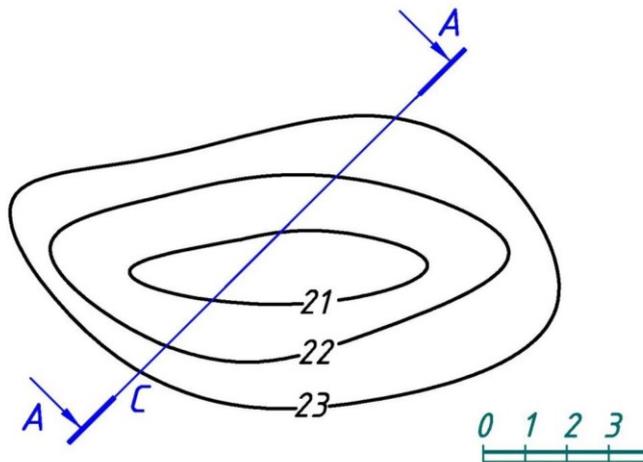


### Задание поверхности одинакового ската (уклона).

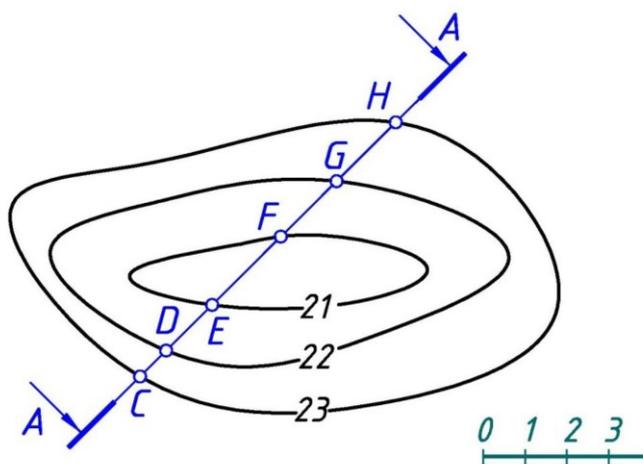
Эта поверхность представляет собой линейчатую поверхность, все прямолинейные образующие которой составляют с горизонтальной плоскостью постоянный угол.



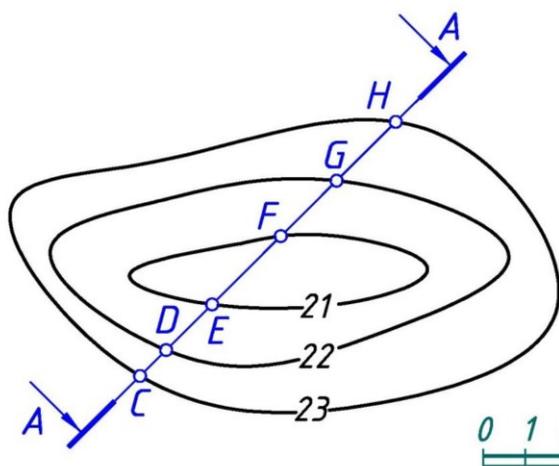
**Топографическая поверхность** изображается совокупностью кривых линий – горизонталей, которые получаются в пересечении этой поверхности рядом горизонтальных плоскостей.



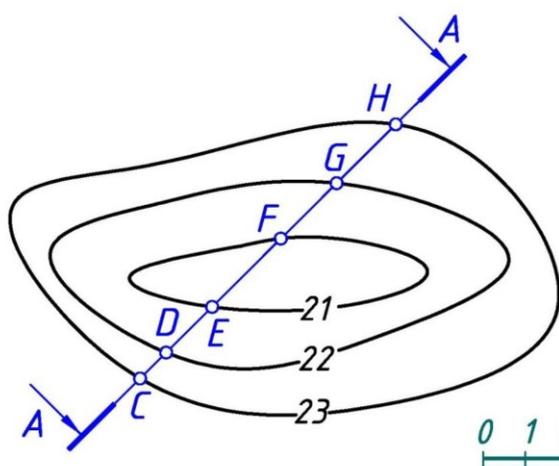
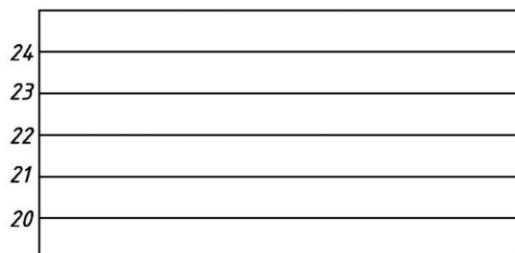
**Профилем местности** по какому-нибудь заданному направлению называется линия пересечения топографической поверхности вертикальной плоскостью.



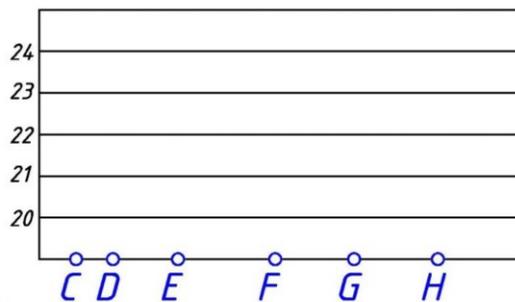
**Профилем местности** по какому-нибудь заданному направлению называется линия пересечения топографической поверхности вертикальной плоскостью.

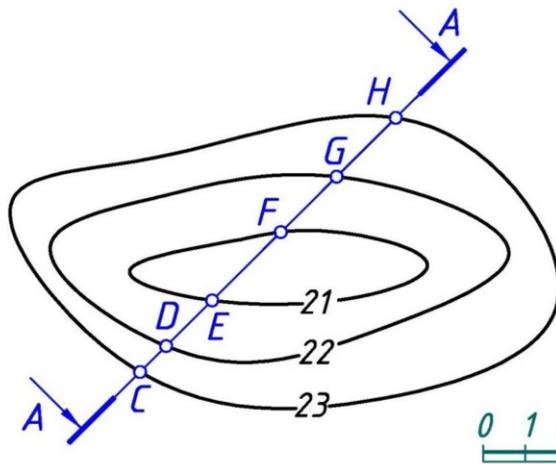


*Профиль по А-А*

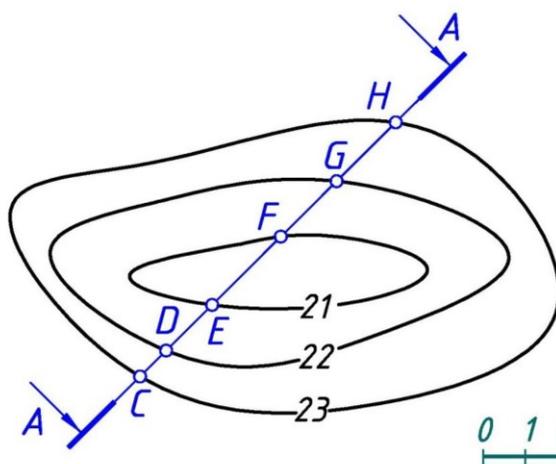
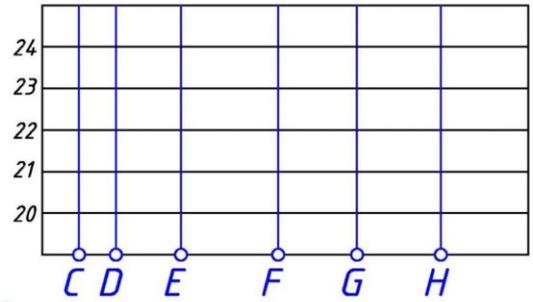


*Профиль по А-А*

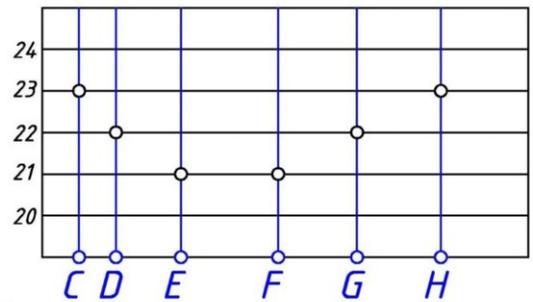


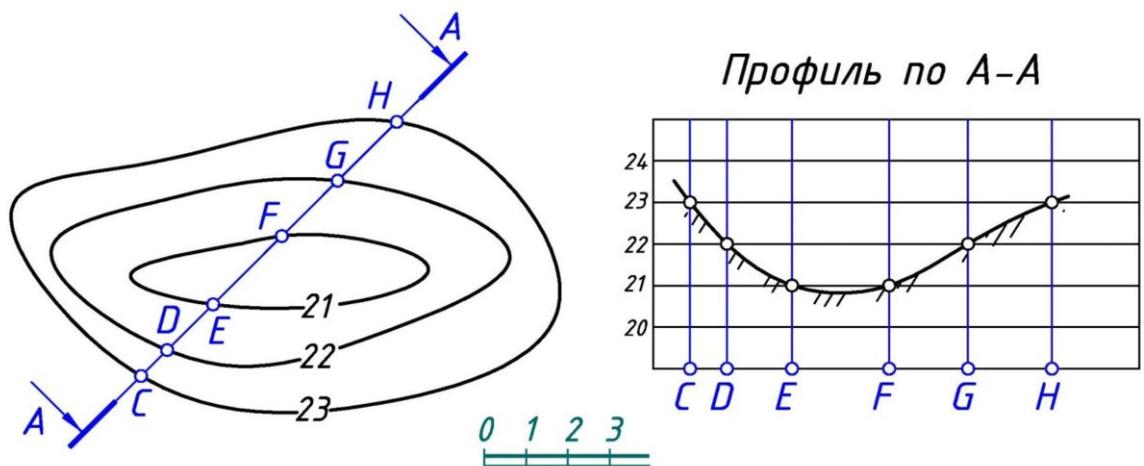


Профиль по А-А

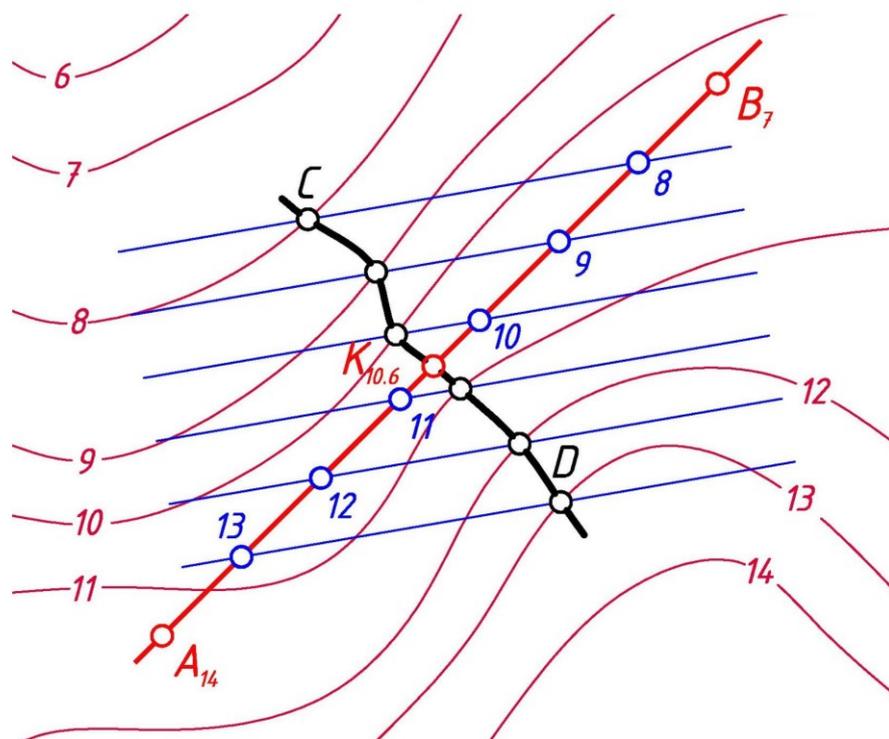


Профиль по А-А





**Точку пересечения прямой с поверхностью рельефа находят аналогично точке пересечения прямой с плоскостью.**

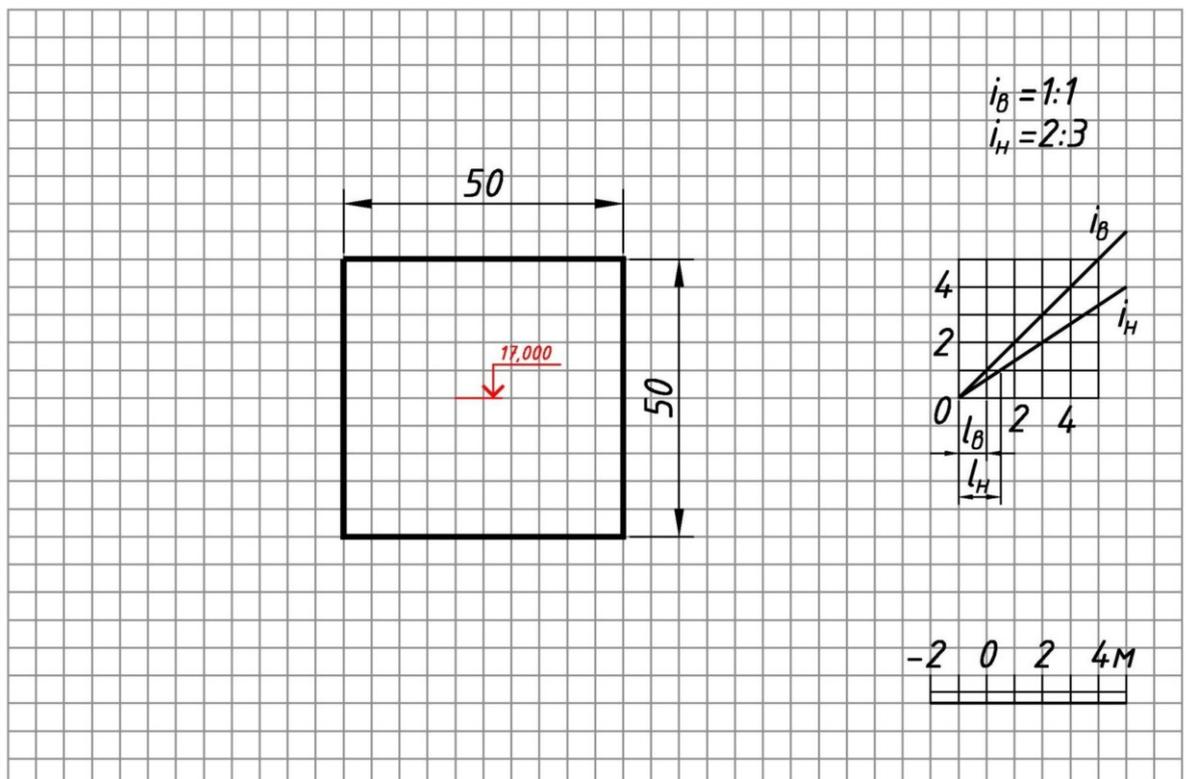


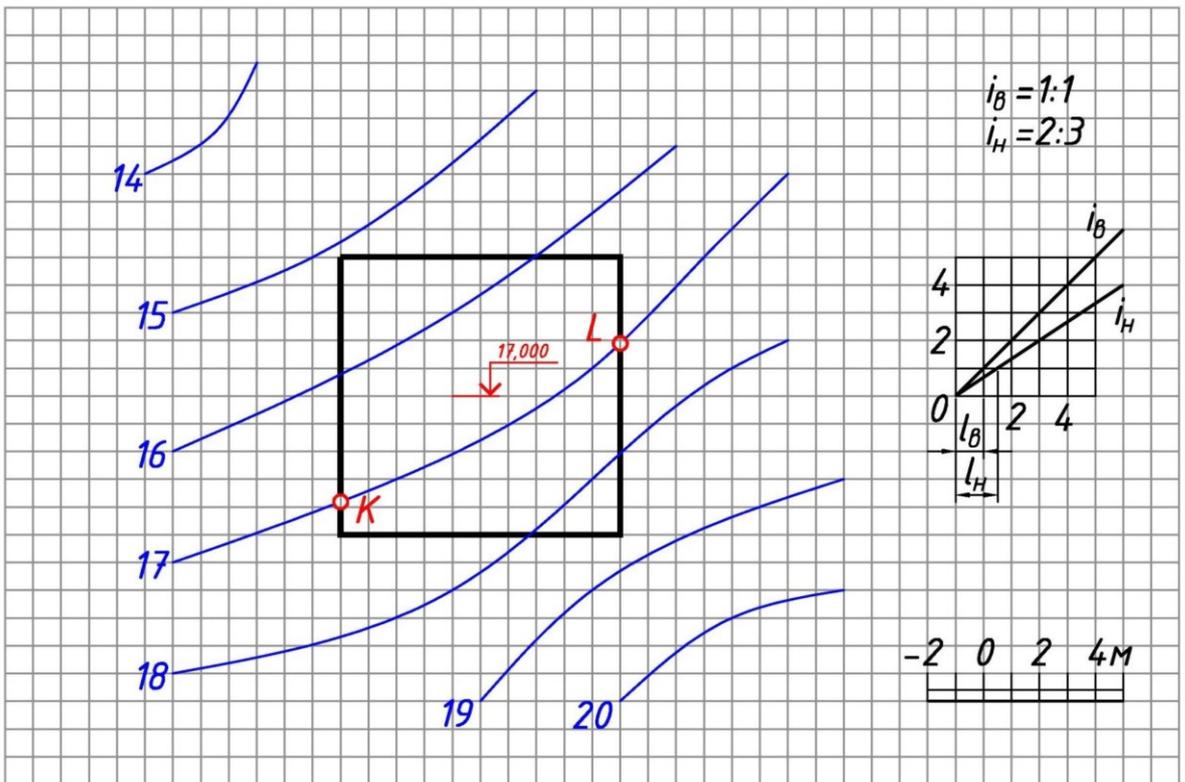
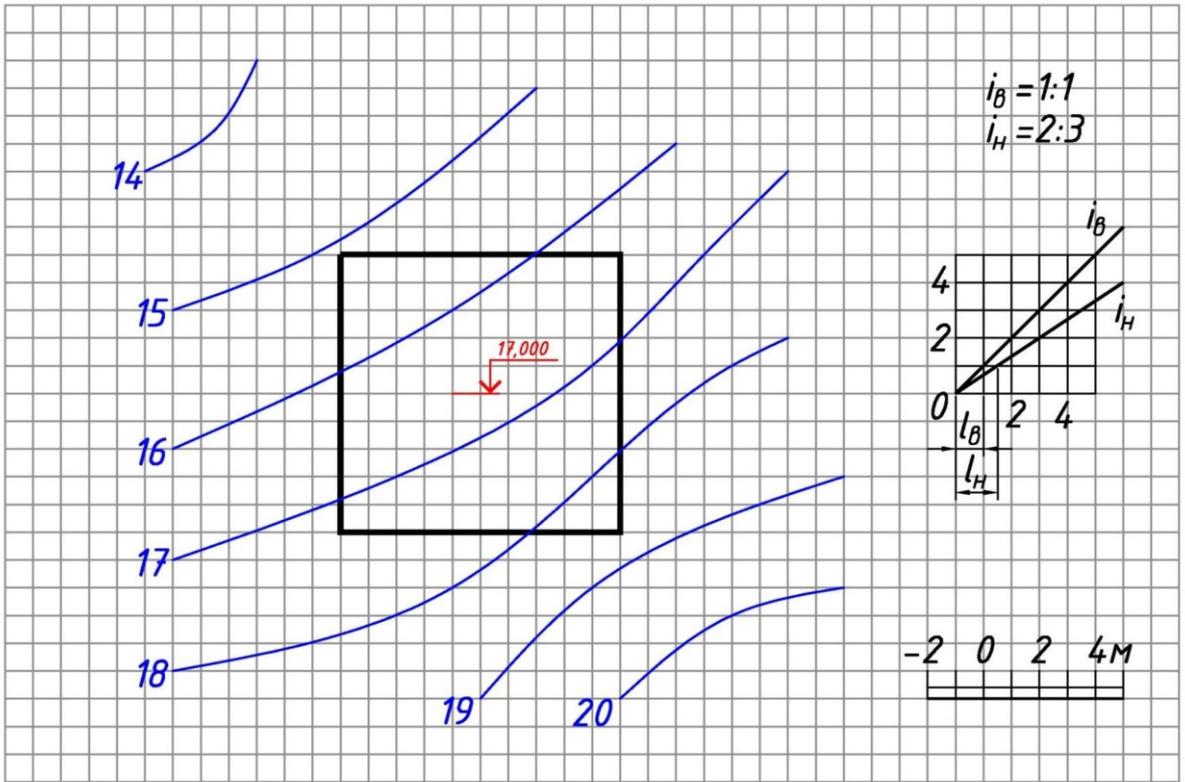
## Примеры решения инженерных задач в проекциях с числовыми отметками

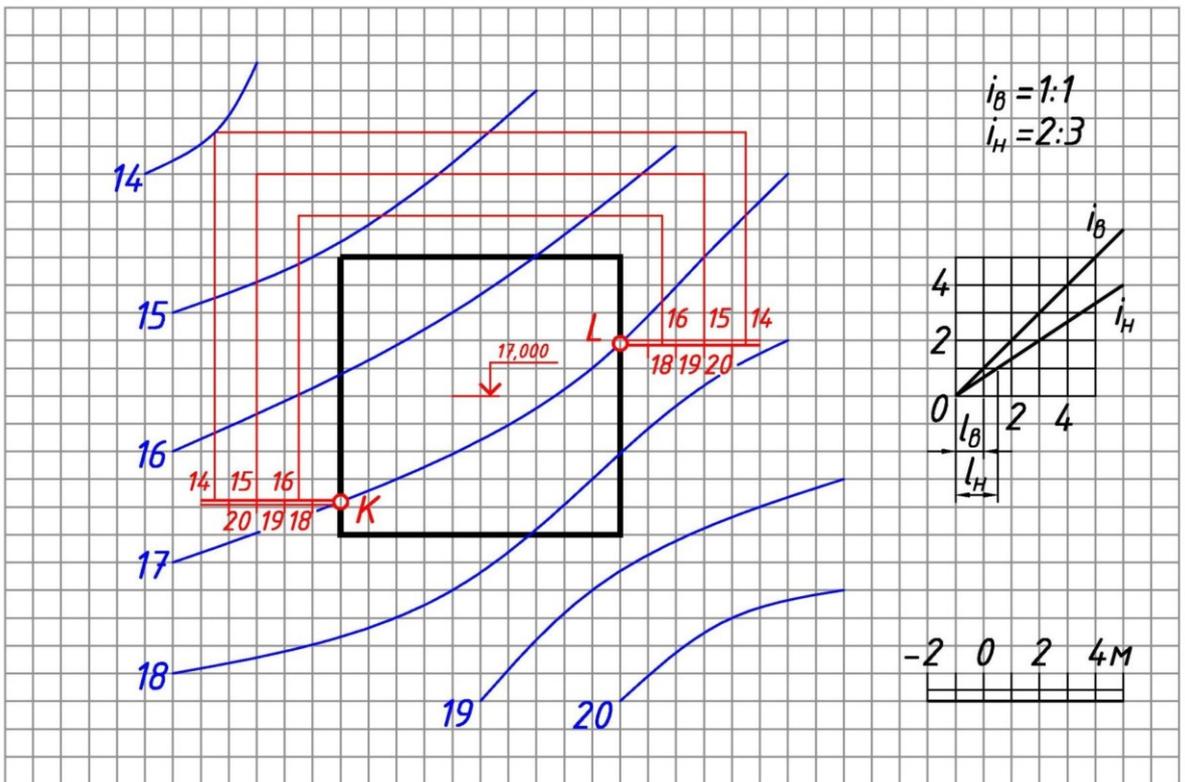
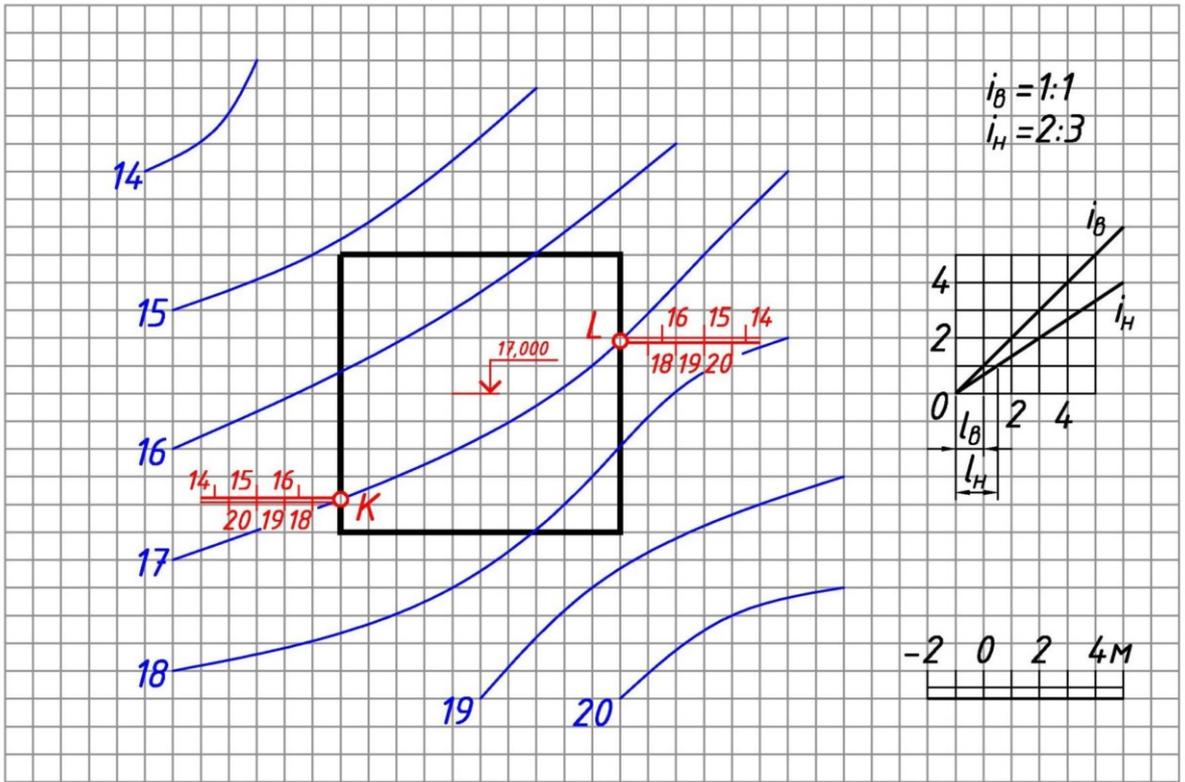
Задача по определению «*границ земляных работ*» сводится к нахождению точек пересечения горизонталей каждого откоса с одноименными горизонталями топографической поверхности.

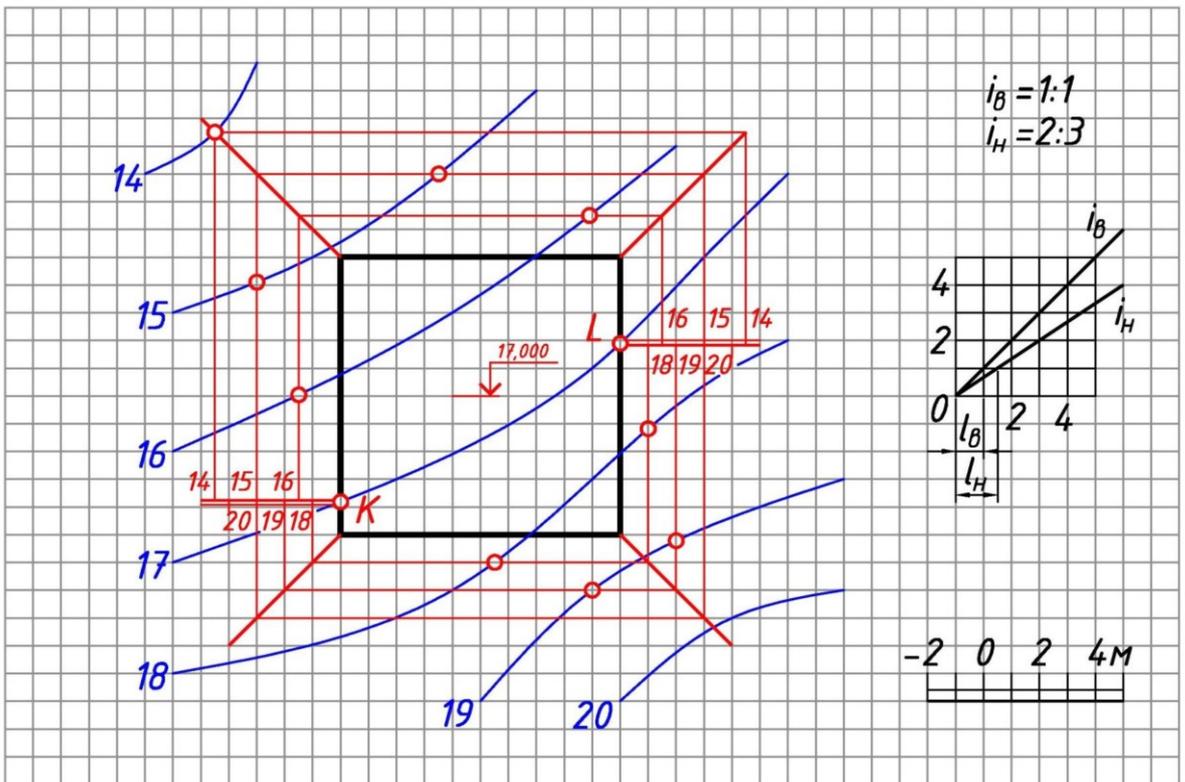
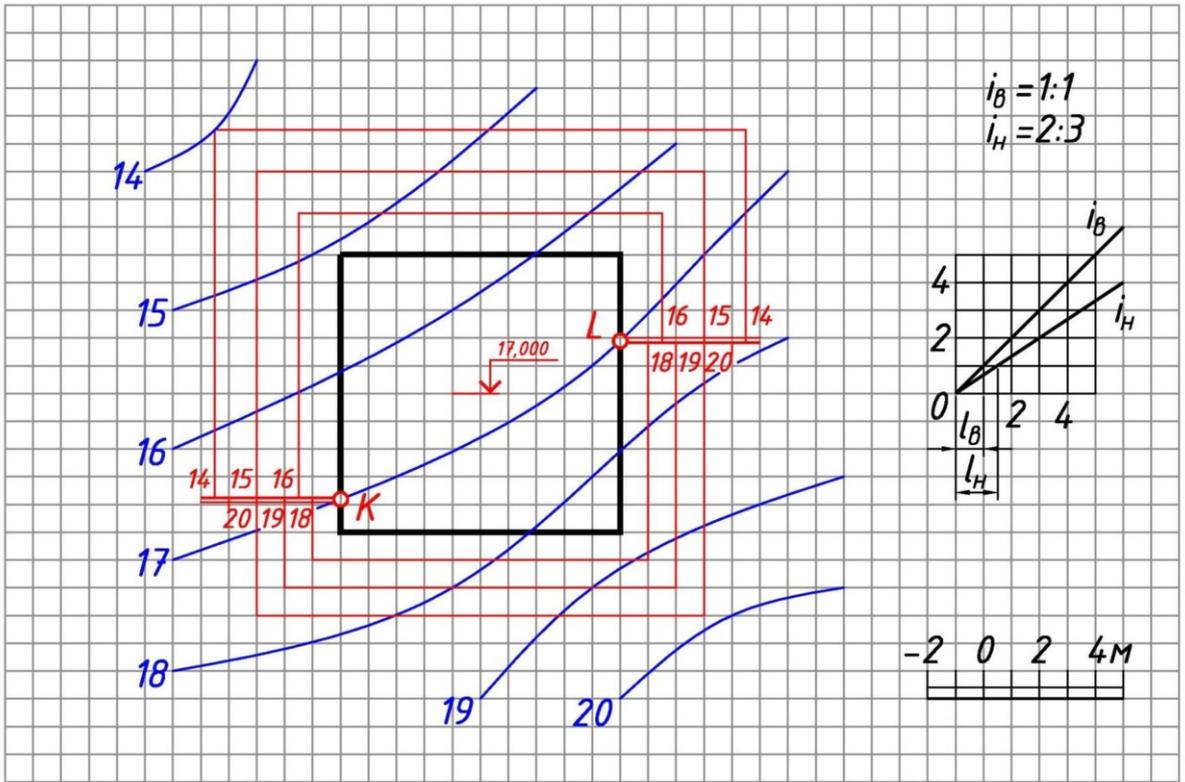
Построения выполняют в следующем порядке:

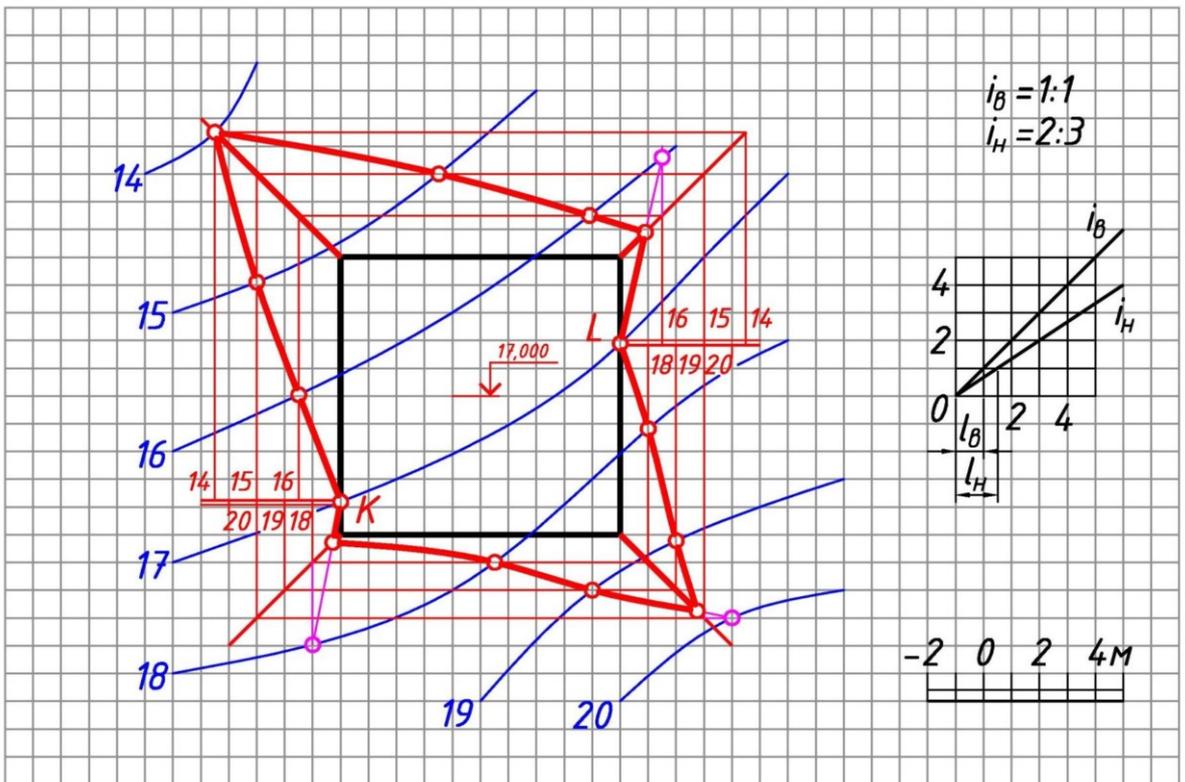
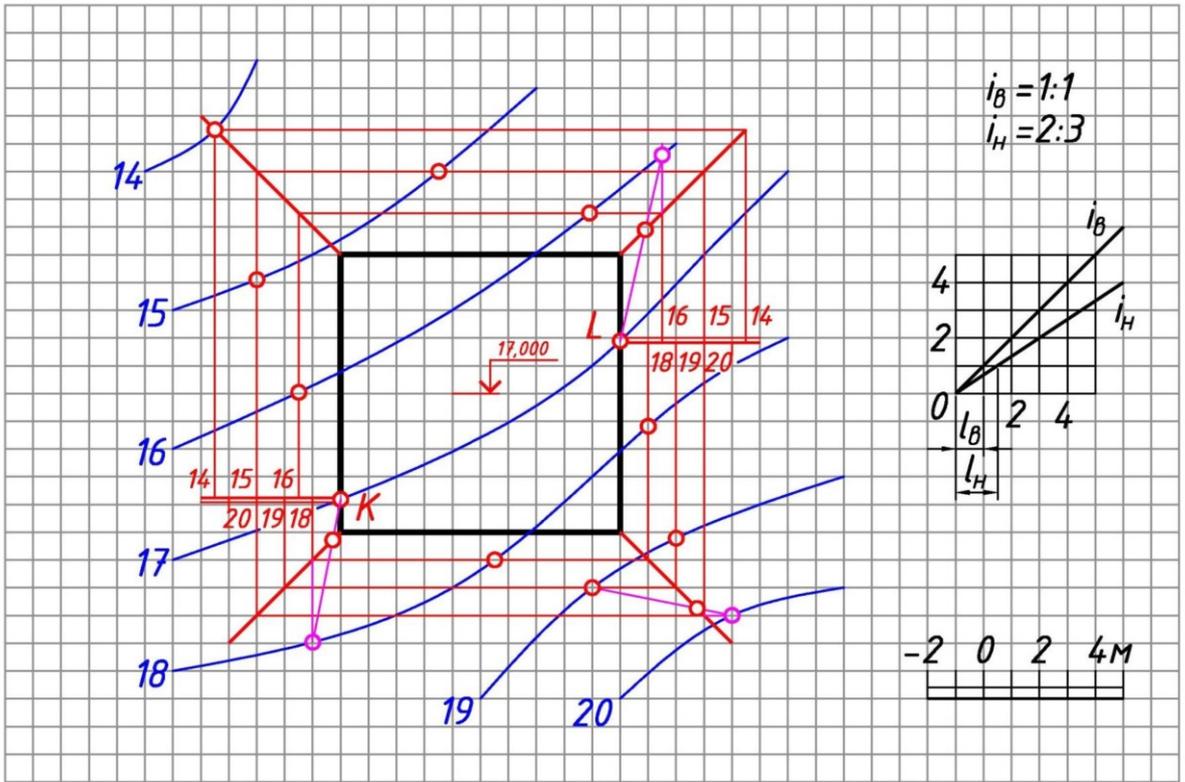
1. По заданным уклонам определяют интервалы откосов и выемок.
2. От каждой бровки проводят линии наклона откосов срезки и подсыпки и градуируют.
3. Строят горизонтали откосов и проставляются их отметки.
4. Определяют точки пересечения одноименных горизонталей откосов и рельефа местности. Для определения угловых точек искомой линии надо продолжить горизонтали откосов до пересечения со следующей горизонталью местности, хотя это пересечение и лежит за пределами искомой линии (границы земляных работ).
5. Соединяют полученные точки плавной линией. Для наглядности изображения линии бровки выделяют «бергштрихами», представляющими собой чередующиеся штрихи различной величины.

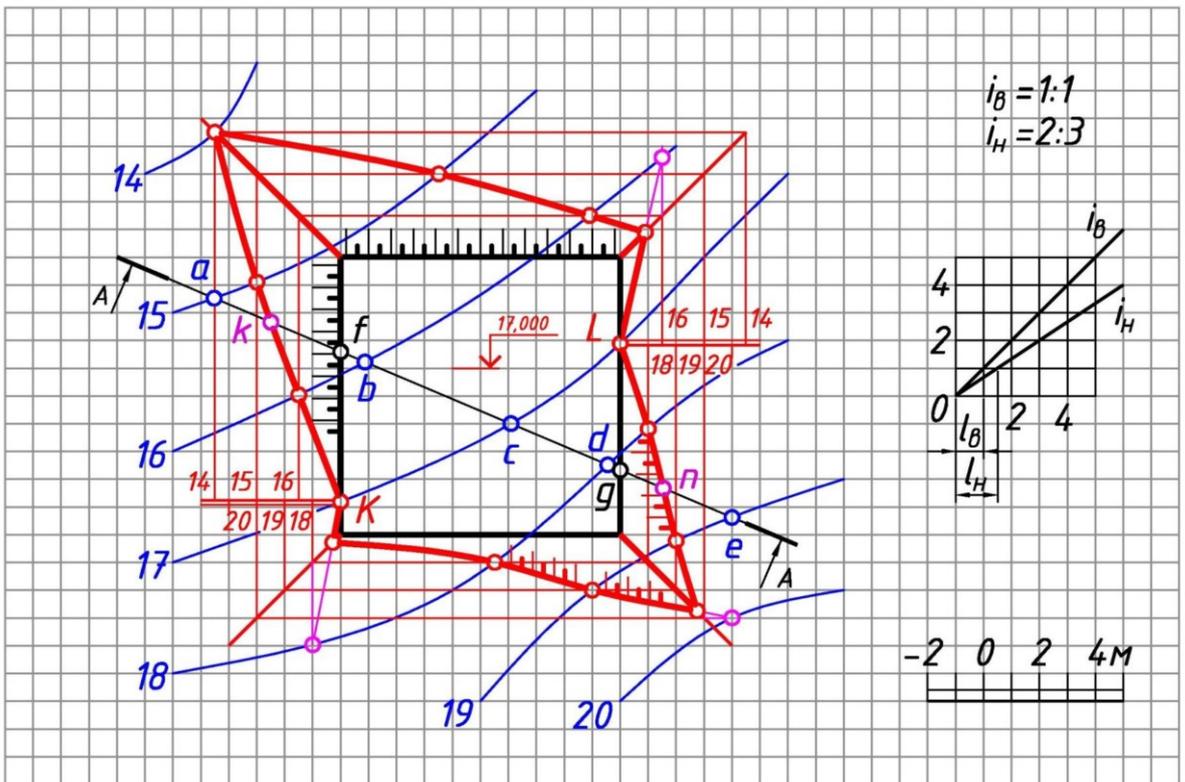
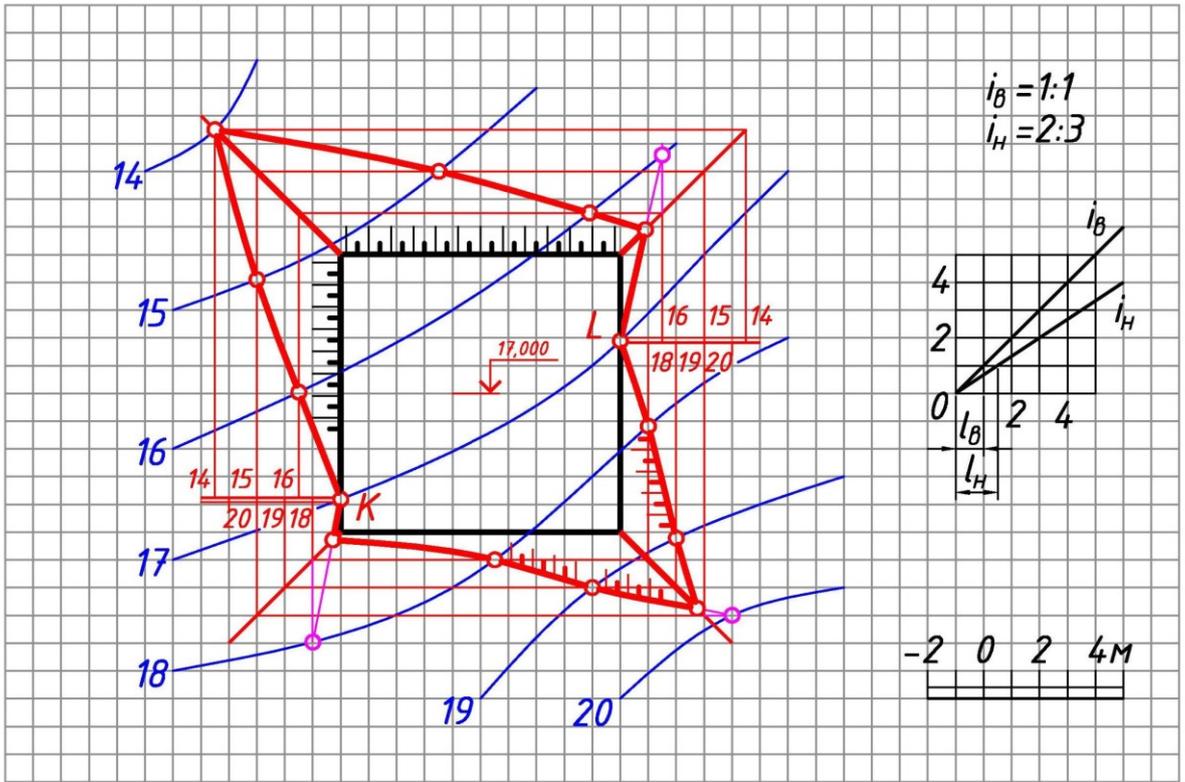


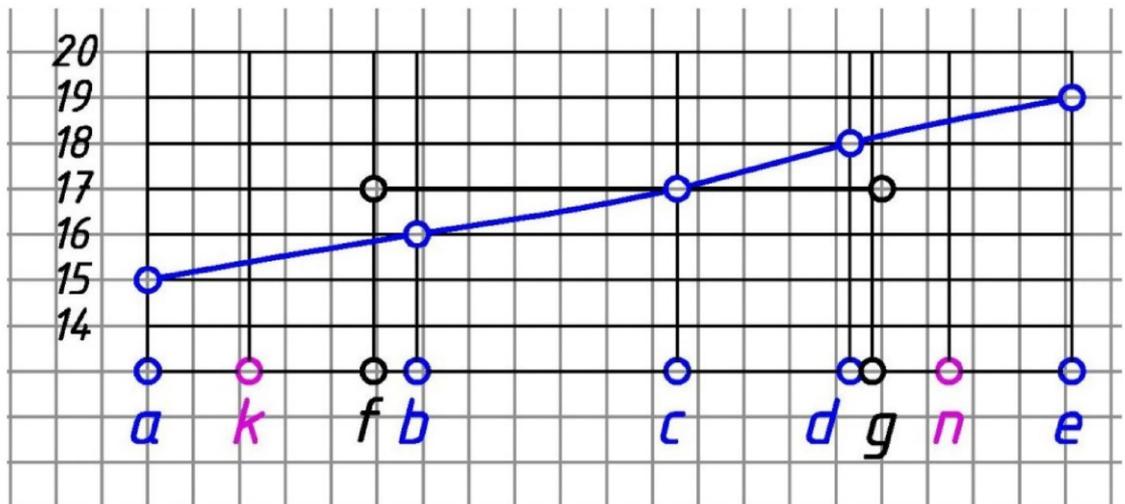
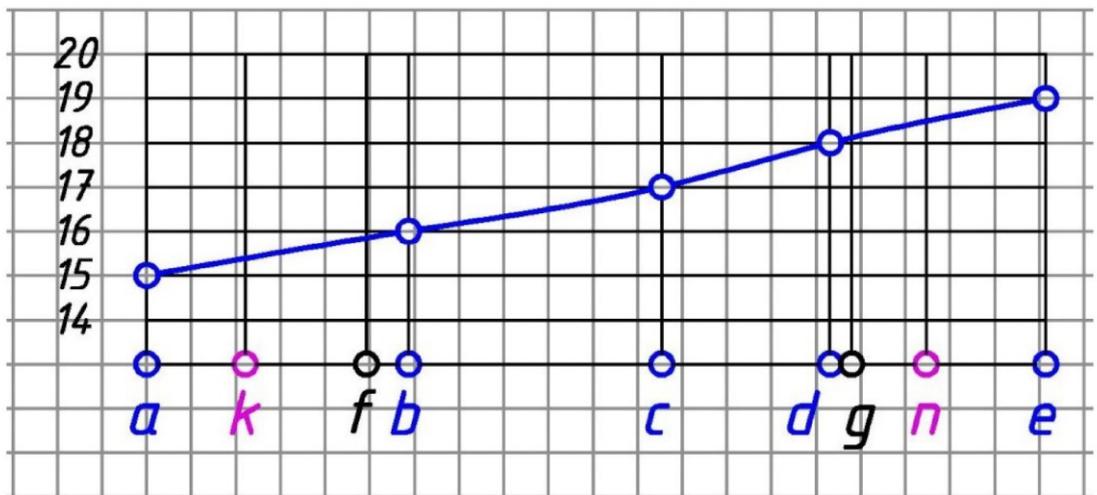
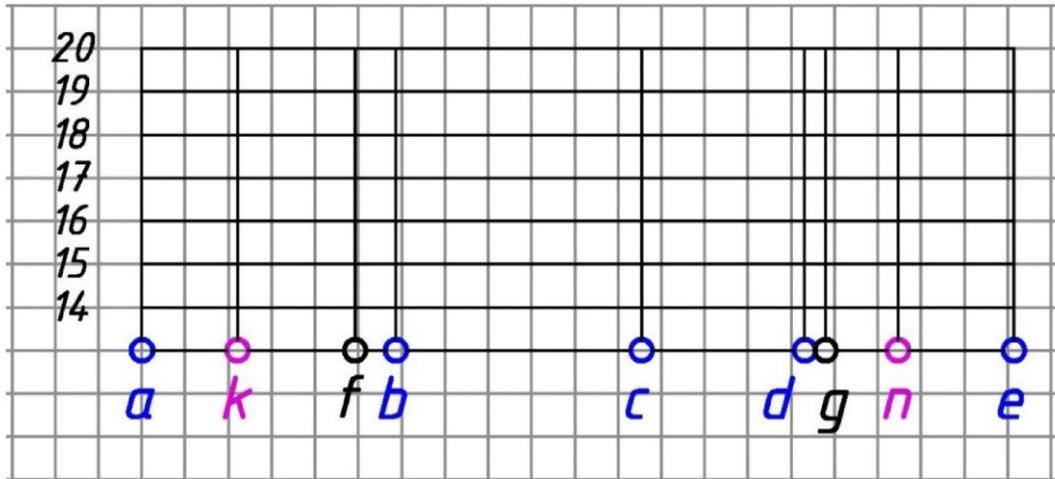


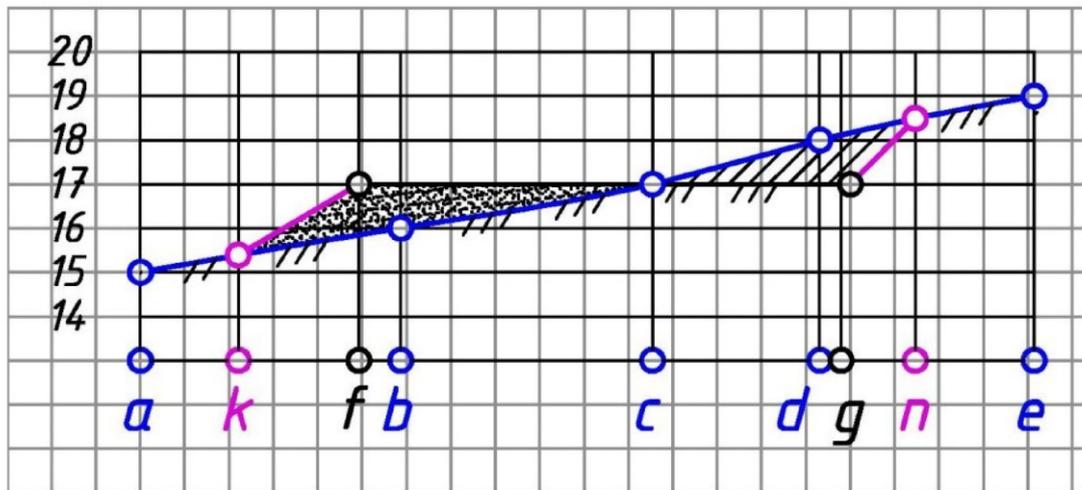
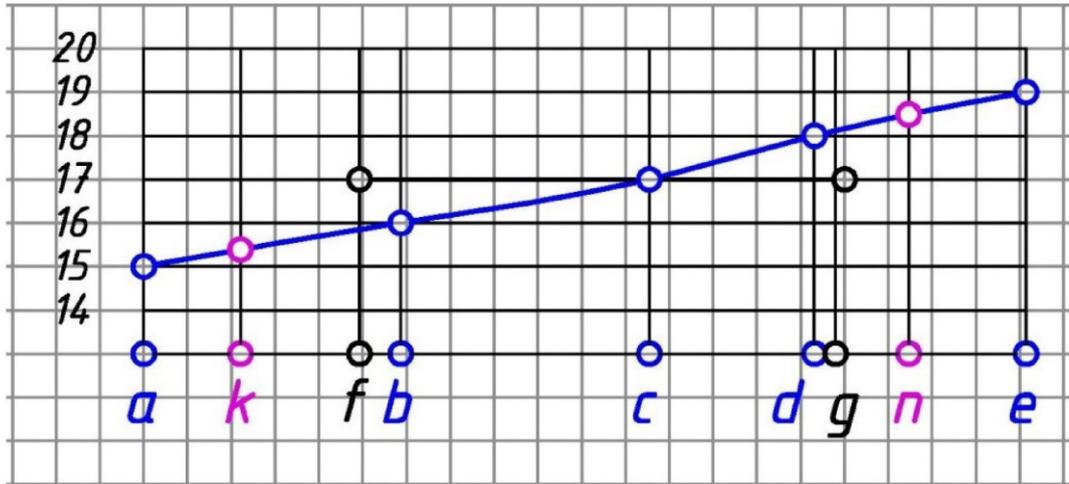










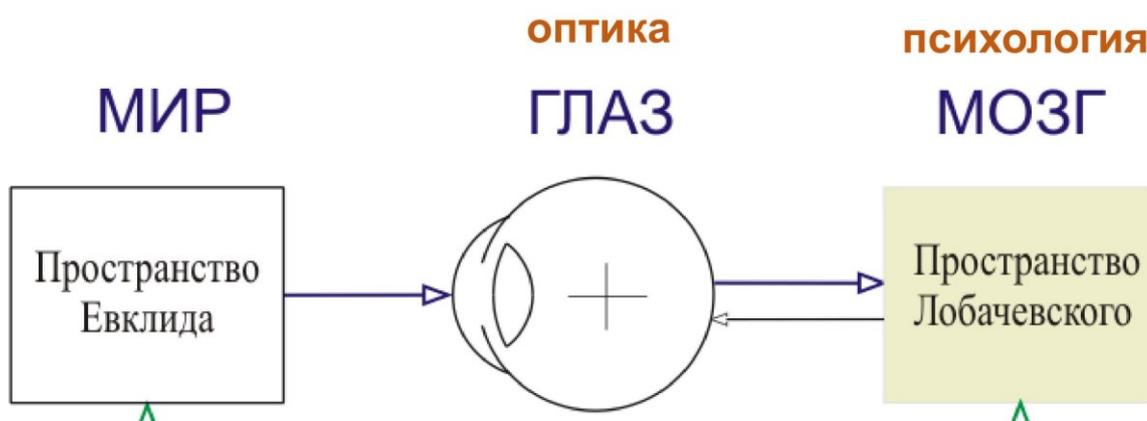


### Общая теория перспективы

**Перспектива** – наука о методах изображения на плоскости объективного пространства и находящихся в нем объектов в соответствии со зрительным восприятием этого пространства человеком.

Во второй половине 20 века советский академик Б.В. Раушенбах, занимавшийся фундаментальными исследованиями в области ракетной техники и космических полетов, создал и математически обосновал **общую теорию перспективы**. При построении своей теории он исходил из того, что зрительное восприятие человека двухступенчатое. Первой ступенью является образование изображения объективного пространства на сетчатке глаза, а второй – воссоздание на этой основе облика внешнего пространства в человеческом сознании (*перцептивного пространства*) посредством сложной работы головного мозга.

Выполнив математические расчеты, В.Б. Раушенбах пришел к заключению, что любое достаточно полное изображение отдельного предмета или группы предметов почти всегда будет содержать «ошибки». Так как человек видит пространство по-разному: близкое пространство – по одним законам, более удаленное по другим, то, соответственно, различные варианты системы перспективы отличаются друг от друга способом распределения этих неизбежных ошибок.



## ПЕРСПЕКТИВА

Прямая линейная

Обратная линейная

Аксонометрия

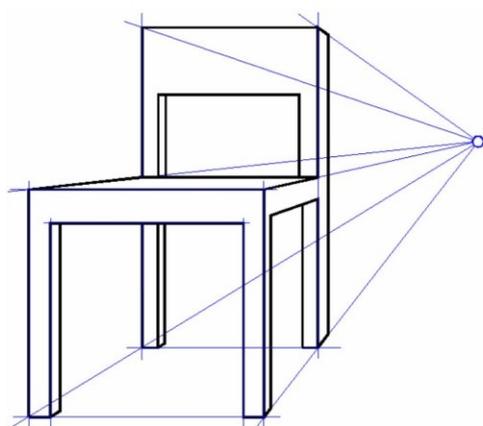
Сферическая

**Прямая линейная перспектива.** Теория линейной перспективы построена на монокулярности зрения, т.е. подразумевается наличие одной фиксированной точки зрения (при изображении предметов на достаточно большом расстоянии различия изображений для обоих глаз незаметны, либо незначительны). Линейная перспектива также предполагает единую точку схода на линии горизонта (предметы уменьшаются пропорционально по мере удаления их от переднего плана).

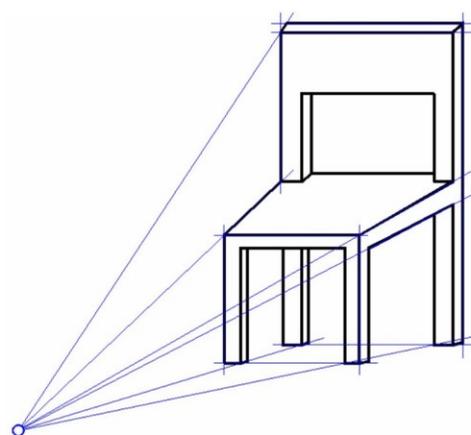
В наше время распространено использование прямой линейной перспективы из-за большей «реалистичности» такого изображения и, в частности, из-за использования данного вида проекции в 3D-играх.



**Обратная линейная перспектива.** Научные исследования, позволили сделать вывод, что любой человек видит при определенных условиях предметы в легкой обратной перспективе (до  $10^\circ$ ). Эффект обратной перспективы заключается в том, что удаленное изображено в больших размерах, чем близкое. Этот вид перспективы, применялся в византийской и древнерусской живописи, а в настоящее время получил строгое математическое описание и нашел применение в атомной и электронной микроскопии, а также в космических технологиях при стыковке кораблей.

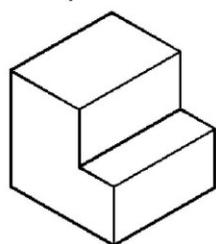


**Прямая перспектива**

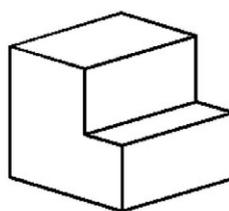


**Обратная перспектива**

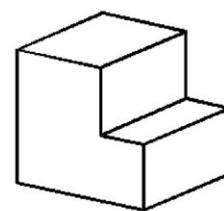
**Аксонометрия** – один из видов перспективы, основанный на методе параллельного проецирования, с помощью которого наглядно изображают пространственные тела. При изображении близких объектов, а также при передаче не слишком больших и сильно удаленных объектов, имеющих малый угловой размер естественное изображение получается именно при обращении к аксонометрии.



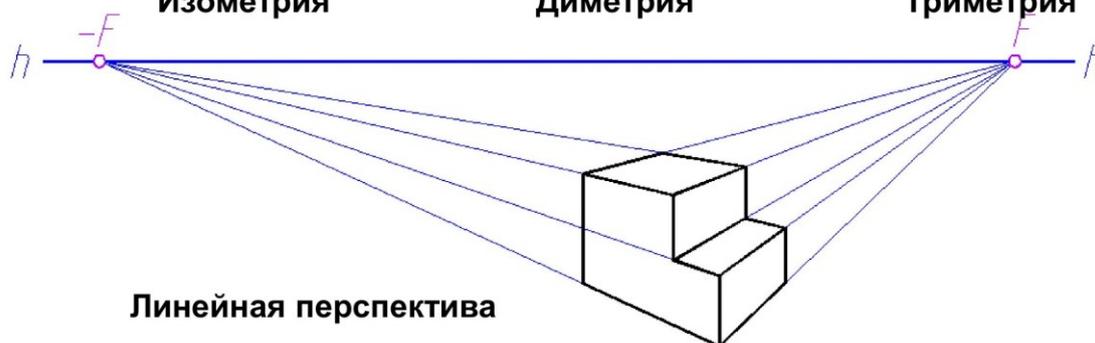
**Изометрия**



**Диметрия**



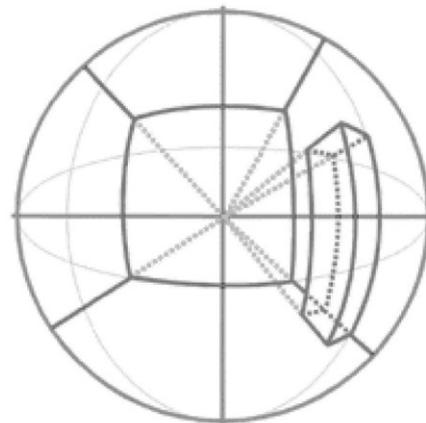
**Триметрия**



**Линейная перспектива**

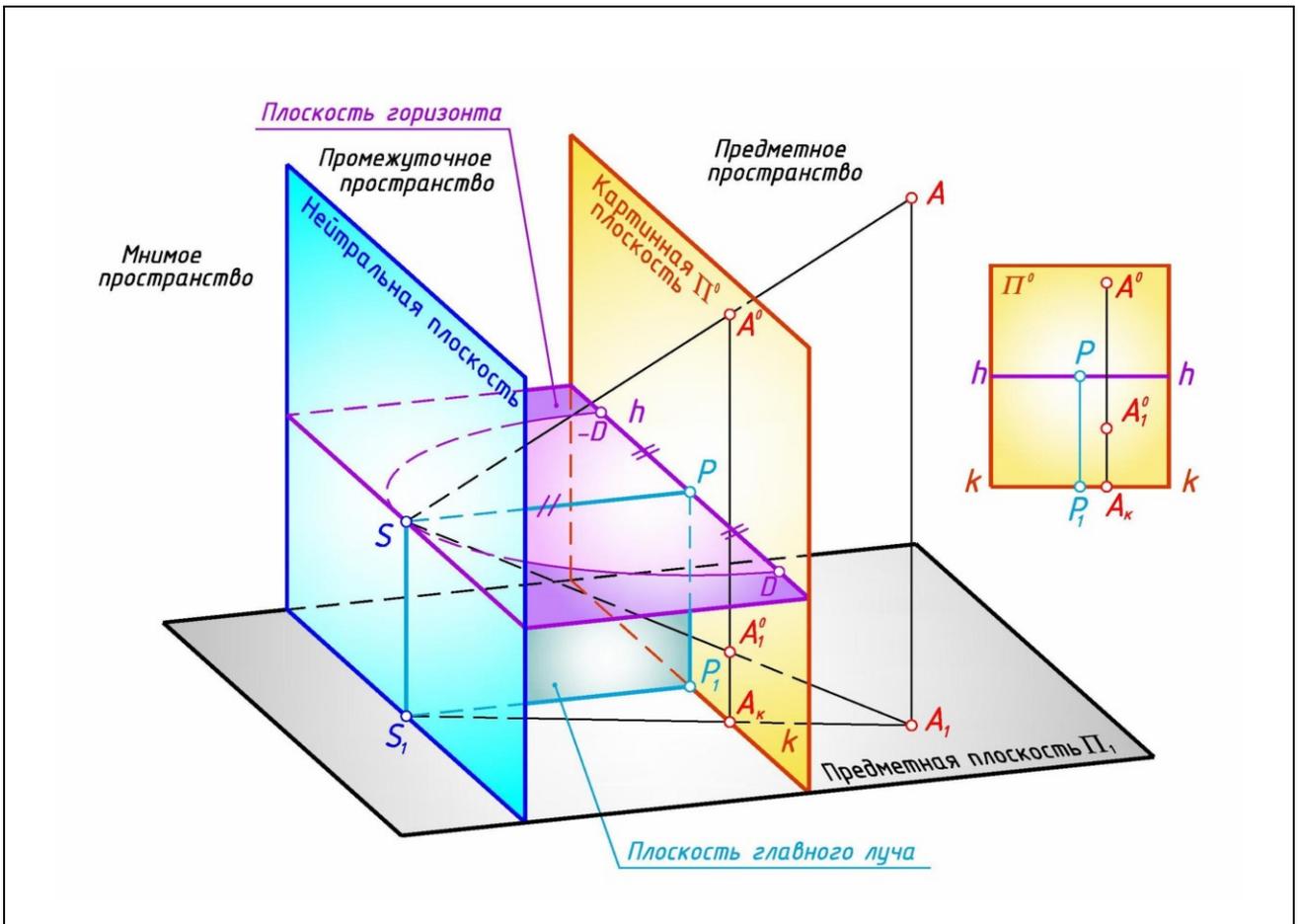
**Сферическая перспектива.** Вид перспективы, где присутствуют несколько точек зрения, а также наклон вертикальных осей к центру и разворот плоскостей к переднему плану. Сферические искажения можно наблюдать на сферических зеркальных поверхностях.

Центральная проекция пространства на сферу, или сферическая перспектива наиболее полно удовлетворяет физиологии и психологии зрительного восприятия. В связи с этим, сферическая перспектива приобретает особую актуальность при создании новой компьютерной среды коммуникации – *виртуальной реальности*.



## Линейная перспектива

**Линейная перспектива** – изображение объекта, полученное методом *центрального проецирования* на картинной плоскости *перспективного аппарата проецирования*, представляющего собой неподвижную геометрическую систему плоскостей, линий и точек, которые называются элементами линейной перспективы.



## Перспектива точки

Точка в предметном пространстве может занимать следующее положение:

1 *Общее положение* – точка находится в предметном пространстве;

2 *Частное положение*:

точка принадлежит картинной плоскости  $\Pi^0$ ;

точка принадлежит предметной плоскости  $\Pi_1$ .

*Условные обозначения* произвольной точки в пространстве и ее проекций при построении перспективы:

$A$  – произвольная точка в предметном пространстве;

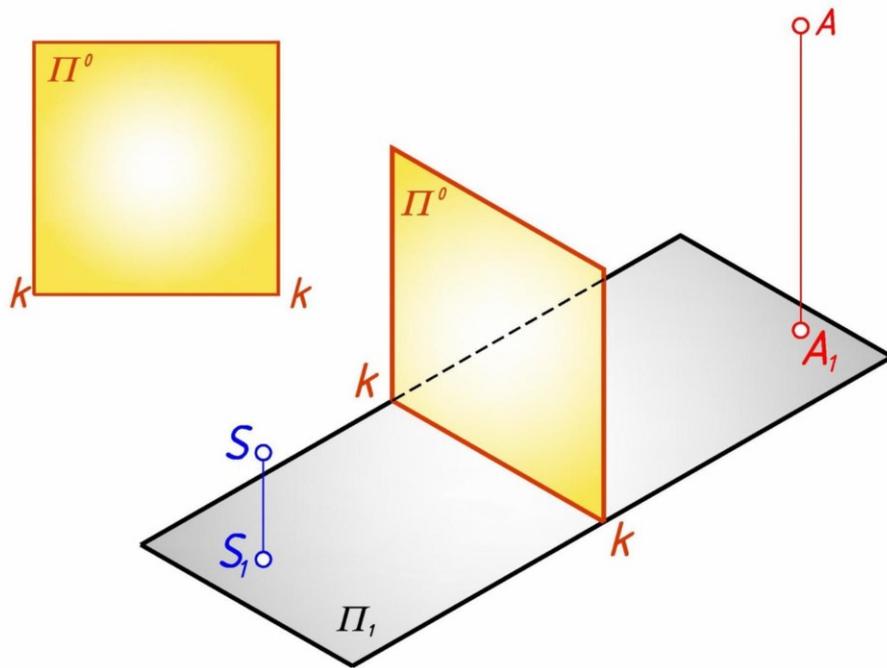
$A_1$  – проекция точки  $A$  на предметную плоскость;

$A^0$  – перспектива (первичная проекция) точки  $A$ .

$A_1^0$  – основание (вторичная проекция) точки  $A$ ;

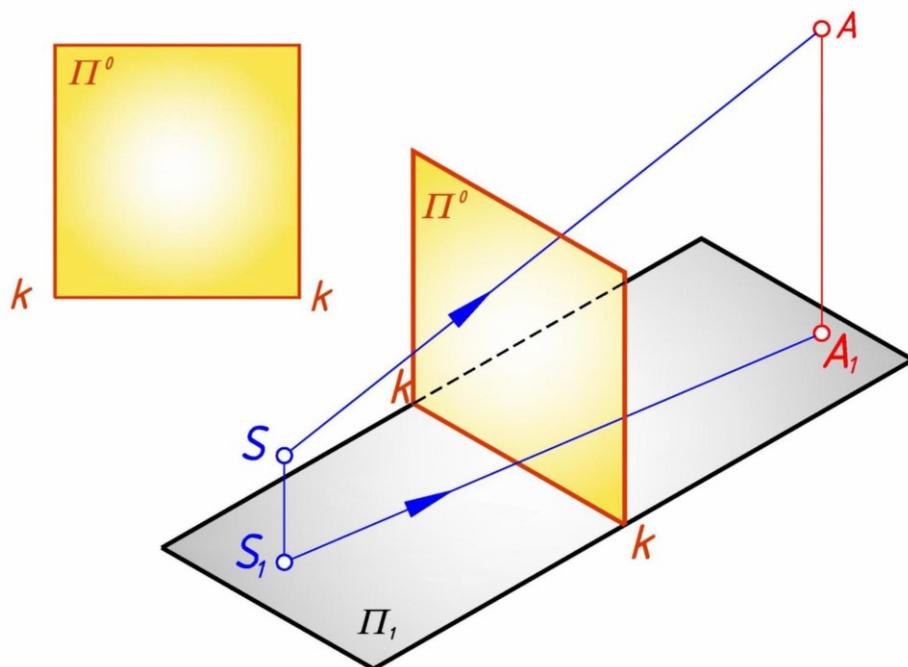
$A_k$  – проекция точки  $A$  на основание картинной плоскости.

Пусть в предметном пространстве задана точка  $A$  и ее проекция на предметную плоскость  $A_1$ . Необходимо построить перспективу точки  $A$ .

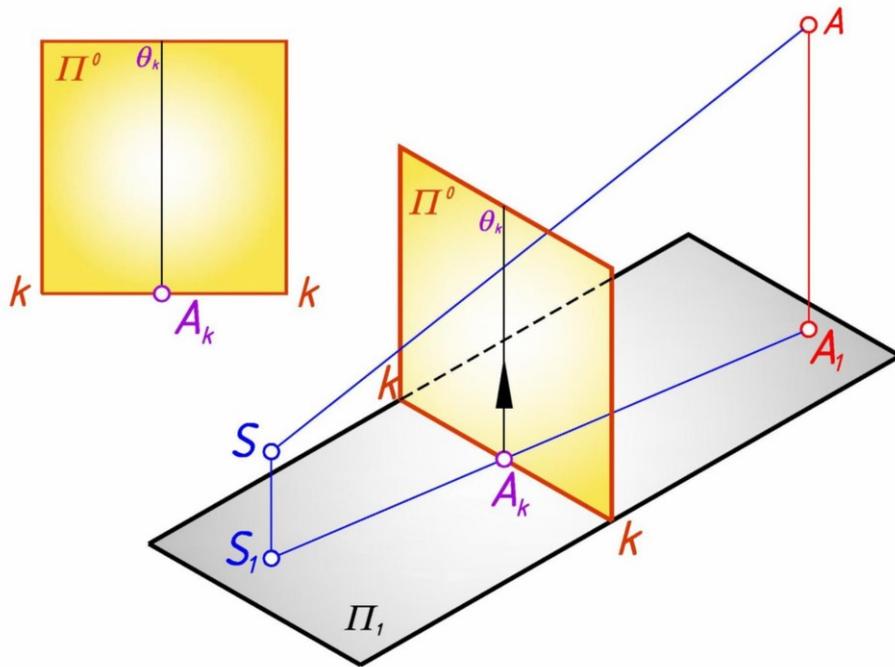


*Алгоритм решения:*

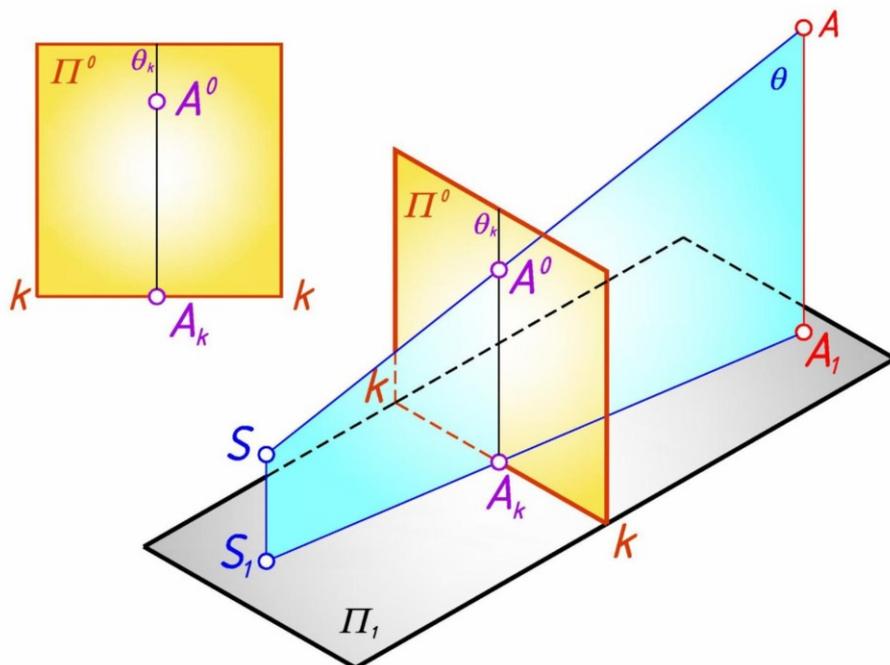
1. Из точки зрения  $S$  проводим проецирующие лучи  $SA$  и  $S_1A_1$ , которые определяют горизонтально проецирующую плоскость  $\theta$ .



2. Поскольку плоскость  $\theta$  перпендикулярна предметной плоскости  $\Pi_1$ , то с картинной плоскостью  $\Pi^0$  плоскость  $\theta$  пересечется по картинному следу  $\theta_k$ .

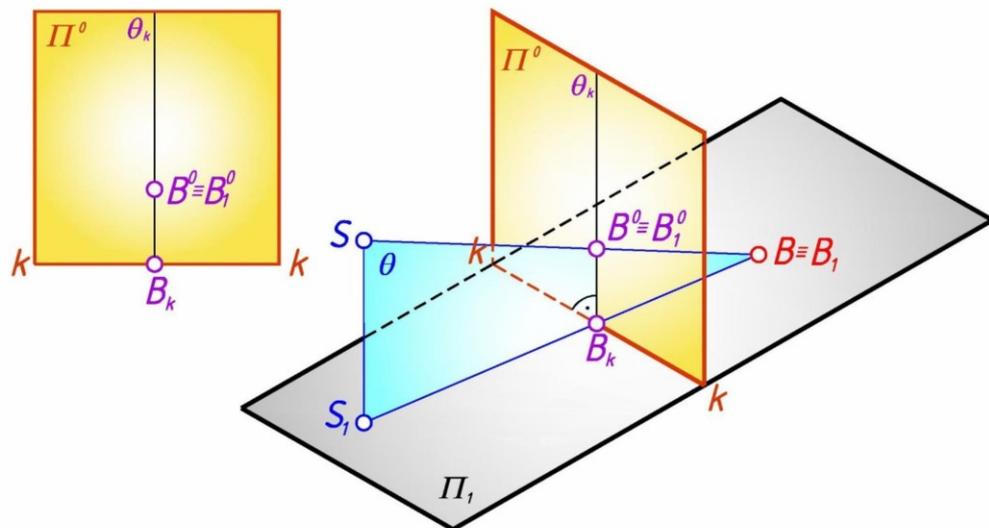


3. В пересечении лучей  $SA$  и  $SA_1$  со следом плоскости  $\theta_k$  определяем искомую перспективу точки  $A$  –  $A^0$  и ее вторичную проекцию  $A^0_1$ .





Если заданная точка принадлежит предметной плоскости, то ее проекция совпадает с положением точки в пространстве. Перспектива точки и ее вторичная проекция на картинной плоскости также совпадут.



## Перспектива прямой

Прямые, расположенные под произвольным углом к картине и к предметной плоскости, называются *прямыми общего положения*. Прямые, расположенные параллельно или перпендикулярно по отношению к картинной либо предметной плоскости, называются *прямыми частного положения*.

Для получения перспективы прямой достаточно построить перспективу любых двух точек, принадлежащих прямой, и соединить их линией.

В то же время для построения перспективы прямой можно воспользоваться характерными точками:

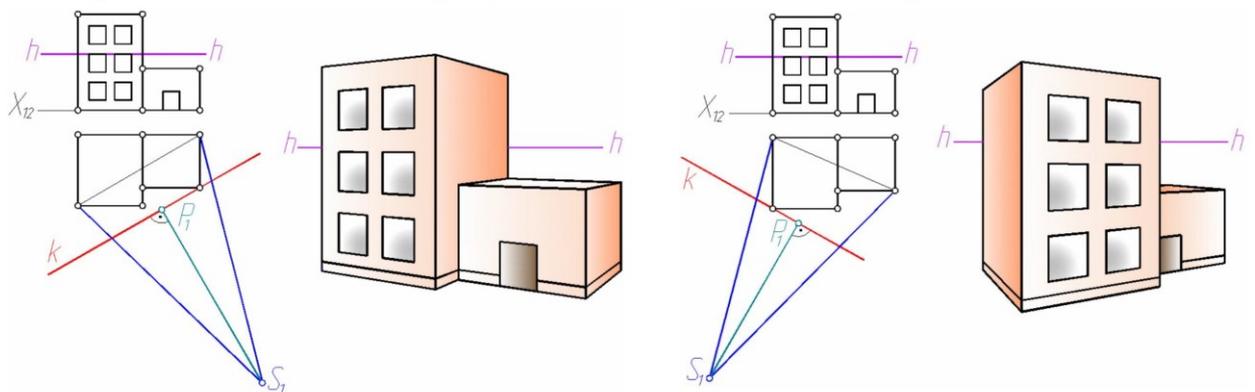
1. Картинный след прямой представляет собой точку пересечения прямой с плоскостью картины.
2. Предельной точкой прямой  $F^0$  называют точку, находящуюся на бесконечно далеком расстоянии от зрителя и расположенную на прямой. Для пучка параллельных прямых будет одна общая предельная точка (точка схода параллельных прямых).



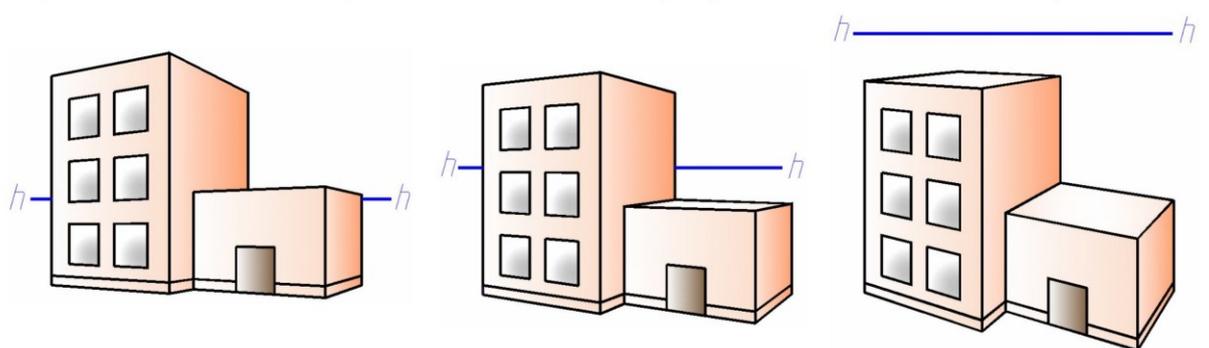
## Рекомендации по подбору элементов картинной плоскости

$\Pi^0$ – картинная плоскость (картина)	Рекомендуется проводить основание картины $k$ через одну из точек плана объекта, параллельно диагонали плана
$S$ – точка зрения; $SP$ – расстояние от зрителя до картины	<i>Главный луч <math>SP</math></i> проводят перпендикулярно основанию картины таким образом, чтобы он находился в пределах средней трети угла зрения $\alpha$
$\alpha$ – угол зрения	<i>Угол зрения</i> – угол между проекционными лучами, направленными в крайние точки плана здания. Величина ясного поля зрения определяется углом $28^\circ$ , при котором точка зрения удалена от картины примерно на удвоенную ее высоту. Задают угол зрения в пределах $28\text{--}37^\circ$ . Для перспективы интерьеров применяется угол зрения до $53^\circ$
$h$ – линия горизонта	Линия горизонта может быть расположена выше, ниже объекта, либо совпадать с основанием картины
$-F, F$ – точки схода	Из выбранной оптимальной точки зрения в плане проводятся линии, параллельные двум доминирующим направлениям до пересечения с основанием картины

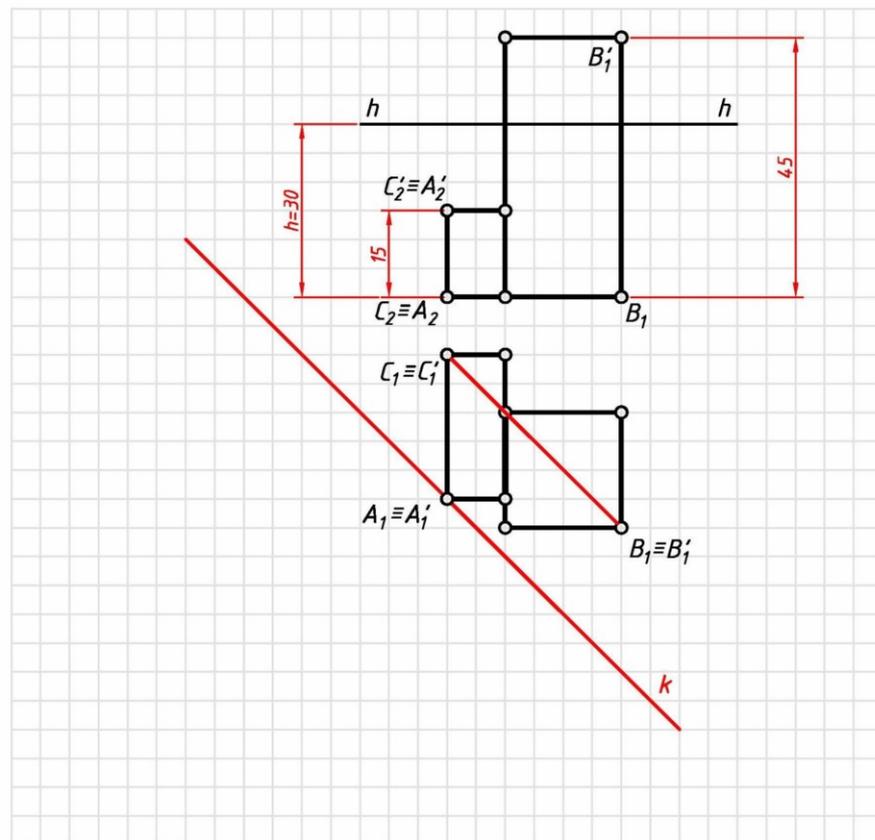
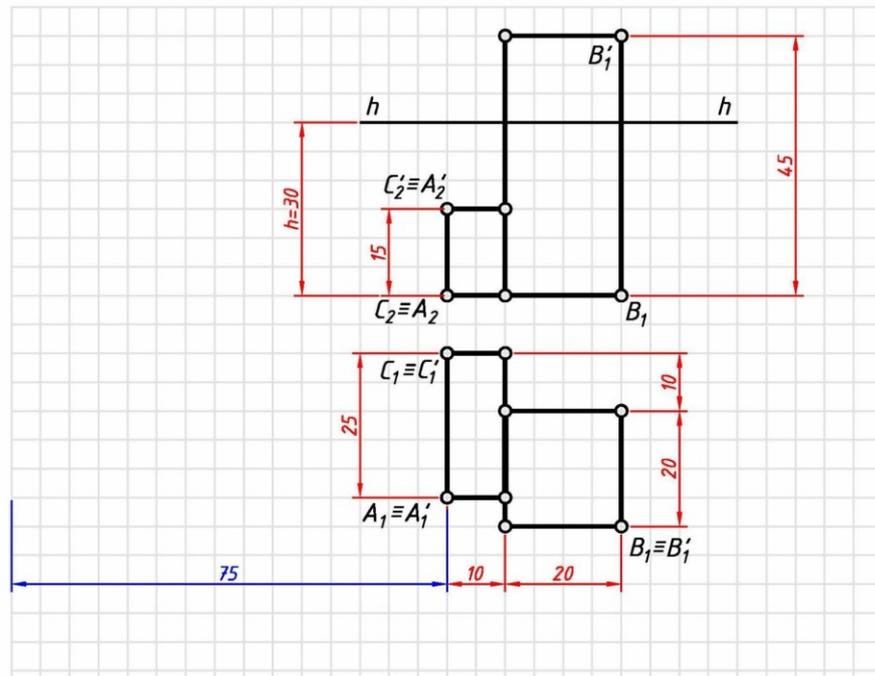
### Перспектива объекта при различном положении картинной плоскости

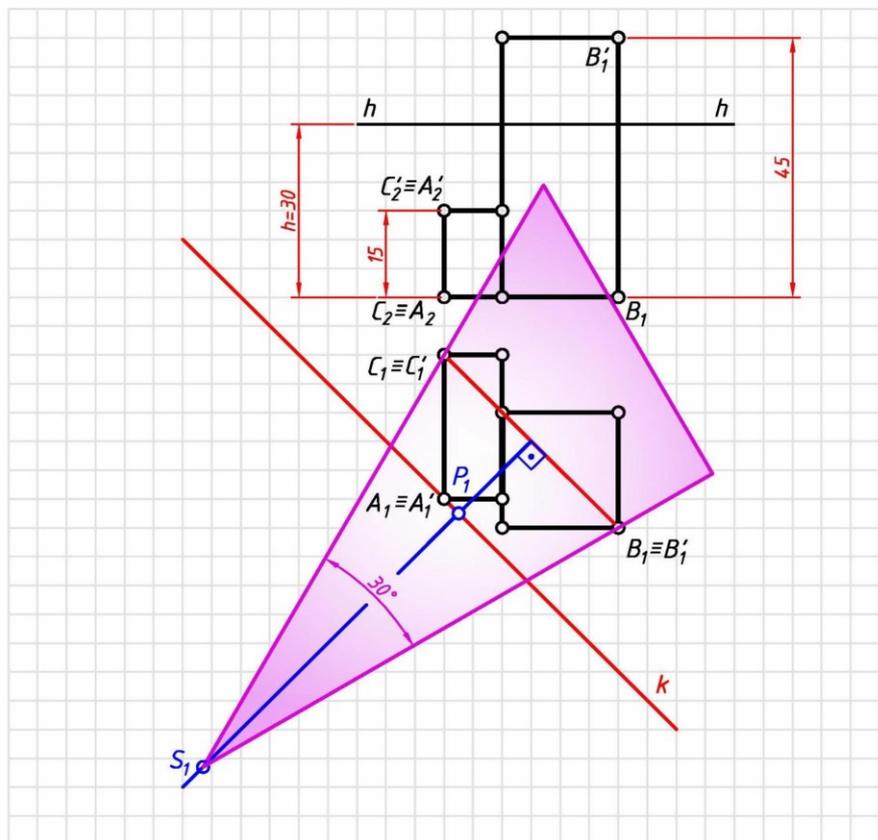
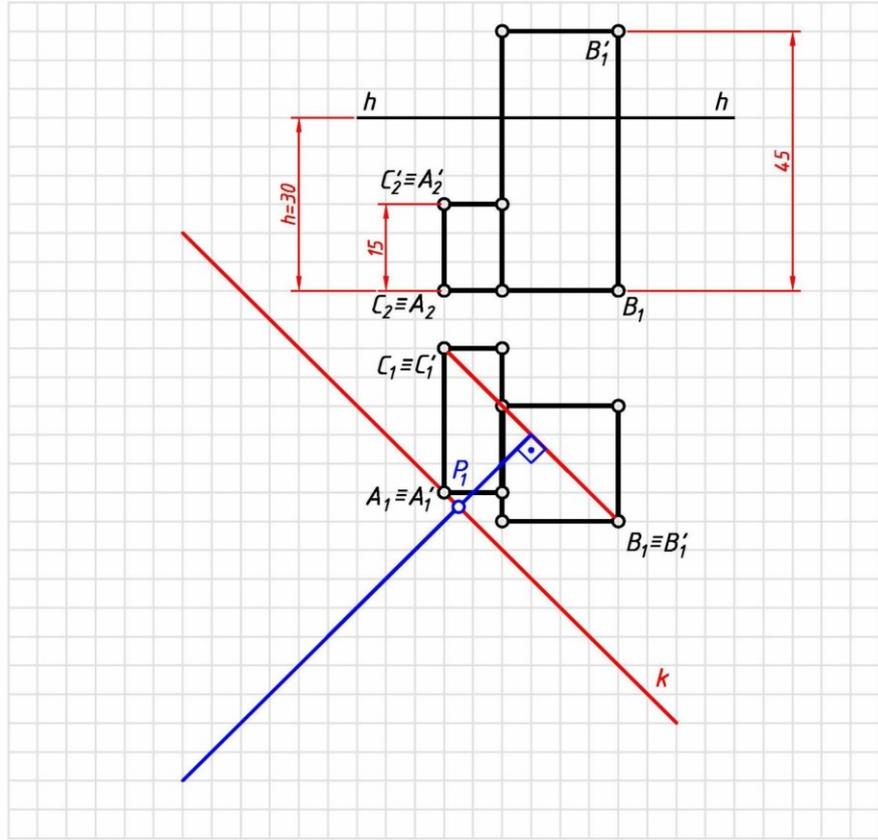


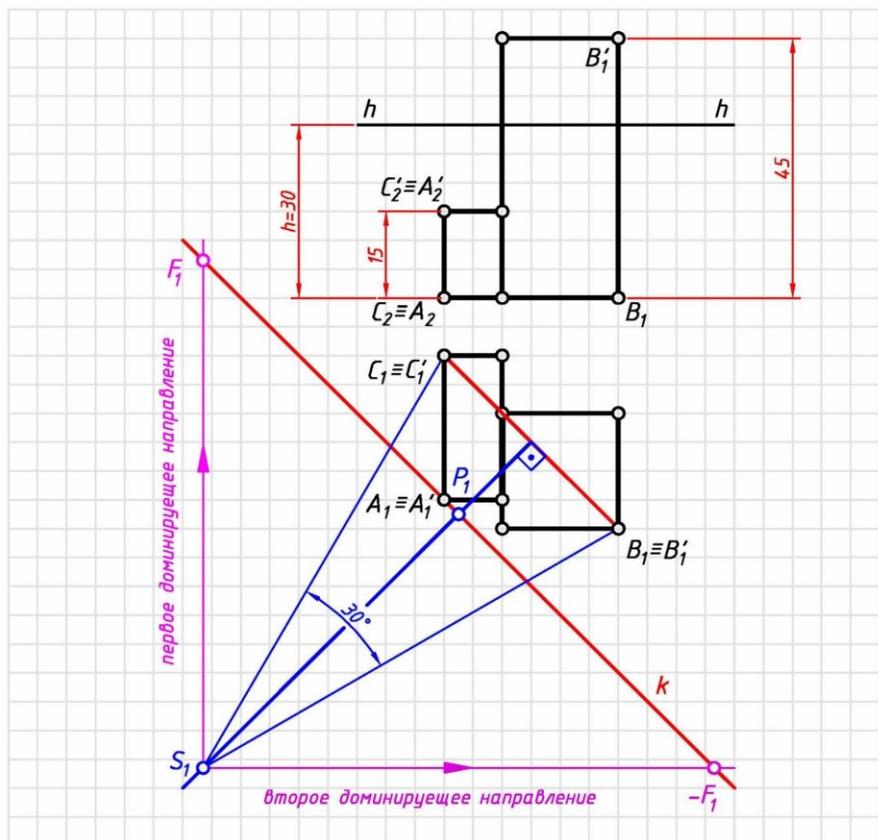
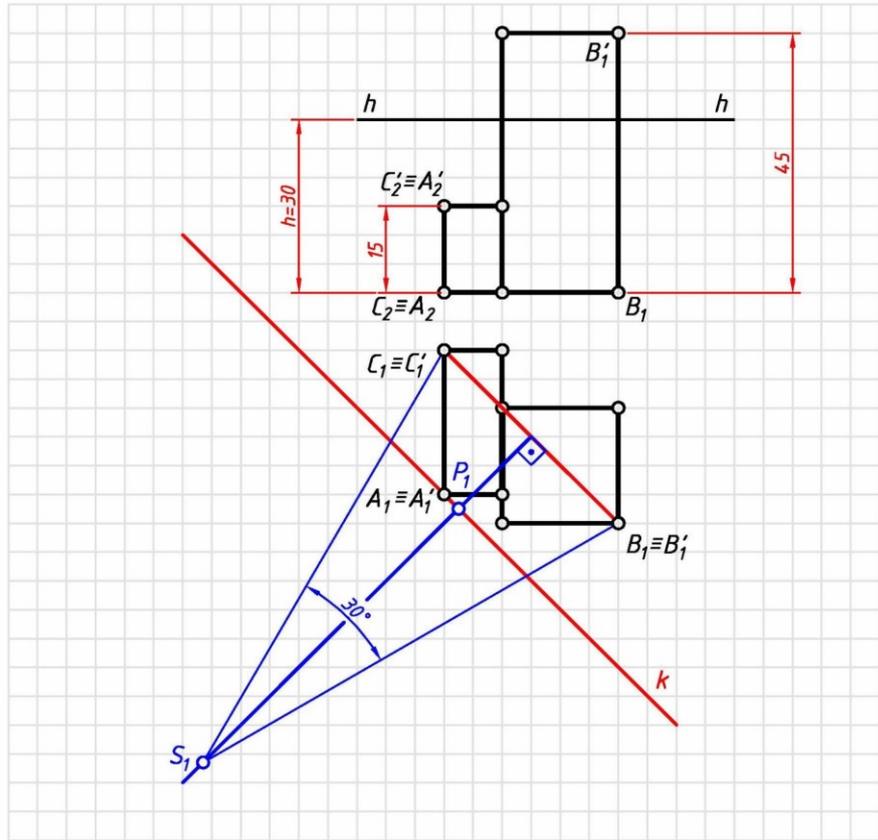
### Перспективные изображения объекта при различной высоте горизонта



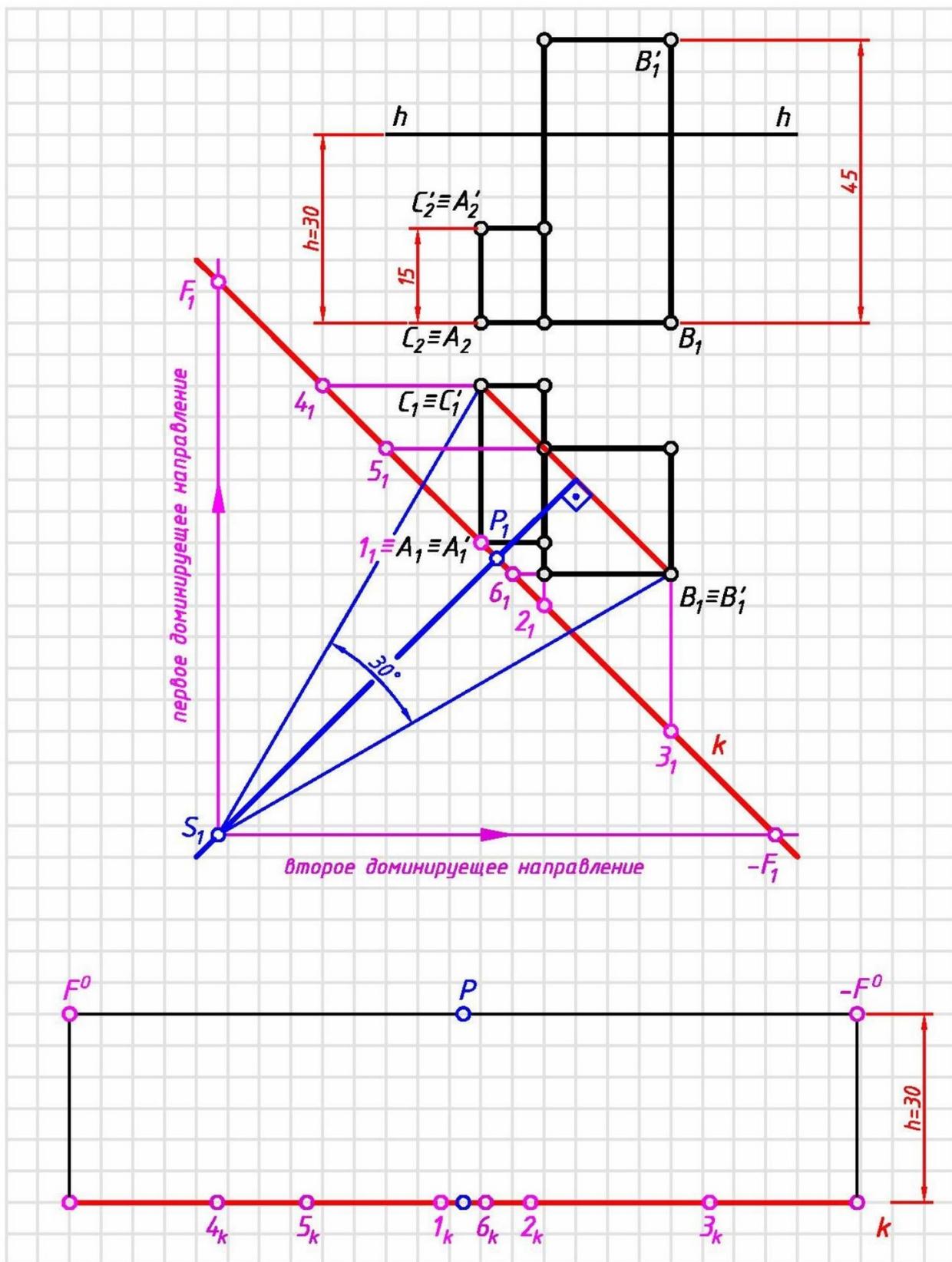
ЗАДАЧА 1: Построить перспективу заданных геометрических образов способом архитекторов.

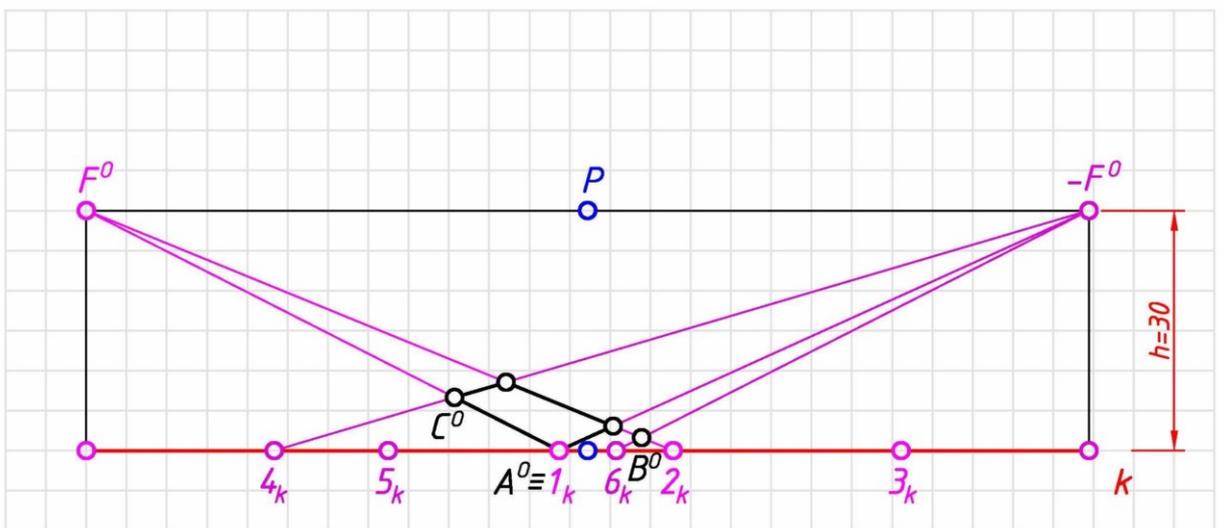
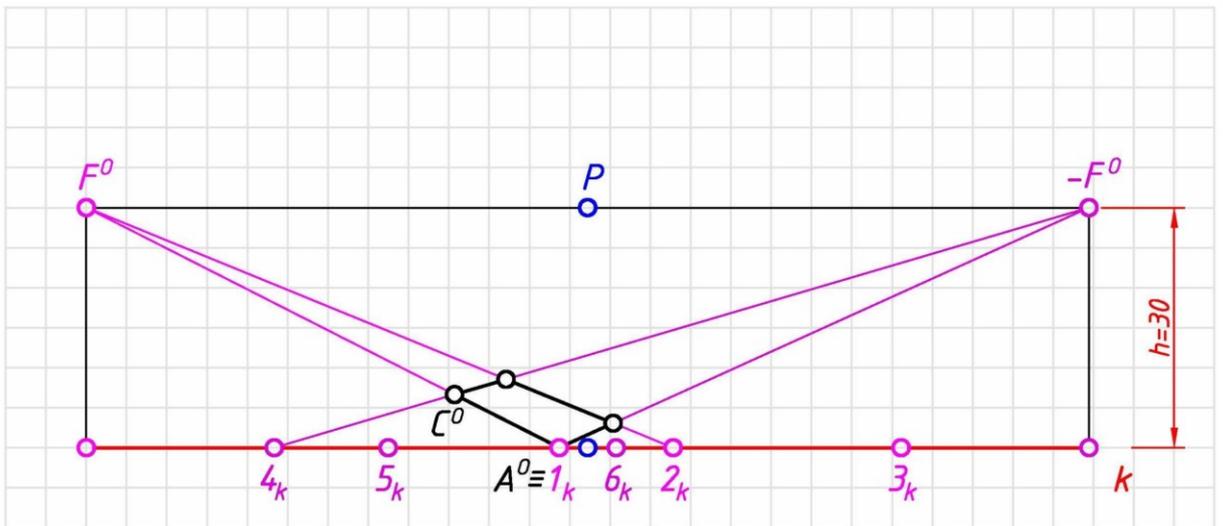
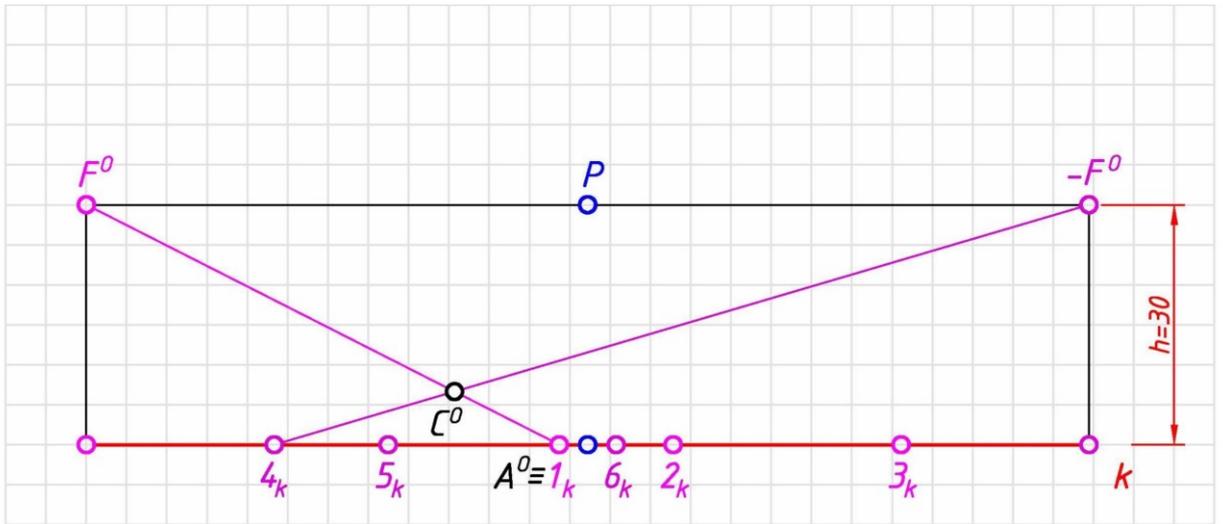


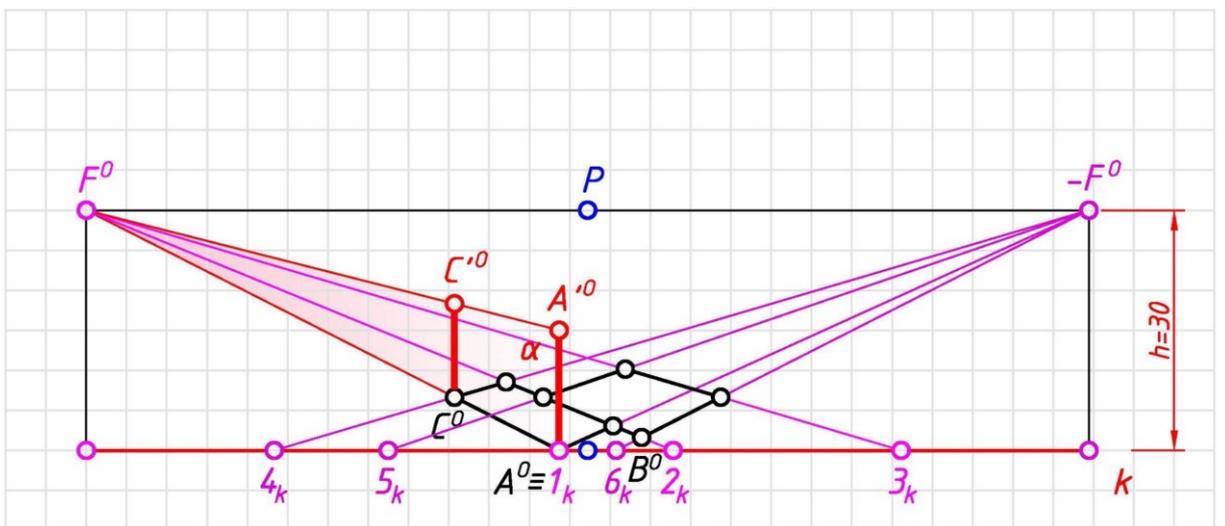
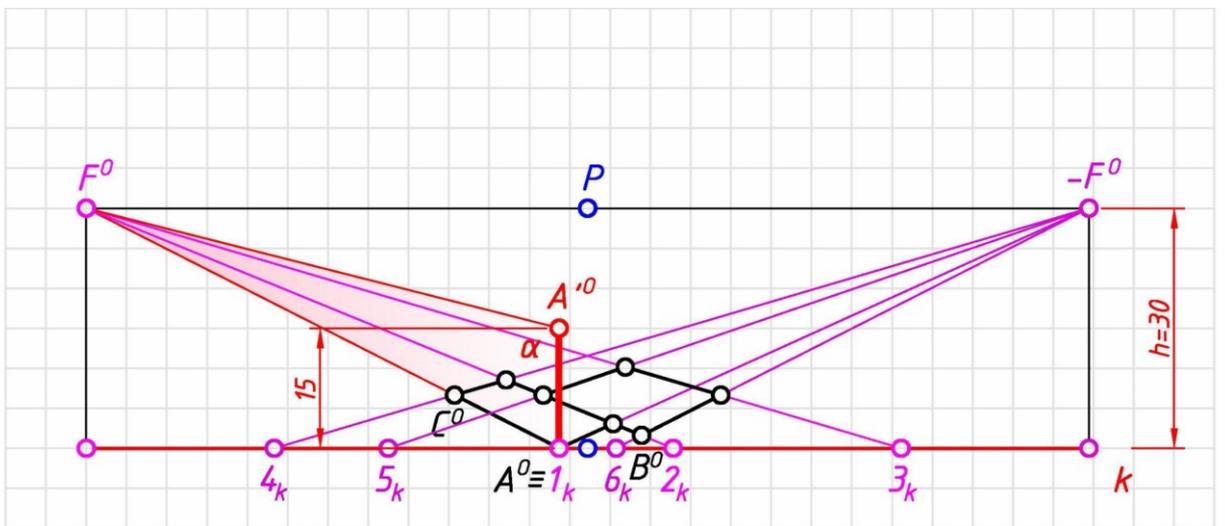
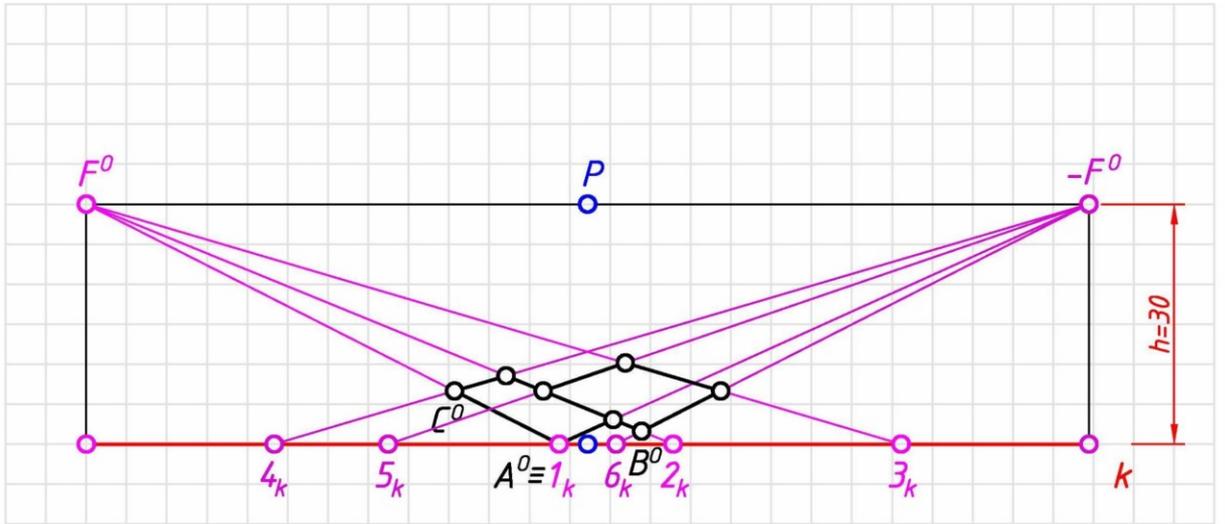


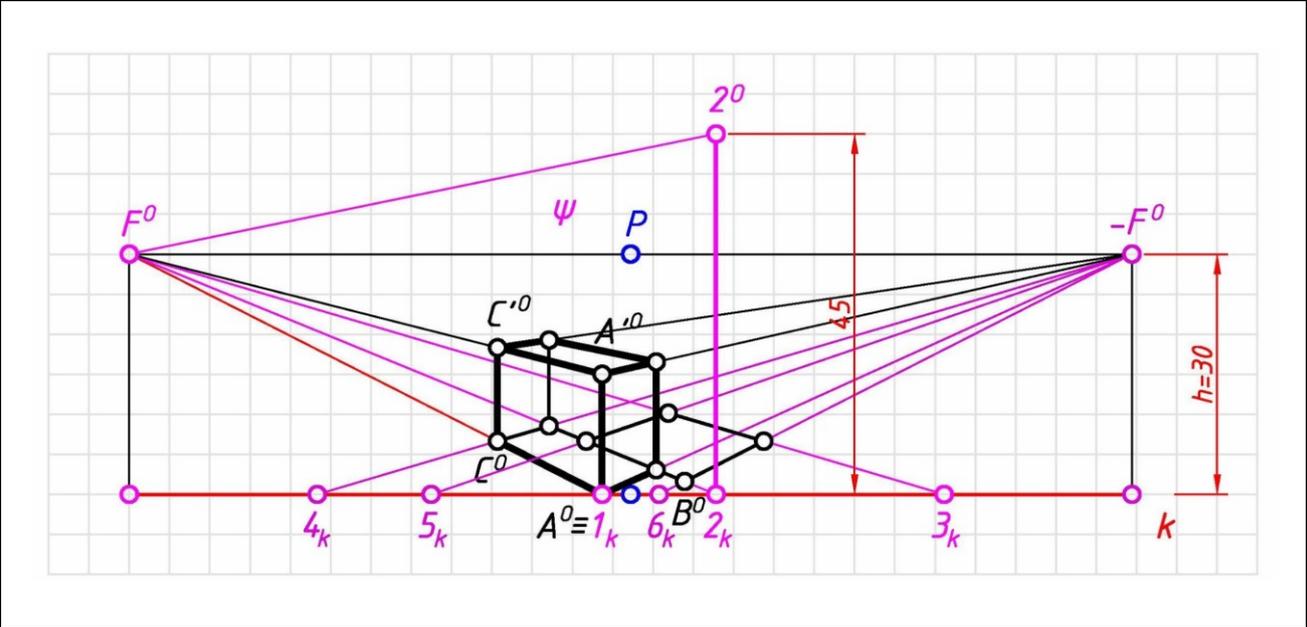
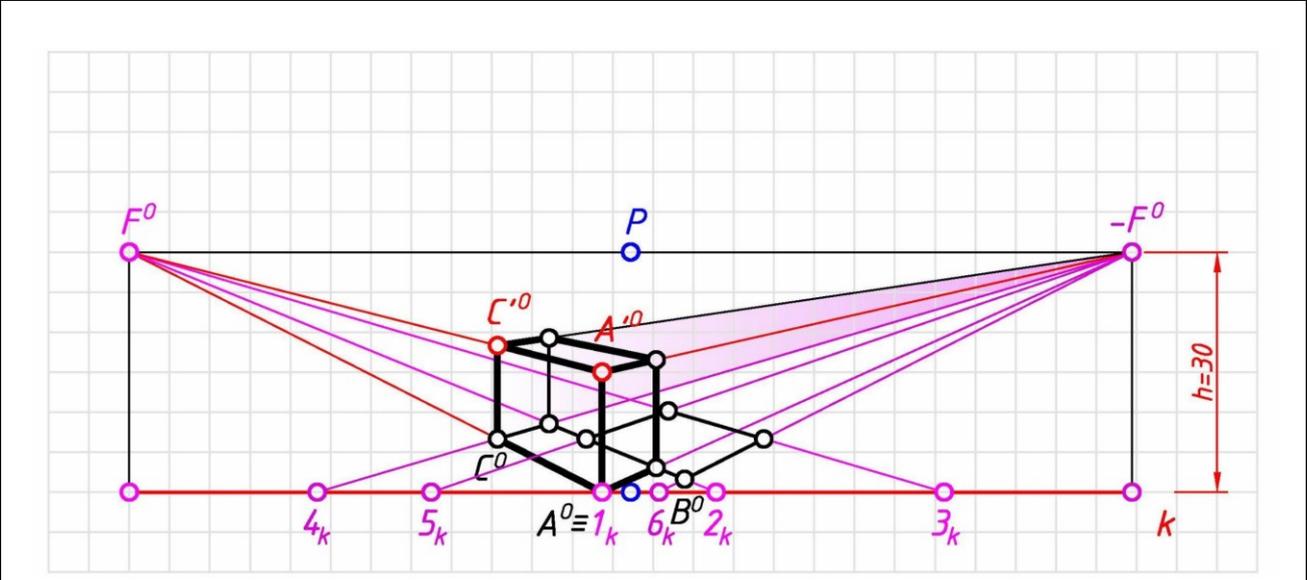
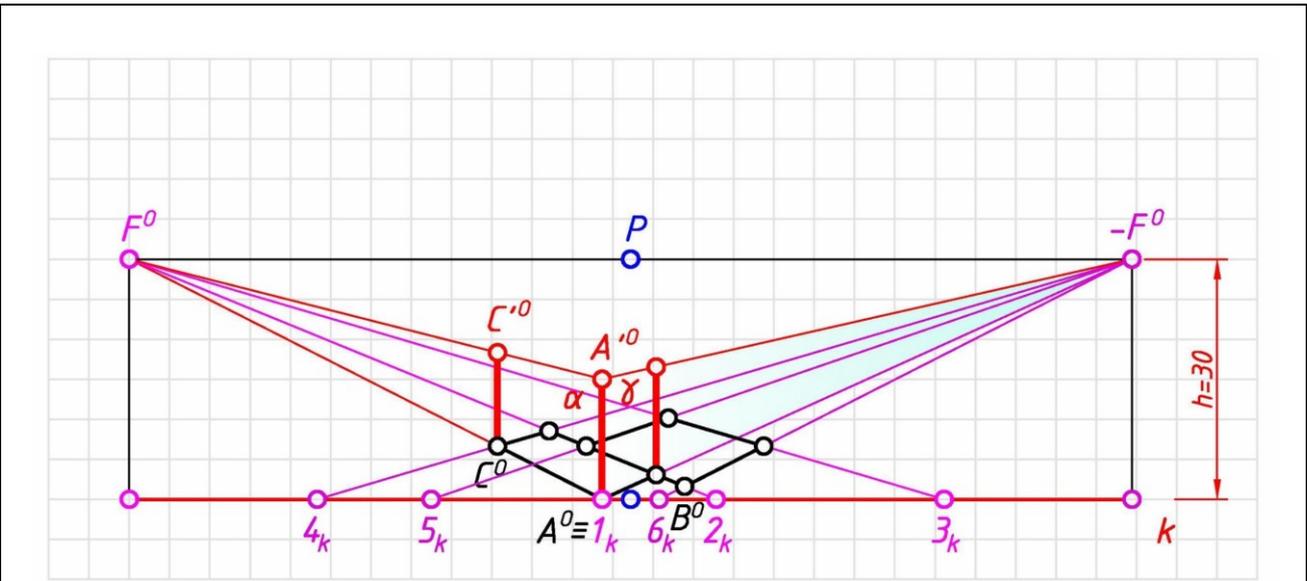




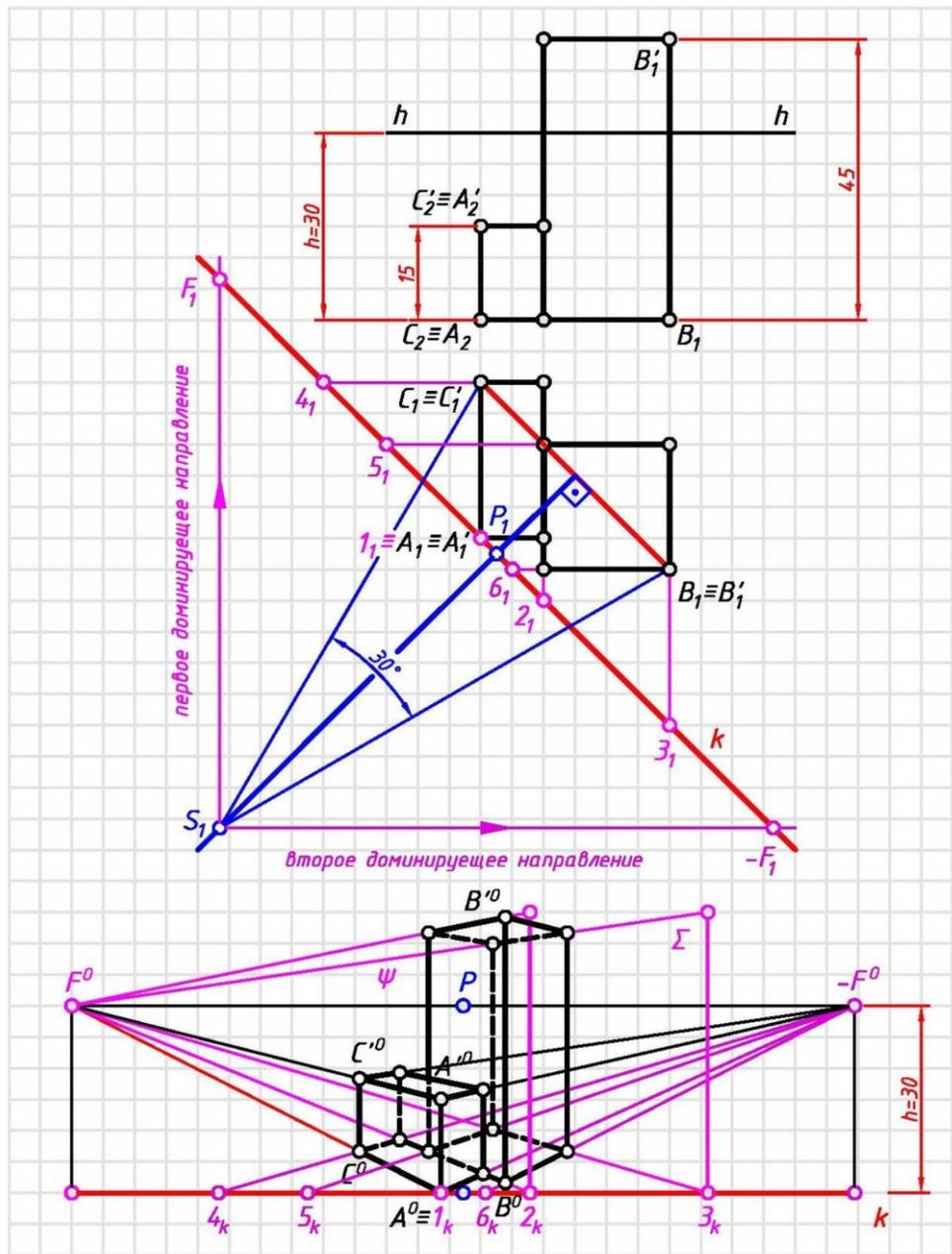
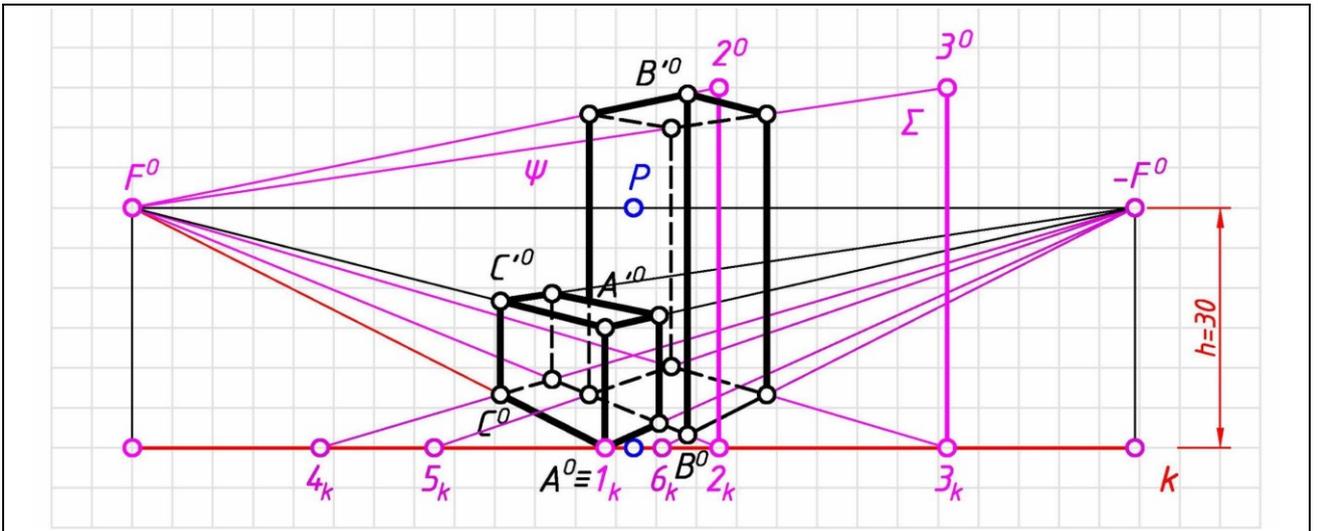












## 2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

[#СтруктураЭУМК](#)

<b>2.1. Примерный перечень тем практических и лабораторных занятий.....</b>	<b>304</b>
<b>2.2. Примерный перечень индивидуальных графических работ .....</b>	<b>306</b>
2.2.1. <i>В 1 семестре</i> .....	306
2.2.1.1. Графическая работа № 1.1 .....	306
2.2.1.2. Графическая работа № 1.2.....	308
2.2.1.3. Графическая работа № 1.2.....	310
2.2.1.4. Графическая работа № 1.4.....	312
2.2.1.5. Графическая работа № 1.5.....	315
2.2.1.6. Графическая работа № 1.6.....	317
2.2.1.7. Графическая работа № 1.7.....	320
2.2.1.8. Графическая работа № 1.8.....	322
2.2.1.9. Графическая работа № 1.9.....	324
2.2.1.10. Графическая работа № 1.10.....	326
2.2.2. <i>В 2 семестре</i> .....	328
2.2.2.1. Графическая работа № 2.1 .....	328
2.2.2.2. Графическая работа № 2.2.....	330
2.2.2.3. Графическая работа № 2.3.....	332
2.2.2.4. Графическая работа № 2.4.....	334
2.2.2.5. Графическая работа № 2.5.....	337
2.2.2.6. Графическая работа № 2.6.....	339
2.2.2.7. Графическая работа № 2.7.....	343
2.2.2.8. Графическая работа № 2.8.....	345
2.2.3. <i>В 3 семестре</i> .....	347
2.2.3.1. Графическая работа № 3.1 .....	347
2.2.3.2. Графическая работа № 3.2.....	349
2.2.3.3. Графическая работа № 3.3.....	352
<b>2.3. Подготовка альбома индивидуальных графических работ .....</b>	<b>355</b>

## 2.1. Примерный перечень тем практических и лабораторных занятий

### #ПрактическийРаздел

На практических занятиях рассматриваются алгоритмы решения задач, в том числе с применением современного программного обеспечения.

Примерный перечень тем практических занятий по семестрам:

1 семестр:

1. Точка. Прямая. Плоскость (ГР № 1.1) – 4 часа.
2. Взаимное положение плоскостей, прямой и плоскости (ГР № 1.2) – 4 часа.
3. Способы преобразования проекций (ГР № 1.3) – 4 часа.
4. Пересечение поверхности плоскостью (ГР № 1.4) – 4 часа.
5. Развертывание поверхностей (ГР № 1.4) – 4 часа.
6. Пересечение поверхностей (ГР № 1.5) – 6 часов.
5. Моделирование геометрических тел и поверхностей в AutoCAD (ГР № 1.6) – 2 часа.
6. Проектирования земляных сооружений на топографической поверхности в проекциях с числовыми отметками (ГР № 1.7, 1.8) – 4 часа.
7. Построение перспективы способом архитекторов (ГР № 1.9, 1.10) – 2 часа.

2 семестр:

1. Единая система конструкторской документации. Основы оформления чертежей – 2 часа.
2. Основы оформления чертежей в AutoCAD (ГР № 2.1) – 4 часа.
3. Оцифровка топографической основы в САПР AutoCAD (ГР № 2.2) – 6 часов.
4. Виды, разрезы, сечения (ГР № 2.3) – 2 часа.
5. Аксонометрические проекции (ГР № 2.3) – 2 часа.
6. Создание чертежей видов, разрезов, сечений и аксонометрических проекций из 3D-модели в AutoCAD (ГР № 2.4, ГР № 2.5) – 6 часов.
7. Резьбовые соединения (ГР № 2.6) – 4 часов.
8. Эскизирование деталей (ГР № 2.7) – 2 часа.
9. Сборочный чертеж трубного соединения (ГР № 2.8) – 6 часов.

3 семестр:

1. Архитектурно-строительный чертеж здания (ГР № 3.1) – 14 часов.
2. Чертежи металлических конструкций (ГР № 3.2) – 6 часов.
3. Чертежи железобетонных конструкций (ГР № 3.3) – 6 часов.
4. Чертежи деревянных конструкций – 4 часа.
5. Чертежи санитарно-технических систем (ГР № 3.1) – 4 часа.

На лабораторных занятиях рассматриваются особенности создания и оформления строительных чертежей в системах автоматизированного проектирования.

Примерный перечень тем лабораторных занятий в 3 семестре:

1. Оформление архитектурно-строительных чертежей в Autodesk AutoCAD (ГР № 3.1) – 8 часов.
2. Оформление чертежей металлических конструкций в Autodesk AutoCAD (ГР № 3.2) – 4 часа.
3. Оформление чертежей железобетонных конструкций в Autodesk AutoCAD (ГР № 3.3) – 4 часа.

## 2.2. Примерный перечень индивидуальных графических работ

В процессе изучения дисциплины студент должен выполнить ряд индивидуальных графических работ (контрольных работ). Ниже приведены содержание каждой работы, учебно-методические материалы к ее выполнению, а также образцы оформления.

### 2.2.1. В 1-ом семестре

#### 2.2.1.1. Графическая работа № 1.1 «Точка. Прямая»

[#ПрактическийРаздел](#)

Задача 1. По заданным координатам концов отрезка:

1. Построить горизонтальную, фронтальную и профильную проекции отрезка;
2. Определить натуральную величину отрезка и углы его наклона к горизонтальной, фронтальной и профильной плоскостям проекций.

Задача 2. По заданным координатам концов отрезка:

1. Построить горизонтальную и фронтальную проекции отрезка;
2. Построить горизонтальный и фронтальный следы прямой, заданной отрезком.

Оформить чертежи на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Видеоуроки к выполнению графической работы № 1.1:

– Акулова, О. А. Натуральная величина прямой. Углы наклона к плоскостям проекций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/fHbm1C79JGg>;

– Акулова, О. А. Следы прямой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/f3hSYUKhNbk>;

Образец оформления графической работы № 1.1 представлен на рисунке 2.1.

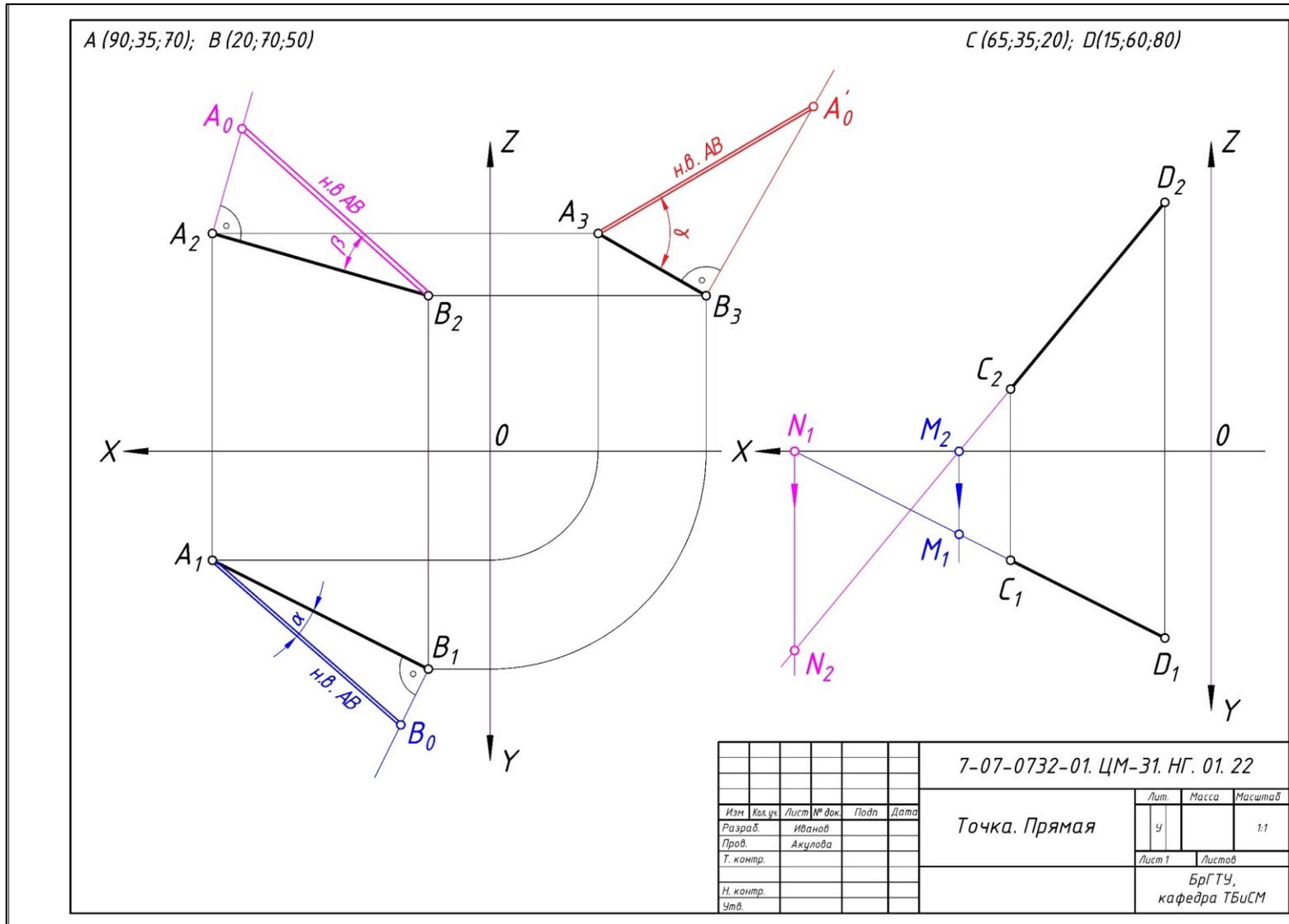


Рисунок 2.1. Образец оформления графической работы № 1.1

### 2.2.1.2. Графическая работа № 1.2 «Взаимное положение плоскостей, прямой и плоскости»

#### [#ПрактическийРаздел](#)

Задача 1. Определить натуральную величину расстояния от точки до плоскости, заданной треугольником. Решить видимость заданных геометрических образов относительно плоскостей проекций.

Задача 2. Построить линию пересечения двух плоскостей, заданных треугольниками. Решить видимость заданных геометрических образов относительно плоскостей проекций.

Оформить чертеж на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Видеоуроки к выполнению графической работы № 1.2:

– Акулова, О. А. Расстояние от точки до плоскости [Электронный ресурс].  
– Режим доступа: [https://youtu.be/gjzI\\_RaC2OQ](https://youtu.be/gjzI_RaC2OQ);

– Акулова, О. А. Линия пересечения плоскостей [Электронный ресурс]. –  
Режим доступа: [https://youtu.be/ho\\_KHvHgyWM](https://youtu.be/ho_KHvHgyWM);

Образец оформления графической работы № 1.2 представлен на рисунке 2.2.

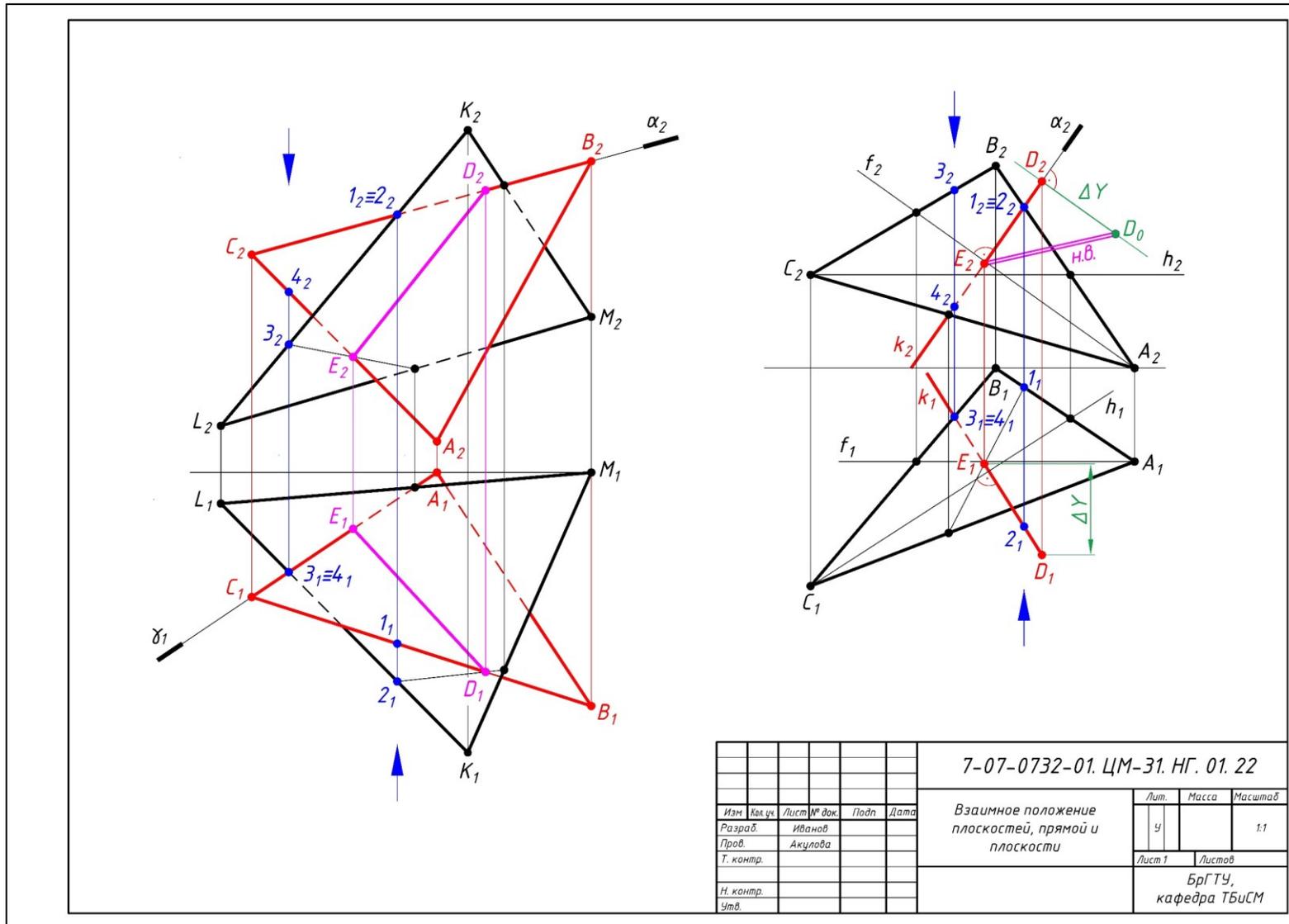


Рисунок 2.2. Образец оформления графической работы № 1.2

### 2.2.1.3. Графическая работа № 1.3 «Способы преобразования проекций»

#### #ПрактическийРаздел

Задача 1. Определить натуральную величину расстояния от точки до плоскости, заданной треугольником, способом замены плоскостей проекций.

Задача 2. Определить натуральную величину треугольника способом вращения вокруг линии уровня.

Задача 3. Определить натуральную величину треугольника способом плоскопараллельного перемещения.

Видеоуроки к выполнению графической работы № 1.3:

– Омесь, Д. В. Преобразование проекций. Решение задач. Часть 1  
[Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<https://www.youtube.com/watch?v=Rgt2tCb2WTU>;

– Омесь, Д. В. Решение задач способами преобразования. Часть 2  
[Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<https://www.youtube.com/watch?v=XfZ5g9t8zUs>;

Образец оформления графической работы № 1.3 представлен на рисунке 2.3.

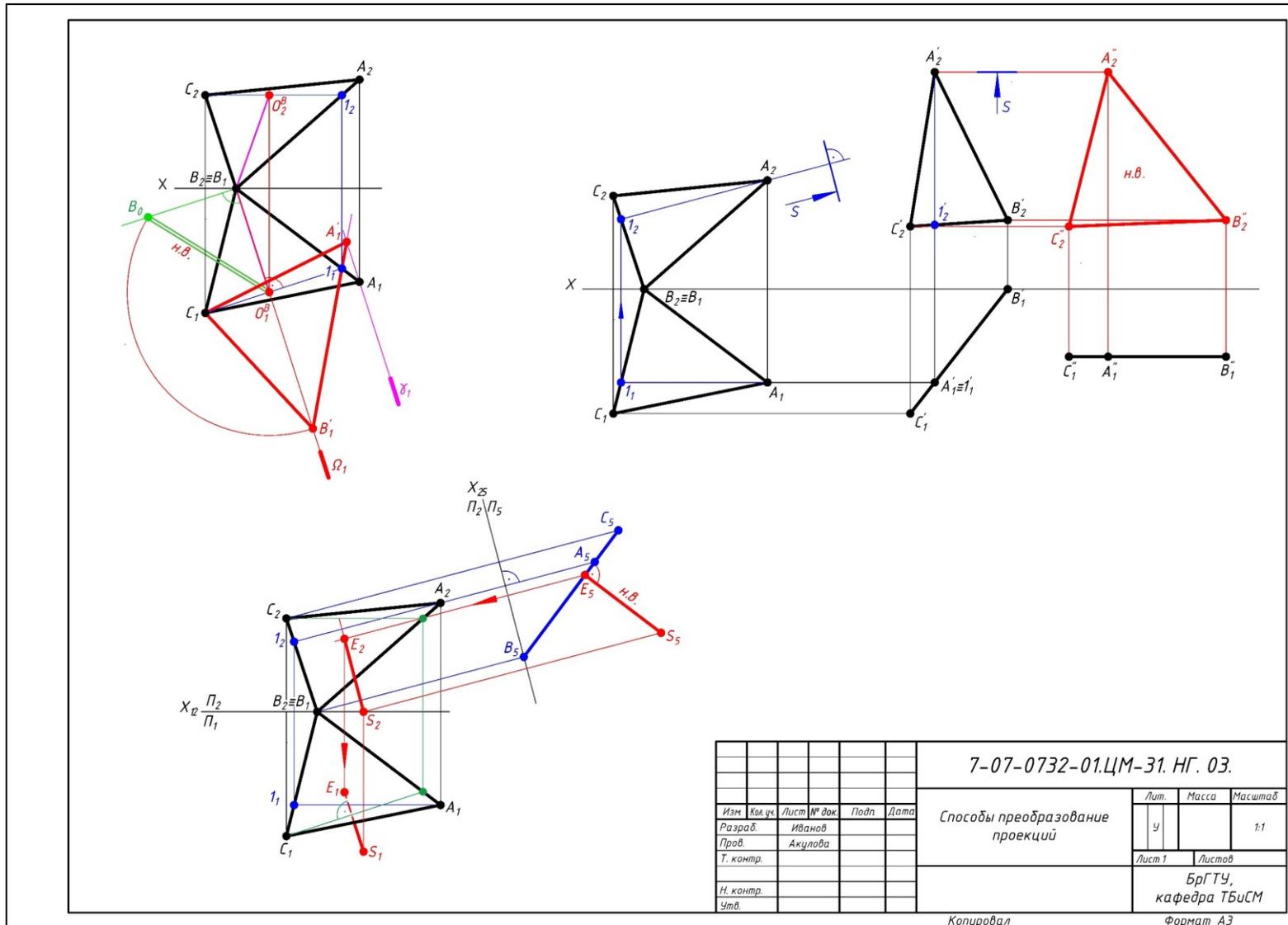


Рисунок 2.3. Образец оформления графической работы № 1.3

#### 2.2.1.4. Графическая работа № 1.4 «Пересечение поверхности плоскостью. Развертка»

##### [#ПрактическийРаздел](#)

Задача 1. Построить проекции линии пересечения поверхности плоскостью. Решить видимость заданных геометрических образов относительно плоскостей проекций.

Задача 2. Определить натуральную величину сечения поверхности плоскостью.

Задача 3. Построить полную развертку заданной поверхности и нанести на нее линию пересечения поверхности плоскостью.

Оформить чертеж на формате А3 или А2 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Видеоуроки к выполнению графической работы № 1.4:

– Акулова, О. А. Линия сечения гранной поверхности фронтально-проецирующей плоскостью [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/hrqqUgLmTZc>;

– Акулова, О. А. Натуральная величина сечения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/j4IGWEsNyak>;

– Акулова, О. А. Развертка пирамиды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/uG12KfZBzJ4>;

– Акулова, О. А. Линия сечения на развертке пирамиды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/TugnpQTcpMg>;

– Акулова, О. А. Развертка призмы (раскатка) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/pXfx3zD7DIM>;

– Акулова, О. А. Развертка призмы (нормальное сечение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/GhccA3fLyE8>;

– Акулова, О. А. Линия сечения на развертке призмы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/y8WieBBllN8>.

Образцы оформления графической работы № 1.4 представлены на рисунках 2.4 и 2.5.

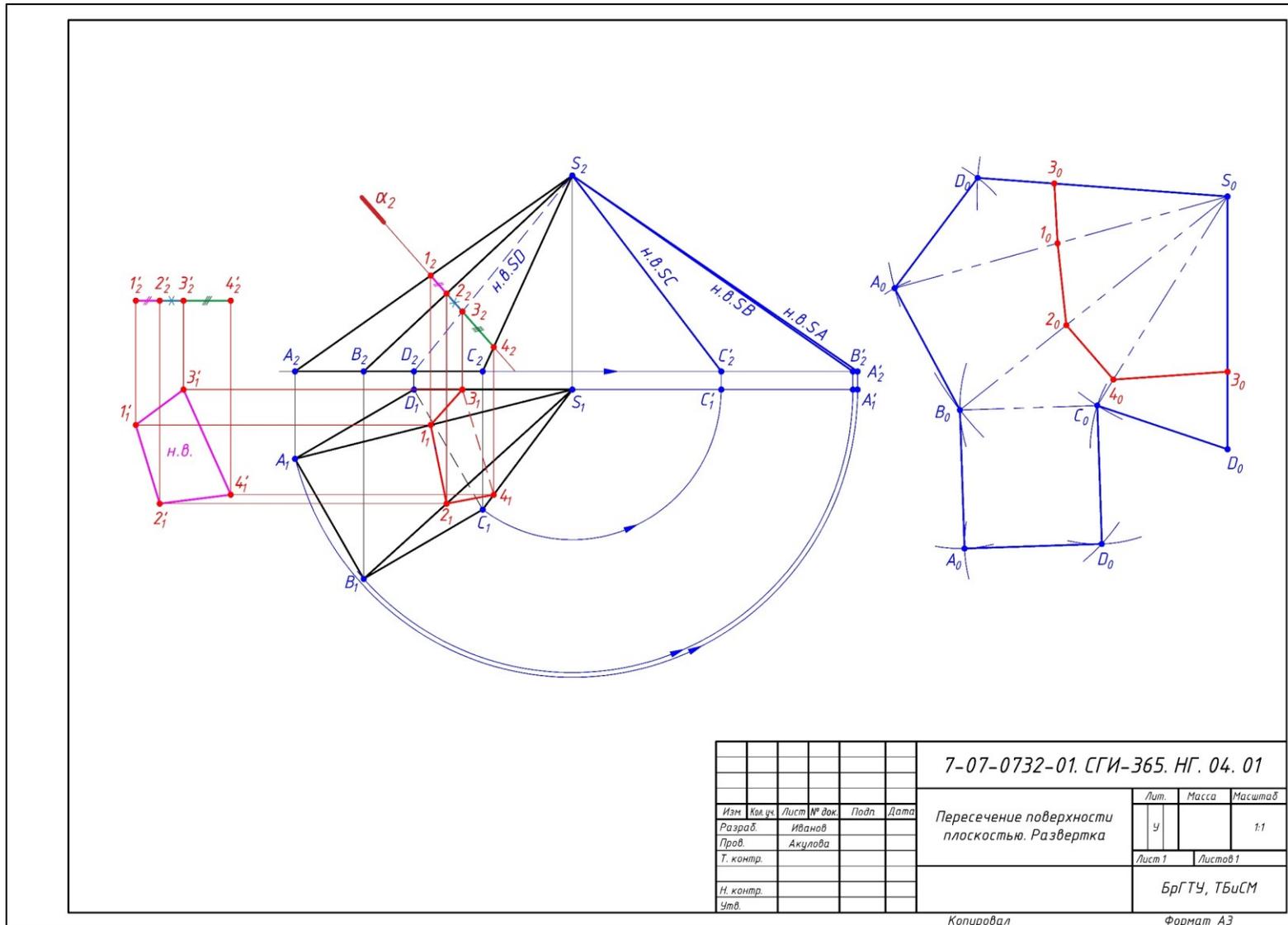


Рисунок 2.4. Образец 1 оформления графической работы № 1.4

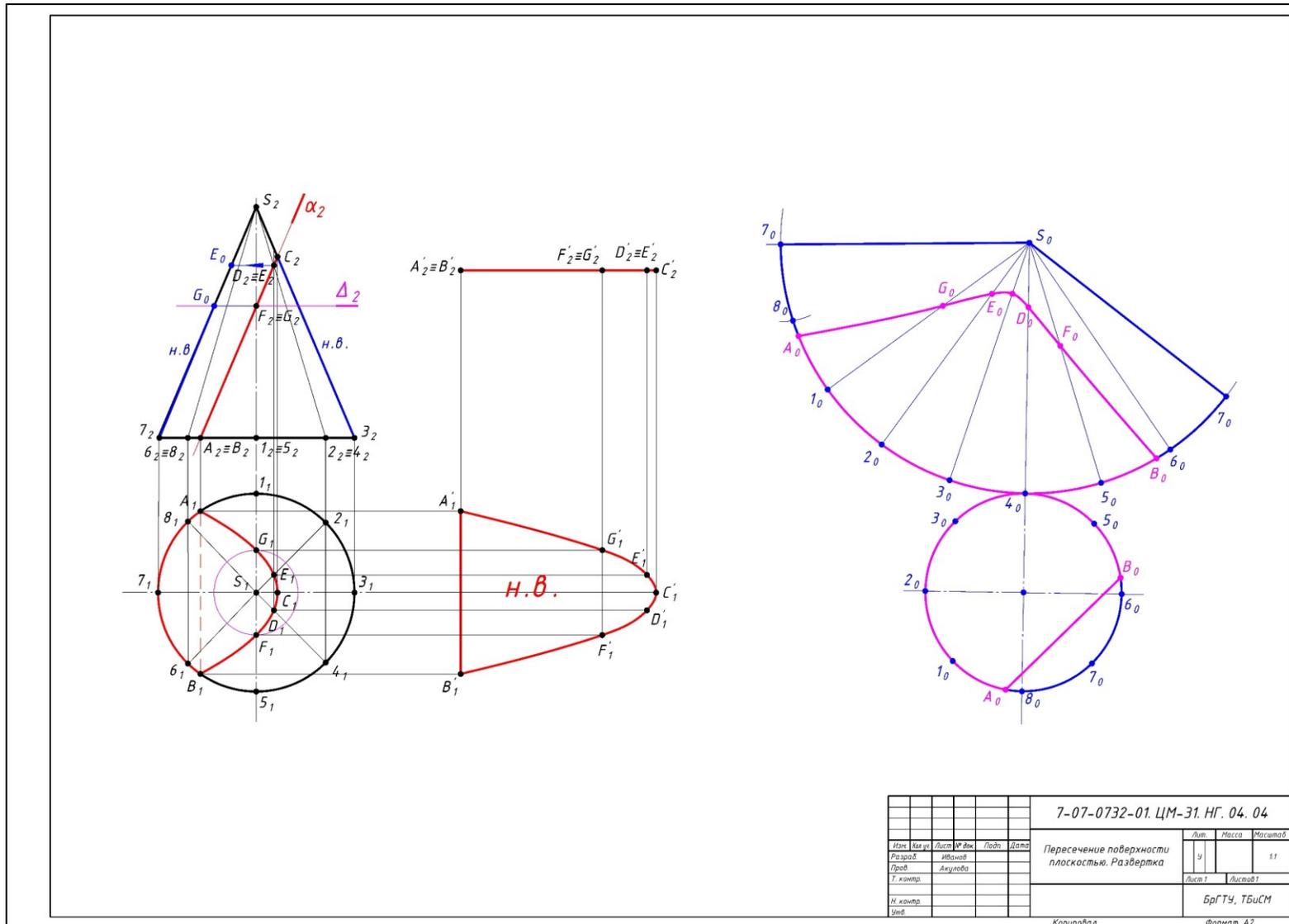


Рисунок 2.5. Образец 2 оформления графической работы № 1.4

### 2.2.1.5. Графическая работа № 1.5 «Пересечение поверхностей»

#### #ПрактическийРаздел

Задача 1. В соответствии с заданным вариантом построить проекции линии пересечения заданных поверхностей методом секущих плоскостей-посредников частного положения. Решить видимость проекций линии пересечения и заданных поверхностей относительно плоскостей проекций.

Задача 2. В соответствии с заданным вариантом построить проекции линии пересечения заданных поверхностей методом концентрических сфер-посредников. Решить видимость проекций линии пересечения и заданных поверхностей относительно плоскостей проекций.

Оформить чертеж на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Видеоуроки к выполнению графической работы № 1.5:

– Акулова, О. А. Пересечение поверхностей\_Метод плоскостей-посредников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/XpGc2dppHH4>;

– Акулова, О. А. Пересечение поверхностей\_Метод сфер-посредников 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/uA9lRMz6nDA>;

– Акулова, О. А. Пересечение поверхностей\_Метод сфер-посредников\_2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/Ajj24VqQOxw>.

Образец оформления графической работы № 1.5 представлен на рисунке 2.6.



### 2.2.1.6. Графическая работа № 1.6 «Моделирование задачи на пересечение поверхностей»

#### #ПрактическийРаздел

Задание 1. В соответствии с заданным вариантом:

1. В САПР AutoCAD создать трехмерную модель двух пересекающихся поверхностей.

2. Из трехмерной модели автоматически получить ортогональные проекции и стандартную аксонометрическую проекцию.

Оформить чертеж на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД

Задание 2. Выполнить в САПР AutoCAD визуализацию трехмерной модели двух пересекающихся поверхностей с наложением материалов, текстур, построением теней.

Оформить задачу на формате А4.

Методические указания к выполнению графической работы № 3:

Якубовская, О. А. Методические указания к выполнению лабораторной работы по начертательной геометрии на тему «Моделирование задачи на пересечение поверхностей» для студентов технических специальностей / О. А. Якубовская, З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Н. Н. Шалобыта. – Брест, из-во БрГТУ, 2013. – 22 с.

Видеоуроки к выполнению графической работы № 1.6:

– Акулова, О. А. Пересечение поверхностей в AutoCAD\_Часть 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/t-jbqER\\_iiA](https://youtu.be/t-jbqER_iiA);

– Акулова, О. А. Пересечение поверхностей в AutoCAD\_Часть 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/R-KaIJ5hYH0>.

Образцы оформления графической работы № 1.6 представлены на рисунках 2.7 (задание 1) и 2.8 (задание 2).

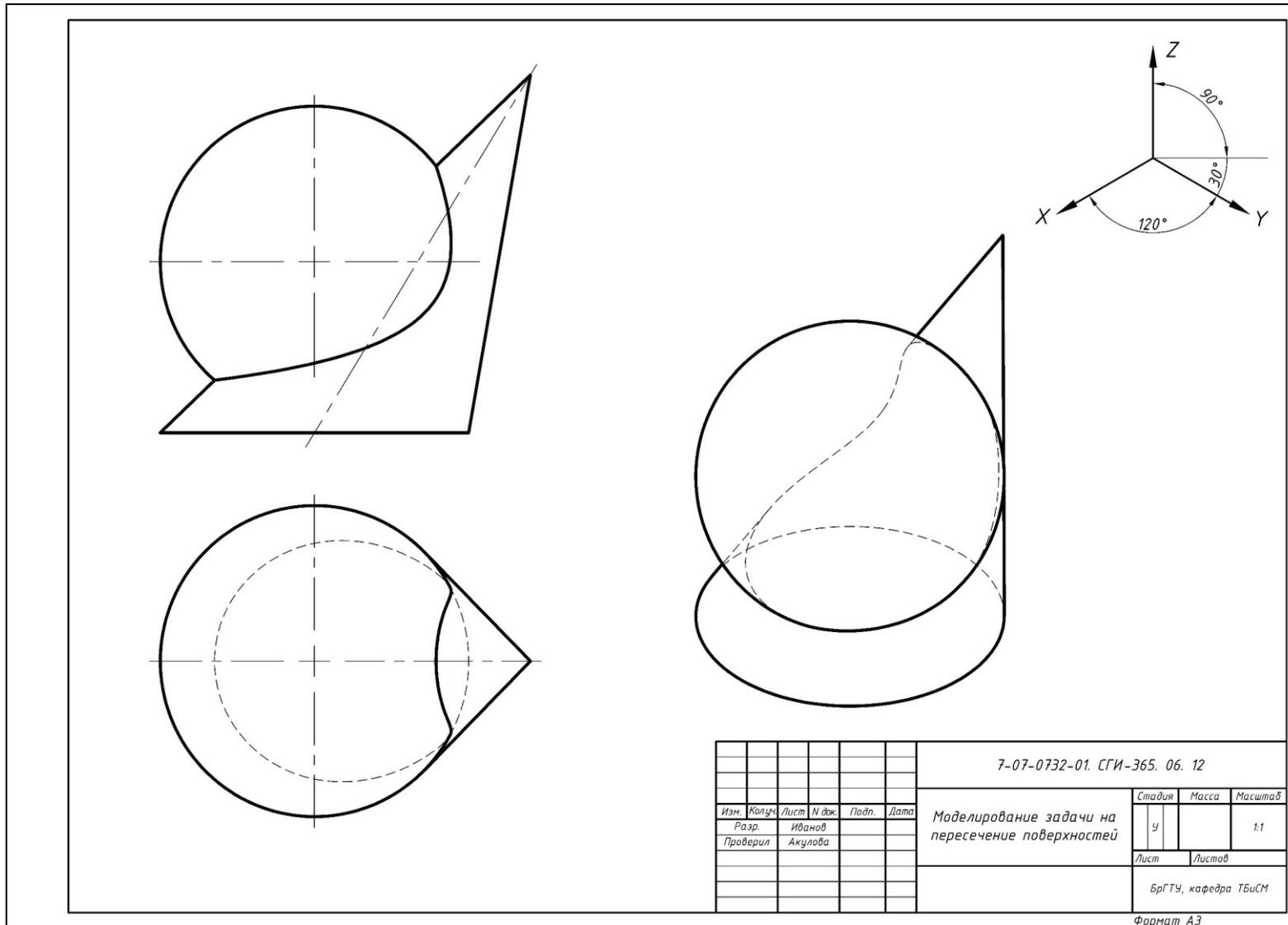
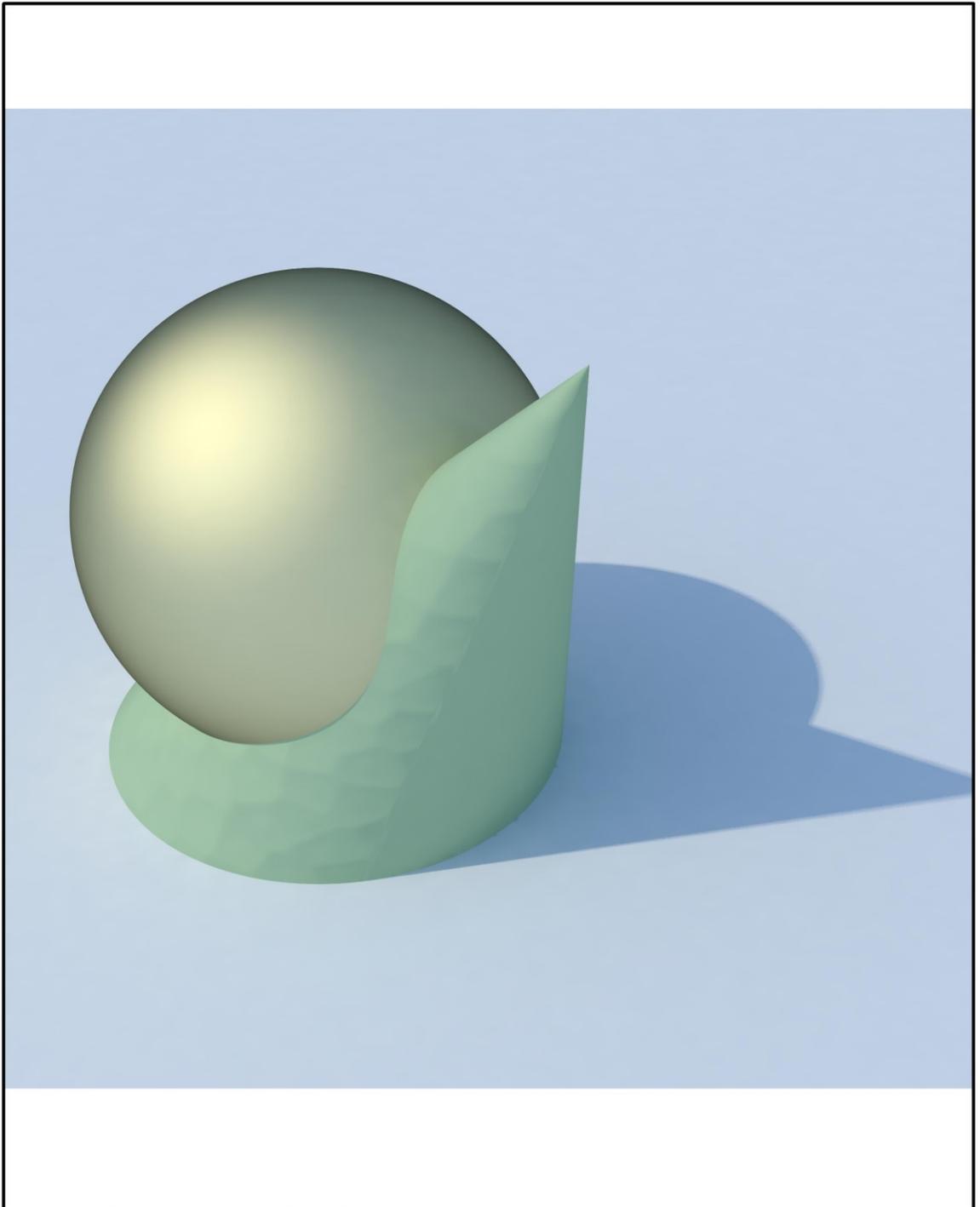


Рисунок 2.7. Образец оформления задания 1 графической работы № 1.6



						7-07-0732-01. СГИ-365. 06. 12, 25			
							Стадия	Масса	Масштаб
Изм.	Колуч.	Лист	Идок.	Подп.	Дата	Визуализация 3D-модели	У		1:1
Разраб.		Иванов					Лист	Листов	
Проверил		Акулова					БрГТУ, кафедра ТБиСМ		
						Формат А4			

Рисунок 2.8. Образец оформления задания 2 графической работы № 1.6

### 2.2.1.7. Графическая работа № 1.7 «Проекция с числовыми отметками»

[#ПрактическийРаздел](#)

Задача 1. Построить линии пересечения откосов выемок (уклон 1:1) и насыпей (уклон 2:3) земляного сооружения между собой и с топографической поверхностью в масштабе 1:200.

Задача 2. Построить профиль рельефа с планировкой по сечению А-А.

Оформить чертеж на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Методические указания к выполнению графической работы 1.7:

Базенков, Т. Н. Методические указания к выполнению заданий по инженерной графике «Проекция с числовыми отметками» для студентов технических специальностей / Т. Н. Базенков, С. А. Матюх. – Брест: БрГТУ, 2023. – 31 с.

Видеоурок к выполнению графической работы № 1.7:

Акулова, О. А. Проекция с числовыми отметками [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/AMVKBorueps>.

Образец оформления графической работы № 1.7 представлен на рисунке 2.9.

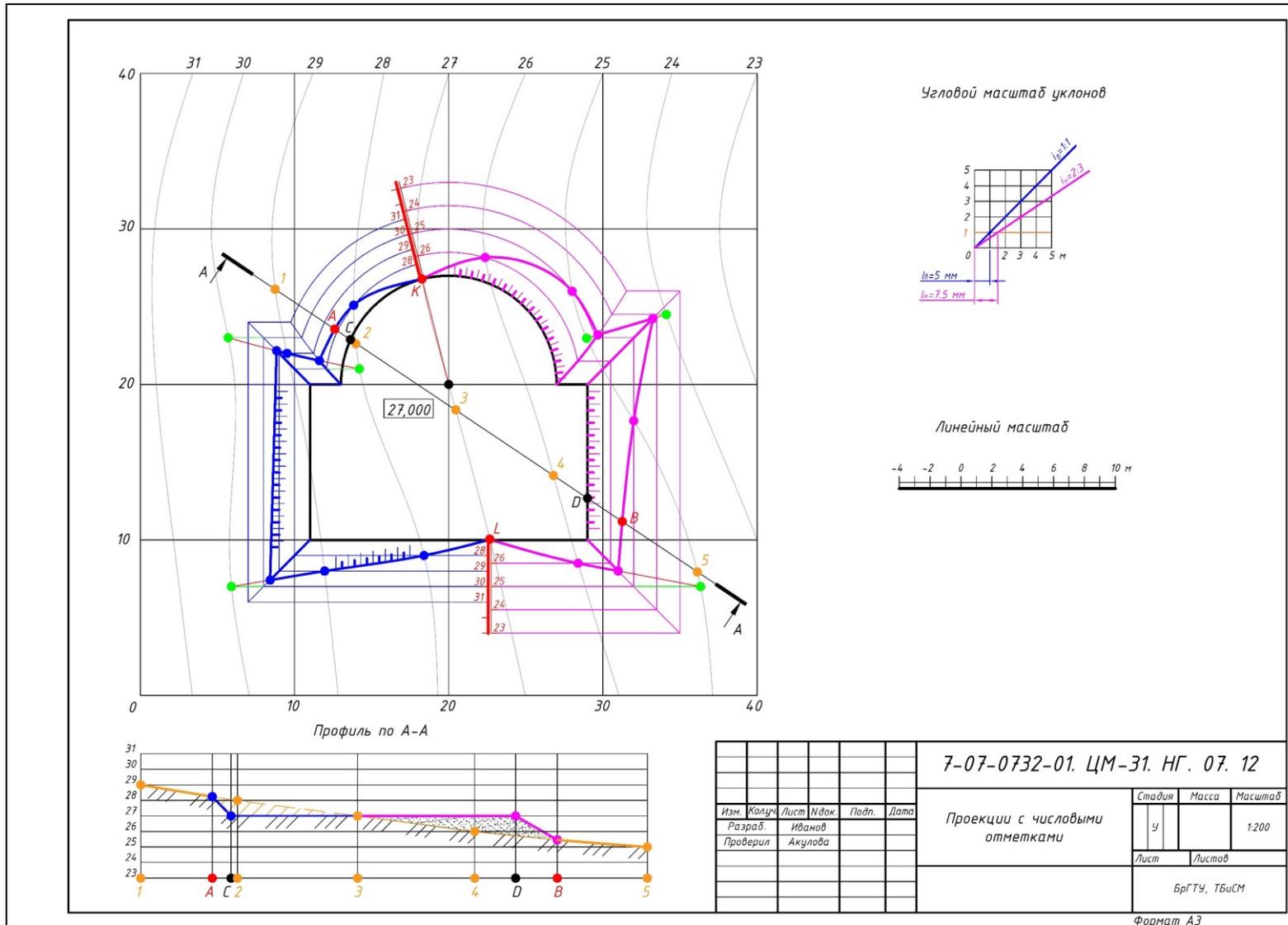


Рисунок 2.9. Образец оформления графической работы № 1.7

### 2.2.1.8. Графическая работа № 1.8 «Моделирование задачи в проекциях с числовыми отметками в AutoCAD»

#### [#ПрактическийРаздел](#)

Задача 1. В САПР AutoCAD создать трехмерную модель задачи 1 из графической работы № 1.7.

Задача 2. Из трехмерной модели автоматически получить горизонтальную проекцию и профиль рельефа с планировкой по сечению А-А.

Оформить чертеж на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Видеоуроки к выполнению графической работы № 1.8:

– Акулова, О. А. Моделирование топографической поверхности\_Часть 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/CKipkRdYMj0>;

– Акулова, О. А. Моделирование топографической поверхности\_Часть 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/sn6\\_P7D1WEQ](https://youtu.be/sn6_P7D1WEQ);

– Акулова, О. А. Нюансы оформления профиля земляного сооружения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/5gw\\_A84V4nE](https://youtu.be/5gw_A84V4nE);

– Акулова, О. А. Настройка отображения видов и толщины линий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/obl2ecO\\_oZw](https://youtu.be/obl2ecO_oZw);

– Акулова, О. А. Настройка шрифтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/udpCNsJuVIs>;

– Акулова, О. А. Обозначение секущей плоскости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/HUEhLjWo9RM>;

– Акулова, О. А. Печать листа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/UWOUwjeBNJY>.

Образец оформления графической работы № 1.8 представлен на рисунке 2.10.

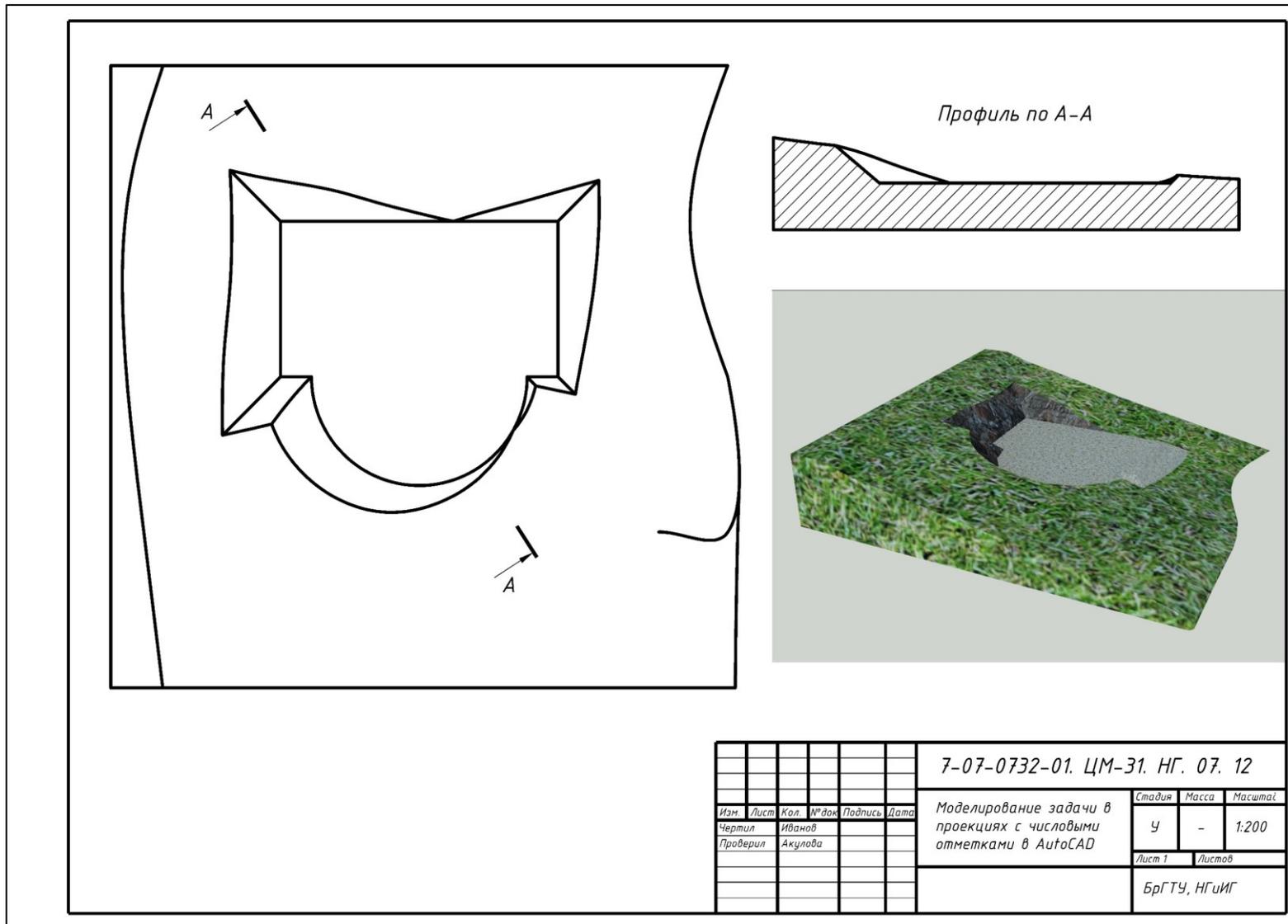


Рисунок 2.10. Образец оформления графической работы № 1.8

### 2.2.1.9. Графическая работа № 1.9 «Перспектива геометрического объема»

#### [#ПрактическийРаздел](#)

Задача 1. Установить основные элементы картинной плоскости для построения наиболее наглядной перспективы заданного объекта.

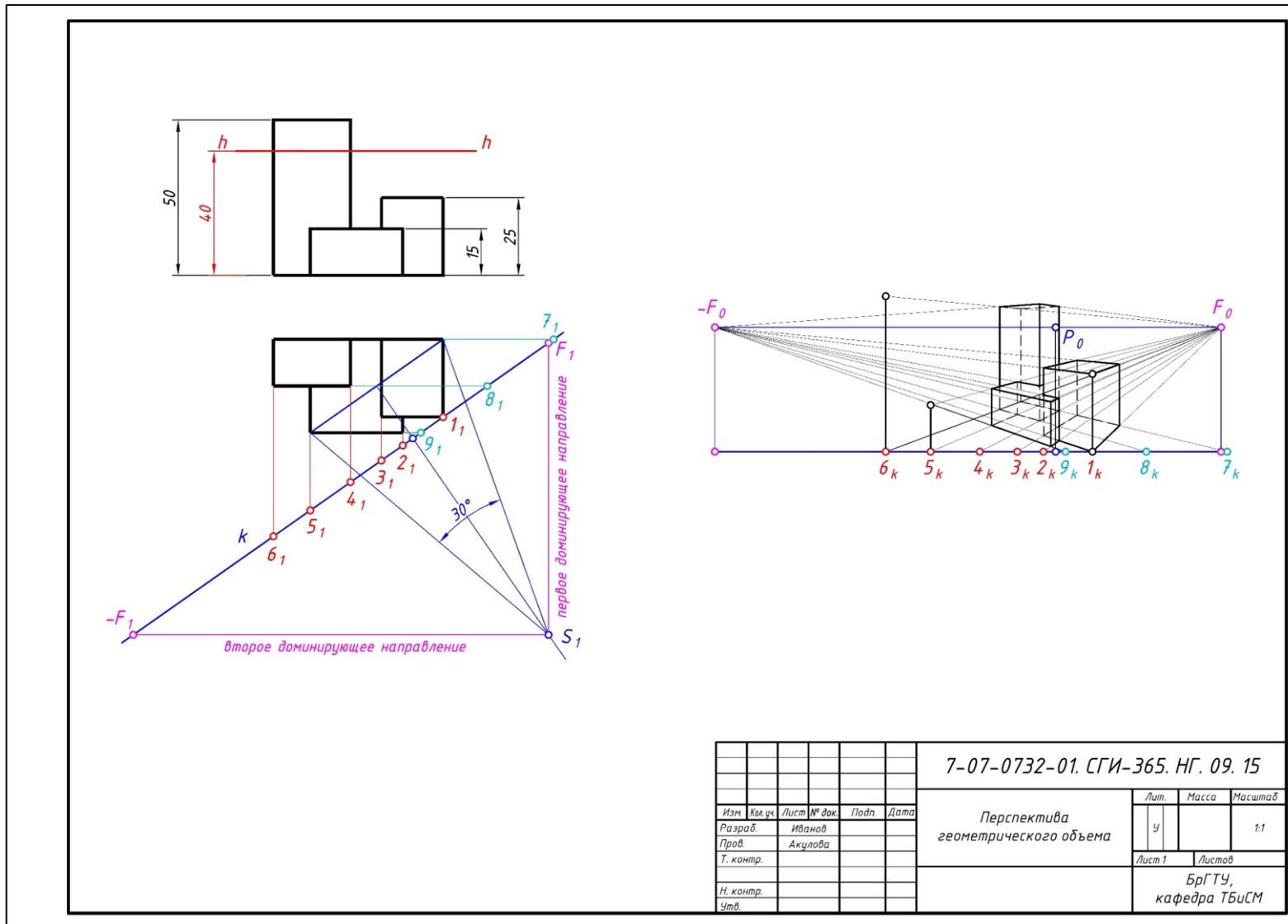
Задача 2. Построить линейную перспективу объекта по его ортогональным проекциям (план, фасад) способом архитекторов.

Оформить чертеж на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Видеоурок к выполнению графической работы № 1.9:

Акулова, О. А. Перспектива геометрического объема [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/qBS45KOOoKk>.

Образец оформления графической работы № 1.9 представлен на рисунке 2.11.



						7-07-0732-01. СГИ-365. НГ. 09. 15		
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
						у		1:1
Разраб.	Иванов					Лист 1		
Проб.	Акулова					Листов		
Т. контр.						БрГУ,		
Н. контр.						кафедра ТБИСМ		
Чтв.								

Рисунок 2.11. Образец оформления графической работы № 1.9

### 2.2.1.10. Графическая работа № 1.10 «Моделирование перспективы и теней геометрического объема в AutoCAD»

#### #ПрактическийРаздел

Задача 1. В САПР AutoCAD создать трехмерную модель геометрического объема из графической работы № 1.9.

Задача 2. Из полученной трехмерной модели автоматически получить перспективную проекцию геометрического объема, установив основные элементы картинной плоскости в соответствии с задачей 1 из графической работы № 1.9.

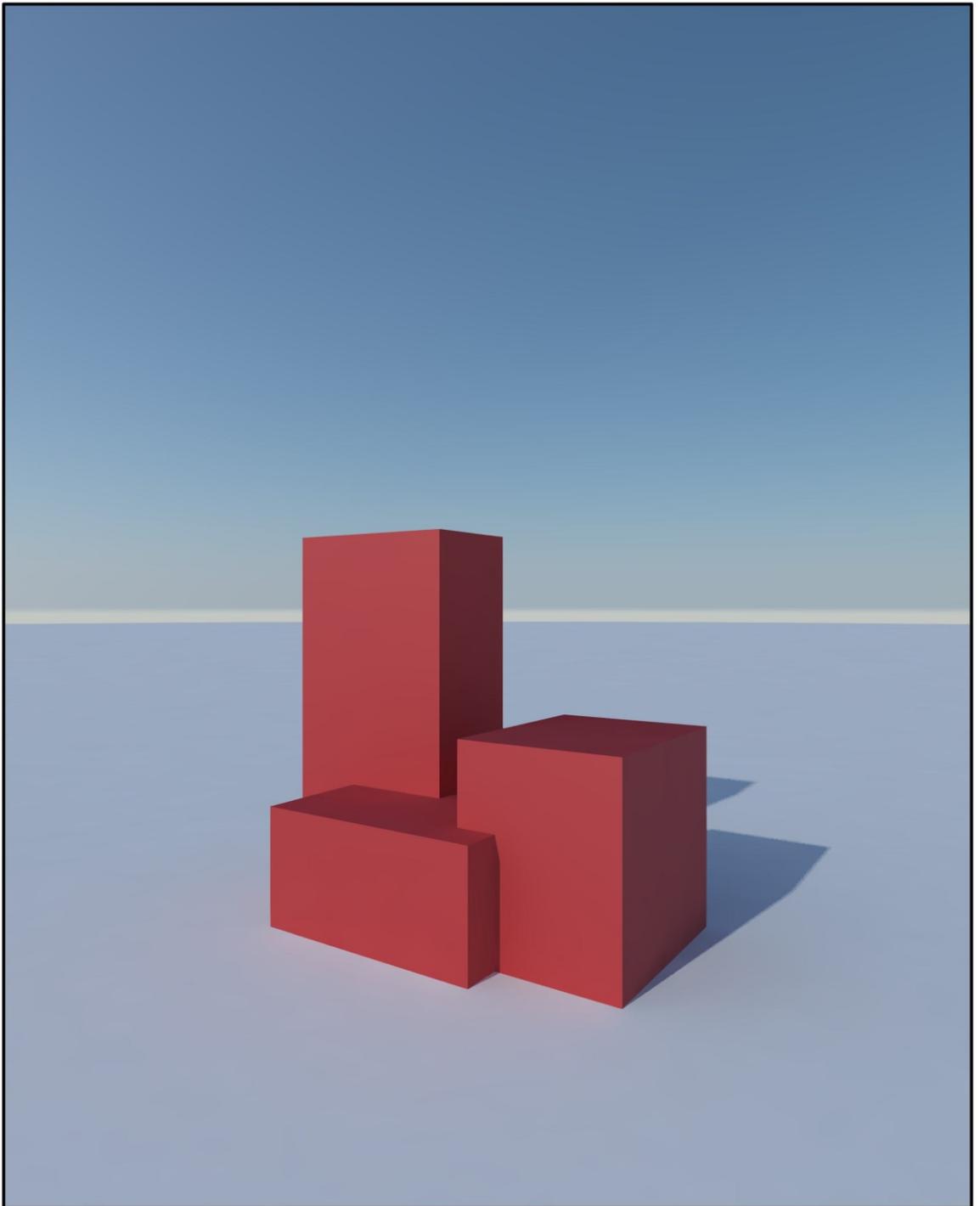
Задача 3. Выполнить визуализацию перспективы геометрического объема с наложением материалов, текстур, построением теней.

Оформить задачу на формате А4.

Видеоурок к выполнению графической работы № 1.10:

Акулова, О. А. Перспектива в AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/yfBR-wbo\\_qA](https://youtu.be/yfBR-wbo_qA).

Образец оформления графической работы № 1.10 представлен на рисунке 2.12.



						<i>7-07-0732-01. СГИ-365. НГ. 10. 12</i>			
						<i>Моделирование перспективы и теней геометрического объема в AutoCAD</i>	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Изм.</i>	<i>Кол. уч.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		У		1:1
<i>Разраб.</i>		<i>Иванов</i>							
<i>Пров.</i>		<i>Акулова</i>							
<i>Т. контр.</i>									
<i>Н. контр.</i>							<i>БрГТУ, кафедра ТБисМ</i>		
<i>Утв.</i>									

*Копировал*

*Формат А4*

Рисунок 2.12. Образец оформления графической работы № 1.10

### 2.2.2. Во 2-м семестре

#### 2.2.2.1. Графическая работа № 2.1 «Геометрические построения в AutoCAD»

##### #ПрактическийРаздел

В соответствии с заданным вариантом:

1. Выполнить чертежи деталей, контур которых включает различные виды сопряжений, в САПР AutoCAD.

2. Проставить необходимые размеры.

Оформить чертеж на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Методические указания к выполнению графической работы № 2.1:

Матюх, С. А. Методические указания по инженерной графике к выполнению заданий по темам: геометрические построения, виды, разрезы, сечения, аксонометрия / С. А. Матюх, В. А. Морозова. – Брест, из-во БрГТУ, 2019. – 65 с.

Видеоуроки к выполнению графической работы № 2.1:

– Акулова, О. А. Геометрические построения в AutoCAD\_Часть 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/qmeNhRBYXy8>;

– Акулова, О. А. Геометрические построения в AutoCAD\_Часть 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/8z26Sg3TCzk>;

– Акулова, О. А. Геометрические построения в AutoCAD\_Часть 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/EyQ4P8ZzQw4>;

– Акулова, О. А. Геометрические построения в AutoCAD\_Часть 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/G\\_CnsK1wQk8](https://youtu.be/G_CnsK1wQk8).

Образец оформления графической работы № 2.1 представлен на рисунке 2.13.

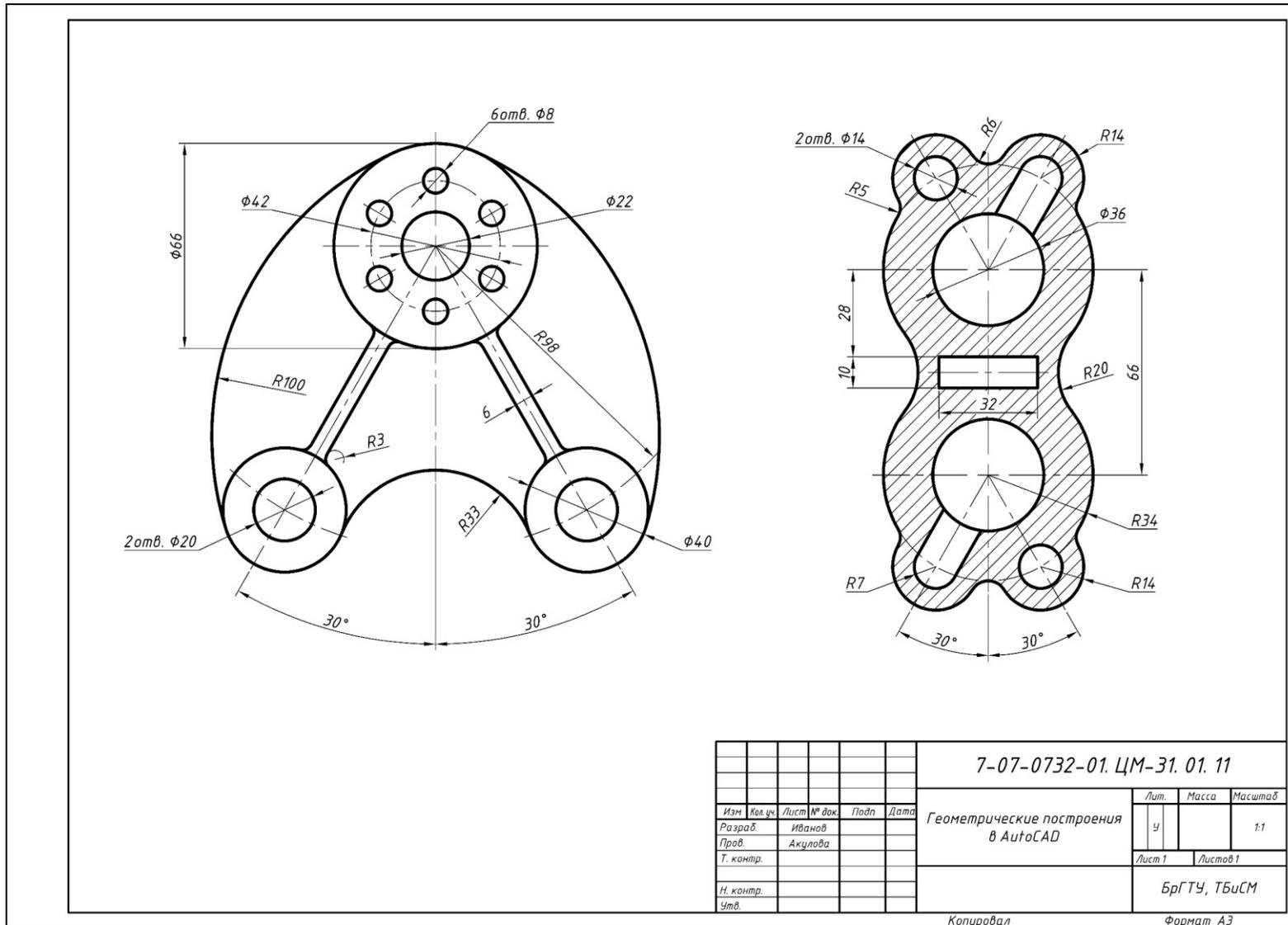


Рисунок 2.13. Образец оформления графической работы № 2.1

## 2.2.2.2. Графическая работа № 2.2 «Оцифровка топографической основы в AutoCAD»

### #ПрактическийРаздел

Выполнить в AutoCAD оцифровку фрагмента топографической карты в масштабе 1:10 000 с использованием соответствующих условных обозначений.

Оформить чертеж на формате А1 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Литература для выполнения графической работы № 8:

Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10000. – М., «Недра», 1977. – 143 с.

Видеоуроки к выполнению графической работы № 8:

– Акулова, О. А. Оцифровка топографической основы\_Часть 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtube.com/playlist?list=PLxYMiwfKnKJaHPqT6xrxZTPcjXJ21WNwj>;

– Акулова, О. А. Оцифровка топографической основы\_Часть 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtube.com/playlist?list=PLxYMiwfKnKJaHPqT6xrxZTPcjXJ21WNwj>;

– Акулова, О. А. Оцифровка топографической основы\_Часть 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtube.com/playlist?list=PLxYMiwfKnKJaHPqT6xrxZTPcjXJ21WNwj>;

– Акулова, О. А. Оцифровка топографической основы\_Часть 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtube.com/playlist?list=PLxYMiwfKnKJaHPqT6xrxZTPcjXJ21WNwj>.

Образец оформления графической работы № 2.2 представлен на рисунке 2.14.

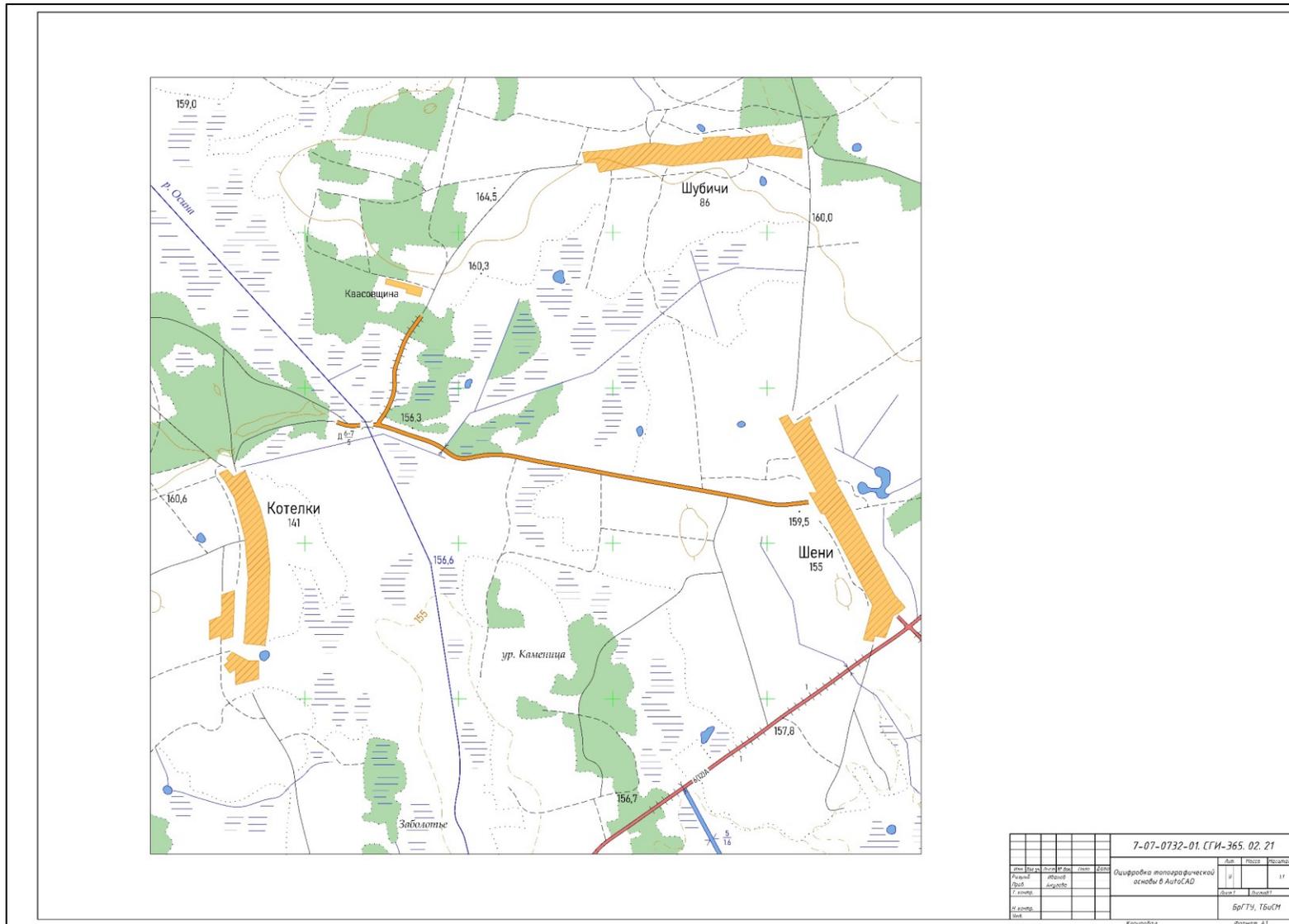


Рисунок 2.14. Образец оформления графической работы № 2.2

### 2.2.2.3. Графическая работа № 2.3 «Виды. Простые разрезы. Аксонометрия»

[#ПрактическийРаздел](#)

В соответствии с заданным вариантом:

1. Построить третий вид детали по двум заданным. Выполнить необходимые разрезы. Проставить размеры.
2. Выполнить стандартное аксонометрическое изображение детали. Оформить чертеж на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Методические указания к выполнению графической работы № 2.3:

Матюх, С. А. Методические указания по инженерной графике к выполнению заданий по темам: геометрические построения, виды, разрезы, сечения, аксонометрия / С. А. Матюх, В. А. Морозова. – Брест, из-во БрГТУ, 2019. – 65 с.

Видеоурок к выполнению графической работы № 2.3:

Акулова, О. А. Соединение вида и простого разреза на чертеже [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/0NU\\_q9vMOYc](https://youtu.be/0NU_q9vMOYc).

Образец оформления графической работы № 2.3 представлен на рисунке 2.15.

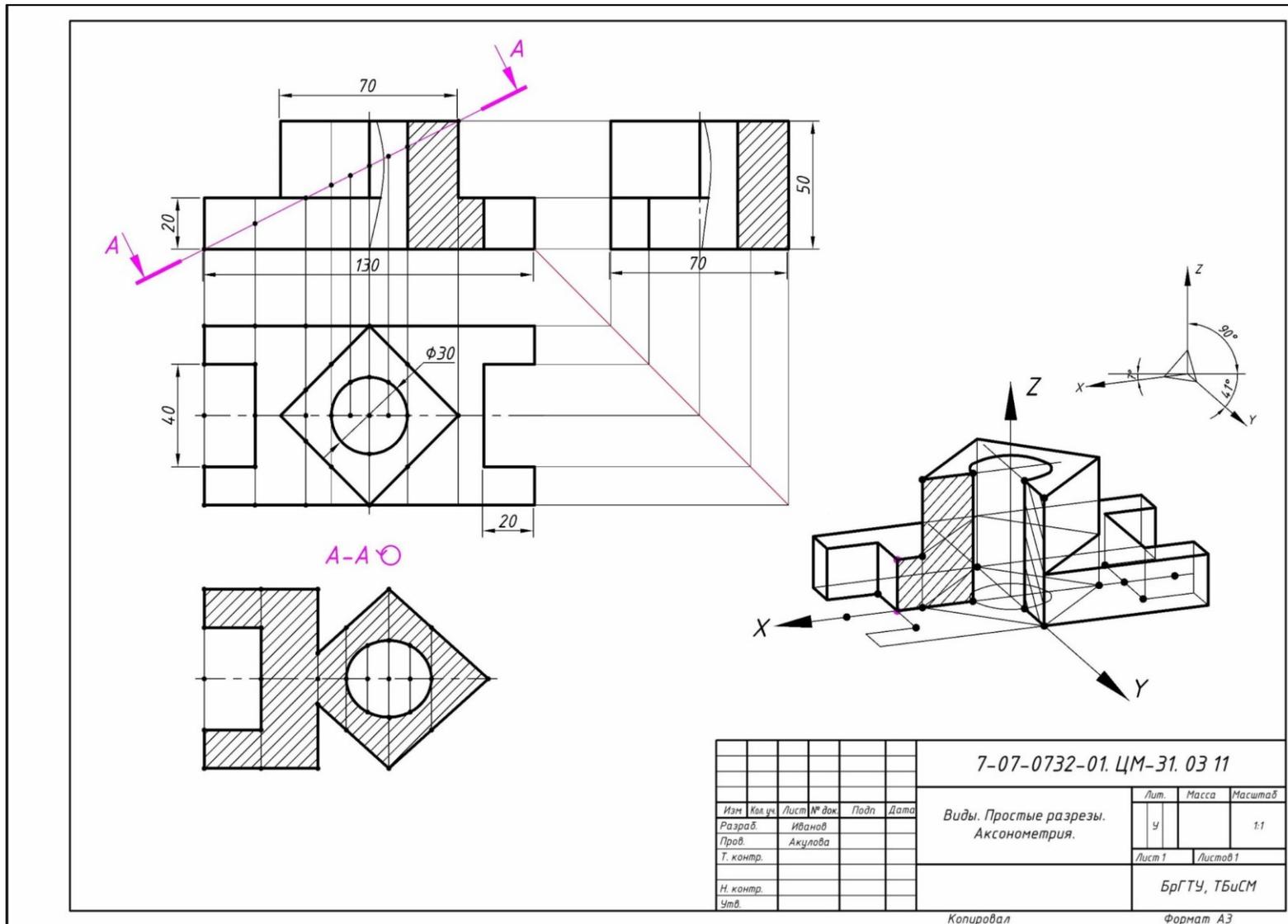


Рисунок 2.15. Образец оформления графической работы № 2.3

#### 2.2.2.4. Графическая работа № 2.4 «Виды, разрезы, аксонометрия в AutoCAD»

[#ПрактическийРаздел](#)

В соответствии с заданным вариантом в САПР AutoCAD:

1. Построить трехмерную модель заданных деталей.
2. Автоматически получить необходимые виды, разрезы детали, а также стандартную аксонометрическую проекцию заданной детали с вырезом четверти. Оформить чертеж на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Видеоуроки к выполнению графической работы № 2.4:

- Акулова, О. А. Виды, простые разрезы, аксонометрия в AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/RaRsfTmLHWQ>;
- Акулова, О. А. Соединение вида и простого разреза на чертеже [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/0NU\\_q9vMOYc](https://youtu.be/0NU_q9vMOYc);
- Акулова, О. А. Построение прямоугольной диметрии в AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/xwrrpSjIDaq0>.

Образцы оформления графической работы № 2.4 представлены на рисунках 2.16 и 2.17.

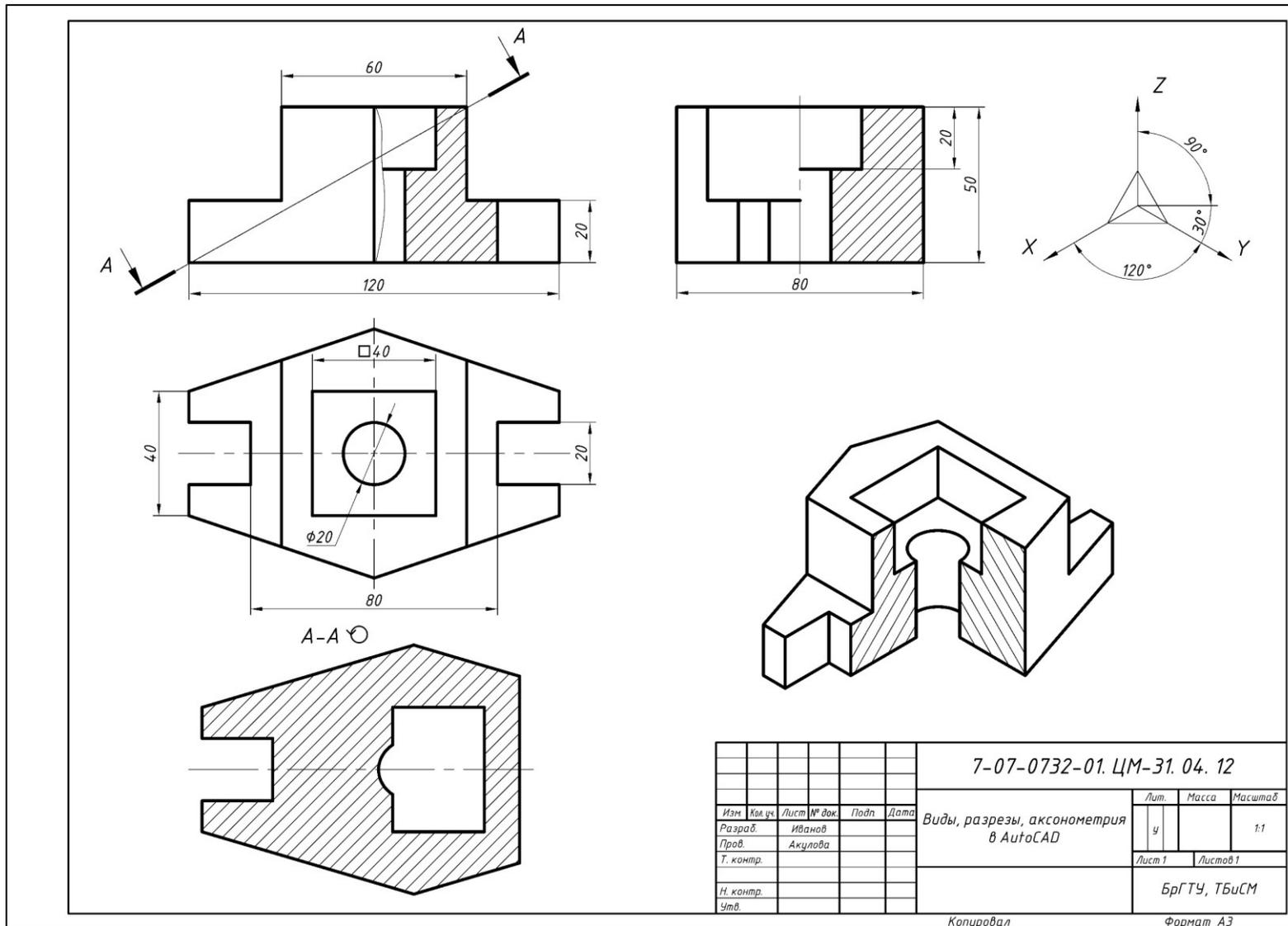
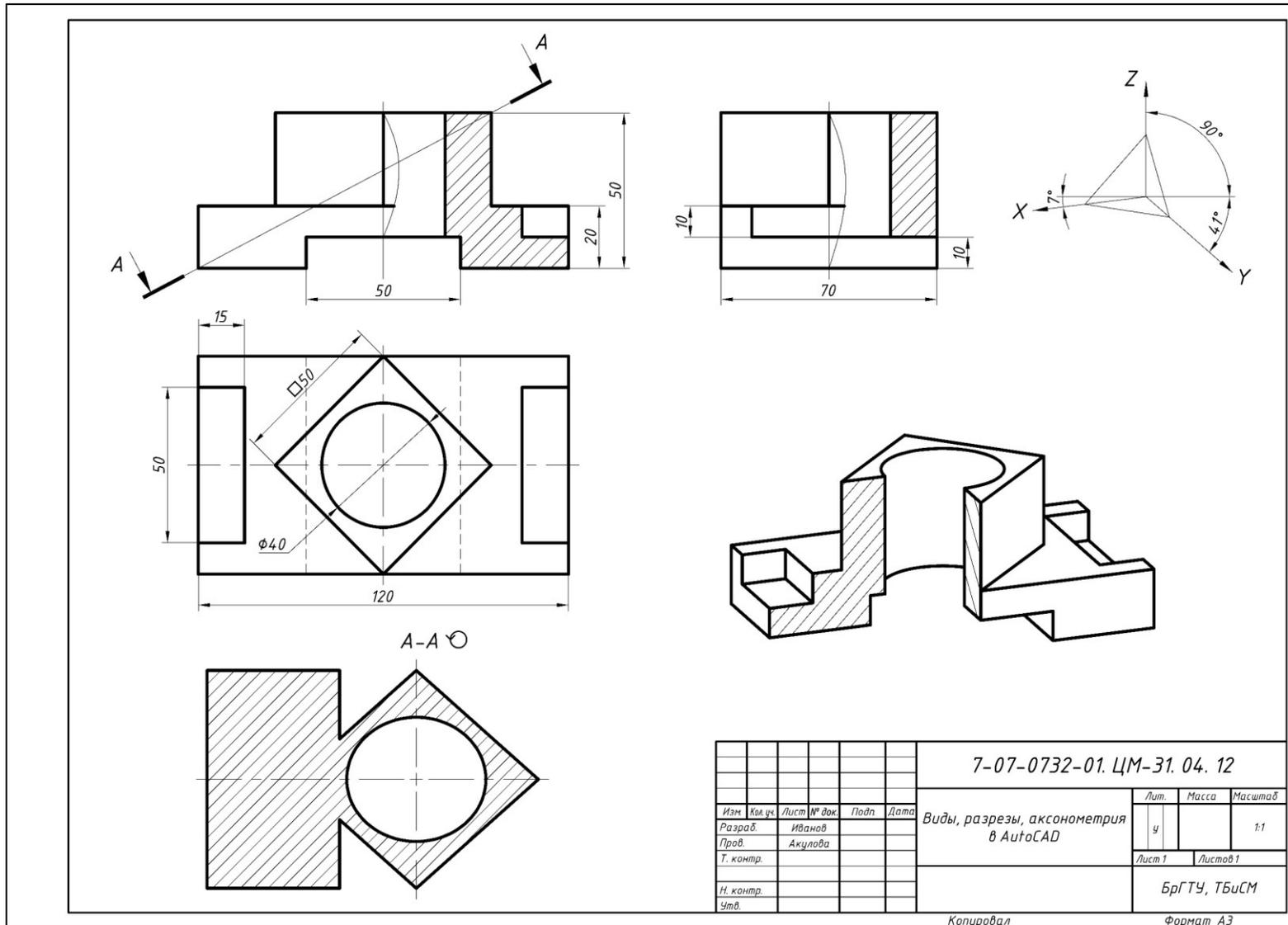


Рисунок 2.16. Образец 1 оформления графической работы № 2.4



						7-07-0732-01. ЦМ-31. 04. 12				
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Виды, разрезы, аксонометрия в AutoCAD		Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Иванов							у		1:1
Проб.	Акулова							Лист 1		Листов 1
Т. контр.								БрГУ, ТБИСМ		
Н. контр.								Копировал		
Утв.								Формат А3		

Рисунок 2.17. Образец 2 оформления графической работы № 2.4

### 2.2.2.5. Графическая работа № 2.5 «Сложные разрезы в AutoCAD»

[#ПрактическийРаздел](#)

В соответствии с заданным вариантом в САПР AutoCAD:

1. Построить трехмерную модель заданной детали.
2. Автоматически получить заданные разрезы и сечения детали, а также стандартную аксонометрическую проекцию заданной детали.

Оформить чертеж на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Видеоурок к выполнению графической работы № 2.5:

Акулова, О. А. Ступенчатый разрез в AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/zpWelx2X49E>.

Образец оформления графической работы № 2.5 представлен на рисунке 2.18.



#### 2.2.2.6. Графическая работа № 2.6 «Резьбовые соединения»

##### [#ПрактическийРаздел](#)

В соответствии с заданным вариантом выполнить упрощенное и условное изображение резьбовых соединений. Привести расчет относительных размеров элементов резьбовых соединений.

Оформить чертеж на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Методические указания к выполнению графической работы № 2.6:

Методические указания к выполнению заданий по инженерной графике на тему «Разъемные и неразъемные соединения деталей машин: болтовые, шпилечные, винтовые, трубные, шлицевые, шпоночные, штифтовые и сварные, паяные, клееные» для студентов машиностроительных специальностей дневной и заочной форм обучения [Электронный ресурс] : в 2 ч. Ч. 2 / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Кафедра начертательной геометрии и инженерной графики ; сост.: С. А. Матюх, В. А. Морозова, Д. В. Омель. – Брест : БрГТУ, 2018. – 78 с.

Пример расчета болтового соединения приведен на рисунке 2.19.

Пример расчета шпилечного соединения приведен на рисунке 2.20

Образец оформления графической работы № 2.6 представлен на рисунке 2.21.

Болтовое соединение:

Исходные данные:  $d=20\text{ мм}$ ,  $a=45\text{ мм}$ ,  $b=45\text{ мм}$ .

1. Гайка М20 по ГОСТ 5915–70:

- наружный диаметр резьбы гайки  $d=20\text{ мм}$ ;
- диаметр гайки  $D=2d=2\times 20=40\text{ мм}$ ;
- высота гайки  $H_2=0.8d=0.8\times 20=16\text{ мм}$ .

2. Шайба 20 по ГОСТ 11371–78:

- диаметр шайбы  $D_{ш}=2.2d=2.2\times 20=44\text{ мм}$ ;
- высота шайбы  $S_{ш}=0.15d=0.15\times 20=3\text{ мм}$ .

3. Болт М20 по ГОСТ 15589–70:

- наружный диаметр резьбы  $d=20\text{ мм}$ ;
- диаметр головки болта  $D=2d=2\times 20=40\text{ мм}$ ;
- высота головки болта  $H=0.7d=0.7\times 20=14\text{ мм}$ ;
- длина болта (не включает высоту головки болта)

$$L_{\delta}=(a+b)+S_{ш}+H_2+k=(45+45)+3+16+6=115\text{ мм},$$

где  $k$  – запас резьбы (принимается предварительно  $k=0.3d=0.3\times 20=6\text{ мм}$ );

$a=45\text{ мм}$  и  $b=45\text{ мм}$  – толщины соединяемых деталей.

Принимаем длину болта по стандартному ряду длин стандартных крепежных изделий (равное или ближайшее большее значение).

Принимаем  $L_{\delta}=115\text{ мм}$ .

Стандартный ряд длин стандартных крепежных элементов: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200.

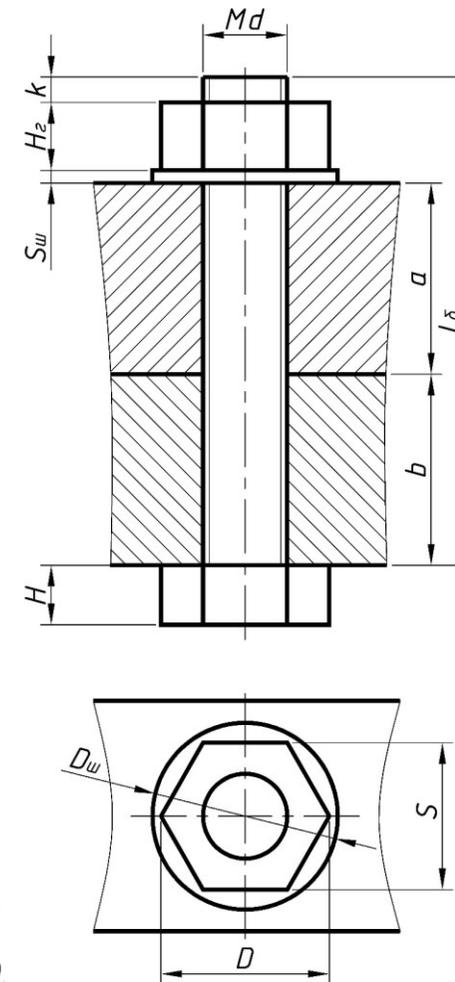


Рисунок 2.19. Пример расчета относительных размеров элементов болтового соединения

Шпильчное соединение:

Исходные данные:  $d=22\text{ мм}$ ,  $a=35\text{ мм}$ .

1. Гайка М22 по ГОСТ 5915-70:

- наружный диаметр резьбы гайки  $d=22\text{ мм}$ ;
- диаметр гайки  $D=2d=2\times 22=44\text{ мм}$ ;
- высота гайки  $H_2=0.8d=0.8\times 22=17.6\text{ мм}$ .

2. Шайба 22 по ГОСТ 11371-78:

- диаметр шайбы  $D_w=2.2d=2.2\times 22=48.4\text{ мм}$ ;
- высота шайбы  $S_w=0.15d=0.15\times 22=3.3\text{ мм}$ .

3. Шпилька М22 по ГОСТ 22034-76:

- наружный диаметр резьбы  $d=22\text{ мм}$ ;
  - длина ввинчиваемого конца  $l_1=d=22\text{ мм}$ ;
  - длина шпильки  $L_w=a+S_w+H_2+k=35+3.3+17.6+6.6=62.5\text{ мм}$ ,
- где  $k$  - запас резьбы (принимается предварительно  $k=0.3d=0.3\times 22=6.6\text{ мм}$ );  
 $a=35\text{ мм}$  - толщина присоединяемой детали.

Принимаем длину шпильки по стандартному ряду длин стандартных крепежных изделий (равное или ближайшее большее значение).

Принимаем  $L_8=65\text{ мм}$ .

Стандартный ряд длин стандартных крепежных элементов: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200.

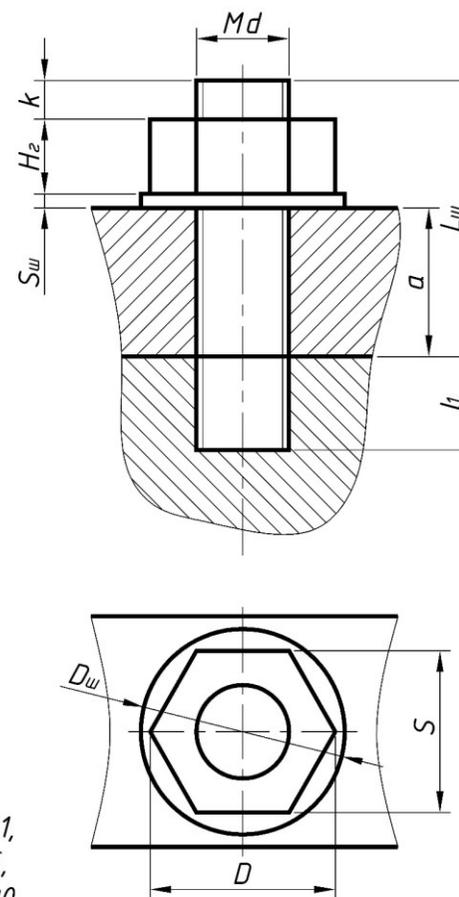


Рисунок 2.20. Пример расчета относительных размеров элементов шпильчного соединения

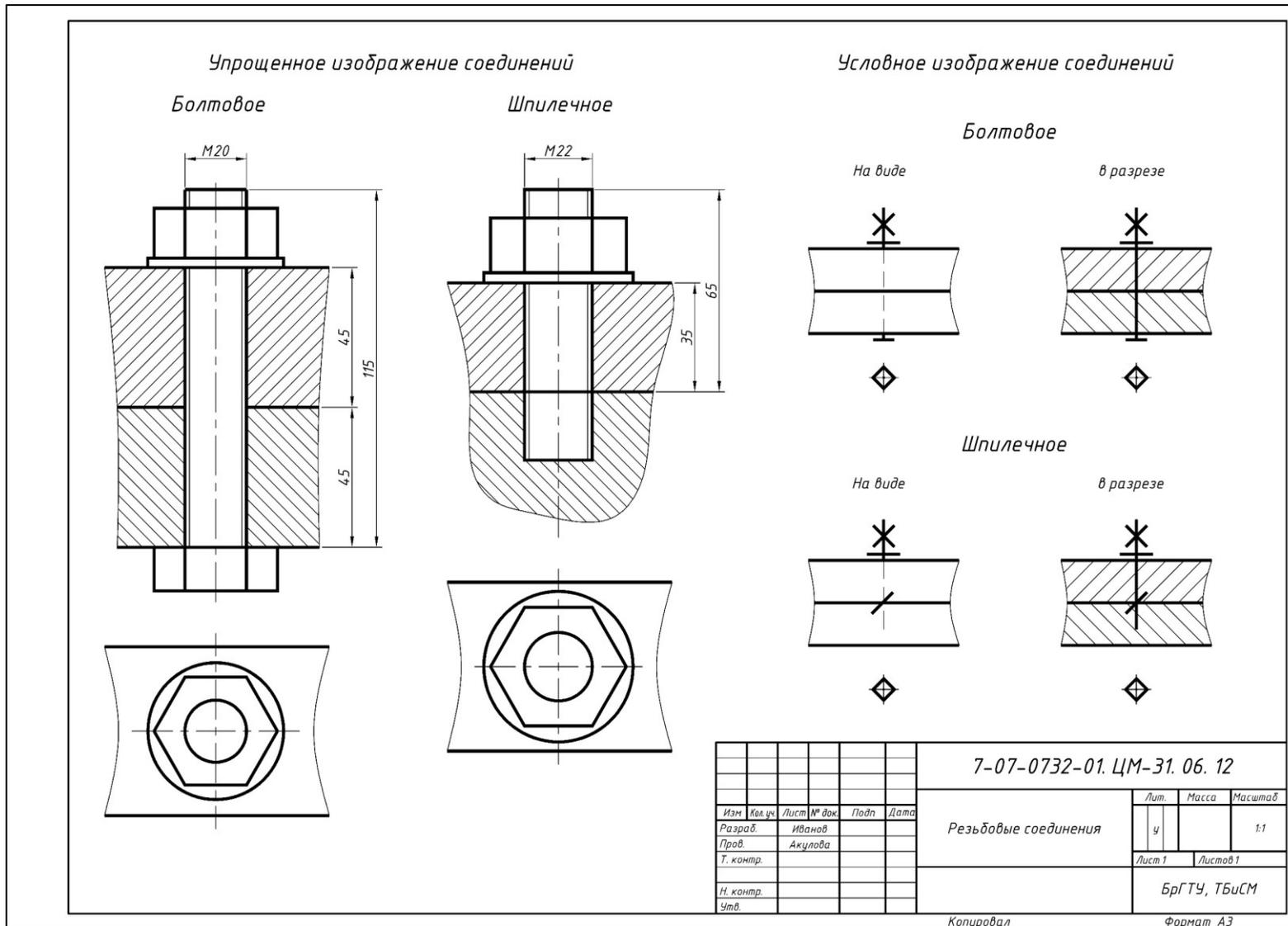


Рисунок 2.21. Образец оформления графической работы № 2.6

### 2.2.2.7. Графическая работа № 2.7 «Эскизы деталей»

[#ПрактическийРаздел](#)

Выполнить с натуры эскиз детали сборочной единицы.

Оформить чертеж на миллиметровой бумаге формата А4.

Методические указания к выполнению графической работы № 2.7:

Методические указания по теме «Эскизирование деталей» для студентов технических специальностей дневной и заочной форм обучения / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Кафедра начертательной геометрии и инженерной графики ; сост. С. А. Матюх, В. А. Морозова, Д. В. Омесь. – Брест : БрГТУ, 2013. – 47 с.

Образец оформления графической работы № 2.7 представлен на рисунке 2.22.

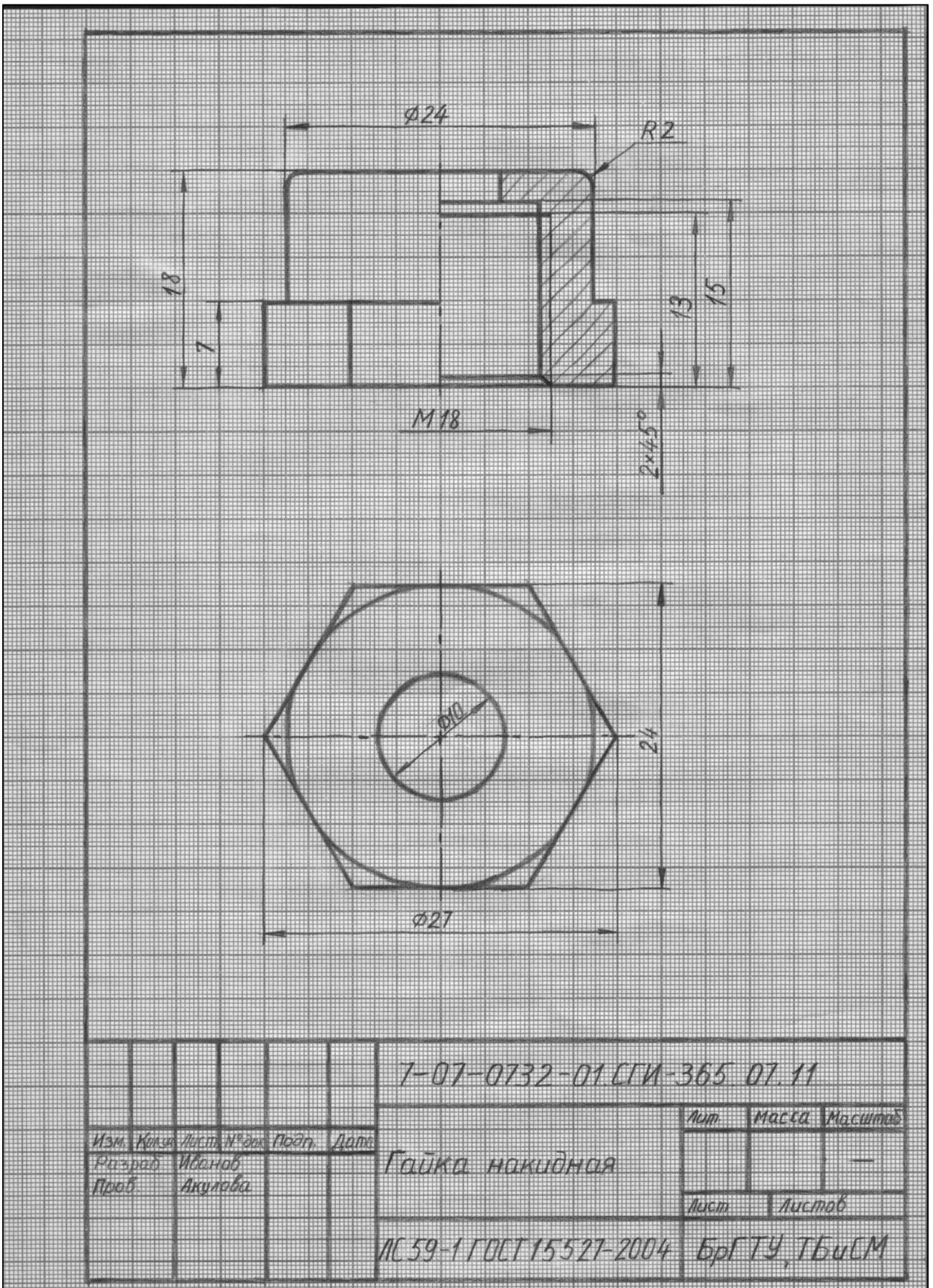


Рисунок 2.22. Образец оформления графической работы № 2.7

### 2.2.2.8. Графическая работа № 2.8 «Сборочный чертеж трубного соединения»

[#ПрактическийРаздел](#)

В соответствии с заданным вариантом:

1. Выполнить сборочный чертеж трубного соединения.
2. Составить спецификацию.

Оформить чертеж на формате А4 или А3 (в зависимости от принятого масштаба) в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Методические указания к выполнению графической работы № 2.8:

Методические указания к выполнению задания по инженерной графике «Сборочный чертеж» для студентов технических специальностей / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Кафедра начертательной геометрии и инженерной графики ; сост. С. А. Матюх, В. А. Морозова, О. М. Мищирук. – Брест : БрГТУ, 2015. – 23 с.

Видеоурок к выполнению графической работы № 2.8:

Акулова, О. А. Сборочный чертеж трубного соединения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/HU9zOo7jjvc>.

Образец оформления графической работы № 2.8 представлен на рисунке 2.23.

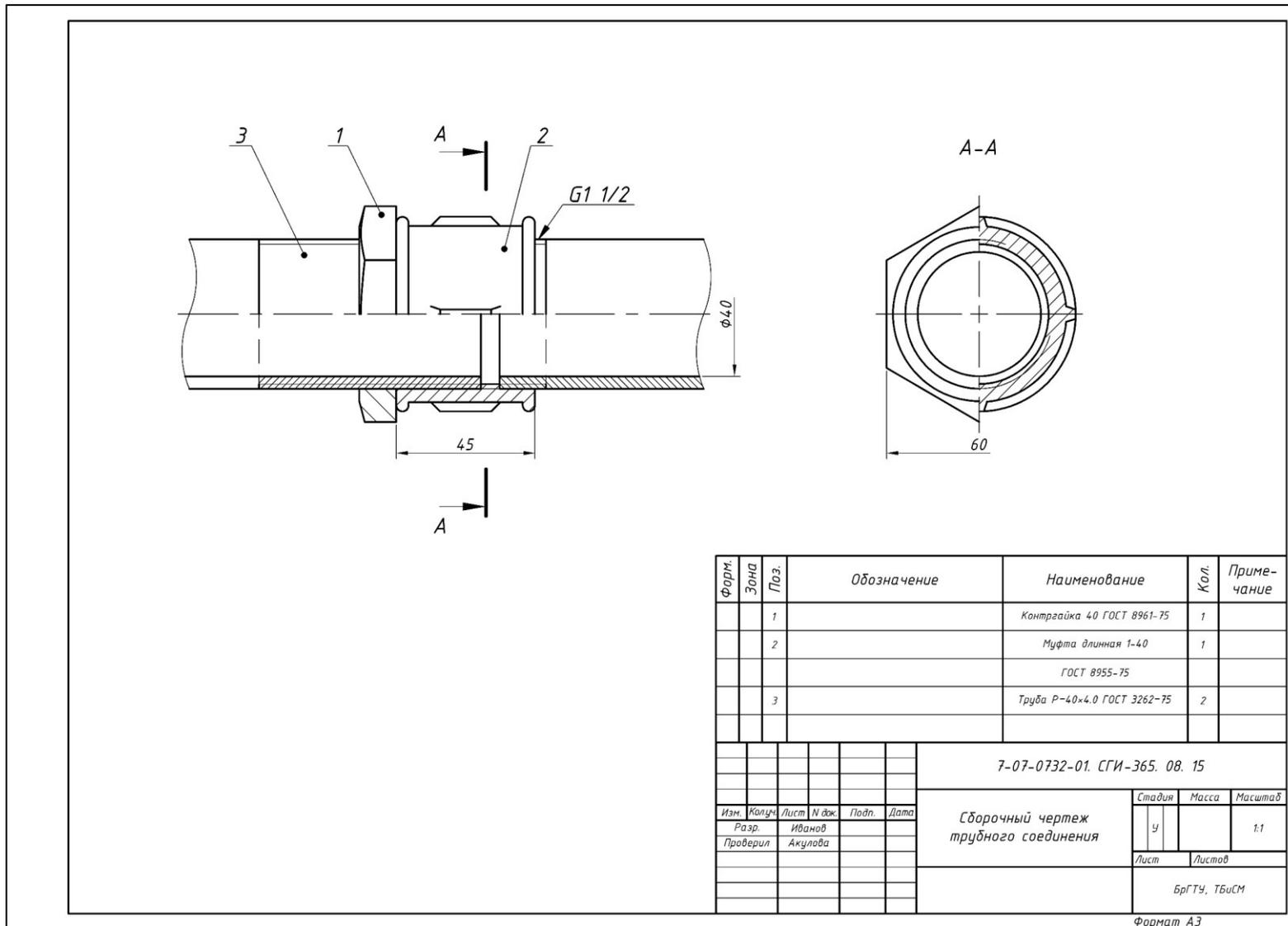


Рисунок 2.23. Образец оформления графической работы № 2.8

### 2.2.3. В 3-ем семестре

#### 2.2.3.1. Графическая работа № 3.1 «Архитектурно-строительный чертеж здания»

#### #ПрактическийРаздел

В соответствии с заданным вариантом:

1. В масштабе 1:100 вычертить план и фасад здания.
2. Выполнить архитектурный разрез здания по лестничной клетке в масштабе 1:100.
3. На плане здания показать систему горячего и холодного водоснабжения на этаже.
4. Выполнить аксонометрическую схему системы горячего и холодного водоснабжения санитарно-кухонного узла в масштабе 1:20.

Оформить чертеж на формате А1 или А2 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС.

Методические указания к выполнению графической работы № 3.1:

Методические указания к выполнению задания «Архитектурно-строительный чертеж здания» / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Кафедра начертательной геометрии и инженерной графики ; сост. Т. Н. Базенков, Н. С. Винник. – Брест : БрГТУ, 2015. – 29 с.

Видеоуроки к выполнению графической работы № 3.1:

Акулова, О. А. План здания\_Часть 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/i5IdeER4MOo>;

Акулова, О. А. План здания\_Часть 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/YU-YHGm8gAY>;

Акулова, О. А. План здания\_Часть 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/wsV3FZHWWYo>.

Образец оформления графической работы № 3.1 представлен на рисунке 2.24.

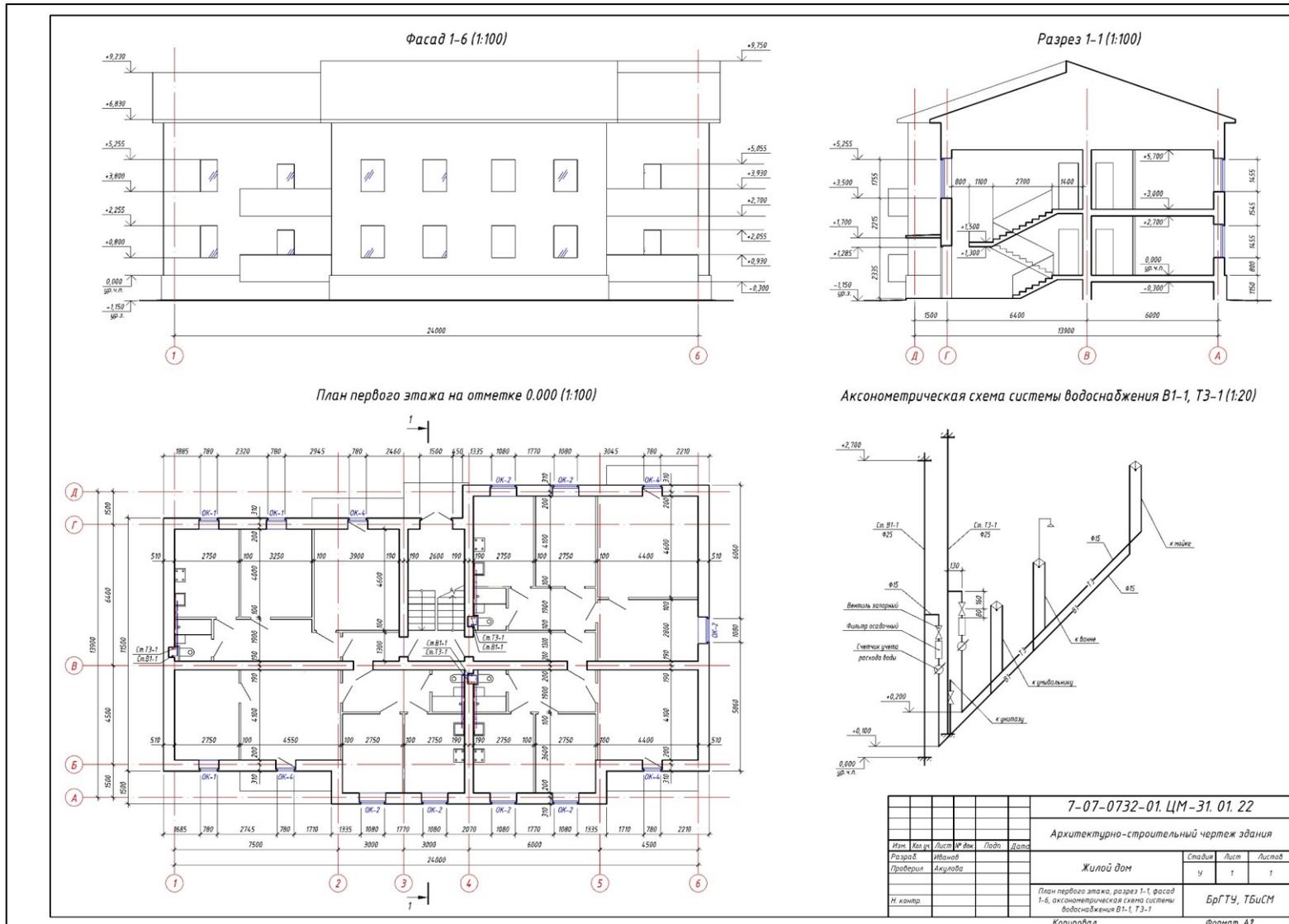


Рисунок 2.24. Образец оформления графической работы № 3.1

### 2.2.3.2. Графическая работа № 3.2 «Чертежи металлических конструкций»

[#ПрактическийРаздел](#)

В соответствии с заданным вариантом:

1. Построить трехмерную модель заданного узла металлической конструкции.

2. В заданном масштабе вычертить геометрическую схему металлической конструкции.

3. В заданном масштабе выполнить чертеж узла металлической конструкции на основе созданной трехмерной модели.

Оформить чертеж на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС.

4. Выполнить визуализацию узла металлической конструкции с наложением текстур, материалов, построением теней.

Оформить чертеж на формате А4.

Методические указания к выполнению графической работы № 3.2:

Методические указания к выполнению задания по инженерной графике «Металлические конструкции» для студентов технических специальностей / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Кафедра начертательной геометрии и инженерной графики ; сост. Н. С. Винник, С. А. Матюх. – Брест : БрГТУ, 2015. – 23 с.

Видеоуроки к выполнению графической работы № 3.2:

Акулова, О. А. Моделирование узла МК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/1G3O4Zs9Xg8>;

Акулова, О. А. МК Схема конструкции\_Часть 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/zZuVZ9qMDR4>;

Акулова, О. А. КМ Виды\_Часть 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/Sd3bGEOXZOU>;

Акулова, О. А. КМ КМ соединения\_оформление\_Часть 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/sjE\\_0O67uLU](https://youtu.be/sjE_0O67uLU).

Образец оформления графической работы № 3.2 представлен на рисунках 2.25 и 2.26.

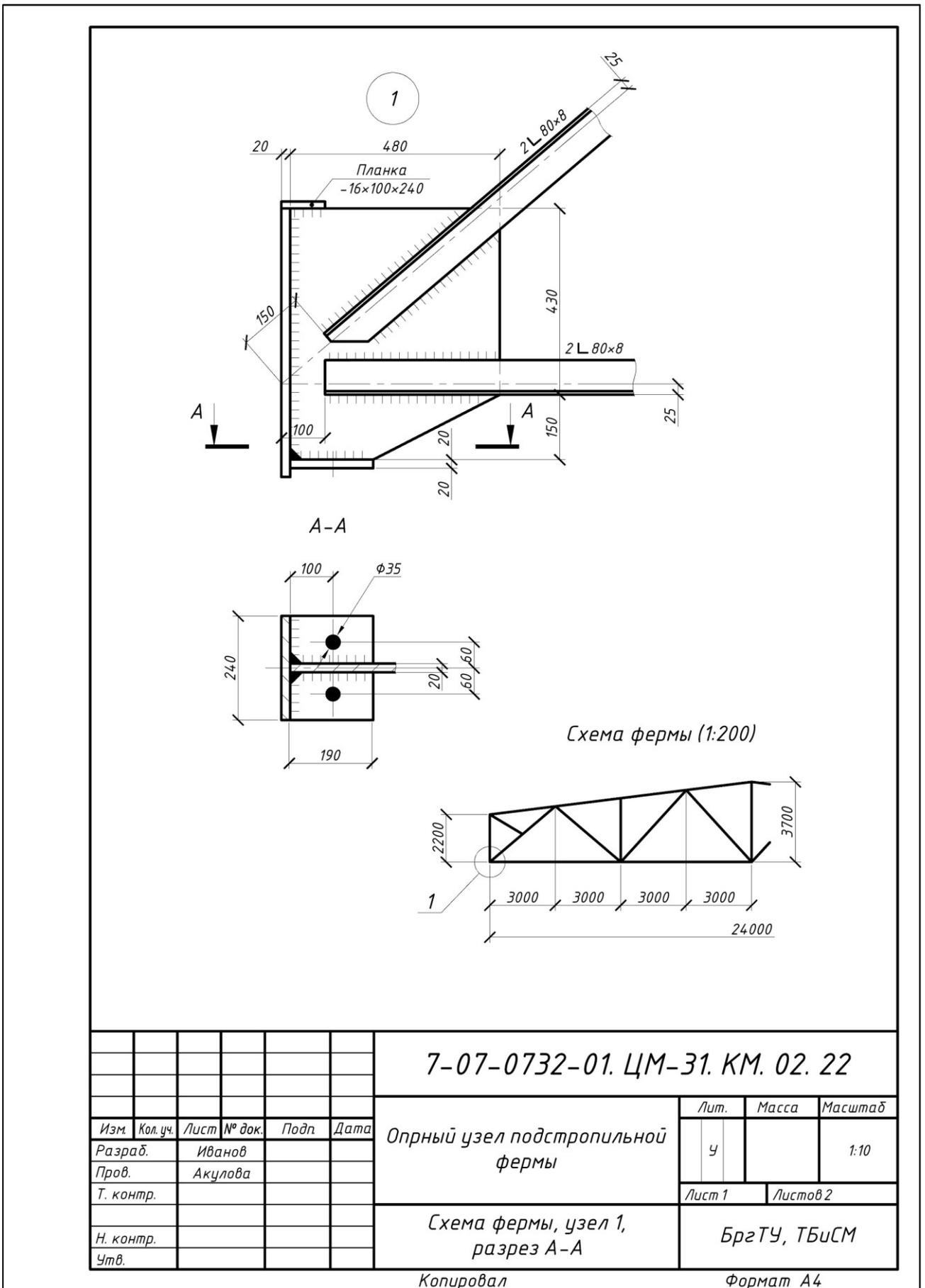
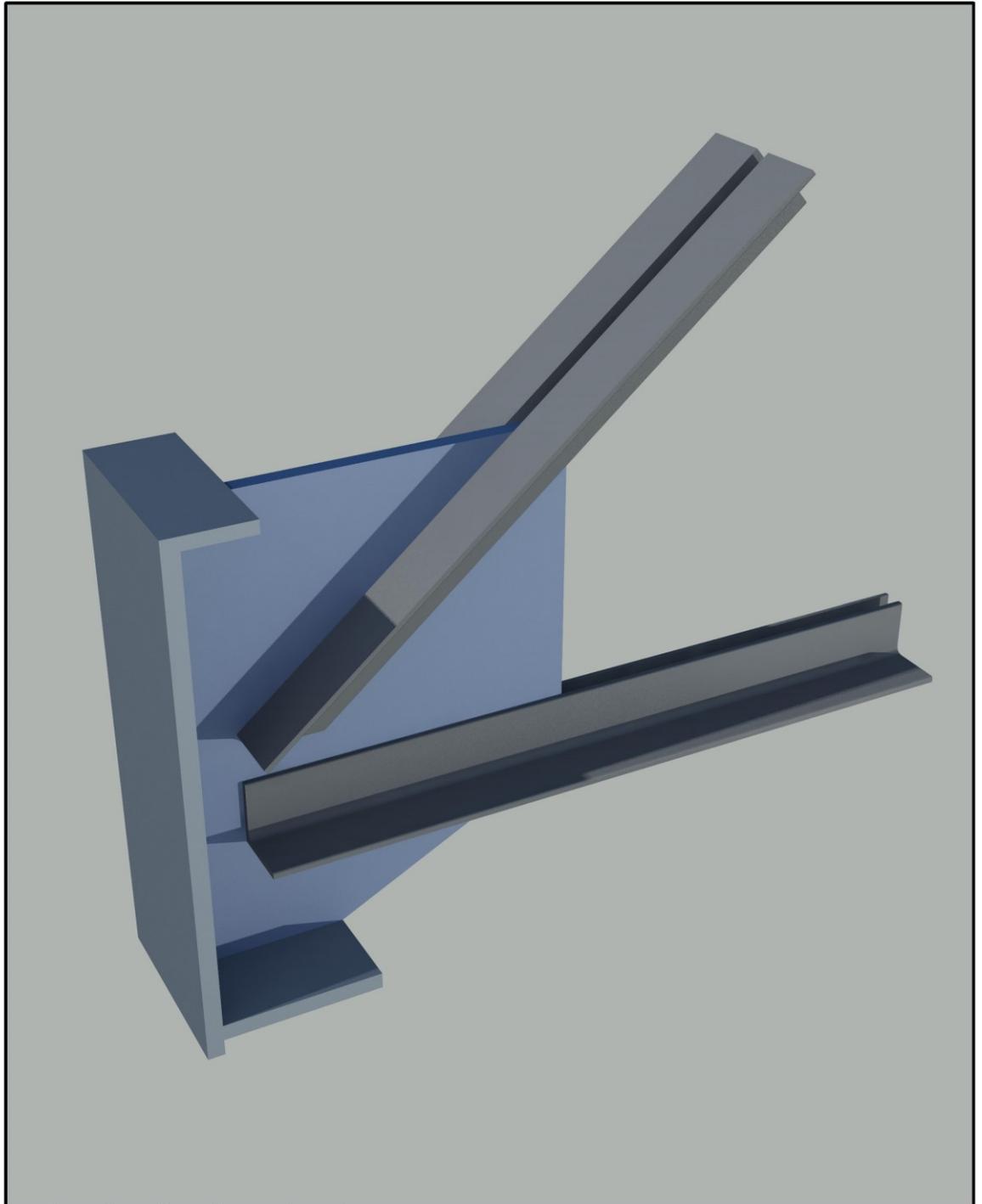


Рисунок 2.25. Образец оформления графической работы № 3.2 (чертеж)



						7-07-0732-01. ЦМ-31. КМ. 02. 22			
							Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Опрный узел подстропильной фермы	У		1:10
Разраб.		Иванов							
Пров.		Акулова							
Т. контр.							Лист 2	Листов 2	
Н. контр.						Визуализация	БргТУ, ТБусМ		
Утв.									

Копировал

Формат А4

Рисунок 2.26. Образец оформления графической работы № 3.2 (визуализация)

### 2.2.3.3. Графическая работа № 3.3 «Чертежи железобетонных конструкций»

#### #ПрактическийРаздел

В соответствии с заданным вариантом:

1. На формате А3 выполнить сборочный чертеж железобетонного изделия.
2. Для каждой сборочной единицы (арматурные изделия и закладные детали) на отдельных форматах А4 выполнить рабочий чертеж.

Оформить чертежи в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и СПДС.

Методические указания к выполнению графической работы № 3.3:

Якубовская, О. А. Методические указания к выполнению лабораторной работы по инженерной графике на тему «Чертежи железобетонных конструкций» для студентов технических специальностей / О. А. Якубовская, З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Н. Н. Шалобыта. – Брест, из-во БрГТУ, 2013. – 34 с.

Видеоуроки к выполнению графической работы № 3.3:

Акулова, О. А. ЖБК\_Задание\_Часть 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/1G3O4Zs9Xg8>;

Акулова, О. А. ЖБК\_Чертеж\_Размеры\_Позиции\_Часть 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/zZuVZ9qMDR4>;

Акулова, О. А. ЖБК\_Спецификация на арматурное изделие\_Часть 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/Sd3bGEOXZOU>;

Акулова, О. А. ЖБК\_Примечание\_Основная надпись\_Печать\_Часть 4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/sjE\\_0O67uLU](https://youtu.be/sjE_0O67uLU).

Образец оформления графической работы № 3.3 представлен на рисунках 2.27 и 2.28.

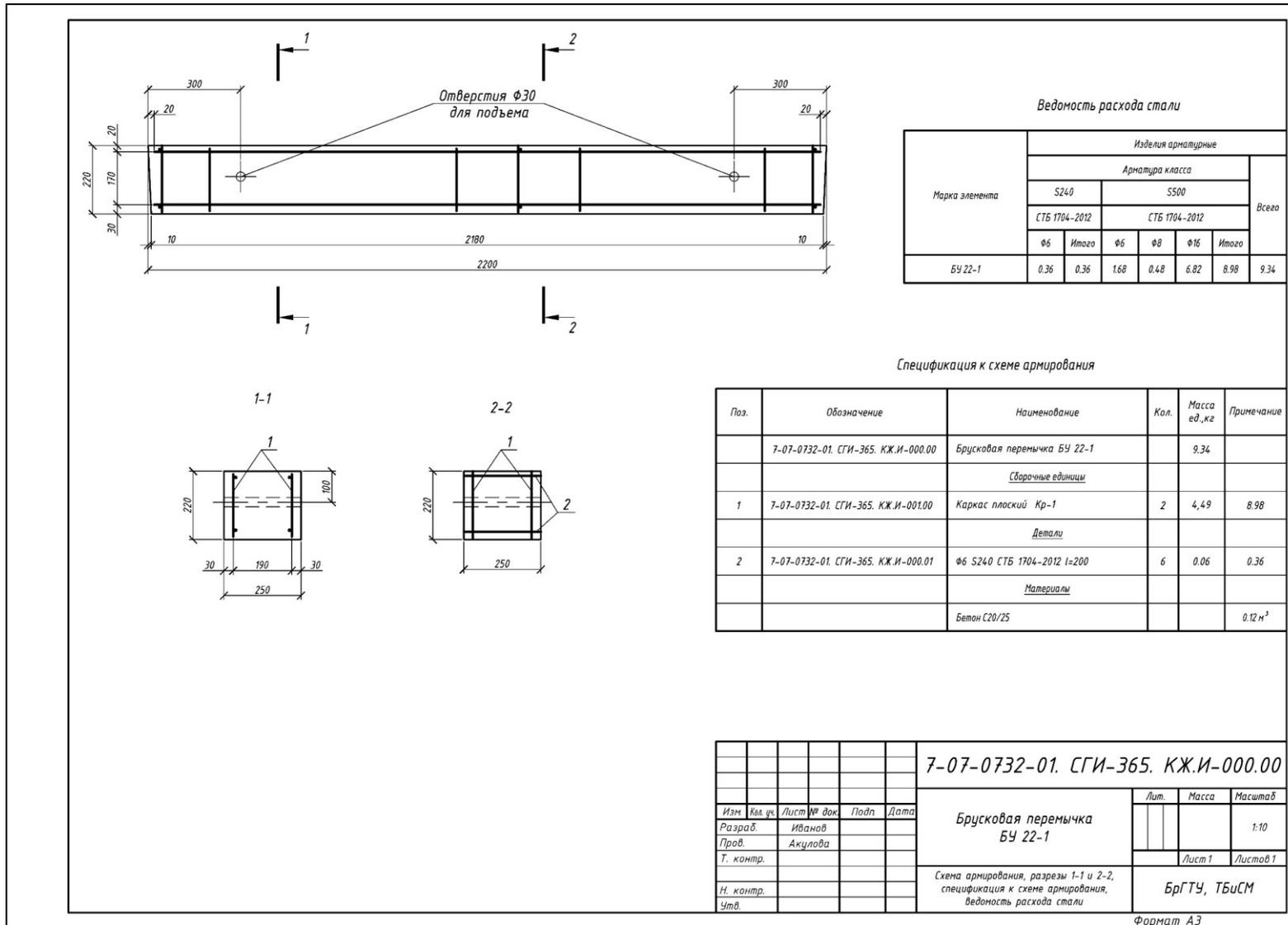
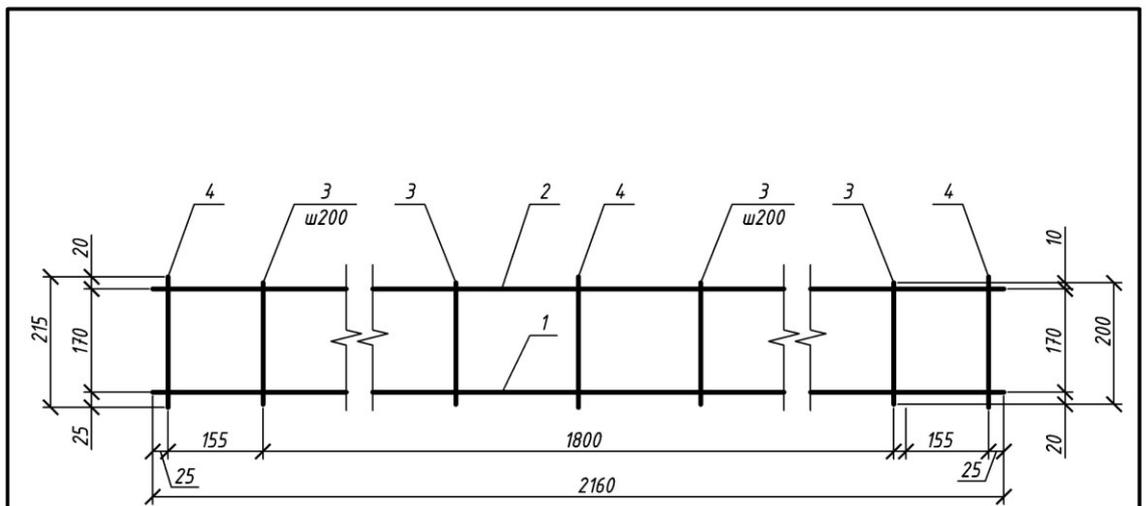


Рисунок 2.27. Образец оформления графической работы № 3.3 (сборочный чертеж железобетонного изделия)



Поз.	Наименование	Кол.	Масса ед., кг
1	φ16 S500 l=2160	1	3.41
2	φ6 S500 l=2160	1	0.48
3	φ6 S500 l=200	9	0.04
4	φ8 S500 l=215	3	0.08

1. Арматура класса S240 по СТБ 1704-2012.
2. Сварка контактная точечная по ГОСТ 14098-2014.

						<b>7-07-0732-01. СГИ-365. КЖ.И-001.00</b>		
						<b>Брусковая перемычка БУ 22-1</b>		
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Иванов					4.49	1:10
Пров.		Акулова						
Т. контр.							Лист 1	Листов 1
Н. контр.						<b>Каркас Кр-1</b>		<b>БрГТУ, ТБусМ</b>
Утв.								

Копировал

Формат А4

Рисунок 2.28. Образец оформления графической работы № 3.3 (сборочный чертеж арматурного изделия)

## 2.3. Подготовка альбома индивидуальных графических работ

[#ПрактическийРаздел](#)

Все индивидуальные графические работы должны быть подшиты в альбом формата А3 (1 семестр) или формата А4 (2 и 3 семестры) в порядке их подготовки.

Первым листом в альбоме является титульный лист (образец титульного листа формата А4 приведен на рисунке 2.29, титульного листа формата А3 – на рисунке 2.30).

Видеоуроки для подготовки альбома индивидуальных графических работ:

Мицирук, О. М. Часть 1\_Как сложить формат А3 до формата А4 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://youtu.be/MsKWaXTaBAU?si=VDiIVzyG\\_9-ctUqk](https://youtu.be/MsKWaXTaBAU?si=VDiIVzyG_9-ctUqk);

Мицирук, О. М. Часть 2\_Как сложить формат А2 до формата А4 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://youtu.be/hJz3RuEjaEA?si=ROHdhUBzawl661g6>;

Мицирук, О. М. Часть 3\_Как сложить формат А1 до формата А4 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://youtu.be/ZF1rMtwHXis?si=6hFO41pvbw2VHk5K>;

Мицирук, О. М. Часть 4\_Часть 4\_Как сложить формат А2 до формата А3 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://youtu.be/5omluEmCCM0?si=2KQuBavyyB21Pz-a>;

Мицирук, О. М. Часть 5\_Как сложить формат А1 до формата А3 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://youtu.be/0Y\\_e9yph-dE?si=fL\\_utxVxjs9sDj4d](https://youtu.be/0Y_e9yph-dE?si=fL_utxVxjs9sDj4d);

Мицирук, О. М. Часть 6\_Как подшить альбом формата А4 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://youtu.be/ZvhejO5CGRo?si=0X3D\\_YHa9D9xDivD](https://youtu.be/ZvhejO5CGRo?si=0X3D_YHa9D9xDivD);

Мицирук, О. М. Часть 7\_Как подшить альбом формата А3 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://youtu.be/8krWg4iaxRo?si=MhsjQPzblfuZo4\\_N](https://youtu.be/8krWg4iaxRo?si=MhsjQPzblfuZo4_N).

*Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»  
Кафедра технологии бетона и строительных материалов*

**АЛЬБОМ РАБОТ**  
*по начертательной геометрии,  
инженерной и машинной графике*

*Выполнил:  
студент  
архитектурно-строительного  
факультета, группы ЦМ-31  
И.И.Иванов*

*Проверил:  
доцент О.А.Акулова*

*Брест 2024*

Рисунок 2.29. Образец оформления титульного листа формата А4

*Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Брестский государственный технический университет»  
Кафедра технологии бетона и строительных материалов*

## ***АЛЬБОМ РАБОТ***

*по начертательной геометрии, инженерной и машинной графике*

*Выполнил:  
студент 1-го курса  
архитектурно-строительного  
факультета, группы СГИ-365  
И.И.Иванов*

*Проверил:  
доцент О.А.Акулова*

*Брест 2024*

Рисунок 2.30. Образец оформления титульного листа формата А3

### 3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

[#СтруктураЭУМК](#)

<b>3.1. Используемые средства диагностики результатов учебной деятельности</b> .....	359
<b>3.2. Вопросы для подготовки к экзамену (1 семестр).....</b>	359
<b>3.3. Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету (2 семестр)</b>	360
<b>3.4. Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету (3 семестр)</b>	361

### 3.1. Используемые средства диагностики результатов учебной деятельности

[#РазделКонтроляЗнаний](#)

Студенты в процессе учебной деятельности проходят текущую и промежуточную аттестацию по учебной дисциплине.

Текущая аттестация студентов проводится не менее двух раз в течение семестра в целях периодического контроля и оценки результатов их учебной деятельности и включает следующие инструменты:

- собеседование и защита выполненных индивидуальных графических работ (контрольных работ);
- проведение текущей (внутрисеместровой) аттестации в форме контрольных опросов и (или) контрольных работ по отдельным темам;
- выступление студента с докладом на конференции по подготовленной научной теме;
- отчеты о научно-исследовательской работе;
- публикации статей, тезисов докладов;
- внедрение результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс и производство;
- электронные тесты.

Промежуточная аттестация студентов проводится в целях оценки результатов их учебной деятельности за семестр по учебной дисциплине в форме экзамена в первом семестре и дифференцированного зачета во втором и третьем семестрах.

К экзамену и дифференцированным зачетам допускаются студенты, выполнившие и защитившие индивидуальные графические работы (контрольные работы), предусмотренные настоящей учебной программой, а также успешно прошедшие текущую аттестацию.

Оценка уровня знаний студента на экзамене и дифференцированном зачете производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь (письмо МО РБ от 28.05.2013 г. № 09-10/53 ПО).

Результаты текущей аттестации могут учитываться при промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

### 3.2. Вопросы для подготовки к экзамену (1 семестр)

[#РазделКонтроляЗнаний](#)

- 1) Способы проецирования.
- 2) Ортогональное проецирование. Свойства ортогонального проецирования.
- 3) Проекция точки.
- 4) Прямая. Положение прямой относительно плоскостей проекций.
- 5) Плоскость. Способы задания. Положение относительно плоскостей проекций.
- 6) Главные линии плоскости.

- 7) Следы прямой и плоскости.
- 8) Позиционные и метрические задачи.
- 9) Взаимное положение точки и прямой.
- 10) Взаимное положение двух прямых. Параллельные, пересекающиеся, скрещивающиеся прямые.
  - 11) Построение на чертеже двух взаимно перпендикулярных прямых.
  - 12) Принадлежность точки плоскости.
  - 13) Взаимное положение плоскостей. Параллельные, пересекающиеся, перпендикулярные плоскости.
  - 14) Построение линии пересечения плоскостей.
  - 15) Взаимное расположение прямой и плоскости. Построение точки пересечения прямой и плоскости.
  - 16) Кривые линии. Поверхности.
  - 17) Принадлежность точки и линии поверхности.
  - 18) Способы преобразования проекций. Замена плоскостей проекций.
  - 19) Способы преобразования проекций. Вращение.
  - 20) Пересечение криволинейных поверхностей плоскостью.
  - 21) Пересечение гранных поверхностей плоскостью.
  - 22) Построение точных и приближенных разверток поверхностей.
  - 23) Пересечение поверхностей. Метод вспомогательных секущих плоскостей.
  - 24) Пересечение поверхностей. Метод вспомогательных секущих сфер.
  - 25) Метод проекций с числовыми отметками.
  - 26) Проектирование земляных сооружений на топографической поверхности в проекциях с числовыми отметками.
  - 27) Аппарат линейной перспективы.
  - 28) Построение линейной перспективы геометрического объема способом архитекторов.
  - 29) Структура геометрического моделирования.
  - 30) Моделирование геометрических тел и поверхностей в AutoCAD.

### **3.3. Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету (2 семестр)**

[#РазделКонтроляЗнаний](#)

- 1) Единая система конструкторской документации. Основы оформления чертежей.
- 2) Форматы чертежа. Рамки и основные надписи.
- 3) Понятие масштаба и способы его указания на чертеже.
- 4) Линии чертежа. Их структура и области применения.
- 5) Шрифты. Типы и размеры шрифтов.
- 6) Расположение основных видов на чертеже. Обозначение основных видов.
- 7) Дополнительные виды. Правила их выполнения и обозначения.
- 8) Местные виды. Правила их выполнения и обозначения.

- 9) Классификация разрезов. Обозначение разрезов на чертеже.
- 10) Выполнение простых разрезов симметричных изделий.
- 11) Выполнение и обозначение сложных ступенчатых и ломаных разрезов.
- 12) Классификация сечений.
- 13) Аксонометрические проекции. Расположение осей, коэффициенты искажений.
- 14) Правила штриховки сечений в разрезах, в том числе на аксонометрических вырезах.
- 15) Разъемные и неразъемные виды соединений. Их изображение и обозначение на чертеже.
- 16) Изображение резьбы на чертежах деталей (на стержне, в отверстии).
- 17) Условное, упрощенное и конструктивное изображение крепежных деталей.
- 18) Основные понятия о сборочном чертеже. Условности и упрощения изображений на сборочных чертежах.
- 19) Правила выполнения эскизов.
- 20) Детализация сборочной единицы. Основные требования к чертежам деталей.
- 21) Условности и упрощения при выполнении чертежей деталей. Основные правила нанесения размеров на чертеже детали.
- 22) Обозначение материалов на эскизах и чертежах деталей.

### **3.4. Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету (3 семестр)**

#### [#РазделКонтроляЗнаний](#)

- 1) Система проектной документации для строительства (СПДС).
- 2) Координационные оси здания, правила их изображения и маркировки на чертеже.
- 3) Привязка стен к координационным осям.
- 4) Правила выполнения плана этажа здания.
- 5) Правила выполнения фасада этажа здания.
- 6) Правила нанесения отметок уровней на планах, разрезах, фасадах.
- 7) Чертежи санитарно-технических систем.
- 8) Условные графические обозначения элементов санитарно-технических систем.
- 9) Правила выполнения плана с установкой санитарно-технических систем.
- 10) Аксонометрические схемы санитарно-технических систем.
- 11) Правила выполнения чертежей металлических конструкций.
- 12) Условные обозначения прокатных профилей.
- 13) Правила изображения сварных соединений на чертежах металлических конструкций.
- 14) Определение железобетона. Сборные и монолитные железобетонные конструкции.
- 15) Правила маркировки железобетонных конструкций.

- 16) Сборочные чертежи железобетонных изделий.
- 17) Рабочие чертежи арматурных изделий.
- 18) Правила оформления чертежей деревянных конструкций.
- 19) Способы соединения элементов в деревянных конструкциях.
- 20) Оформление строительных чертежей в AutoCAD.
- 21) Основы трехмерного моделирования и визуализации узлов строительных конструкций в AutoCAD.
- 22) Основы параметрического моделирования в AutoCAD.

## 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

[#СтруктураЭУМК](#)

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» для специальности 7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений» (профилизации – «Строительство и гражданская инженерия» и «Цифровое моделирование и проектирование в строительстве»).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	367
Цели и задачи учебной дисциплины.....	367
Требования к освоению учебной дисциплины .....	367
Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием, связь с другими учебными дисциплинами .....	368
Объем учебной дисциплины .....	368
1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА.....	371
Раздел 1. Начертательная геометрия.....	371
Тема 1.1. Методы проецирования. Проекция точки, прямой, плоскости и поверхности. ....	371
Тема 1.2. Пересечение геометрических объектов. Развертывание поверхностей. Решение позиционных и метрических задач. ....	371
Тема 1.3. Моделирование геометрических тел и поверхностей в AutoCAD. ....	371
Тема 1.4. Проекция с числовыми отметками. ....	371
Тема 1.5. Перспектива.....	372
Раздел 2. Инженерная компьютерная графика. ....	372
Тема 2.1. Единая система конструкторской документации. Основы оформления чертежей. Оформление чертежей в AutoCAD. ....	372
Тема 2.2. Виды, разрезы, сечения. Аксонометрические проекции. ....	372
Тема 2.3. Создание чертежей видов, разрезов, сечений и аксонометрических проекций из 3D-модели в AutoCAD.....	372
Тема 2.4. Виды соединения деталей и правила их изображения на чертеже. ....	372
Тема 2.5. Общие требования к чертежам. Эскизы. Сборочный чертеж. Чертежи деталей.....	373
Раздел 3. Строительное черчение.....	373
Тема 3.1. Общие сведения о строительных чертежах. Архитектурно-строительные чертежи зданий и сооружений. ....	373
Тема 3.2. Чертежи металлических конструкций.....	373
	363

Тема 3.3. Чертежи железобетонных конструкций.....	373
Тема 3.4. Чертежи деревянных конструкций. ....	374
Тема 3.5. Специальные чертежи. ....	374
2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для дневной формы получения высшего образования.....	375
3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для заочной формы получения высшего образования .....	377
4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для заочной формы обучения, интегрированной со средним специальным образованием .....	379
5. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	380
5.1. Основная литература .....	380
5.2. Дополнительная литература.....	380
5.3. Примерный перечень тем практических и лабораторных занятий .....	381
5.4. Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов, технических средств обучения, оборудования для выполнения лабораторных работ .....	386
5.5. Используемые средства диагностики результатов учебной деятельности .....	389
5.6. Вопросы для подготовки к экзамену (1 семестр) .....	389
5.7. Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету (2 семестр) ...	390
5.8. Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету (3 семестр) ...	391
5.9. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине .....	392
5.10. Характеристика инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины.....	393
ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО.....	395

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

М.В.Нерода

28.06.2024

Регистрационный № УД-24-1-079/уч.

Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине  
для специальности

7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений»  
(профилизации – «Строительство и гражданская инженерия» и  
«Цифровое моделирование и проектирование в строительстве»)

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 7-07-0732-01-2023 и учебных планов учреждения образования «Брестский государственный технический университет» по специальности 7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений» (профилизации – «Строительство и гражданская инженерия» (регистрационный № с-359-2-24/уч.) и «Цифровое моделирование и проектирование в строительстве» (регистрационный № с-359-3-24/уч.))

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Акулова О. А., доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов, кандидат технических наук

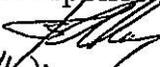
**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

А.Я.Найчук, профессор кафедры строительных конструкций учреждения образования «Брестский государственный технический университет», доктор технических наук, доцент.

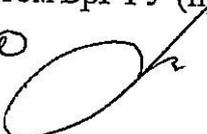
И.Е.Демчук, заведующий лабораторией отдела обследования и испытаний строительных конструкций зданий и сооружений филиала РУП «Институт БелНИИС» – Научно-технический центр, кандидат технических наук;

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой технологии бетона и строительных материалов  
Заведующий кафедрой  В. В. Тур  
(протокол № 13 от 13.06.2024);

Методической комиссией архитектурно-строительного факультета  
Председатель методической комиссии  В. И. Юськович  
(протокол № 07 от 28.06.2024);

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № 5 от 28.06.2024)

Методичи  В.В. Тур

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### #ВспомогательныйРаздел

Учебная программа учреждения высшего образования «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» для специальности 7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений» (профилизации – «Строительство и гражданская инженерия» и «Цифровое моделирование и проектирование в строительстве») разработана в соответствии с требованиями образовательного стандарта ОСВО 7-07-0732-01-2023 и учебных планов учреждения образования «Брестский государственный технический университет» по специальности 7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений» (профилизации – «Строительство и гражданская инженерия» (регистрационный № с-359-2-24/уч.) и «Цифровое моделирование и проектирование в строительстве» (регистрационный № с-359-3-24/уч.)).

Дисциплина «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» является фундаментом инженерно-технического образования. Она не только представляет собой теорию изображений и построения чертежей, но и составляет теоретическую основу для современных технологий информационного моделирования и представления графической информации.

Она дает студентам знания, умения и навыки, необходимые для эффективного изучения последующих общеинженерных и специальных дисциплин, выполнения курсовых работ и проектов, магистерской диссертации, а также для их будущей научной и практической деятельности.

### Цели и задачи учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» является формирование у студентов знаний, умений и навыков применения различных способов графических построений на плоскости и в пространстве, а также методов работы с системами автоматизированного проектирования для создания строительных чертежей с учетом Единой системы конструкторской документации и Системы проектной документации для строительства.

В соответствии с образовательным стандартом в результате изучения учебной дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» формируется базовая профессиональная компетенция «БПК-6. Осуществлять графические построения на плоскости и в пространстве для решения профессиональных задач».

### Требования к освоению учебной дисциплины

В результате усвоения учебной дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» студент должен:

знать:

– способы решения на чертежах основных метрических и позиционных задач;

- способы построения аксонометрических проекций и решения позиционных задач в аксонометрии;
- правила оформления чертежей, основные условности и упрощения, используемые на чертежах машиностроительного и строительного профилей;
- правила выполнения и оформления строительных чертежей (планов, разрезов, фасадов, выносных элементов, чертежей строительных конструкций и изделий, специальных чертежей инженерных коммуникаций);
- уметь:
  - выполнять аксонометрические изображения предметов;
  - применять условные графические изображения и обозначения для строительных чертежей;
  - читать и выполнять чертежи зданий, сооружений, строительных конструкций, санитарно-технических устройств;
- владеть:
  - методами параллельного и прямоугольного проецирования при выполнении чертежей машиностроительного и строительного профиля;
  - навыками решения позиционных и метрических задач;
  - законами построения аксонометрических проекций, применяемых в чертежах строительного профиля.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием, связь с другими учебными дисциплинами

Дисциплина «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» входит в государственный компонент модуля «Базовая строительная подготовка 1» учебных планов специальности 7-07-0732-01 «Строительство зданий и сооружений» (профилизации – «Строительство и гражданская инженерия» (регистрационный № с-359-2-24/уч.) и «Цифровое моделирование и проектирование в строительстве» (регистрационный № с-359-3-24/уч.)).

Для изучения данной учебной дисциплины необходимо усвоение дисциплин «Математика», «Черчение», «Информатика» в объеме программы средней школы.

Дисциплина «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» является основой для успешного освоения дисциплин «Металлические конструкции» (6–8 семестры), «Железобетонные конструкции» (7–9 семестры), «Основы автоматизации и проектирования в строительстве» (7 и 8 семестры), «Конструкции из дерева и пластмасс» (8 и 9 семестры), выполнения курсовых работ и проектов, а также подготовки магистерской диссертации.

Объем учебной дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» составляет 9 зачетных единиц, 320 часов, в том числе 152 часа аудиторных занятий.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам для различных форм получения образования приведено в таблицах 1–3.

Формой промежуточного контроля знаний в первом семестре является экзамен, во втором и третьем семестрах – дифференцированный зачет.

К экзамену и дифференцированным зачетам допускаются студенты, выполнившие и защитившие все индивидуальные графические работы (контрольные работы), предусмотренные настоящей учебной программой.

Таблица 1 – План учебной дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» для дневной формы получения высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма промежуточной аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
7-07-0732-01	«Строительство зданий и сооружений»	1	1	120	3	68	34	–	34	–	–	экзамен
		1	2	90	3	34	–	–	34	–	–	диф. зачет
		2	3	110	3	50	–	16	34	–	–	диф. зачет
Всего:				320	9	152	34	16	102			

Таблица 2 – План учебной дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» для заочной формы получения высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма промежуточной аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
7-07-0732-01	«Строительство зданий и сооружений»	1	1	120	3	10	6	–	4	–	–	экзамен
		1	2	90	3	10	–	–	10	–	–	диф. зачет
		2	3	110	3	10	–	4	6	–	–	диф. зачет
Всего:				320	9	30	6	4	20			

Таблица 3 – План учебной дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» для заочной формы обучения, интегрированной со средним специальным образованием

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма промежуточной аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
7-07-0732-01	«Строительство зданий и сооружений»	1	1	72	2	8	4	4	–	–	–	диф. зачет
Всего:				72	2	8	4	4				

# 1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## [#ВспомогательныйРаздел](#)

Дисциплина «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» состоит из трех логически взаимосвязанных разделов:

Раздел 1. Начертательная геометрия.

Тема 1.1. Методы проецирования. Проекции точки, прямой, плоскости и поверхности.

Методы проецирования геометрических образов. Аппарат проецирования. Свойства ортогонального проецирования. Связь проекции точки с ее координатами. Прямая. Позиционно-метрические свойства прямой. Задание плоскости на чертеже. Принадлежность точки и прямой плоскости. Взаимное положение плоскостей, прямой и плоскости. Плоские и пространственные кривые линии. Кривые второго порядка. Способы образования и задания поверхностей на чертеже. Определитель поверхности. Принадлежность точки и линии поверхности. Гранные поверхности. Линейчатые поверхности. Поверхности вращения. Винтовые поверхности.

Тема 1.2. Пересечение геометрических объектов. Развертывание поверхностей. Решение позиционных и метрических задач.

Общий подход к решению задач на пересечение геометрических объектов. Пересечение поверхности плоскостью. Пересечение поверхностей. Общие принципы и способы построения разверток поверхностей. Построение приближенных разверток неразвертываемых поверхностей. Построение точек и линий на развертке по их проекциям. Способы преобразования проекций. Решение позиционных и метрических задач с применением способов преобразования проекций.

Тема 1.3. Моделирование геометрических тел и поверхностей в AutoCAD.

Структура геометрического моделирования. Аппарат моделирования. Виды моделей. Моделирование трехмерных тел и поверхностей в AutoCAD. Редактирование тел и поверхностей; автоматическое построение плоских снимков ортогональных и аксонометрических проекций трехмерной модели в AutoCAD. Визуализация трехмерной модели в AutoCAD.

Тема 1.4. Проекция с числовыми отметками.

Сущность метода проекций с числовыми отметками и область его применения. Точка, прямая, плоскость в проекциях с числовыми отметками. Заложение и превышение отрезка прямой. Уклон и интервал прямой. Градуирование прямой. Масштаб уклона плоскости, угол падения и угол простирания плоскости. Задание поверхностей в проекциях с числовыми

отметками. Топографическая поверхность. Решение позиционных задач на топографической поверхности. Элементы проектирования земляных сооружений на топографической поверхности в проекциях с числовыми отметками. Основы моделирования инженерных задач на топографической поверхности в AutoCAD.

#### Тема 1.5. Перспектива.

Общая теория перспективы. Аппарат линейной перспективы. Перспектива прямой и точки. Способы построения перспективных проекций. Способ архитекторов. Особенности моделирования перспективной проекции геометрического объекта в AutoCAD.

#### Раздел 2. Инженерная компьютерная графика.

Тема 2.1. Единая система конструкторской документации. Основы оформления чертежей. Оформление чертежей в AutoCAD.

Обзор стандартов ЕСКД: форматы, основные надписи, масштабы, линии, шрифты чертежные, нанесение размеров и предельных отклонений, графические обозначения материалов и правила их нанесения на чертежах. Системы автоматизированного проектирования (САПР). САПР AutoCAD. Настройка рабочего пространства в AutoCAD. Команды рисования, редактирования, нанесения размеров.

#### Тема 2.2. Виды, разрезы, сечения. Аксонометрические проекции.

Расположение основных видов. Дополнительные виды, их расположение и обозначение. Местный вид. Основные правила нанесения размеров. Компонировка чертежа. Простые разрезы. Местный разрез. Сложные разрезы, правила их выполнения и обозначения. Аппарат аксонометрических проекций. Косоугольные и прямоугольные аксонометрии. Правила построения стандартных аксонометрических проекций.

Тема 2.3. Создание чертежей видов, разрезов, сечений и аксонометрических проекций из 3D-модели в AutoCAD.

Автоматическое получение чертежей видов, разрезов, сечений и аксонометрических проекций из трехмерной модели с использованием команд ВИДБАЗ, Т-ВИД, Т-РИСОВАНИЕ и Т-ПРОФИЛЬ в AutoCAD. Мировая и пользовательские системы координат. Работа со слоями.

#### Тема 2.4. Виды соединения деталей и правила их изображения на чертеже.

Понятие о разъемных соединениях. Резьбовые соединения. Изображение резьбы. Стандартные крепежные детали с резьбой. Болтовое соединение. Шпильное соединение. Винтовое соединение. Трубное соединение. Конструктивное, упрощенное и условное изображение резьбовых соединений.

Понятие о неразъемных соединениях. Сварные, паяные, клееные соединения, их изображение и обозначение на чертежах.

Тема 2.5. Общие требования к чертежам. Эскизы. Сборочный чертеж. Чертежи деталей.

Понятие об эскизе, как о конструктивном документе. Правила выполнения эскизов. Назначение сборочного чертежа и его место в производстве. Правила выполнения сборочного чертежа. Условности и упрощения при выполнении сборочных чертежей. Спецификация сборочного чертежа. Чертеж детали, как рабочий документ, предназначенный для изготовления детали. Правила выполнения рабочего чертежа детали.

### Раздел 3. Строительное черчение

Тема 3.1. Общие сведения о строительных чертежах. Архитектурно-строительные чертежи зданий и сооружений.

Система проектной документации для строительства (СПДС). Стадии проектирования. Рабочие чертежи зданий, сооружений, строительных конструкций и изделий. Условности, регламентированные ГОСТ СПДС. Комплекты строительных чертежей. Типы зданий и элементы конструкций зданий. Комплекты рабочих чертежей марок АР и АС. Правила выполнения планов этажей зданий. Продольные и поперечные разрезы зданий. Правила выполнения фасадов зданий. Фрагменты планов, фасадов, узлов. Особенности оформления строительных чертежей в AutoCAD. Приложение СПДС GraphiCS для AutoCAD.

Тема 3.2. Чертежи металлических конструкций.

Комплекты рабочих чертежей марки КМ И КМД. Правила выполнения чертежей металлических конструкций. Условные обозначения прокатных профилей. Условные обозначения сварных швов на чертежах металлических конструкций. Выполнение геометрической схемы металлической конструкции. Выполнение чертежа узла металлической конструкции. Особенности моделирования узлов металлических конструкций в AutoCAD.

Тема 3.3. Чертежи железобетонных конструкций.

Состав комплекта рабочих чертежей марки КЖ. Сборные и монолитные железобетонные конструкции. Общие правила оформления чертежей железобетонных конструкций. Сборочный чертеж железобетонного изделия. Ведомости и спецификации. Виды арматурных и закладных изделий. Рабочий чертеж арматурных и закладных изделий. Спецификации на арматурные и закладные изделия.

### Тема 3.4. Чертежи деревянных конструкций.

Комплекты рабочих чертежей марки КД. Правила выполнения чертежей деревянных конструкций. Способы соединения элементов в деревянных конструкциях. Выполнение геометрической схемы деревянной конструкции. Выполнение чертежа узла деревянной конструкции. Выполнение рабочего чертежа отдельного элемента узла деревянной конструкции.

### Тема 3.5. Специальные чертежи.

Чертежи санитарно-технических систем. Комплекты чертежей. Условные графические обозначения элементов санитарно-технических систем. Правила выполнения плана с установкой санитарно-технических систем. Аксонометрические схемы санитарно-технических систем.

**2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ  
ГРАФИКА» для дневной формы получения высшего образования**

#ВспомогательныйРаздел

Таблица 4

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма промежуточной (текущей) аттестации
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
	<i>1 семестр</i>						<i>экзамен</i>
1	Методы проецирования. Проекция точки, прямой, плоскости и поверхности	10	–	8	–	12	ИГР 1.1 ИГР 1.2
2	Пересечение геометрических объектов. Развертывание поверхностей. Решение позиционных и метрических задач	16	–	18	–	10	ИГР 1.3 ИГР 1.4 ИГР 1.5
3	Моделирование геометрических тел и поверхностей в AutoCAD	2	–	2	–	10	ИГР 1.6
4	Проекция с числовыми отметками	4	–	4	–	10	ИГР 1.7 ИГР 1.8
5	Перспектива	2	–	2	–	10	ИГР 1.9 ИГР 1.10
Всего за 1 семестр		34	–	34	–	52	120
	<i>2 семестр</i>						<i>диф. зачет</i>
1	Единая система конструкторской документации. Основы оформления чертежей. Оформление чертежей в AutoCAD	–	–	12	–	12	ИГР 2.1 ИГР 2.2
2	Виды, разрезы, сечения. Аксонометрические проекции	–	–	4	–	12	ИГР 2.3
3	Создание чертежей видов, разрезов, сечений и аксонометрических проекций из 3D-модели в AutoCAD	–	–	6	–	12	ИГР 2.4 ИГР 2.5
4	Виды соединения деталей и правила их изображения на чертеже	–	–	4	–	10	ИГР 2.6
5	Общие требования к чертежам. Эскизы. Сборочный чертеж. Чертежи деталей	–	–	8	–	10	ИГР 2.7 ИГР 2.8
Всего за 2 семестр		–	–	34	–	56	90

## Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8
	<i>3 семестр</i>						диф. зачет
1	Общие сведения о строительных чертежах. Архитектурно-строительные чертежи зданий и сооружений		4	14		20	ИГР 3.1
2	Чертежи металлических конструкций		4	6		10	ИГР 3.2
3	Чертежи железобетонных конструкций		4	6		10	ИГР 3.3
4	Чертежи деревянных конструкций		4	4		10	опрос
5	Специальные чертежи		–	4		10	ИГР 3.1
Всего за 3 семестр		–	16	34	–	60	110

**3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ  
ГРАФИКА» для заочной формы получения высшего образования**

#ВспомогательныйРаздел

Таблица 5

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма промежуточной (текущей) аттестации
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
	<i>1 семестр</i>						экзамен
1	Методы проецирования. Проекция точки, прямой, плоскости и поверхности	2	–	2	–	30	ИГР 1.4
2	Пересечение геометрических объектов. Развертывание поверхностей. Решение позиционных и метрических задач	4	–	2	–	20	ИГР 1.5
3	Моделирование геометрических тел и поверхностей в AutoCAD	–	–	–	–	20	опрос
4	Проекция с числовыми отметками	–	–	–	–	20	опрос
5	Перспектива	–	–	–	–	20	опрос
	<b>Всего за 1 семестр</b>	<b>6</b>	<b>–</b>	<b>4</b>	<b>–</b>	<b>110</b>	<b>120</b>
	<i>2 семестр</i>						диф. зачет
1	Единая система конструкторской документации. Основы оформления чертежей. Оформление чертежей в AutoCAD	–	–	4	–	18	ИГР 2.1
2	Виды, разрезы, сечения. Аксонометрические проекции	–	–	–	–	18	опрос
3	Создание чертежей видов, разрезов, сечений и аксонометрических проекций из 3D-модели в AutoCAD	–	–	4	–	16	ИГР 2.4
4	Виды соединения деталей и правила их изображения на чертеже	–	–	2	–	14	ИГР 2.6
5	Общие требования к чертежам. Эскизы. Сборочный чертеж. Чертежи деталей	–	–	–	–	14	опрос
	<b>Всего за 2 семестр</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>10</b>	<b>–</b>	<b>80</b>	<b>90</b>

## Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7	8
	<i>3 семестр</i>						диф. зачет
1	Общие сведения о строительных чертежах. Архитектурно-строительные чертежи зданий и сооружений	–	–	–	–	24	опрос
2	Чертежи металлических конструкций	–	2	2	–	14	ИГР 3.2
3	Чертежи железобетонных конструкций	–	2	4	–	14	ИГР 3.3
4	Чертежи деревянных конструкций	–	–	–	–	24	опрос
5	Специальные чертежи	–	–	–	–	24	опрос
Всего за 3 семестр		–	4	6	–	100	110

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ  
ГРАФИКА» для заочной формы обучения, интегрированной со средним  
специальным образованием

[#ВспомогательныйРаздел](#)

Таблица 6

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самост. работы	Форма промежуточной (текущей) аттестации
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинарские занятия		
	<i>1 семестр</i>						диф. зачет
1	Общие сведения о строительных чертежах. Архитектурно-строительные чертежи зданий и сооружений	–	–	–	–	16	опрос
2	Чертежи металлических конструкций	–	2	2	–	8	ИГР 3.2
3	Чертежи железобетонных конструкций	–	2	2	–	8	ИГР 3.3
4	Чертежи деревянных конструкций	–	–	–	–	16	опрос
5	Специальные чертежи	–	–	–	–	16	опрос
Всего		–	4	4	–	64	72

## 5. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### [#ВспомогательныйРаздел](#)

#### 5.1. Основная литература

- 1) Уласевич, З. Н. Начертательная геометрия : учеб. пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, О. А. Якубовская. – Минск: Из-во «Белорусская энциклопедия им. П. Бровки», 2009. – 200 с.
- 2) Уласевич, З. Н. Инженерная графика : практикум : учебное пособие / З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Д. В. Омель. – 2-е изд., перераб. – Минск : Вышэйшая школа, 2020 – 206 с.
- 3) Чекмарев, А. А. Инженерная графика. Машиностроительное черчение : Учебник / А. А. Чекмарев. –М: Высш. шк., 2014. – 396 с.
- 4) Хейфец, А. Л. Инженерная 3D-компьютерная графика : учеб. пособие для бакалавров / А. Л. Хейфец, А. Н. Логиновский, И. В. Буторина, В. Н. Васильева ; под ред. А. Л. Хейфеца. – 2 е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2017. – 464 с.
- 5) Большаков, В. П. Инженерная и компьютерная графика. Теоретический курс и тестовые задания: учеб. пособие / В. П. Большаков, А. В. Чагина. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 384 с.
- 6) Короев, Ю. И. Черчение для строителей / Ю. И. Короев. М.: Академия, 2001. – 257 с.
- 7) Государственные стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).
- 8) Государственные стандарты Системы проектной документации для строительства (СПДС).

#### 5.2. Дополнительная литература

- 9) Гордон, В. О. Курс начертательной геометрии / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. – М.: Высш. шк., 2009. – 272 с.
- 10) Фролов, С. А. Начертательная геометрия: учебник / С. А. Фролов. – М.: Академия, 2008. – 286 с.
- 11) Кокошко, А. Ф. Начертательная геометрия: учебное пособие / А. Ф. Кокошко, С. А. Матюх. – Минск : ИВЦ Минфина, 2013. – 392 с.
- 12) Полещук, Н. Н. AutoCAD в инженерной графике / Н. Н. Полещук, Н. Г. Карпушкина. – СПб.: Питер, 2005. – 493 с.
- 13) Перепелица, Ф. А. Компьютерное конструирование в AutoCAD 2016. Начальный курс. Учебно-методическое пособие / Ф. А. Перепелица. – СПб.: НИУ ИТМО, 2015. – 192 с.
- 14) Журавлев, А. С. AutoCAD для конструкторов. Стандарты ЕСКД в AutoCAD 2009/2010/2011. Практические советы конструктора / А. С. Журавлев. – СПб.: Наука и Техника, 2010. – 384 с.
- 15) Хейфец, А. Л. Компьютерная графика для строителей : учебник для

академического бакалавриата / А. Л. Хейфец, В. Н. Васильева, И. В. Буторина ; под ред. А. Л. Хейфеца. – 2 е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 204 с.

16) Георгиевский, О. В. Правила выполнения архитектурно-строительных чертежей / О. В. Георгиевский. – М.: Интербук-бизнес, 2001. – 80 с.

### 5.3. Примерный перечень тем практических и лабораторных занятий

На практических занятиях рассматриваются алгоритмы решения задач, в том числе с применением современного программного обеспечения.

Примерный перечень тем практических занятий по семестрам:

1 семестр:

1. Точка. Прямая. Плоскость (ГР № 1.1, таблица 7) – 4 часа.
2. Взаимное положение плоскостей, прямой и плоскости (ГР № 1.2, таблица 7) – 4 часа.
3. Способы преобразования проекций (ГР № 1.3, таблица 7) – 4 часа.
4. Пересечение поверхности плоскостью (ГР № 1.4, таблица 7) – 4 часа.
5. Развертывание поверхностей (ГР № 1.4, таблица 7) – 4 часа.
6. Пересечение поверхностей (ГР № 1.5, таблица 7) – 6 часов.
5. Моделирование геометрических тел и поверхностей в AutoCAD (ГР № 1.6, таблица 7) – 2 часа.
6. Проектирования земляных сооружений на топографической поверхности в проекциях с числовыми отметками (ГР № 1.7, 1.8, таблица 7) – 4 часа.
7. Построение перспективы способом архитекторов (ГР № 1.9, 1.10, таблица 7) – 2 часа.

2 семестр:

1. Единая система конструкторской документации. Основы оформления чертежей – 2 часа.
2. Основы оформления чертежей в AutoCAD (ГР № 2.1, таблица 7) – 4 часа.
3. Оцифровка топографической основы в AutoCAD (ГР № 2.2, таблица 7) – 6 часов.
4. Виды, разрезы, сечения (ГР № 2.3, таблица 7) – 2 часа.
5. Аксонометрические проекции (ГР № 2.3, таблица 7) – 2 часа.
6. Создание чертежей видов, разрезов, сечений и аксонометрических проекций из 3D-модели в AutoCAD (ГР № 2.4, ГР № 2.5, таблица 7) – 6 часов.
7. Резьбовые соединения (ГР № 2.6, таблица 7) – 4 часов.
8. Эскизирование деталей (ГР № 2.7, таблица 7) – 2 часа.
9. Сборочный чертеж трубного соединения (ГР № 2.8, таблица 7) – 6 часов.

3 семестр:

1. Архитектурно-строительный чертеж здания (ГР № 3.1, таблица 7) – 14 часов.
2. Чертежи металлических конструкций (ГР № 3.2, таблица 7) – 6 часов.
3. Чертежи железобетонных конструкций (ГР № 3.3, таблица 7) – 6 часов.
4. Чертежи деревянных конструкций – 4 часа.

5. Чертежи санитарно-технических систем (ГР № 3.1, таблица 7) – 4 часа.

На лабораторных занятиях рассматриваются особенности создания и оформления строительных чертежей в системах автоматизированного проектирования.

Примерный перечень тем лабораторных занятий в 3 семестре:

1. Оформление архитектурно-строительных чертежей в Autodesk AutoCAD (ГР № 3.1, таблица 7) – 8 часов.

2. Оформление чертежей металлических конструкций в Autodesk AutoCAD (ГР № 3.2, таблица 7) – 4 часа.

3. Оформление чертежей железобетонных конструкций в Autodesk AutoCAD (ГР № 3.3, таблица 7) – 4 часа.

В процессе изучения дисциплины, студент должен выполнить ряд индивидуальных графических работ (контрольных работ), примерный перечень и содержание которых приведены в таблице 7.

Все чертежи оформляются в соответствии с требованиями ЕСКД и СПДС.  
Таблица 7. Примерный перечень графических работ и их содержание

№	Содержание графической работы
1	2
1 семестр	
1.1	Графическая работа № 1 «Точка. Прямая» Задача 1. По заданным координатам концов отрезка: 1. Построить горизонтальную, фронтальную и профильную проекции отрезка; 2. Определить натуральную величину отрезка и углы его наклона к горизонтальной, фронтальной и профильной плоскостям проекций. Задача 2. По заданным координатам концов отрезка: 1. Построить горизонтальную и фронтальную проекции отрезка; 2. Построить горизонтальный и фронтальный следы прямой, заданной отрезком. Оформить чертеж на формате А3
1.2.	Графическая работа № 2 «Взаимное положение плоскостей, прямой и плоскости» Задача 1. Определить натуральную величину расстояния от точки до плоскости, заданной треугольником. Решить видимость заданных геометрических образов относительно плоскостей проекций. Задача 2. Построить линию пересечения двух плоскостей, заданных треугольниками. Решить видимость заданных геометрических образов относительно плоскостей проекций. Оформить чертеж на формате А3

Продолжение таблицы 7

1	2
1.3.	<p>Графическая работа № 3 «Способы преобразования проекций»</p> <p>Задача 1. Определить натуральную величину расстояния от точки до плоскости, заданной треугольником, способом замены плоскостей проекций.</p> <p>Задача 2. Определить натуральную величину треугольника способом вращения вокруг линии уровня.</p> <p>Задача 3. Определить натуральную величину треугольника способом плоскопараллельного перемещения.</p> <p>Оформить чертеж на формате А3</p>
1.4.	<p>Графическая работа № 4 «Пересечение поверхности плоскостью. Развертка»</p> <p>Задача 1. Построить проекции линии пересечения поверхности плоскостью. Решить видимость заданных геометрических образов относительно плоскостей проекций.</p> <p>Задача 2. Определить натуральную величину сечения поверхности плоскостью.</p> <p>Задача 3. Построить полную развертку заданной поверхности и нанести на нее линию пересечения поверхности плоскостью.</p> <p>Оформить чертеж на формате А2</p>
1.5	<p>Графическая работа № 5 «Пересечение поверхностей»</p> <p>Задача 1. В соответствии с заданным вариантом построить проекции линии пересечения заданных поверхностей методом секущих плоскостей-посредников частного положения. Решить видимость проекций линии пересечения и заданных поверхностей относительно плоскостей проекций.</p> <p>Задача 2. В соответствии с заданным вариантом построить проекции линии пересечения заданных поверхностей методом концентрических сфер-посредников. Решить видимость проекций линии пересечения и заданных поверхностей относительно плоскостей проекций.</p> <p>Оформить чертеж на формате А3</p>
1.6	<p>Графическая работа № 6 «Моделирование задачи на пересечение поверхностей»</p> <p>Задание 1. В соответствии с заданным вариантом:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В САПР AutoCAD создать трехмерную модель двух пересекающихся поверхностей.</li> <li>2. Из трехмерной модели автоматически получить ортогональные проекции и стандартную аксонометрическую проекцию.</li> </ol> <p>Оформить чертеж на формате А3 в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД</p> <p>Задание 2. Выполнить в САПР AutoCAD визуализацию трехмерной модели двух пересекающихся поверхностей с наложением материалов, текстур, построением теней.</p> <p>Оформить задачу на формате А4</p>

Продолжение таблицы 7

1	2
1.7	<p>Графическая работа № 7 «Проекция с числовыми отметками»                      Задача 1. Построить линии пересечения откосов выемок (уклон 1:1) и насыпей (уклон 2:3) земляного сооружения между собой и с топографической поверхностью в масштабе 1:200.                      Задача 2. Построить профиль рельефа с планировкой по сечению А-А.                      Оформить чертеж на формате А3</p>
1.8	<p>Графическая работа № 8 «Моделирование задачи в проекциях с числовыми отметками в AutoCAD»                      Задача 1. В САПР AutoCAD создать трехмерную модель задачи 1 из графической работы № 7.                      Задача 2. Из 3D модели автоматически получить горизонтальную проекцию и профиль рельефа с планировкой по сечению А-А.                      Оформить чертеж на формате А3</p>
1.9	<p>Графическая работа № 9 «Перспектива геометрического объема»                      Задача 1. Установить основные элементы картинной плоскости для построения наиболее наглядной перспективы заданного объекта.                      Задача 2. Построить линейную перспективу объекта по его ортогональным проекциям (план, фасад) способом архитекторов.                      Оформить чертеж на формате А3</p>
1.10	<p>Графическая работа № 10 «Моделирование перспективы и теней геометрического объема в AutoCAD»                      Задача 1. В САПР AutoCAD создать трехмерную модель геометрического объема из графической работы № 9.                      Задача 2. Из полученной трехмерной модели автоматически получить перспективную проекцию геометрического объема, установив основные элементы картинной плоскости в соответствии с задачей 1 из графической работы № 9.                      Задача 3. Выполнить визуализацию перспективы геометрического объема с наложением материалов, текстур, построением теней.                      Оформить задачу на формате А4</p>
2 семестр	
2.1	<p>Графическая работа № 1 «Геометрические построения в AutoCAD»                      В соответствии с заданным вариантом:                      1. Выполнить чертежи деталей, контур которых включает различные виды сопряжений, в САПР AutoCAD.                      2. Проставить необходимые размеры.                      Оформить чертеж на формате А3</p>

Продолжение таблицы 7

1	2
2.2	<p>Графическая работа № 2 «Оцифровка топографической основы в AutoCAD»</p> <p>Выполнить в AutoCAD оцифровку фрагмента топографической карты в масштабе 1:10 000 с использованием соответствующих условных обозначений.</p> <p>Оформить чертеж на формате А1</p>
2.3	<p>Графическая работа № 3 «Виды. Простые разрезы. Аксонометрия»</p> <p>В соответствии с заданным вариантом:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построить третий вид детали по двум заданным. Выполнить необходимые разрезы. Проставить размеры.</li> <li>2. Выполнить стандартное аксонометрическое изображение детали.</li> </ol> <p>Оформить чертеж на формате А3</p>
2.4	<p>Графическая работа № 4 «Виды, разрезы, аксонометрия в AutoCAD»</p> <p>В соответствии с заданным вариантом в САПР AutoCAD:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построить трехмерную модель заданной детали.</li> <li>2. Автоматически получить необходимые виды, разрезы, сечение детали, а также стандартную аксонометрическую проекцию заданной детали с вырезом четверти.</li> </ol> <p>Оформить чертеж на формате А3</p>
2.5	<p>Графическая работа № 5 «Сложные разрезы в AutoCAD»</p> <p>В соответствии с заданным вариантом в САПР AutoCAD:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построить трехмерную модель заданной детали.</li> <li>2. Автоматически получить заданные разрезы и сечения детали, а также стандартную аксонометрическую проекцию заданной детали.</li> </ol> <p>Оформить чертеж на формате А3</p>
2.6	<p>Графическая работа № 6 «Резьбовые соединения»</p> <p>В соответствии с заданным вариантом выполнить упрощенное и условное изображение резьбовых соединений. Привести расчет относительных размеров элементов резьбовых соединений.</p> <p>Оформить чертеж на формате А3</p>
2.7	<p>Графическая работа № 7 «Эскизы деталей»</p> <p>Выполнить с натуры эскиз детали сборочной единицы.</p> <p>Оформить чертеж на миллиметровой бумаге формата А4</p>
2.8	<p>Графическая работа № 8 «Сборочный чертеж трубного соединения»</p> <p>В соответствии с заданным вариантом:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выполнить сборочный чертеж трубного соединения.</li> <li>2. Составить спецификацию.</li> </ol> <p>Оформить чертеж на формате А4 или А3</p>

Окончание таблицы 7

1	2
3 семестр	
3.1	<p>Графическая работа № 1 «Архитектурно-строительный чертеж здания» В соответствии с заданным вариантом:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В масштабе 1:100 вычертить план и фасад здания.</li> <li>2. Выполнить архитектурный разрез здания по лестничной клетке в масштабе 1:100.</li> <li>3. На плане здания показать систему горячего и холодного водоснабжения на этаже.</li> <li>4. Выполнить аксонометрическую схему системы горячего и холодного водоснабжения санитарно-кухонного узла в масштабе 1:20.</li> </ol> <p>Оформить чертеж на формате А1 или А2</p>
3.2	<p>Графическая работа № 2 «Чертежи металлических конструкций» В соответствии с заданным вариантом:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построить трехмерную модель заданного узла металлической конструкции.</li> <li>2. В заданном масштабе вычертить геометрическую схему металлической конструкции.</li> <li>3. В заданном масштабе выполнить чертеж узла металлической конструкции на основе созданной трехмерной модели.</li> </ol> <p>Оформить чертеж на формате А3</p>
3.3	<p>Графическая работа № 3 «Чертежи железобетонных конструкций» В соответствии с заданным вариантом:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. На формате А3 выполнить сборочный чертеж железобетонного изделия.</li> <li>2. Для каждой сборочной единицы (арматурные изделия и закладные детали) на отдельных форматах А4 выполнить рабочий чертеж.</li> </ol>

5.4. Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов, технических средств обучения, оборудования для выполнения лабораторных работ

Реализация учебной дисциплины требует наличия учебного кабинета, оборудованного рабочими местами для выполнения графических работ по количеству обучающихся, рабочим местом преподавателя.

При проведении лекционных, практических и лабораторных занятий преподавателем используется компьютер с установленным лицензионным программным обеспечением и мультимедийный проектор.

Практические и лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе, оборудованном персональными компьютерами с установленным лицензионным программным обеспечением, а также возможностью доступа к локальной компьютерной сети университета.

Для выполнения графических работ (контрольных работ) с применением систем автоматизированного проектирования рекомендуется использовать программный комплекс Autodesk AutoCAD.

Рекомендуемые методические указания:

1. Якубовская, О. А. Методические указания к выполнению лабораторной работы по начертательной геометрии на тему «Моделирование задачи на пересечение поверхностей» для студентов технических специальностей / О. А. Якубовская, З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Н. Н. Шалобыта. – Брест, из-во БрГТУ, 2013. – 22 с.

2. Матюх, С. А. Методические указания к выполнению индивидуальных графических заданий по инженерной компьютерной графике / С. А. Матюх, Т. В. Шевчук. – Брест, из-во БрГТУ, 2018. – 59 с.

3. Матюх, С. А. Методические указания по инженерной графике к выполнению заданий по темам: геометрические построения, виды, разрезы, сечения, аксонометрия / С. А. Матюх, В. А. Морозова. – Брест, из-во БрГТУ, 2019. – 65 с.

4. Якубовская, О. А. Методические указания к выполнению лабораторной работы по инженерной графике на тему «Чертежи железобетонных конструкций» для студентов технических специальностей / О. А. Якубовская, З. Н. Уласевич, В. П. Уласевич, Н. Н. Шалобыта. – Брест, из-во БрГТУ, 2013. – 34 с.

5. Базенков, Т. Н. Методические указания к выполнению заданий по инженерной графике «Проекция с числовыми отметками» для студентов технических специальностей / Т. Н. Базенков, С. А. Матюх. – Брест: БрГТУ, 2023. – 31 с.

Рекомендуемые видеоуроки:

1. Акулова, О. А. Точка. Прямая\_Часть 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/fHbm1C79JGg>. – Дата доступа: 24.05.2024.

2. Акулова, О. А. Точка. Прямая\_Часть 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/f3hSYUKhNbk>. – Дата доступа: 24.05.2024.

3. Акулова, О. А. Чертежи прямых и плоскостей частного положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/xyiXfjw3liM>. – Дата доступа: 24.05.2024.

4. Акулова, О. А. Расстояние от точки до плоскости [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/gjzI\\_RaC2OQ](https://youtu.be/gjzI_RaC2OQ). – Дата доступа: 24.05.2024.

5. Акулова, О. А. Линия пересечения плоскостей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/ho\\_KHvHgyWM](https://youtu.be/ho_KHvHgyWM). – Дата доступа: 24.05.2024.

6. Акулова, О. А. Пересечение гранной поверхности плоскостью частного положения. Развертка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLxYMiwfKnKJbFHh0ziIfC6Ab9llaQXBpo>. – Дата доступа: 24.05.2024.

7. Омесь, Д. В. Преобразование проекций. Решение задач. Часть 1 AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/Rgt2tCb2WTU>. – Дата доступа: 24.05.2024.

8. Омесь, Д. В. Преобразование проекций. Решение задач. Часть 2 AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/XfZ5g9t8zUs>. – Дата доступа: 24.05.2024.

9. Акулова, О. А. Пересечение поверхностей в AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtube.com/playlist?list=PLxYMiwfKnKJb5PbYRvKknugcdyHJrOZsC>. – Дата доступа: 24.05.2024.

10. Акулова, О. А. Моделирование топографической поверхности в AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtube.com/playlist?list=PLxYMiwfKnKJYtJ8QiKij7vFQMNl8vIQSD>. – Дата доступа: 24.05.2024.

11. Акулова, О. А. Перспектива в AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/yfBR-wbo\\_qA](https://youtu.be/yfBR-wbo_qA). – Дата доступа: 24.05.2024.

12. Акулова, О. А. Геометрические построения в AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtube.com/playlist?list=PLxYMiwfKnKJaYvM8UWESD1-62bNuiQeX9>. – Дата доступа: 24.05.2024.

13. Омесь, Д. В. Шрифты чертежные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtu.be/D5p\\_X-aL4eo](https://youtu.be/D5p_X-aL4eo). – Дата доступа: 24.05.2024.

14. Акулова, О. А. Оцифровка топографической основы в AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtube.com/playlist?list=PLxYMiwfKnKJaHPqT6xrxZTPcjXJ2IWNwj>. – Дата доступа: 24.05.2024.

15. Акулова, О. А. Виды, разрезы, аксонометрия в AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtube.com/playlist?list=PLxYMiwfKnKJY1VNYdJKGC0zxPXPNUlxJM>. – Дата доступа: 24.05.2024.

16. Матюх, С. А. Разъемные резьбовые соединения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://youtube.com/playlist?list=PLbk0uASdeH-oaIOB4mghKNF9\\_3cTeuKGD](https://youtube.com/playlist?list=PLbk0uASdeH-oaIOB4mghKNF9_3cTeuKGD). – Дата доступа: 24.05.2024.

17. Акулова, О. А. Сборочный чертеж трубного соединения в AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/HU9zOo7jjvc>. – Дата доступа: 24.05.2024.

18. Акулова, О. А. Моделирование узла МК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/1G3O4Zs9Xg8>. – Дата доступа: 24.05.2024.

19. Акулова, О. А. Архитектурно-строительный чертеж в AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtube.com/playlist?list=PLxYMiwfKnKJZEGXRk8dJG60CE9jsHUx72>. – Дата доступа: 24.05.2024.

20. Мицирук, О. М. Как правильно подшить альбом графических работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtube.com/playlist?list=PLlAg7uCZsIWXRpEXsFdEdw4IxvaD0oxrv>. – Дата доступа: 24.05.2024.

## 5.5. Используемые средства диагностики результатов учебной деятельности

Студенты в процессе учебной деятельности проходят текущую и промежуточную аттестацию по учебной дисциплине.

Текущая аттестация студентов проводится не менее двух раз в течение семестра в целях периодического контроля и оценки результатов их учебной деятельности и включает следующие инструменты:

- собеседование и защита выполненных индивидуальных графических работ (контрольных работ);
- проведение текущей (внутрисеместровой) аттестации в форме контрольных опросов и (или) контрольных работ по отдельным темам;
- выступление студента с докладом на конференции по подготовленной научной теме;
- отчеты о научно-исследовательской работе;
- публикации статей, тезисов докладов;
- внедрение результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс и производство;
- электронные тесты.

Промежуточная аттестация студентов проводится в целях оценки результатов их учебной деятельности за семестр по учебной дисциплине в форме экзамена в первом семестре и дифференцированного зачета во втором и третьем семестрах.

К экзамену и дифференцированным зачетам допускаются студенты, выполнившие и защитившие индивидуальные графические работы (контрольные работы), предусмотренные настоящей учебной программой, а также успешно прошедшие текущую аттестацию.

Оценка уровня знаний студента на экзамене и дифференцированном зачете производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь (письмо МО РБ от 28.05.2013 г. № 09-10/53 ПО).

Результаты текущей аттестации могут учитываться при промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

## 5.6. Вопросы для подготовки к экзамену (1 семестр)

- 1) Способы проецирования.
- 2) Ортогональное проецирование. Свойства ортогонального проецирования.
- 3) Проекция точки.
- 4) Прямая. Положение прямой относительно плоскостей проекций.
- 5) Плоскость. Способы задания. Положение относительно плоскостей проекций.
- 6) Главные линии плоскости.
- 7) Следы прямой и плоскости.
- 8) Позиционные и метрические задачи.

- 9) Взаимное положение точки и прямой.
- 10) Взаимное положение двух прямых. Параллельные, пересекающиеся, скрещивающиеся прямые.
- 11) Построение на чертеже двух взаимно перпендикулярных прямых.
- 12) Принадлежность точки плоскости.
- 13) Взаимное положение плоскостей. Параллельные, пересекающиеся, перпендикулярные плоскости.
- 14) Построение линии пересечения плоскостей.
- 15) Взаимное расположение прямой и плоскости. Построение точки пересечения прямой и плоскости.
- 16) Кривые линии. Поверхности.
- 17) Принадлежность точки и линии поверхности.
- 18) Способы преобразования проекций. Замена плоскостей проекций.
- 19) Способы преобразования проекций. Вращение.
- 20) Пересечение криволинейных поверхностей плоскостью.
- 21) Пересечение гранных поверхностей плоскостью.
- 22) Построение точных и приближенных разверток поверхностей.
- 23) Пересечение поверхностей. Метод вспомогательных секущих плоскостей.
- 24) Пересечение поверхностей. Метод вспомогательных секущих сфер.
- 25) Метод проекций с числовыми отметками.
- 26) Проектирование земляных сооружений на топографической поверхности в проекциях с числовыми отметками.
- 27) Аппарат линейной перспективы.
- 28) Построение линейной перспективы геометрического объема способом архитекторов.
- 29) Структура геометрического моделирования.
- 30) Моделирование геометрических тел и поверхностей в AutoCAD.

#### 5.7. Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету (2 семестр)

- 1) Единая система конструкторской документации. Основы оформления чертежей.
- 2) Форматы чертежа. Рамки и основные надписи.
- 3) Понятие масштаба и способы его указания на чертеже.
- 4) Линии чертежа. Их структура и области применения.
- 5) Шрифты. Типы и размеры шрифтов.
- 6) Расположение основных видов на чертеже. Обозначение основных видов.
- 7) Дополнительные виды. Правила их выполнения и обозначения.
- 8) Местные виды. Правила их выполнения и обозначения.
- 9) Классификация разрезов. Обозначение разрезов на чертеже.
- 10) Выполнение простых разрезов симметричных изделий.
- 11) Выполнение и обозначение сложных ступенчатых и ломаных разрезов.
- 12) Классификация сечений.

13) Аксонометрические проекции. Расположение осей, коэффициенты искажений.

14) Правила штриховки сечений в разрезах, в том числе на аксонометрических вырезах.

15) Разъемные и неразъемные виды соединений. Их изображение и обозначение на чертеже.

16) Изображение резьбы на чертежах деталей (на стержне, в отверстии).

17) Условное, упрощенное и конструктивное изображение крепежных деталей.

18) Основные понятия о сборочном чертеже. Условности и упрощения изображений на сборочных чертежах.

19) Правила выполнения эскизов.

20) Детализование сборочной единицы. Основные требования к чертежам деталей.

21) Условности и упрощения при выполнении чертежей деталей. Основные правила нанесения размеров на чертеже детали.

22) Обозначение материалов на эскизах и чертежах деталей.

#### 5.8. Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету (3 семестр)

1) Система проектной документации для строительства (СПДС).

2) Координационные оси здания, правила их изображения и маркировки на чертеже.

3) Привязка стен к координационным осям.

4) Правила выполнения плана этажа здания.

5) Правила выполнения фасада этажа здания.

6) Правила нанесения отметок уровней на планах, разрезах, фасадах.

7) Чертежи санитарно-технических систем.

8) Условные графические обозначения элементов санитарно-технических систем.

9) Правила выполнения плана с установкой санитарно-технических систем.

10) Аксонометрические схемы санитарно-технических систем.

11) Правила выполнения чертежей металлических конструкций.

12) Условные обозначения прокатных профилей.

13) Правила изображения сварных соединений на чертежах металлических конструкций.

14) Определение железобетона. Сборные и монолитные железобетонные конструкции.

15) Правила маркировки железобетонных конструкций.

16) Сборочные чертежи железобетонных изделий.

17) Рабочие чертежи арматурных изделий.

18) Правила оформления чертежей деревянных конструкций.

19) Способы соединения элементов в деревянных конструкциях.

20) Оформление строительных чертежей в AutoCAD.

21) Основы трехмерного моделирования и визуализации узлов строительных конструкций в AutoCAD.

22) Основы параметрического моделирования в AutoCAD.

5.9. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине

Самостоятельная работа – вид учебной деятельности студентов в процессе освоения образовательных программ высшего образования, осуществляемой самостоятельно вне аудитории с использованием различных средств обучения и источников информации.

Цель самостоятельной работы:

- активизация учебно-познавательной деятельности студентов;
- формирование у студентов умений и навыков самостоятельного приобретения и обобщения знаний;
- формирование у студентов умений и навыков самостоятельного применения знаний на практике;
- саморазвитие и самосовершенствование.

Научно-методическое обеспечение самостоятельной работы по дисциплине «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» включает:

- перечень и содержание индивидуальных графических работ (контрольных работ) (таблица 7);
- учебно-методическую литературу (п. 5.1, п. 5.2);
- методические рекомендации и видеоуроки (п. 5.4.) по выполнению индивидуальных графических работ (контрольных работ) по дисциплине;
- свободный доступ каждого студента к библиотечным фондам, электронным средствам обучения, электронным информационным ресурсам.

Приведенное в таблицах 4–6 время, отведенное на самостоятельную работу, студенты используют на:

- проработку тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение;
- решение задач;
- выполнение чертежей, индивидуальных графических работ (контрольных работ);
- выполнение исследовательских работ;
- подготовку тематических докладов и презентаций;
- выполнение практических заданий;
- подготовка к зачетам и экзамену.

Примерный перечень вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение, с указанием рекомендуемой литературы, методических указаний и видеоуроков:

1 семестр:

- Способы образования и задания поверхностей на чертеже (п. 5.1 [1], п. 5.2. [9–11], п. 5.4, методические указания [1, 2]);
- Общий подход к решению задач на пересечение геометрических объектов (п. 5.1 [1], п. 5.2. [9–11], п. 5.4, методические указания [2], видеоуроки 1–6);
- Визуализация трехмерной модели в AutoCAD (п. 5.4, видеоурок 9);

– Основы моделирования инженерных задач на топографической поверхности в AutoCAD (п. 5.1 [1], п. 5.2. [9–11], методические указания [5], п. 5.4., видеоурок 10);

– Способы построения перспективных проекций (п. 5.1 [1], п. 5.2. [9–11], видеоурок 11).

2 семестр:

– Настройка рабочего пространства в AutoCAD. Команды рисования, редактирования, нанесения размеров (п. 5.1 [4], п. 5.2. [12–14], п. 5.4, видеоурок 12);

– Шрифты. Типы и размеры шрифтов (п. 5.1 [2, 3, 7], п. 5.4, видеоурок 13);

– Условные обозначения на топографических картах (п. 5.4, видеоурок 14);

– Сложные разрезы, правила их выполнения и обозначения (п. 5.1 [2, 3, 7], п. 5.4, методические указания [3], видеоурок 15);

– Автоматическое получение чертежей видов, разрезов, сечений и аксонометрических проекций из трехмерной модели с использованием команд Т-ВИД, Т-РИСОВАНИЕ и Т-ПРОФИЛЬ в AutoCAD (п. 5.4, видеоурок 15);

– Понятие о неразъемных соединениях. Сварные, паяные, клееные соединения, их изображение и обозначение на чертежах (п. 5.1 [2–5, 7], п. 5.2. [14], п. 5.4, методические указания [2]);

– Правила выполнения рабочего чертежа детали (п. 5.1 [2–5, 7], п. 5.2. [14]).

3 семестр:

– Комплекты рабочих чертежей марок АР и АС (п. 5.1 [6, 8], п. 5.2. [13–15]);

– Особенности моделирования узлов металлических конструкций в AutoCAD (п. 5.1 [6, 8], п. 5.2. [14–16], видеоурок 18);

– Общие правила оформления чертежей железобетонных конструкций (п. 5.1 [6, 8], п. 5.2. [14–16], п. 5.4., методические указания [4]);

– Правила выполнения плана с установкой санитарно-технических систем. Аксонометрические схемы санитарно-технических систем (п. 5.1 [6, 8], п. 5.2. [14–16]).

## 5.10. Характеристика инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины

В процессе изучения дисциплины «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика» реализуется комплексный системный подход, отражающий неразрывную взаимосвязь между ее основными разделами.

При этом получение наглядных изображений трехмерных моделей в системах автоматизированного проектирования рассматривается как результат реализации соответствующих геометрических аппаратов проецирования (центрального и параллельного) начертательной геометрии, которая является теоретической основой для геометрического моделирования и инженерной компьютерной графики, а также эффективного использования различных графических сред в процессе решения инженерных задач.

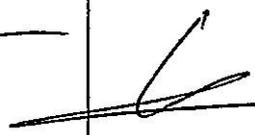
При освоении студентами учебной дисциплины широко применяются:

– электронные презентации в PowerPoint, которые содержат цели и задачи, основные рассматриваемые вопросы, теоретический материал; поэтапное решение практических задач; примеры оформления графических работ;

- авторские видеоуроки (п. 5.4) по выполнению графических работ в САПР AutoCAD, которые размещены на YouTube;
- элементы дистанционного обучения (группы в социальных сетях, платформы MOODLE, Google-class и др.);
- современные образовательные методики для организации самостоятельной активной познавательной деятельности студентов (ценностная ориентировка; тематические обсуждения; использование поисковых и исследовательских технологий; работа в группах; действие по образцу).

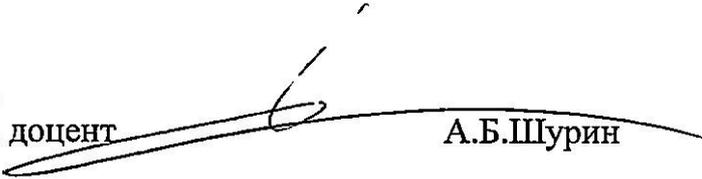
В процессе подготовки студентов рекомендуется использовать метод портфолио, включающий коллекцию графических работ и результатов учебной и научной деятельности студента по изучаемой дисциплине. Разработанное портфолио должно учитывать современные направления и технологии визуализации информации и создания презентационных материалов и демонстрировать усилия, прогресс и достижения в области информационных технологий студента.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Металлические конструкции. 2. Железобетонные конструкции. 3. Конструкции из дерева и пластмасс. 4. Основы автоматизации и проектирования в строительстве.	Кафедра строительных конструкций		

Содержание учебной программы согласовано с выпускающей кафедрой

Заведующий кафедрой строительных конструкций,  
кандидат технических наук, доцент

  
 А.Б.Шурин