

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)

Р.Р. Анамова, Е.А. Кожухова, А.А. Диденко, Е.В. Заварихина

**Выполнение графических работ по дисциплине «Начертательная
геометрия»**

Учебное пособие

(часть 1)

Москва, 2022

Аннотация

Изложены правила оформления, последовательность выполнения графических работ (эпюров) при изучении курса «Начертательная геометрия», а также необходимые для этого теоретические сведения. Даны примеры выполнения эпюров.

Учебное пособие предназначено для всех студентов 1-го курса бакалавриата и специалитета, имеющих в учебном плане дисциплину «Начертательная геометрия» или «Начертательная геометрия и инженерная графика». Учебное пособие будет полезно при выполнении расчетно-графических и курсовых работ по начертательной геометрии.

Содержание

Предисловие.....	4
Обозначения.....	6
§1 Общие правила оформления графических работ (эпюров) по начертательной геометрии.....	7
1.1 Единая система конструкторской документации (ЕСКД).....	7
1.2 Знакомство со стандартами ЕСКД.....	8
1.3 Содержание расчетно-графической работы.....	21
1.4Содержание курсовой работы.....	21
§2 Чертежные инструменты и принадлежности.....	25
§3 Позиционные и метрические задачи. Порядок выполнения эсюра № 1....	31
3.1 Содержание эсюра № 1.....	31
3.2 Теоретические сведения.....	31
3.3 Последовательность выполнения эсюра № 1.....	43
3.4 Пример выполнения эсюра № 1	44

Предисловие

Целью преподавания дисциплины «Начертательная геометрия» является развитие у студента знаний, умений и навыков, необходимых для чтения и построения чертежа, формирования пространственного представления и развития пространственного воображения.

Графические задания являются обязательной составляющей курса «Начертательная геометрия» для студентов технических специальностей и направлений подготовки. Разработанное учебное пособие позволяет оптимально организовать самостоятельную работу студентов, так как содержит базовые сведения по оформлению чертежей и текстовых документов в соответствии с Единой системой конструкторской документации (далее - ЕСКД), рекомендации по выполнению графических работ с поэтапным описанием последовательности их выполнения и необходимыми теоретическими сведениями, образцы готовых работ.

В результате изучения данного учебного пособия студенты будут:

знать

- инструменты и принадлежности для выполнения графических работ;
- типы линий и чертежный шрифт в соответствии с ЕСКД;
- форматы и основные надписи согласно ЕСКД;
- общие требования к оформлению текстовых документов по ЕСКД.

уметь

- выполнять базовые вспомогательные геометрические построения (линии под углом, эллипс, деление отрезка и окружности на равные части);
- решать основные позиционные и метрические задачи начертательной геометрии;

- строить аксонометрические изображения основных геометрических тел;
- строить развертки несложных поверхностей;
- оформлять текстовые документы согласно требованиям ЕСКД.

Обозначения

Φ –геометрическая фигура;

$A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z$ – точки в пространстве (прописные буквы латинского алфавита);

$a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z$ –прямые и кривые линии в пространстве (строчные буквы латинского алфавита);

$A \alpha$ (Альфа), $B \beta$ (Бета), $\Gamma \gamma$ (Гамма), $\Delta \delta$ (Дельта), $E \varepsilon$ (Эпсилон), $Z \zeta$ (Дзета), $H \eta$ (Эта), $\Theta \theta$ (Тета), $I \iota$ (Йота), $K \kappa$ (Каппа), $\Lambda \lambda$ (Лямбда), $M \mu$ (Мю), $N \nu$ (Ню), $\Xi \xi$ (Кси), $O \omicron$ (Омикрон), $\Pi \pi$ (Пи), ρ (Ро), $\Sigma \sigma \varsigma$ (Сигма), $T \tau$ (Тау), $Y \upsilon$ (Ипсилон), $\Phi \phi$ (Фи), $X \chi$ (Хи), $\Psi \psi$ (Пси), $\Omega \omega$ (Омега) –плоскости и углы (буквы греческого алфавита).

(AB) –прямая неограниченной длины, проходящая через точки A и B ;

$[AB)$ –луч с началом в точке A , проходящий через точку B ;

$[AB]$ –отрезок прямой, ограниченный точками A и B ;

$|AB|$ –расстояние от точки A до точки B ;

Знаки, выражающие отношения между геометрическими образами:

$=$ –равенство, совпадение;

\rightarrow –отображение;

\Rightarrow –следовательно;

\Leftrightarrow –если (в том только случае), эквивалентность;

\cap –пересечение, например: $A=c \cap d$;

\in –принадлежность: $A \in a$;

\subset –включение: $A \subset a$;

\cup –объединение: $ABC=[AB] \cup [BC] \cup [CA]$;

\parallel –параллельность; \perp –перпендикулярность.

§1 Общие правила оформления графических работ (эпюров) по начертательной геометрии

1.1 Единая система конструкторской документации (ЕСКД).

Графические работы по начертательной геометрии называют эпюрами (от франц. Эпюр - чертеж). Эпюры должны выполняться и оформляться в соответствии с правилами, изложенными в комплексе государственных стандартов, объединенных в единую систему конструкторской документации (ЕСКД).

Каждый стандарт ЕСКД – это нормативный документ, устанавливающий единые правила выполнения и оформления конструкторских документов.

Обозначение любого стандарта ЕСКД состоит из:

индекса категории стандарта - **ГОСТ**;

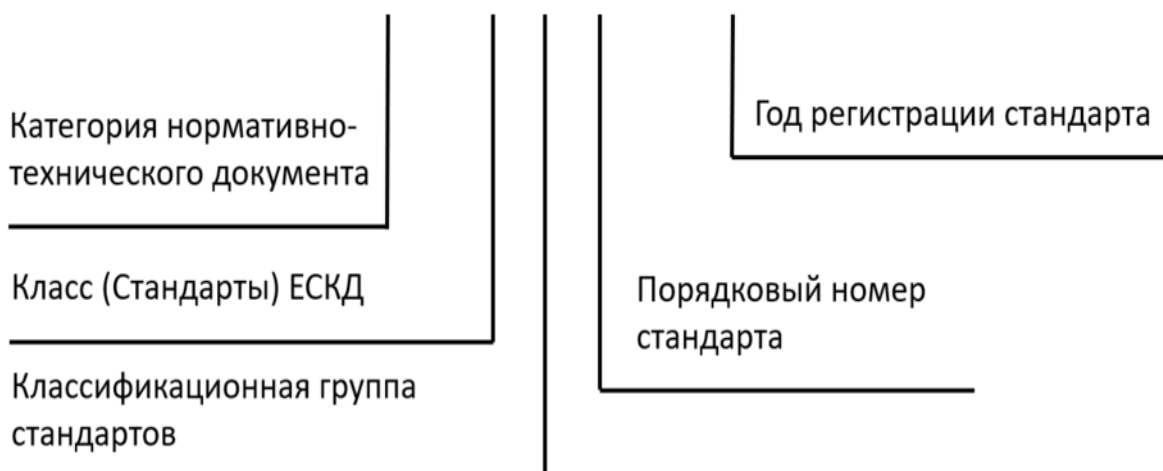
цифры 2, присвоенной комплексу стандартов ЕСКД;

цифры (после точки), обозначающей номер группы стандартов ЕСКД;

двухзначного числа, определяющего порядковый номер стандарта в данной группе;

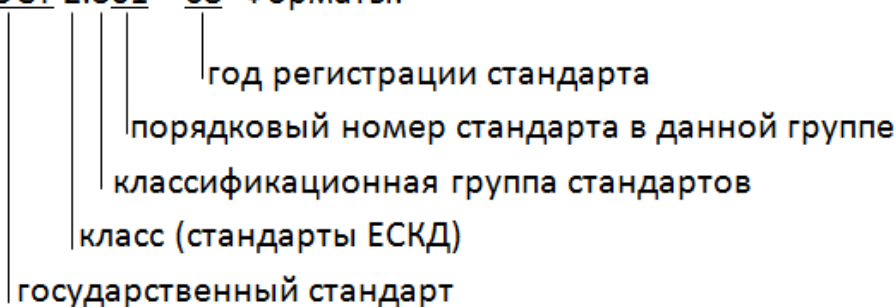
двух последних цифр (после тире), указывающих две последние цифры года утверждения стандарта. Например:

ГОСТ 2.305-2008



Обозначение стандартов ЕСКД строится по классификационному принципу.

Например, ГОСТ 2.301 – 68 Форматы.



При выполнении эшюров используются стандарты классификационной группы «3» - «Общие правила выполнения чертежей».

Остановимся на некоторых стандартах ЕСКД, которым необходимо следовать при выполнении эшюров.

1.2 Знакомство со стандартами ЕСКД.

ГОСТ 2.301-68 ЕСКД Форматы устанавливает обозначение форматов и размеры их сторон в мм. Форматы листов определяются размерами внешней рамки, т.е их границами. Формат с размерами сторон 1189 x 841 мм, площадь которого равна 1 кв.м., и другие форматы, полученные путем последовательного деления его и всех последующих на две равные части параллельно короткой стороне, принимаются в качестве **основных**.

Обозначения и размеры сторон **основных** форматов:

Обозначение формата	Размеры сторон формата
АО	841x1189
A1	594x841
A2	420x594
A3	297x420
A4	210x297

Эпюры выполняют на форматах А3 с размерами 297х420. При выполнении эпюров форматы располагают горизонтально. Внутри каждого формата выполняют рамку, как показано на рис. 1.1.

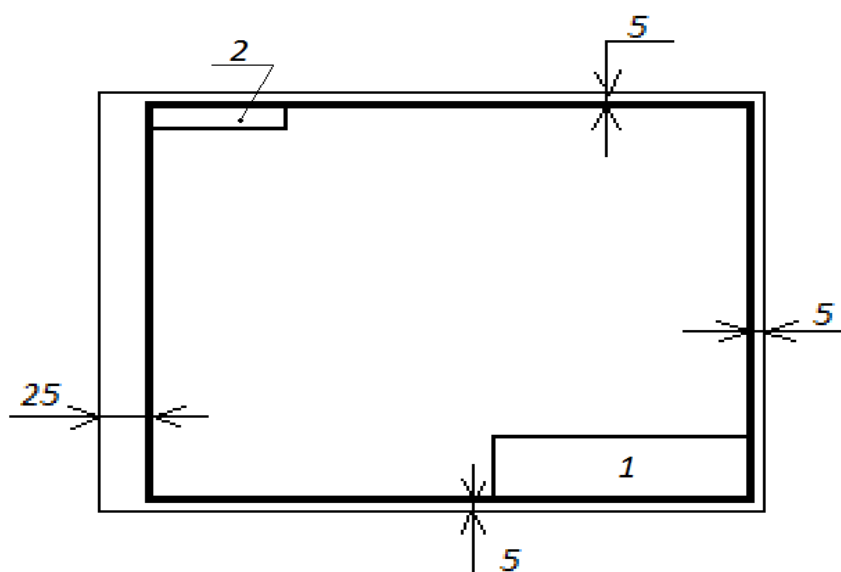


Рис. 1.1. Рамка и основная надпись



Для выполнения эпюров по начертательной геометрии предпочтительно использовать формат в клетку с готовой рамкой. Применение миллиметровой бумаги не рекомендуется.

ГОСТ 2.104—2006 ЕСКД Основные надписи устанавливает формы, размеры, номенклатуру реквизитов и порядок заполнения основной надписи (позиция 1 на рис. 1.1) и дополнительной графы к ней (позиция 2 на рис. 1.1) (см. в ГОСТ 2.104-2006 форму 1 для основной надписи).

Заполнение основной надписи представлено на рис. 1.2-1.4.

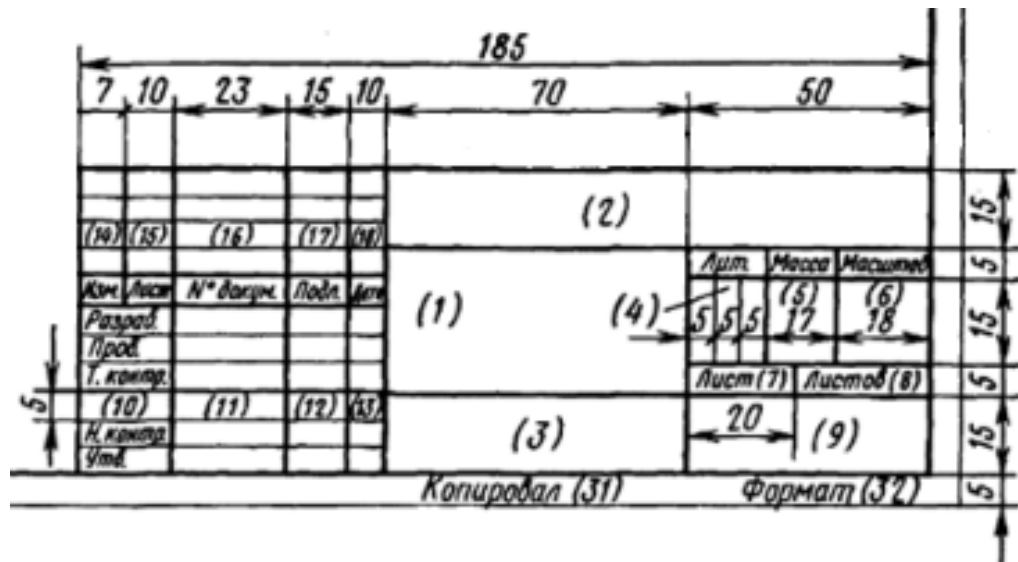


Рис. 1.2. Графы основной надписи (размеры).

					(2)			
						Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	(1)	(6)		(3)
Разраб.								
Пров.								
Т. контр.						Лист (4)		Листов (5)
	(7)	(8)	(9)			(10)		
Н. контр.								
Утв.								

Рис. 1.3. Графы основной надписи (нумерация).

Согласно нумерации, представленной на рис. 1.3, в графе 1 следует написать слово «Эпюр» и указать его номер (например, «Эпюр 1»). В графе 2 указывается обозначение документа. Остановимся на нем подробнее. На кафедре «Инженерная графика» МАИ принята предметная система обозначения, представляющая собой следующее сочетание цифр:



Пример обозначения для 2-го факультета, 1-я работа, вариант 33, 1-й эпюр:

021.033.001

Между группами цифр делается промежутки, равный удвоенному расстоянию между цифрами.

В графе 3 указывают масштаб изображения, в графе 4 – порядковый номер листа (графу не заполняют, если указанный в графе 1 объект выполнен на одном листе), в графе 5 – общее количество листов для этого объекта. В графе 6 указывается литера документа (в нашем случае записывается заглавная буква «У» русского алфавита, что означает «учебный чертеж»). В графе 7 записывают фамилии, в графе 8 – подписи, в графе 9 – даты. В графу 10 записывают номер группы.

В дополнительной графе повторно указывается обозначение документа, повернутое на 180°. Размеры надписей указаны в табл. 2.

					011.033.001			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Эпюр 1</i>	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Иванов</i>		<i>02.10.22</i>	<i>У</i>			<i>1:1</i>	
<i>Пров.</i>	<i>Петров</i>		<i>10.10.22</i>					
<i>Т.контр.</i>								
						<i>М10-101Б-22</i>		
<i>Н.контр.</i>								
<i>Утв.</i>								

Рис. 1.4. Заполненная основная надпись



Наличие подписи студента (ручкой) в основной надписи эюра является обязательным. Преподаватель имеет право отказать в проверке неподписанной работы.

Складывание формата. Для переноски эюров можно использовать тубусы или папки формата А3. Однако перед сдачей графических работ после получения обеих подписей преподавателя необходимо сложить форматы. Складывание форматов осуществляется в определенном порядке, который предусматривается ГОСТ 2.501-2013 ЕСКД Правила учета и хранения. Схема складывания горизонтального формата А3 приведена на рис. 1.5.

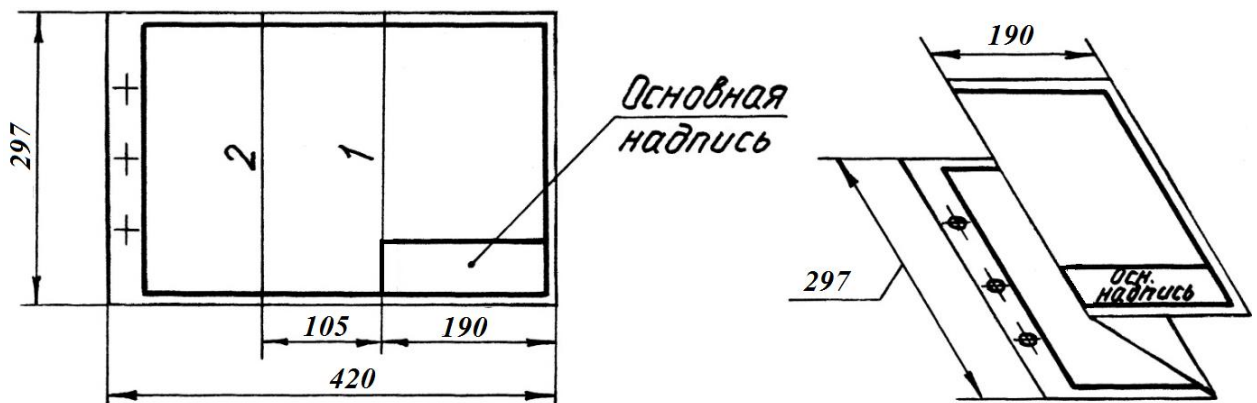


Рис. 1.5. Складывание горизонтального формата А3.

Лист горизонтального формата А3 нужно сложить два раза: вдоль крайней левой линии основной надписи, а затем вдоль параллельной ей линии, совмещая сгиб с рамкой чертежа. Слева остается поле 20 мм для подшивки. Подшивку чертежей можно осуществить с помощью дырокола и ленты или с помощью канцелярского степлера или папки-скоросшивателя.

ГОСТ 2.302-68 ЕСКД Масштабы устанавливает масштабы изображений.

Масштаб — это отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре.

- масштаб натуральной величины: 1:1;
- масштабы увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1;
- масштабы уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50 и т.д.

При любом масштабе на чертеже изображаемых объектов наносятся только действительные размеры.



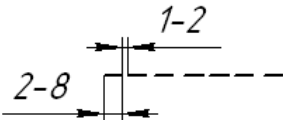
Масштаб указывается в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа по типу: 1:1; 1:2; 2:1 и т.п.



Эпюры по начертательной геометрии выполняются в масштабе 1:1.

ГОСТ 2.303-68 ЕСКД Линии устанавливает начертание и назначение линий при выполнении изображений. Типы линий, применяемые при выполнении эпюров, представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование	Начертание	Толщина линии, мм	Основное назначение
1	Сплошная толстая основная		0,8—1,0	Линии видимого контура: отрезки, прямые, очерк поверхности, видимые линии пересечения поверхностей
2	Сплошная тонкая		0,3—0,5	Линии построения, линии связи для проекций точек, оси на комплексном чертеже и аксонометрические оси. Линии-выноски и полки линий-выносок
3	Штриховая		0,3—0,5	Линии невидимого контура: прямые, невидимые линии пересечения поверхностей

4	Штрихпунктирная тонкая		0,3—0,5	Линии осевые и центровые
---	------------------------	--	---------	--------------------------

ГОСТ 2.304-81 ЕСКД Шрифты чертежные устанавливает правила выполнения надписей на чертежах.

Выделено четыре типа шрифта:

1) тип А без наклона;

$$d = h/14,$$

где d — толщина линии шрифта, мм; h — размер шрифта, определяемый высотой прописных букв, мм;

2) тип А с наклоном около 75° ;

$$d = h/14;$$

3) тип Б без наклона;

$$d = h/10;$$

4) тип Б с наклоном около 75° ;

$$d = h/10.$$

На эпюрах рекомендуется использовать шрифт типа Б с наклоном (для всех надписей, за исключением обозначения эпюра) и шрифт типа Б без наклона (только для обозначения эпюра).



Толщина обводки линий шрифта на эпюрах равна $1/10$ от высоты прописных букв.

Рекомендуемые размеры шрифтов для эпюров представлены в табл. 2.

Таблица 2

Размеры шрифтов и их назначение на эпюрах

Размер шрифта, мм	Назначение
10	Обозначение эпюра в основной надписи (прямой шрифт) Наименование эпюра (наклонный)

7	Обозначение эюра в дополнительной графе (прямой перевернутый) – при наличии Условие задачи Указание масштаба Обозначение осей на комплексном чертеже и в аксонометрии Обозначение точек, линий, поверхностей
5	Написание литеры «У» (учебный) в основной надписи Обозначение номера учебной группы в основной надписи
3,5	Указание фамилий студента и преподавателя в основной надписи
2,5	Индексы в обозначениях проекций точек, линий и поверхностей

На эюре при написании любого символа (буквы, цифры или знака) следует использовать разметку (см. табл.), которая представляет собой габаритный прямоугольник (если шрифт прямой) или параллелограмм (если шрифт наклонный) с параметрами h , c , b , где h — высота прописных букв, мм; c — высота строчных букв, мм; b — ширина символа, мм. Разметку рекомендуется выполнять сплошной тонкой линией и не стирать после написания символов.

Параметры шрифтов приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3 Шрифт типа Б: размеры прописного шрифта

Параметры шрифта	Обозначение	Размеры, мм			
		3,5	5	7	10
Размер шрифта	h	3,5	5	7	10
Высота букв и цифр	h	3,5	5	7	10
Ширина букв и цифр А, Б, В, Г, Е, З, И, Й, К, Л, Н, О, П, Р, С, Т, У, Х, Ц, Ч, Ъ, Э, Я	g	2,1	3	4,2	6
Ширина букв Д, Ж, М, Ф, Ш, Щ, Ъ, Ы, Ю	g	3	4,2	5,5	8
Расстояние между буквами (и цифрами)	a	0,7	1	1,5	2
Расстояние между основаниями строк	b	5,5	8	14	16
Расстояние между словами	e	2	3	4,2	6
Толщина линий шрифта	d	0,1 h			

Таблица 4 Шрифт типа Б: размеры строчного шрифта

Параметры шрифта	Обозначение	Размеры, мм			
		3,5	5	7	10
Размер шрифта	h	3,5	5	7	10
Высота букв $б, в, д, р, у, ф$	h	3,5	5	7	10
Высота остальных букв	c	2,5	3,5	5	7
Ширина букв $ж, м, т, ф, ш, щ, ъ, ы, ю$	g	2,5	3,5	5	7
Ширина остальных букв	g	1,8	2,5	3,6	5
Расстояние между буквами	a	0,7	1	1,5	2
Толщина линий шрифта	d	0,1 h			

Начертание и размеры букв русского алфавита, арабских цифр и символов приведены на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Начертание и размеры букв русского алфавита, арабских цифр и СИМВОЛОВ

Начертание букв латинского алфавита см. на рис. 7.

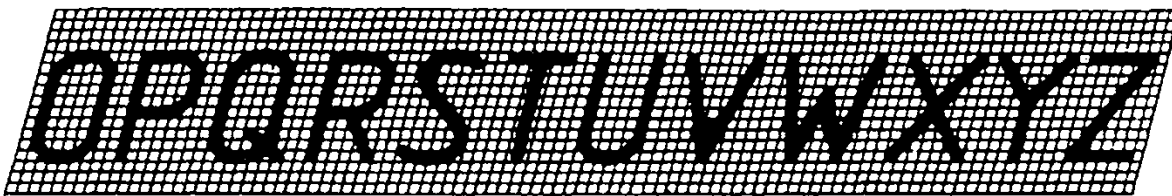
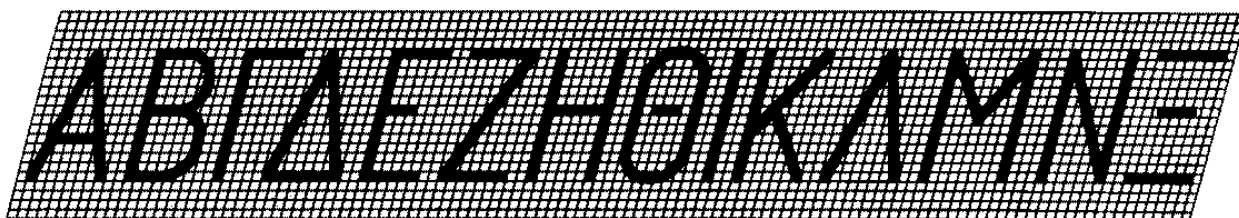
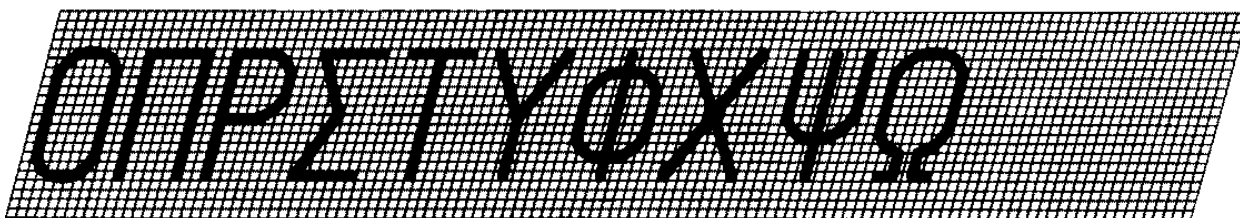


Рис. 1.7. Начертание букв латинского алфавита

Начертание букв греческого алфавита приведено на рис. 8, а наименование — в табл. 5.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14



15 16 17 18 19 20 21 22 23 24



Рис. 1.8. Начертание букв греческого алфавита

Таблица 5 Наименование букв греческого алфавита

Номер буквы на рис. 1.8	Наименование	Номер буквы на рис. 7	Наименование
1	Альфа	13	Ню
2	Бета	14	Кси
3	Гамма	15	Омикрон
4	Дельта	16	Пи
5	Эпсилон	17	Ро
6	Дзета	18	Сигма
7	Эта	19	Тау
8	Тэта	20	Ипсилон
9	Йота	21	Фи
10	Каппа	22	Хи
11	Ламбда	23	Пси

12	Мю	24	Омега
----	----	----	-------

На этюрах, при написании любого символа (буквы, цифры или знака), для точного воспроизведения их стандартного начертания следует использовать предварительную разметку, которая представляет собой либо параллелограмм (если шрифт наклонный, см. рис. 1.9), либо прямоугольник (если шрифт прямой) с параметрами h , c , b , где h — высота прописных букв, мм; c — высота строчных букв, мм; b — ширина букв, мм.



Рис. 1.9. Разметка для наклонного шрифта

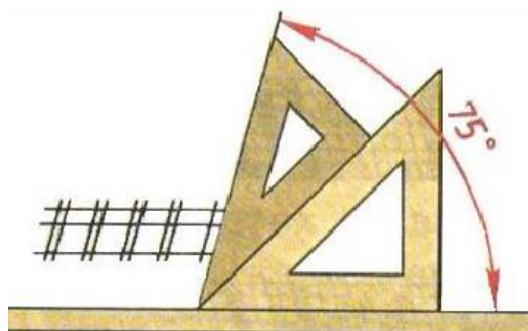


Рис. 1.10. Использование угольников для разметки букв наклонного шрифта

Угол наклона шрифта 75° легко строится с помощью 2-х угольников. Для нанесения разметки их следует перемещать вдоль по линейке, см. рис. 1.10.

1.3 Содержание расчетно-графической работы. Расчетно-графическая работа состоит из эюргов (одного или нескольких, в зависимости от рабочей программы дисциплины). Эпюры оформляются на форматах А3 в клетку или без клетки. В случае, если эюргов несколько, оформляется титульный лист (рис. 1.11, вместо «Курсовая работа» указывается «Расчетно-графическая работа»).

Шаблон для оформления титульного листа к расчетно-графической работе и формат А3 с рамкой (лист 1, 2) можно скачать на сайте кафедры «Инженерная графика» mai904.ru разделе «В помощь студенту» – «Задания».

1.4 Содержание курсовой работы. Курсовая работа состоит из пояснительной записки, содержащей текстовый материал, и приложения к пояснительной записке, содержащего эпюры. Пояснительная записка включает:

- титульный лист;
- содержание;
- теоретические сведения;
- порядок выполнения эпюра 1;
- порядок выполнения эпюра 2;
- порядок выполнения эпюра 3;
- библиографический список (список литературы, использованной при выполнении курсовой работы).

Оформление титульного листа для пояснительной записки к курсовой работе должно соответствовать рис. 1.11.

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
Кафедра 904
Инженерная графика

(Наименование)

Курсовая работа по начертательной геометрии

Тема : «Позиционные и метрические задачи»

Вариант ...

(Вид работы)

Студент гр. _____ / _____ /
(Негруппы) (подпись) (Фамилия)

Преподаватель _____ / _____ /
(Подпись) (Фамилия)

Москва 202_ год

Рис. 1.11. Титульный лист к пояснительной записке для курсовой работы

Шаблон для оформления пояснительной записки к курсовой работе и формат А3 с рамкой (лист 1, 2) можно скачать на сайте кафедры «Инженерная графика» mai904.ru разделе «В помощь студенту» – «Задания».

Теоретические сведения должны содержать перечень методов, теорем, следствий и признаков, которые использованы при выполнении эюргов, а именно: формулировку теоремы (метода, следствия из теоремы или признака), а также описание того, как данная теорема (метод, следствие из теоремы, признак) была применена при построении эюргов. Пример описания:

1. *Теорема о проецировании прямого угла: «Если одна из сторон прямого угла параллельна плоскости проекций, а вторая сторона не перпендикулярна ей, то прямой угол проецируется на эту плоскость без искажения». Теорема о проецировании прямого угла применяется в эюре №1 для построения перпендикуляра из вершины пирамиды к плоскости основания. Прямой угол (обозначение угла из эюра) проецируется без искажения на горизонтальную плоскость проекций П1, потому что сторона (обозначение) параллельна П1. Прямой угол (обозначение угла из эюра) проецируется без искажения на фронтальную плоскость проекций П2, потому что сторона (обозначение) параллельна П2.*

2. *Метод прямоугольного треугольника для определения натуральной величины отрезка. Суть метода заключается в том, что при нахождении натуральной величины отрезка перпендикулярно к одной из проекций отрезка откладывается разность координат концов отрезка, взятая с другой плоскости проекций. Таким образом, получается прямоугольный треугольник, в котором один катет – это проекция отрезка, второй катет – разность координат концов отрезка, взятая с другой плоскости проекций, а гипотенуза – это натуральная величина отрезка.*

Описание можно сопроводить поясняющими иллюстрациями. В этом случае под каждой иллюстрацией должна быть подрисовочная подпись

(например, «*Рис. 1 Нахождение натуральной величины отрезка методом прямоугольного треугольника*»), все иллюстрации должны быть пронумерованы, и на них должны быть ссылки в тексте в круглых скобках.

Библиографический список оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 СИБИД. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. При этом в случае цитирования необходимо указывать конкретные страницы, откуда был взят материал.

Пример ссылки на учебник в списке литературы:

Нартова Л.Г., Якунин В.И. Начертательная геометрия: учеб. для вузов. - М.: Дрофа, 2003 - 208 с.: ил. – С. 5-10.

Пример ссылки на учебно-методическое пособие:

Инженерная графика. Курс начертательной геометрии: учеб.-метод. пособие / Т.В. Белавина, Я.Д. Золотонос. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2014. – 98 с.

Пример ссылки на государственный стандарт:

ГОСТ Р 7.0.4-2006. Издания. Выходные сведения. Общие требования и правила оформления. М., 2006. II, 43 с. (Система стандартов по информ., библиотеч. и изд. делу).

Пример ссылки на интернет-ресурс в списке использованных источников:

URL: <http://www.nlr.ru/lawcenter/izd/index.html> (дата обращения: 24.12.2021)

§2 Чертежные инструменты и принадлежности

Чертежные инструменты. Для выполнения этюра потребуются: карандаши различной твердости, линейка, 2 деревянных угольника (один — с углами 90° , 30° и 60° , второй — с углами 90° , 45° и 45°), циркули, лекала и ластик.

Выбор карандаша. Для правильного подбора карандаша следует знать принятые международные обозначения. Твердый карандаш обозначается буквой Н (hardness - твердость), мягкий – буквой В (blackness - степень мягкости/яркости), твердо-мягкий - НВ. В российской системе обозначений твердый карандаш обозначается буквой Т, мягкий – буквой М, твердо-мягкий – ТМ. Цифры, которые указываются перед буквенным обозначением, показывают степень яркости линии, которую дает карандаш. Так, грифель карандаша 2В дает более яркую линию, чем у карандаша В, но может больше крошиться при проведении линии и испачкать чертеж. Поэтому для выполнения построений в тонких линиях рекомендуется использовать твердый карандаш Н (Т) или твердо-мягкий НВ (ТМ), а для обводки чертежа – мягкий карандаш В (М).

Выбор линейки. Желательно выбирать линейку не короче 30 см, деревянную или пластиковую. Металлические линейки не рекомендуется использовать для выполнения графических работ, потому что они обычно имеют острую кромку, царапающую грифель карандаша и создают «крошку», которая может испачкать чертеж. Весьма удобна для работы инерционная рейсшина (рис. 2.1) — чертежная линейка с роликом для проведения параллельных линий. Сдвигая рейсшину на листе бумаги так, чтобы ее основание (ролик) всегда был прижат к листу, можно провести ряд параллельных между собой линий.

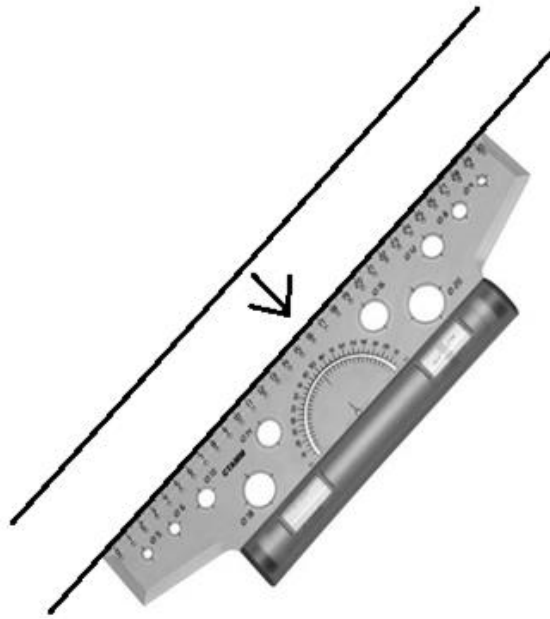


Рис. 2.1. Проведение параллельных прямых с помощью рейсшины

Проведение параллельных прямых можно также осуществить с помощью угольников и линейки. Для этого один из катетов треугольника прикладывается к имеющейся прямой, а ко второму катету прикладывается линейка. Линейку прочно фиксируем рукой, а угольник передвигаем вдоль линейки до нужного расстояния. По достижении нужного положения катета треугольника проводим по нему прямую (рис. 2.2).

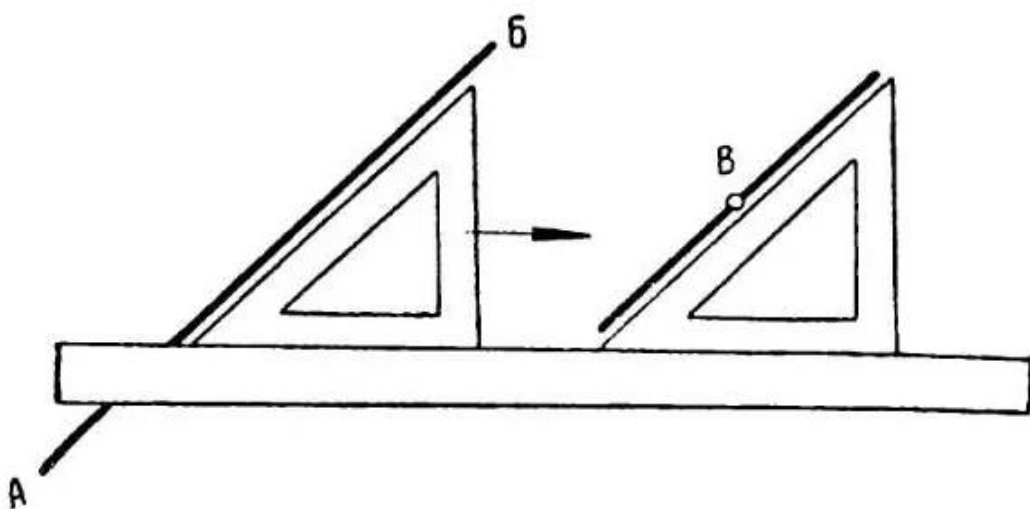


Рис. 2.2. Проведение параллельных прямых с помощью угольника и линейки

Выбор циркуля. Для выполнения эюра в тонких линиях лучше использовать циркуль с металлическими ножками. Ножки циркуля должны фиксироваться достаточно туго, чтобы держать установленный радиус на протяжении построения всей дуги окружности. Грифель должен быть твердым. При необходимости можно заменить грифель циркуля на более мягкий, вынув сердцевину из мягкого карандаша. Для обводки можно использовать «балеринку» — циркуль с одной ножкой и местом для вставки карандаша (рис. 2.3). В такой циркуль удобно вставлять карандаш нужной мягкости. Для выполнения первичных построений его использовать не рекомендуется, так как он не дает такой точности, как обычный циркуль.

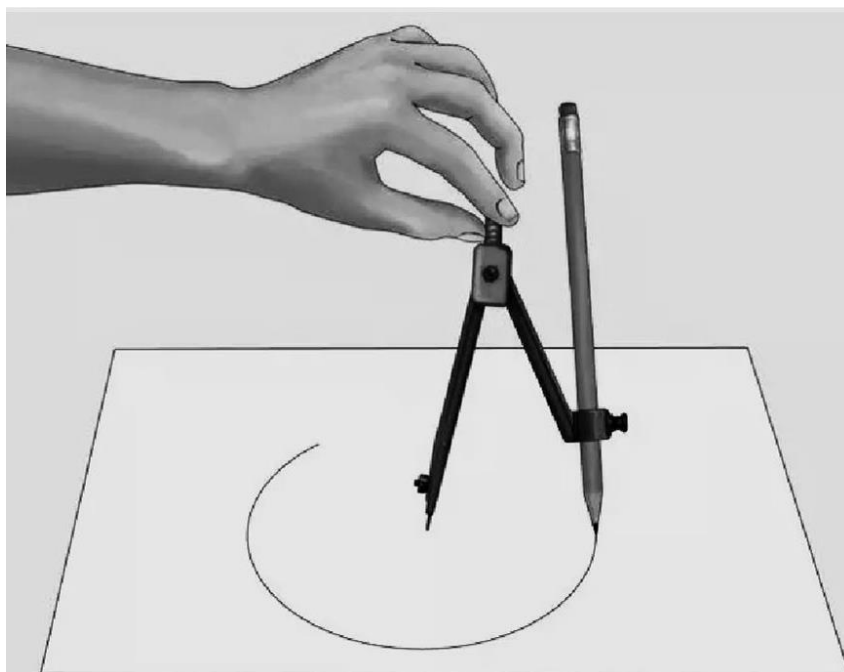


Рис. 2.3. Циркуль для обводки

При выполнении построений циркуль надо держать двумя пальцами за головку (большим и указательным). Во время работы циркулем не следует трогать его ножки, так как их легко сбить и тем самым нарушить величину радиуса проводимой дуги.

Для проведения окружностей большого радиуса используют удлинитель (рис. 2.4).

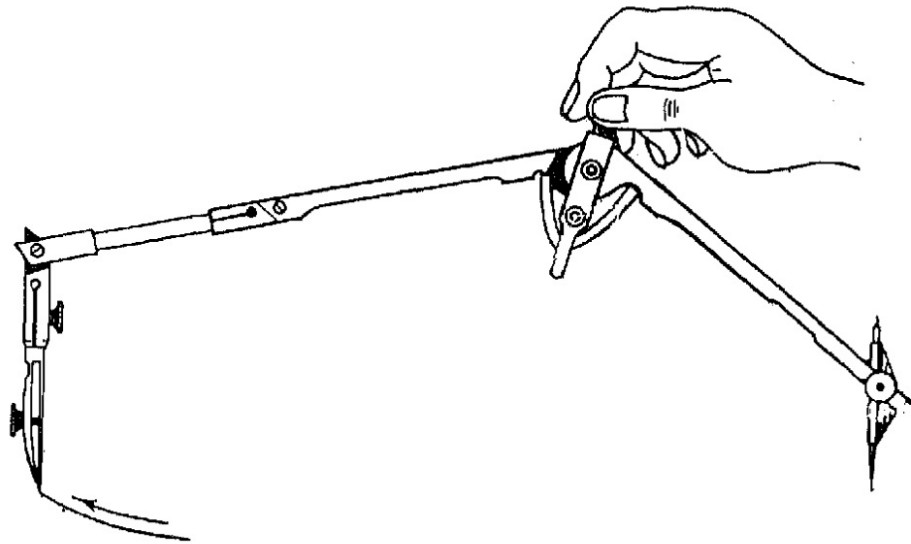


Рис. 2.4. Построение окружностей большого диаметра с помощью удлинителя

Для проведения окружностей малого радиуса (5 мм и меньше) применяют кронциркуль («нулевой» циркуль) (рис. 2.5). Винт на кронциркуле служит для точной установки ножек по требуемой величине радиуса. Благодаря ему ножки циркуля не меняют своего расстояния во время работы.



Рис. 2.5. Кронциркуль

Лекало и приемы работы с ним.

Для проведения кривых, вычерчивание которых нельзя выполнить с помощью циркуля, применяется лекало (фигурная линейка). Лекала имеют разную форму, каждое лекало содержит участки разной кривизны (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Лекала

Как правило, провести по лекалу линию нужной кривизны за один прием не удастся. Чаще всего проведение кривой осуществляется в несколько этапов. Предполагаемая кривая мысленно разбивается на участки, для каждого из которых подбирается участок лекала нужной кривизны. Рекомендуется подбирать не менее трех смежных точек и через них проводить участок кривой (рис. 2.7). При этом, чтобы обеспечить плавность кривой, последняя смежная точка группы служит началом для смежных точек последующей группы. Например, Проведя кривую через 4 смежные точки, выбирают следующие 4-5 точек, начиная с прежней четвертой. Перед тем как подбирать наиболее подходящий участок лекала, следует соединить от руки ряд смежных точек по возможности плавной кривой, а потом уже подводить к ней лекало. Как правило, лекало продается в наборе. Иногда при проведении одной кривой приходится использовать не только разные участки одного лекала, но и различные лекала.

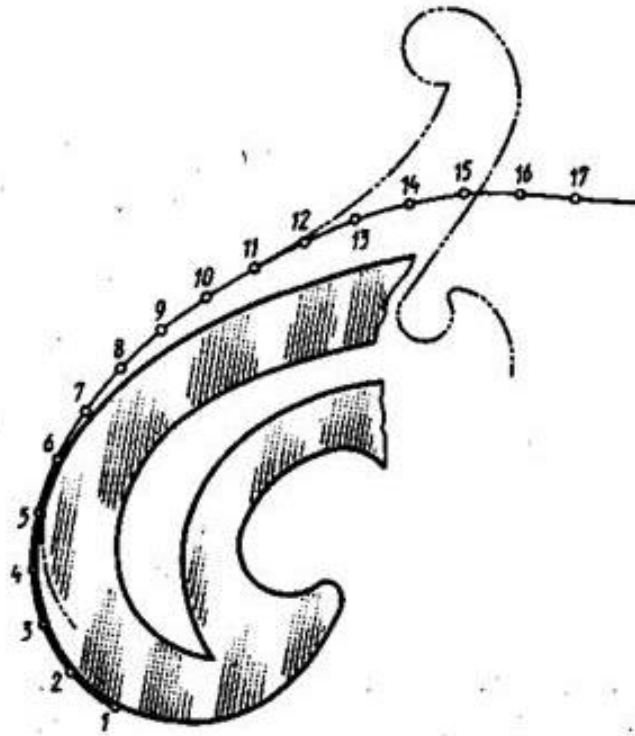


Рис. 2.7. Работа с лекалом



Обводка кривых линий, если это не циркульная кривая, всегда должна осуществляться с использованием лекала. Обводка кривых линий от руки не допускается.

§3 Позиционные и метрические задачи. Порядок выполнения этюра № 1

3.1 Содержание этюра № 1

Этюр № 1 посвящен теме «Позиционные и метрические задачи». В этой графической работе необходимо построить двухкартинный комплексный чертеж треугольной пирамиды по заданным координатам ее вершин (см. 6.1 Задание для графической работы № 1). Используя конкурирующие точки, определить видимость ребер пирамиды. Построить высоту пирамиды и определить ее натуральную величину. Определить угол наклона ребра пирамиды к ее основанию.

Для выполнения этюра № 1 необходимо изучить следующие разделы дисциплины:

1. Образование комплексного чертежа, построение двух и трех ортогональных проекций.
2. Позиционные задачи.
3. Определение видимости на комплексном чертеже. Конкурирующие точки.
4. Свойства ортогонального проецирования прямого угла.
5. Условие перпендикулярности прямой и плоскости на комплексном чертеже.
6. Определение натуральной величины отрезка способом прямоугольного треугольника.

3.2 Теоретические сведения

В графической работе №1 тема «Позиционные и метрические задачи» раскрывается на примере треугольной пирамиды.

Построение проекций пирамиды и определение видимости ребер

На первом этапе определяется взаимное расположение ребер и граней пирамиды с помощью конкурирующих точек (позиционная задача).



Конкурирующими называются точки, принадлежащие одной проецирующей прямой.

При выборе конкурирующих точек возможно 2 ситуации:

- 1) Ребра, для которых определяется видимость, пересекаются хотя бы на одной из проекций (рис. 3.1, а).

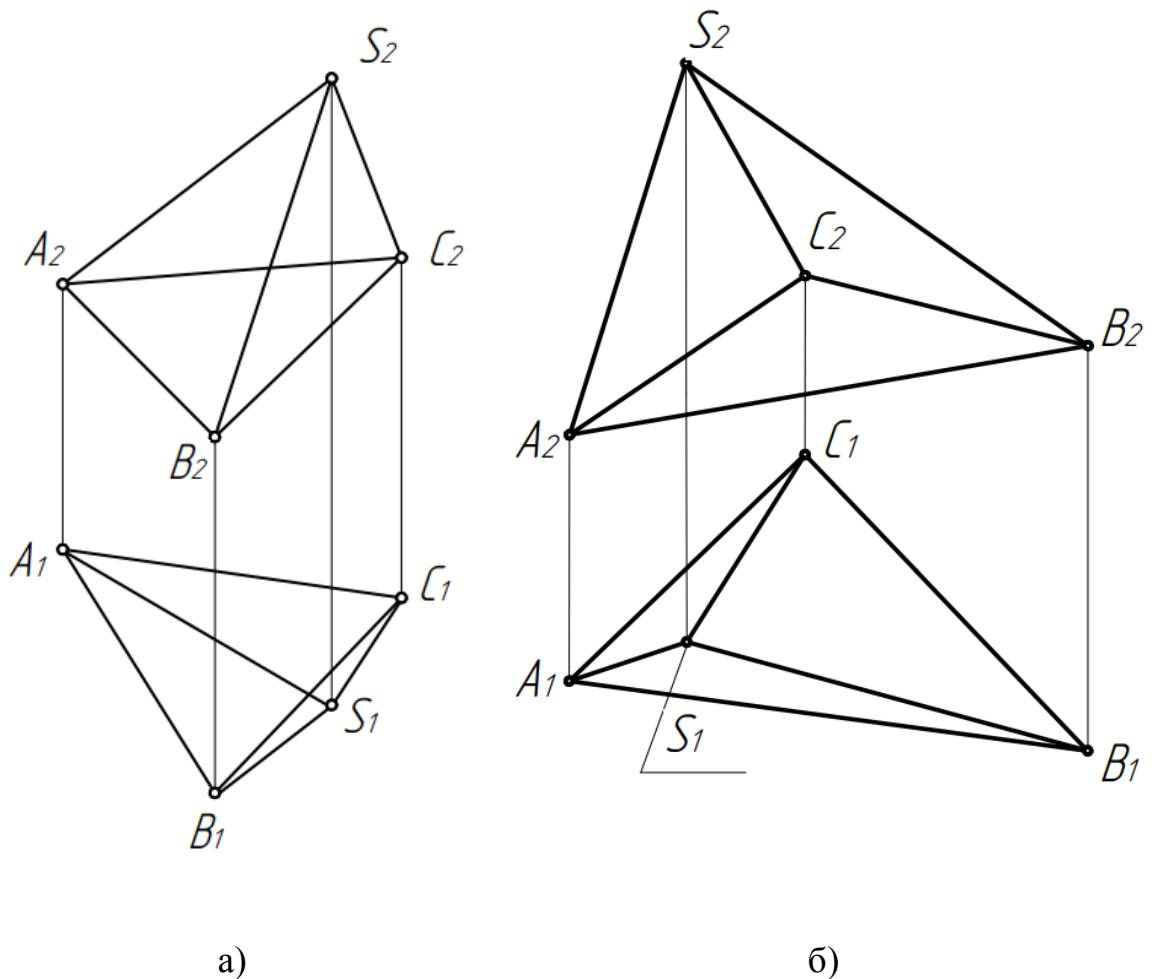


Рис. 3.1. Варианты расположения вершин пирамиды

В этом случае конкурирующие точки отмечают в месте видимого пересечения проекций ребер на одной из плоскостей проекций. На рис.3.2 отмечены конкурирующие точки в местах пересечения проекций ребер A_2C_2 , B_2S_2 (конкурирующие точки 1 и 2) и A_1S_1 , B_1C_1 (конкурирующие точки 3 и 4). После этого определяют местоположение проекций конкурирующих точек на второй плоскости

проекций. Затем сравнивают координаты конкурирующих точек. При этом всегда действует следующее правило: у конкурирующих точек из трех координат (x , y , z) две координаты равны, а третья отличается. Сравнение проводим именно для отличающейся координаты. На чертеже видимой будет та точка, у которой координата больше. Проекция ребра, которой принадлежит видимая проекция конкурирующей точки, считается видимой и показывается на чертеже линией видимого контура – основной сплошной. Проекция ребра, которое оказалось невидимым, показывается на чертеже с помощью штриховой линии.

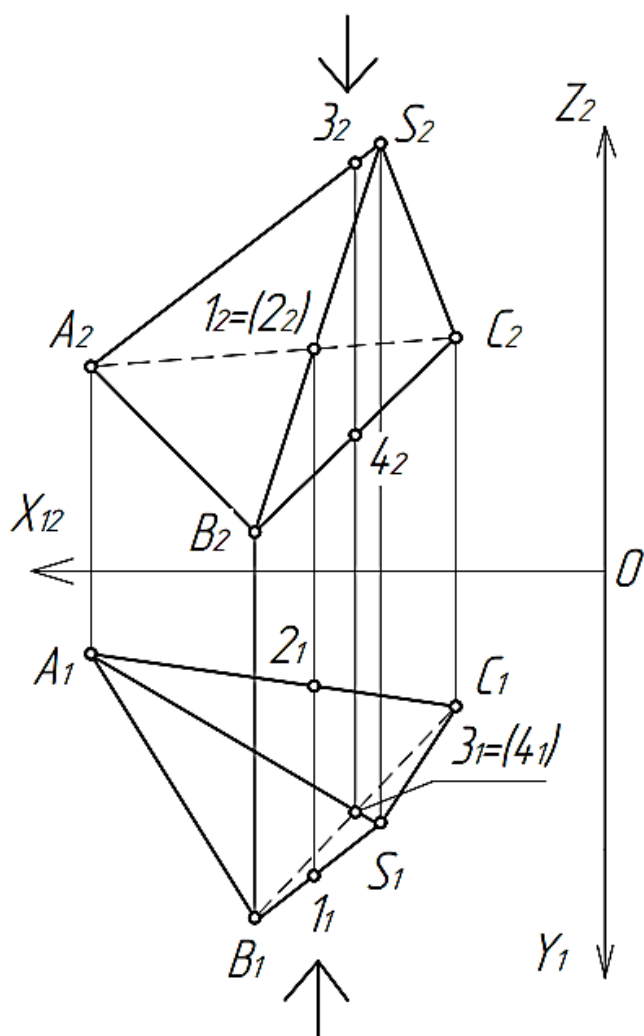


Рис. 3.2. Определение видимости ребер пирамиды. Выбор конкурирующих точек (вариант 1)



Одно и то же ребро пирамиды может быть видимым на одной проекции и невидимым на другой, потому что на разных проекциях мы смотрим на пирамиду с разных сторон. Поэтому видимость определяется для каждой проекции в отдельности.

2) Ребра, для которых определяется видимость, ни на одной из проекций не пересекаются (рис. 3.1, б). В этом случае определяется видимость вершины пирамиды относительно грани. Если вершина окажется видимой, то и ребра, которые сходятся в этой вершине, будут видимыми. Если же вершина невидимая, то и ребра будут не видны, закрыты гранью. Существует два способа определения видимости вершины относительно грани.

Первый способ - сравнить координаты трех точек, задающих плоскость грани, и координаты вершины. Например, на рис. 3.3 видно, что точки A , B , S имеют большую координату y (т.е. глубину), чем точка C . Это означает, что они находятся ближе к наблюдателю, т.е. грань SAB , когда мы смотрим на пирамиду спереди (фронтальная проекция) будет видимая, а точка C будет находиться за ней. Таким образом, мы определили видимость на фронтальной плоскости проекций, сравнив координаты вершин пирамиды.

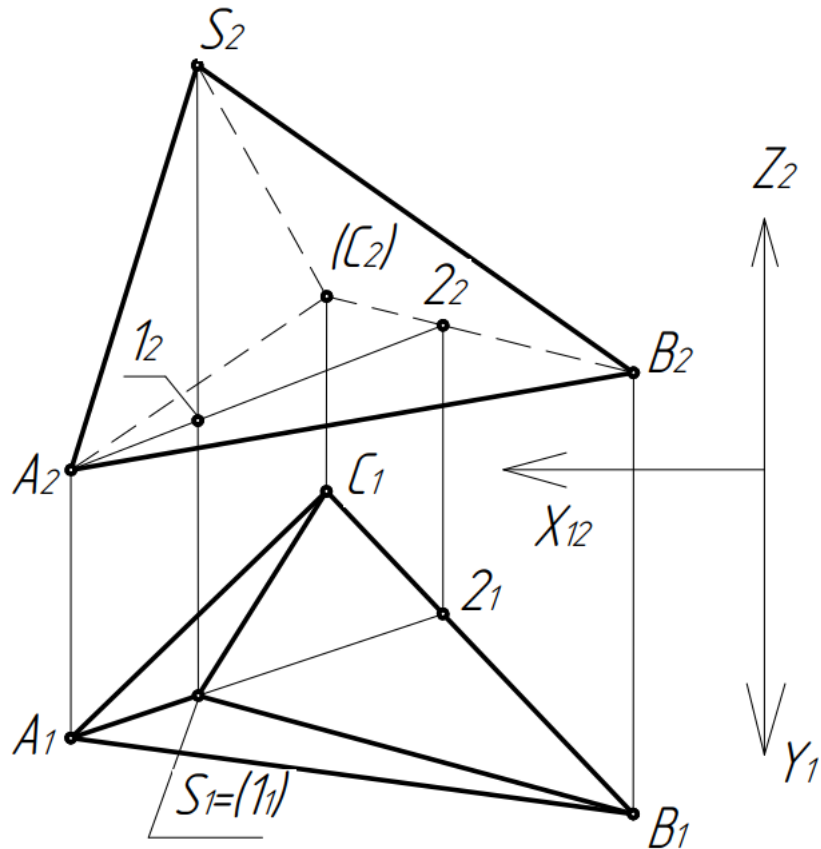


Рис. 3.3. Определение видимости ребер пирамиды. Выбор конкурирующих точек (вариант 2)

Второй способ – отметить конкурирующие точки. Определим с помощью конкурирующих точек видимость ребер пирамиды на горизонтальной плоскости проекций. Для этого достаточно будет определить видимость вершины S : если проекция вершины S (S_1) невидимая, то и все проекции ребер, которые ее содержат (A_1S_1 , S_1B_1 , S_1C_1), будут невидимыми и наоборот. Выберем конкурирующие точки. Одна конкурирующая точка — это вершина пирамиды S , для которой мы определяем видимость. Вторая – это точка, принадлежащая грани ABC , обозначим эту точку I (рис. 3.3). Построим вторую проекцию точки I , принадлежащей грани ABC . Для этого проведем в плоскости грани прямую ($A-2$), которой будет принадлежать данная точка. Построим горизонтальную и фронтальную проекции прямой. Спроецируем на фронтальную проекцию прямой A_22_2 точку I . Теперь сравним координаты конкурирующих точек I и S . Отличающаяся


координата у этих точек — высота (координата по оси Z). Высота точки S больше, чем высота точки I , следовательно, проекция точки S (S_1) на Π_1 видимая, а проекция точки I — невидимая.

Построение высоты пирамиды


Построение высоты пирамиды включает в себя две подзадачи:

- 1) Метрическая задача: построение перпендикуляра к плоскости;
- 2) Первая основная позиционная задача: нахождение точки пересечения перпендикуляра с плоскостью основания пирамиды.

1. Построение перпендикуляра к плоскости основано на Теореме о перпендикулярности прямой и плоскости на комплексном чертеже.

 Теорема о перпендикулярности прямой и плоскости на комплексном чертеже. Если прямая перпендикулярна плоскости, то горизонтальная проекция прямой перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтали (h_1), а фронтальная проекция прямой – фронтальной проекции фронтали этой плоскости (f_2).

Построения начинают с проведения горизонтали и фронтали в плоскости основания пирамиды.

 Фронталь и горизонталь проводятся именно в той плоскости, для которой строим перпендикуляр, т.е. в плоскости (ABC).

Горизонталь начинаем строить с ее фронтальной проекции (рис. 3.4, а), т.е. на плоскости Π_2 , т.к. фронтальная проекция горизонтали параллельна оси X . Отмечаем точку пересечения с противоположной стороной треугольника ABC (на рис. 3.4, б это точка 1). Проецируем точку I на плоскость Π_1 и проводим через I_1 и через вершину B_1 проекцию горизонтали h_1 (рис. 3.4, б).



Удобнее всего выбирать вершину для построения фронтали или горизонтали так, чтобы при проведении линии было пересечение с противоположной стороной проекции треугольника ABC (рис. 3.4). Если пересечения с противоположной стороной нет, то можно продлить проекцию стороны треугольника до необходимого пересечения. Такие дополнительные линии (линии построения) на эюре оформляются сплошной тонкой линией.

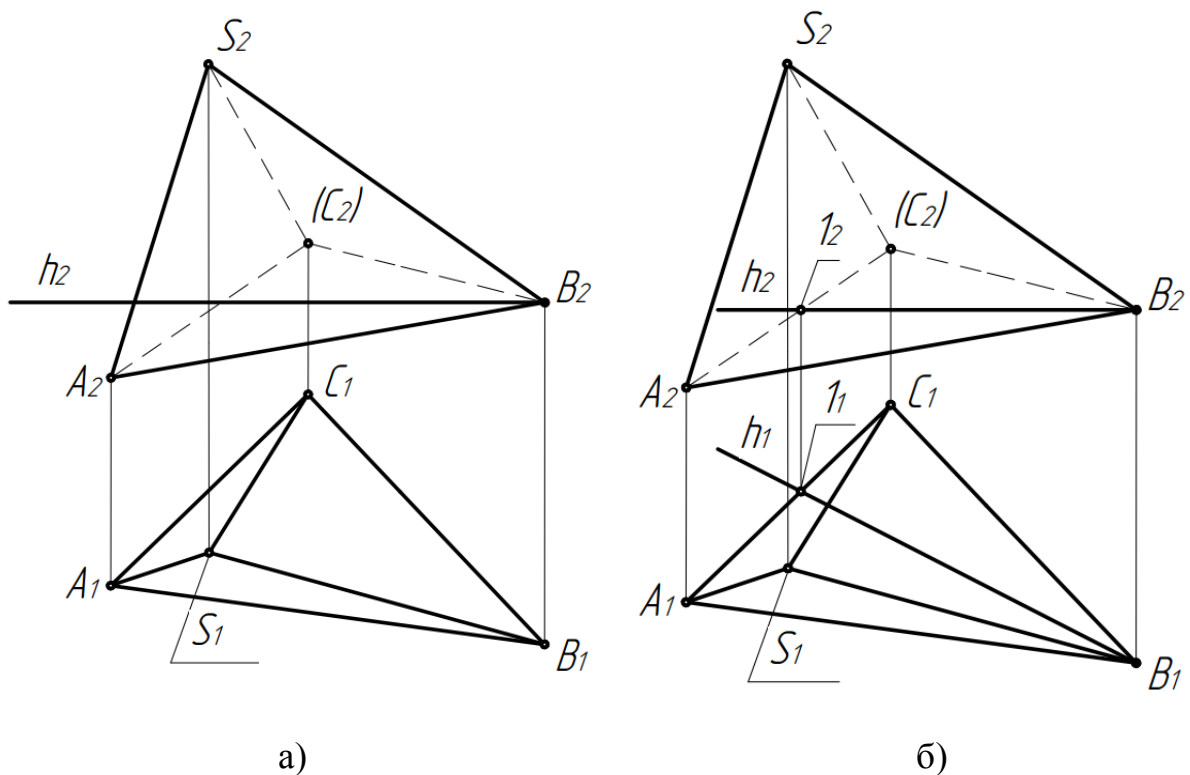


Рис. 3.4. Построение горизонтали в плоскости (ABC)

Построение фронтали целесообразно начинать с проекции на Π_1 , поскольку она параллельна оси X (рис. 3.5).

После проведения линий уровня (фронтоли и горизонтали) в плоскости (ABC) , используя **Теорему о перпендикулярности прямой и плоскости на комплексном чертеже**, строим перпендикуляр l из вершины S к плоскости (ABC) (рис. 3.6) так, чтобы его фронтальная проекция была перпендикулярна фронтальной проекции фронтали (f_2), а горизонтальная проекция – горизонтальной проекции горизонтали (h_1).

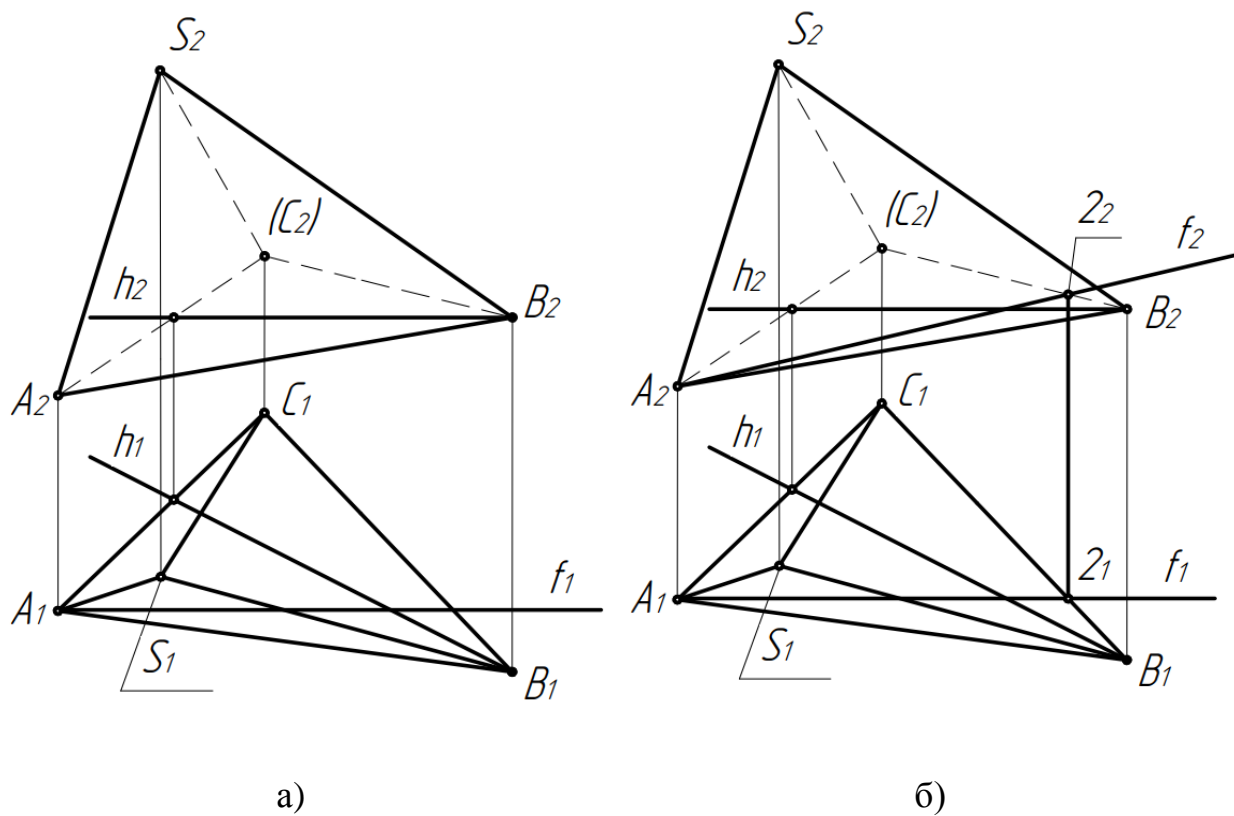


Рис. 3.5. Построение фронтали в плоскости (ABC)

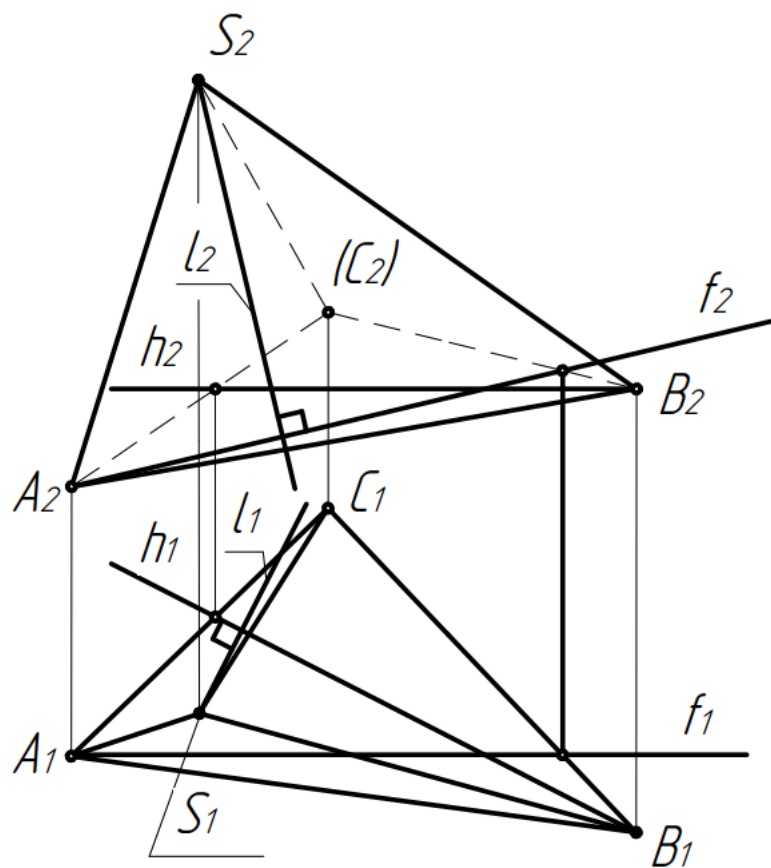


Рис. 3.6. Построение перпендикуляра из вершины S к плоскости (ABC)

2. Точка пересечения построенного перпендикуляра с плоскостью основания пирамиды определяется по алгоритму решения первой основной позиционной задачи.



Первая основная позиционная задача — это определение точки пересечения прямой общего положения с плоскостью общего положения.

Выбираем вспомогательную проецирующую плоскость так, чтобы она проходила в пространстве через построенный перпендикуляр. Плоскость может быть фронтально-проецирующей (как на рис. 3.7 (а) плоскость Δ) или горизонтально-проецирующей (рис. 3.7 (б), плоскость Σ).

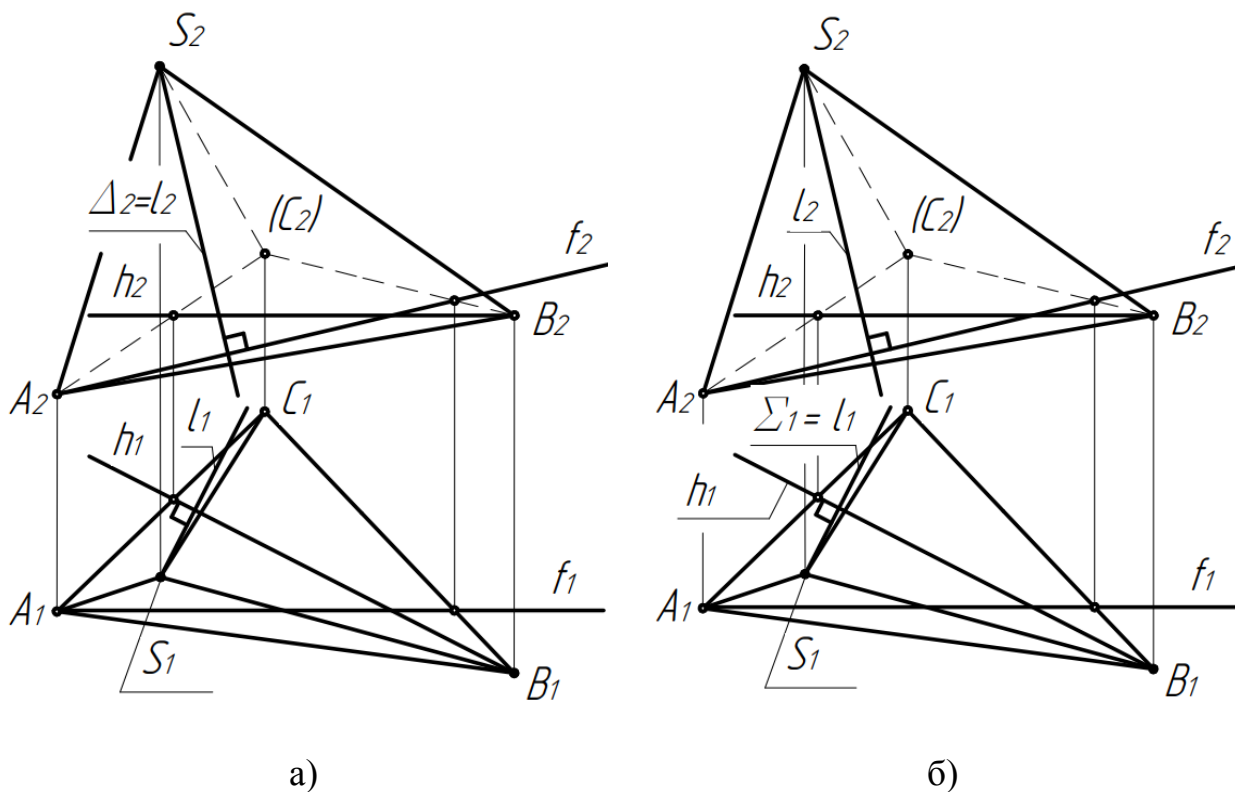


Рис. 3.7. Выбор вспомогательной проецирующей плоскости

Определяем, по какой линии пересекаются основание пирамиды ABC и вспомогательная проецирующая плоскость. Отмечаем проекции линии пересечения на Π_1 и Π_2 (рис. 3.8).

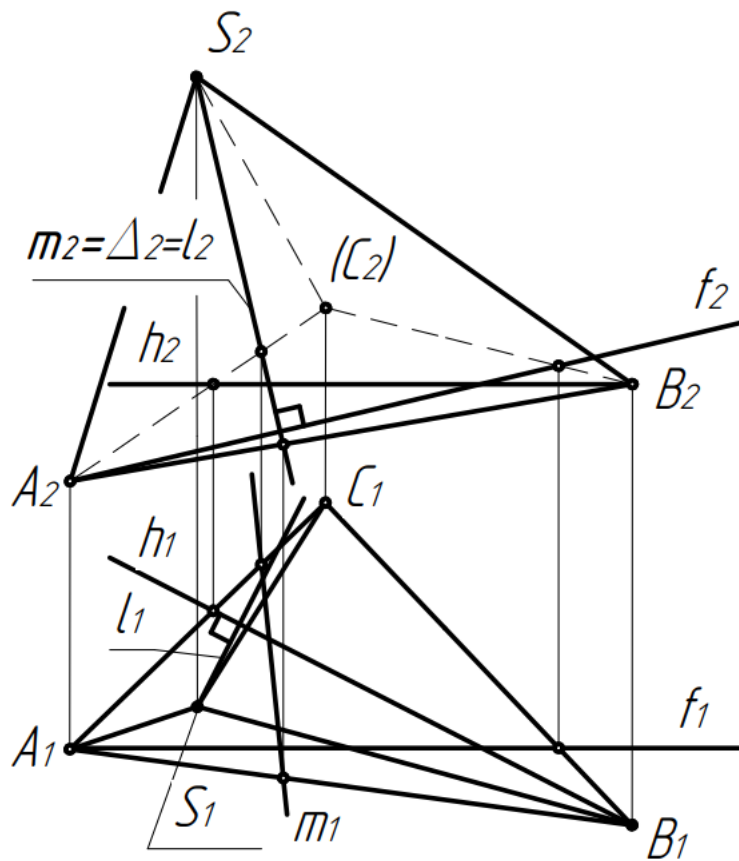


Рис. 3.8. Построение линии пересечения вспомогательной проецирующей плоскости с основанием пирамиды

Находим на горизонтальной проекции точку пересечения проекции перпендикуляра l_1 с проекцией линии пересечения плоскостей m_1 (рис. 3.9). Эта точка будет проекцией искомой точки пересечения перпендикуляра с плоскостью (K_1) . По линии связи находим вторую проекцию точки K на фронтальной плоскости.

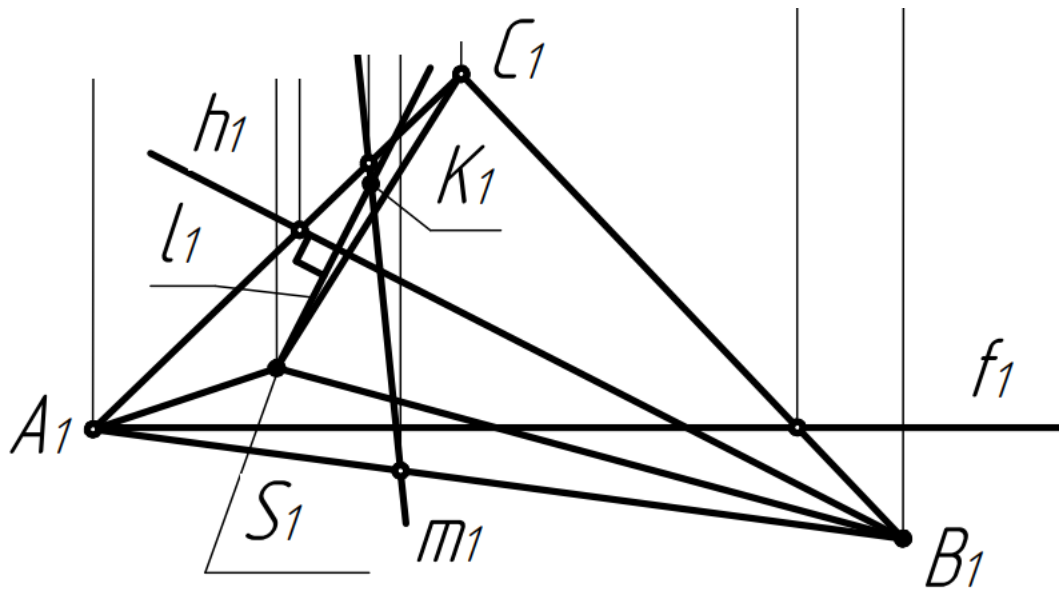


Рис.3.9. Построение точки пересечения перпендикуляра с плоскостью основания пирамиды

Определение натуральной величины высоты пирамиды и угла ее наклона к основанию

Для определения натуральной величины отрезка (в данном случае – высоты пирамиды SD) в эюре 1 применяется *Метод прямоугольного треугольника*.

Суть метода заключается в том, что натуральная величина отрезка представляется в виде гипотенузы прямоугольного треугольника, где один из катетов является проекцией отрезка на какую-либо плоскость проекций, а второй катет – разностью координат концов отрезка, измеренной на другой плоскости проекций (рис. 3.10).

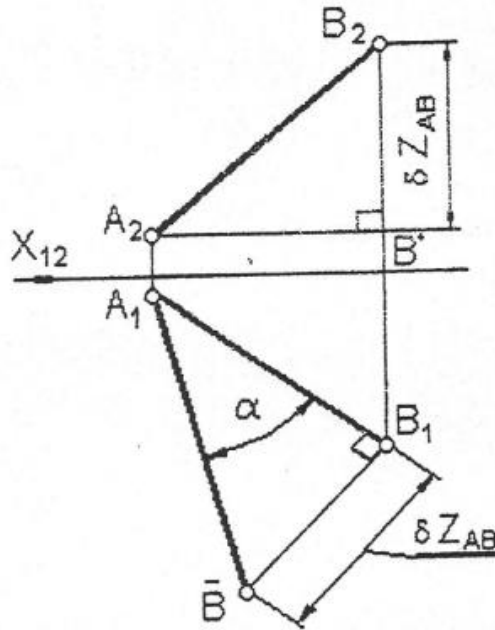


Рис. 3.10. Нахождение натуральной величины отрезка методом прямоугольного треугольника

Математическое обоснование метода основано на теореме Пифагора: квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов.

Пусть в пространстве имеется отрезок $[AB]$ с вершинами $A(x_a, y_a, z_a)$, $B(x_b, y_b, z_b)$. Тогда истинная длина отрезка $[AB]$ (натуральная величина) может быть вычислена следующим образом: $|AB| = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2}$. Заменяем в этом уравнении $z_A - z_B$ на δz_{AB} , а $(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2$ на $|A_1B_1|^2$. Получаем: $|AB| = \sqrt{|A_1B_1|^2 + \delta z_{AB}^2}$. Тогда получается, что отрезок $[AB]$ может выступать гипотенузой прямоугольного треугольника, в котором один катет равен разности высот вершин отрезка δz_{AB} , а второй катет – его горизонтальной проекции A_1B_1 (рис. 3.11).

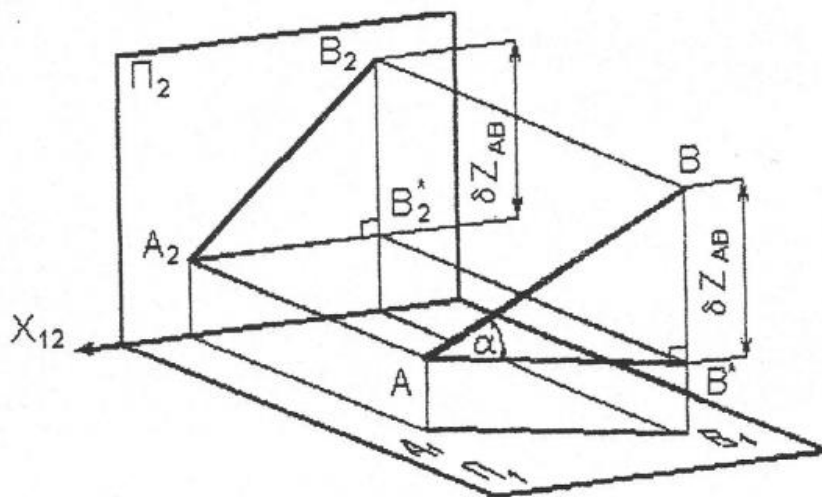


Рис. 3.11. Наглядная иллюстрация метода прямоугольного треугольника

Угол наклона ребра пирамиды к основанию может быть найден из прямоугольного треугольника, в котором один катет равен натуральной величине высоты пирамиды, а гипотенуза – натуральной величине ребра пирамиды.

3.3 Последовательность выполнения эюра № 1

1. Изучить условие задачи. Вычертить таблицу с координатами точек в левом верхнем углу формата (размеры ячеек – 10x10 мм, шрифт – 5 наклонный).

2. Поделив формат примерно пополам по вертикали и по горизонтали, начертить оси координат.

3. Отложить по координатам вершины пирамиды, соединить их ребрами. Определить видимость ребер.

4. Построить перпендикуляр из вершины пирамиды к ее основанию.

5. Найти точку пересечения перпендикуляра с основанием пирамиды.

6. Найти натуральную величину построенной высоты пирамиды способом прямоугольного треугольника.

7. Найти угол наклона ребра пирамиды к основанию любым из предложенных выше способов.

3.4 Пример выполнения эюра № 1

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

Построить проекции и определить натуральную величину высоты SD пирамиды и угла наклона ребра AS к основанию ABC

$l_2 = \Gamma_2 = m_2$

$h_2 = \Gamma_2 = m_2$

$h.в. AD$

$h.в. SD$

ΔZOS

ΔZOA

ΔZDA

ΔZOS

ΔZOA

ΔZDA

h_1

h_2

f_1

f_2

m_1

m_2

l_1

l_2

3_1

3_2

2_1

2_2

1_1

1_2

A_1

A_2

B_1

B_2

C_1

C_2

D_1

D_2

S_1

S_2

X_{12}

Y_1

Z_2

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

015.031.001

Эюр 1

МАШ 20-107 С-19

Формат А3

Контурная

Услов.

Н. центр.

Т. центр.

Проф.

Разраб.

Коробкоб

Лист № док.

Лист № док.

Дата

13.02.20

Масштаб

1:1

Масса

0

Лист

Листов 1

№	X	Y	Z
S	45	120	85
A	115	60	70
B	20	10	50
C	60	80	0

№ док.	Лист № док.	Дата
Лист № док.	Лист № док.	Дата

Взам. инв. №	Инв. № док.	Взам. инв. №
Лист № док.	Лист № док.	Лист № док.

Лист № док.	Лист № док.	Лист № док.
Лист № док.	Лист № док.	Лист № док.

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK