

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

Электронное учебно-методическое пособие
к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов

Санкт-Петербург
Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
2017

УДК 514.18:004.9:744.4 (07)

ББК Ж11я7+3973.2-044.4я7

И62

Авторы: Сакаев Р. А., Павлова Ю. В., Перлов Б. М., Лысков А. И.

И62 Инженерная и компьютерная графика: электрон. учеб.-метод. пособие к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. 48 с.

ISBN 978-5-7629-2109-1

Содержит задачи по начертательной геометрии трех уровней сложности: традиционные, рейтинговые и олимпиадные. Даны примеры решения задач традиционного типа.

Имеются тренировочные тесты по основным разделам дисциплины. Эти тесты предназначены для самоподготовки студентов к аттестационным контрольным работам.

Приведены рекомендации по трехмерному моделированию в системе КОМПАС-3D.

Предназначено для студентов всех специальностей, в учебных планах которых предусмотрена данная дисциплина.

УДК 514.18:004.9:744.4 (07)

ББК Ж11я7+3973.2-044.4я7

Рецензенты: кафедра инженерной компьютерной графики Санкт-Петербургского государственного университета информатики, точной механики и оптики «СПбГУИТМО»; канд. техн. наук проф. Д. Е. Тихонов-Бугров (Балтийский государственный технический университет «Военмех»).

Утверждено

редакционно-издательским советом университета
в качестве электронного учебно-методического пособия

ISBN 978-5-7629-2109-1

© СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СИМВОЛЫ

- Плоскости проекций:
 - P_1 – горизонтальная,
 - P_2 – фронтальная,
 - P_3 – профильная,
 - P_A – аксонометрическая,
 - P_i – дополнительная ($i = 4, 5, 6, \dots, n$);
- Декартовы оси координат – x, y, z ;
- Оси проекций для трехпроекционной системы – X_{12}, X_{13}, X_{23} ;
- Новые оси проекций при введении дополнительных плоскостей – $X_{14}, X_{24}, X_{45}, X_{56}, \dots, X_{ij}$, где i, j – номера плоскостей проекций;
- Точки в пространстве – A, B, C, \dots или $1, 2, 3, \dots$;
- Линии в пространстве – a, b, c, \dots ;
- Отрезок прямой – $[AB], [BC], \dots$;
- Модуль отрезка – $|AB|, |BC|, \dots$;
- Поверхности и плоскости в пространстве – $\Delta, \Gamma, \Phi, \dots$;
- Углы в пространстве – $\alpha, \beta, \psi, \varphi, \dots$;
- Проекции геометрических объектов (ГО) – $A_1, \Sigma_1, a_1, \dots, n_1, \dots$;
- Вспомогательные точки для получения действительной величины ГО при построении развертки поверхности или определении истинной длины отрезка прямой методом вращения – A_0, B_0, C_0, \dots или $1_0, 2_0, 3_0, \dots$ и т. д. Те же индексы при необходимости используются для обозначения линий нулевого уровня, т. е. следов плоскостей общего положения: h_0 и f_0 ;
- Основные операции над ГО:
 - $=$ – равенство или совпадение;
 - $//$ – параллельность;
 - \perp – перпендикулярность;
 - \square – скрещивание прямых или их отрезков;
- Теоретико-множественные обозначения:
 - \in – принадлежность, является элементом;
 - \subset – включает, содержит, является подмножеством;
 - \cap – пересечение множеств;
 - \cup – объединение множеств;
 - \Rightarrow – импликация, логическое следствие;
 - \Leftrightarrow – эквивалентность;
 - \setminus – знак отрицания.

ВВЕДЕНИЕ

Пособие предназначено для аудиторной и самостоятельной работы студентов по основным разделам дисциплины: начертательной геометрии, машиностроительного черчения и компьютерной графики [1]—[4]. Учебный процесс рассчитан на один семестр. В первой половине семестра практические занятия проводятся параллельно с лекционным теоретическим курсом. На практических занятиях отрабатывается методика необходимых геометрических построений и их адаптация применительно к лабораторным работам в компьютерном классе.

Для удобства работы все задачи сгруппированы в соответствии с теоретическими разделами учебной дисциплины, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

Раздел	Номер задачи
1. Изображение геометрических объектов на комплексном чертеже (эпюре Г. Монжа)	1— 16 37, 40 63—66
2. Преобразование чертежа, метрические задачи	17—20 41—44, 46, 51 67—73, 75—78, 87
3. Позиционные задачи	27—34 35, 39, 47, 52, 53, 56—62 74, 80—82, 88, 90
4. Метрические задачи и развертки поверхностей	21—26 36, 38, 45, 48—50, 54 74, 83—85, 89, 91, 92
5. Касательные плоскости и поверхности	— — 79, 86, 93
6. Аксонометрические проекции	— 55 94

Количество задач 94. В их числе 34 задачи традиционного типа [1], [2], [4], 28 – рейтингового и 32 – олимпиадного [5]. Традиционные задачи предназначены как для решения на практических занятиях, так и для самостоятельной работы студентов. Остальные задачи предусмотрены для углубленного изучения дисциплины. Соотношение уровней их сложности соответствует приблизительно 1:2,5:5. Пять правильно решенных традиционных задач соответствуют высшей оценке – «отлично». Этому же соответствуют две рейтинговые или одна олимпиадная задача. Порядок выбора задач для студента определяется преподавателем.

В любой из ячеек правого столбца таблицы задачи выстроены в три строки. В верхней из них даны номера традиционных задач. Вторая и третья соответствуют рейтинговым и олимпиадным. Основной смысл трехуровневой сортировки заключается в организации учебного процесса с помощью задач повышенной сложности. Для решения таких задач, многие из которых вызывают немалый практический интерес, требуется владение знаниями из нескольких предыдущих разделов. Так для получения искомого результата в задаче 83 сначала необходимо воспользоваться знаниями из разделов 1 — 4 и затем снова 2.

Разобраны примеры решения нескольких традиционных задач, которые настоятельно рекомендуются для изучения слабоуспевающим студентам.

Успешная работа над задачами повышенной сложности может существенно повлиять не только на итоговую оценку по дисциплине, но и повысить общий рейтинг студента, определяемый по отдельной методике.

Приведены тренировочные тесты по всем разделам рубежного контроля знаний. На тренировочные тесты даны ответы с указанием литературы для самоподготовки.

Приводятся методические рекомендации по трехмерному моделированию, адаптированные для всех версий КОМПАС-3D LT. Особенно полезны эти рекомендации при решении позиционных задач на пересечение поверхностей. Разобран пример построения линии пересечения поверхности цилиндрического отверстия с поверхностью пирамиды неправильной формы. Эти рекомендации могут успешно использоваться и в домашних заданиях по черчению при выполнении стандартных изображений на основе объемных моделей деталей. Удельный вес компьютерной графики резко возрастает во второй половине семестра. С целью облегчения этой работы подготовлены электронные модули для всех индивидуальных вариантов заданий. Они размещены на сервере центра информационных технологий и на сайте университета: <http://www.eltech.ru/education/studies.htm>.

При подготовке пособия использованы материалы методических указаний [5], результаты всероссийских, городских и межвузовских олимпиад, методические разработки вузов Москвы и С.-Петербурга. Авторы приносят глубокую благодарность Г. А. Еремеевой, Я. О. Залесской, Н. И. Зарудной, Т. В. Ильченко, Т. С. Липьяйнен, Л. А. Новиковой, Ю. С. Федорову и Н. А. Хандуриной за помощь в разработке данного пособия.

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

• ЗАДАЧИ ТРАДИЦИОННОГО ТИПА

1. По заданному наглядному изображению точек A, B, C, D, E, F построить их проекции на комплексном чертеже (эпюре Монжа).

2. Построить прямоугольную изометрию точки $K(5, 6, 4)$.

3. По приведенным в таблице данным построить проекции точек K, L, M, N, P на комплексном чертеже.

4. Построить проекции точек K, L, M, N , где точка K симметрична точке A относительно плоскости Π_2 , точка L симметрична точке B относительно биссекторной плоскости II и IV четвертей пространства, точка M симметрична точке C относительно оси проекций, точка N симметрична точке D отно-

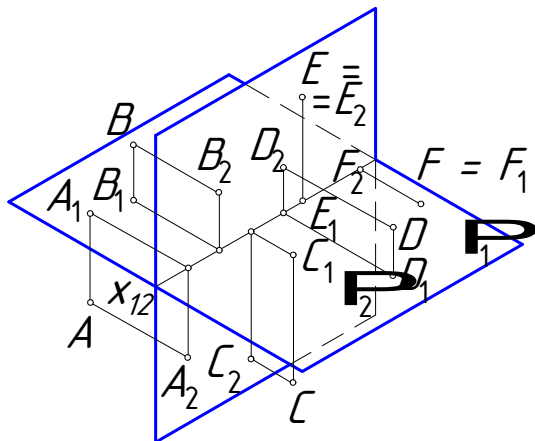


Рис. 1

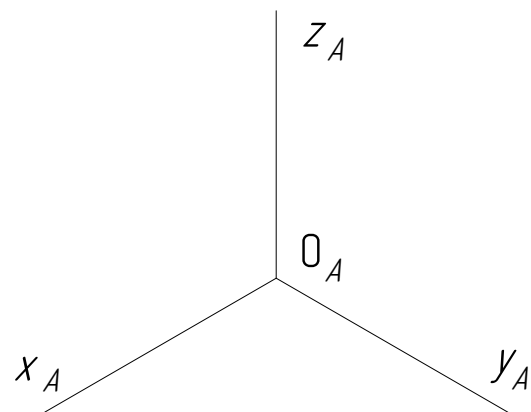


Рис. 2

Точка	Четверти	Расстояние, мм	
		от Π_2	от Π_1
K	2	15	35
L	4	30	25
M	3	20	10
N	1	15	30
P	2	20	0

Рис. 3

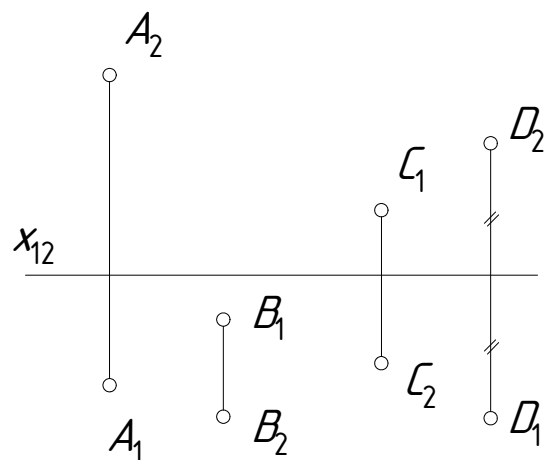


Рис. 4

5. Через точки $A \in \Pi_2$ и $B \in \Pi_1$ провести прямую l .
6. Через точку A провести горизонталь, фронталь и профильную прямую, пересекающие прямую l .
7. Через точку B провести прямую, перпендикулярную отрезку AB и параллельную фронтальной плоскости проекций.
8. Через точку B провести прямую, пересекающую прямые l и m .

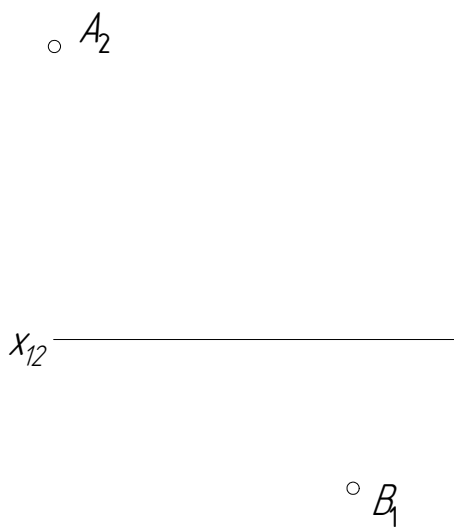


Рис. 5

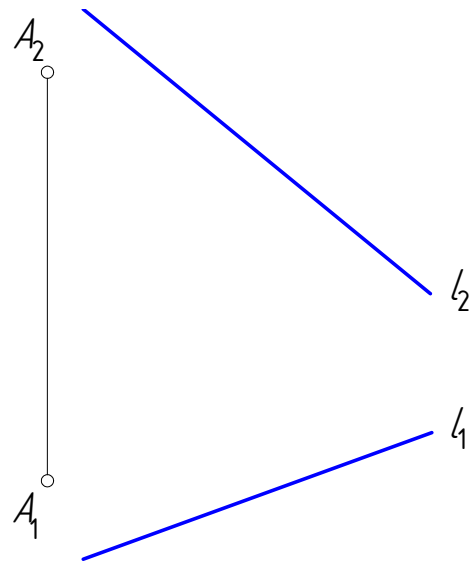


Рис. 6

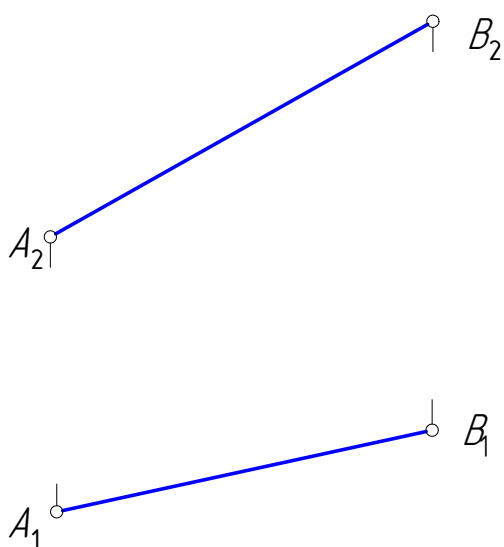


Рис. 7

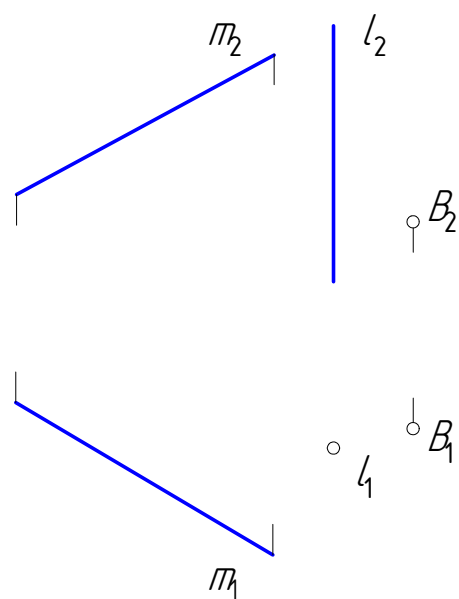


Рис. 8

9. Построить фронтальную проекцию ΔABC , принадлежащего плоскости $\Sigma(f \cap h)$.

10. В плоскости $\Sigma(m // n)$ построить точку, удаленную на 15 мм от плоскости Π_2 и на 20 мм от плоскости Π_1 .

11. Через точку A провести прямую l , параллельную плоскости $\Sigma(B, m)$.

12. Построить плоскость Σ , проходящую через точку D параллельно плоскости ΔABC .

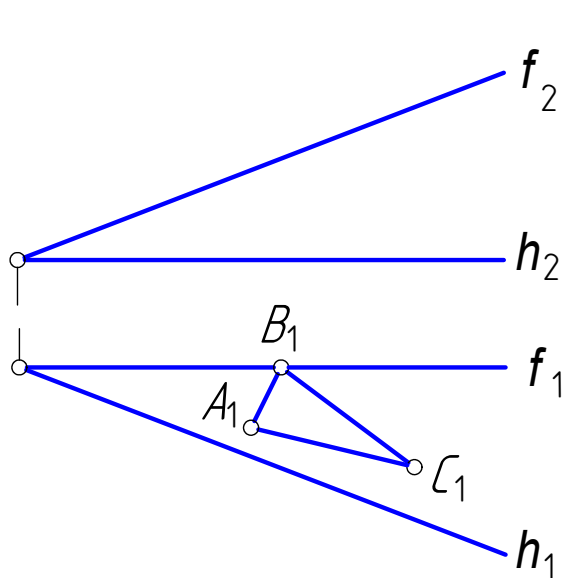


Рис. 9

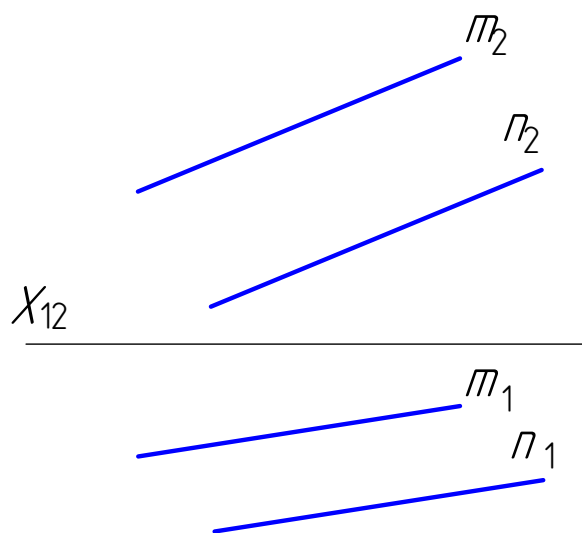


Рис. 10

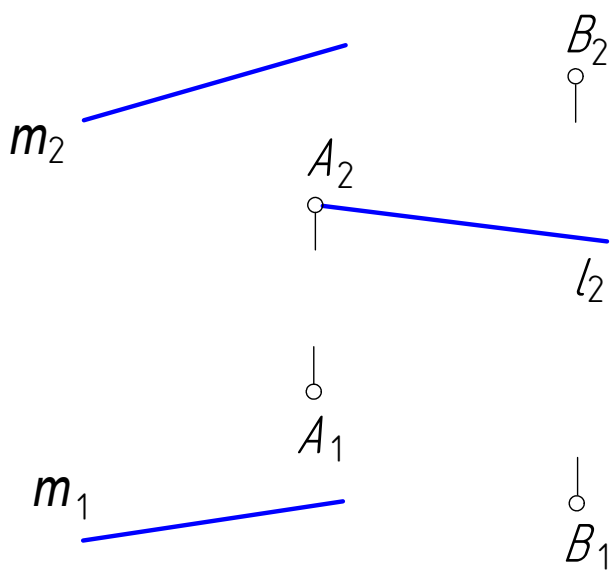


Рис. 11

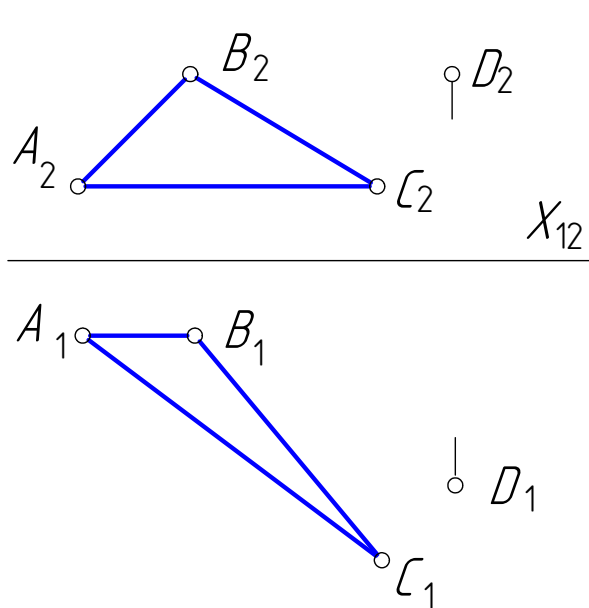


Рис. 12

13. Построить недостающие проекции точек, принадлежащих цилиндрической поверхности.

14. Построить недостающие проекции точек, принадлежащих сфере.

15. Построить недостающую проекцию линии, принадлежащей поверхности прямого кругового конуса.

16. На поверхности прямого кругового конуса найти точки, удаленные от плоскостей проекций Π_1 и Π_2 на 20 мм.

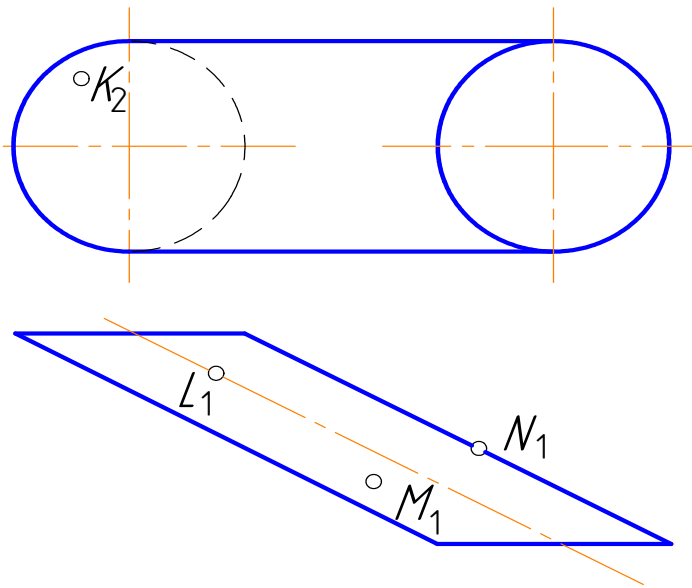


Рис. 13

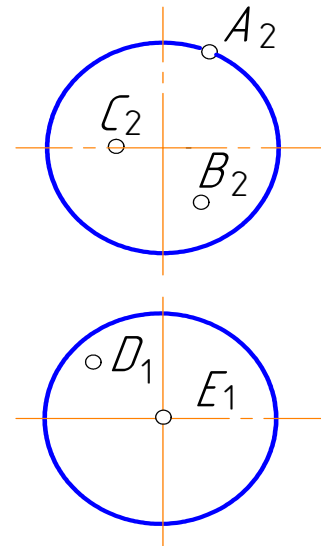


Рис. 14

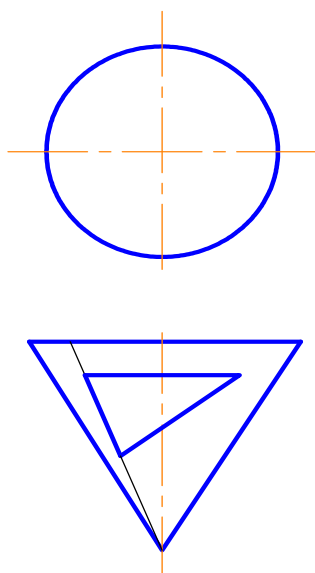


Рис. 15

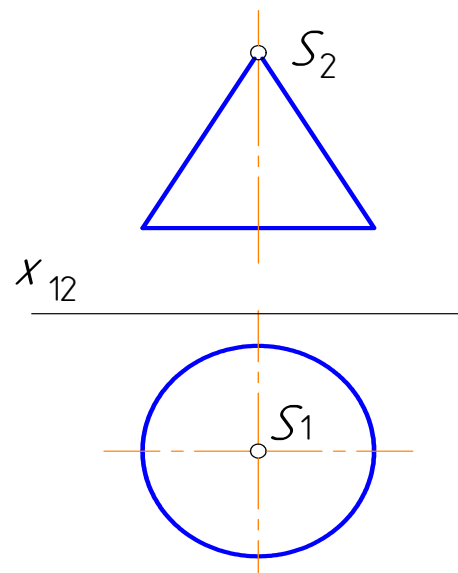


Рис. 16

17. Определить истинную величину отрезка прямой AB и его углы наклона α и β к плоскостям проекций Π_1 и Π_2 .
18. Определить истинное расстояние от точки C до прямой AB .
19. Определить расстояние от точки D до плоскости ABC .
20. Определить истинную величину треугольника ABC .
21. Построить фронтальную проекцию отрезка AB , если $|AB| = 65$ мм.
22. Построить проекции точки B , симметричной точке A относительно плоскости $\Sigma(l \parallel m)$.

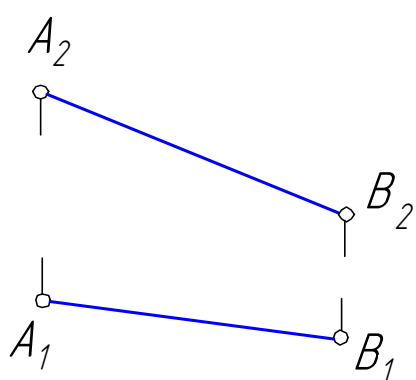


Рис. 17

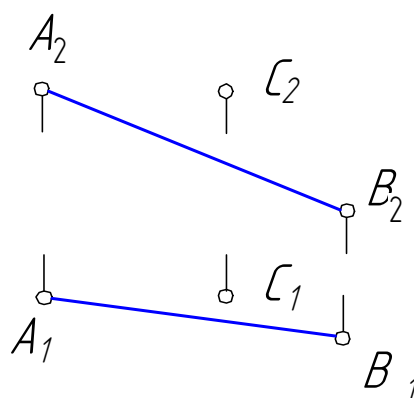


Рис. 18

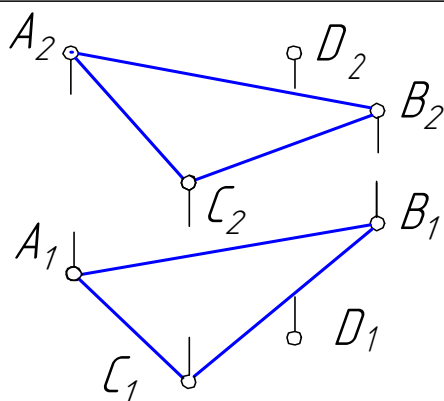


Рис. 19

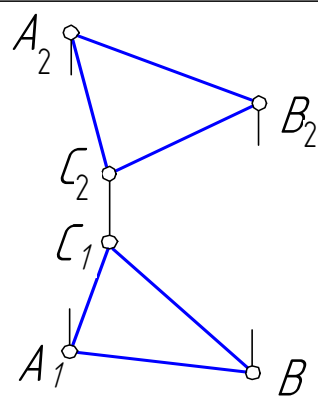


Рис. 20

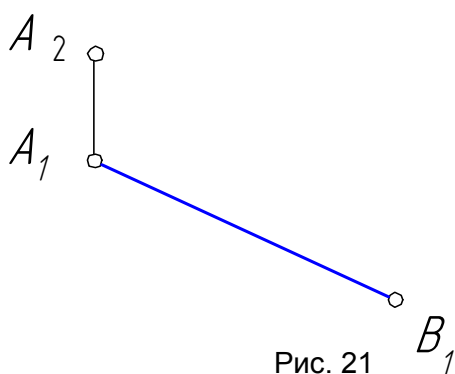


Рис. 21

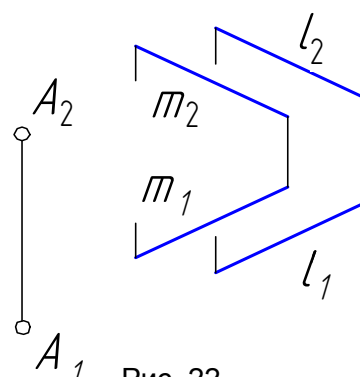


Рис. 22

23. Построить общий перпендикуляр к прямым a и b .
24. Определить величину угла ABC и истинную форму плоского четырехугольника $ABCD$.
25. В плоскости $\Sigma = \Sigma(f \cap h)$ построить равносторонний треугольник ABC .
26. Определить величину угла между плоскостями $\Sigma(f \cap h)$ и $\Delta(m \cap q)$.

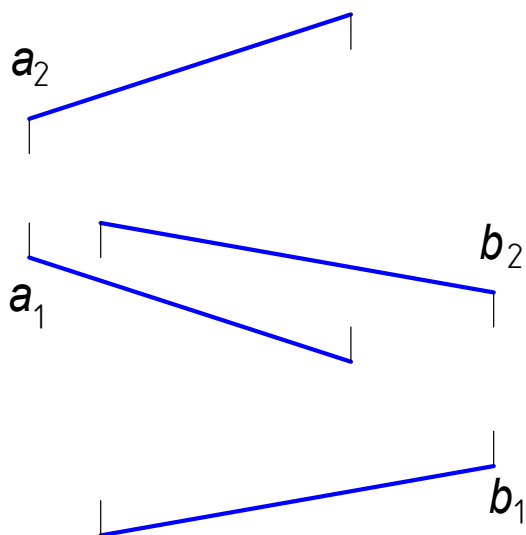


Рис. 23

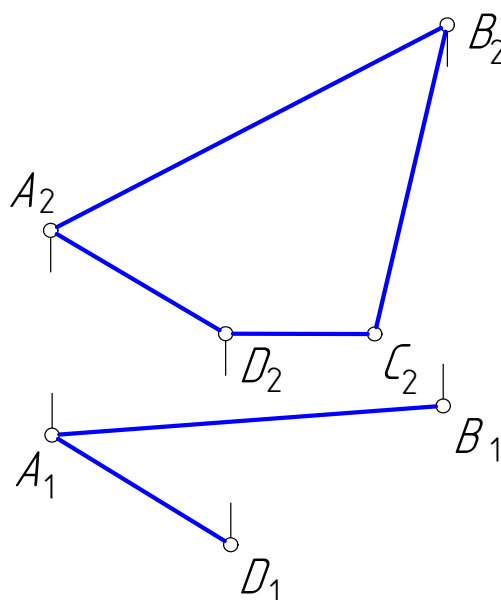


Рис. 24

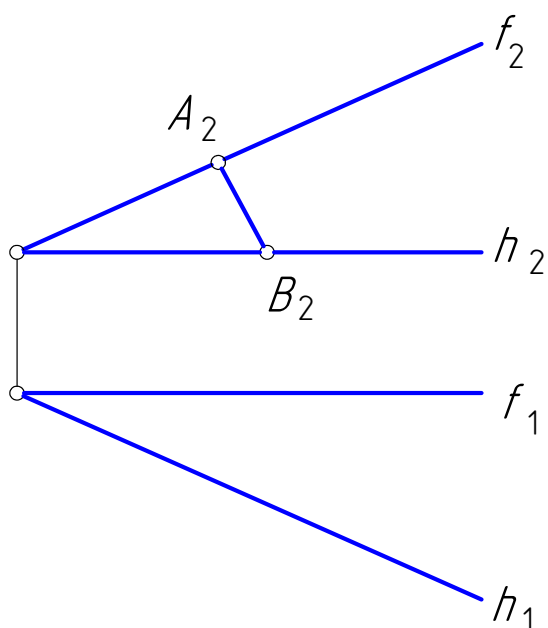


Рис. 25

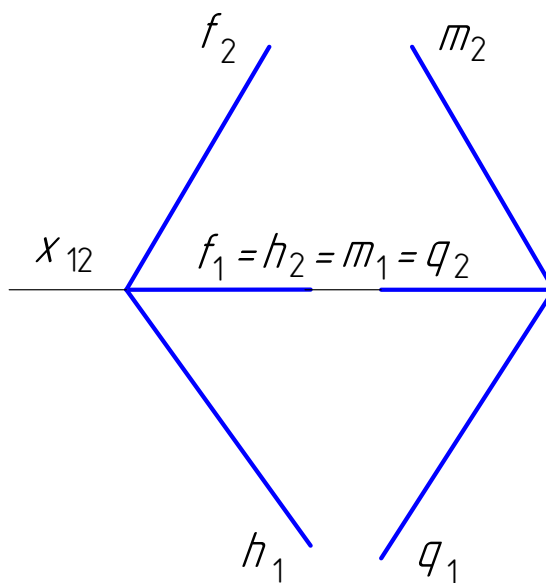


Рис. 26

27. Из точки A опустить перпендикуляр на плоскость $\Sigma(f, h)$ и определить его длину.

28. Найти точки пересечения прямой l с поверхностью Ω цилиндра. Показать видимость прямой.

29. Построить точки пересечения прямой l с поверхностью Ω сферы. Показать видимость прямой.

30. Построить точки пересечения прямой l с поверхностью Ω октаэдра. Показать видимость прямой.

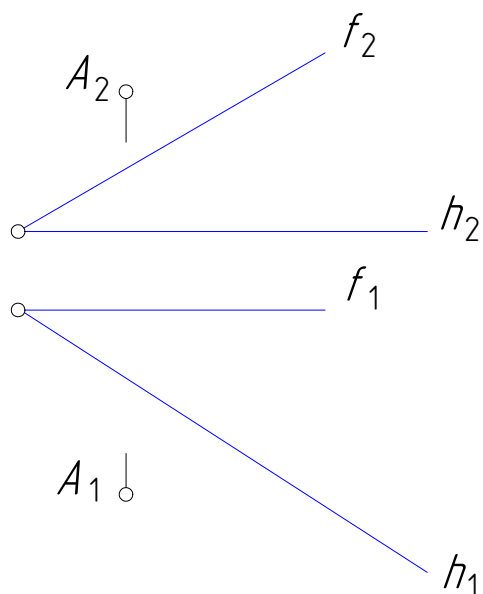


Рис. 27

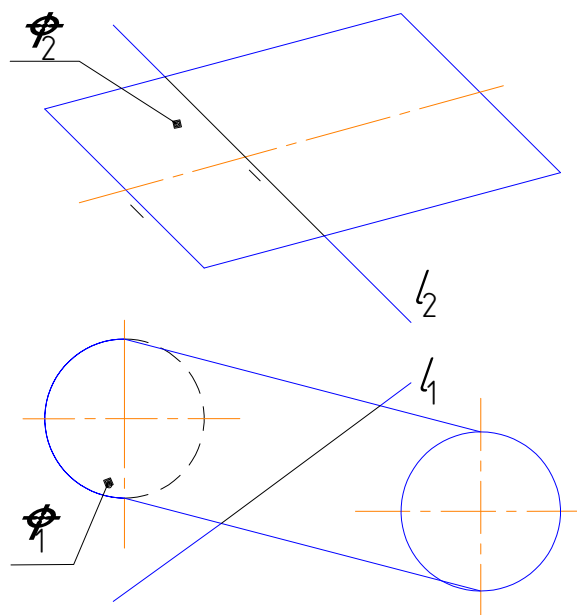


Рис. 28

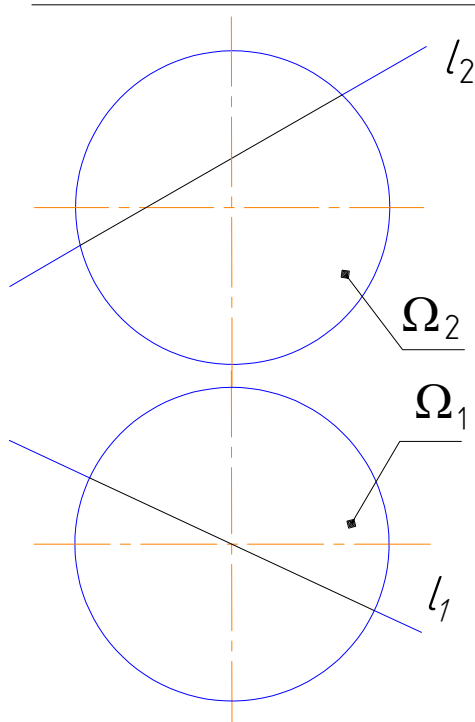


Рис. 29

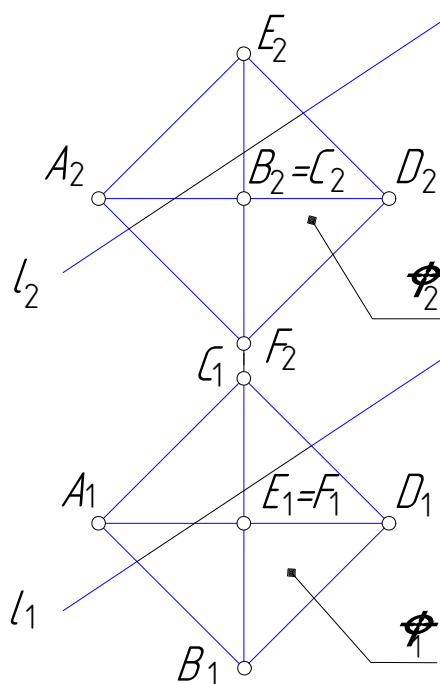


Рис. 30

31. Построить линию пересечения треугольников. Показать видимость их сторон.

32. Построить линию пересечения плоскостей $\Delta(a \cap b)$ и $\Sigma(c \cap d)$.

33. Выполнить сечение конуса плоскостью $\Sigma(m \cap l)$. Показать видимость контура сечения.

34. С учетом видимости построить линию пересечения поверхностей призмы и пирамиды.

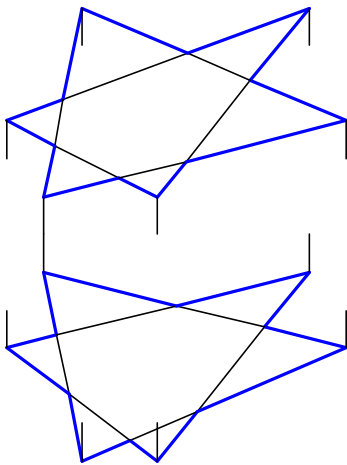


Рис. 31

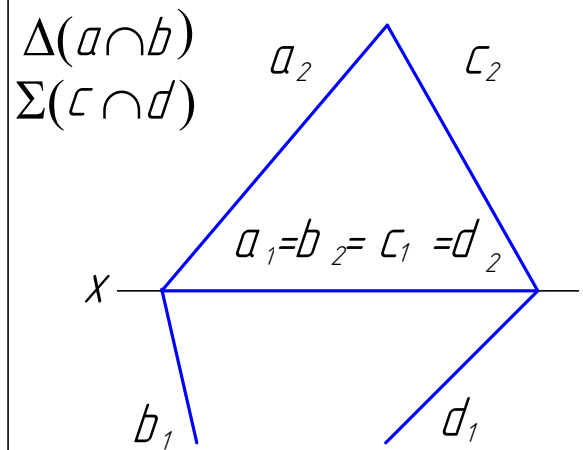


Рис. 32

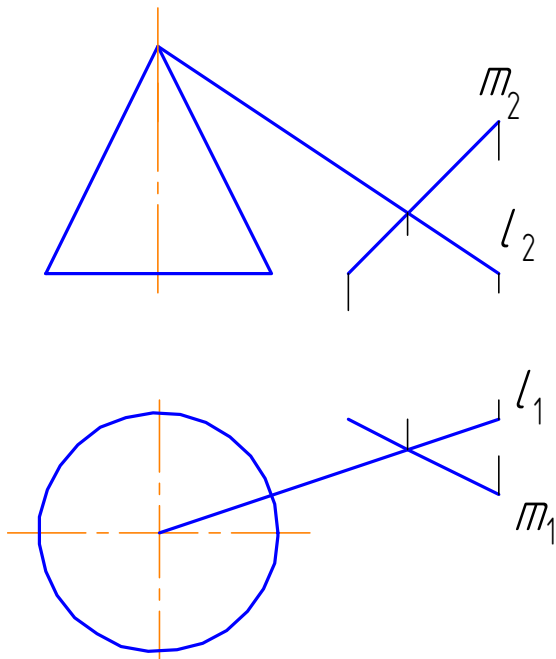


Рис. 33

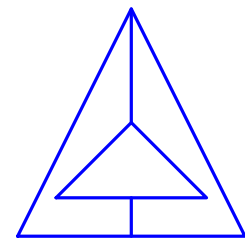


Рис. 34

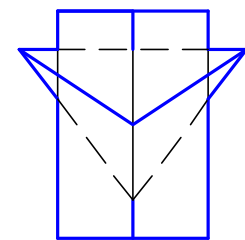


Рис. 34

- РЕЙТИНГОВЫЕ ЗАДАЧИ

35. Найти точку пересечения трех плоскостей: $\Sigma = \Sigma(f \cap h)$, Γ и Φ .

36. Построить отрезок AN длиной 40 мм перпендикулярно плоскости треугольника ABC . Сколько решений?

37. Начертить очерки сферы, заданной центром O и точкой A на ее поверхности. Задачу решить без способов преобразования чертежа.

38. Построить квадрат $ABCD$ в плоскости, заданной двумя параллельными прямыми.

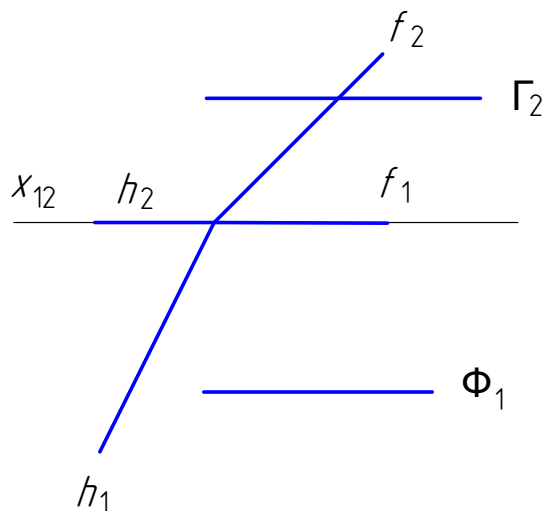


Рис. 35

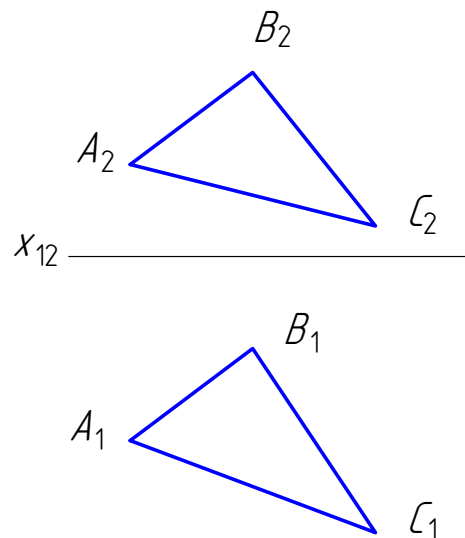


Рис. 36

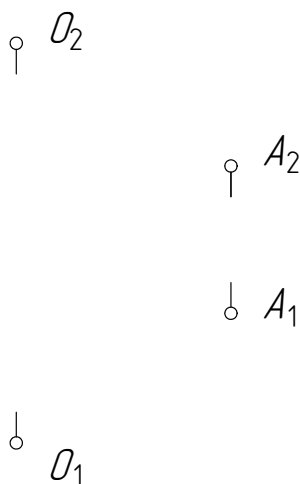


Рис. 37

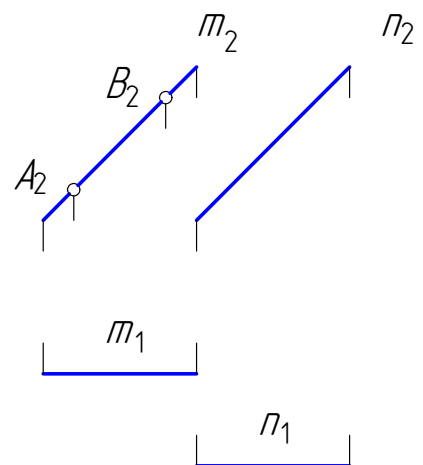


Рис. 38

39. В какую точку зеркала $ABCD$ надо направить луч из точки E , чтобы, отразившись, он прошел через точку F ?

40. От станции метро M проложен фронтально тоннель MQ длиной m к подземной линии q . Достроить его фронтальную проекцию.

41. Шар с центром в точке O и диаметром d катится по щиту $ABCD$. Найти положение центра шара в момент касания с поверхностью земли.

42. Построить границы обзора земли из иллюминатора спутника C . Угол конуса обзора равен 30° . Углы наклона оси конуса $\alpha_1 = \alpha_2 = 60^\circ$. Поверхность земли считать горизонтальной.

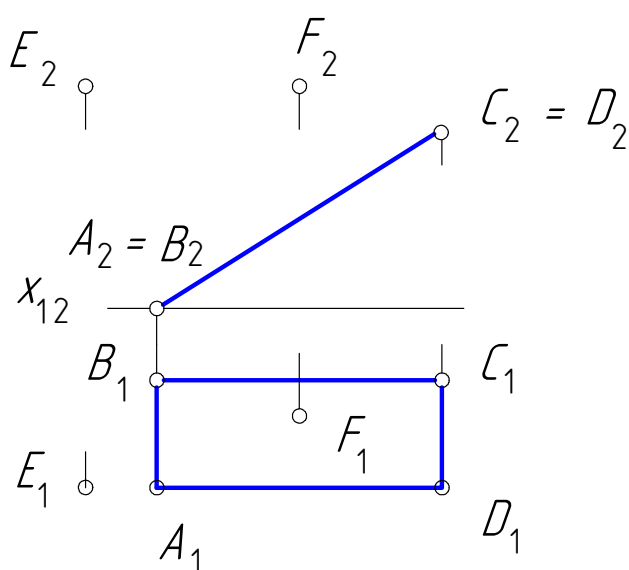


Рис. 39

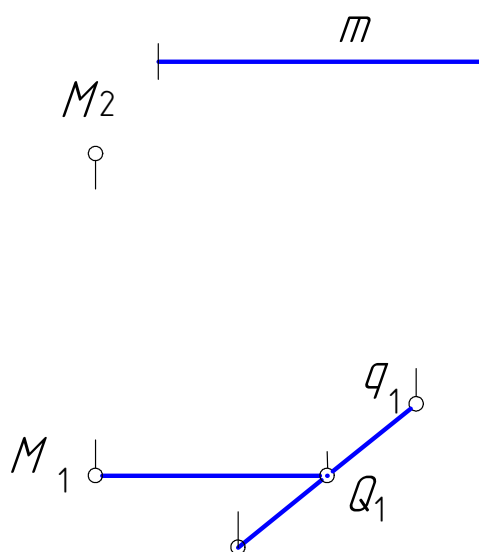


Рис. 40

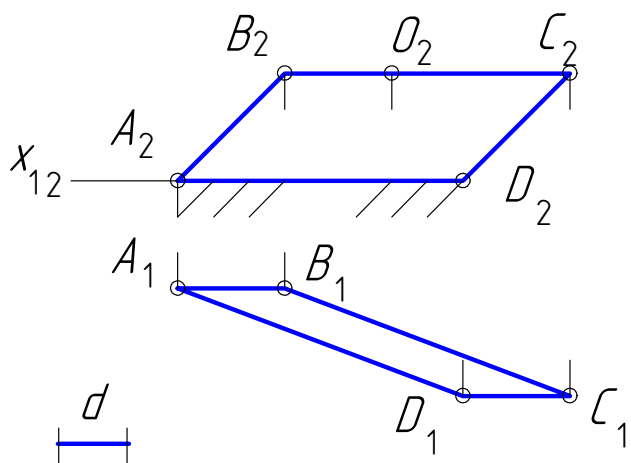


Рис. 41

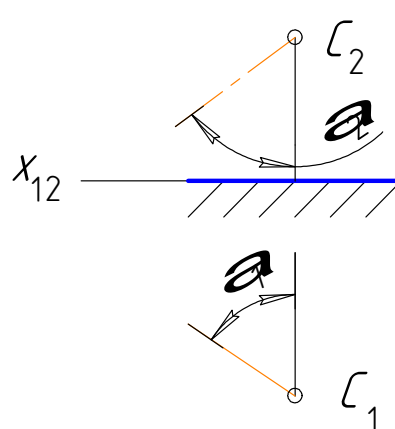


Рис. 42

43. Построить прямую AB , составляющую с фронтальной плоскостью проекций угол 30° .

44. Построить фронтальную проекцию отрезка AB при условии, что $[AB]$ пересекает $[CD]$ под прямым углом.

45. Определить угол между прямой m и плоскостью, заданной прямыми $f \cap h$.

46. Две скрещивающиеся прямые a и b пересечь третьей прямой c , проходящей через точку C .

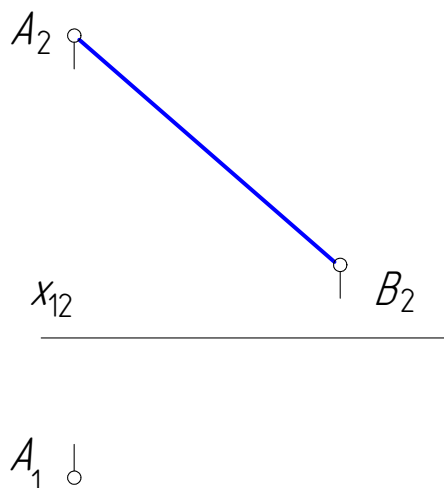


Рис. 43

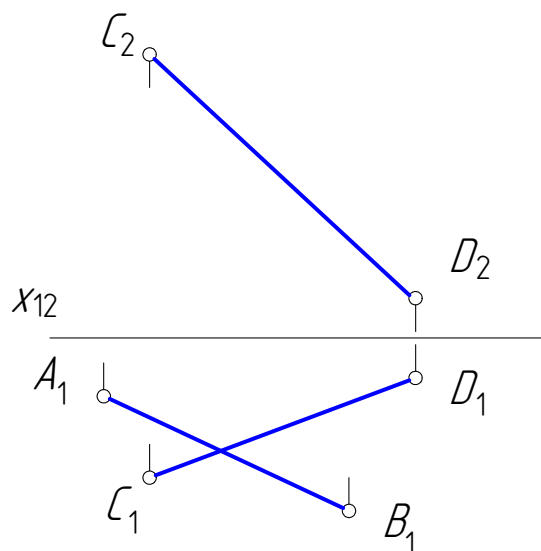


Рис. 44

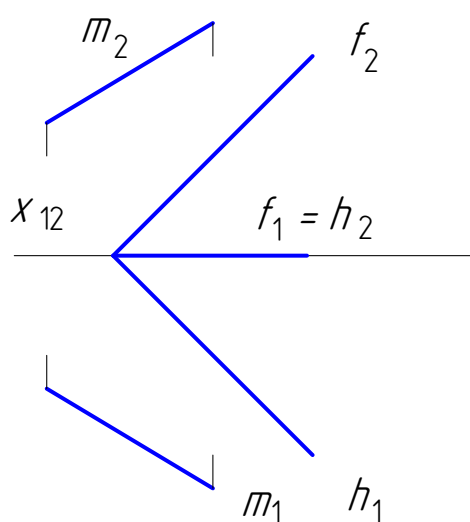


Рис. 45

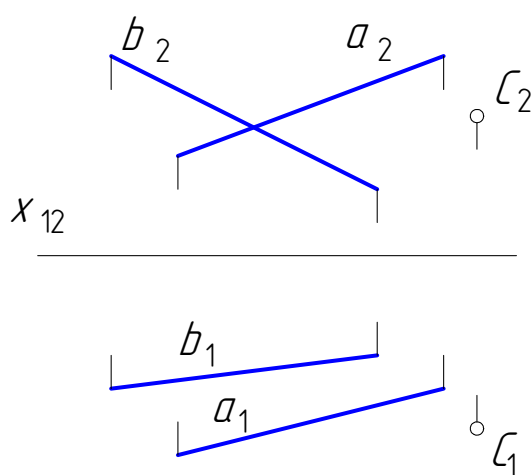


Рис. 46

47. На отрезке AB найти точку K , удаленную от точки C на расстояние 40 мм.

48. Построить равнобедренный треугольник ABC с основанием BC на прямой m и углом 30° при основании.

49. На прямой l построить точку, равноудаленную от пересекающихся двух плоскостей общего положения.

50. Найти проекции точек, равноудаленных от плоскостей проекций Π_1 , Π_2 и горизонтально проецирующей плоскости Γ на 20 мм.

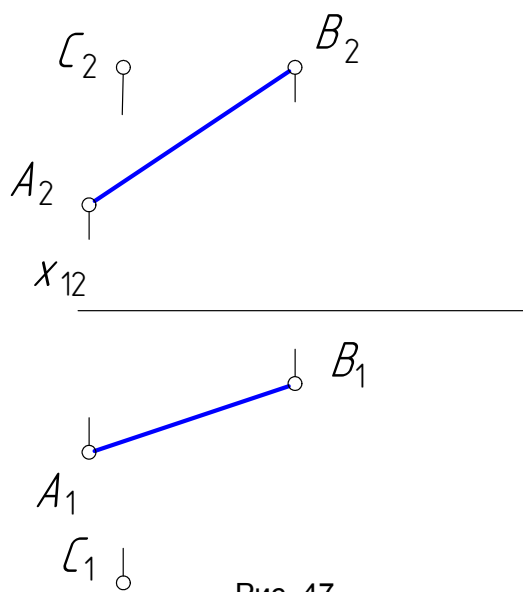


Рис. 47

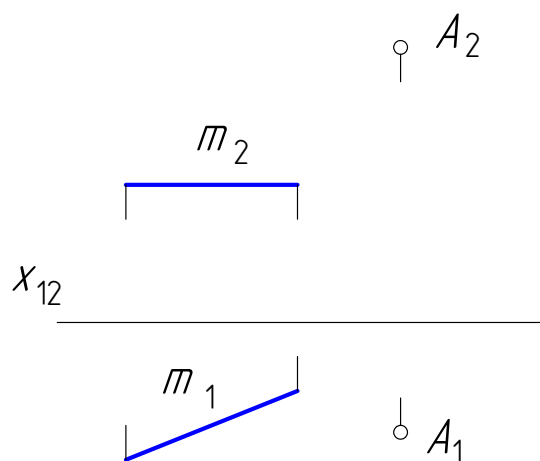


Рис. 48

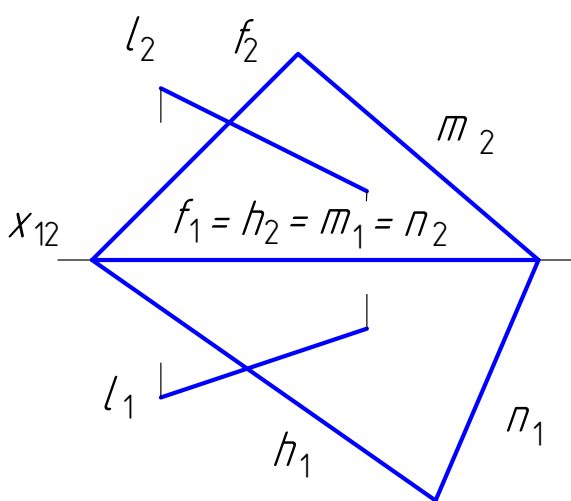


Рис. 49

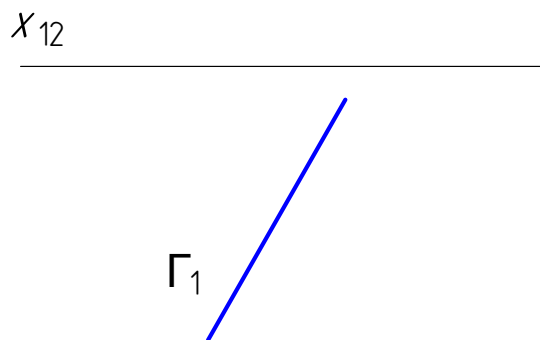


Рис. 50

51. Через точку A провести две взаимно перпендикулярные прямые общего положения. Они же должны быть перпендикулярны к горизонтали h . Сколько решений?

52. Найти точку пересечения прямой k с плоскостью $\Sigma(h \cap f)$. Определить видимость прямой.

53. Построить линию пересечения фронтально проецирующей плоскости с плоскостью общего положения, заданной прямыми f и h .

54. Установить в точке K плоскость зеркала таким образом, чтобы по направлению EK было видно изображение точки F .

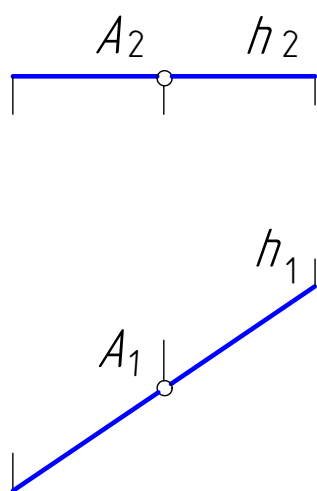


Рис. 51

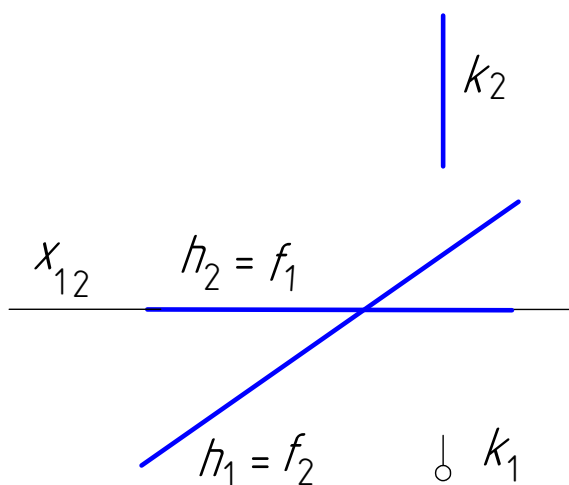


Рис. 52

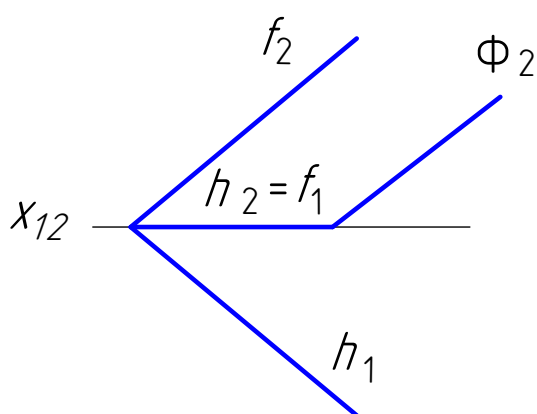


Рис. 53

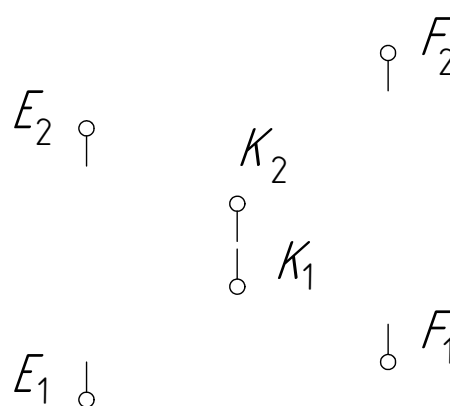


Рис. 54

55. Построить три проекции куба с сечением его по правильному шестиугольнику. Выполнить аксонометрическое изображение решения этой задачи.

56. Найти точки пересечения прямой с конической поверхностью. Показать видимость прямой.

57. Найти точки пересечения окружности r с поверхностью конуса.

58. Построить линии пересечения проецирующих плоскостей Φ , Γ и Δ с поверхностью прямого кругового конуса.

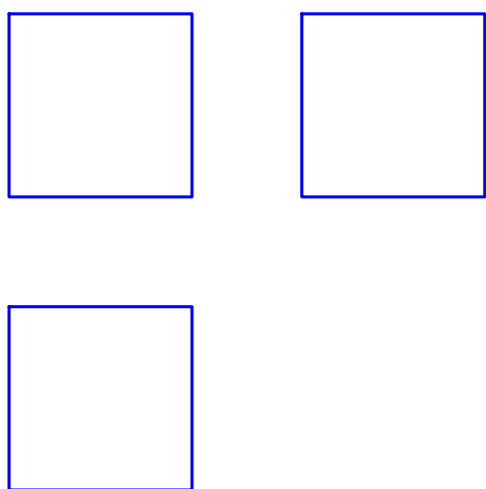


Рис. 55

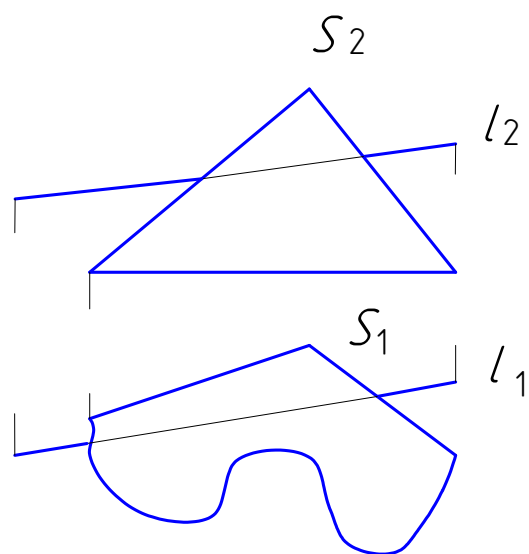


Рис. 56

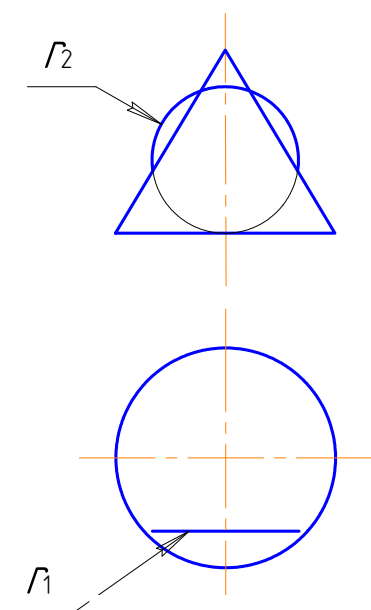


Рис. 57

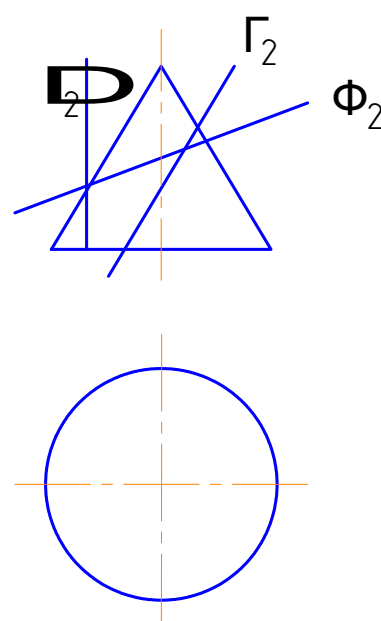


Рис. 58

59. Построить горизонтальную проекцию кривой l , принадлежащей поверхности вращения $\psi(a, m)$.

60. Построить точки пересечения прямой l с поверхностью конуса. Установить видимость объектов.

61. Построить линию пересечения поверхностей полусферы и цилиндра. Установить видимость объектов.

62. Построить линию пересечения поверхностей конуса и призмы. Установить видимость объектов.

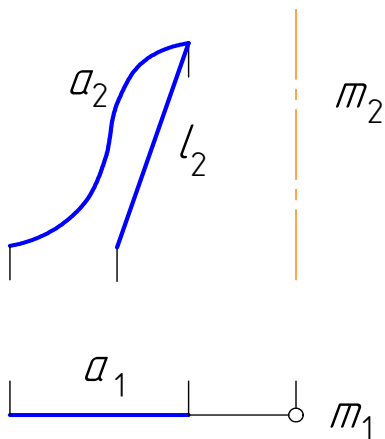


Рис. 59

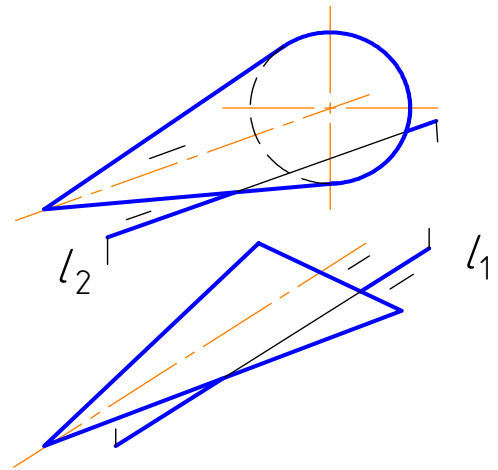


Рис. 60

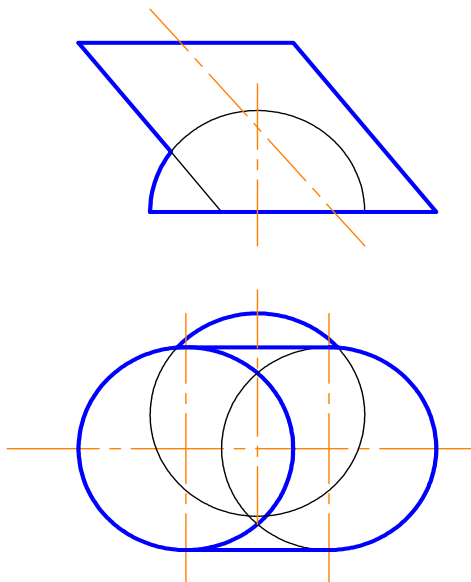


Рис. 61

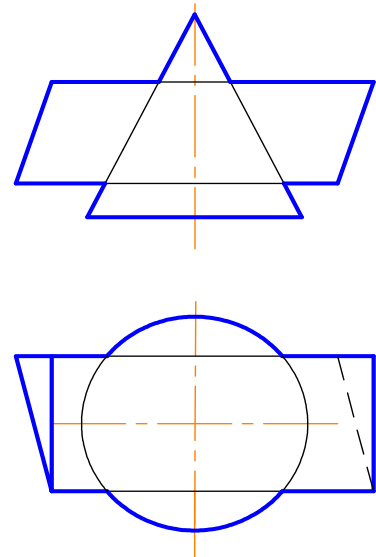


Рис. 62

• ОЛИМПИАДНЫЕ ЗАДАЧИ

63. Электрокабели a и b соединить кабелем наименьшей длины при условии $a_2 \perp b_2$.

64. Прямая t равноудалена от точек A и B . Достроить недостающие проекции этих точек.

65. Построить плоскость, равноудаленную от прямых a и b . Задачу решить без способов преобразования чертежа.

66. Построить плоскость, равнонаклоненную к прямым m, n, k и проходящую через точку T .

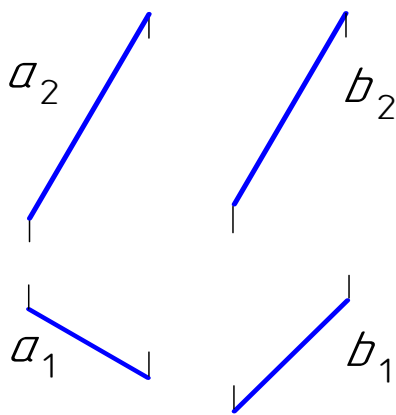


Рис. 63

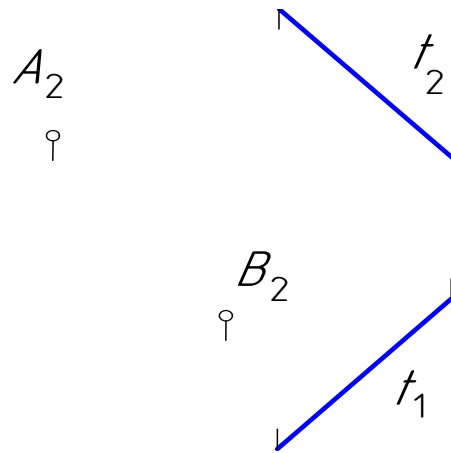


Рис. 64

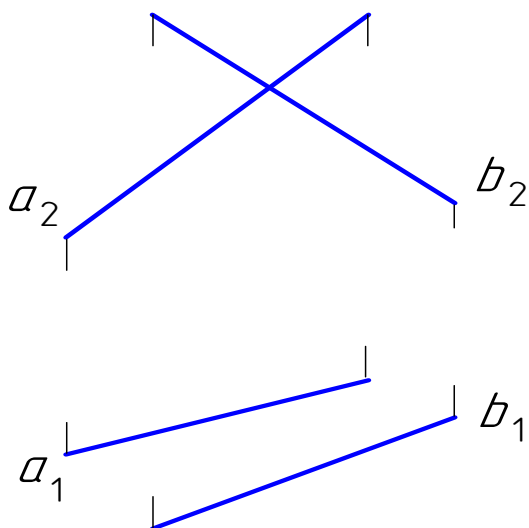


Рис. 65

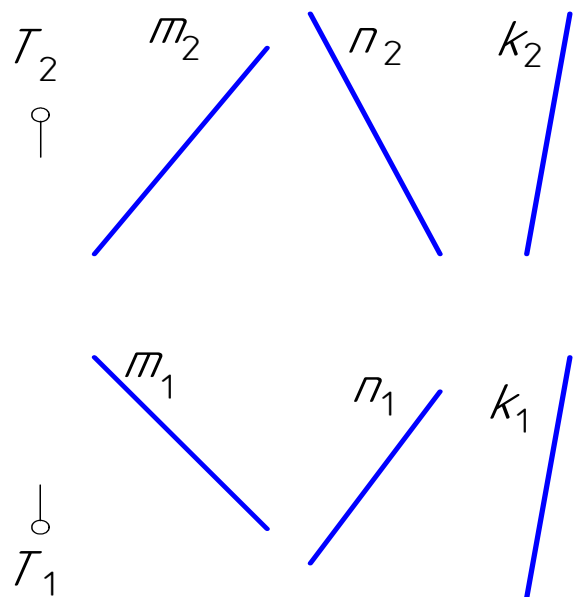


Рис. 66

67. Построить плоскость проекций, на которую скрещивающиеся отрезки a и b проецируются как равные по модулю и параллельные по направлению.

68. Три скрещивающиеся заданные прямые f , h и AB пересечь четвертой прямой.

69. Шар Σ падает вниз на неподвижный шар Δ . Найти точку касания шаров.

70. Шар положен на доску, установленную на двух пирамидках из плотно уложенных таких же шаров (на виде сверху доска и стол условно не показаны). В какую сторону покатится шар по доске? Определить величину угла между плоскостями стола и доски.

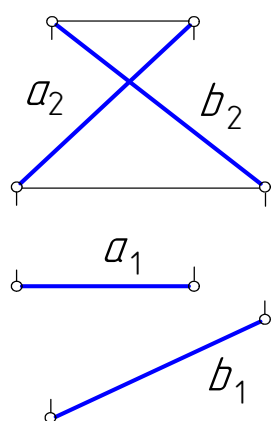


Рис. 67

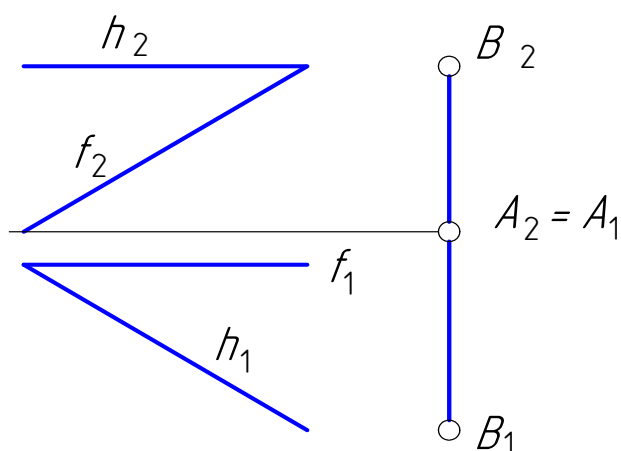


Рис. 68

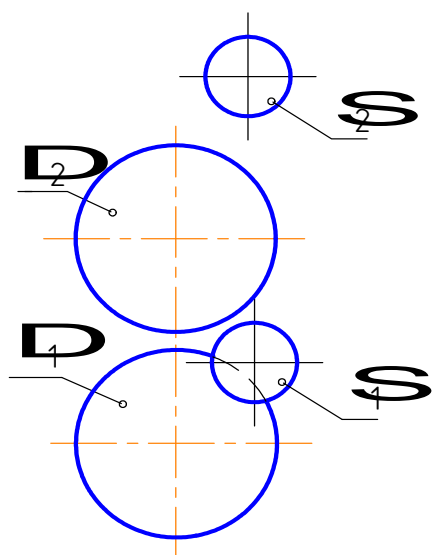


Рис. 69

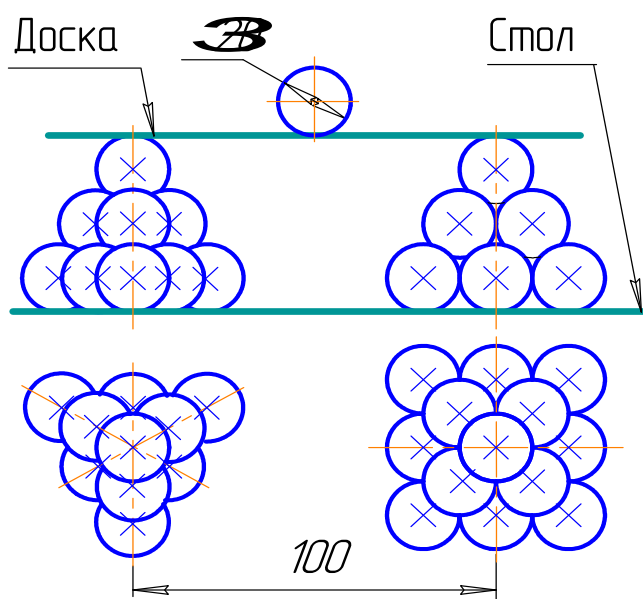


Рис. 70

71. Построить направление радиосигнала, прошедшего от антенны A к антенне B и отраженного от ионизированного облака $\Sigma(c \sqcap d)$. Угол падения считать равным углу отражения. Антенны точечные.

72. По двум проекциям a_2 и a_5 восстановить проекцию a_1 .

73. Достроить квадрат $ABCD$, если BD – диагональ, расположенная горизонтально и лежащая на линии h , заданной горизонтальной проекцией.

74. Радиомачта i с антенной установлена на крыше здания и поддерживается в вертикальном положении растяжками AB длиной $|AB| = m$. Найти точки A и B крепления растяжки соответственно на мачте и крыше из условия: $\angle AB \Pi_1 = 45^\circ$, $\angle AB \Pi_2 = 30^\circ$. Сколько растяжек возможно установить?

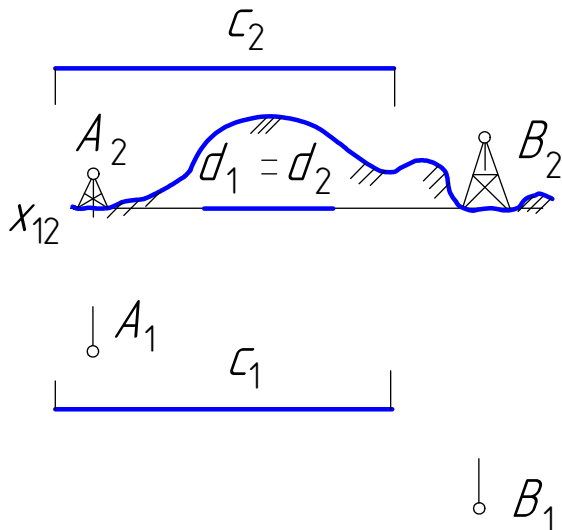


Рис. 71

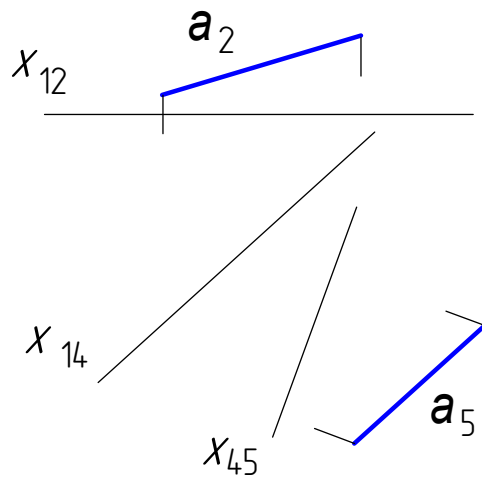


Рис. 72

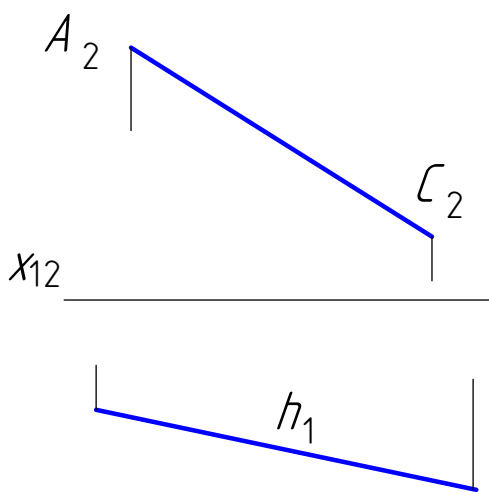


Рис. 73

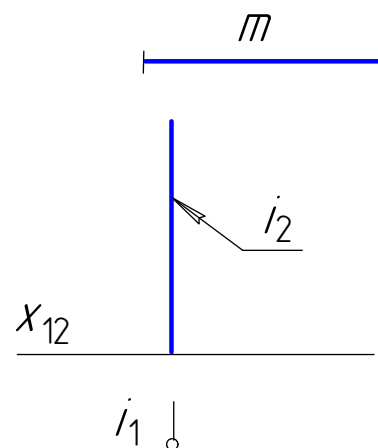


Рис. 74

75. Самолет перемещается по прямолинейной траектории t . В какой точке пути слышимость им радиостанций A и B будет одинаковой? Физическими условиями пренебречь.

76. В точках A и B находятся радиолокаторы. Самолет перемещается в направлении t . Определить точки, в которых лучи локаторов будут сходиться к самолету, пересекаясь под прямым углом.

77. Поместить источник света D на высоте h так, чтобы середины картин B , C и середина поверхности стола A освещались одинаково.

78. Построить дополнительную вертикальную плоскость проекций так, чтобы траектория t движения объекта оказалась в биссекторной плоскости новой системы плоскостей проекций.

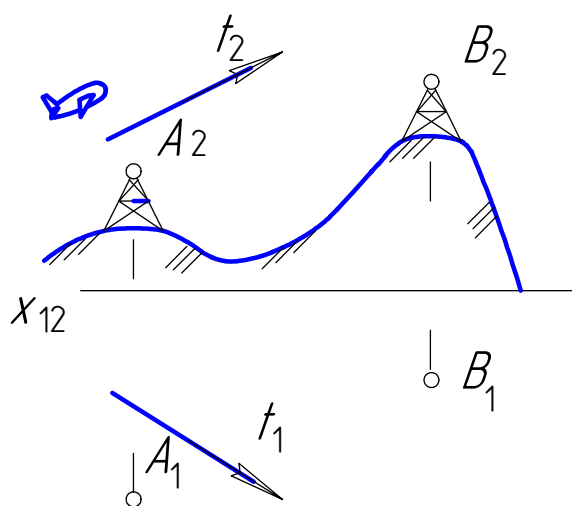


Рис. 75

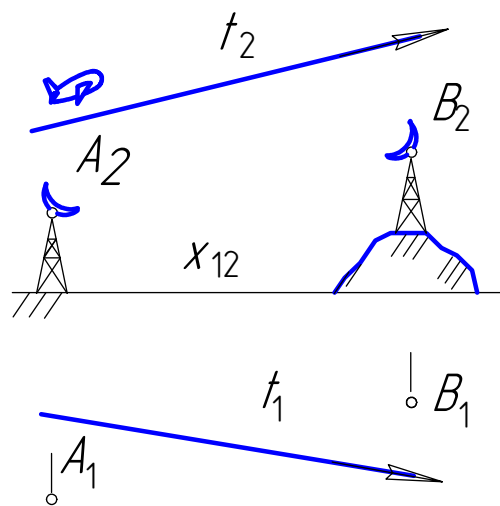


Рис. 76

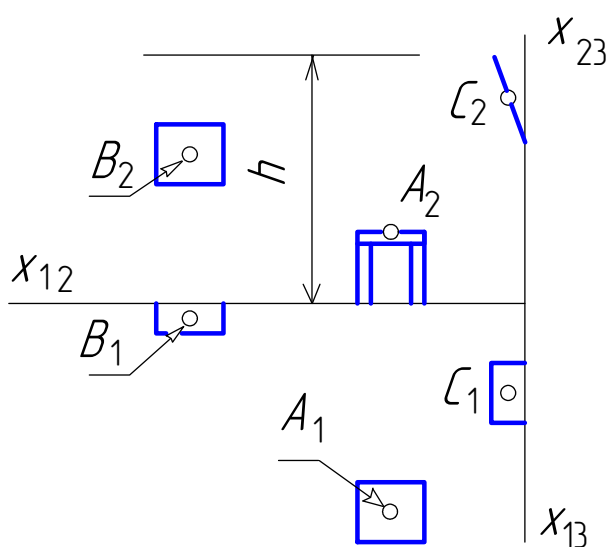


Рис. 77

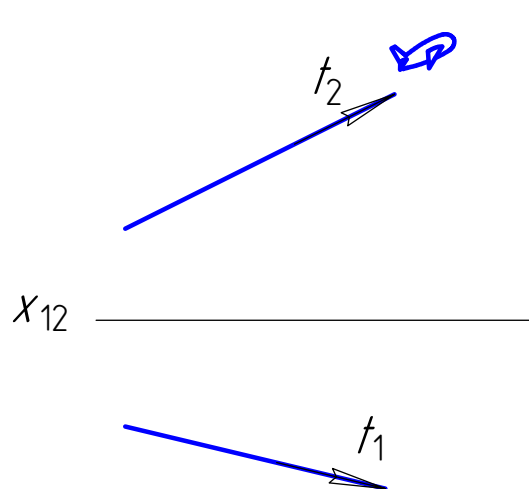


Рис. 78

79. Стрелок A ожидает появления из-за сопки Σ цели B , движущейся по траектории s . Построить точку B , соответствующую моменту появления цели.

80. В точках A и B находятся лазеры. Определить точку возможного положения ракеты, движущейся по траектории s , если ее расстояния до лазеров равны соответственно 20 и 14 км. Высота полета 10 км, $|AB| = 20$ км.

81. Малая планета S (точечный источник) освещает планету Σ радиуса r с центром в точке O . Тень от планеты Σ падает на планету-гигант Δ , поверхность которой условно плоская и задана двумя каналами f и h . Определить контур тени на планете Δ .

82. Построить две проекции кольца a , наброшенного на кегль Δ так, что кольцо (окружность диаметра a) должно всеми своими точками совместиться с боковой поверхностью кегля (прямого эллиптического конуса). Высота кегля произвольная. Сколько решений?

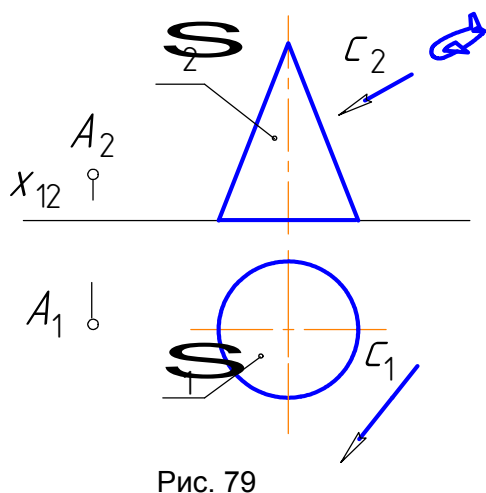


Рис. 79

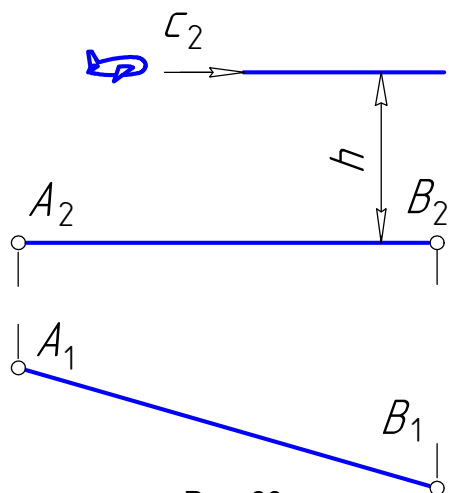


Рис. 80

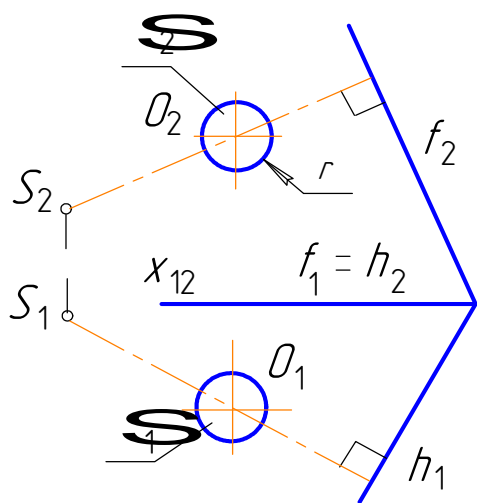


Рис. 81

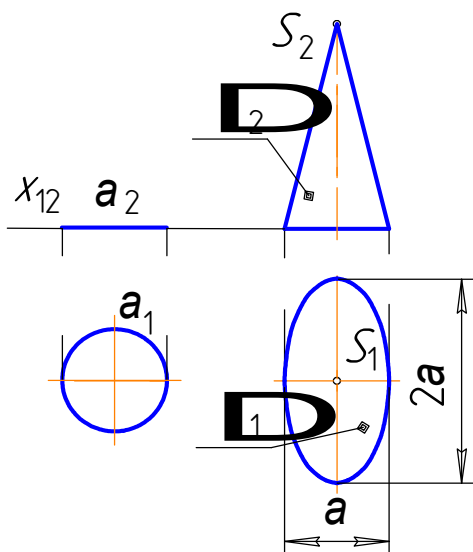


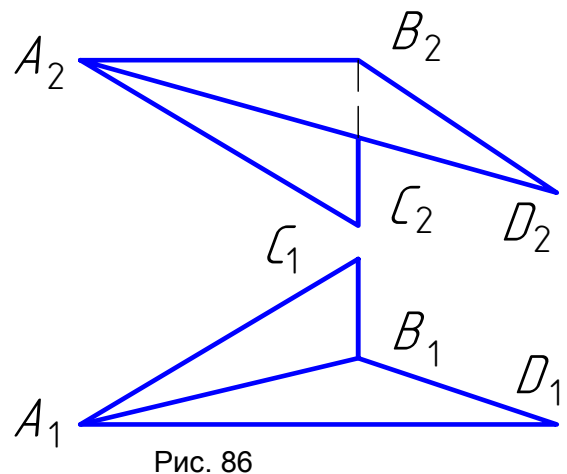
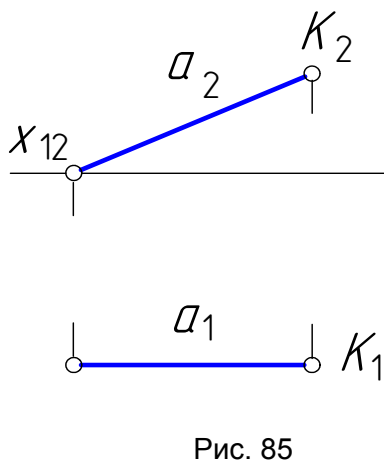
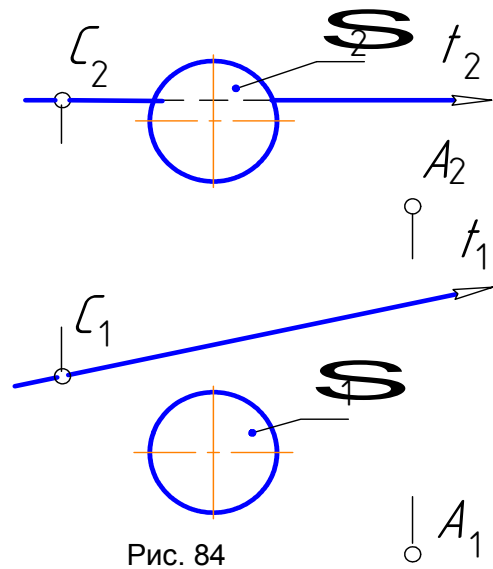
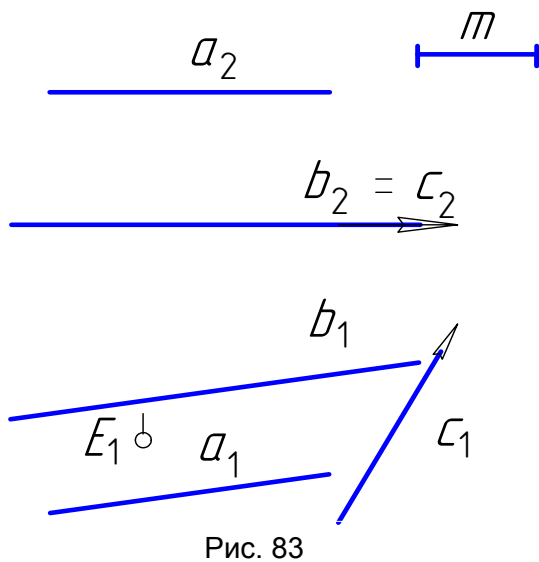
Рис. 82

83. Положение борта корабля задано прямыми $a \perp b$. На расстоянии m от края a над палубой расположена артиллерийская установка E . Определить минимальное расстояние $|EK|$, с которого может быть сделан выстрел по цели K , движущейся по траектории s .

84. При наблюдении из пункта A часть траектории t космического аппарата C загорожена планетой Σ . Найти эту часть.

85. Каркас заградительного щита состоит из двух скрепленных в точке K стержней a и b равной длины, одинаково наклоненных к земной поверхности. Какое положение должен занимать стержень b , чтобы угол наклона щита к земле составил 60° ?

86. Построить проекции сферы, касающейся граней ABC и ABD двугранного угла с общим ребром $[AB]$, а также горизонтальной и фронтальной плоскостей проекций.

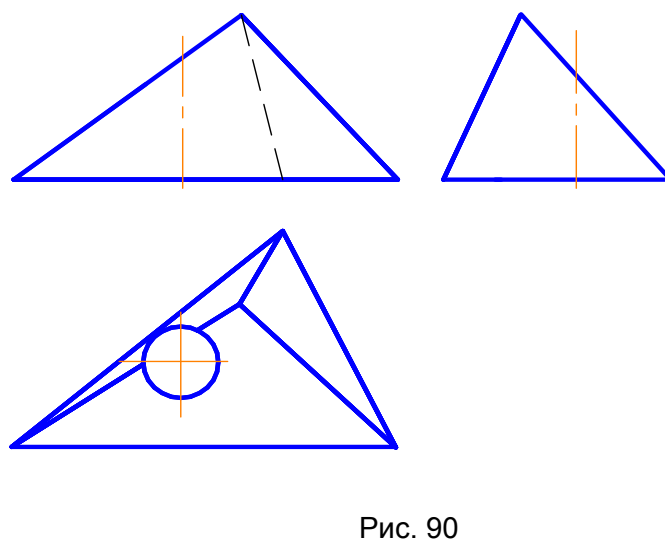
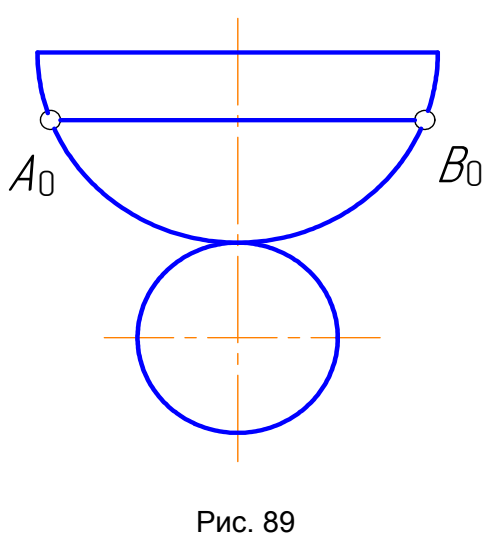
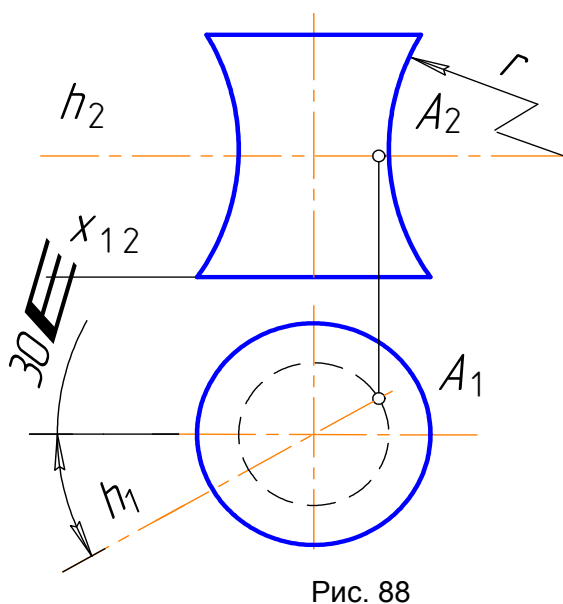
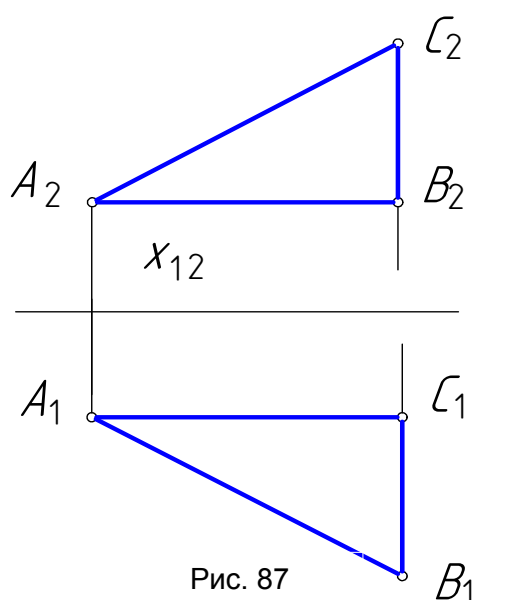


87. Повернуть $\triangle ABC$ вокруг стороны AB до положения, когда фронтальная проекция угла при вершине C станет равной 90° .

88. Построить проекции линии пересечения поверхности тора радиуса r с конической поверхностью вращения вокруг оси h и вершиной в точке A . Угол при вершине конуса равен 60° .

89. Построить проекции конической поверхности, заданной разверткой и линией AB на ней.

90. Построить фронтальную и профильную проекции линии пересечения поверхности пирамиды с поверхностью вертикального сквозного цилиндрического отверстия радиусом 10 мм. Построить стандартную аксонометрическую проекцию пирамиды с вырезом.

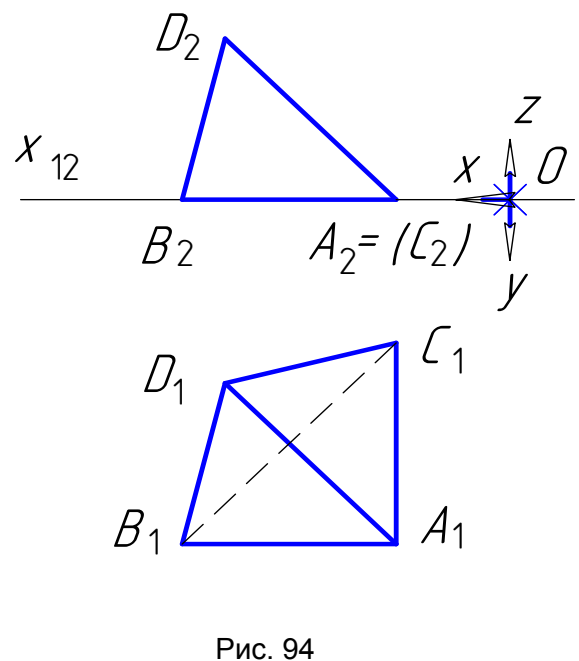
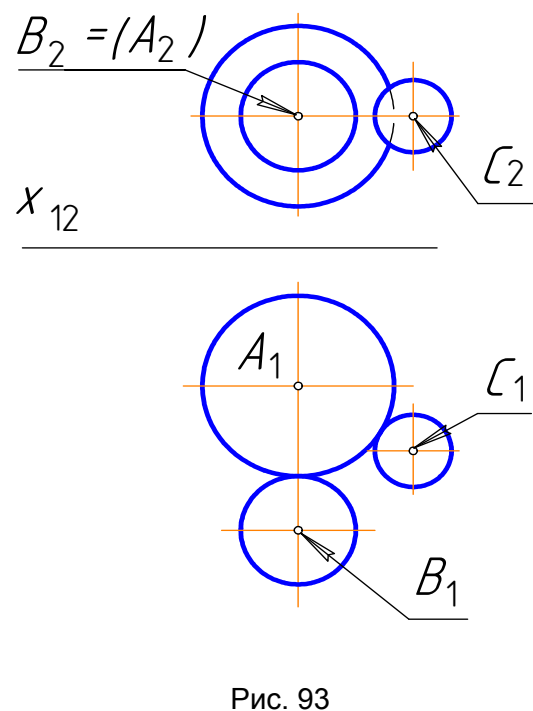
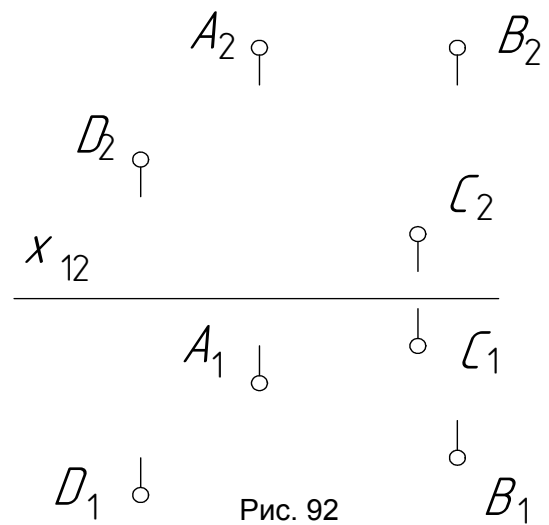
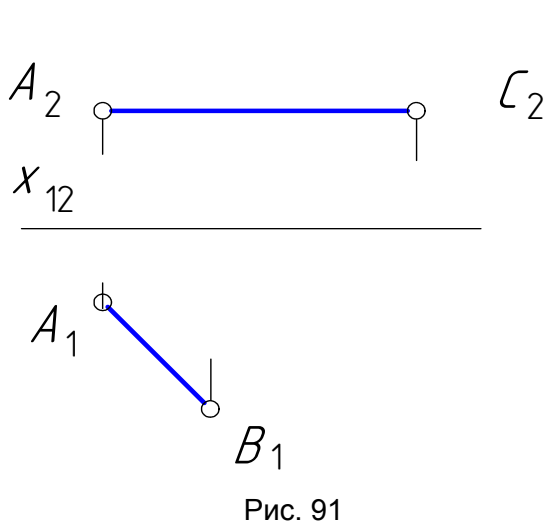


91. Построить прямоугольный $\triangle ABC$, если $[AC]$ – гипотенуза, расположенная горизонтально, угол при вершине C равен 30° , а вершина B выше точки A . Сколько решений?

92. Построить сферу, на поверхности которой находятся четыре точки.

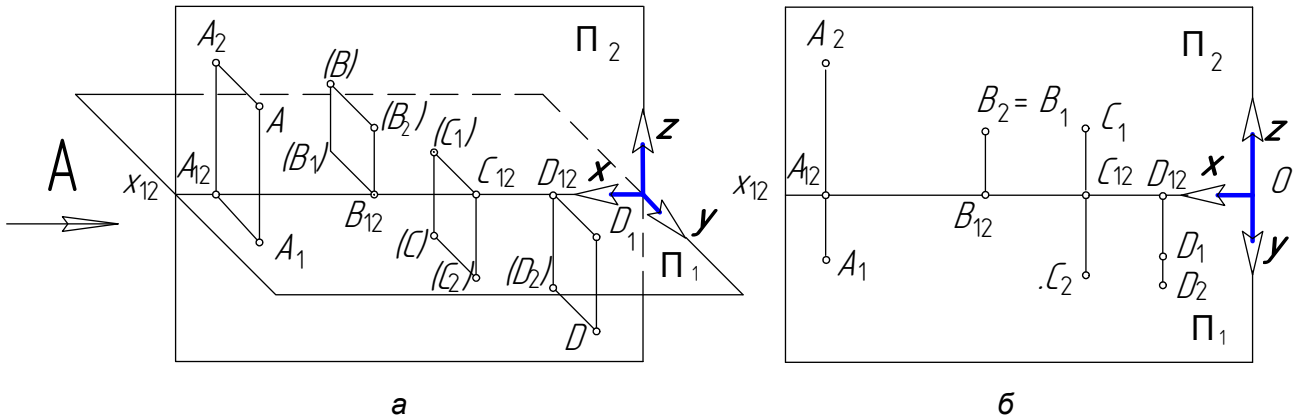
93. Построить плоскость Σ , лежащую на трех сферах с центрами соответственно в точках A , B и C . Сколько решений?

94. Построить сферу, вписанную в пирамиду. Выполнить эти построения на эюре Монжа и в стандартной аксонометрии. Построить развертку поверхности пирамиды. Вычислить площадь развертки.



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. По наглядному изображению точек A, B, C, D (рис. 95, а) построить их проекции на эпюре Монжа и определить, в какой четверти пространства находятся эти точки.



a — исходное изображение к условию задачи в косоугольной фронтальной изометрии по ГОСТ 2-317-68;

b — эпюр Монжа, соответствующий решению задачи;

в — вид по стрелке А, позволяющий наиболее четко представить деление пространства на четыре четверти и установить, в какой из четвертей расположена любая из точек А, В, С или D.

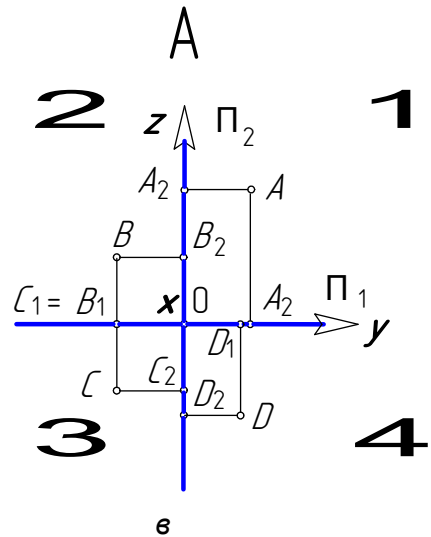


Рис. 95

РЕШЕНИЕ

Плоскости проекций Π_1 и Π_2 делят все пространство на четыре части (четверти), пронумеруем их римскими цифрами в соответствии с рис.95, в. Пространство можно поделить на равные части и биссекторными плоскостями, все точки которых равноудалены от плоскостей проекций.

Выполним операцию ортогонального проецирования точек на плоскости Π_1 , Π_2 и повернем плоскость Π_1 по часовой стрелке до совмещения с плоскостью Π_2 . При этом проекции точек на плоскость Π_1 займут новое положение. Для получения комплексного чертежа (эпюра) совмещенные плоскости проекций развернем на 90° таким образом, чтобы ось x_{12} была

ориентирована справа налево (рис. 95, б). Из эпюра видно, что у точек I – III четвертей пространства проекции расположены по разные стороны от оси x_{12} . Для I четверти проекции на Π_1 расположены под осью (точка A), для III – над ней (точка C). Для II четверти пространства обе проекции расположены над осью (точка B), а для IV – под ней (точка D). Если одна из проекций точки находится на оси x_{12} , то точка принадлежит плоскости проекций. На рис. 1 (см. с. 6) точка $E \in \Pi_2$, точка $F \in \Pi_1$.

Совпадение проекций означает, что точка находится в биссекторной плоскости II – IV четвертей пространства. Равное удаление проекций от оси x_{12} является признаком принадлежности точки к биссекторной плоскости I – III четвертей пространства.

2. Построить прямой угол ABC , если заданы две проекции одной его стороны $[AB]$ (рис. 96, а), а другая сторона $[BC]$ параллельна плоскости проекций Π_2 и равна 30 мм.

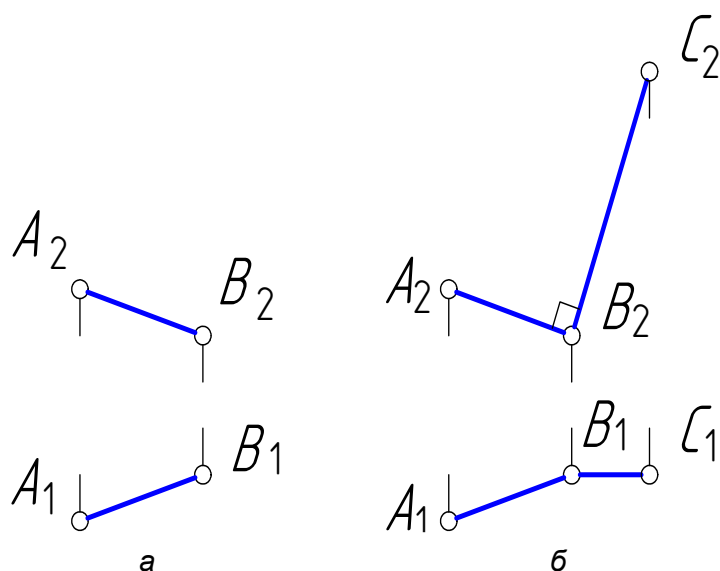


Рис.96

РЕШЕНИЕ

Так как $BC \parallel \Pi_2$ и AB неперпендикулярна Π_2 , то $|B_2C_2| = |BC|$ и угол при вершине B будет проецироваться на Π_2 без искажения (теорема о проецировании прямого угла). Следовательно, $|B_2C_2| = 30$ мм, $\angle A_2B_2C_2 = 90^\circ$. Из точки

B_2 откладываем $[B_2C_2]$ под прямым углом к $[A_2B_2]$ (рис. 96, б). Далее из точки B_1 проводим горизонтальную линию B_1C_1 параллельно воображаемой горизонтальной оси x_{12} до пересечения с линией проекционной связи для точки C .

3. Построить недостающие проекции точки E и прямой MN (рис. 97, а), принадлежащих плоскости Σ , заданной $\triangle ABC$.

РЕШЕНИЕ

Из инвариантных свойств прямоугольного проецирования следует, что если точка принадлежит плоскости Σ , то она принадлежит и прямой $l \subset \Sigma$.

В математической записи это выглядит так:
 $E \in \Sigma \Leftrightarrow E \in l \subset \Sigma \Rightarrow$
 $E_i \in l_i \subset \Sigma_i$. В этом ключ к решению задачи.

Проведя линию $l_2 = [E_2 A_2]$ (рис. 97, б), можно определить проекции вспомогательной точки 1, используя линию проекционной связи l_{s1} . Искомая проекция E_1 определится как точка пересечения линии $A_1 1_1$ и линии проекционной связи l_{s1} . Для точек M и N построения аналогичны.

4. Построить горизонтальную проекцию плоскости Σ , заданную фронтальной проекцией четырехугольника $ABCD$ и горизонтальной проекцией двух его сторон (рис. 98, а).

РЕШЕНИЕ

Задача сводится к предыдущей, если рассматривать недостающую проекцию точки B (рис. 98, б) как точку, принадлежащую плоскости Σ .

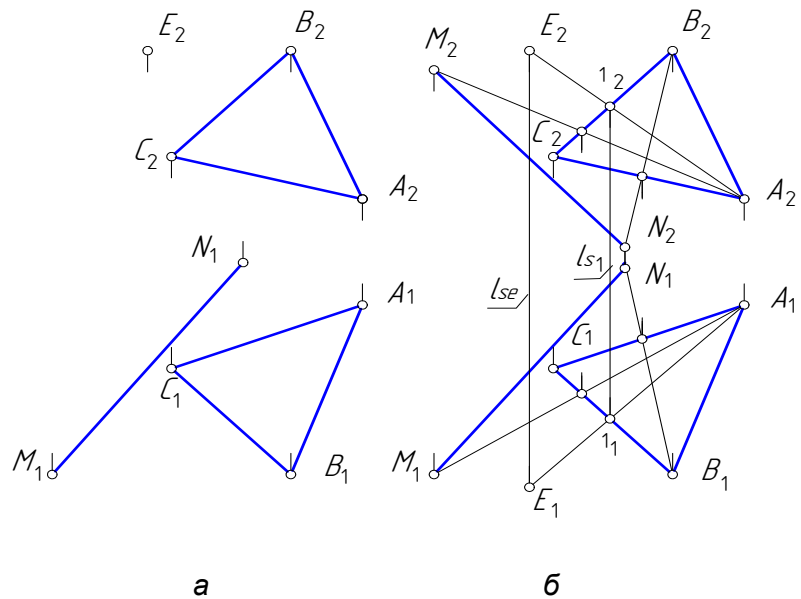


Рис. 97

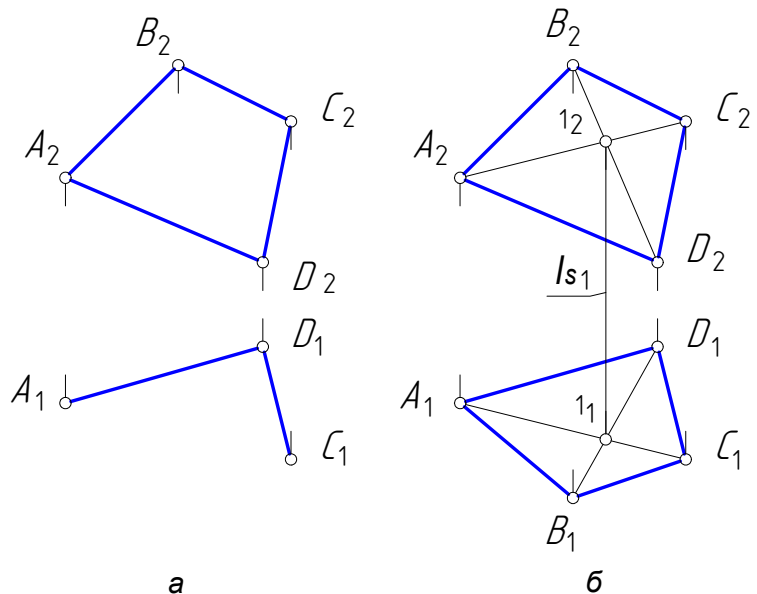


Рис. 98

5. По заданной горизонтальной проекции точки A , лежащей в плоскости $\Sigma(f \cap h)$, найти ее фронтальную проекцию (рис. 99, а).

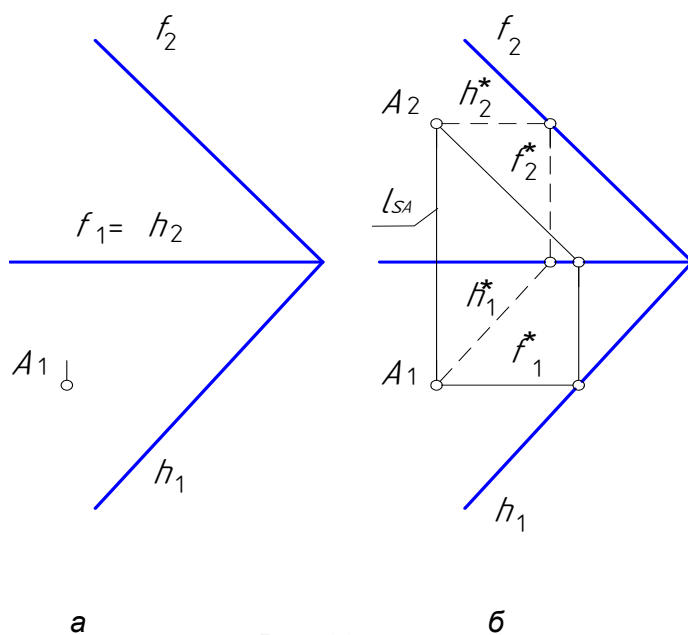
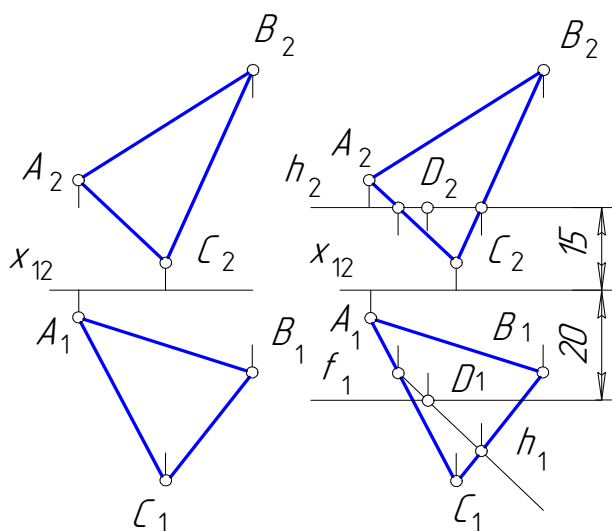


Рис. 99

второе решение с помощью фронтали.



7. Построить фронтальную проекцию a оманой $г$ $б$ 1 ABC , лежащей на поверхности сферы (рис. 101, а).

Рис. 100

РЕШЕНИЕ

Задача снова сводится к примеру 3, если через точку A провести вспомогательную линию, принадлежащую заданной плоскости. Так как плоскость Σ задана фронталью f и горизонталью h , в качестве вспомогательных линий рационально принять линии уровня (на чертеже они помечены звездочкой). Штриховой линией на рис. 99, б решение показано с помощью горизонтали. Сплошной тонкой линией представлено

6. В плоскости, заданной треугольником (рис.100, а) найти точку D , удаленную от фронтальной плоскости проекций на 20 мм и от горизонтальной плоскости проекций – на 15 мм.

РЕШЕНИЕ

Задача аналогична предыдущим. Целесообразно искать точку D (рис. 100, б) в месте пересечения двух вспомогательных линий уровня h и f , принадлежащих заданной плоскости Σ и удаленных от плоскостей проекций Π_1 и Π_2 в соответствии с условием задачи.

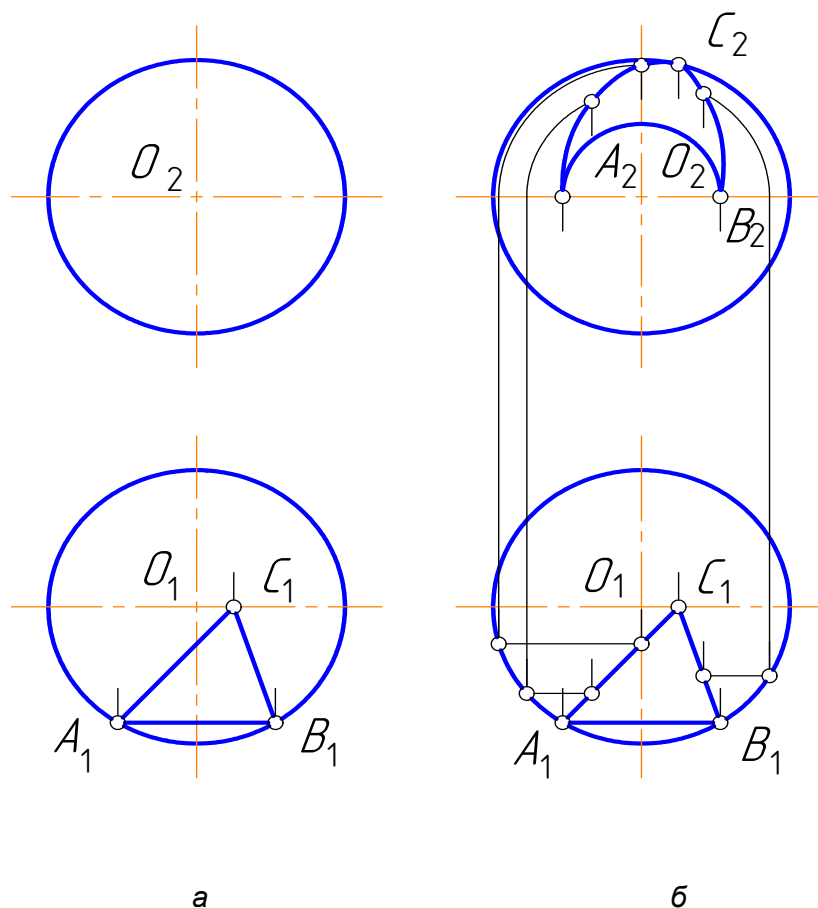


Рис. 101

РЕШЕНИЕ

Задача сводится к построению недостающей проекции точки, лежащей на заданной поверхности.

Восстанавливая линии проекционных связей из точек A_1 , B_1 , находим фронтальные проекции A_2 , B_2 (рис. 101, б). Они лежат на горизонтальной линии, проходящей через точку O_2 (фронтальная проекция экватора сферы).

Предположим, что точка C находится в верхней части сферы. Тогда с помощью линии проекционной связи находим точку C_2 . Для проведения кривых линий A_2C_2 и B_2C_2 возьмем несколько вспомогательных точек, принадлежащих отрезкам A_1C_1 и B_1C_1 на горизонтальной проекции сферы.

Дальнейшие построения по нахождению фронтальных проекций понятны из рис. 101, б. Соединив все точки, получим искомую проекцию.

ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ТЕСТЫ

В данном разделе приведены примеры тестов, являющихся прообразом аттестационных контрольных работ. Каждый тест содержит вопросы и коды правильных ответов к ним, размещенные в прямоугольной рамке в правом нижнем углу.

В табл. 2 указаны разделы основной литературы, рекомендуемой для фундаментальной подготовки. Курсивом помечены подразделы, содержащие ответ на поставленный в тесте вопрос. Это должно помочь студенту организовать самоподготовку к аттестации и самоконтроль.

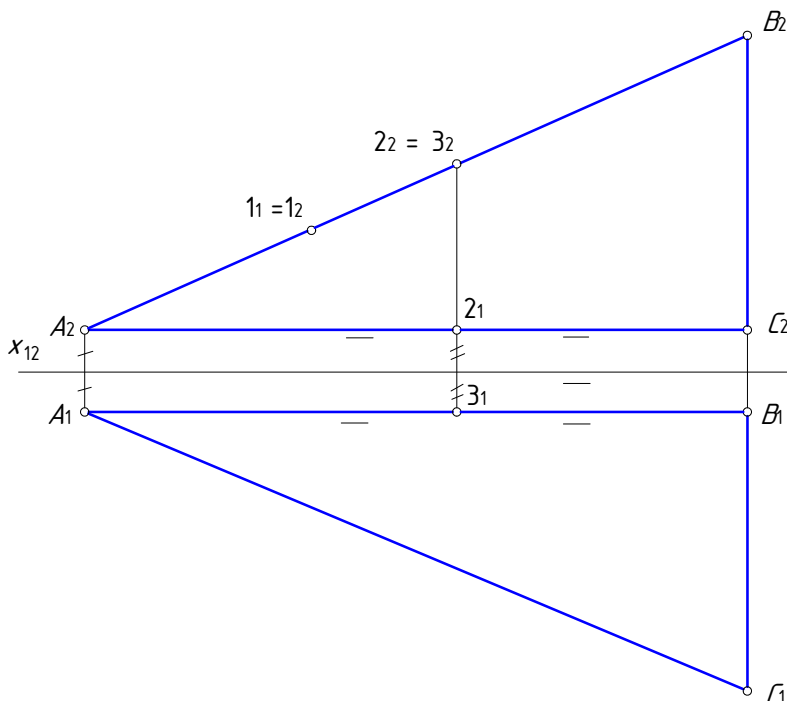
Таблица 2

Тест	Вопрос	Разделы рекомендуемой литературы	
1	1	[1], Глава I: §7	[2], Глава 1: 1.4
	2	[1], Глава I: §8	[2], Глава 2: 2.2
	3	[1], Глава I: §8	[2], Глава 3: 3.2
	4	[1], Глава I: §8	[2], Глава 3: 3.2
	5	[1], Глава I: §8	[2], Глава 2: 2.2
2	1	[1], Глава II: §13, Глава VI: §55	[2], Главы 2 и 5: 2.2 и 5.2
	2	[1], Глава VI: §57	[2], Глава 4: 4.5
	3	[1], Глава II: §14	[2], Глава 6: 6.2
	4	[1], Глава VI: §61	[2], Глава 6: 6.3
	5	[1], Глава V: §45, <i>рис. 191</i>	[2], Глава 5: 5.2, <i>рис. 5.6</i>
3	1	[3], Глава 5: 5.2	[2], Глава 13: 13.1–13.3
	2	[3], Глава 5: 5.2	[2], Глава 13: 13.1–13.3
	3	[3], Глава 5: 5.3	[2], Глава 13: 13.4
	4	[3], Глава 5: 5.4	[2], Глава 13: 13.5
	5	[3], Глава 5: 5.9	[2], Глава 11
4	1	[3], Главы 24–32	[2], Глава 14: 14.2
	2	[3], Главы 8–9: 8.1–9.1	[2], Глава 14: 14.4
	3	[3], Глава 8: 8.1–8.3	[2], Глава 16: 16.2–16.3
	4	[3], Главы 5, 14: 5.7, 14.2, 14.3	[2], Главы 15–17
	5	[3], Глава 14: 14.4	[2], Глава 17: 17.1

Отметим две существенные особенности тестов:

1. Для изображений, приведенных в тестах подготовлено по пять вопросов, на каждый из которых имеется лишь один правильный ответ. Каждый студент в аттестационный период получает индивидуальный тест.

2. Все тесты направлены на оперативный контроль понятийных или остаточных знаний. Углубленная проверка качества подготовки студента осуществляется на стадии аттестации. В аттестационной оценке помимо тестов учитываются результаты выполнения домашних заданий и курсовой работы.

ТЕСТ 1. Тема: "Точка, прямая, плоскость"	Вариант 31	Содержание вопроса	Вариант ответа	Код ответа
		1. Какая из точек A , C , 1 , 2 , 3 наиболее удалена от фронтальной плоскости проекций?	A	1
			C	2
			1	3
			2	4
			3	5
		2. На какую плоскость проекций отрезок AC проецируется в натуральную величину?	На горизонтальную Π_1	1
			На фронтальную Π_2	2
			На профильную Π_3	3
			На Π_1 и Π_2	4
			Такой плоскости нет	5
		3. Как называется плоскость, задаваемая треугольником ABC ?	Общего положения	1
			Фронтально проецирующая	2
			Горизонтально проецирующая	3
			Профильно проецирующая	4
			Профильная	5
		4. На какую из плоскостей проекций треугольник ABC проецируется в натуральную величину (без искажения)?	На Π_1	1
			На Π_2	2
			На Π_3	3
			На Π_1 и Π_2	4
			Такой плоскости нет	5
		5. Как называется прямая, заданная отрезком AB ?	Фронталь	1
			Горизонталь	2
			Профильная прямая	3
			Общего положения	4
			Горизонтально проецирующая	5

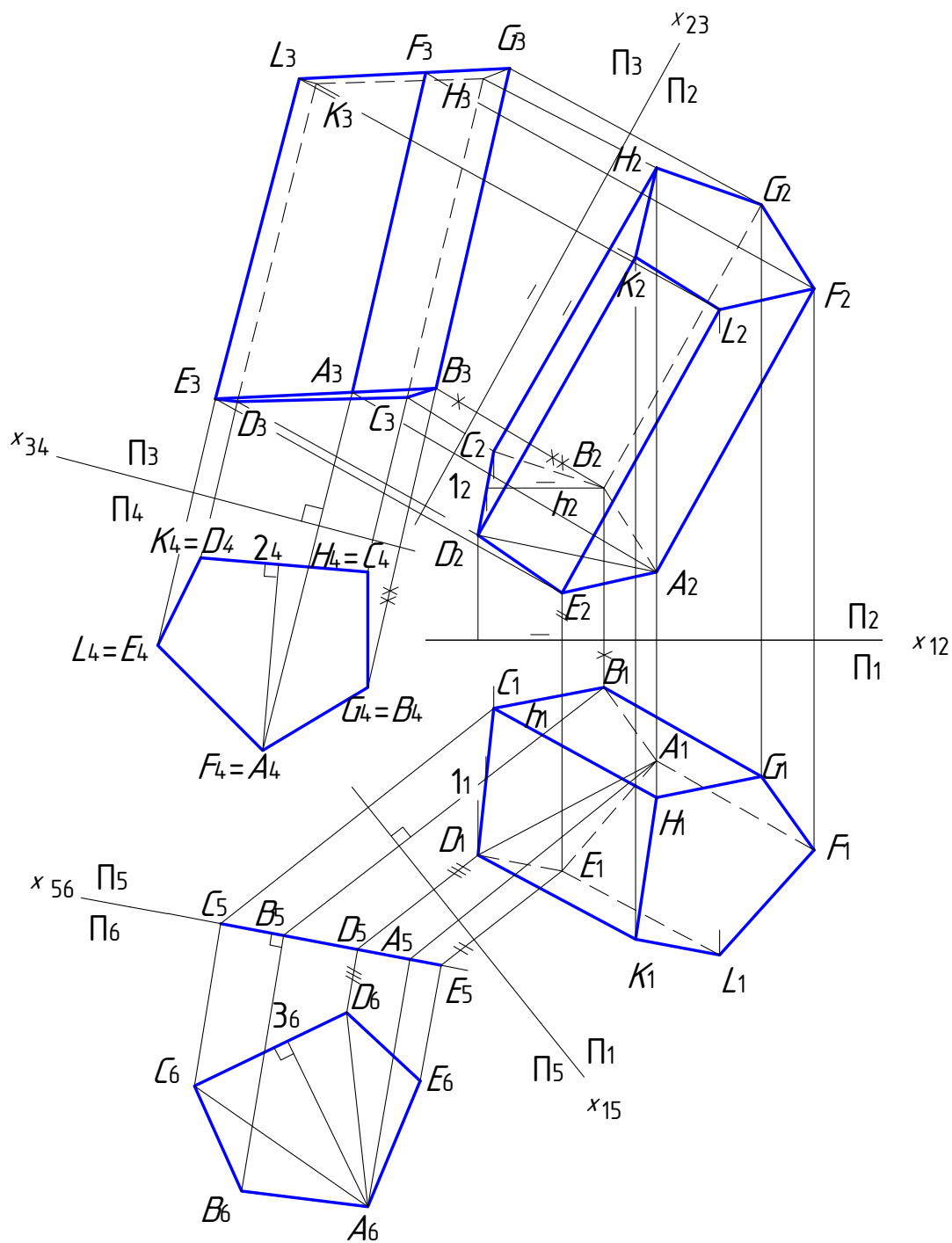


Таблица 4

Содержание вопроса	Вариант ответа	Код ответа
1. Каким отрезком измеряется истинная (натуральная) длина ребра AE ?	A_1E_1	1
	A_3E_3	2
	A_4E_4	3
	A_5E_5	4
	A_6E_6	5
2. На какой плоскости проекций можно измерить истинное (натуральное) расстояние между ребром AF и гранью $CDKH$?	Π_1	1
	Π_2	2
	Π_3	3
	Π_4	4
	Π_5	5
3. Какая из плоскостей проекций перпендикулярна боковым ребрам призмы (AF , BG , ...)?	Π_2	1
	Π_3	2
	Π_4	3
	Π_5	4
	Π_6	5
4. Каким углом измеряется истинный (фактический) угол между гранями $DKLE$ и $DKHC$?	$E_1D_1C_1$	1
	$E_2D_2C_2$	2
	$E_3D_3C_3$	3
	$E_4D_4C_4$	4
	$E_6D_6C_6$	5
5. Какой фигурой измеряется истинная (фактическая) площадь основания призмы?	$A_1B_1C_1D_1E_1$	1
	$A_2B_2C_2D_2E_2$	2
	$A_3B_3C_3D_3E_3$	3
	$A_4B_4C_4D_4E_4$	4
	$A_6B_6C_6D_6E_6$	5

54345

ТЕСТ 3. Тема: "Общие правила выполнения чертежей"

<p>1</p>
<p>2</p> <p>Аксонометрия</p>
<p>3</p>
<p>4</p>
<p>5</p>

Таблица 5

Содержание вопроса	Вариант ответа	Код ответа
1. Даны главные и виды сверху пяти деталей. Виды слева для всех деталей одинаковы. Укажите номер вида сверху для детали номер ⑤.	Код правильного ответа совпадает с номером вида сверху.	1
		2
		3
		4
		5
2. Дано аксонометрическое изображение и пять основных видов одной детали. Укажите номер вида, соответствующий виду сзади.	Код правильного ответа совпадает с номером вида сзади.	1
		2
		3
		4
		5
3. Даны изображения пяти деталей, для которых секущие плоскости не показаны. Укажите номер детали, на которой выполнен ступенчатый разрез.	Код правильного ответа совпадает с номером детали.	1
		2
		3
		4
		5
4. Укажите изображение, на котором выполнено вынесенное сечение, для которого линия сечения не проводится и не обозначается.	Код правильного ответа совпадает с номером изображения.	1
		2
		3
		4
		5
Даны пять стандартных аксонометрических проекций одной детали. Укажите изображение, выполненное в прямоугольной изометрии.	Код правильного ответа совпадает с номером детали.	1
		2
		3
		4
		5

13535

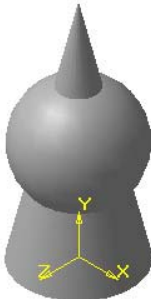
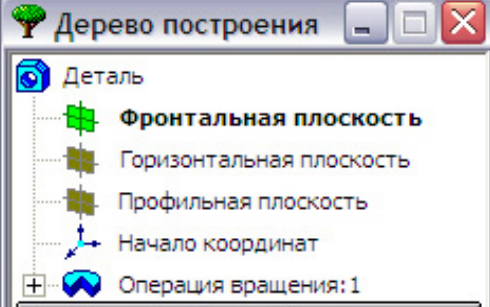
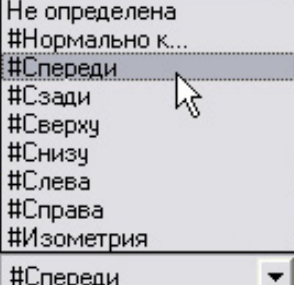
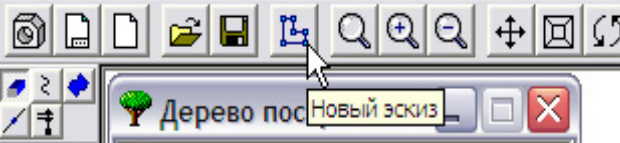
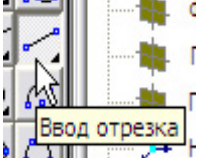
Содержание вопроса	Вариант ответа	Код ответа
1. Для рисунка слева установите номер изображения, содержащего винт с шестигранной головкой.	Номер изображения соответствует номеру кода.	1
		2
		3
		4
		5
2. Для рисунка слева установите номер изображения, соответствующего соединению сваркой.	Номер изображения соответствует номеру кода.	1
		2
		3
		4
		5
3. Для вилки (рисунок слева) установите номер изображения, соответствующего неразъемному соединению	Номер изображения соответствует номеру кода.	1
		2
		3
		4
		5
4. Для вилки (рисунок слева) укажите суммарное количество деталей, имеющих наружную резьбу.	Суммарное количество деталей в вилке соответствует номеру кода.	1
		2
		3
		4
		5
После какого раздела спецификации следует раздел "Прочие изделия"?	"Сборочные единицы"	1
	"Документация"	2
	"Материалы"	3
	"Детали"	4
	"Стандартные изделия"	5


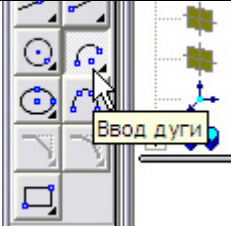
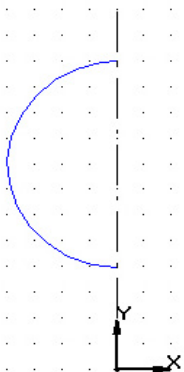
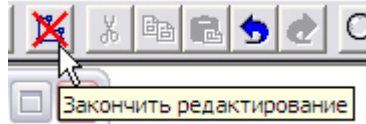
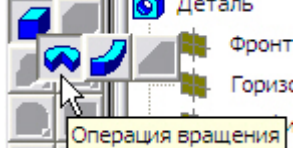
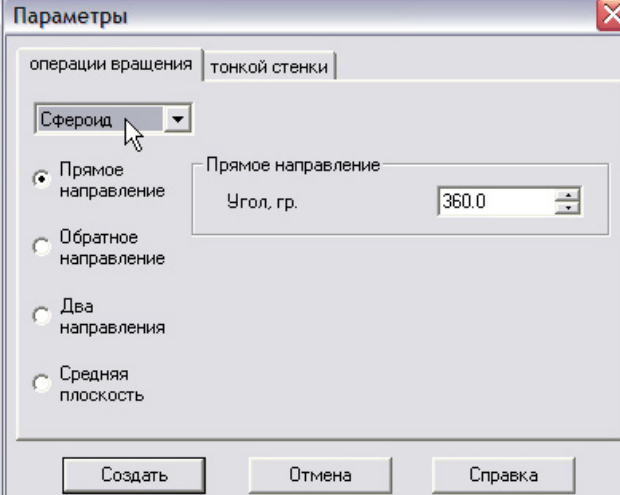
ТРЕХМЕРНЫЕ МОДЕЛИ В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D

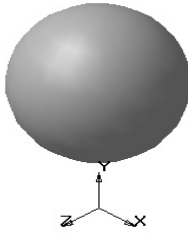
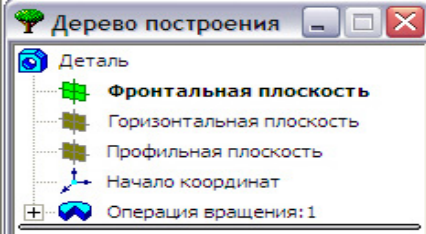
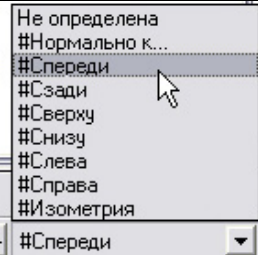
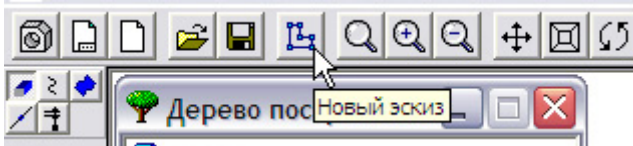
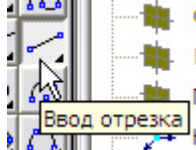
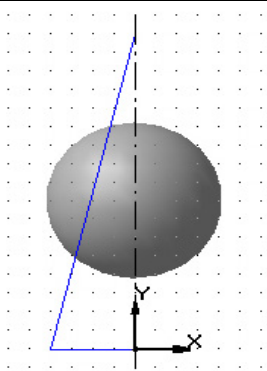
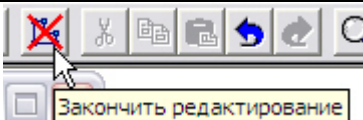
Построение трехмерных моделей заключается в выполнении операций объединения или вычитания объемных элементов.

В табл. 7 представлены этапы построения и объединения двух объемных моделей: шара и конуса. Этот материал окажется полезным студентам, выполняющим домашние задания и курсовую работу.

Таблица 7

<p>Задание. В прямоугольной изометрии построить изображение шара и конуса согласно приведенной справа иллюстрации.</p>	
<p>Создайте новую Деталь. В окне дерева построений выберите одну из трёх плоскостей (например, Фронтальную)...</p>	
<p>Выберите требуемый вид в строке состояния, расположенной в нижней части экрана для КОМПАС-3D 5.1.</p>	
<p>Создайте Новый эскиз.</p>	
<p>Нажмите на панели инструментов кнопку Ввод отрезка.</p>	

<p>Проведите вертикальный отрезок. Это ось симметрии детали.</p>	
<p>Нажмите на кнопку Ввод дуги.</p>	
<p>Укажите точку центра дуги (0, 40) и нарисуйте полуокружность радиусом R20.</p>	
<p>Нажмите на кнопку Закончить эскиз (редактирование эскиза).</p>	
<p>Выберите операцию Выдавливание вращением.</p>	
<p>В диалоге задания параметров выберите объект Сфероид и нажмите кнопку Создать.</p>	

<p>На экране появится прямоугольная изометрия сферы.</p>	
<p>В окне дерева построений выберите Фронтальную плоскость...</p>	
<p>Выберите требуемый вид в строке состояния, расположенной в нижней части экрана.</p>	
<p>Создайте Новый эскиз.</p>	
<p>Нажмите на панели инструментов кнопку Ввод отрезка.</p>	
<p>Начертите эскиз, подобный иллюстрации. Ломаная линия должна быть непрерывной (т. е. не содержать разрывов)!</p>	
<p>Закончите эскиз (редактирование), как показано на иллюстрации справа.</p>	

<p>Выберите операцию Приклеить вращением.</p> <p>В появившемся окне параметров нажмите на кнопку Создать.</p>	
<p>На экране появится решение задачи (как показано на иллюстрации справа). Далее при необходимости можно заняться определением основных видов, разрезов и сечений. Подробнее об этом изложено в этапе 5 на с. 47.</p>	

Ниже представлены этапы построения и вычитания двух объемов моделей: пирамиды и цилиндра. Этот материал послужит подспорьем студентам при выполнении задач 7 и 8 в курсовой работе [4].

ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПИРАМИДЫ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ВЫРЕЗОМ

Этап 1 (подготовительный). На листе чертежа строим натуральную форму грани Σ основания пирамиды, с проекциями ее вершины (крестик на рис. 102) и точки $E \in \Sigma$ – центра основания цилиндра (нижняя точка в виде окружности). Треугольник грани Σ не должен иметь разрывов! Помещая один из концов максимального по длине ребра грани в узел сетки, поворачиваем грань таким образом, чтобы ребро наибольшей длины приняло горизонтальное положение (рис. 102). При этом поворот необходимо выполнять с учетом прогноза наибольшей информативности выреза на боковых гранях пирамиды. Далее копируем эти объекты в буферную память, отметив в качестве базовой точку E .

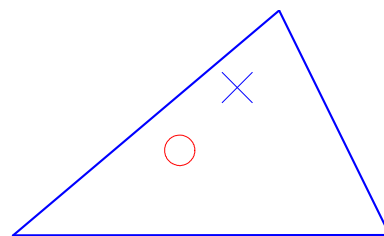


Рис. 102

Этап 2, Построение трехмерной модели пирамиды. На панели управления открываем команду построения детали. В дереве построения отмечаем мышью горизонтальную плоскость, располагаем ее параллельно плоскости экрана. В версии КОМПАС-3D 5.11 R03 LT для этого необходимо установить

вид сверху, в более поздних версиях плоскость xOy располагается таким образом автоматически. На панели управления открываем кнопку построения эскиза. Из буферной памяти копируем все объекты, помещая точку E в начало локальной системы координат, используя привязку **Ближайшая точка**. Закрываем эскиз, щелкая мышью по красной кнопке и кнопке **Эскиз**. На инструментальной панели включаем кнопку **Вспомогательная геометрия** и затем – подкоманду **Смещенная плоскость**. Мышью опять отмечаем горизонтальную плоскость в дереве построений и в строке параметров (внизу экрана) набираем высоту пирамиды. Щелкнув мышью по кнопке **Ввод**, создаем в дереве символ смещенной плоскости.

Отмечаем мышью смещенную плоскость и входим в режим построения эскиза. На панели инструментов включаем команду построения точки и, блокируя привязки, плавно перемещаем фантом точки, располагая его над проекцией вершины пирамиды. Закрываем эскиз. На панели инструментов

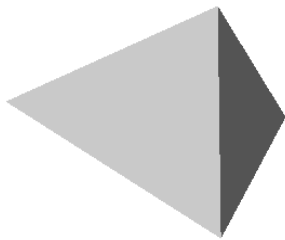


Рис. 103

появляется команда **Операция выдавливанием**. Включаем эту команду и, не отпуская левую клавишу мыши, находим подкоманду **По сечениям**. Отпустив клавишу, включаем эту подкоманду. В появившемся меню присутствует один эскиз. Добавляем второй эскиз, включив его кнопкой мыши в дереве построений. Командой **Создать** строим пирамиду как объемное тело (рис. 103).

Этап 3. Построение выреза. В дереве построений отмечаем мышью горизонтальную плоскость и располагаем ее в плоскости экрана. Включаем команду **Эскиз** и, используя команду **Окружность** инструментальной панели, строим окружность заданного радиуса с центром в точке E (предварительно снимаем блокировку с **Привязок**). После закрытия эскиза на панели инструментов появляется команда **Операция выдавливанием**. Включаем

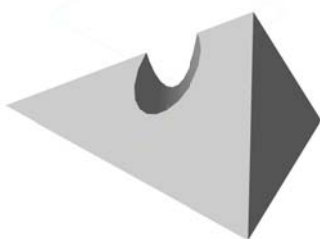


Рис. 104

эту команду и в появившемся меню выбираем направление выдавливания. Для правильного выбора полезно использовать аксонометрическое изображение пирамиды, на котором появляется стрелка направления выреза. Величина выреза устанавливается «на глаз», оценивая соотношение высот фантома цилиндра и пирамиды. Командой **Создать** в пирамиде вырезается отверстие (рис. 104).

Этап 4. Разрез пирамиды плоскостью. Наибольший интерес представляет разрез или сечение профильной плоскостью по оси цилиндра.

В дереве построений выбираем мышью профильную плоскость и, включив команду **Сечение** на панели инструментов, рассекаем пирамиду (рис. 105). Эту операцию целесообразно выполнять на виде сверху, когда появляется фантом стрелки для отсекаемой части.

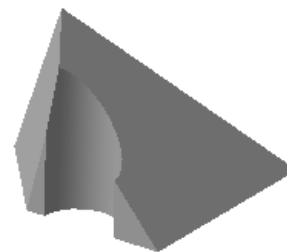


Рис. 105

Этап 5. Создание заготовки чертежа. По результатам этапов 2 – 4 можно создать чертежи пирамиды. В версии Компаса 5.11 LT основные виды устанавливаются в меню после вызова подкоманды **Создать заготовку чертежа** в глобальной команде **Файл**. В поздних версиях предварительно следует создать пустой лист и, используя команды панели управления **Вставка, Вид с модели, Стандартные виды**, установить необходимые виды (рис. 106). Неудобством здесь является то обстоятельство, что приходится, как правило, выполнять масштабирование и переопределение главного вида. По умолчанию на панели свойств установлен вид спереди, что не соответствует схеме построения пирамиды, приведенной выше. После замены этого вида на вид снизу изображения пирамиды будут соответствовать классической схеме основных видов. Сравнительную оценку основных видов лучше всего выполнить на этапах 2 и 3, включая последовательно кнопки видов. Кроме того, нужно также следить за масштабом отображения на экране, который автоматически изменяется. Например, при выполнении операции построения точки в смещенной плоскости следует предварительно отрегулировать масштаб отображения так, чтобы была видна проекция вершины пирамиды. На втором этапе **Операция выдавливанием** активизируется командой **Редактирование детали**.

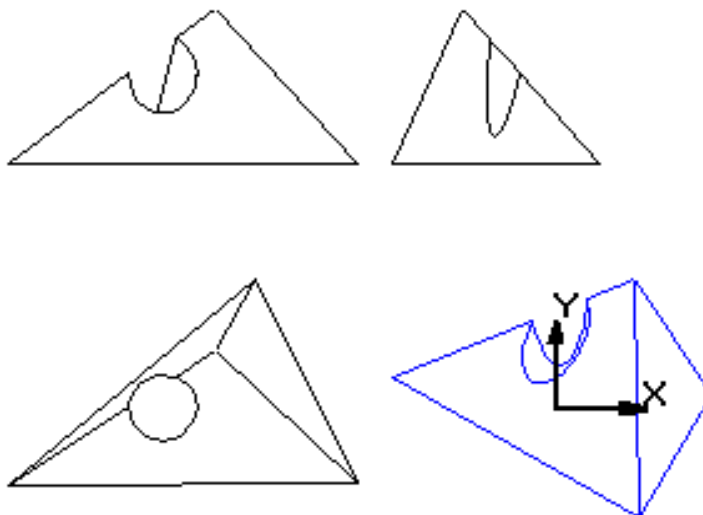


Рис. 106

Список литературы

1. Фролов С. А. Начертательная геометрия: учеб. для втузов. – М.: Машиностроение, 1983. – 240 с.
2. Чекмарев А. А. Инженерная графика: учеб. для немаш. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 2000. – 365 с.
3. Попова Г. Н., Алексеев С. Ю. Машиностроительное черчение: справ. – Л.: Машиностроение, 1986. – 447 с.
4. Инженерная и компьютерная графика: метод. указания к выполнению курсовой работы по начертательной геометрии / Сост.: Р. А. Сакаев, Б. М. Перлов, Н. А. Хандурина. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2002. – 28 с.
5. Олимпиадные и рейтинговые задачи: метод. указания к решению задач повышенной сложности по начертательной геометрии / Сост.: Р. А. Сакаев, Б. М. Перлов; ГЭТУ. СПб., 1997. – 24 с.

Содержание

Принятые обозначения и символы	3
Введение	4
Условия задач по начертательной геометрии	6
Примеры решения задач.....	29
Тренировочные тесты	34
Трёхмерные модели в системе КОМПАС-3D	42
Список литературы	47

Сакаев Руф Амирович,
Павлова Юлия Владимировна,
Перлов Борис Михайлович,
Лысков Алексей Иванович

Инженерная и компьютерная графика

Электронное учебно-методическое пособие
к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов

Редакторы: Э. К. Долгатов, Н. В. Лукина

Подписано в печать 17.10.17. Формат 60×84 1/16.
Гарнитура «Times New Roman». Печ. л. 3,0.
Тираж 2 экз. Заказ 178.

Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
197376, С.-Петербург, ул. Проф. Попова, 5