

**Методические рекомендации
к практическим работам
по дисциплине «Начертательная
геометрия и инженерная графика»
раздел «Начертательная геометрия»**

**для направлений «Природообустройство и
водопользование», «Строительство»**

Бишкек 2022

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени первого Президента Российской Федерации Б. Н. Ельцина
ФАКУЛЬТЕТ АРХИТЕКТУРЫ, ДИЗАЙНА И СТРОИТЕЛЬСТВА

Кафедра водных ресурсов и инженерных дисциплин

**Методические рекомендации
к практическим работам
по дисциплине «Начертательная
геометрия и инженерная графика»
раздел «Начертательная геометрия»**

**для направлений «Природообустройство и
водопользование», «Строительство»**

-

Бишкек 2022

УДК 514.182.7
Ф 54

Рецензент
Султаналива Т.С. – канд. техн. наук, доц.

Составитель:
Г.П. Фролова

Рекомендовано к изданию
кафедрой водных ресурсов и инженерных дисциплин КРСУ

Ф 54 Методические рекомендации к практическим работам по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика», раздел «Начертательная геометрия» для направлений «Природообустройство и водопользование», «Строительство» / сост.: Г.П. Фролова. Бишкек: КРСУ, 2022. 120 с.: ил.

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины на основании ФГОС ВПО и учебного плана КРСУ. Состоят из 10 практических работ, непосредственно связанных с выполнением эпюров, даны исходные данные для трех эпюров, изложена методика выполнения задач в двухпроекционном изображении и числовых отметках. Рассчитаны с учетом проведения занятий в первом семестре как в аудитории, так и онлайн. Приведены требования, предъявляемые к оформлению чертежей, образец выполненных работ и варианты индивидуальных заданий.

Предназначены для студентов направлений «Природообустройство и водопользование», «Строительство», а также могут быть полезны для студентов других направлений, изучающих дисциплину «Начертательная геометрия и инженерная графика».

© ГОУВПО КРСУ, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
ПРАКТИЧЕСКОЕ РАБОТА 1. <u>Стандарты оформления чертежа</u>	6
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. <u>Метод ортогонального проецирования. Точка</u>	18
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. <u>Задачи на определение положения линии, точки на прямой</u>	24
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. <u>След прямой. Построение прямых в аксонометрической проекции</u>	30
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5. <u>Проекции с числовыми отметками. Точка и прямая в проекциях с числовыми отметками</u>	37
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6. <u>Плоскость на чертеже</u>	45
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7. <u>Решение задач на плоскости, заданной числовыми отметками</u>	58
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8. <u>Вертикальная планировка</u>	63
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9. <u>Определение границы земляных работ при проектировании объекта строительства</u>	70
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 10. <u>Построение профиля топографической поверхности и объекта строительства</u>	77
Приложение	81
Литература	115

Предисловие

Начертательная геометрия изучает пространственные фигуры по их проекционным изображениям. Основной задачей начертательной геометрии является разработка способов решения позиционных, метрических и других задач по комплексному чертежу различных объектов.

В методических рекомендациях рассмотрены задачи, которые являются составными частями графического выполнения трех эпюров: эпюра 1 и 2 – позиционные и метрические задачи, эпюра 3 – вертикальная планировка. Приведены исходные данные для выполнения эпюров по вариантам. Особое внимание уделено построению в проекциях с числовыми отметками. Этот материал не всегда удается осветить в лекционных занятиях, поэтому требуется более подробно изложить в практических работах.

Перед выполнением практической работы преподавателем проводится вступительная беседа по теме предстоящего занятия. После этого на доске приводится графическое построение задачи и объясняется методика ее выполнения согласно данным методическим рекомендациям. После объяснения преподавателем материала, а также ответов на вопросы, студенты приступают к выполнению задания. В аудитории студенты выполняют одно общее задание. Для выполнения эпюров каждому студенту выдается отдельный вариант. Студентам также рекомендуется прослушать лекториум по начертательной геометрии Кайгородцевой Натальи Викторовны на официальном канале Омского государственного технического университета (ОмГТУ).

Особое внимание на практических занятиях по дисциплине уделяется тому как студенты выполняют графические построения. Отдельные задания студенты выполняют в рабочих тетрадях. Посторенные эпюров рекомендуется выполнять на листах ватмана формата А2 – для первого эпюра, и А3 для второго и третьего эпюра. Все работы выполняются простыми и цветными карандашами. Изображения должны быть чёткими, контурными.

ПРАКТИЧЕСКОЕ РАБОТА 1. Стандарты оформления чертежа

Основным методом начертательной геометрии является *метод проекций*, поэтому чертежи, построенные этим методом, называют *проекционными*.

Однако для обеспечения наглядности чертежа и возможности производства изделия устанавливаются законы оформления изображений и сопровождения дополнительной информацией. Эти законы называют стандартами (ГОСТ). А свод стандартов называют Единой Системой Конструкторской Документации (ЕСКД).

В общей системе стандартизации ЕСКД присвоен код 2. Внутри ЕСКД стандарты объединяются по группам, которым присваивается цифровой код от 0 до 9. пример, в учебном процессе изучаются стандарты следующих групп:

- 1– основные положения;
- 3– общие правила выполнения чертежей;
- 4 – правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения;
- 7 – правила выполнения схем;
- 9 – прочие стандарты.

В каждой группе стандартам присваивается порядковый номер. Таким образом, обозначение конкретного стандарта будет выглядеть, например, как показано на следующем рисунке:

ГОСТ 2.301-68

2 – код ЕСКД

3 – группа ГОСТ

01 – порядковый номер ГОСТ в группе

68 – год регистрации стандарта

Кроме того, стандарту присваивается наименование, например:

ГОСТ 2.301-68 Форматы.

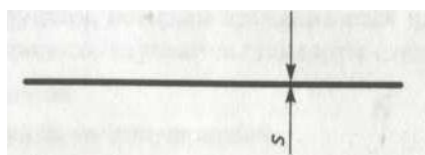
Прежде чем изучать начертательную геометрию, изучим важнейшие законы оформления изображений.

Начальные сведения о правилах оформления изображений

Правила оформления изображений мы будем рассматривать не в полном объеме, а по мере их использования. При этом необходимо различать вид и назначение изображения, например: чертеж, технический рисунок, художественный рисунок, фотография, киноплёнка – все они подчиняются единым геометрическим законам, но оформляются по-разному. Мы будем рассматривать правила оформления чертежа и технического рисунка, а на первом этапе – правила оформления изображений чертежа как в стадии их разработки, так и на завершающем этапе. Этим правилам должны подчиняться и геометрические рисунки, иллюстрирующие положения начертательной геометрии.

Линии

ГОСТ 2.303-68 устанавливает следующие типы линий и их наименование:

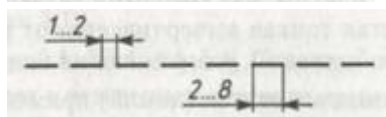


Сплошная толстая основная линия
 $s=0,5 \dots 1,4$ мм;

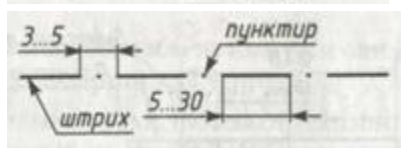
Сплошная тонкая линия, толщина
 $(1/2 \dots 1/3)s$;



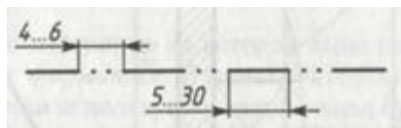
Сплошная волнистая линия;



Штриховая линия;



Штрихпунктирная линия;



Штрихпунктирная тонкая линия с двумя точками.

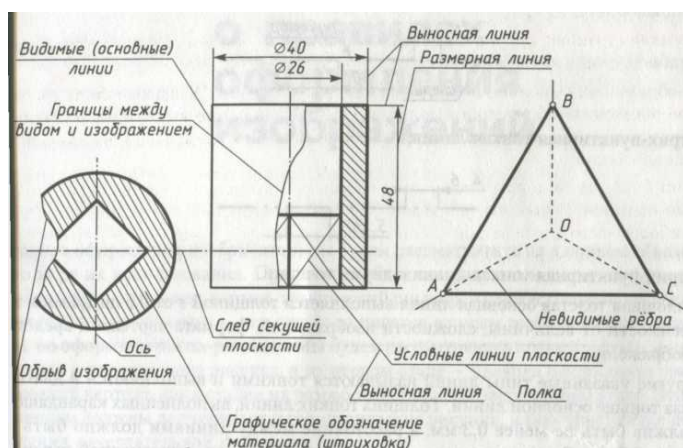
Сплошная толстая основная линия выполняется толщиной s от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины, сложности изображений, формата чертежа и средства изображения.

Другие указанные типы линий называются тонкими и выполняются в два-три раза тоньше основной линии. *Толщина тонких линий, выполненных*

карандашом, должна быть не менее 0,3 мм, а расстояние между линиями должно быть не менее 0,8 мм. Следовательно, толщина основной линии, вычерченной карандашом, должна быть не менее 0,6 мм.

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинаковой для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе. Контрастность линий должна быть равной.

Каждый тип линии имеет свою область применения и свое назначение. На рис. 1 показан пример использования разных линий в изображениях



детали, образованной двумя цилиндрами и призмой, и тетраэдра (трехгранной пирамиды) OABC.

Рисунок 1 – Пример использования линий в изображениях

Линия сплошная толстая основная предназначена для изображения видимого контура детали, видимых линий пересечения поверхностей, линий пересечения секущих плоскостей с поверхностями изделий при образовании разрезов и сечений, а также для изображения таблиц, основных надписей, внутренней рамки чертежа, структурных элементов схем.

Линия сплошная тонкая используется для всех промежуточных построений изображения, для нанесения размеров (выносные и размерные линии), для штриховки (графического изображения материала изделия), в разрезах и сечениях, для линий-выносок и полок, над которыми делаются поясняющие надписи обозначения, для подчеркивания надписей, для воображаемых линий плавного перехода поверхностей и других.

Линия сплошная волнистая тонкая вычерчивается от руки и

применяется для ограничения (обрыва) изображений, разграничения вида и разреза, для изображения невидимых элементов (линий) применяется штриховая линия, например, изображение пирамиды $OABC$ на рис.1 будет непонятным, если не показывать невидимые ребра.

Штрих-пунктирная тонкая линия предназначена для изображения осей (осей симметрии, осей вращения), центровых линий и следов секущих плоскостей при выполнении разрезов и сечений.

Линия штрих-пунктирная тонкая с двумя точками используется для изображений линий сгиба на развертках, изделий в промежуточных положениях, развертки, совмещенной с видом.

Масштабы и форматы

Величина изображений объекта определяется масштабом и выбирается в зависимости от его сложности, цели изображений и размера листа бумаги (или другого материала) для их размещения.

Масштабом называют величину отношения длины l изображения отрезка (длина на чертеже) к его действительной длине L .

ГОСТ 2.302-68 устанавливает для изображений на чертежах:

- масштабы уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10 и др.;
- натуральная величина: 1:1;
- масштабы увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1 и др.

Если масштаб указывается в отведенном для него месте, то он записывается отношением, например: 1:2 и т. д., а в других случаях его указывают над изображением по типу: М 1:1; М 1:2; М 2:1 и т. д. или в скобках рядом с другим обозначением, например А-А (2:1).

На иллюстрациях, рисунках масштабы не пишут, и они могут отличаться от масштабов, установленных стандартом для чертежа.

Изображения, выполненные от руки, называют эскизом. Эскиз выполняют в глазомерном масштабе, который не указывают. Здесь важно

выдержать соотношение (пропорции) размеров отдельных геометрических элементов и их взаимного расположения.

Лист бумаги или другого материала, на котором выполняют чертеж и необходимые надписи, называют форматом. В конструкторской и учебной практике наиболее часто для чертежа используется специальная бумага – так называемый ватман – с размерами сторон формата по ГОСТ 2.301-68 $b \times a = 594 \times 841$ мм (рис. 2), который обозначается *A1*. Купленный вами лист может иметь несколько завышенные размеры сторон. Перед использованием его следует обрезать.

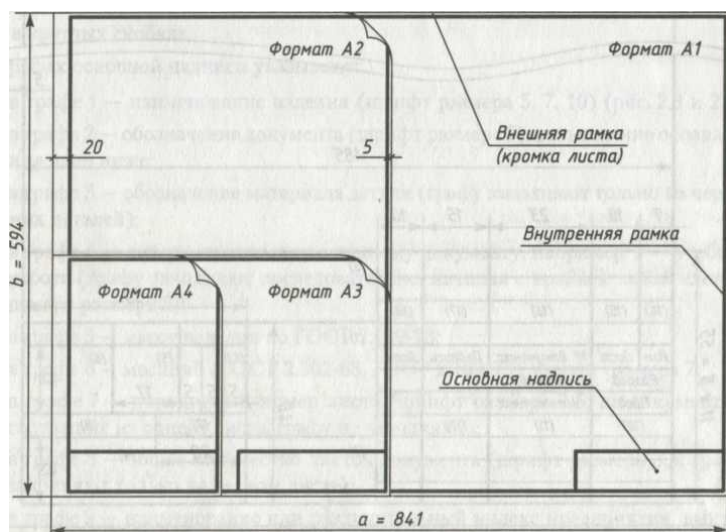


Рисунок 2 – Форматы чертежа

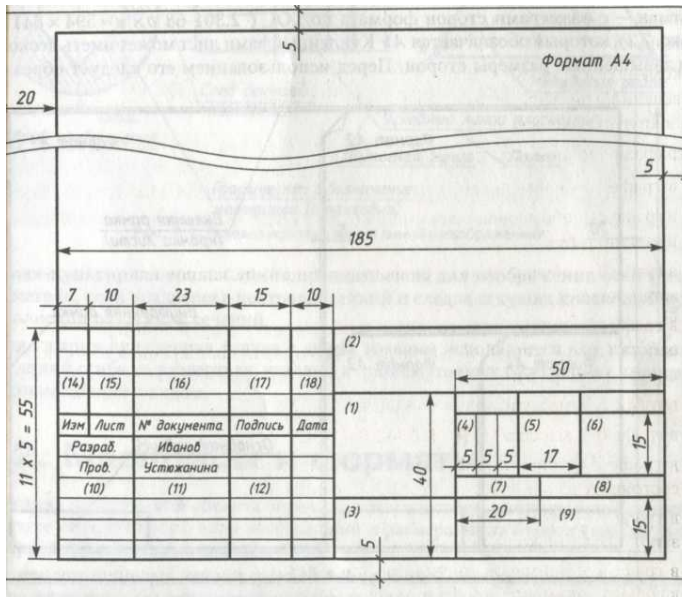
Более мелкие форматы образуются последовательным делением на два длинной стороны предыдущего формата. На рис. 2. показана последовательность образования форматов, их условное обозначение и оформление. Размеры сторон форматов: *A2*— 420 х 594 мм; *A3*— 297 х 420 мм; *A4* — 210 х 297 мм.

Если формат отдельный, то его кромка называется внешней рамкой. Если формат выделяется на листе большего размера, то внешняя рамка вычерчивается тонкой сплошной линией по размерам сторон формата.

Все форматы можно располагать к себе длинной и короткой стороной, кроме формата *A4*, который располагается только короткой стороной. На форматах толстой сплошной линией вычерчивается внутренняя рамка. С левой стороны она отступает от внешней рамки на 20 мм (поле подшивки

чертежей), а с трех других сторон на 5 мм. В правом нижнем углу формата размещается основная надпись, форму и содержание которой устанавливает ГОСТ 2.104-68.

Для чертежей и схем установлена форма 1 (рис. 3). В учебных работах



мы не будем использовать дополнительные графы, а содержание основных граф сделаем соответствующими стандарту и потребностям учебного процесса. Такой упрощенный вариант формы основной надписи показан на рис. 3 для формата А4, а пример заполнения приведен на рис. 4.

Рисунок 3 – Форма 1 основной надписи для чертежей и схем по ГОСТ 2.104-68.

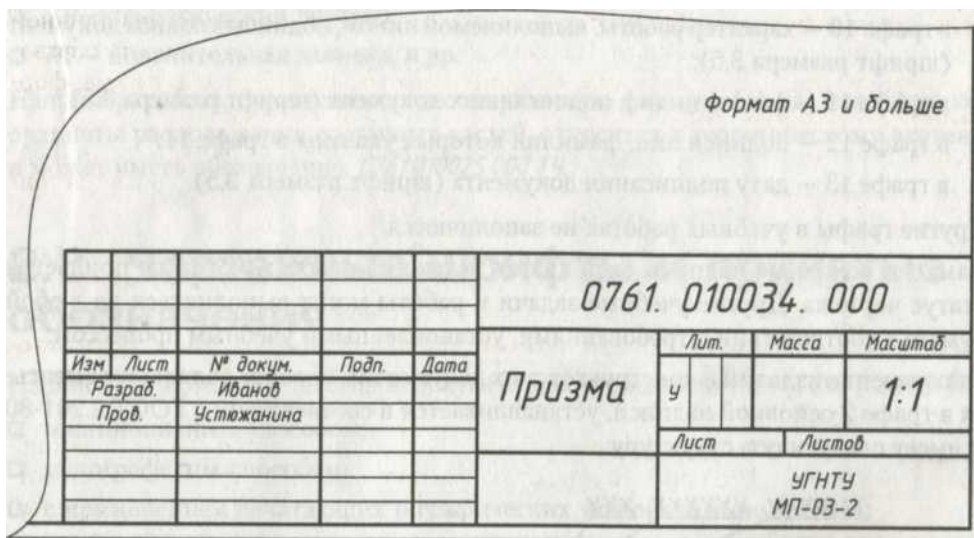


Рисунок 4 – Пример размещения и заполнения формы 1 в учебных чертежах и схемах

Основные надписи и рамки выполняют сплошными основными и сплошными тонкими линиями, как показано на рис. 3 и рис. 4. Графы

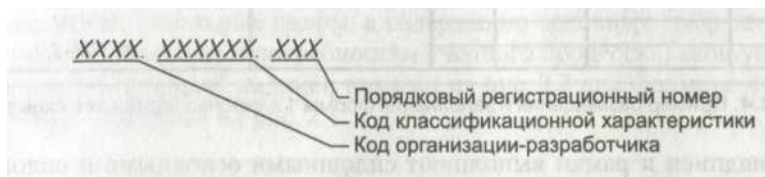
заполняют чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81.

Рекомендуемый размер шрифта указан ниже в пояснениях к заполнению граф. Графы на рис. 3 отмечены номерами в круглых скобках.

В графах основной надписи указывают:

- в графе 1 – наименование изделия (шрифт размера 5, 7, 10) (рис. 3 и 4);
- в графе 2 – обозначение документа (шрифт размера 7), разъяснение обозначения дано ниже;
- в графе 3 – обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);
- в графе 4 – литеру, присвоенную данному документу, например У – учебная работа (графу заполняют последовательно, начиная с крайней левой клетки, шрифт размера 5);
- в графе 5 – массу изделия по ГОСТ 2.109-73;
- в графе 6 – масштаб (ГОСТ 2.302-68, ГОСТ 2.109-73), шрифт размера 7;
- в графе 7 – порядковый номер листа (шрифт размера 3,5; на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);
- в графе 8 – общее количество листов документа (шрифт размера 3,5; графу заполняют только на первом листе);
- в графе 9 – наименование или различительный индекс предприятия, выпускающего документ (шрифт размера 5, 7);
- в графе 10 – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ (шрифт размера 3,5);
- в графе 11 – фамилии лиц, подписавших документ (шрифт размера 3,5);
- в графе 12 – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11; в графе 13 – дату подписания документа (шрифт размера 2,5). другие графы в учебных работах не заполняются

Рамки и основные надписи выполняют только на работах, которым придается статус чертежа. Другие учебные задачи и работы могут выполняться на любой бумаге в соответствии с требованиями, установленными учебным процессом, обозначение изделий и конструкторских документов, которое должно указываться в графе 2 основной надписи, устанавливается в соответствии с ГОСТ 2.201-80 и имеет следующую структуру:



У нас будет свой код, в котором будет указана кафедра. Номер чертежа, работы.....

может добавляться код документа по ГОСТ 2.102-68:

ОБ — сборочный чертеж;

ВО — чертеж общего вида и т.д.

Чертежные шрифты и принятые обозначения

Надписи на чертежах и текстовые документы могут выполняться (ГОСТ 2.105-79):

машинописным способом; типографским способом; рукописным способом основным чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81 с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм; с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ

Форма и размеры элементов шрифта определяются техническими средствами. Для рукописи стандарт устанавливает шрифты типа «А» и типа «Б». Мы будем использовать на чертежах шрифт типа «Б».

Основные параметры шрифта (рис. 5):

h – размер шрифта равен высоте прописных букв в (высота строки, мм);

c – высота строчных букв, $c = 7/10 h$;

a – расстояние между буквами, $a = 2/10 h$

d – толщина линии шрифта, $d= 1/10 L$;

e – минимальное расстояние между словами, $e= 6/10 h$

b – минимальный шаг строк (расстояние между основаниями строк), $b = 17/10 h$

f –превышение буквы «О», $f= 1/2 d$.

Установленные размеры шрифта даны в табл. 1.

Таблица 1 – основные параметры шрифта типа «Б»

Параметр	Обо	Размеры, мм						
Размер шрифта	h	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Высота строчных букв	c	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Расстояние между буквами	a	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Минимальный шаг	B	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0
Минимальное расстояние между	e	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0
Толщина линий шрифта	d	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0

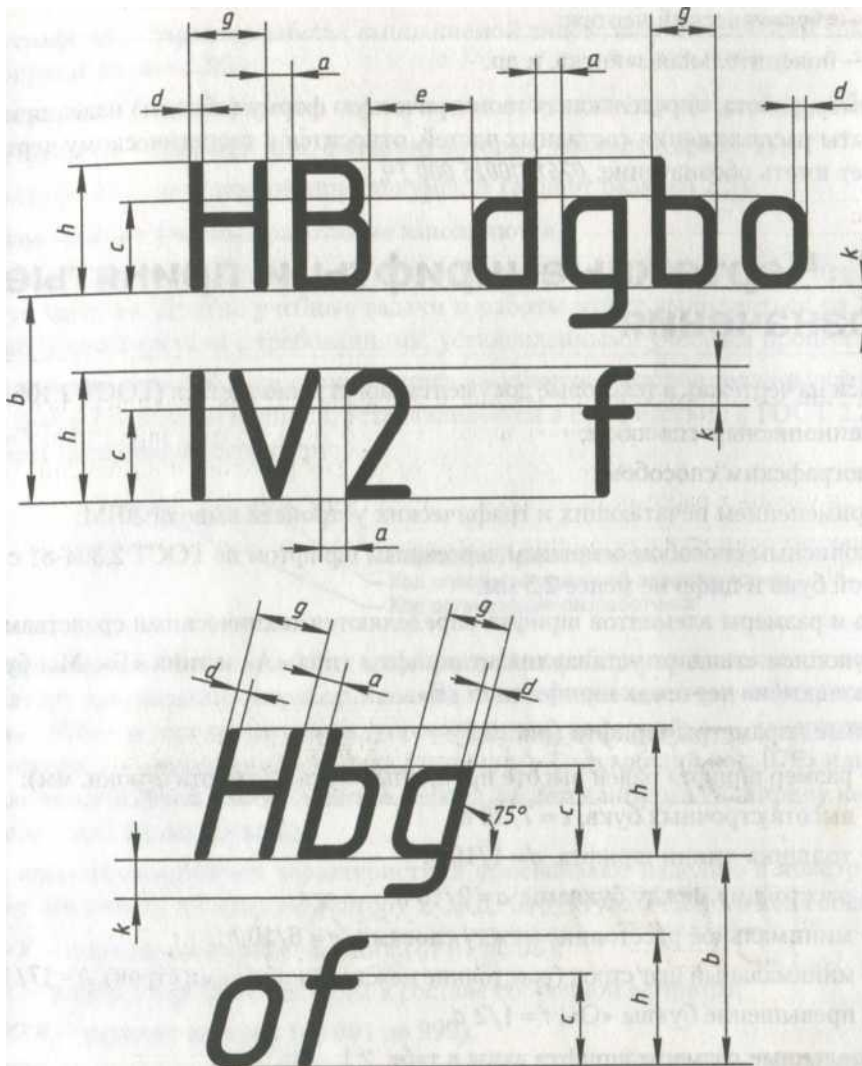


Рисунок 5 – Основные параметры шрифта

Шрифт типа «Б» применяется с наклоном примерно 75° и без наклона. На одном чертеже рекомендуется применять шрифт одного типа. Размер шрифта выбирается в зависимости от размера формата, размера изображений и назначения чертежа. Для учебных работ рекомендуются шрифты размера **2,5; 3,5; 5; 7**.

Типичные особенности начертания некоторых элементов букв можно проследить по рис. 6. Для выработки навыка рекомендуется делать разметку строки, размещение букв, обводку шрифта, как показано на рис. 7 (линии делать бледными и потом не стирать). Удобно для этой цели использовать трафарет.

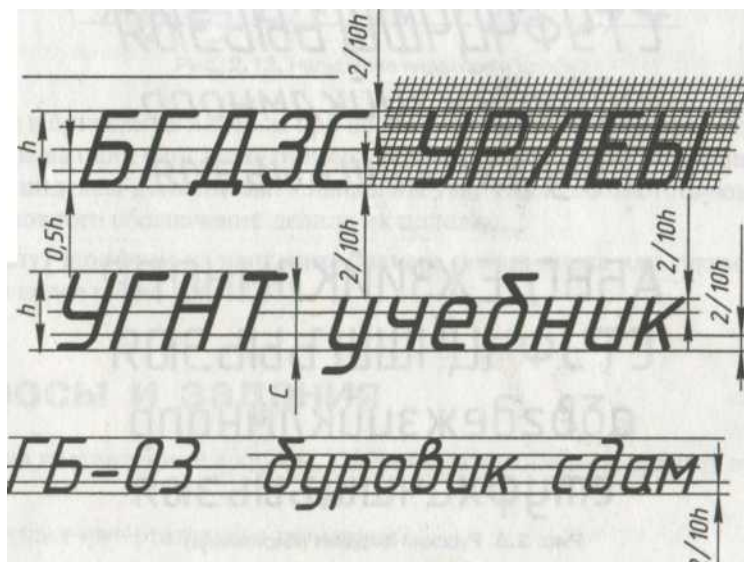


Рисунок 6 – Начертание элементов букв

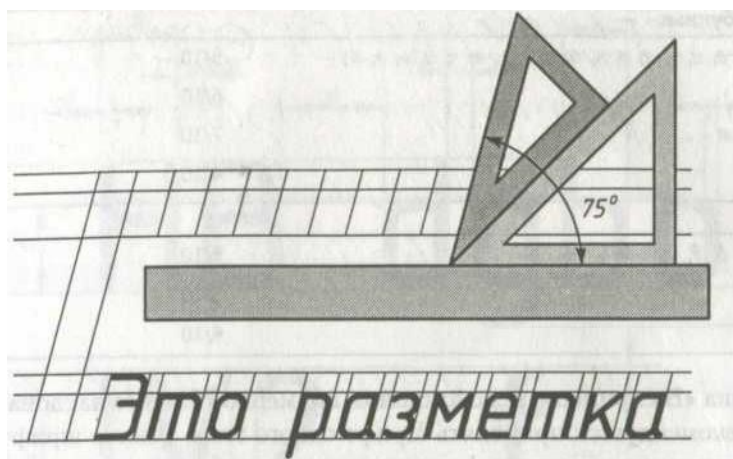


Рисунок 7 – Разметка шрифта

Цифровые и буквенные индексы при обозначениях рекомендуется писать шрифтом размера на один ранг ниже размера шрифта основного обозначения. Верхние и нижние индексы должны быть написаны так, чтобы соответствующая линия строки основного обозначения делила их пополам.

Дроби пишут шрифтом на ранг ниже размера целого числа или таким же шрифтом, что и целое число.

Задание. Напишите шрифтом типа «Б» строчным размером 7 на листе формата А3, который будет Вашим титульным листом для всех выполненных работ:

- наименование предмета;

- свою фамилию, имя, отчество;
- шифр группы;
- фамилию, имя, отчество преподавателя;
- учебный год.

Рекомендации: — не забудьте сделать рамку на листе: слева 20 мм, верху. Снизу и справа по 5 мм. Лист должен быть расположен в альбомном формате;

- каждую строку расположите посередине листа;
- начертите строки нужного размера и положите перед собой книгу с изображенным шрифтом.

Выполнять титульный лист необходимо на формате А3. Размеры формата, величины букв, расстояние между словами и буквами следует выполнять в зависимости от номера шрифта.

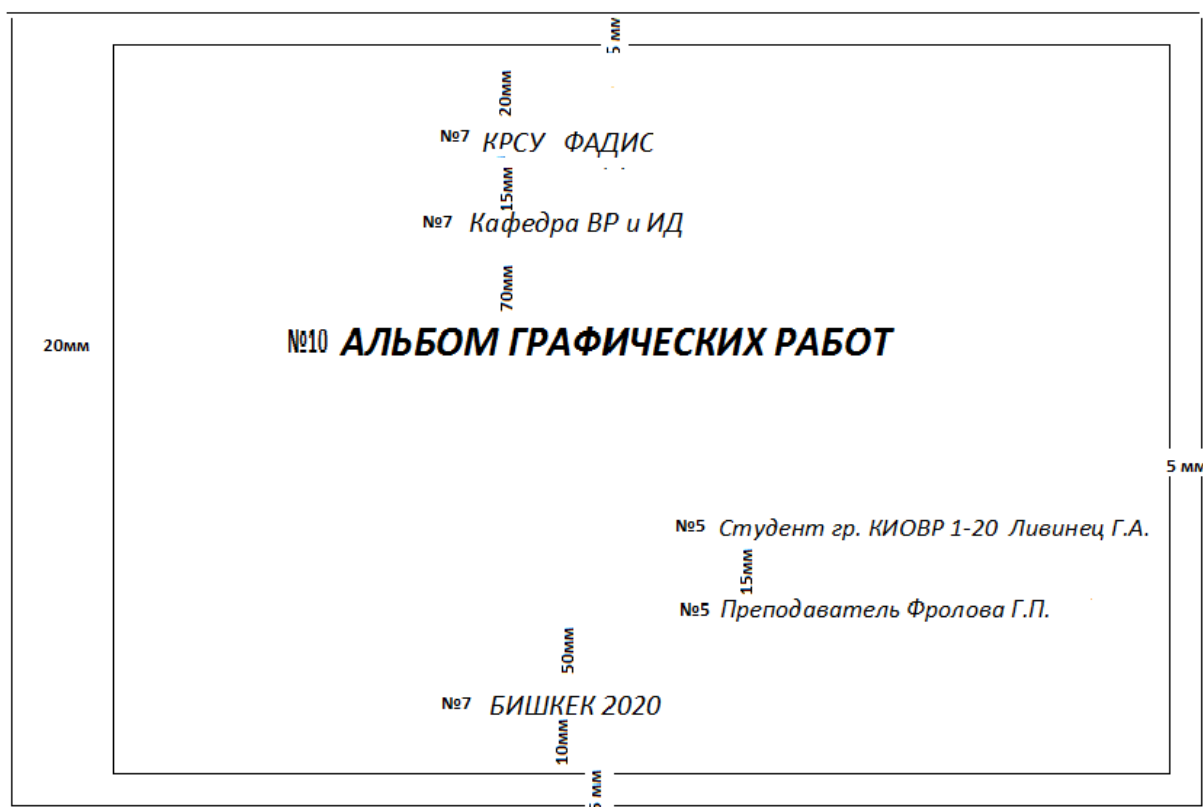


Рисунок 8 – Пример выполнения титульного листа

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. Метод ортогонального проецирования. Точка.

Практические работы 2-5 поясняют содержание эпюра 1.

Прямоугольной проекцией точки называется основание перпендикуляра, восстановленного из точки на плоскость проекций.

X – определяет расстояние от точки до плоскости ПЗ;

Y – определяет расстояние от точки до плоскости П2;

Z – определяет расстояние от точки до плоскости П1.

По расположению на эпюре проекций точки можно судить о ее расположении в пространстве (рис. 9):

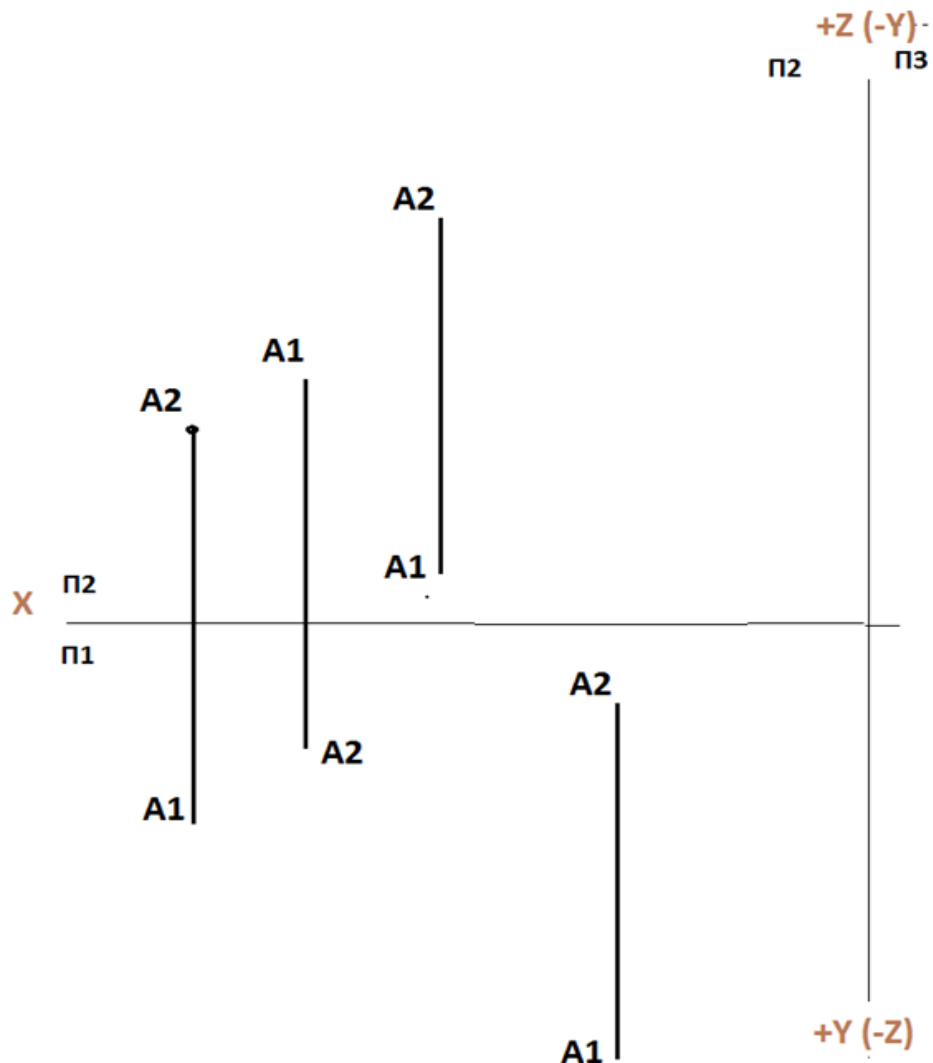


Рисунок 9 – Расположение точек на эпюре Монжа

- 1) Горизонтальная проекция A_1 располагается под осью X , фронтальная проекция располагается над осью X – точка расположена в 1 квадранте (знаки координат $+++$);
- 2) Горизонтальная проекция A_1 располагается над осью X , фронтальная проекция располагается под осью X – точка расположена в 3 квадранте (знаки координат $+--$);
- 3) Горизонтальная проекция A_1 располагается над осью X , фронтальная проекция располагается над осью X – точка расположена в 2 квадранте (знаки координат $+ - +$);
- 4) Горизонтальная проекция A_1 располагается под осью X , фронтальная проекция располагается под осью X – точка расположена в 4 квадранте (знаки координат $++-$).

A_1 определяют координаты X и Y

A_2 определяют координаты X и Z

A_3 определяют координаты Y и Z

Чтобы точка лежала в профильной плоскости, координата $X=0$;

Чтобы точка лежала в горизонтальной плоскости, координата $Z=0$;

Чтобы точка лежала в фронтальной плоскости, координата $Y=0$.

Построение проекций точек по их координатам

Дано: Точка A задана координатами X_A, Y_A, Z_A .

Точка B задана координатами X_B, Y_B, Z_B .

Построить проекции точек A и B по их координатам. Показать проекцию отрезка AB на горизонтальную (Π_1) и фронтальную (Π_2) плоскости.

Решение: 1. Откладываем по оси X величину координаты X точки A – X_A

По оси Y вниз откладываем величину координаты Y точки A – Y_A

По оси Z вверх откладываем величину координаты Z точки A – Z_A

На пересечении линий, параллельных оси X и перпендикулярных ей (как это видно из рисунка, расположенного ниже) ставим точки A_1 и A_2 . Это и есть

Построение проекции точки в трех плоскостях показано на рис. 11.

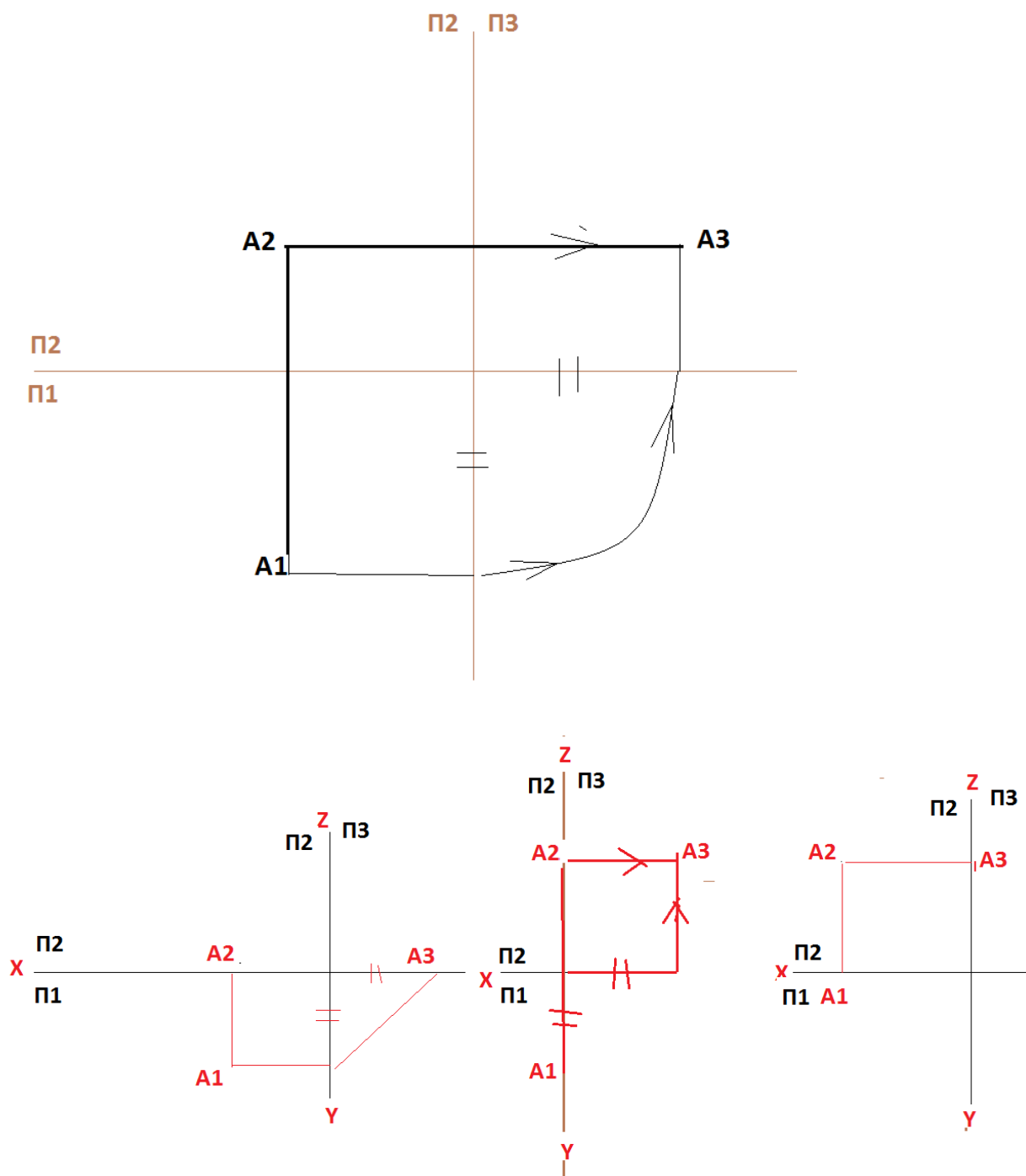
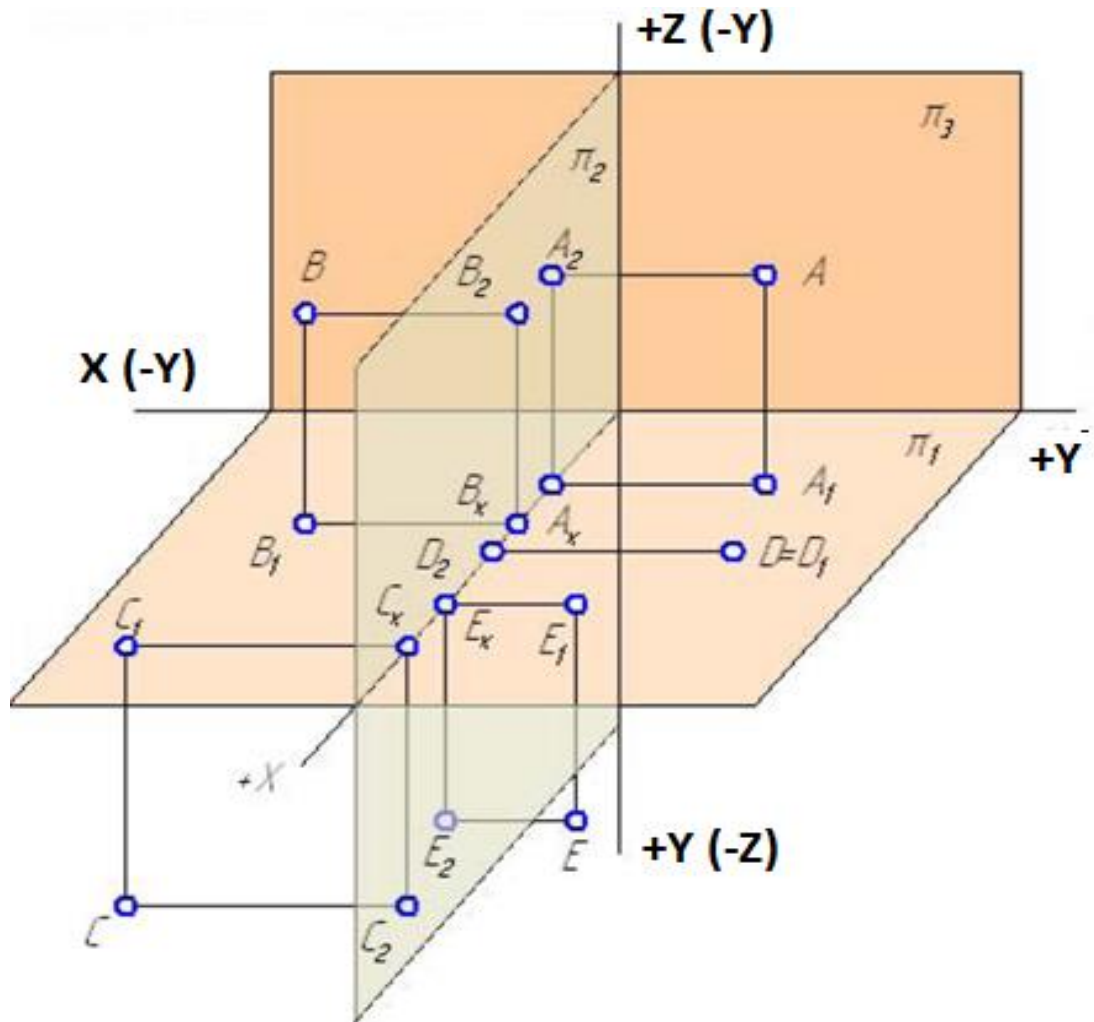


Рисунок 11 – Построение проекций точки в трех плоскостях – Π_1 , Π_2 , Π_3 .

Задание:

1. По наглядному изображению точек построить на эюре Монжа их проекции и заполнить таблицу значений координат (расположена ниже чертежа). Значения координат (в мм) взять с чертежа.



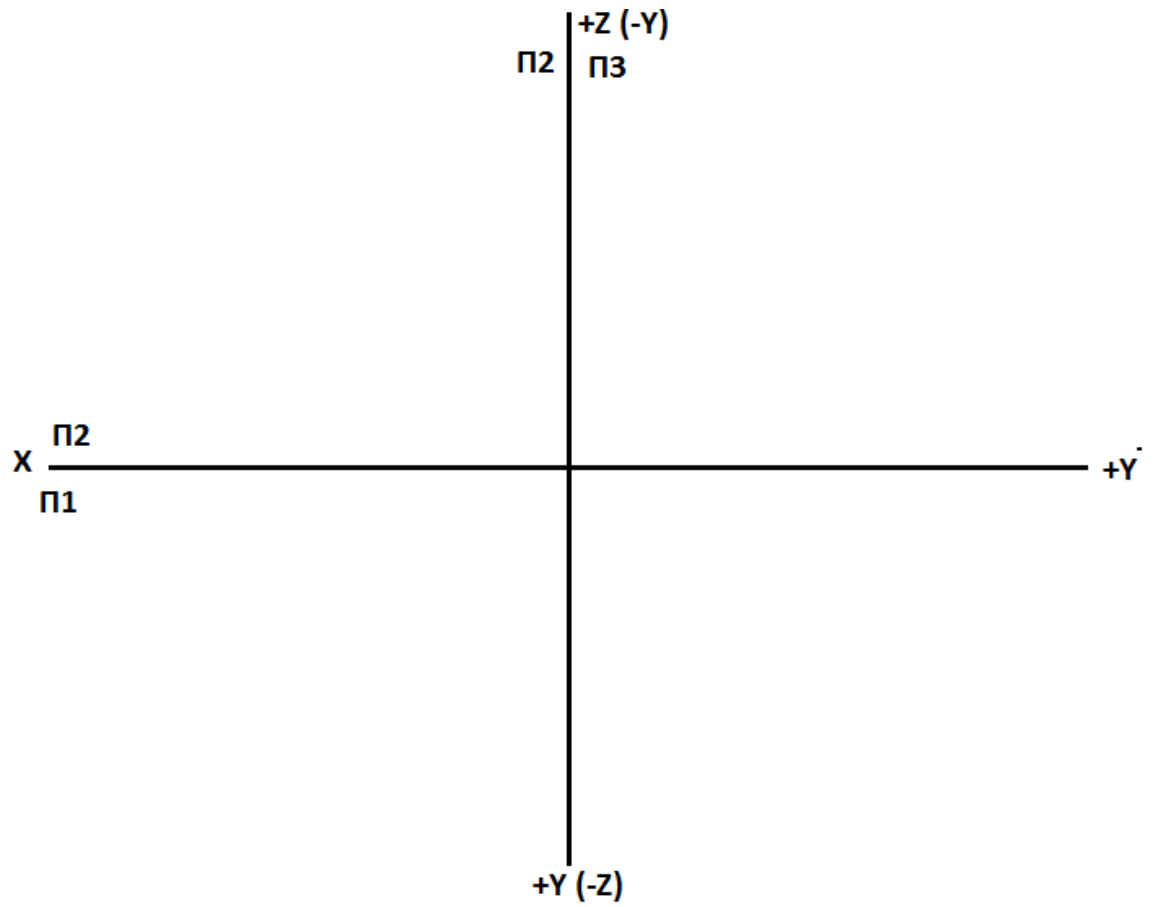
Ответы к задаче 1

	X	Y	Z
A			
B			
C			
D			
E			

2. По заданным координатам точек построить их горизонтальную, фронтальную и профильную проекции:

$A(10; 20; 3); B(20; 0; 10); C(30; -10; 20); D(40; -20; -10);$

$E(50; 10; -10); F(25; 25; 0); G(0; 40; 20); K(0; 0; -20)$



ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. Задачи на определение положения линии, точки на прямой



Рисунок 12 – Горизонталь

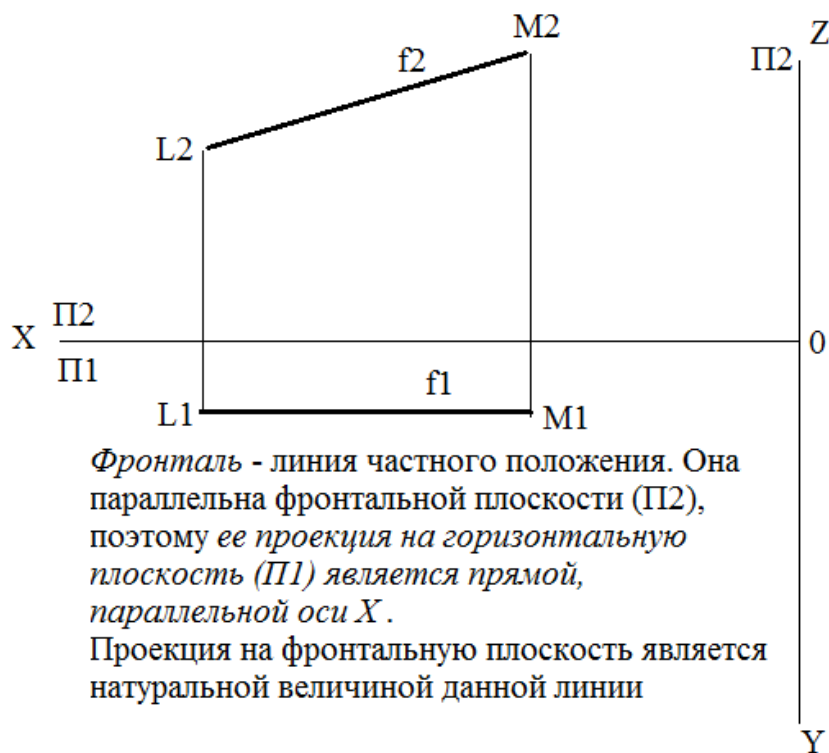


Рисунок 13 – Фронталь

Задание 1: Провести горизонталь через отрезки AB и CD .

1. Берем линейку, прикладываем ее в оси X и ведем ее, параллельно оси X вверх, по плоскости Π_2 , до пересечения ею проекции A_2B_2 и C_2D_2 (рис. 14).

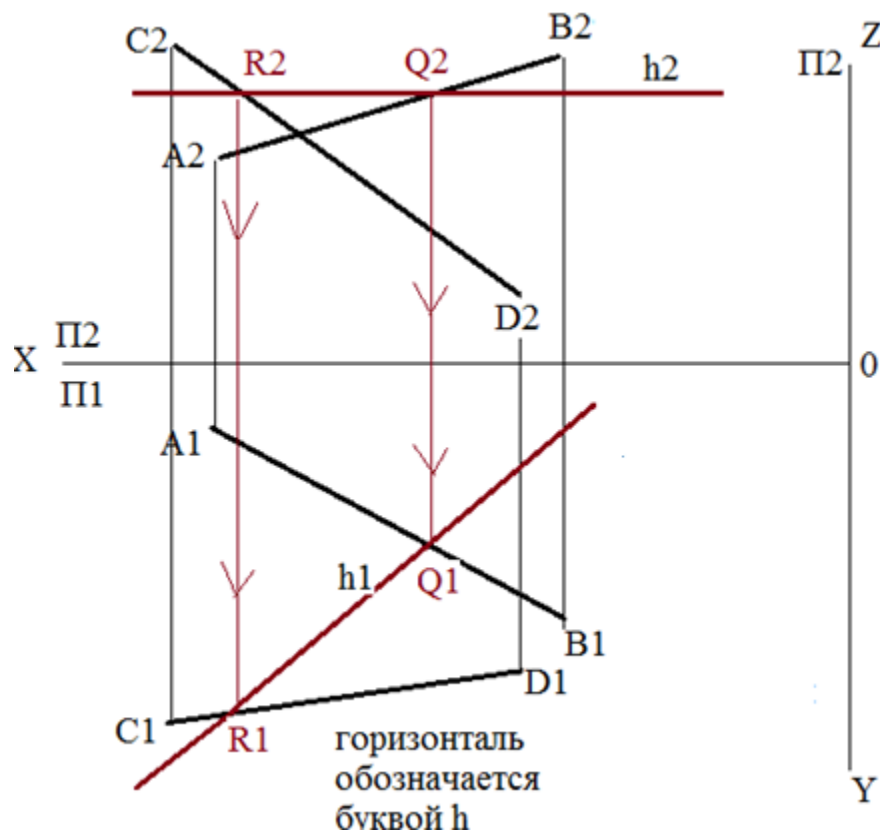


Рисунок 14 – Построение горизонтали h .

Таких линий может быть несколько. Проводим одну из них. Например, как на рисунке ниже. Данная линия является фронтальной проекцией горизонтали, обозначается h_2 .

2. При пересечении горизонталью C_2D_2 получаем точку. Обозначим ее через R_2 .

3. При пересечении горизонталью A_2B_2 получаем точку. Обозначим ее через Q_2 .

4. По линиям связи находим точки пересечения горизонталью проекций A_1B_1 и C_1D_1 .

5. Проводим горизонтальную проекцию горизонтали через точки R_1 и Q_1 и обозначаем ее h_1 .

Задание 2. Провести фронталь через отрезки CD и EF .

1. Берем линейку, прикладываем ее в оси X и ведем ее, параллельно оси X вниз, по плоскости Π_1 , до пересечения ею проекций C_1D_1 и E_1F_1 (рис. 15).

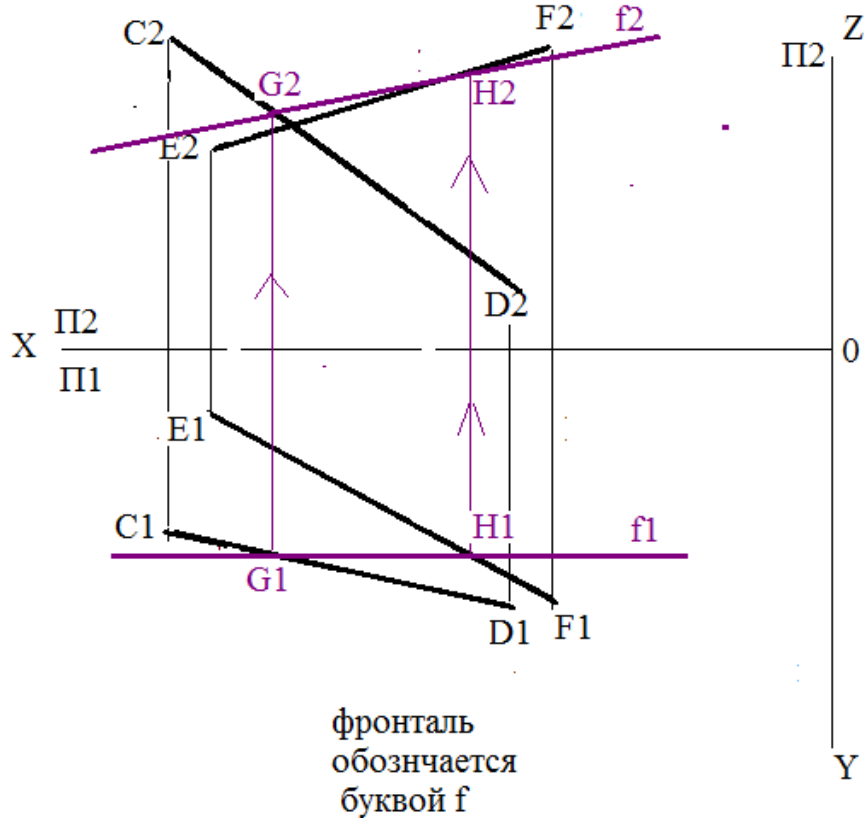


Рисунок 15 – Построение фронтали f .

Таких линий может быть несколько. Проводим одну из них. Например, как на рисунке ниже. Данная линия является горизонтальной проекцией фронтали, обозначается f_1 .

2. При пересечении фронталью C_1D_1 получаем точку. Обозначим ее через G_1 .

3. При пересечении фронталью E_1F_1 получаем точку. Обозначим ее через H_1 .

4. По линиям связи находим точки пересечения фронталью проекций C_2D_2 и E_2F_2 .

5. Проводим фронтальную проекцию фронтали через точки G_2 и H_2 и обозначаем ее f_2 .

Задание 3. Определить натуральную величину отрезка АВ и угол наклона АВ к горизонтальной П1 и вертикальной П2 плоскостям.

1. К проекции A_2B_2 проводим перпендикуляр и на нем откладываем разность координат $\Delta Y = Y_A - Y_B$ (рис. 16).
2. Получаем точку B_0 . Соединяем точку B_0 с точкой A_2 . Линия B_0A_2 и будет натуральной величиной отрезка АВ (н.в. АВ).
3. Угол между проекцией A_2B_2 и натуральной величиной A_2B_0 является углом наклона линии АВ к фронтальной плоскости П2 и обозначается φ .

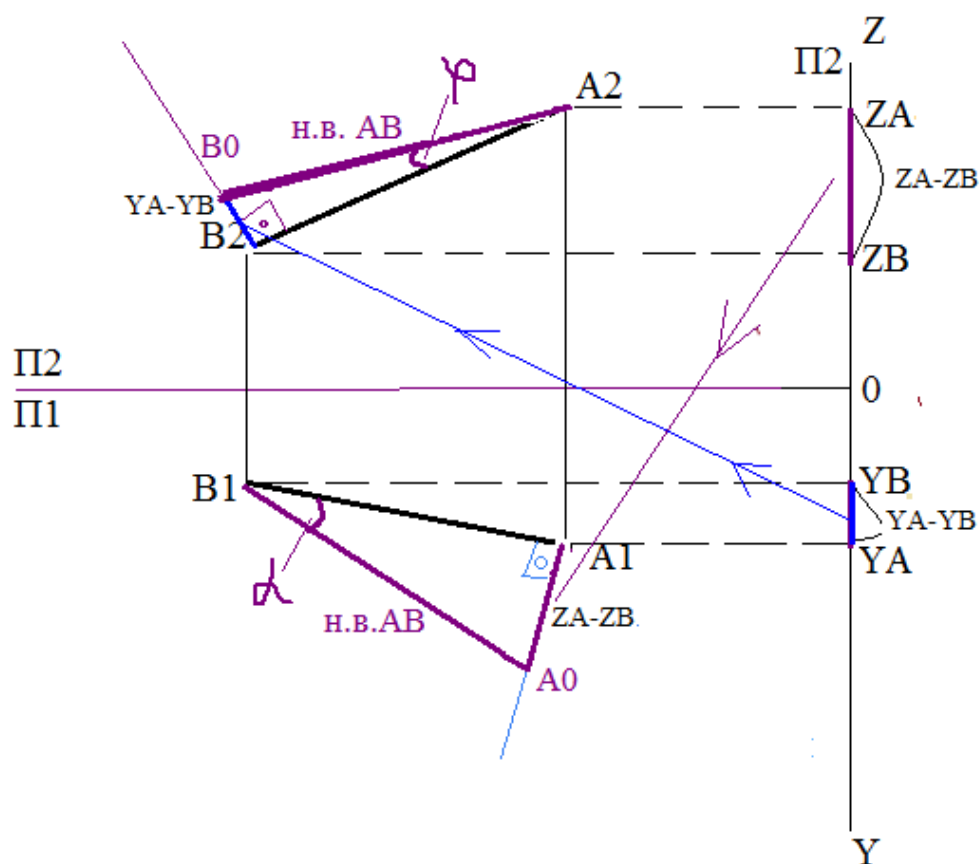


Рисунок 16 – Построение натуральной величины отрезка АВ и определение угла наклона отрезка АВ к плоскостям проекций

4. Для того, чтобы определить угол наклона АВ к горизонтальной плоскости, необходимо вновь определить натуральную величину отрезка АВ:
 провести перпендикуляр к проекции A_1B_1 и на нем отложить величину разности координат $\Delta Z = Z_A - Z_B$.

Получаем точку A_0 . Соединяем A_0 с B_1 и получаем натуральную величину отрезка AB (если натуральные величины отрезка AB , полученные на горизонтальной и фронтальной плоскостях равны между собой, то все действия выполнены верно).

5. Угол между проекций A_1B_1 и натуральной величиной A_0B_1 является углом наклона Отрезка AB к горизонтальной плоскости. Обозначается буквой α .

Задание 4. На отрезке AB определить точку M , расположенную от точки A на расстоянии 30мм и найти ее проекции.

1. На натуральной величине отрезка A_2B_0 от точки A_2 откладываем заданное расстояние 30 мм . Получаем точку M .

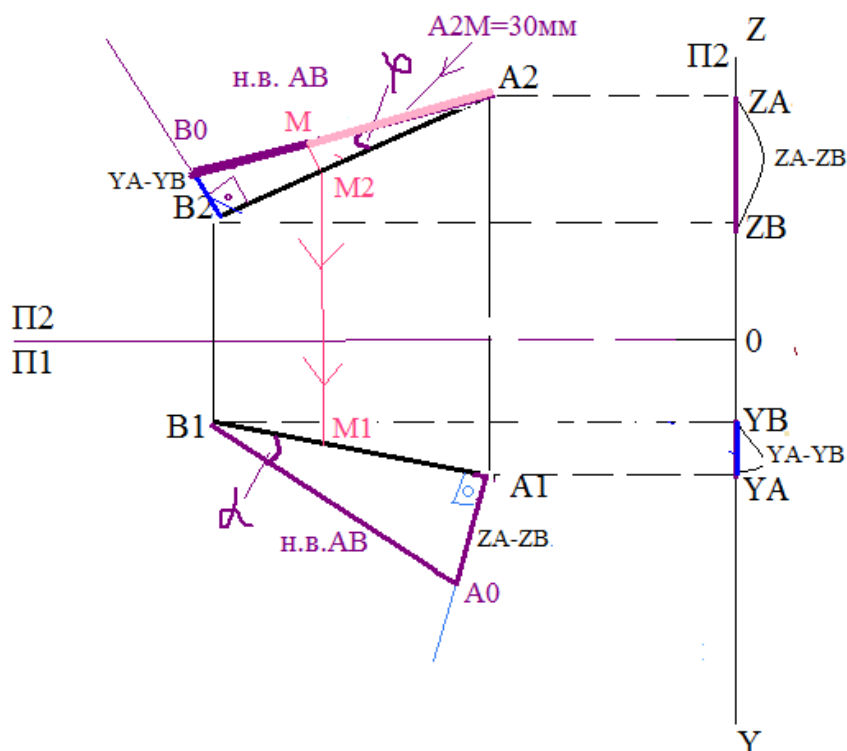


Рисунок 17 – Определение местоположения точки M на отрезке AB

2. Опускаем перпендикуляр из точки M на проекцию A_2B_2 и получаем точку M_2 .

3. По линии связи идем вниз и получаем точку M_1 .

Задание 5. На отрезке CD найти точку K , делящую его в отношении $CK:KD=1:2$.

1. От точки $C1$ под произвольным углом проводим прямую линию. На ней откладываем три равных отрезка произвольной длины. Почему три отрезка? Потому что необходимо разделить отрезок на три равные части: $1+2=3$.
2. Соединяем конец отрезка с точкой $D1$. Теперь через точки деления проводим параллельные линии, как это показано на рисунке ниже. Получается, что проекция $C1D1$ разделилась на три равные части.

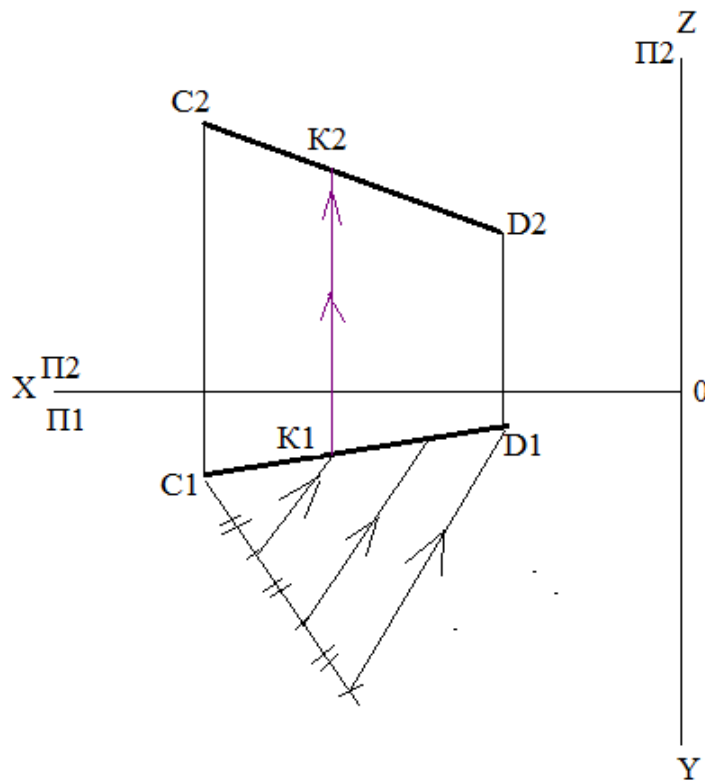


Рисунок 18 – Деление отрезка

3. Ставим точку $K1$ на расстоянии одной части от точки $C1$.
4. Проводим линию связи и получаем в плоскости $\Pi 2$ на проекции $C2D2$ точку $K2$.

Можно эту задачу решать, начиная с фронтальной проекции $C2D2$. Можно начинать от Точки $C2$ или $D2$.

На плоскости $\Pi 1$ также можно было проводить вспомогательную линию от точки $D1$. Все варианты решений будут правильными.

В зависимости от того, где будет свободное место, на той плоскости и от той точки разбиваем вспомогательную прямую к проекции.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. След прямой. Построение прямых в аксонометрической проекции

Отрезок прямой АВ расположен в пространстве так, как это показано на рис.19.

Продлим его до пересечения с плоскостью Π_1 и Π_2 . Получим точку N (на фронтальной плоскости Π_2) и точку M (на горизонтальной плоскости Π_1).

M – горизонтальный след прямой, $Z_M=0$.

N – фронтальный след прямой, $Y_N=0$.

MN пересекает плоскости проекций. Отрезок АВ является частью линии MN (см. рис.19).

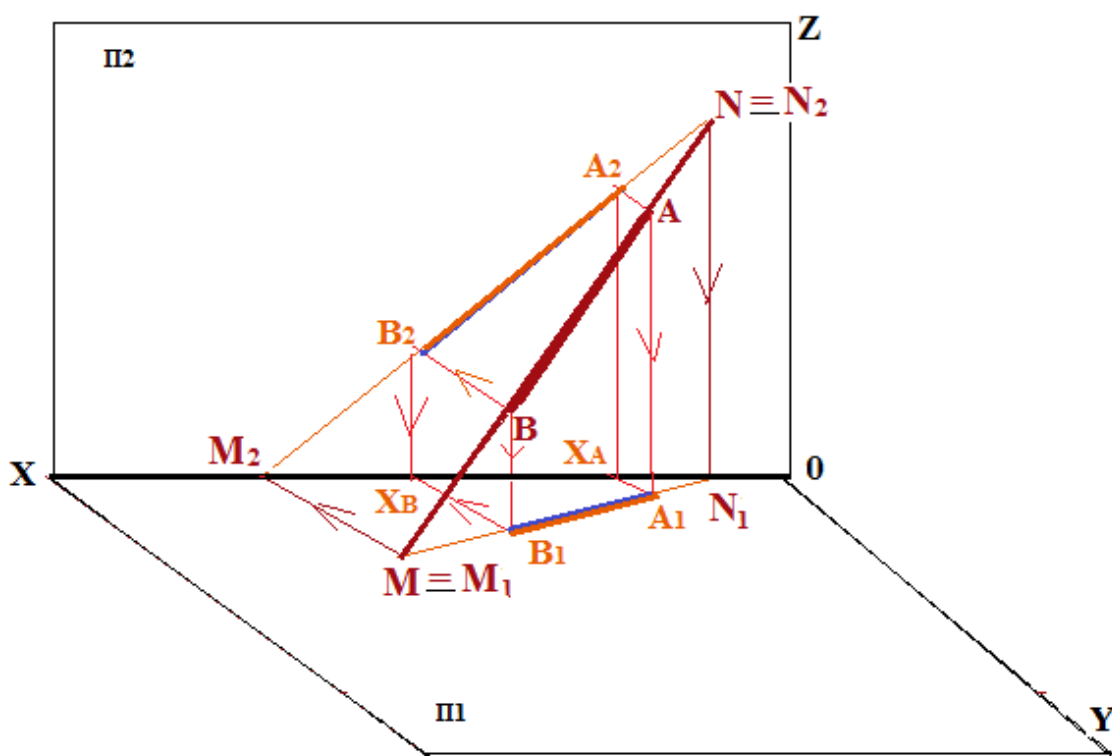


Рисунок 19 – Построение следов отрезка прямой АВ

Точка N лежит на фронтальной плоскости, следовательно, ее фронтальная проекция также принадлежит этой точке. Тогда можем записать: $N \equiv N_2$.

Точка M лежит в горизонтальной плоскости, следовательно, ее горизонтальная проекция также принадлежит этой точке. Тогда можем записать: $M \equiv M_1$.

Найдем вторые проекции линии MN (см. рис.19). Из точки N_2 опускаем перпендикуляр на ось X (линию пересечения плоскостей проекций). Получаем проекцию N_1 . Из точки M_1 проводим линию параллельно краю плоскости Π_1 до пересечения с осью X. Получаем проекцию M_2 .

Проведем фронтальную и горизонтальную проекции линии MN. Это будет M_2N_2 , и M_1N_1 .

Теперь обозначим на проекциях линии MN проекцию отрезка AB. Получаем его проекции A_1B_1 и A_2B_2 .

Задание 1: Построить следы отрезка прямой AB на эюре Монжа

Перенесем проекции отрезка прямой AB на эюр Монжа (рис 20).

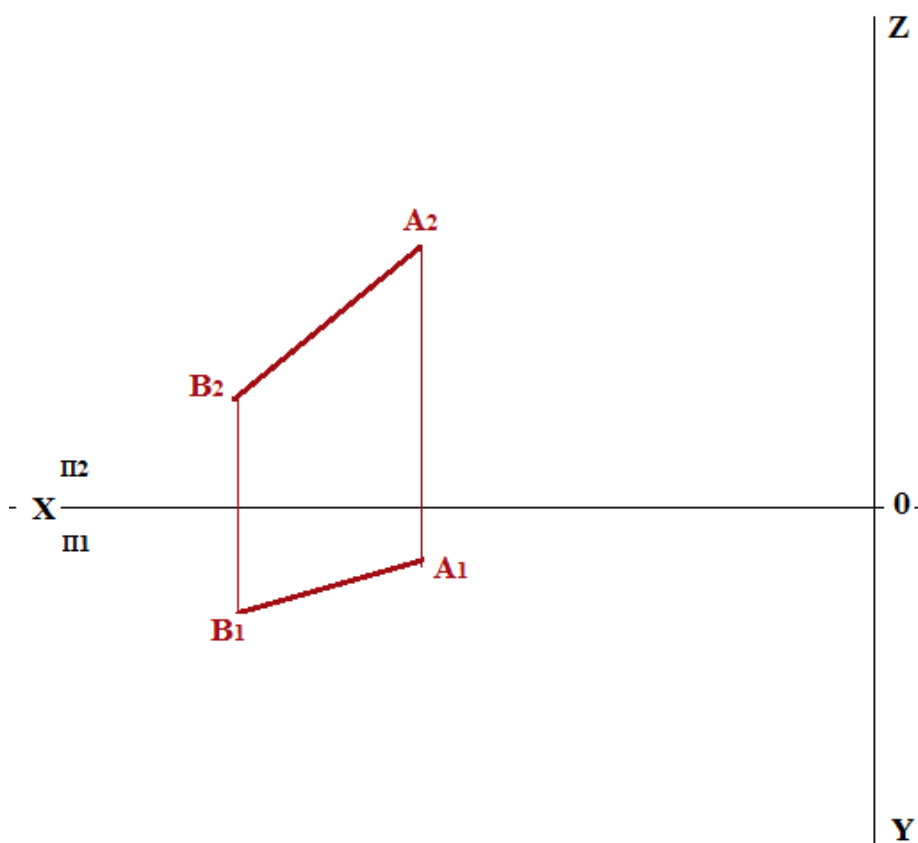


Рисунок 20 – Эпюр отрезка прямой AB

Для построения *горизонтального следа* отрезка прямой AB необходимо:

1. Продолжить фронтальную проекцию отрезка AB до пересечения с осью X, Точка пересечения M_2 является *фронтальной проекцией горизонтального следа*;

2. Из точки M_2 опустить перпендикуляр (провести линию проекционной связи) до его пересечения с горизонтальной проекцией отрезка АВ или ее продолжением. Точка пересечения M_1 и будет являться горизонтальной проекцией горизонтального следа, которая совпадает с самим следом М (рис. 21).

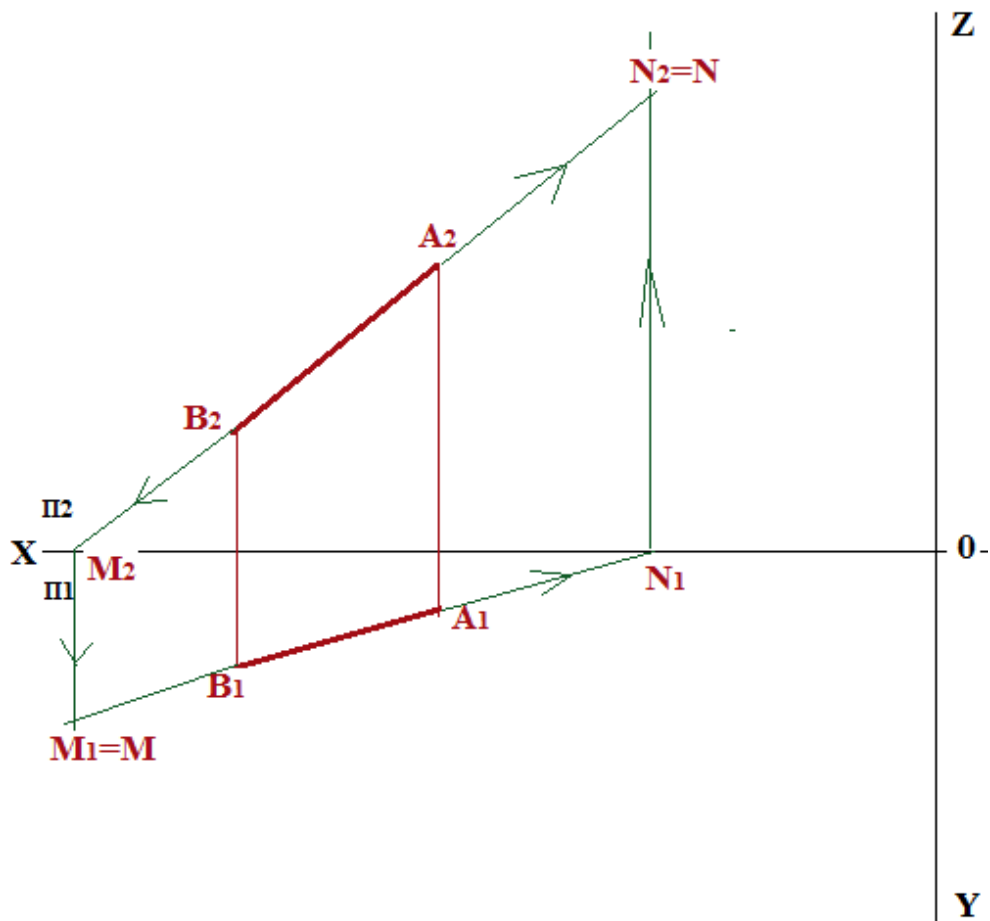


Рисунок 21 – Эпюр построения следов отрезка прямой АВ

Чтобы построить **фронтальный след** отрезка прямой АВ, необходимо:

1. Продолжить горизонтальную проекцию отрезка АВ до пересечения с осью Х, точка пересечения N_1 является *горизонтальной проекцией фронтального следа*;
2. Из точки N_1 восстановить перпендикуляр (провести линию проекционной связи) до его пересечения с фронтальной проекцией отрезка АВ или ее продолжением. Точка пересечения N_2 и будет *фронтальной проекцией фронтального следа*, которая совпадает с самим следом N.

Если отрезок прямой будет параллелен одной из плоскостей проекций, то он будет иметь только один след (рис. 22).

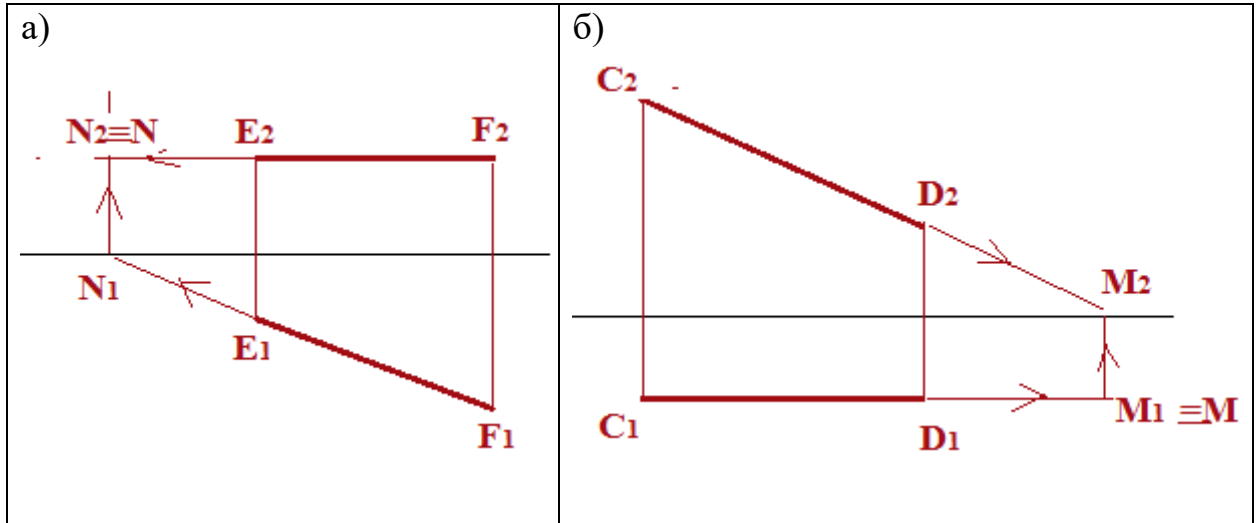


Рисунок 22 – Эшюры построения следов отрезка прямой: а – отрезок прямой EF параллелен горизонтальной плоскости; б – отрезок прямой CD параллелен фронтальной плоскости

Отрезок EF имеет только фронтальный след, а отрезок CD только горизонтальный след.

В зависимости от того как расположен отрезок прямой в пространстве, могут быть и другие варианты расположения следов, например, как на рис. 23, 24.

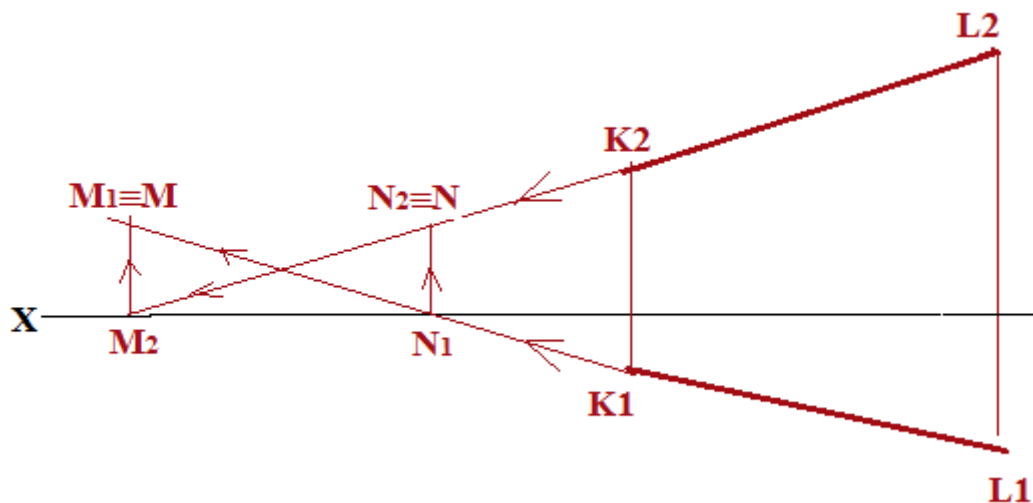


Рисунок 23 – Эпюр построения следов отрезка прямой KL

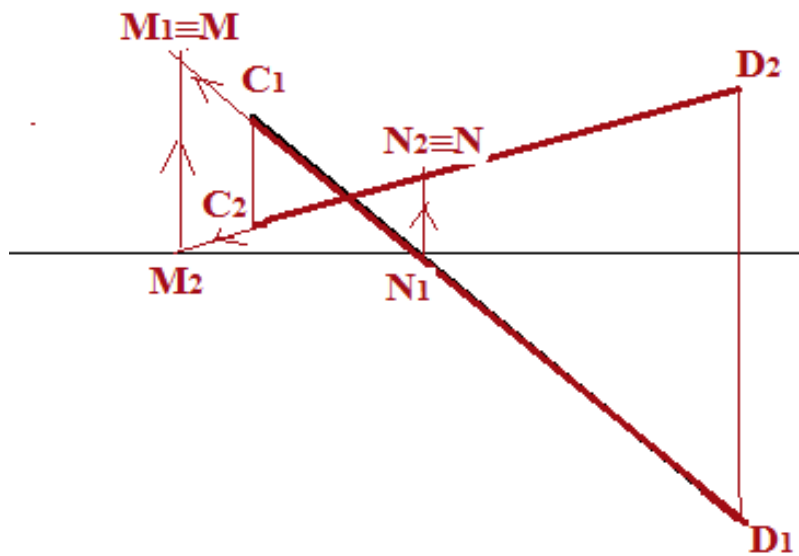


Рисунок 24 – Эпюр построения следов отрезка прямой CD.

При любом расположении отрезка прямой в пространстве, алгоритм построения следов прямой остается таким, как рассмотрен в данном задании для отрезка АВ.

Видеолекция «След прямой» (рис.25) представлена на сайте: <https://www.youtube.com/watch?v=aQE1qj7sBQo>.

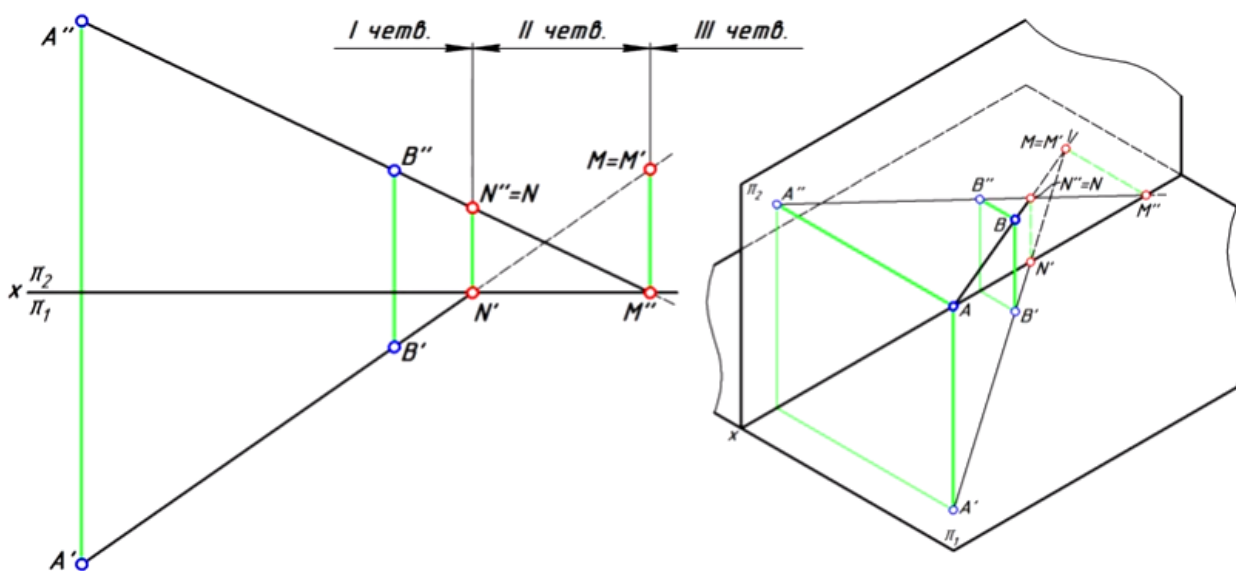


Рисунок 25 – Построение следов прямой на эпюре и в аксонометрии

Задание 2. Построить отрезки АВ, CD и EF в аксонометрии

1. Проводим линии осей координат X, Y, Z относительно друг друга под углом 120° . Ось Z располагается вертикально (рис.26).

2. Для построения точки A: от начала осей координат (точка 0) на оси X откладываем величину X_A ; по оси Y откладываем величину Y_A ;

Из точки X_A проводим линию параллельную оси Y, а из точки Y_A проводим линию параллельную оси X. На пересечении этих линий ставим точку A_1 . Это проекция точки A на горизонтальную плоскость.

От точки A_1 вверх откладываем величину проекции Z_A . И получаем точку A, расположенную в аксонометрической проекции (в пространстве).

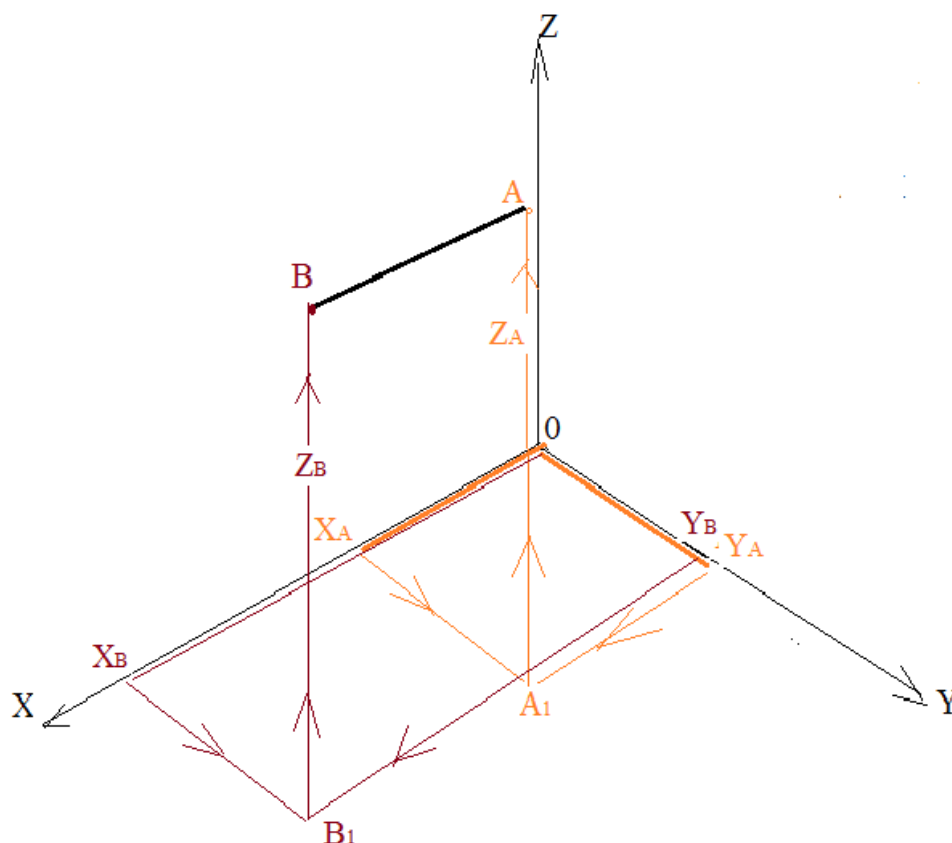


Рисунок 26 – Построение отрезка АВ в аксонометрической проекции

3. Аналогично строится проекция точки B.

4. Теперь соединяем точки A и B, и получаем отрезок АВ в пространстве.

5. Такие же действия проводим и для остальных точек и получаем отрезки CD, EF в аксонометрической проекции, т.е. в пространстве (рис. 27).

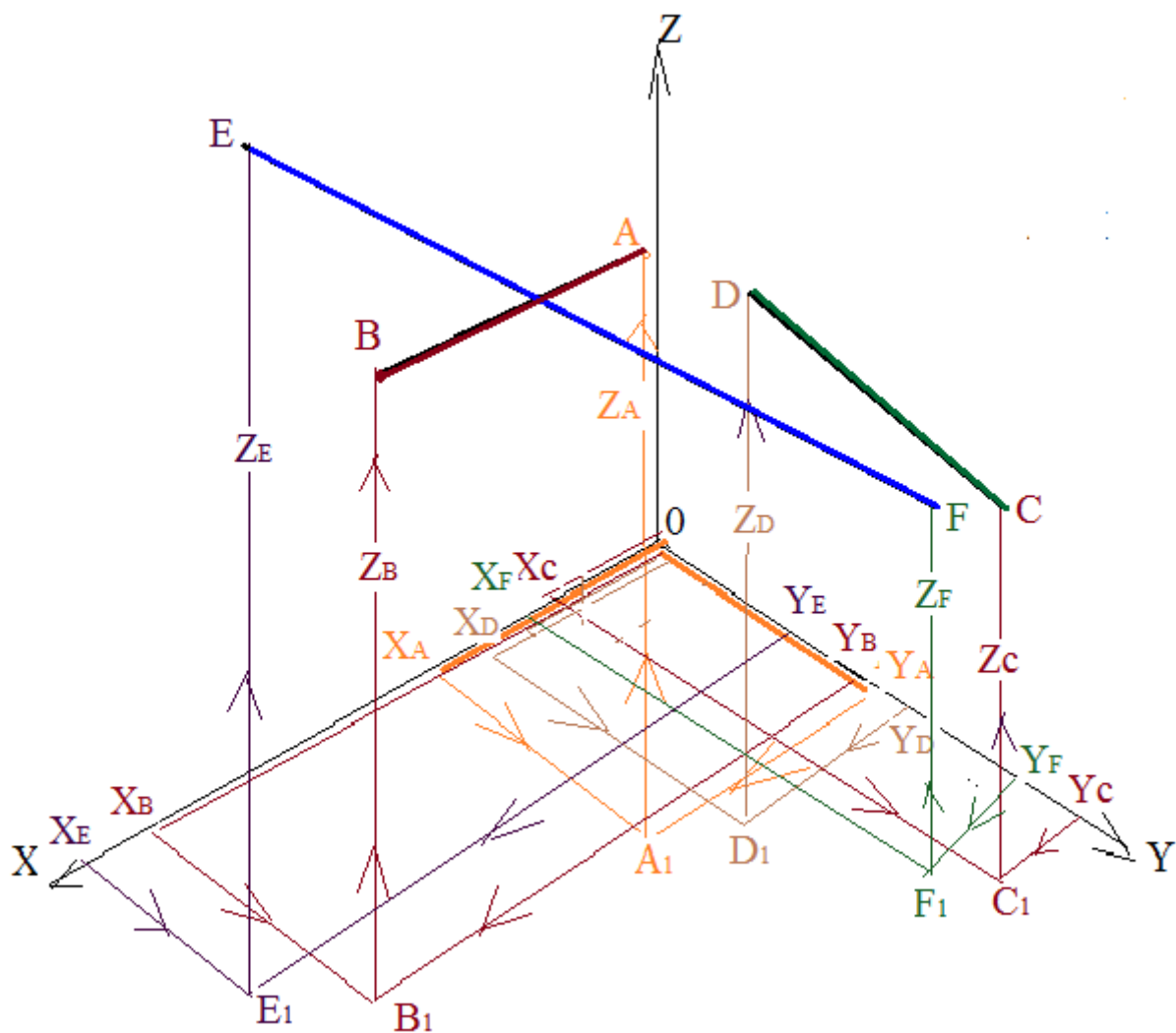


Рисунок 26 – Построение Отрезков AB, CD, EF в аксонометрической проекции

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5. Проекция с числовыми отметками. Точка и прямая в проекциях с числовыми отметками

В строительном черчении для изображения объектов, горизонтальные размеры которых значительно превосходят вертикальные (например, участки земной поверхности с расположенными на них сооружениями, дороги, различные насыпи, аэродромы, строительные площадки и т.п.), используют *проекция с числовыми отметками*.

Проекция с числовыми отметками образуются в результате ортогонального проецирования объекта на горизонтальную плоскость, называемую плоскостью нулевого уровня Π_0 , справа от проекций точек пишут числа, указывающие высоты (обычно в метрах) данных точек до плоскости нулевого уровня, эти числа называются *числовыми отметками* (рис. 27).

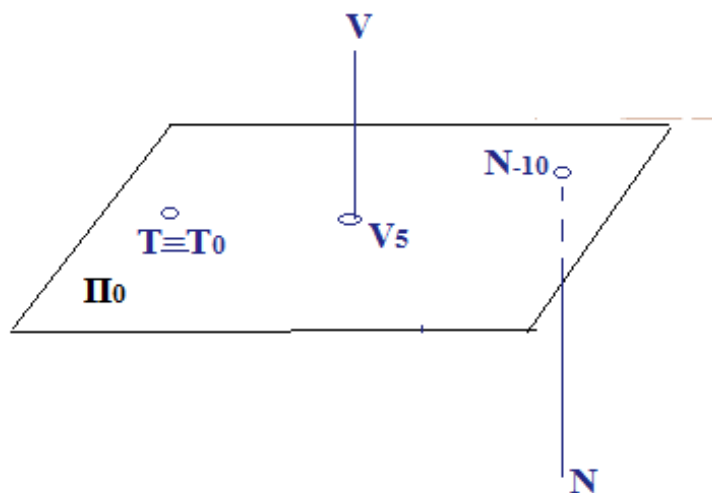


Рисунок 27 – Изображения точек в проекциях с числовыми отметками.

Числовые отметки могут быть положительными или отрицательными в зависимости от положения точки выше или ниже плоскости нулевого уровня, например, V_5 , N_{-10} , T_0 (см. рис. 27). Чертежи с числовыми отметками сопровождаются линейным масштабом.

Прямая в проекциях с числовыми отметками может быть задана двумя точками (рис. 28) или одной точкой, но в таком случае должны быть

дополнительные сведения о направлении убывания отметок точек и угле наклона прямой к плоскости нулевого уровня Π_0 . Ставится стрелка, показывающая направление убывания отметок точек и указывается величина угла наклона прямой к плоскости Π_0 (см. рис. 28).

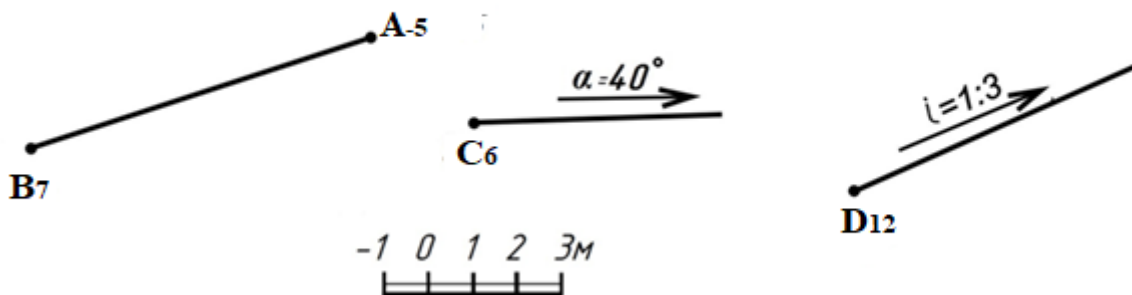


Рисунок 28 – Способы задания прямой в проекциях с числовыми отметками.

Вместо угла наклона удобнее использовать понятие уклона, уклон обозначается буквой i и определяется как тангенс угла наклона к плоскости Π_0 (см. рис. 28).

Уклон прямой KM (рис. 29) равен отношению разности величин KK_4 и MM_2 к величине горизонтальной проекции этой прямой M_2K_4 на плоскость Π_0 .

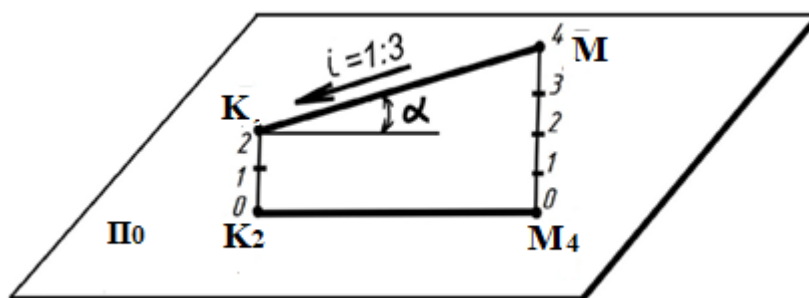


Рисунок 29 – Проекция отрезка KM на плоскость Π_0 .

Поскольку горизонтальная проекция отрезка (проекция на плоскость в проекциях с числовыми отметками называется его **заложением**, а разность отметок начала и конца отрезка называется **превышением**, то более кратко уклоном отрезка можно назвать отношение его превышения к заложению.

Другим важным понятием, характеризующим уклон прямой в проекциях с числовыми отметками, является понятие *интервала*. *Интервалом называется заложение отрезка прямой, разность отметок начала и конца которого равна единице*. Интервал обозначается буквой *I*. Уклон и интервал имеют обратно пропорциональную зависимость $i = 1/I$.

Градуирование прямой.

Под градуированием прямой понимается определение точек прямой с отметками, выраженными целыми числами и отличающимися друг от друга на единицу. Прием градуирования прямой показан на рисунке 30, здесь возможны три случая:

а) отметки точек являются целыми числами $A_{16} B_{20}$ (рис. 30, а). В этом случае градуирование прямой сводится к делению проекции задающего ее отрезка на равные части, число которых равно превышению этого отрезка. Чтобы найти проекции точек с отметками 17 , 18 и 19 метров, проекцию отрезка надо разделить на четыре равные части. Для этого из точки B_{20} под произвольным углом проведем луч, на нем последовательно отложим четыре отрезка одинаковой длины, концевую точку четвертого отрезка соединим прямой с точкой A_{16} . Прямые, проведенные параллельно этой прямой из концов отложенных отрезков, делят согласно теореме Фалеса проекцию на равные части, градуируя ее.

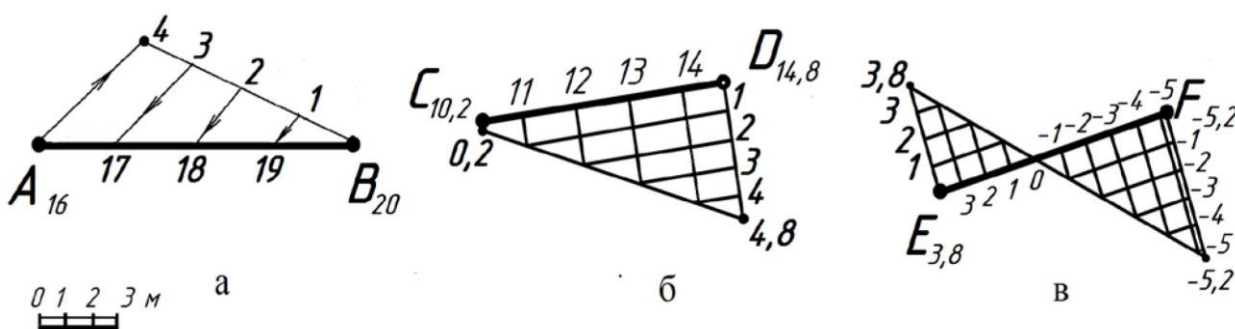


Рисунок 30 – Приемы градуирования отрезков

б) если концы отрезка имеют дробные отметки, то от конца отрезка с

меньшей отметкой откладывают только дробную часть, а от другого откладывают разницу целых отметок плюс дробную часть отметки конца отрезка. Градуирование при этом выполняют, как показано на рисунке 30, б.

в) случай, когда отметки концов отрезка имеют разные знаки. Построения отличаются лишь тем, что значения отметок начала и конца отрезка откладываются в противоположные стороны. Пример такого градуирования показан на рисунке 30, в.

Задание 1: Проградуировать отрезок $A_{10}B_{28}$, заданный в числовых отметках.

1. Определяем у какой из точек A или B больше величина координаты Z . У точки B координата больше (рис. 31).
2. Поэтому в точке B восстанавливаем перпендикуляр и на нем откладываем разницу отметок Z между точками A и B . Отсчет начинаем от меньшей координаты Z , т.е. от значения 10. Как бы встаем на точку B и спускаемся по ней ниже до величины $Z=10$.

Деление производим через интервал, равный 2. Подписываем значения 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 (Можно выбрать интервал равный 1).

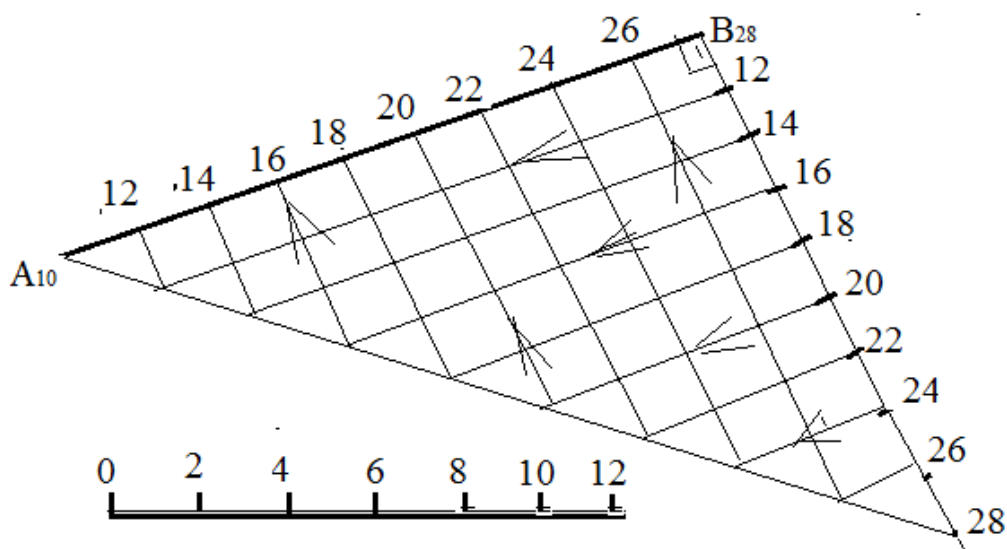


Рисунок 31 – Выполнение градуирования отрезка $A_{10}B_{28}$

3. Соединяем конец разделенного отрезка с цифрой 28 с точкой A_{10} .

4. Через точки деления проводим линии, параллельные отрезку АВ. Линии ограничиваются линией 28-А₁₀.
 5. Теперь из концов отрезков проведенных параллельных линий проводим перпендикулярные им, к отрезку АВ, соответственно они будут перпендикулярны и самому отрезку АВ.
 6. Переносим значения с вспомогательного отрезка, проведенного перпендикулярно к отрезку АВ, на сам отрезок АВ.
- Таким образом, мы проградировали отрезок АВ.

Задание 2. Провести горизонталь через отрезки АВ и CD

Чтобы провести горизонталь через заданные отрезки, необходимо найти одноименные значения Z на этих двух отрезках. Сначала анализируем есть ли одинаковые отметки Z на этих отрезках.

Затем градуируем оба отрезка (рис. 32) и соединяем одноименные отметки на обоих отрезках. Получаем горизонталь $h - G_{68}L_{68}$ (рис.33).

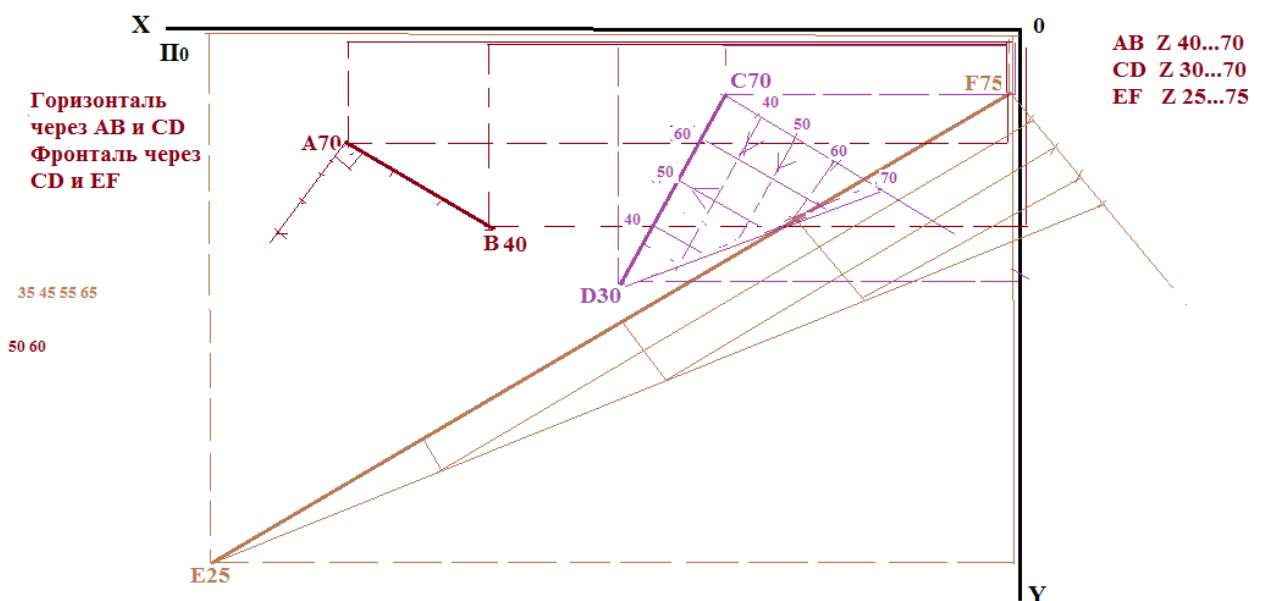


Рисунок 32 – Процесс определения одноименных отметок на линиях АВ и CD, CD и EF. Градуирование отрезков АВ, CD, EF.

Задание 3. Провести фронталь через отрезки CD и EF

1. Мы знаем, что фронталь на горизонтальной плоскости параллельна оси X.

Следовательно, ведем линию, параллельную оси X до пересечения ею обоих отрезков. Таких линий может быть несколько. Выбираем одну из них. Проводим. Даем имя точкам пересечения фронтали с отрезком EF и отрезком CD .

2. Теперь необходимо проградировать отрезки CD и EF (см. рис. 32) с тем, чтобы определить отметки точек пересечения фронтали с отрезками CD и EF . Получаем фронталь $f - P_{45}R_{65}$ (см. рис. 33).

Задание 4. Разделить отрезок CD в соотношении $CK:KD=1:3$

Решение аналогично делению отрезка на части как в проекционном черчении. С той лишь разницей, что определив местоположение точки K , необходимо найти ее величину Z . А значит надо проградировать отрезок CD , и таким образом определить отметку точки K . на рис. 33 отметка точки K равна 57 (K_{57}).

Задание 5. Определить натуральную величину отрезка AB .

1. Вы обратили внимание, что при градуировании отрезка, на вспомогательной линии, проводимой перпендикулярно к отрезку, мы откладываем разность координат Z (ΔZ). Следовательно, линия, соединяющая конец вспомогательной линии и вторую точку отрезка и есть натуральная величина самого отрезка.

2. Угол между отрезком и этой линией (она является гипотенузой в образовавшемся треугольнике), и есть угол наклона самого отрезка к горизонтальной плоскости α .

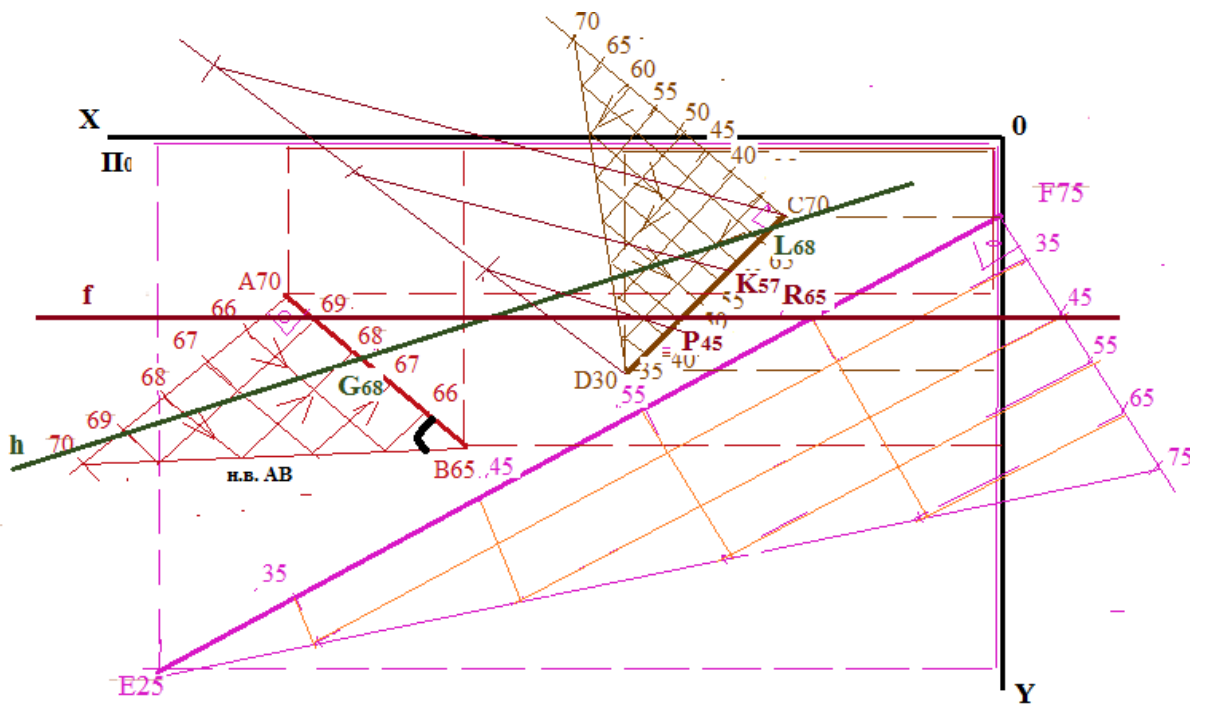


Рисунок 33 – Горизонталь $h - G_{68}L_{68}$; фронталь $f - P_{45}R_{65}$, деление отрезка CD на части $CK:KD=1:2$, определение угла наклона отрезка AB к плоскости Π_0 и определение его натуральной величины.

Задание 6. На отрезке AB найти точку M , отстоящую от точки A на расстоянии 30 мм.

1. Решение аналогично решению в двухпроекционном черчении.

На натуральной величине определяем местоположение точки M и по перпендикуляру к отрезку AB находим местоположение проекции точки M на самом отрезке.

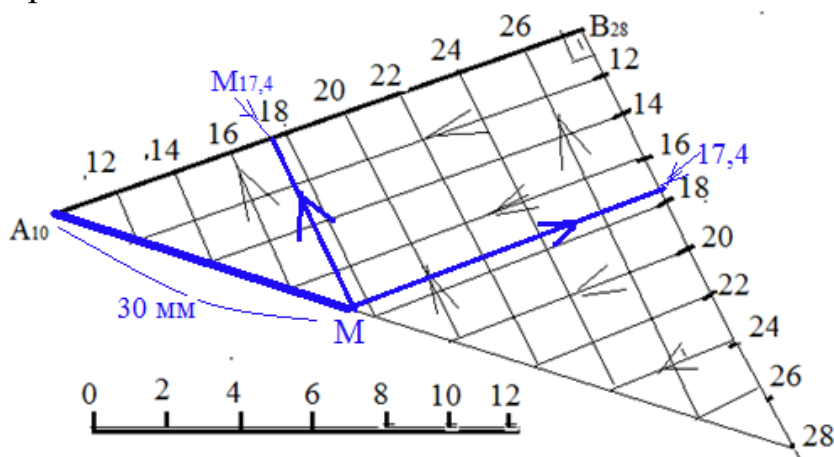


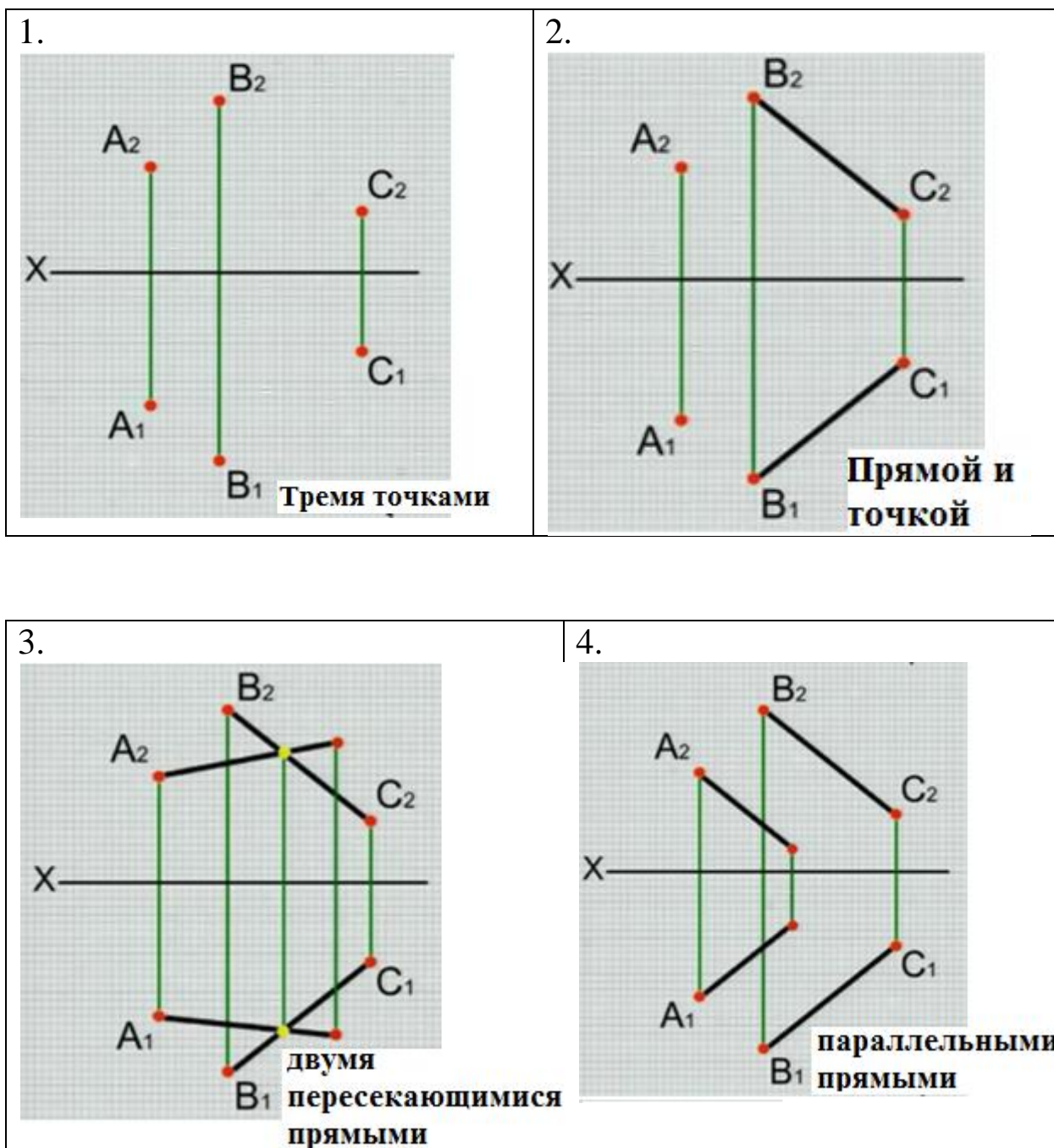
Рисунок 34 – Определение местоположения точки M , на отрезке AB , отстоящей от точки A на 30 см.

2. Так как отрезок АВ уже проградуирован, то легко определить отметку точки М и подписать ее значение (или величину) индексом у точки М на отрезке АВ, как это показано на рисунке 34 – М_{17,34}.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6. Плоскость на чертеже

Практические работы 6-7 поясняют содержание 2 эпюра.

Плоскость на чертеже может быть изображена несколькими способами. На рисунке 34 даны их пояснения. Анимации плоскости показаны в лекториуме на официальном канале ОмГТУ по адресу: <https://www.youtube.com/watch?v=ZmGk4rdx3Zc>



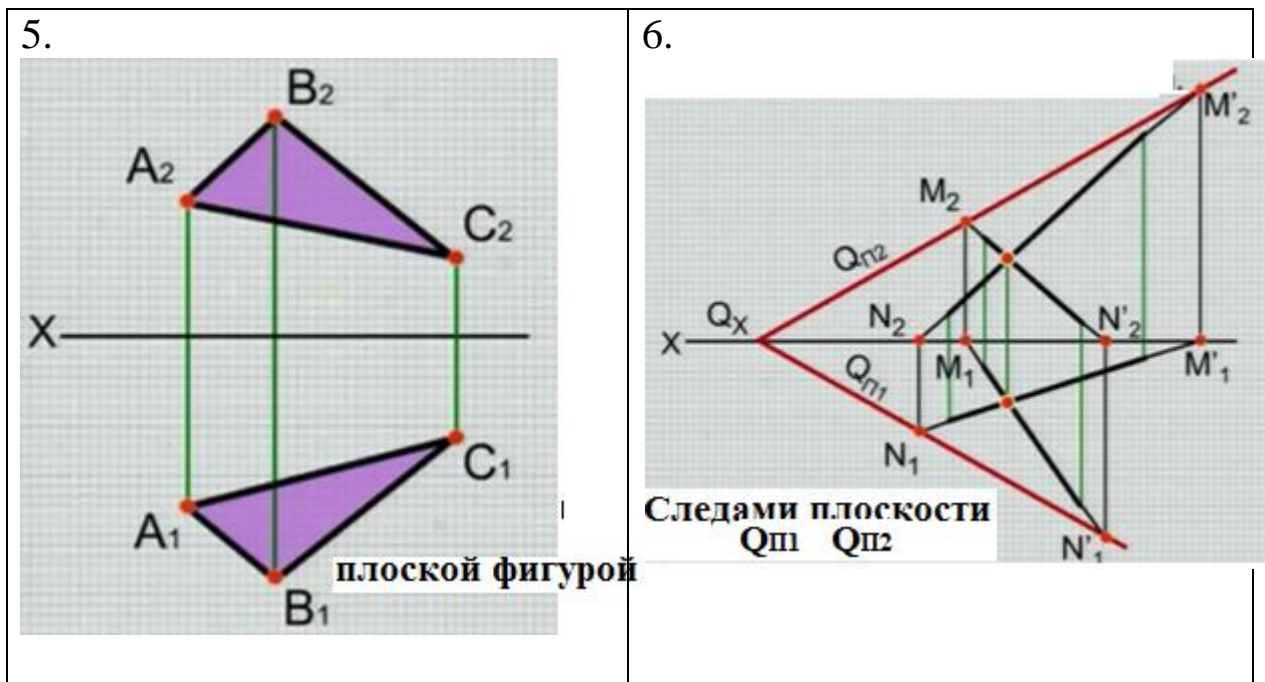


Рисунок 34 – Способы изображения плоскости на чертеже

Задание 1: Провести горизонталь в плоскости ABC.

Горизонталь – линия частного положения. Она параллельна горизонтальной плоскости, следовательно, на фронтальной плоскости проекция горизонтали будет параллельна оси X (у горизонтали координаты $Z=\text{const}$).

1. В плоскости, заданной треугольником, невозможно провести прямую, проходящую через все три стороны, поэтому горизонталь возможно провести так, чтобы она проходила через точку, в которой соединяются две линии и пересекала сторону, противоположную к этой точке. На рисунке 35 – это точка A_2 и противоположная к ней сторона $B_2 C_2$.
2. При пересечении горизонтали h со стороной $B_2 C_2$ получаем точку, называем ее E_2 .
3. От точки E_2 идем вниз по линии связи на горизонтальную плоскость до линии $B_1 C_1$ и получаем горизонтальную проекцию E_1
4. Проводим горизонтальную проекцию горизонтали через точки $A_1 E_1$.

На рисунке 34 для наглядности приведены два варианта расположения проекций плоскости, заданной треугольником.

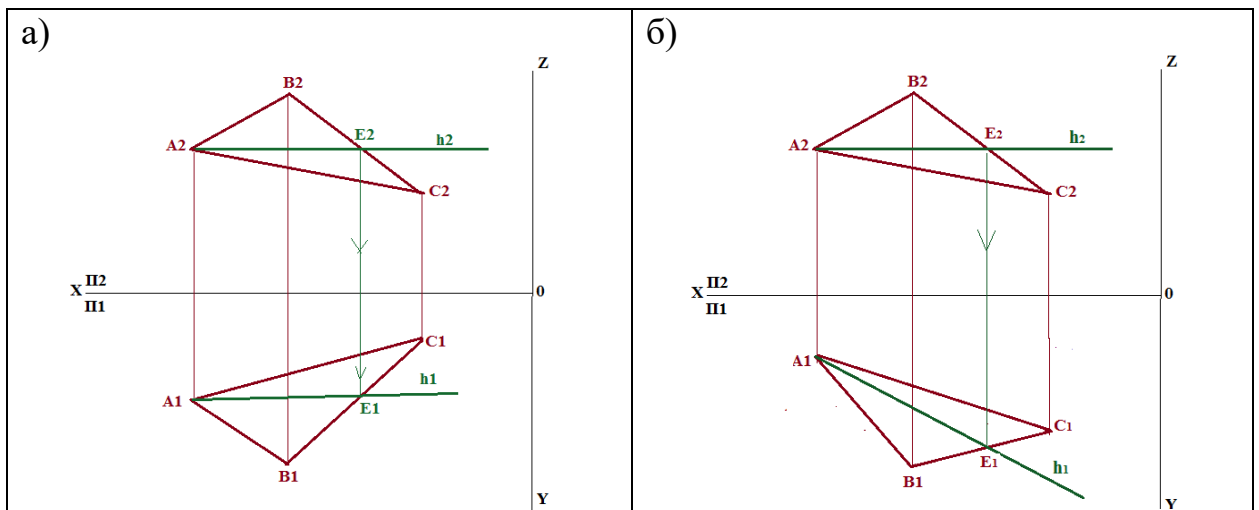


Рисунок 34 – Горизонталь h в плоскости ABC

Возможны и другие варианты расположения проекций плоскости. Все зависит от того, какими величинами заданы координаты точек.

Задание 2: Провести фронталь в плоскости ABC .

Фронталь – линия частного положения. Она параллельна фронтальной плоскости, следовательно, на горизонтальной плоскости ее проекция будет параллельна оси X (у фронтали координаты $Y = \text{const}$).

1. В плоскости, заданной треугольником, невозможно провести прямую, проходящую через все три стороны, поэтому фронталь возможно провести так, чтобы она проходила через точку, в которой соединяются две линии и пересекала сторону, противоположную к этой точке. На рис. 34,а – это точка A_1 и противоположная к ней сторона B_1C_1 . На рис. 34,б – это точка C_1 и противоположная ей сторона A_1B_1 .
2. При пересечении фронтали f_1 со стороной B_1C_1 на рис. 34,а получаем точку, называем ее D_1 . Аналогично на рис. 34,б – при пересечении фронтали f_1 со стороной A_1B_1 получаем точку D_1 .
3. От точки D_1 поднимаемся вверх по линии связи на фронтальную плоскость до линии B_2C_2 (рис. 34,а) и до линии A_2B_2 (рис. 34,б), получаем фронтальную проекцию D_2 .

4. Проводим фронтальную проекцию фронтали. На рис 34,а – это A_2D_2 .
 На рис. 34,б – это C_2D_2 .

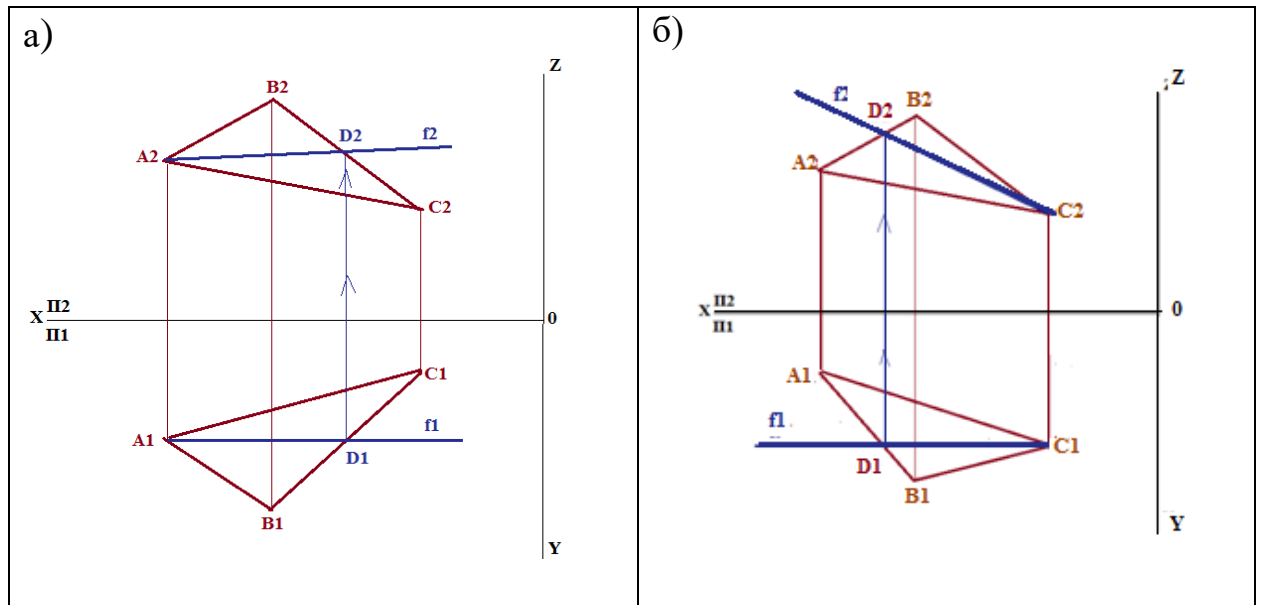


Рисунок 34 – Фронталь f в плоскости ABC

Задание 3: В плоскости ABC провести линию наибольшего наклона (линию ската). Определить угол наклона плоскости ABC к горизонтальной плоскости проекций.

В первом эюре мы решали задачу о нахождении угла наклона отрезка AB к плоскости проекций. Будем применять этот алгоритм решения и при определении угла наклона плоскости ABC к горизонтальной плоскости проекций.

1. Проведем в плоскости ABC горизонталь. Получим проекции горизонтали A_1E_1 и A_2E_2 . Порядок решения изложен в задании 1 данной темы.

2. На горизонтальной проекции плоскости $A_1B_1C_1$ к горизонтали A_1E_1 необходимо провести перпендикуляр, лежащий в этой плоскости. Из рис. 35 очевидно, что такой перпендикуляр возможно провести из точки B_1 .

3. Проводим перпендикуляр к горизонтальной проекции горизонтали, продолжаем его до противоположной к точке B_1 стороне A_1C_1 . Получаем точку R_1 .

Линия B_1R_1 является линией наибольшего наклона, иначе линией ската плоскости ABC к горизонтальной плоскости

4. Поднимаемся от точки R_1 вверх к фронтальной плоскости и определяем местоположение точки R_2 . Проводим линию B_2R_2 .

5. Теперь определим угол наклона плоскости ABC к горизонтальной плоскости проекций. Для этого необходимо определить натуральную величину отрезка B_1R_1 .

Проводим перпендикуляр к B_1R_1 в точке R_1 . На нем откладываем величину $\Delta Z = Z_B - Z_R$. Получаем точку B_0 .

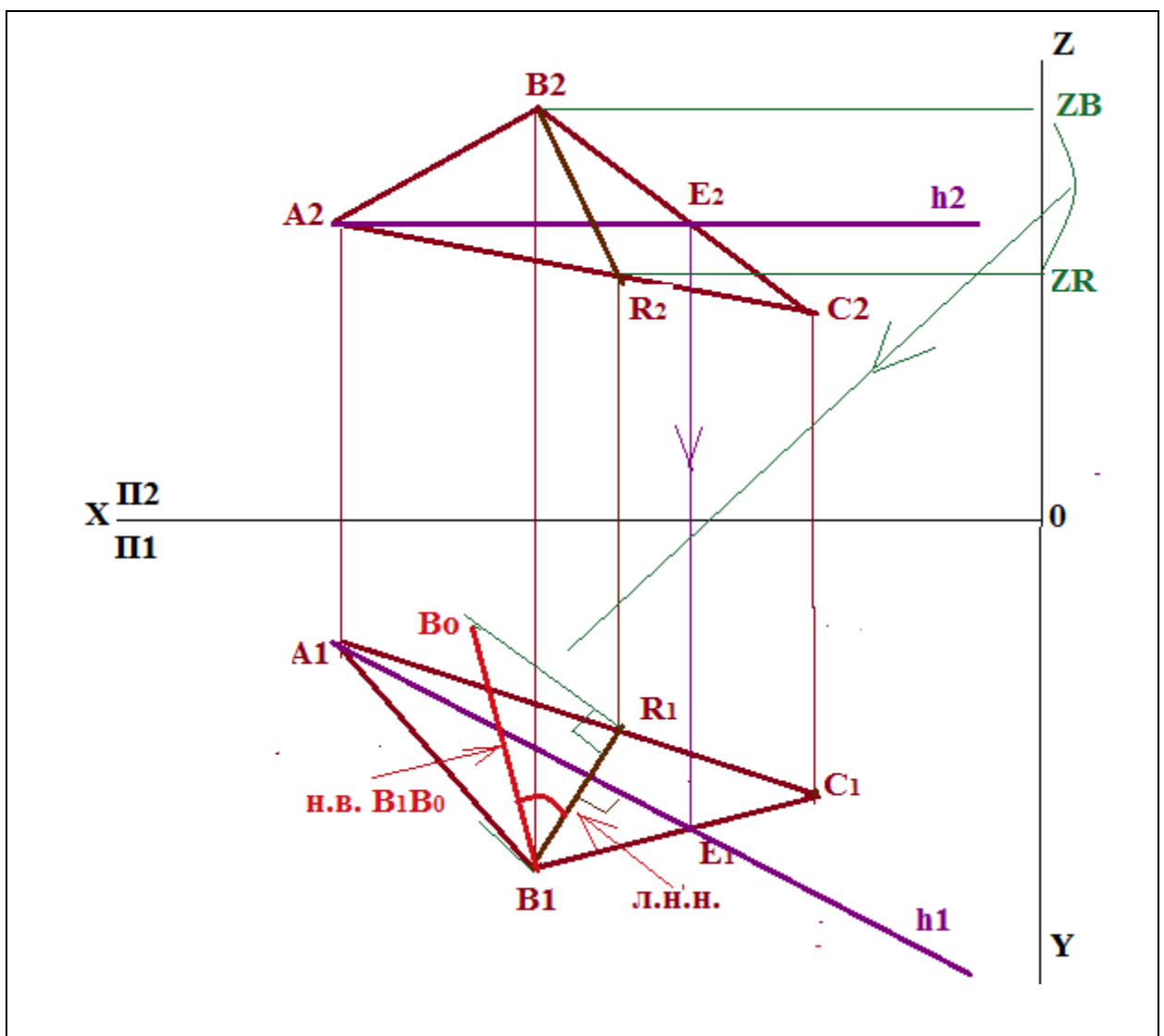


Рисунок 35 – Определение линии наибольшего наклона (линии ската) и угла наклона α плоскости ABC к горизонтальной плоскости проекций Π_1 .

6. Соединяем точки B_1 и B_0 и получаем линию B_1B_0 , которая является натуральной величиной отрезка B_1R_1 (линии наибольшего наклона – л.н.н.). Угол, образованный проекцией отрезка и его натуральной величиной есть угол наклона этого отрезка к плоскости проекций.

7. Отрезок B_1R_1 лежит в плоскости ABC , следовательно, и сама плоскость имеет тот же угол наклона к горизонтальной плоскости, что и отрезок B_1R_1 .

Задание 4. Провести следы плоскости, заданной треугольником ABC

Каждый след плоскости представляет собой прямую линию, для построения которой необходимо определить две ее точки, то есть по два следа на каждой плоскости, и провести через них линии P_h и P_v . Буквенные обозначения следов могут быть и другие: Q_h и Q_v ; $\alpha\Pi_1$ и $\alpha\Pi_2$.

Говоря о плоскости, заданной треугольником, можно составить алгоритм определения следов плоскости следующим образом. *Каждый след плоскости представляет собой прямую линию, для построения которой необходимо определить две ее точки, одной из них может служить точка схода следов на оси проекций. Если известно направление следа плоскости, достаточно построить одну точку, принадлежащую искомому следу.*

На рис. 36 показано построение следов плоскости, заданной треугольником ABC . Горизонтальный след плоскости определен построением горизонтальных следов M_1 и M_2 прямых AC и AB , принадлежащих плоскости. Фронтальный след плоскости определен построением фронтального следа N прямой AC и точкой схода следов P_x , (на рис. 36 точка схода следов P_x не показана, она показана только на рис. 37).

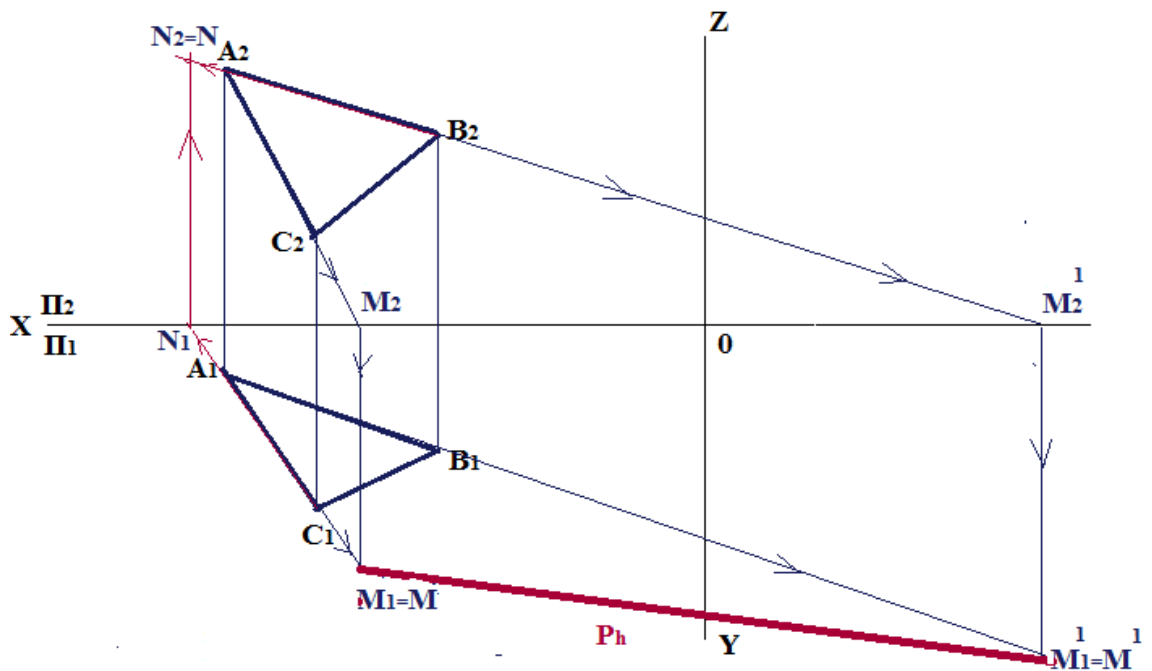


Рисунок 36 – Построение горизонтального следа плоскости ABC и фронтального следа прямой AC, являющейся стороной плоскости ABC

1. Продлеваем прямую A_2C_2 до пересечения с осью X. Точка пересечения M_2 является фронтальной проекцией горизонтального следа прямой AC.

2. Из точки M_2 опускаем вниз перпендикуляр (проводим линию проекционной связи) до пересечения с горизонтальной проекцией, а в нашем случае с продолжением горизонтальной проекции отрезка A_1C_1 . На пересечении получаем точку M_1 . Точка пересечения M_1 и будет являться горизонтальной проекцией горизонтального следа, которая совпадает с самим следом M.

3. Продлеваем прямую A_2B_2 до пересечения с осью X. Точка пересечения M_2^1 является фронтальной проекцией горизонтального следа прямой AB.

4. Из точки M_2^1 опускаем вниз перпендикуляр (проводим линию проекционной связи) до пересечения с продолжением горизонтальной проекции отрезка A_2B_2 . На пересечении получаем точку M_1^1 . Точка

пересечения M_1^I и будет являться горизонтальной проекцией горизонтального следа, которая совпадает с самим следом M^I .

5. Соединяем точки M^I и M . Получили горизонтальный след плоскости ABC . Обозначим его P_h .

6. Фронтальный след плоскости построим с помощью определения фронтального следа N_I прямой AC . Для этого продлим горизонтальную проекцию отрезка AC до пересечения с осью X , точка пересечения N_I является горизонтальной проекцией фронтального следа;

7. Из точки N_I восстанавливаем перпендикуляр (проводим линию проекционной связи) до его пересечения с продолжением фронтальной проекции отрезка AC . Точка пересечения N_2 и будет фронтальной проекцией фронтального следа, которая совпадает с самим следом N .

8. Продлим след P_h до пересечения с осью X . Полученная точка P_x – точка схода следов, которую мы используем в качестве второй точки для построения фронтальной проекцией плоскости ABC . Соединяем точку N с точкой P_x . Полученную прямую обозначаем P_v (рис. 37).

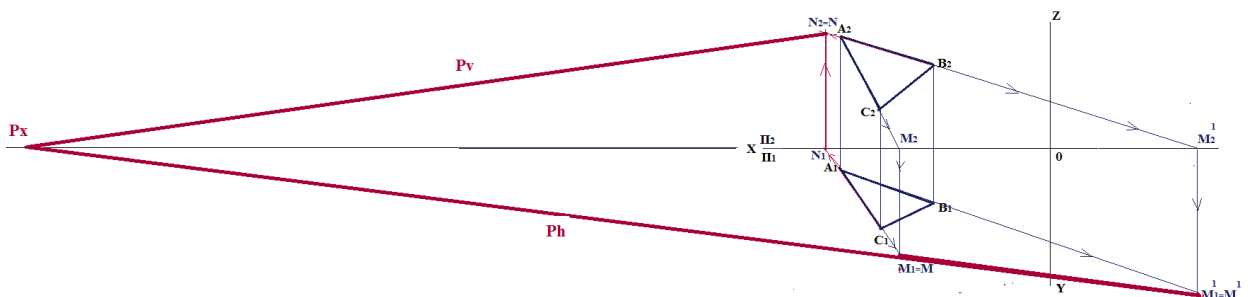


Рисунок 37 – Построение следов плоскости ABC

Следы плоскости можно найти, проведя в плоскости проекции горизонталь и фронталь.

На рис. 38 показан другой вариант построения следов плоскости, заданной треугольником ABC .

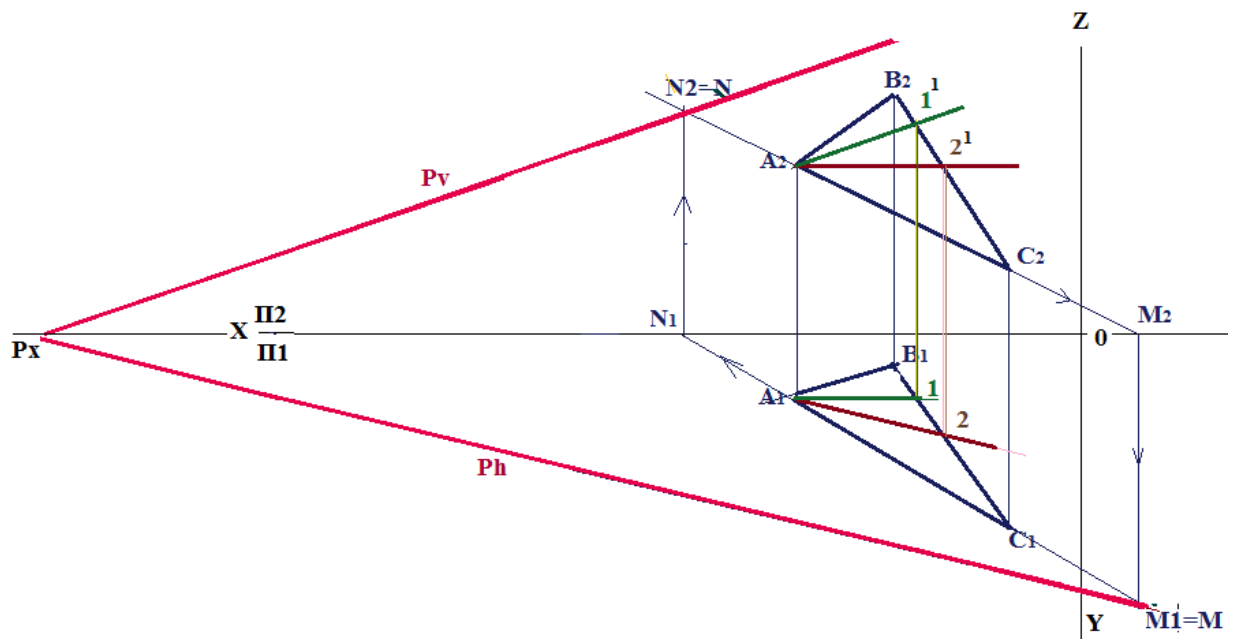


Рисунок 38 – Построение следов плоскости ABC с использованием горизонтали и фронтали плоскости

1. Построить горизонталь через точку A. Линии A-2¹ и A-2
2. Построить фронталь через точку A. Линии A-1 и A-1¹.
3. Находим горизонтальный след прямой AC. Получаем точку M₁≡M (можно взять и другую прямую для нахождения следа).
4. Находим фронтальный след прямой AC. Получаем точку N₂≡N (можно взять и другую прямую для нахождения следа).
5. Через горизонтальный след M проводим горизонтальный след плоскости параллельно горизонтальной проекции горизонтали A₁-2.
6. Через фронтальный след N проводим фронтальный след плоскости параллельно фронтальной проекции фронтали A₂-1¹.
7. Два следа плоскости сходятся в одной точке P_x на оси X (см. рис. 38).

Порядок определения следов плоскости, расположенной в пространстве и заданной прямыми линиями представлены в видеоинформации на канале [youtube.com](https://www.youtube.com).

Во втором видео рассмотрены построения следов плоскости, заданной треугольником <https://www.youtube.com/watch?v=X2FY2wjaJ4&t=59s>

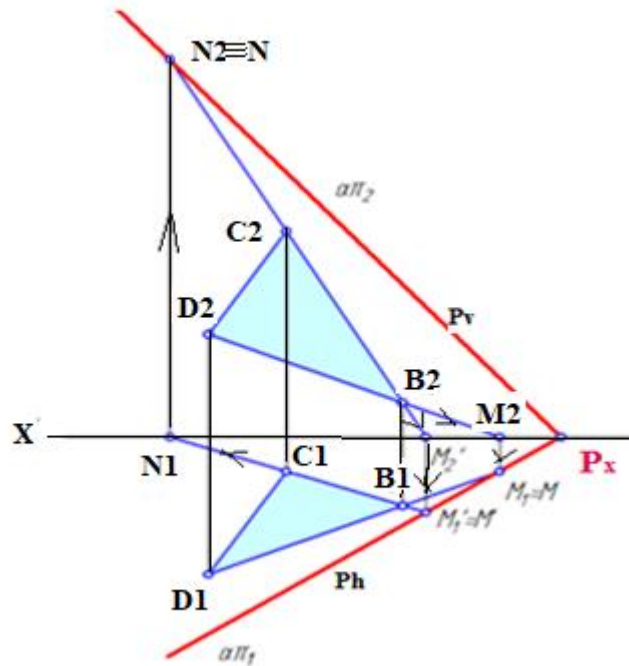


Рисунок 39 – Построение следов плоскости, заданной треугольником BCD

Построение следов плоскости, заданной двумя пересекающимися прямыми (рис. 40) линиями показано в видеолекции на сайте: <https://www.youtube.com/watch?v=4jRBgDMLQpM>

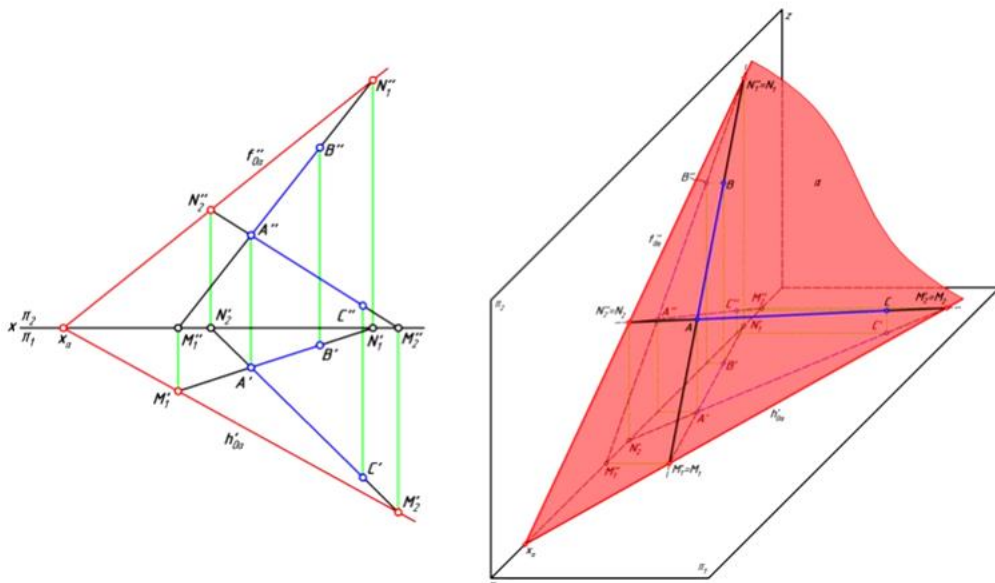


Рисунок 40 – Построение следов плоскости, заданной двумя пересекающимися прямыми

Построение следов плоскости, заданной двумя параллельными линиями (рис.6) показано видеолекции на канале ОмГТУ: Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=Qp1RABbcp88>

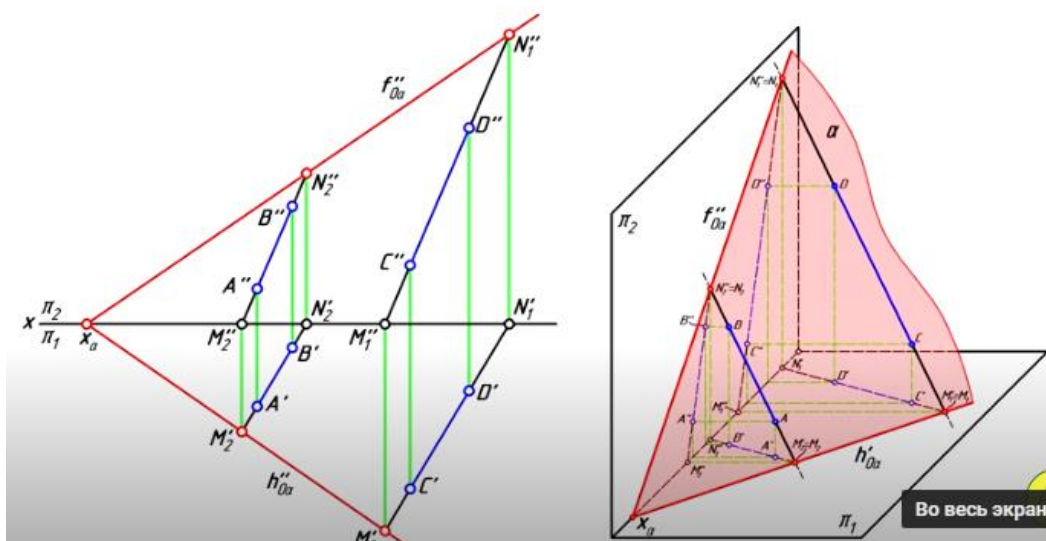


Рисунок 41 – Построение следов плоскости, заданной двумя параллельными прямыми

Возможен и такой вариант, когда плоскость задана треугольником ABC с координатами: $C_Y=B_Y, C_Z=0, A_Z=0$ (рис.42).

1. В том случае, когда координаты Y у двух точек равны ($Y_C=Y_B$), фронталь плоскости совпадает с самой линией CB (C_1B_1, C_2B_2).

2. При определении линии наибольшего наклона (ската), перпендикуляр к горизонтали на горизонтальной плоскости проводят из той же точки, через которую проходит горизонталь h_1 (проекция точки B_1).

3. Определение следов плоскости ABC. Координата Z точки $C=0$ ($C_Z=0$). Следовательно проекция точки C_2 лежит на оси X . И она, таким образом, совпадает с точкой схода следов плоскости P_v и P_h .

Как видно из рис.42, через сторону C_2B_2 проходит и фронталь плоскости, следовательно, эта же линия является и фронтальным следом P_v плоскости ABC.

Через точку $P_x \equiv C_2$ проводим линию, параллельную горизонтальной проекции горизонтали h_1 плоскости. Получаем след плоскости на горизонтальной плоскости P_h .

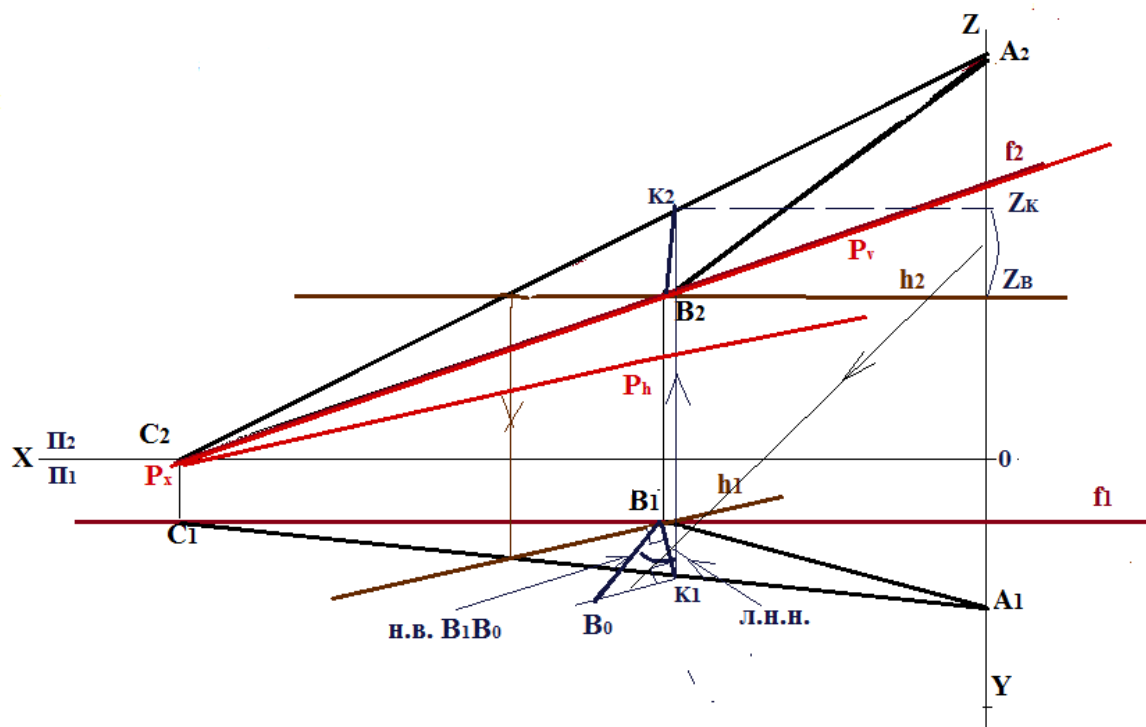


Рисунок 42 – Расположение плоскости, заданной треугольником ABC , при значении координат $C_Y=B_Y, C_Z=0, A_Z=0$

Для обзора покажем еще два эпюра с другим расположением плоскостей, и построенными следами плоскости (рис. 43, рис. 44).

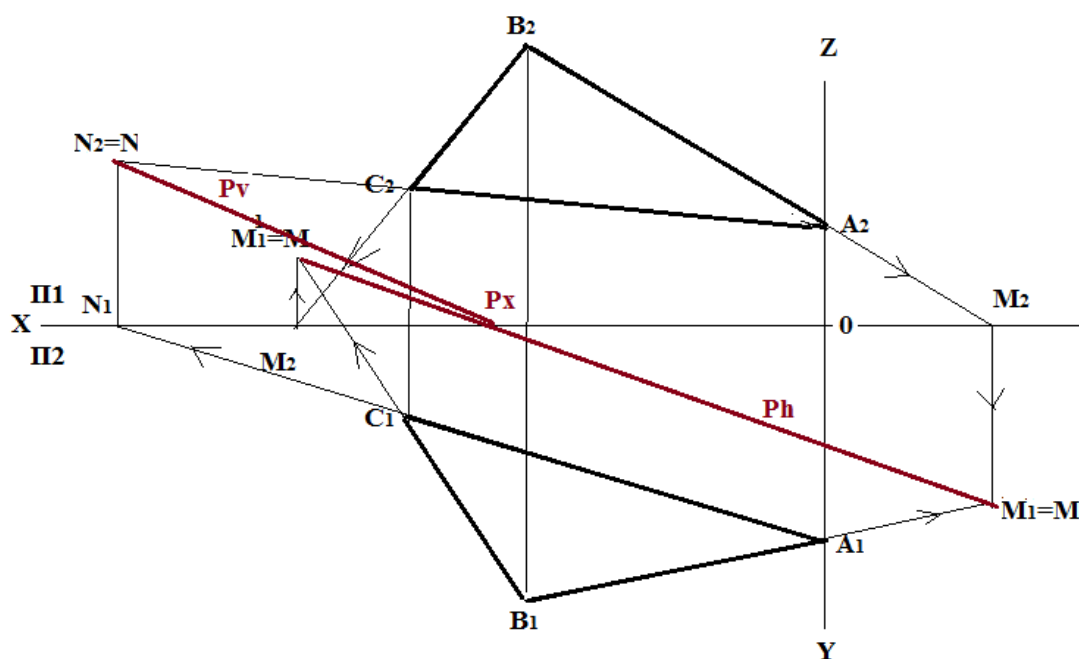


Рисунок 43 – Построение следов плоскости ABC по двум фронтальным и двум горизонтальным следам сторон плоскости

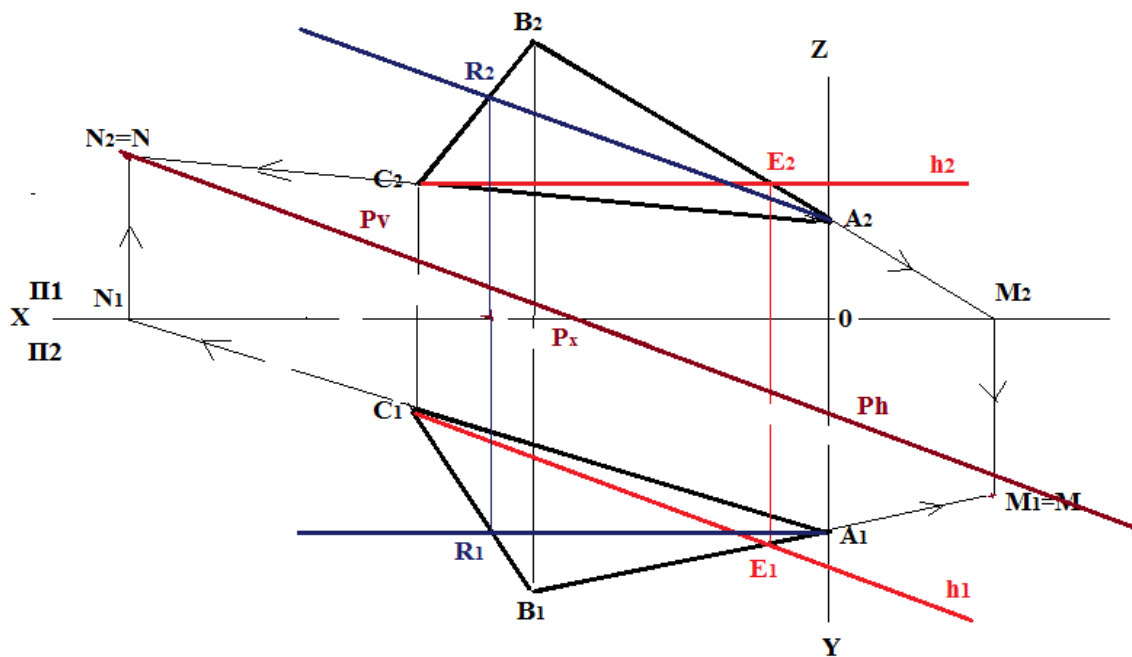


Рисунок 44 – Построение следов плоскости ABC по фронтали, горизонтали и одному фронтальному следу

На рис 43 горизонтальный след плоскости Ph пересекает ось X. Эта точка и есть точка схода Rx. Тогда от фронтального следа стороны AC проводим прямую до точки Rx. Получаем фронтальный след плоскости Pv.

На рис. 44 следы плоскости найдены посредством построения горизонтали и фронтали плоскости ABC и фронтального следа стороны AC. Получилось, оба следа Ph, Pv и точка схода Rx лежат на одной прямой.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7. Решение задач на плоскости, заданной числовыми отметками

Плоскость в проекциях с числовыми отметками задается проградированной линией ската, которая в этом случае носит название *масштаба уклона плоскости*.

На рис. 45 плоскость γ_i проходит под углом α к плоскости Π_0 . Плоскость задана масштабом уклона, который обозначается двумя параллельными линиями, утолщенной и тонкой, и горизонталями плоскости. *Горизонталь представляет собой линию уровня, лежащую в плоскости и параллельную горизонтальной плоскости проекций, все ее точки имеют одинаковые отметки. Горизонтали проводятся с постоянным шагом по высоте.*

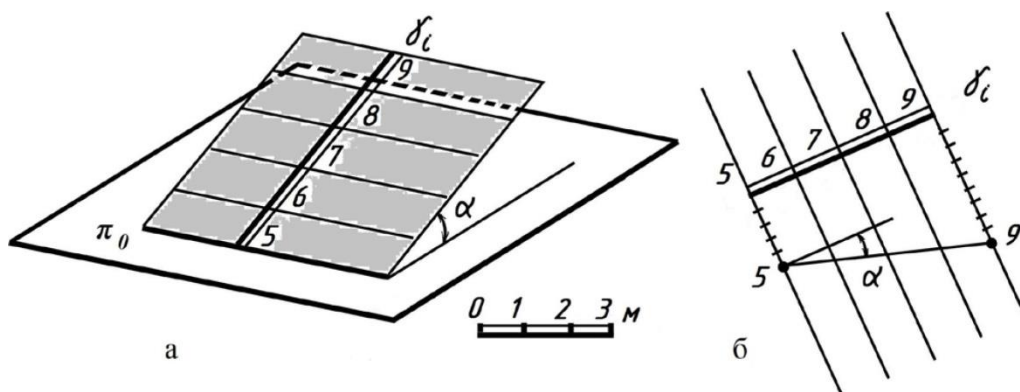


Рисунок 45 – Угол наклона в плоскости, заданной числовыми отметками

Как определяется угол наклона плоскости на эюре, показано на рис. 45,б. Угол между линией ската плоскости и ее горизонтальной проекцией называется углом падения плоскости или углом наибольшего ската.

Задание 1. Провести горизонталь в плоскости, заданной треугольником и определить угол наклона плоскости к горизонтальной плоскости

1. Выбираем сторону с наибольшей разницей отметок и градуируем ее. На рис 46 – это сторона СВ.

2. Находим точку с той же отметкой, что и отметка точки противоположной стороны и соединяем их. Получили горизонталь плоскости. В данном случае – это отметка 50.

3. Проводим горизонталь плоскости ABC – линии параллельные проведенной горизонтали $A_{50}D_{50}$ через точки градуировки стороны CB.

Перпендикулярно горизонталям проводим линию масштаба уклона (две параллельные линии, утолщенная и тонкая), обозначаем γ_i .

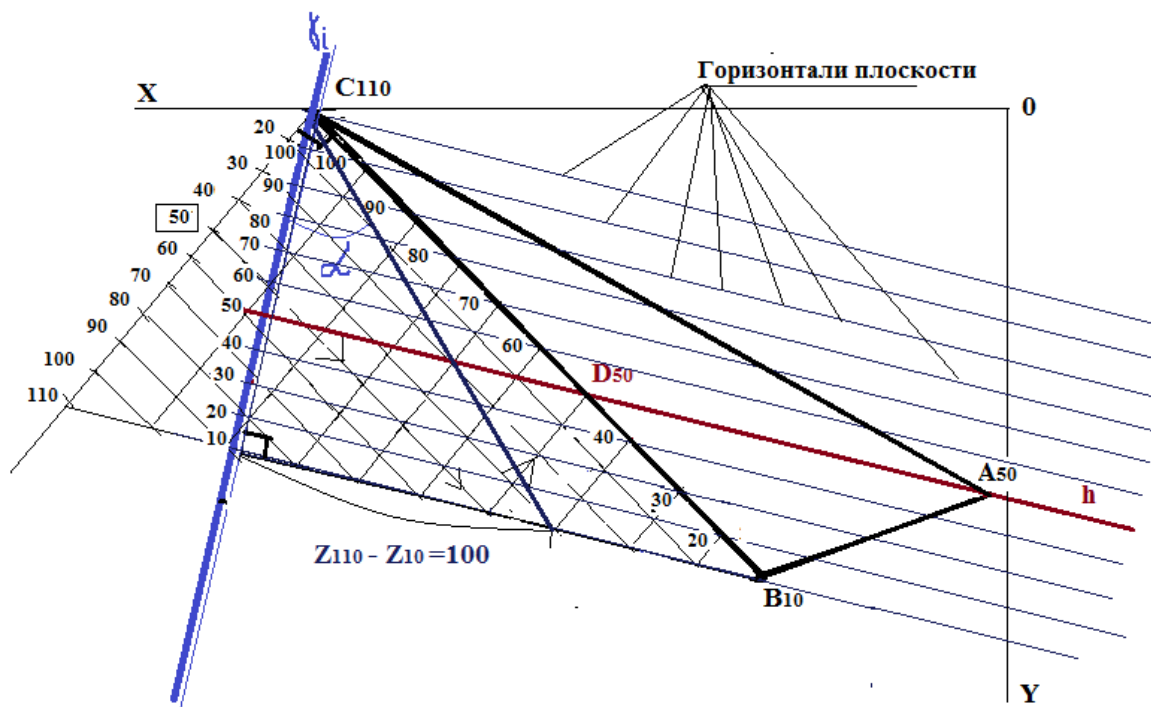


Рисунок 46 – Определение местоположение горизонтали плоскости ABC и угла наклона плоскости ABC к горизонтальной плоскости

4. Находим угол наклона плоскости, для чего на горизонталях линии масштаба уклонов γ_i от точки с наименьшей отметкой откладываем ΔZ – разницу в масштабных единицах между отметками наименьшей и наибольшей, $Z_{110}-Z_{10}=100$.

5. Полученную точку соединяем с наибольшей отметкой на линии масштаба уклонов. И получаем угол α – угол наклона плоскости (угол падения плоскости или угол наибольшего ската).

Задание 2. Провести фронталь в плоскости.

Задание выполняется аналогично тому, как это выполняли на эюре в двухпроекционном черчении.

Фронталь параллельна оси X. Для плоскости, заданной треугольником, она будет проходить через точку, соединяющую две стороны треугольника и противоположную сторону. При пересечении фронтали противоположной стороны треугольника, необходимо поставить точку и определить ее отметку Z, для чего необходимо проградировать эту сторону плоскости треугольника. В рассматриваемом варианте фронталь проходит через точку A и сторону CB. CB уже проградурована (рис. 47).

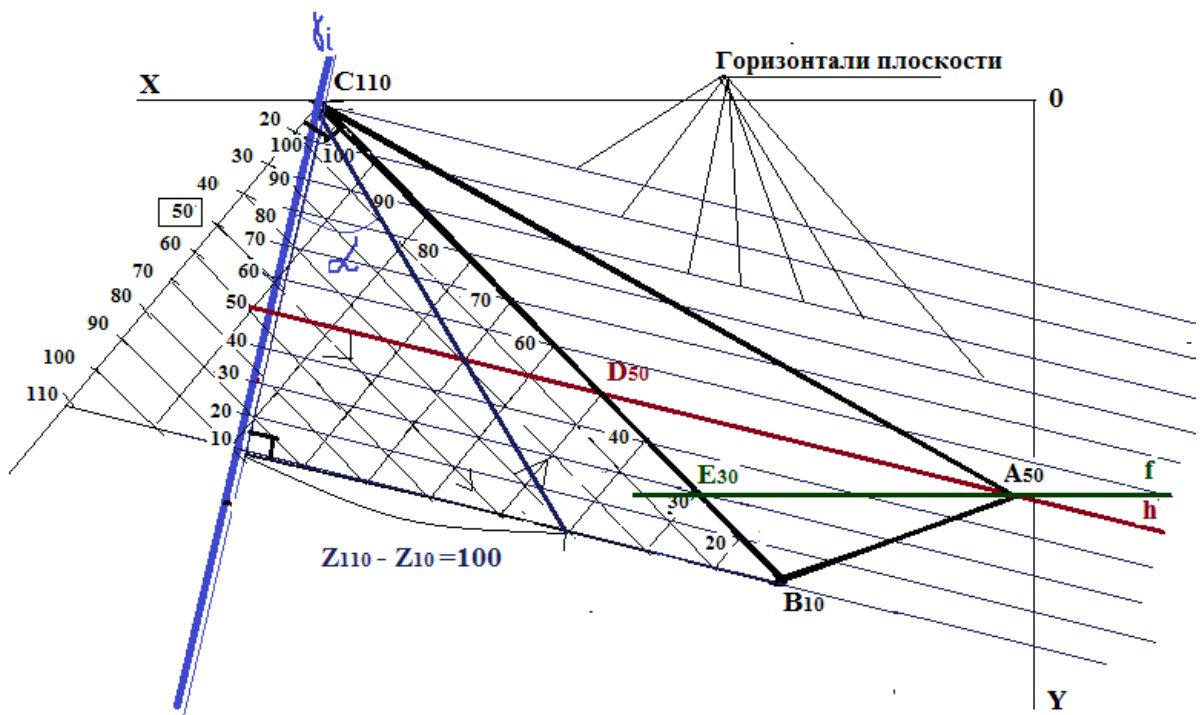


Рисунок 47 – Определение местоположения фронтали плоскости ABC

Ставим точку пересечения стороны $C_{110}B_{10}$ с фронталью и подписываем ее отметку – E_{30} .

Следует отметить, что целесообразно линию масштаба уклонов γ_i провести в стороне от плоскости ABC, не касаясь точки заданной плоскости (рис. 48). В каждом конкретном случае выбирается место таким образом, чтобы эюр был более наглядным.

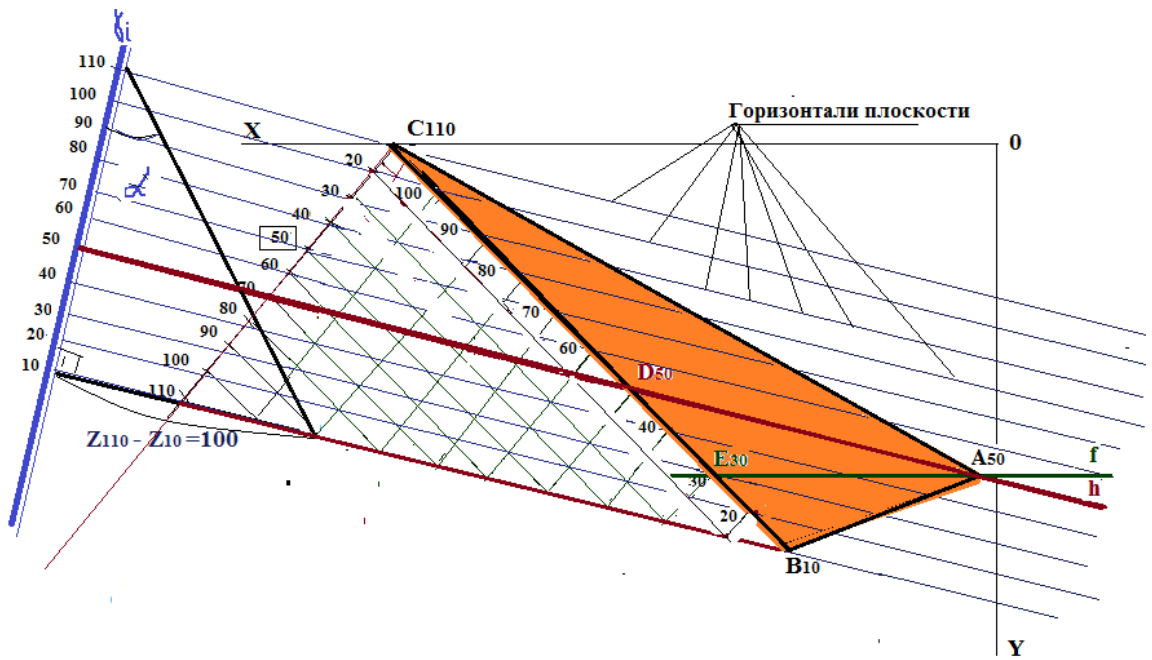


Рисунок 48 – Расположение плоскости γ_i в стороне от плоскости ABC

Выполняя градуировку отрезка или стороны плоскости, можно выполнять разбивку от точки с наименьшей отметкой (рис. 49).

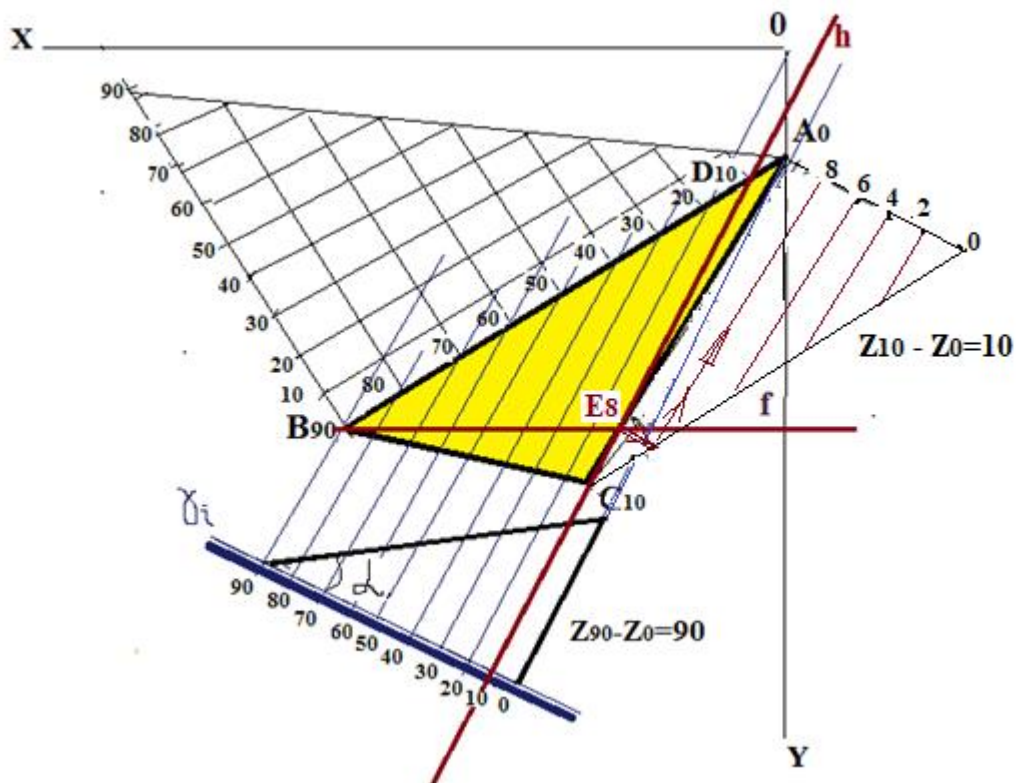


Рисунок 49 – Градуировка стороны $C_{10}A_0$ для определения отметки точки E, принадлежащей фронтали f.

Тогда цифровое обозначение отрезков на вспомогательной линии будет в порядке, как показано на рис. 49. При таком расположении плоскости $A_0B_9C_{10}$ на чертеже, это наиболее удобный вариант для обеспечения наглядности построения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8. Вертикальная планировка

Практические работы 8-10 поясняют выполнение эшюра 3, который будет полностью выполнен в проекциях с числовыми отметками. Материал для подготовки к третьему эшюру размещен на сайте:

1) Инженерная графика. Граница земляных работ. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=urEP8HY-lmw&feature=emb_logo –

2) Проекция с числовыми отметками. Режим доступа: http://ng.sibstrin.ru/wolchin/umm/igz_ng/igz_ng/302/001.htm

Прежде чем разбирать задачи, непосредственно составляющие содержание эшюра 3, рассмотрим некоторые задачи их поясняющие (задачи практической работы 7).

Задача1. Определение точки пересечения прямой и плоскости.

Дана плоскость a (задана масштабом уклона ai) и прямая A_3B_9 требуется найти точку их пересечения. Для решения задачи предварительно градуируем прямую (рис. 50, а). Затем заключаем ее в плоскость - посредник общего положения, для чего проведем в произвольном направлении горизонтали этой плоскости (например, h_{11} и h_9) через точки с отметками 11 и 9 на прямой $A_{13}B_9$ (рис. 50, б).

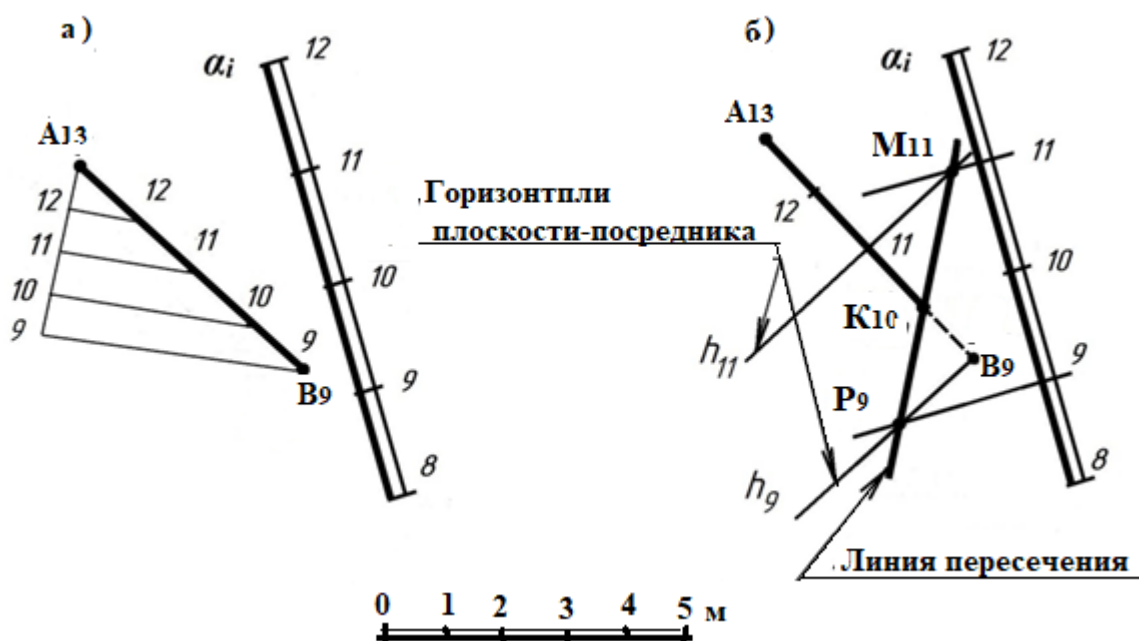


Рисунок 50 – Определение точки пересечения K_{10} прямой $A_{13}B_9$ и плоскости

α_i .

Находим точки пересечения одноименных горизонталей плоскости - посредника и заданной плоскости α_i , получаем точки, через которые проходит линия пересечения плоскостей. В точке пересечения этой линии с заданной прямой $A_{13}B_9$ находится искомая точка K_{10} пересечения прямой и плоскости α_i .

Какая часть прямой является видимой, а какая нет, определяем по соотношению отметок горизонталей плоскости α_i и отметок точек A и B . Видим, что отметка точки A_{13} находится между 11 и 12 горизонталями плоскости, следовательно, лежит выше плоскости и часть прямой от точки A_{13} до точки K является видимой.

Задача 2. Поверхность в проекциях с числовыми отметками

Поверхность в проекциях с числовыми отметками задаются горизонталями. Горизонтали поверхности можно представить как линии сечения этих поверхностей горизонтальными плоскостями, проведенными с

постоянным шагом. Построение таких горизонталей является задачей градуирования поверхности. Линия ската применительно к поверхностям обычно рассматривается для конкретной точки и проводится перпендикулярно горизонтали, проходящей через нее.

Коническая поверхность может быть представлена как прямым конусом с вертикальной осью, так и наклонным конусом, рассмотрим вначале прямой конус (рис. 51, а). Сечения конической поверхности горизонтальными плоскостями дадут ряд окружностей. В случае прямого конуса, проецируя их на горизонтальную плоскость, получаем ряд concentric окружностей (рис. 51, б). Линию ската для прямого конуса можно получить, проградуировав образующую конуса. Для выполнения этой операции необходимо знать отметки, каких-либо двух точек на образующей или отметку одной точки и уклон.

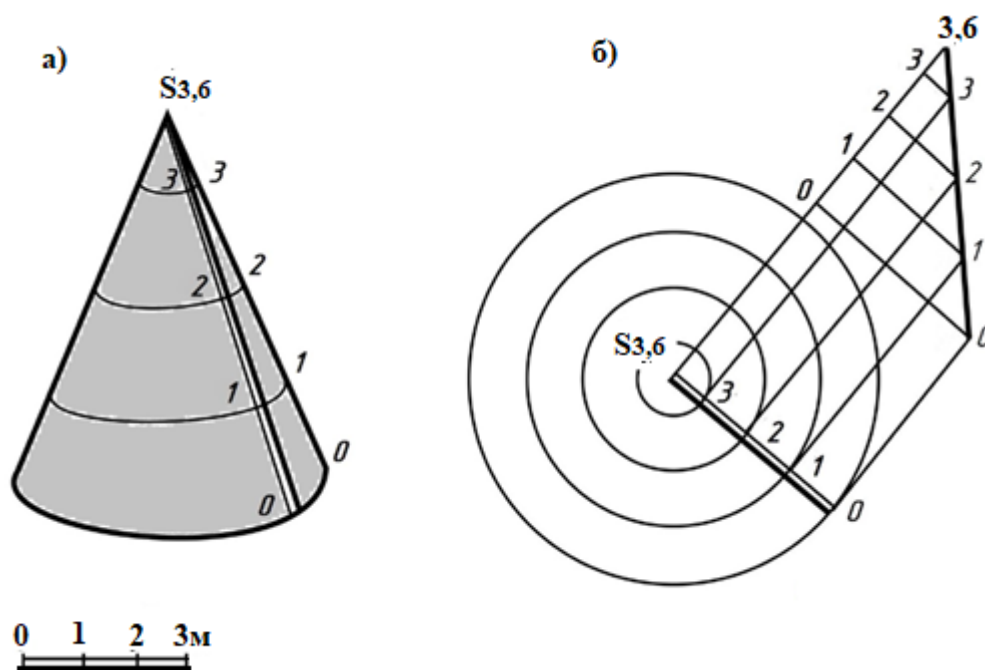


Рисунок 51 – Образующая конуса и построение линии ската

Поверхность равного уклона. Если прямой круговой конус за вершину перемещать по произвольной кривой (рис. 52), то полученная при этом перемещении поверхность называется поверхностью равного уклона.

Конус является определителем этой поверхности, а кривая служит направляющей. Для любой точки такой поверхности линия ската имеет одинаковый наклон к горизонтальной плоскости. При градуировании поверхности одинакового ската нужно иметь в виду, что уклон поверхности в любой ее точке одинаков и расстояние между смежными горизонталями равно интервалу линии ската.

Для градуирования размещаем конусы в точках заданной направляющей кривой и градуируем их поверхности. На практике (см. рис. 52) это выглядит как проведение из точек кривой концентрических окружностей, радиусы которых отличаются на величину интервала, а высотные отметки – на единицу.

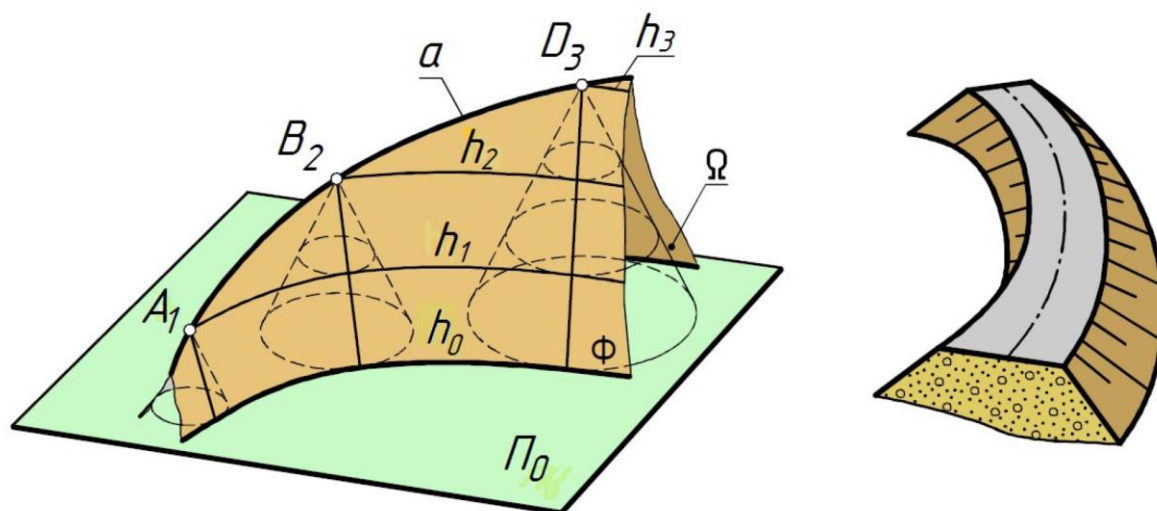


Рисунок 52 – Иллюстрация построения поверхности равного уклона

Проводим кривые линии, касательные горизонталями конических поверхностей, имеющих одну и ту же отметку, получаем горизонтали поверхности равного уклона (h_0, h_1, h_2, h_3).

Задача 3. Пересечение линий и плоскостей с топографической

поверхностью.

Земная (топографическая) поверхность представляется горизонтальной проекцией каркасной модели, образующейся при рассечении земной поверхности горизонтальными плоскостями. По возрастанию горизонталей можно судить о виде изображаемой поверхности. В дополнение к высотным отметкам на горизонталях обычно проставляются *бергштрихи*, показывающие направление понижения местности.

Важным допущением в проекциях с числовыми отметками является допущение о линейном характере изменения местности между горизонталями, что позволяет определять точки, лежащие между горизонталями как соотношение превышения к заложению (об этом подробно изложено в курсе «Геодезия и картография»).

Пересечение прямой линии с топографической поверхностью. *Топографическая поверхность представлена горизонталями h_3, h_4, h_5, h_6 , (рис. 53).*

Данная задача разбивается на следующие этапы:

- а) градуируем прямую **АВ**;
- б) заключаем прямую в плоскость – посредник общего положения α_i .
- в) находим точки пересечения горизонталей (h_3, h_4, h_5, h_6, h_7) плоскости α_i с одноименными горизонталями топографической поверхности (поскольку плоскость – посредник, в которую заключаем прямую, имеет произвольную ориентацию, то горизонтали этой плоскости, оставаясь параллельны между собой, к прямой **АВ** наклонены под произвольным углом);

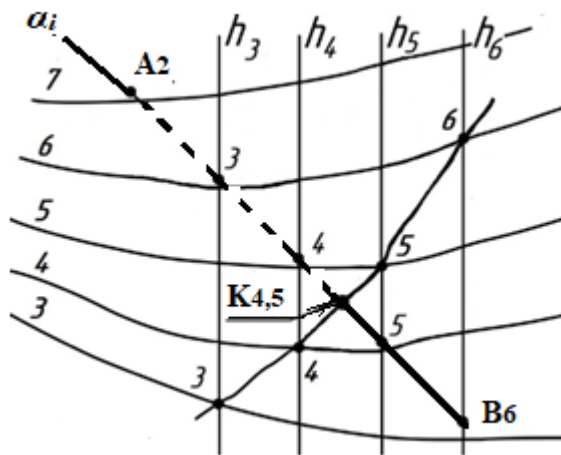


Рисунок 53 – Определение точки пересечения $K_{4,5}$ прямой A_2B_6 с топографической поверхностью

г) соединяем полученные точки плавной кривой, получаем линию пересечения плоскости α_i и топографической поверхности. В точке пересечения этой линии и заданной прямой находится искомая точка K , пересечения топографической поверхности и прямой AB .

В результате в точке $K_{4,5}$ прямая проходит через топографическую поверхность. Первоначально она расположена под поверхностью (ее координаты ниже отметок поверхности), затем в точке K выходит на поверхность.

Задача 4. Определение линии сечения топографической поверхности проецирующей плоскостью.

Линия пересечения топографической поверхности вертикальной плоскостью (рис. 54, а, б) называется профилем поверхности. Секущая плоскость задана своей горизонтальной проекцией y . Отмечаем точки пересечения плоскости с горизонталями поверхности, строим профиль поверхности.

Для этого выбираем базовую горизонталь, соответствующую, или несколько ниже, минимальной отметке горизонтали местности, пересекаемой

плоскостью. Проводим перпендикулярно следу плоскости линии связи, откладываем на них отметки соответствующих горизонталей и соединяем полученные точки плавной кривой. Обычно масштаб, в котором откладываются вертикальные отметки по линиям связи, больше горизонтального масштаба. В этом случае получаемый профиль более выразителен.

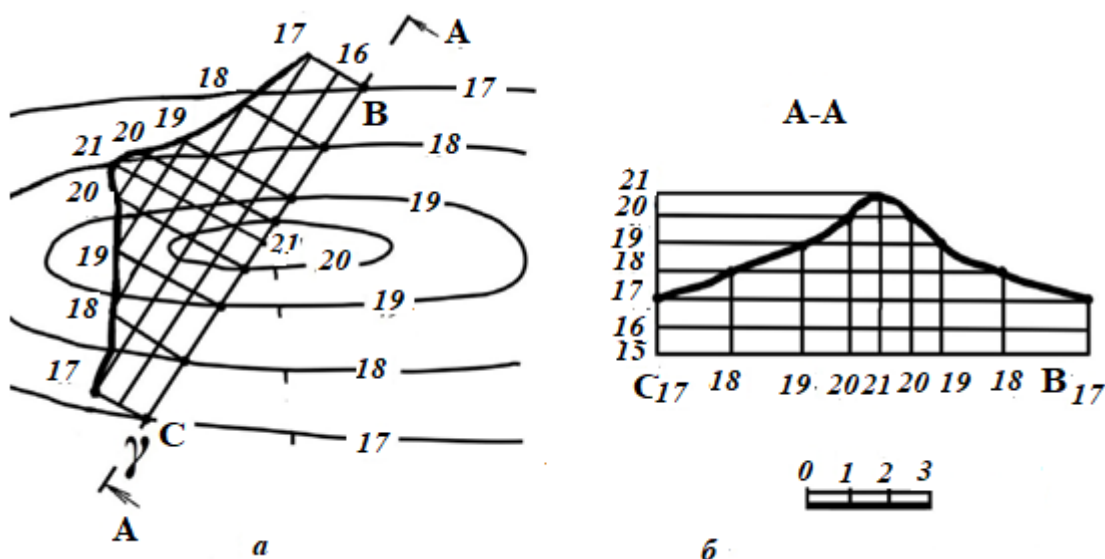


Рисунок 54 – Построение профиля земной поверхности

Профиль может быть наложенным, как показано на рисунке 54, а, или вынесенным (рисунок 54, б). В случае вынесенного профиля он располагается в произвольном месте чертежа с произвольной ориентацией относительно следа секущей плоскости (как это будет выполнено в эюре 3).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9. Определение границы земляных работ при проектировании объекта строительства

Задачи, предлагаемые для решения в следующих двух практических работах, являются составными частями выполнения эшюра 3. На формате А3 необходимо вычертить рамку чертежа и рамку основной надписи, перенести один к одному с бланка задания план участка местности, отводимый под строительство с запроектированным планом земляного сооружения, выполненного в масштабе 1:200. План расположения на листе А3 см. в Приложении.

Задача 1. Построить линии пересечения откосов выемок и насыпей земляного сооружения между собой.

1. Прежде чем выполнять построения, определяем *интервалы откосов выемки, насыпи и дороги*. Принимаем: уклон откосов выемок $i_B=1:1$; уклон откосов насыпей $i_H=1:1,5$; уклон плоскости дороги $i_d=1:5$. Графически это выглядит как на рис. 55.

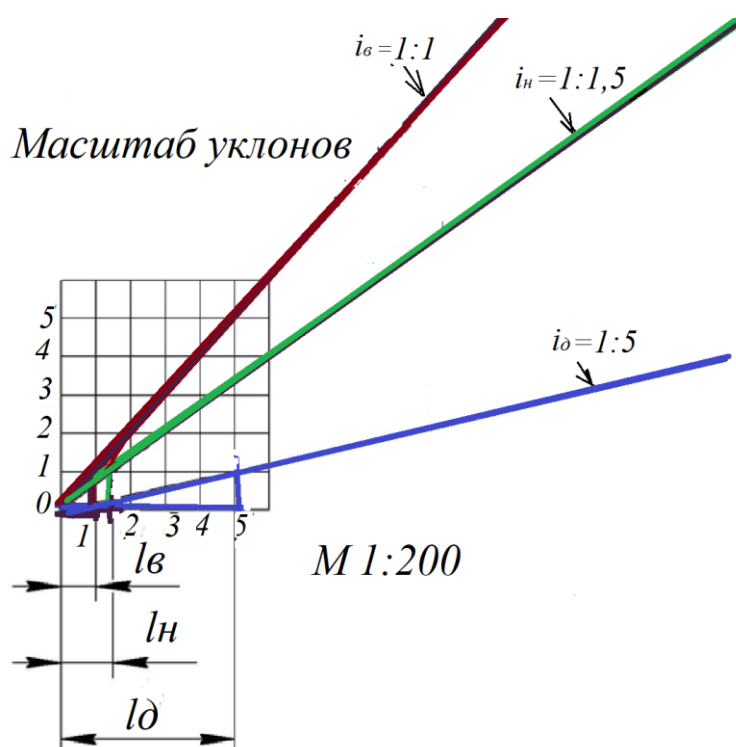


Рисунок 55 – Определение интервалов откосов выемки, насыпи, дороги.

Мы помним, что уклон и интервал обратно пропорциональны друг другу. На сетке квадратов (одна клеточка равная единице в масштабе изображения 1:200 имеет величину 0,5 см×0,5см) графически показываем величины заданных уклонов. Для этого по вертикали откладываем 1. По горизонтали: для уклона выемки – 1; для уклона насыпи – 1,5; для уклона дороги – 5. Проводим соответствующие линии, как показано на рис. 55.

Получаем следующие величины интервалов (это значения, отложенные по горизонтали масштаба уклонов): интервал откосов выемок $i_B = 1$; интервал откосов насыпей $i_H = 1,5$; интервал плоскости дороги $i_D = 5$.

Схему построения масштаба уклонов 1:200 также будем располагать на эюре 3.

2. Построение линий пересечения плоских откосов земляного сооружения между собой.

Для построения линии пересечения откосов земляного сооружения (рис. 56) определяем **линию нулевых работ**, которая пройдет по сорок второй горизонтали местности, т.к. площадка земляного сооружения имеет отметку **42**.

Слева от сорок второй горизонтали местности земляное сооружение будет в выемке (горизонталы земли выше отметки площадки равной 42 м), справа на насыпи (горизонталы земли ниже отметки площадки).

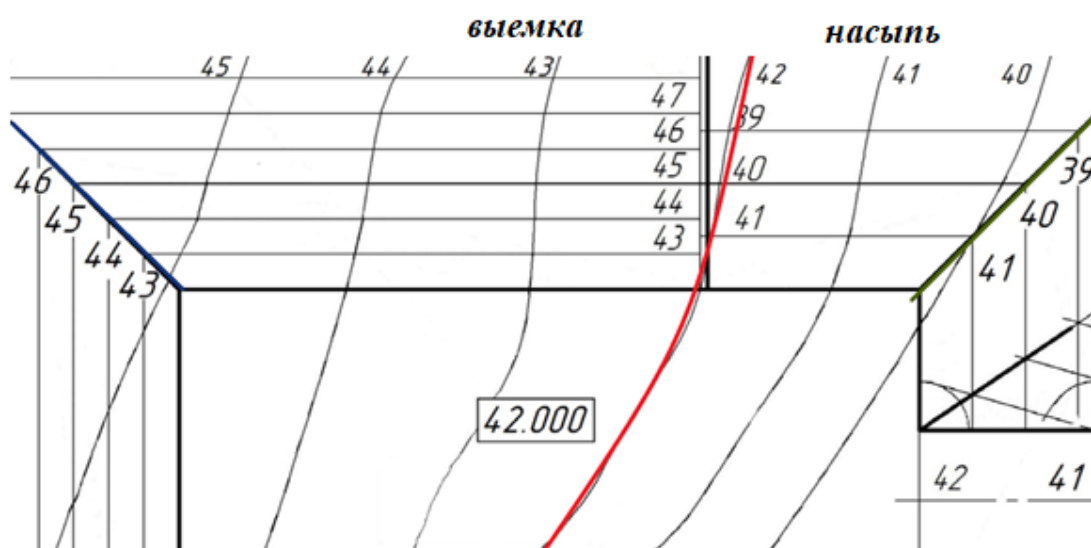


Рисунок 56 – Определение линии нулевых работ, построение проектных горизонталей плоских откосов площадки

*Перпендикулярно границам площадки в точках нулевых работ строим масштабы уклона откосов выемки и насыпи. Параллельно кромкам площадки проводим **проектные горизонтали плоских откосов** с отметками **41, 40, 39** с интервалом $I_n = 1,5$ для насыпи и **43, 44, 45, 46, 47** с интервалом $I_v = 1$ для выемки.*

Линия пересечения плоскостей откосов (начинается от углов площадки) проходит через точки пересечения горизонталей, имеющих одинаковые отметки как это показано на рис. 56.

3. Определение границ откосов, ограничивающих площадку полуокружностью.

Поверхность откосов, ограничивающих площадку полуокружностью, представляет собой часть конической поверхности, горизонталями которой являются концентрические полуокружности, центр которых совпадает с центром полуокружности, ограничивающей площадку. Построение линии пересечения откосов показано на рис. рис. 57.



Рисунок 57 – Построение линии пересечения прямолинейного и криволинейного откосов

Порядок построения: происходит в следующей последовательности:

а) перпендикулярно прямолинейным границам площадки проводим масштабы уклона. Слева от сорок второй горизонтали топографической поверхности масштаб уклона выемки, справа – насыпи;

б) проводим масштабы уклонов выемки и насыпи криволинейных откосов, направленных в центр конуса;

в) строим проектные горизонталы прямолинейных и криволинейных откосов с отметками **41, 42** и т. д. для насыпи и с отметками **43, 44** и т.д. для выемки.

Через точки пересечения горизонталей, имеющих одинаковые отметки, проводим *линию пересечения откосов*.

4. Построение линии пересечения откосов площадки и откосов дороги

Откос площадки с примыкающей к ней дорогой расположены на насыпи. Горизонталы откоса площадки с отметками **41, 40, 39** построены при определении линии пересечения откосов (см. рис. 56, 57). Для построения проектных горизонталей откосов дороги сначала градуируем полотно дороги (рис. 58).

1 От кромки площадки с отметкой **42** откладываем *по оси дороги* интервалы равные 5 (величину интервала берем с рис. 55) и проводим *прямолинейные проектные горизонталы плоскости дороги*;

2. С центром в точке пересечения горизонталей дороги с кромкой дороги строим окружности радиусом, равным интервалу насыпи, 1,5, которые имеют отметки **41, 40, 39** и т. д.

3. Из точек пересечения горизонталей дороги с ее кромкой проводим касательные к построенным окружностям, имеющим одинаковые отметки с точкой. Касательные к окружностям (см. рис. 58) являются ***проектными горизонтальными плоскости откоса дороги***.

Через точки пересечения одноименных горизонталей откосов площадки

и дороги проводим линии пересечения откосов.

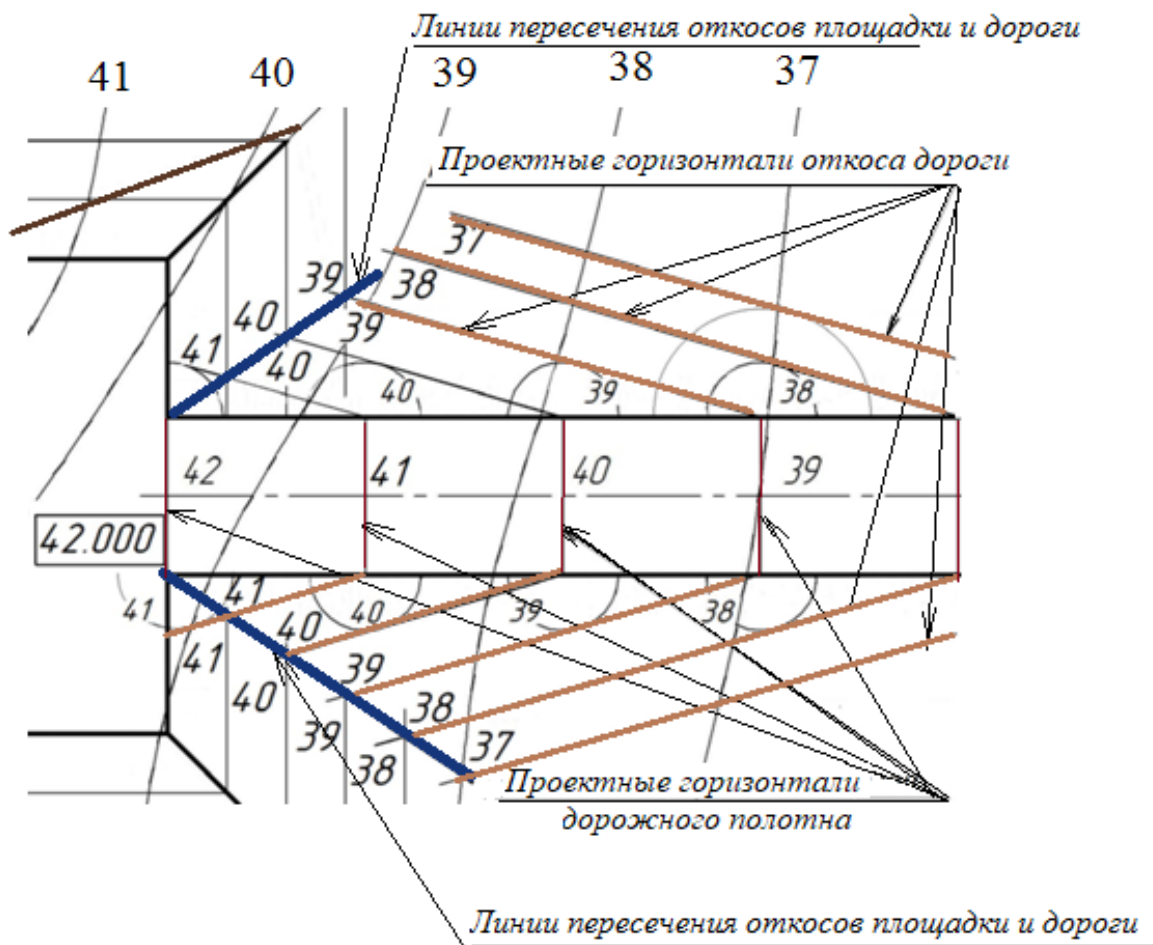


Рисунок 58 – Построение проектных горизонталей полотна дороги и проектных горизонталей плоскости откосов дороги. Определение линии пересечения откосов площадки и дороги

Задача 2. Построить линии пересечения откосов выемок и насыпей земляного сооружения с топографической поверхностью.

Чтобы построить линию пересечения откосов площадки с земной поверхностью, то есть определить границы земляных работ, необходимо найти точки пересечения одноименных горизонталей откосов и горизонталей земли, как это показано на рис. 59.

Аналогично находим точки пересечения одноименных горизонталей земли и горизонталей откосов дороги, соединяем их и получаем линию границы земляных работ (рис. 60).

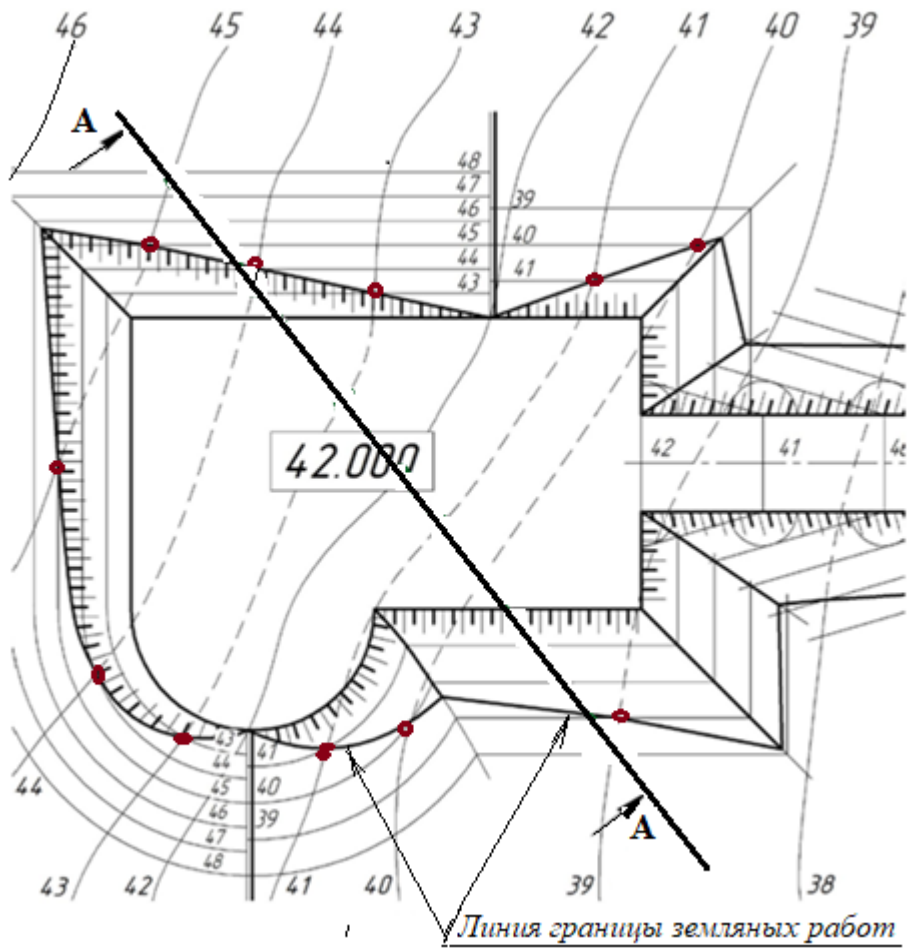


Рисунок 59 – Определение границ земляных работ площадки

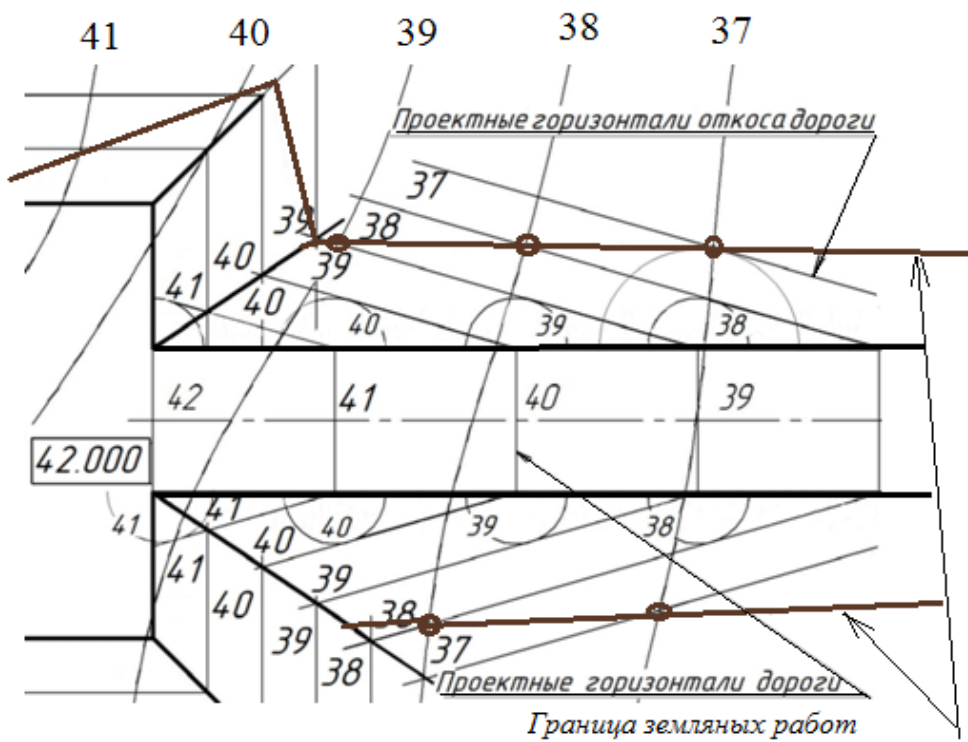


Рисунок 60 – Определение границ земляных работ дороги

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 10. Построение профиля
топографической поверхности и объекта строительства**

Задача. Построить профиль местности и земляного сооружения по направлению А–А.

1. *Построение профиля топографической поверхности и сооружения*

Для построения профиля топографической поверхности определяем точки пересечения линии сечения А-А (штрихпунктирная тонкая линия) с горизонталями местности (рис. 61). На горизонтальной прямой с отметкой **39** (рис. 62) откладываем расстояния, равные расстояниям между горизонталями топографической поверхности **39 - 40, 40 - 41, 41 - 42, 42 - 43, 43 - 44, 44 - 45**, замеряемые на эюре вдоль линии А-А (см. рис. 61).

Из полученных точек **39, 40, 41, 42, 43, 44, 45** проводим вертикальные прямые. Параллельно горизонтальной прямой **39** проводим прямые **40, 41, 42, 43, 44, 45** с интервалом, равным единице превышения горизонталей местности (один метр, для масштаба изображения 1:200 он равен 5 мм).

Направление убывания или возрастания отметок определяем с учетом направления взгляда, указанного при обозначении сечения. В данном случае это направление снизу-вверх. Следовательно, на изображении профиля справа отметка **39**, а слева **45**.

Через точки пересечения горизонтальных и вертикальных прямых с одинаковыми отметками проводим кривую профиля топографической поверхности (рис. 62).

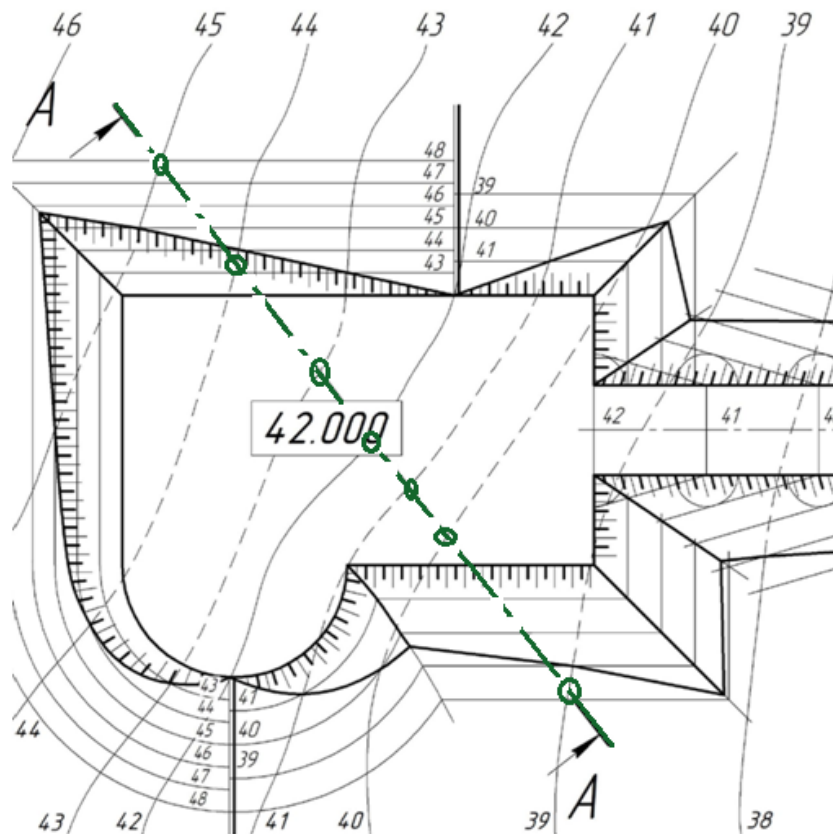


Рисунок 61 – Линия сечения А-А и точки пересечения линии А-А с горизонталями местности. Стрелками обозначено направление взгляда

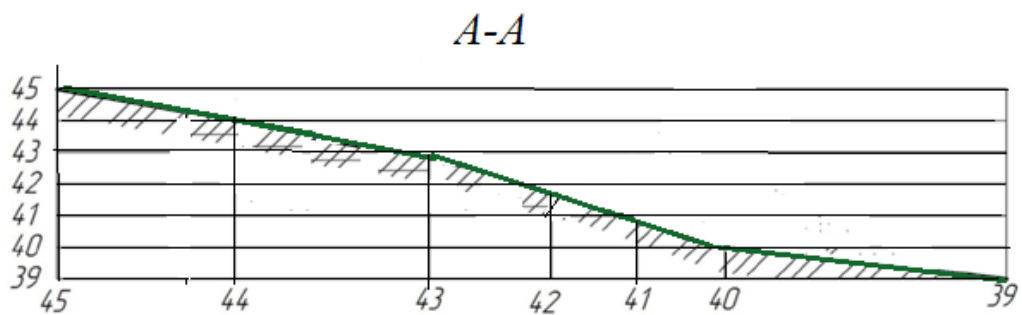


Рисунок 62 – Построение профиля земной поверхности по линии А-А

Для построения профиля земляного сооружения измеряем по линии А-А расстояния от сорок второй горизонтали местности до границ земляного сооружения (рис. 63).

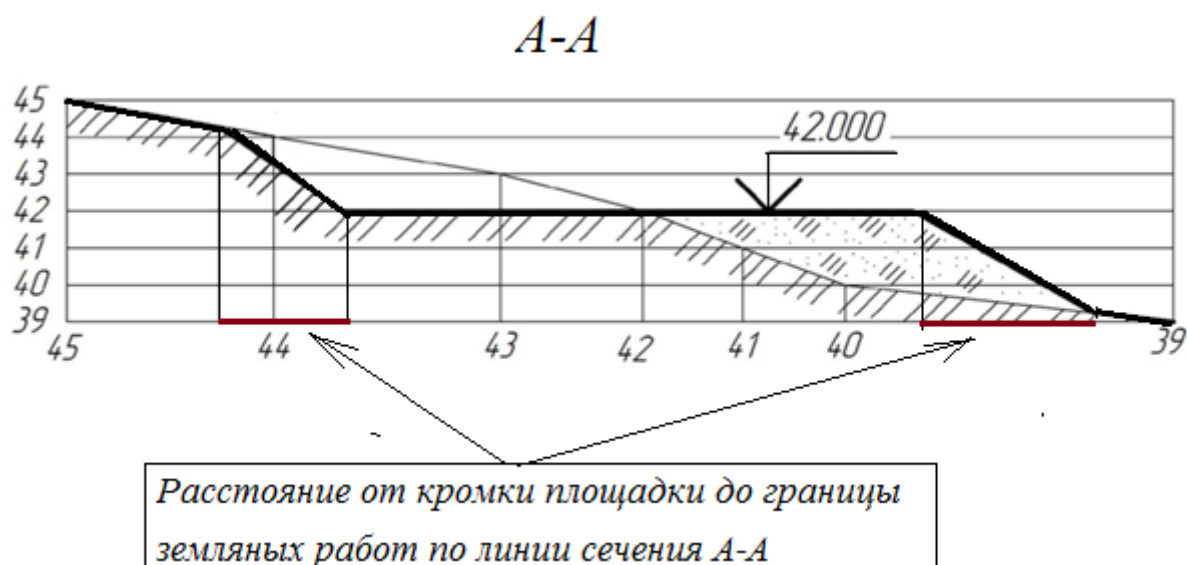


Рисунок 63 – Профиль земляного сооружения вписан в профиль земной поверхности.

Данные расстояния откладываем на горизонтальной прямой **42** вправо и влево от точки с отметкой **42** (см. рис. 63) с учетом ориентации площадки относительно профиля местности. Для построения профиля откосов необходимо измерить расстояние от кромки площадки до границы земляных работ по линии сечения (выполняем измерения по рис. 61). Эти расстояния откладываем на горизонтальной прямой **39** от начала строительной площадки влево и от конца площадки вправо (расстояния выделены красным цветом на см. рис. 63). Проводим через них вертикальные прямые до пересечения с профилем земли. Через полученные точки строим прямую линию сечения откосов.

На профиле видим, что слева от 42 горизонтали земли у нас будет выемка грунта, так как эта часть площадки расположена ниже, чем отметки земли. А справа от 42 горизонтали земли необходимо выполнить насыпь, чтобы выдержать заданные размеры площадки. Насыпь обозначаем условным

обозначением, и показываем условным знаком земную поверхность (три наклонных штриха), как это показано на рис. 63.

Подробное построение профиля местности приведено на сайте https://www.youtube.com/watch?v=foLfxBxFSLU&feature=emb_logo

Графические работы по начертательной геометрии

ЭПЮР № 1

Комплексный эпюр точки

Содержание эпюра. По координатам точек A, B, C, D, E, F решить в двухпроекционном и аксонометрическом изображениях, в проекциях с числовыми отметками следующие задачи:

1. Через данные точки провести прямые AB, CD, EF и определить их взаимоположение в пространстве.
2. Определить натуральную величину отрезка AB и углы наклона его к плоскостям проекций.
3. На отрезке AB найти точку M на расстоянии 30 мм от точки A .
4. На отрезке CD найти точку K , делящую его в отношении $CK:KD - 1:2$.
5. Провести горизонтальную прямую, пересекающую прямые AB, CD , и фронтальную прямую, пересекающую прямые CD, EF .
6. Через прямую EF провести горизонтально- и фронтально-проецирующую плоскости.

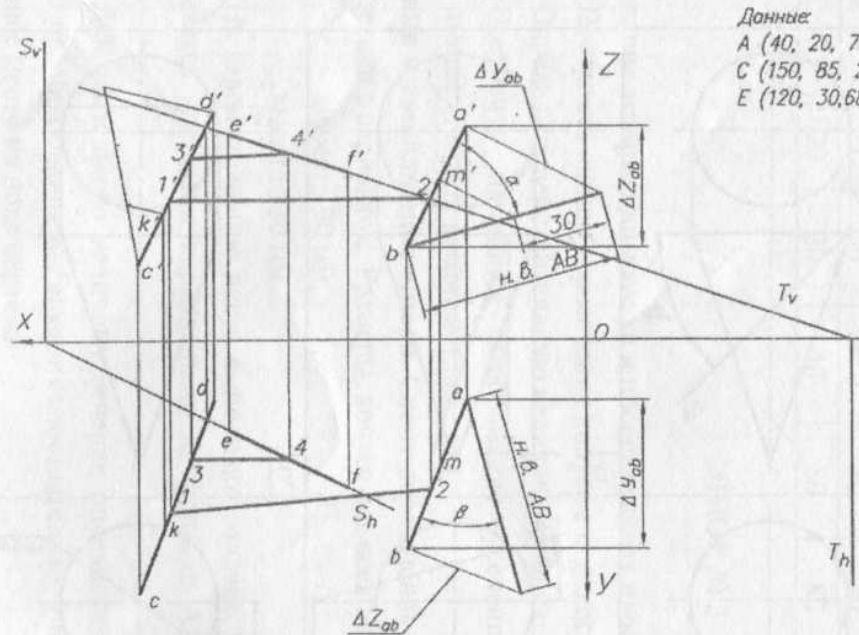
Указания к выполнению эпюра. Данные для выполнения эпюра взять из таблицы 1 в соответствии с вариантом. Координаты точек даны в миллиметрах. Задание выполняется цветными карандашами на формате А2 (420x594) с соблюдением стандартов ЕСКД.

Пример выполнения представлен на чертеже *Эпюр № 1*.

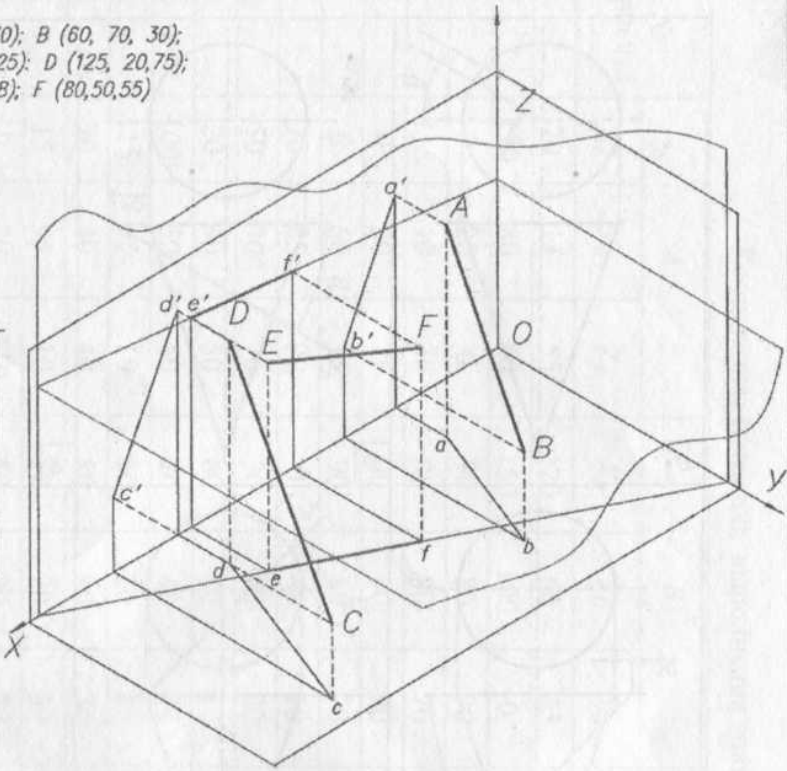
Таблица 1– Координаты точек для выполнения эюра 1

№ варианта	<i>A</i>			<i>B</i>			<i>C</i>			<i>D</i>			<i>E</i>			<i>F</i>		
	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z_A</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z_A</i>	<i>X</i>	<i>Y_л</i>	<i>Z_A</i>	<i>X</i>	<i>Y_л</i>	<i>Z_A</i>	<i>X</i>	<i>Y_л</i>	<i>Z_A</i>	<i>X</i>	<i>Y_л</i>	<i>Z_A</i>
1	16	18	30	40	55	65	140	10	80	40	40	110	10	90	20	10	10	120
2	13	50	40	40	15	65	90	80	70	11	10	30	0	60	70	50	80	10
3	90	53	30	10	40	15	135	30	80	30	15	60	150	10	20	20	10	100
4	30	7	70	16	85	30	140	10	80	40	40	110	100	10	120	10	90	20
5	14	70	10	80	50	55	100	50	40	20	40	50	80	80	80	12	0	110
6	40	50	0	11	55	10	80	10	10	15	95	10	140	60	10	50	20	65
7	0	50	10	70	30	0	120	25	15	15	55	30	75	60	50	40	5	60
8	12	25	15	15	55	30	75	60	50	40	5	60	0	50	10	70	30	0
9	15	30	25	30	65	65	125	20	60	15	45	95	100	20	115	20	80	35
10	12	30	70	80	50	65	40	20	70	60	70	30	150	85	25		20	75
11	80	50	65	45	5	55	5	55	10	70	20	0	130	40	60	85	25	15
12	14	10	80	40	40	11	10	90	20	10	10	120	160	18	30	40	55	65
13	90	80	70	11	10	30	10	60	70	50	80	10	130	50	40	40	15	65
14	13	30	80	30	15	60	150	10	20	20	10	100	90	55	30	10	40	15
15	14	10	80	40	40	11	100	10	12	10	90	20	30	10	70	16	85	30
16	0	50	10	70	30	0	120	25	15	15	55	30	75	60	50	40	5	60
17	12	25	10	15	55	30	75	60	50	40	5	60	0	50	10	70	30	0
18	15	30	25	30	65	65	125	20	60	15	45	95	100	20	115	20	80	35
19	12	30	70	80	50	65	40	20	70	60	70	30	150	85	25	12	20	75
20	80	50	65	45	5	55	5	55	10	70	20	0	130	40	60	85	25	15
21	14	10	80	40	40	11	10	90	20	10	10	120	160	18	30	40	55	65

22	90	80	70	11	10	30	10	60	70	50	80	10	130	50	40	40	15	65
23	13	30	80	30	15	60	150	10	20	20	10	100	90	53	30	10	40	15
24	14	10	80	40	40	11	100	10	12	10	90	20	30	7	70	16	85	30
25	10	50	40	20	40	50	80	80	80	12	0	110	140	70	100	80	50	55
26	80	10	10	15	95	10	50	20	65	14	60	10	40	50	0	11	55	98
27	75	60	50	40	5	60	0	50	10	70	30	0	120	25	15	15	55	30
28	12	20	60	15	45	95	100	20	11	20	80	35	150	38	25	30	65	64
29	15	38	25	30	65	64	125	20	60	15	45	95	100	20	115	20	80	35
30	40	20	70	60	70	30	150	85	25	12	20	75	120	30	70	80	50	65



Данные:
 A (40, 20, 70); B (60, 70, 30);
 C (150, 85, 25); D (125, 20, 75);
 E (120, 30, 68); F (80, 50, 55)



Задание

По координатам точек A, B, C, D, E, F решить в ортогональной и аксонометрической проекции следующие задачи:

1. Через данные точки провести прямые AB, CD, EF и определить их взаимоположение в пространстве
2. Определить натуральную величину отрезка AB и углы наклона его к плоскостям проекций
3. На отрезке AB найти точку M на расстоянии 30 мм от точки A
4. На отрезке CD найти точку K, делящую его в отношении CK: KD = 1:2
5. Провести горизонтальную прямую, пересекающую прямые AB, CD, и фронтальную прямую, пересекающую прямые CD, EF.
6. Через прямую EF провести горизонтально- и фронтально-проецирующую плоскость

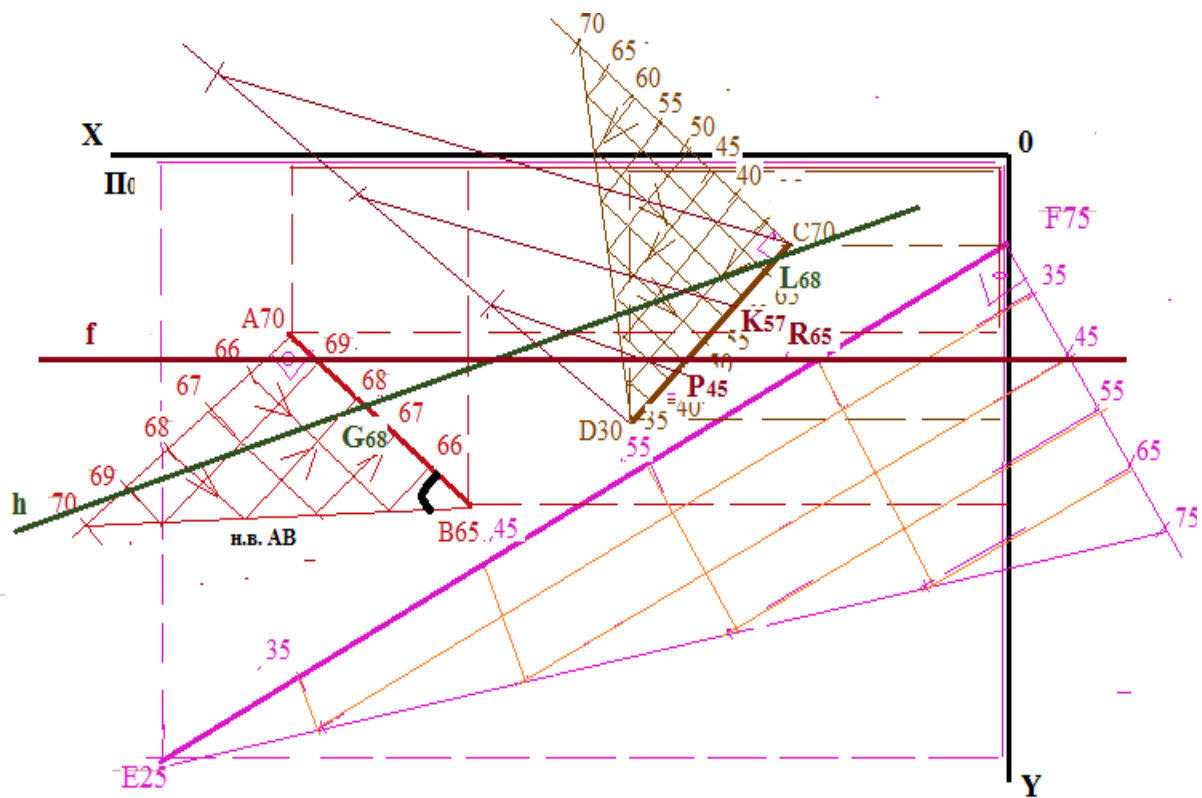
N Варианта
 N задания
 N семестра

КРСУ 01 01 30			
Имя	Фамилия	Группа	Дата
Эпюр N 1		Лист	Листов
вр. ЕПР-1-06			
Формат А2			

Эпюр I – числовые отметки

Горизонталь h
через AB и CD
фронталь f через
CD и EF

AB Z 65...70
CD Z 30...70
EF Z 25...75



ЭПЮР № 2

Решение задач на плоскости

Содержание этюра. Решить в двухпроекционном изображении и в проекциях с числовыми отметками следующие задачи:

1. В плоскости, заданной точками A, B, C провести горизонталь, фронталь и линию наибольшего наклона (л.н.н.).
2. Определить угол наклона заданной плоскости с горизонтальной плоскостью проекций.
3. Построить следы данной плоскости.

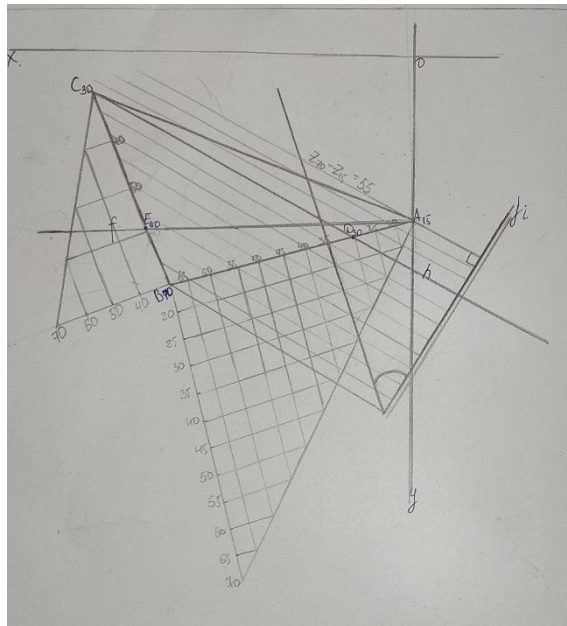
Указания к выполнению этюра. Данные для выполнения этюра взять из таблицы 2 в соответствии с вариантом. Координаты точек даны в миллиметрах. Задание выполняется цветными карандашами на формате А3 (297x420) с соблюдением стандартов ЕСКД.

Пример выполнения в двухпроекционном изображении представлен на чертеже *Этюр № 2*.

Таблица 2 – Координаты точек для выполнения этюра 2

№ варианта	A			B			C		
	X_A	Y_A	Z_A	X_B	Y_B	Z_B	X_C	Y_C	Z_C
1	70	15	55	120	60	25	35	85	20
2	110	80	60	150	100	0	10	100	100
3	0	20	0	90	80	90	150	10	50
4	115	10	30	90	80	70	0	20	0
5	0	20	0	90	80	90	40	90	10
6	0	60	15	90	80	70	115	10	30
7	70	85	90	0	60	10	110	10	25
8	50	30	70	30	95	20	110	15	40
9	20	40	50	60	60	10	120	0	110
10	100	50	40	20	40	30	120	0	110
11	115	95	10	50	20	80	140	60	50
12	20	40	40	80	80	30	120	0	110
13	15	95	10	50	20	80	140	60	100
14	0	50	110	50	20	80	140	20	0
15	20	20	40	80	80	10	120	0	70

16	15	20	30	70	70	10	110	20	60
17	60	10	45	110	50	15	25	75	10
18	105	0	20	80	70	60	0	10	1
19	40	20	60	20	85	10	100	5	30
20	105	85	0	40	10	70	130	50	40
21	10	85	0	40	10	70	120	50	90
22	30	10	50	10	75	0	80	0	20
23	100	70	50	140	90	0	10	100	100
24	70	15	50	110	50	25	25	70	30



КРСУ 01 08 02

Данные:
 A (50, 30, 70);
 B (30, 95, 20);
 C (110, 15, 40)

Задание
 Решить в двухпроекционном изображении следующие задачи:

1. В плоскости, заданной точками A, B, C, провести горизонталь, фронталь и линию наибольшего наклона (л.н.).
2. Определить угол наклона заданной плоскости с горизонтальной плоскостью проекций.
3. Построить следы данной плоскости.

КРСУ 01 08 02

Эпюр N 2

Листов	Масштаб	Исполнил
Лист	Листов	

ар. ЕПР-1-06
Боскет А3

ЭШОР № 3

Вертикальная планировка

Содержание эшора. Решить в проекциях с числовыми отметками следующие задачи:

- Построить линии пересечения откосов выемок и насыпей земляного сооружения между собой.
- Построить линии пересечения откосов выемок и насыпей земляного сооружения с топографической поверхностью.
- Построить профиль местности и земляного сооружения по заданному направлению А–А.

Указания к выполнению эшора.

1. Эшор выполняется в карандаше на листе чертежной бумаги формата А3 (297х420 мм).
2. Горизонтالي топографической поверхности до границы откосов проводят сплошными тонкими линиями, а в границах земляных работ между откосами – штриховыми линиями. Толщина линий 0,1 ... 0,2 мм.
3. Контур земляного сооружения и линии пересечения откосов с топографической поверхностью вычерчивают толщиной линии 0,5 ... 0,6 мм.
4. *Бергштрихи* на откосах выемок и насыпей проводят перпендикулярно горизонталям, чередующимися между собой короткими (толщиной 0,3 ... 0,4 мм) и длинными (толщиной 0,1 ... 0,2 мм) штрихами с интервалом 1,5 ... 2,5 мм.
5. Линии построения (в том числе горизонтали откосов) должны иметь толщину 0,1 ... 0,2 мм.
6. Все надписи на чертеже выполняются чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304 - 81.
7. Плоскость, заданная масштабом уклона, вычерчивается двумя параллельными линиями. Сплошной тонкой линией

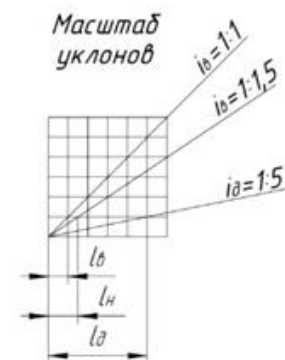
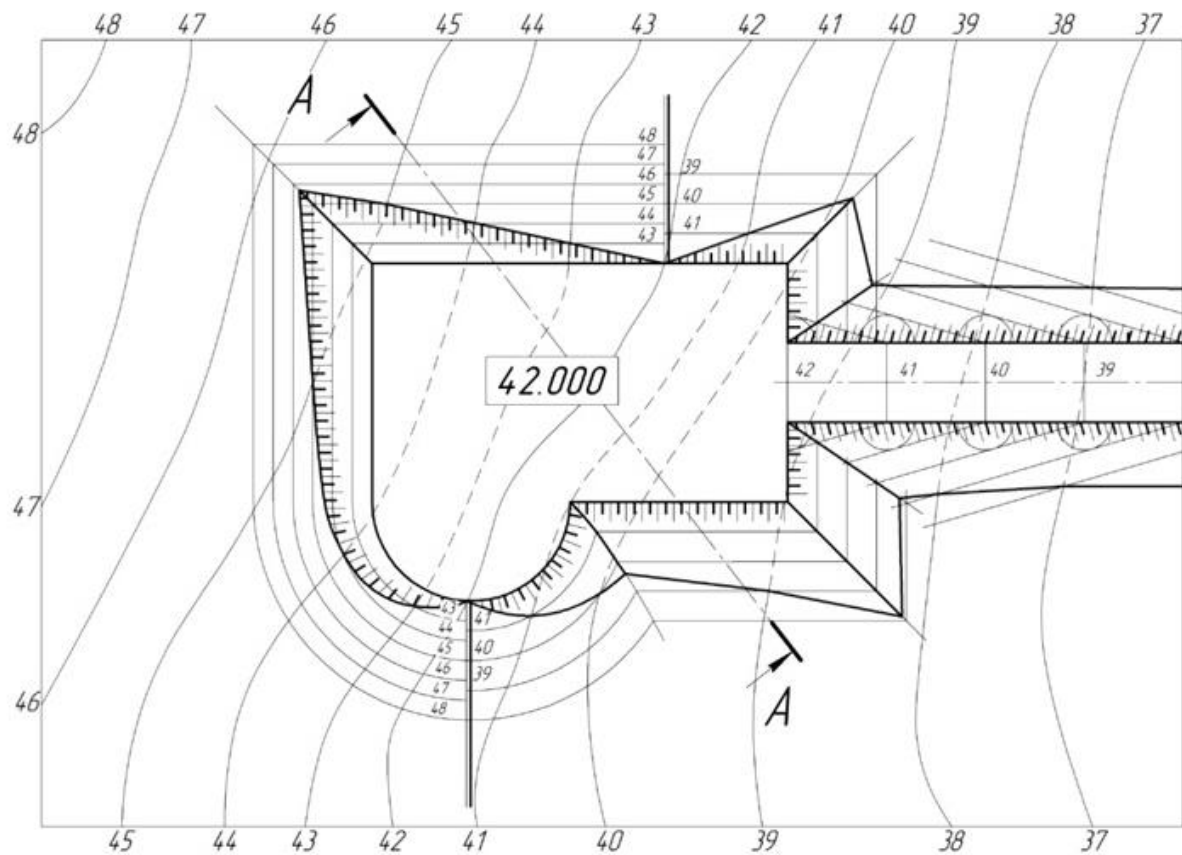
(толщиной 0,1 ... 0,2 мм) и сплошной основной линией (толщиной 0,3 ... 0,4 мм).

8 Линия сечения *A-A* выполняется штрихпунктирной тонкой линией толщиной 0,1 ... 0,2 мм.

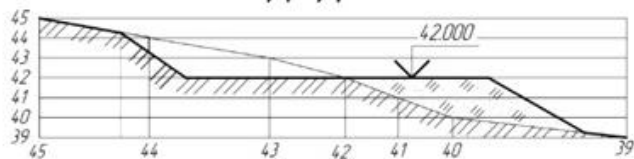
9 Начальный и конечный штрихи выполняются разомкнутой линией длина штриха 8 ... 20 мм, толщина 0,6 ... 0,8 мм.

Варианты заданий для выполнения эцюра приведены ниже в соответствии с вариантом. Масштаб плана 1:200.

Пример выполнения представлен на чертеже *Эцюр № 3*.



A-A

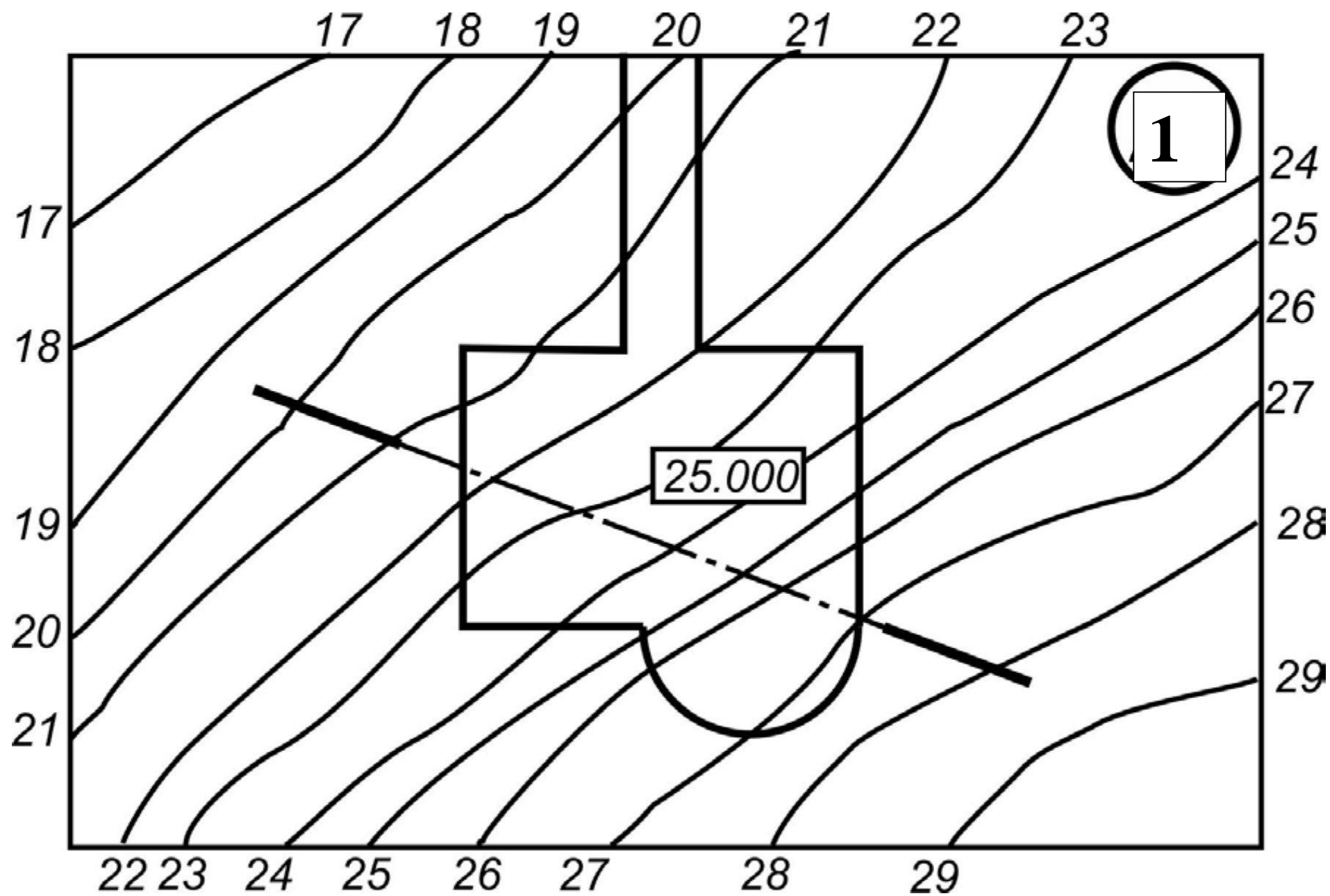


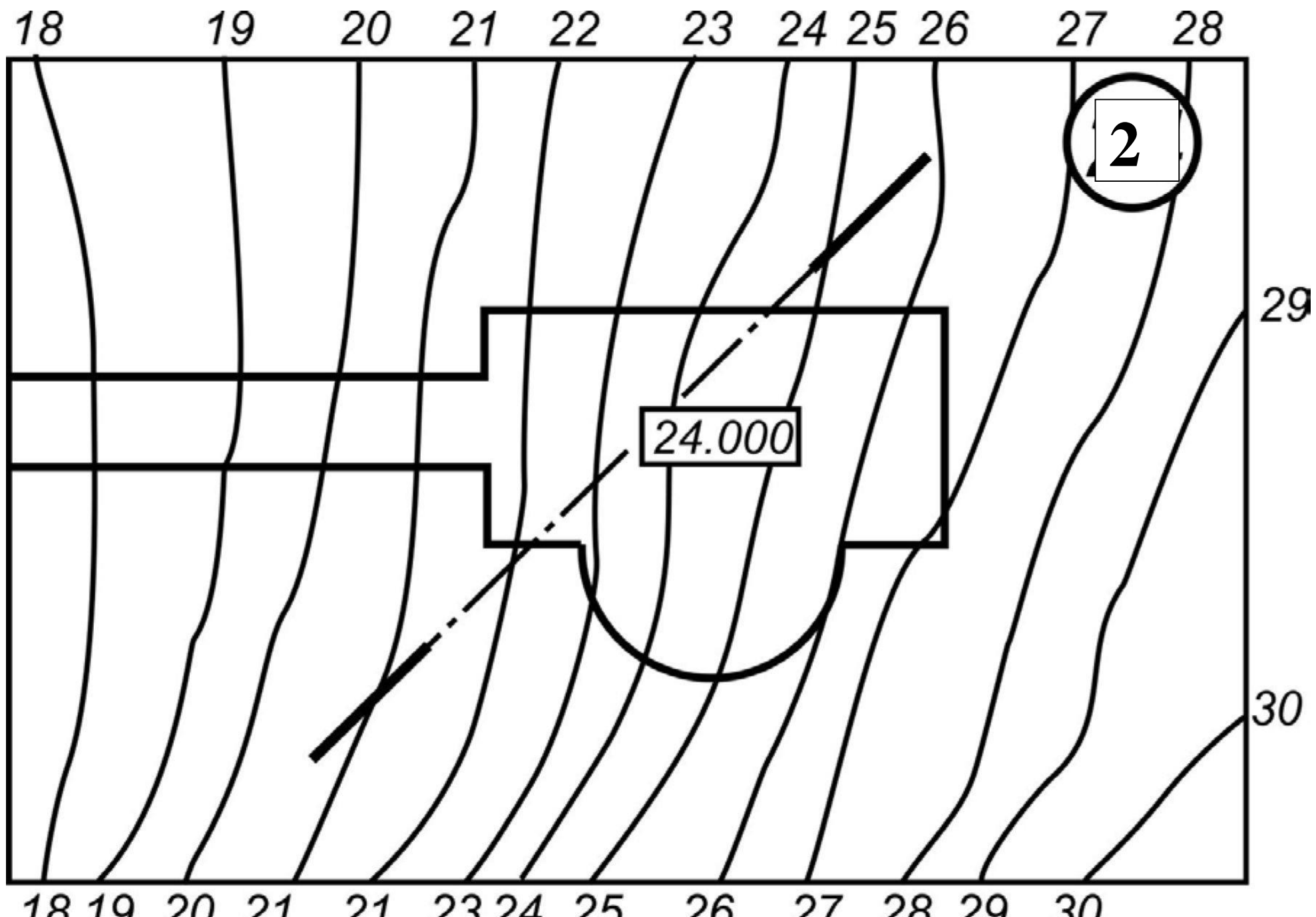
Имен.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разработ.	Андрей			
Проект.	Фролова			
Технический				
Начальник				
Службы				

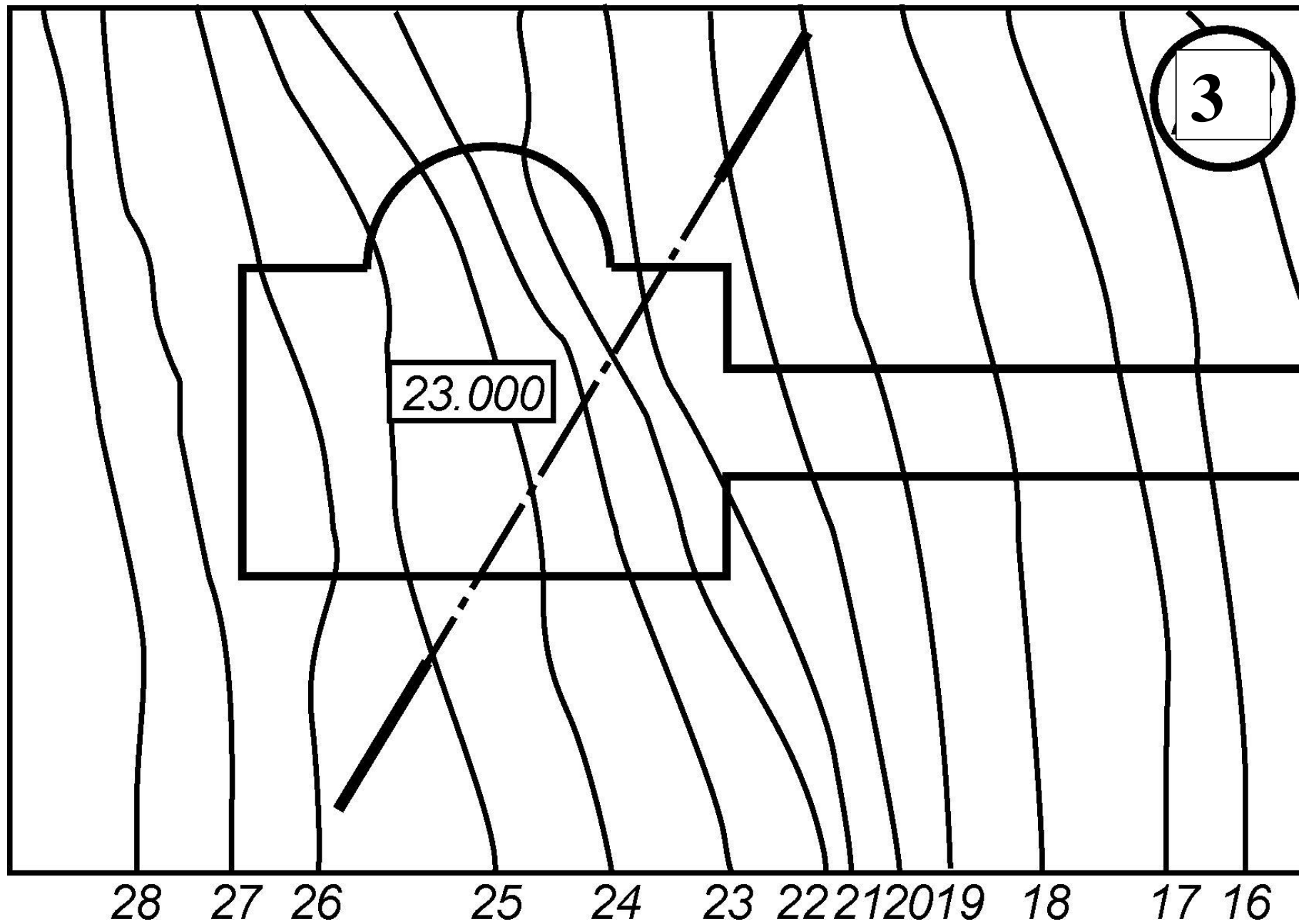
Этаж 3

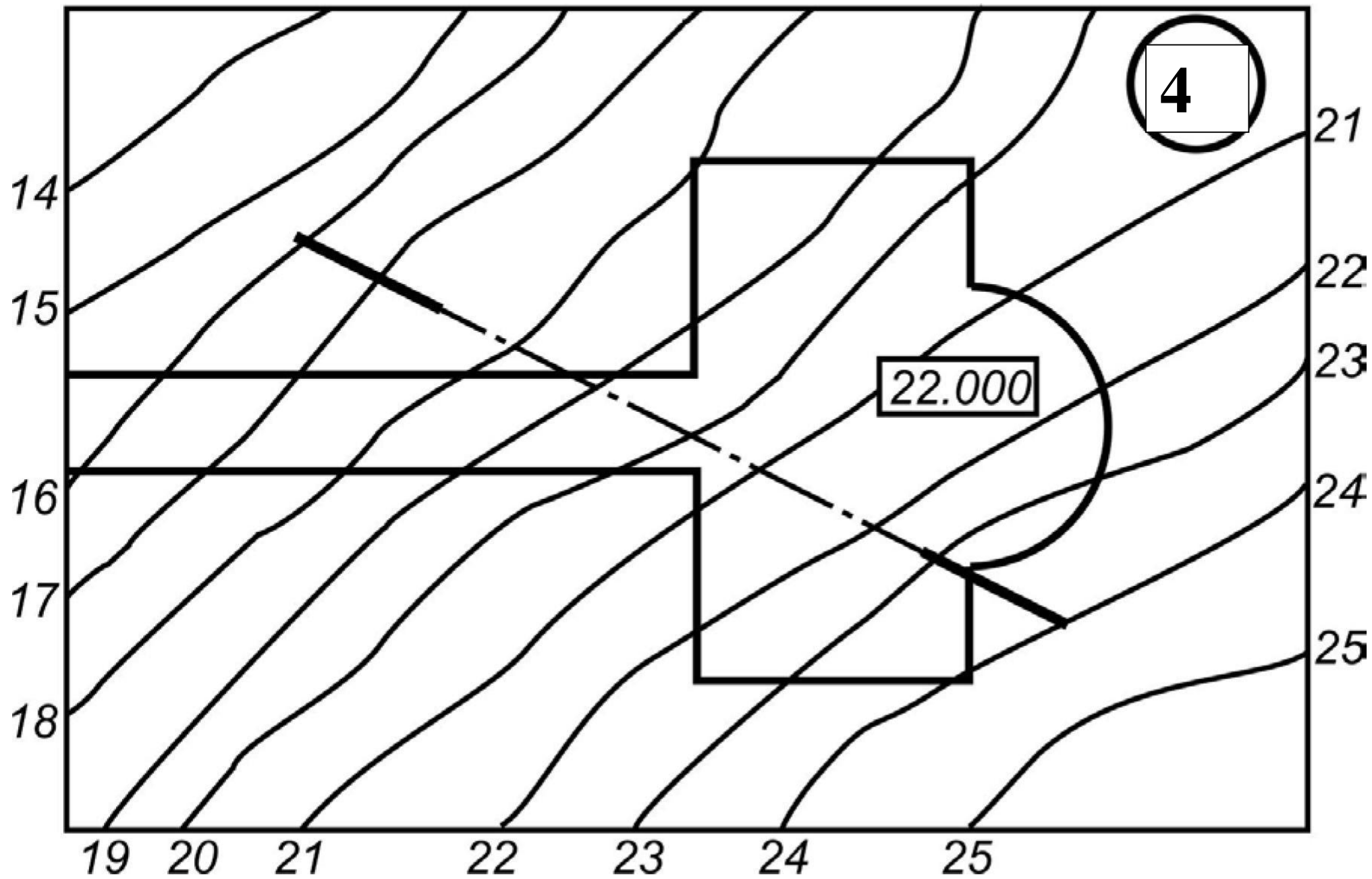
КРСУ

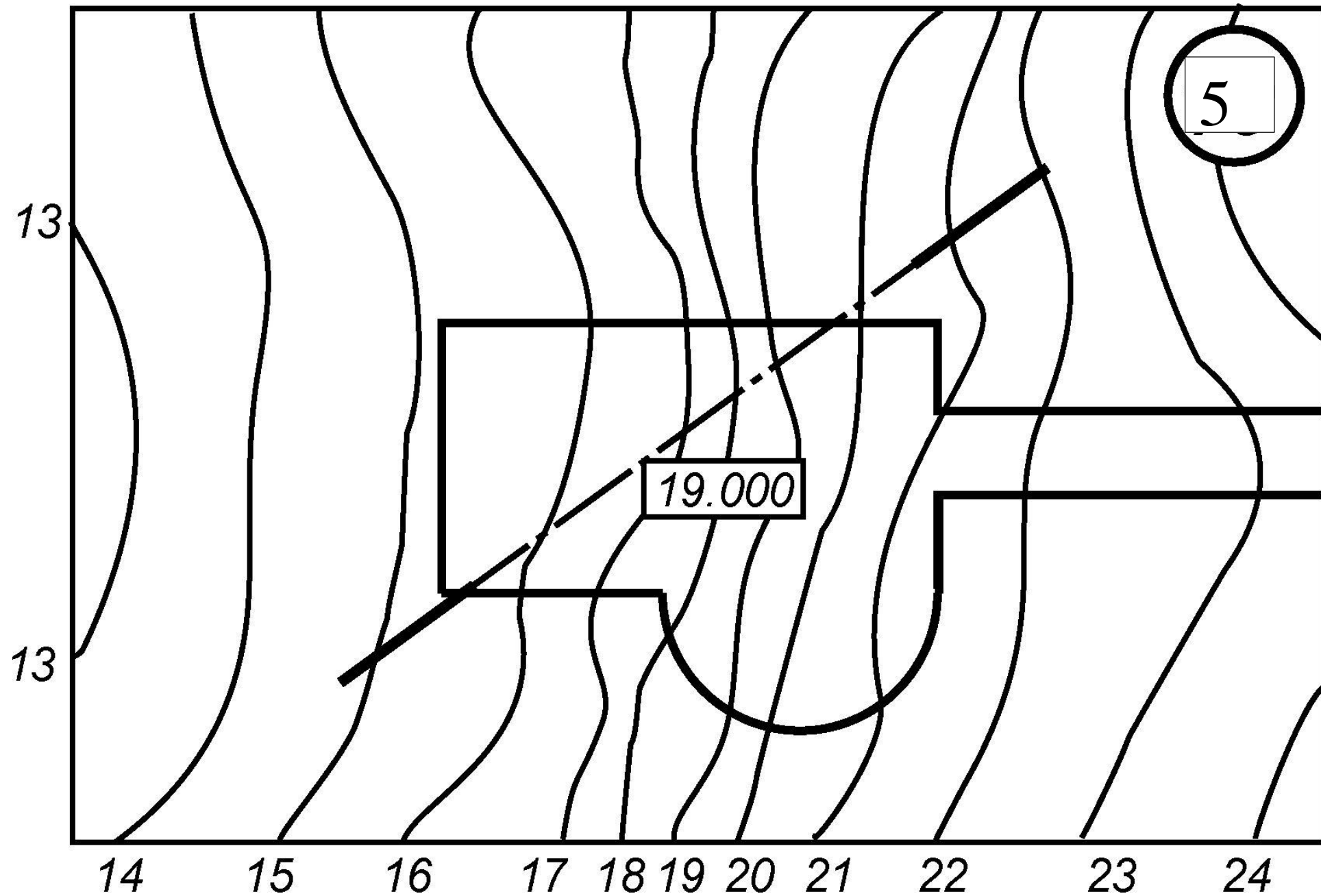
Лит.	Масса	Масштаб
У		1:200
Лист 1	Листов 1	
КИОВР-1-20		

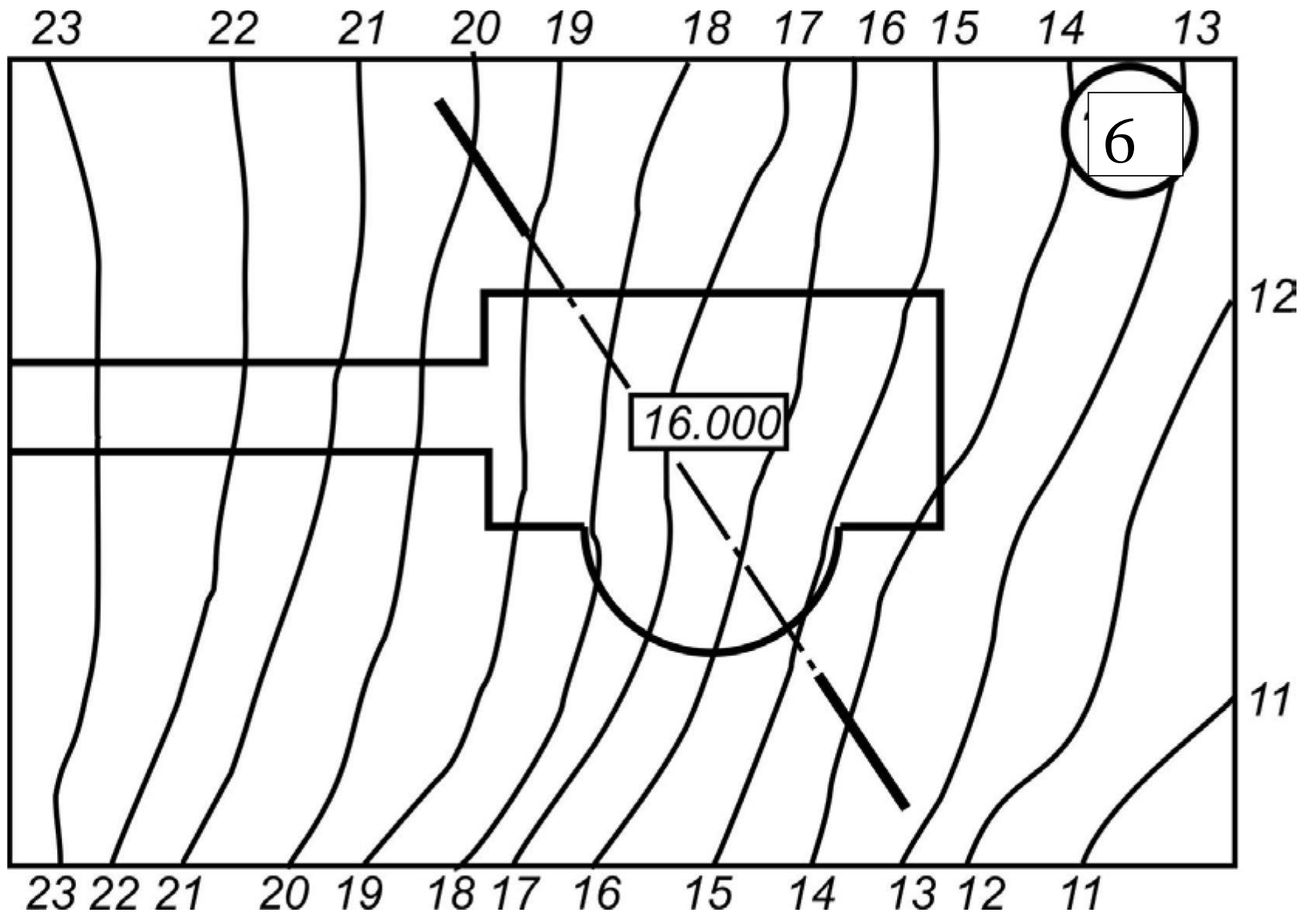


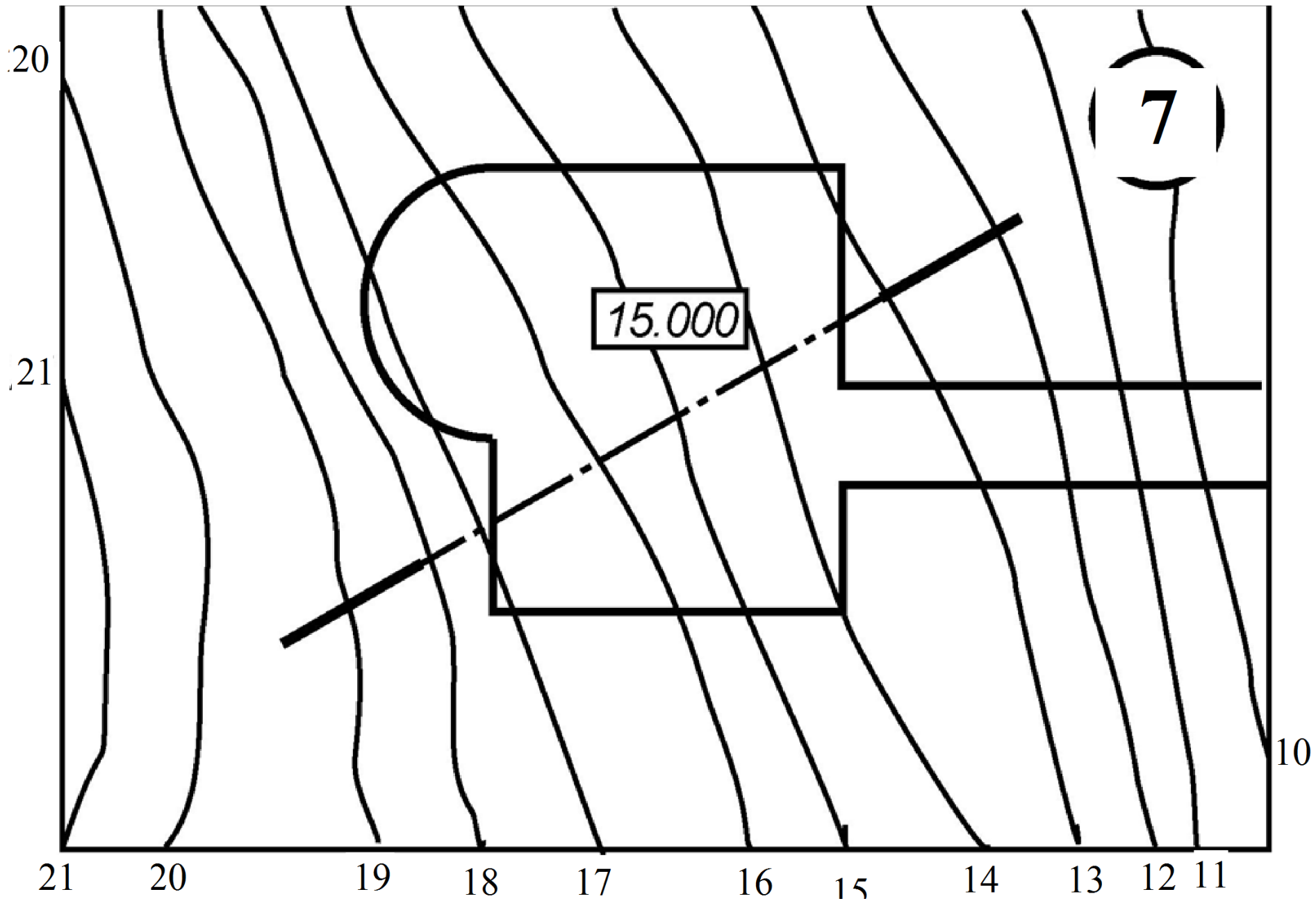


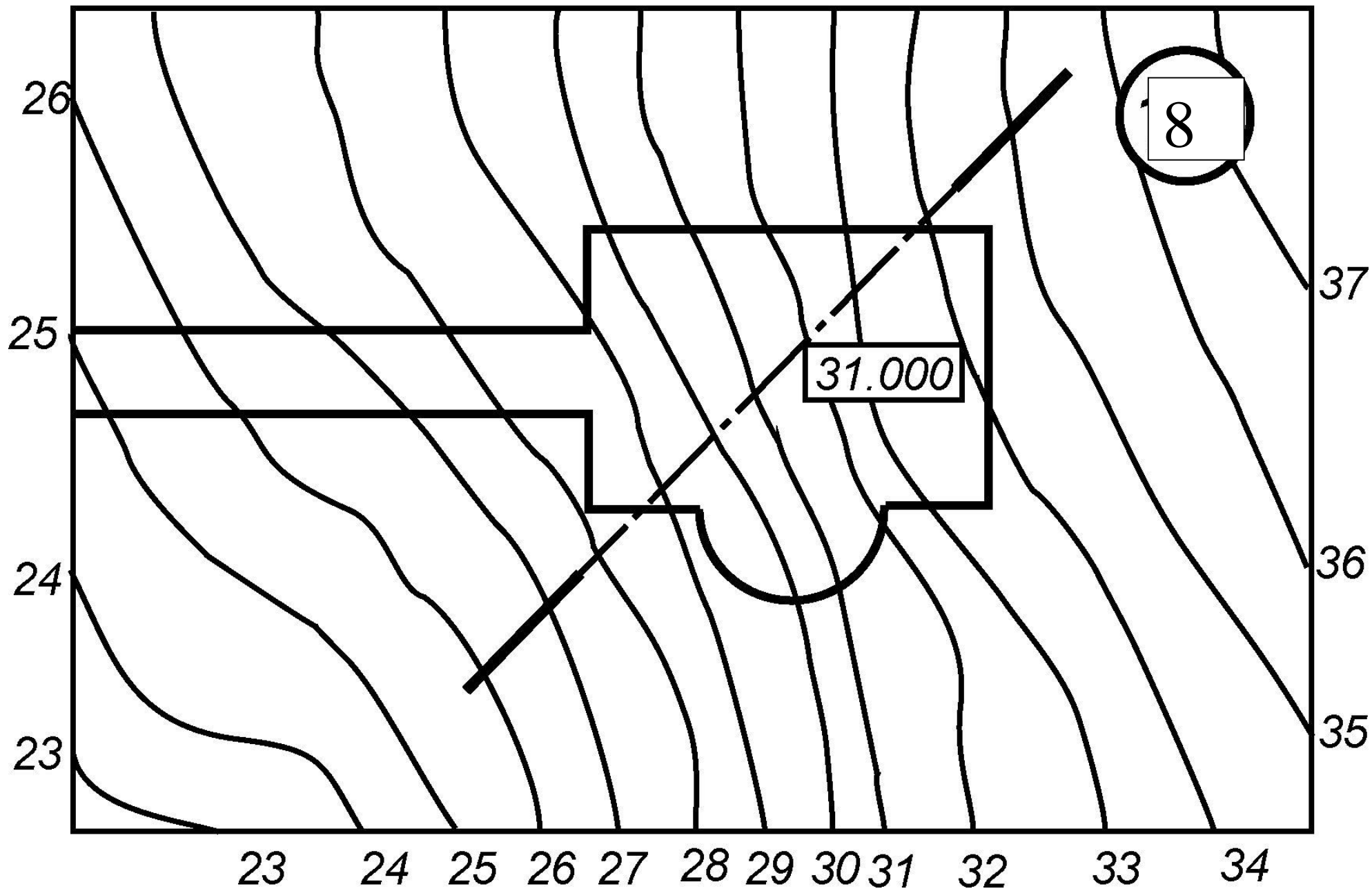










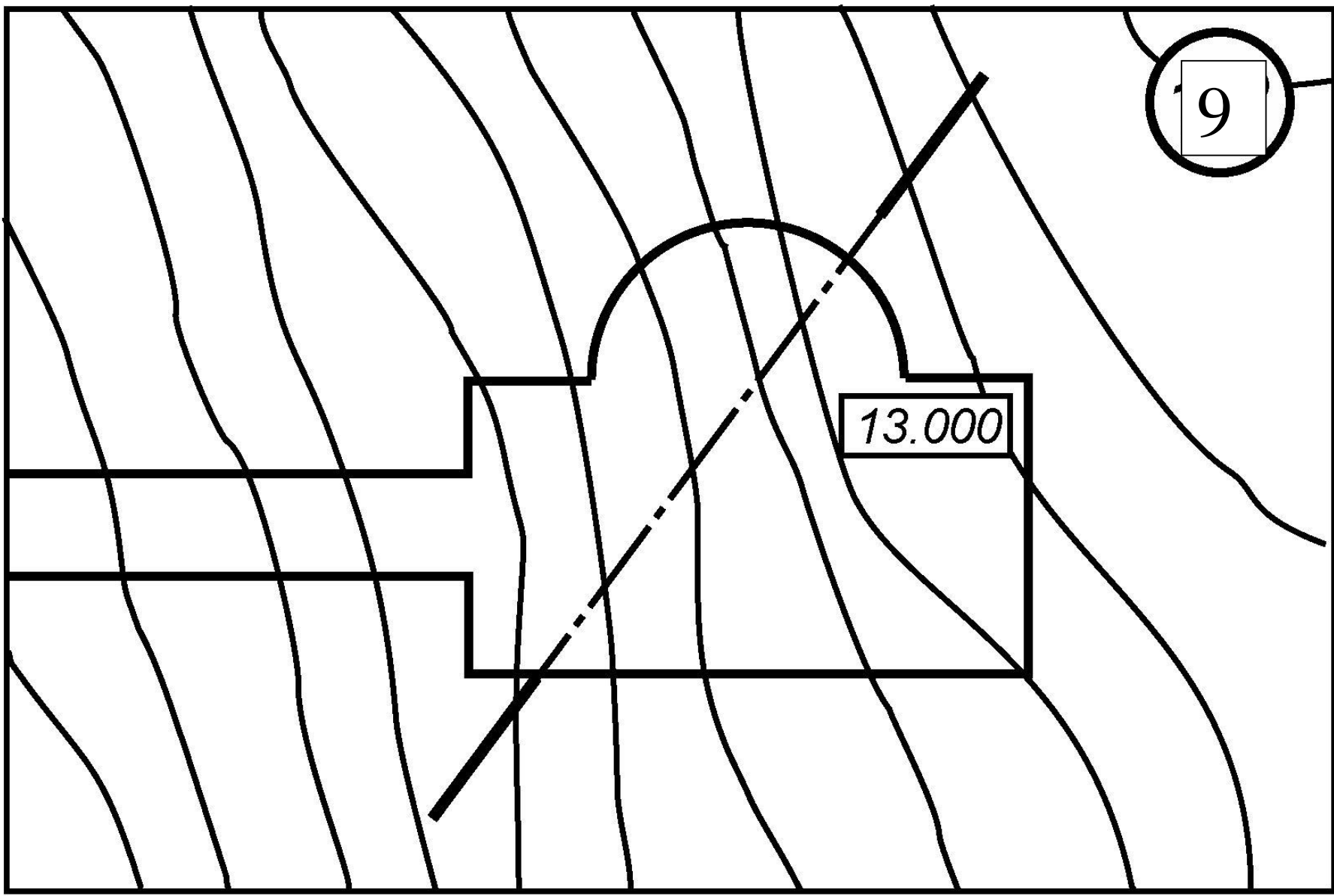


9

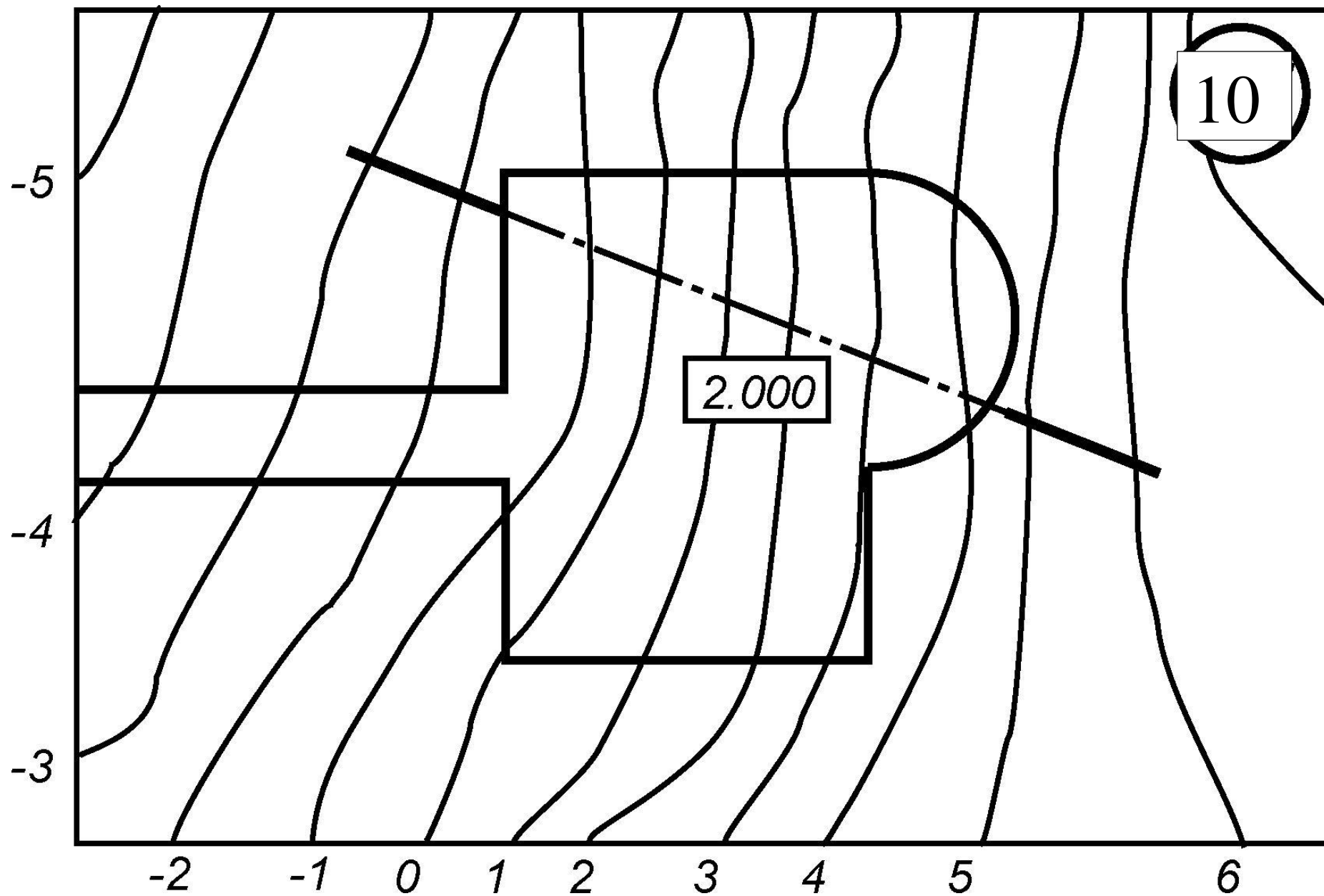
13.000

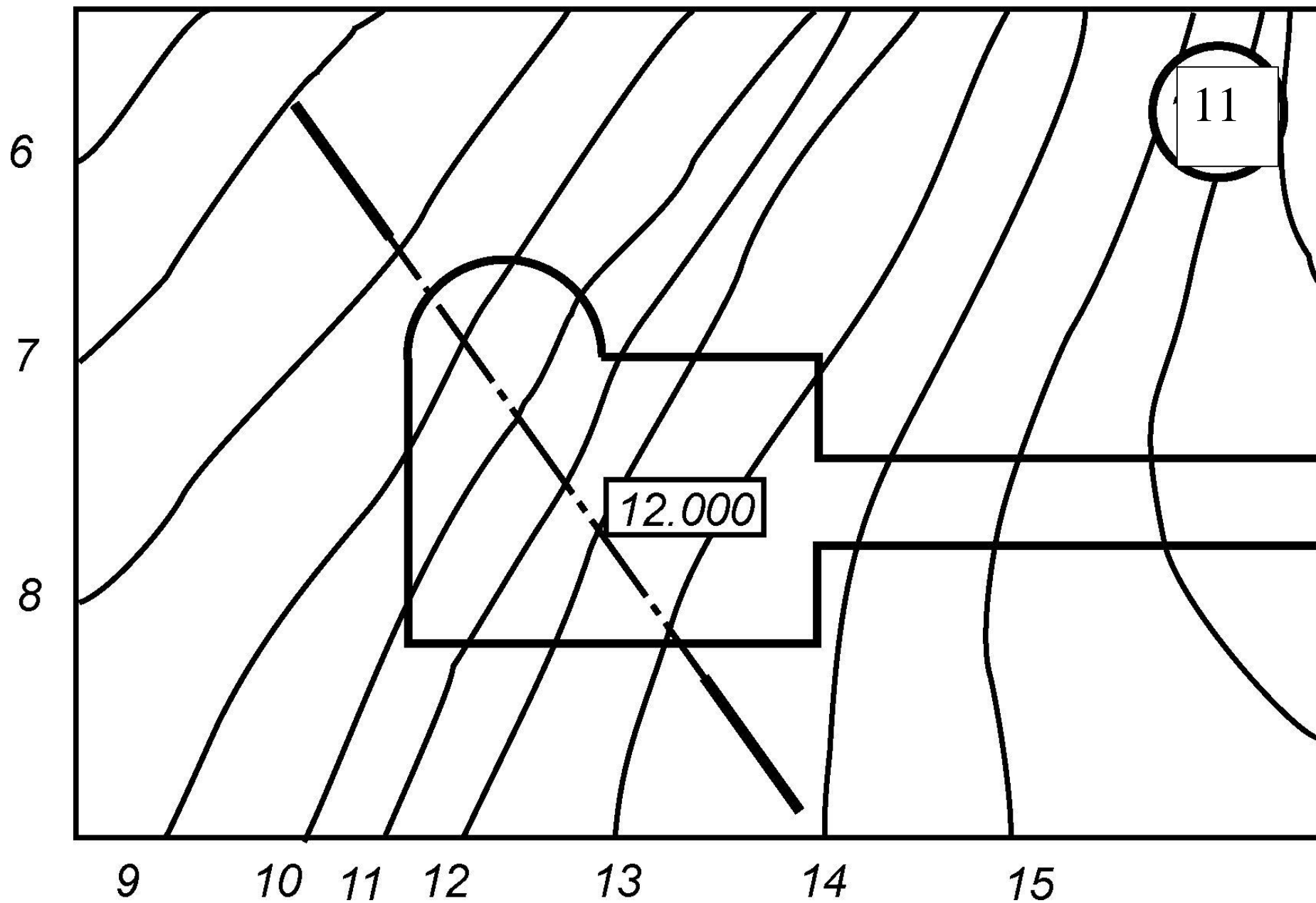
7

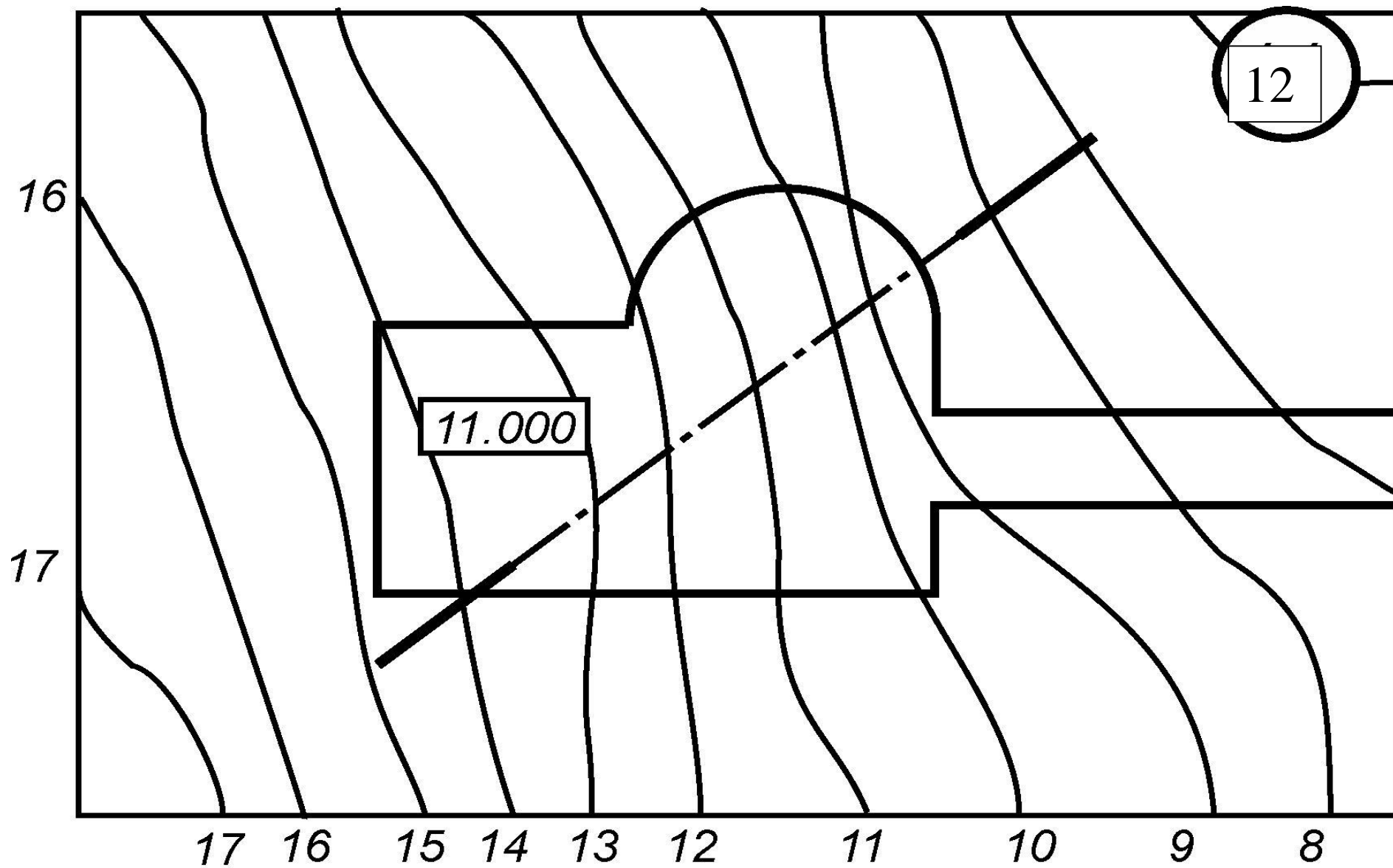
6

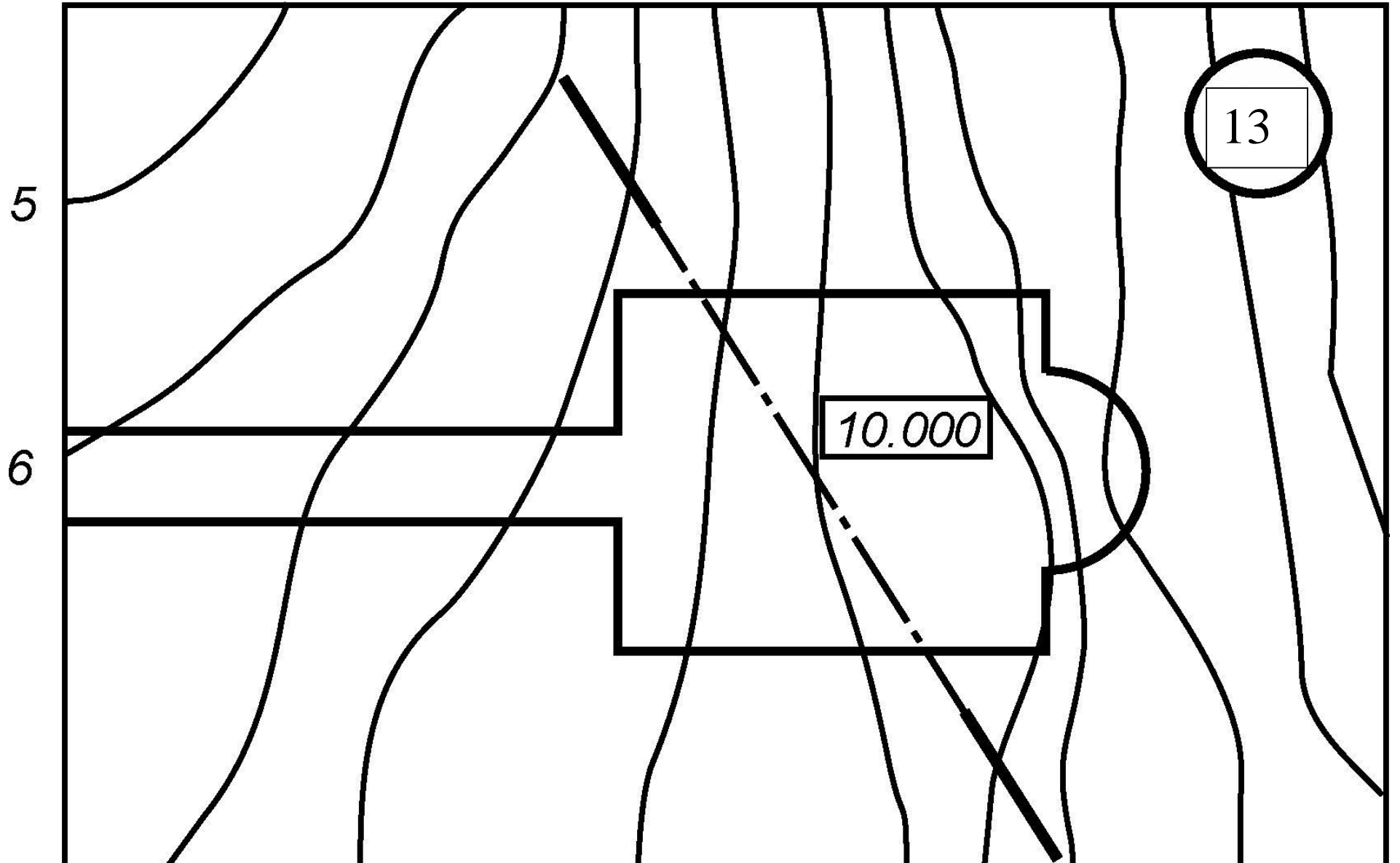


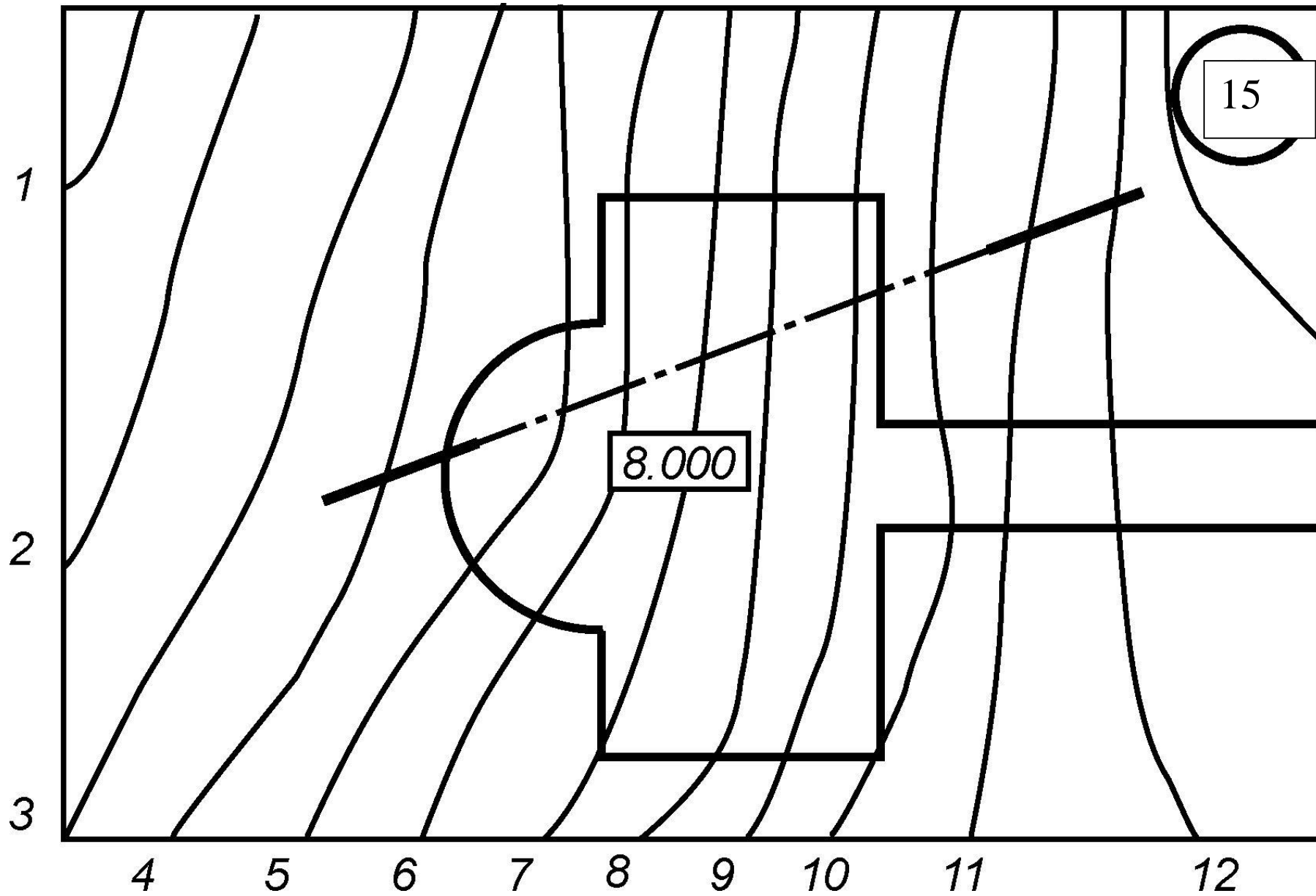
6 7 8 9 10 11 12 13 14 15











15

8.000

1

2

3

4

5

6

7

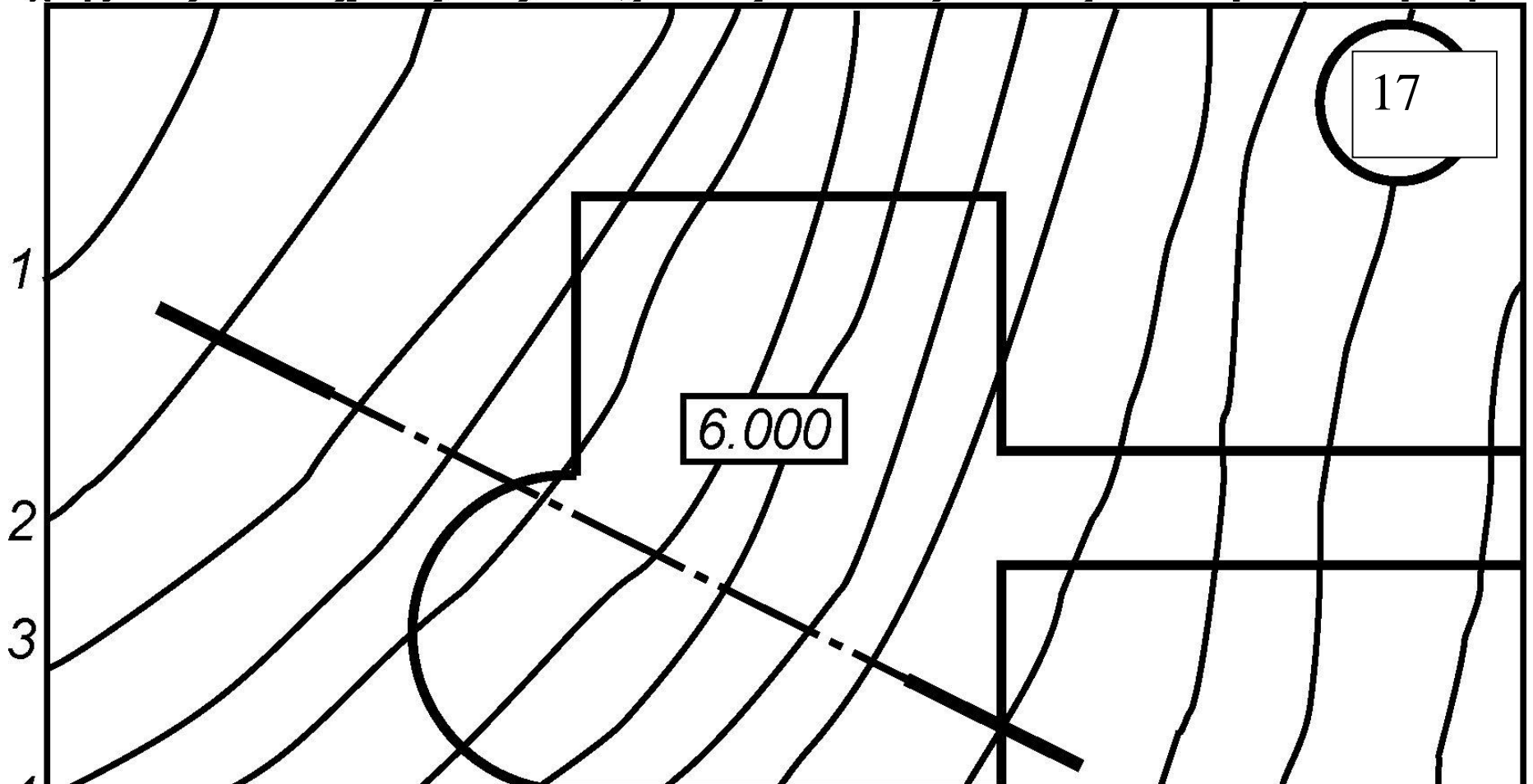
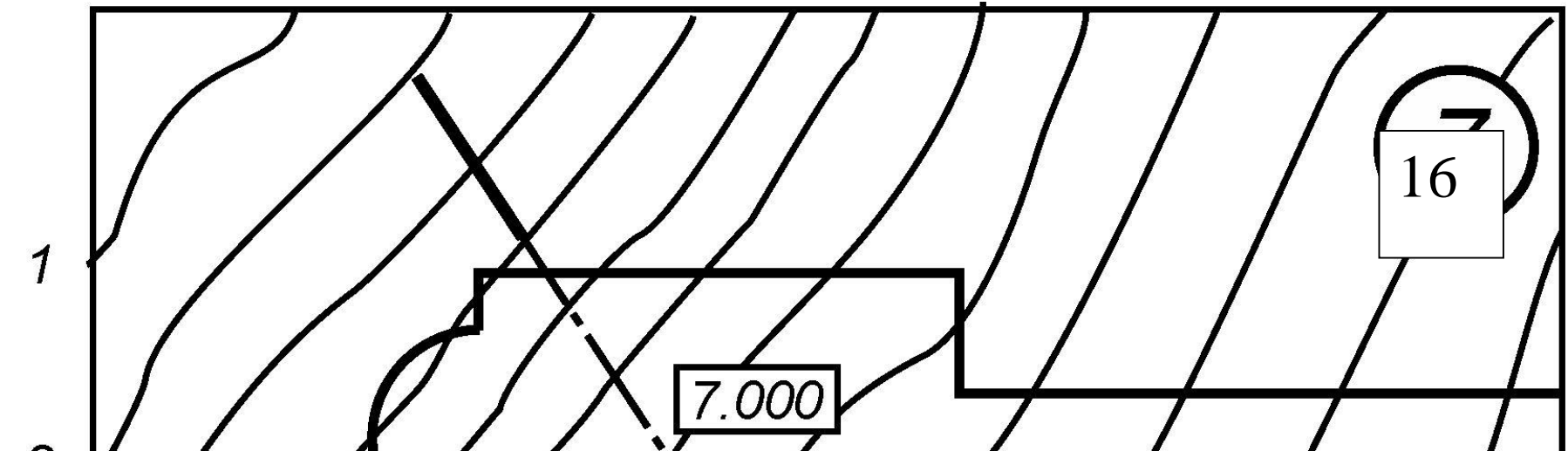
8

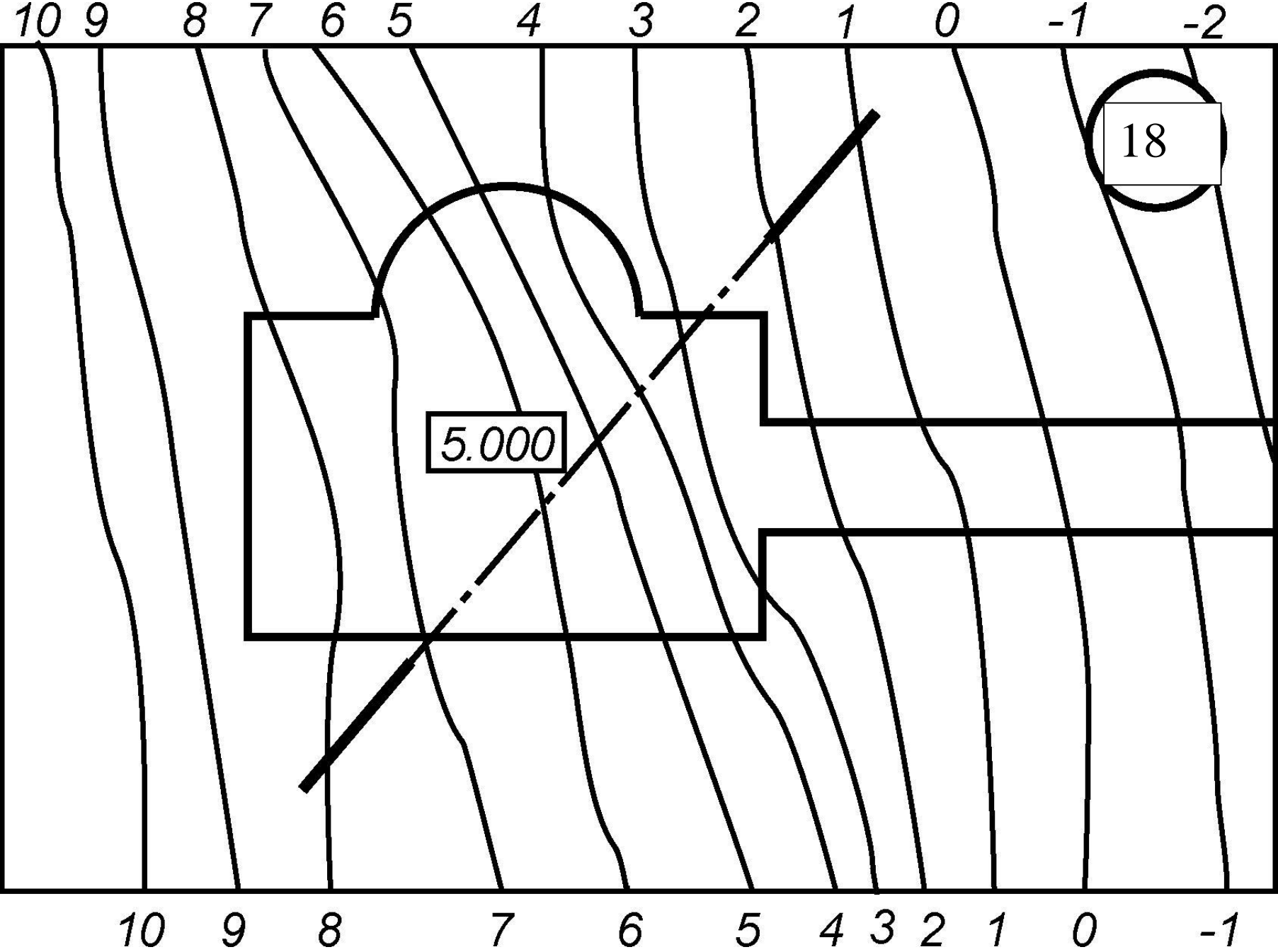
9

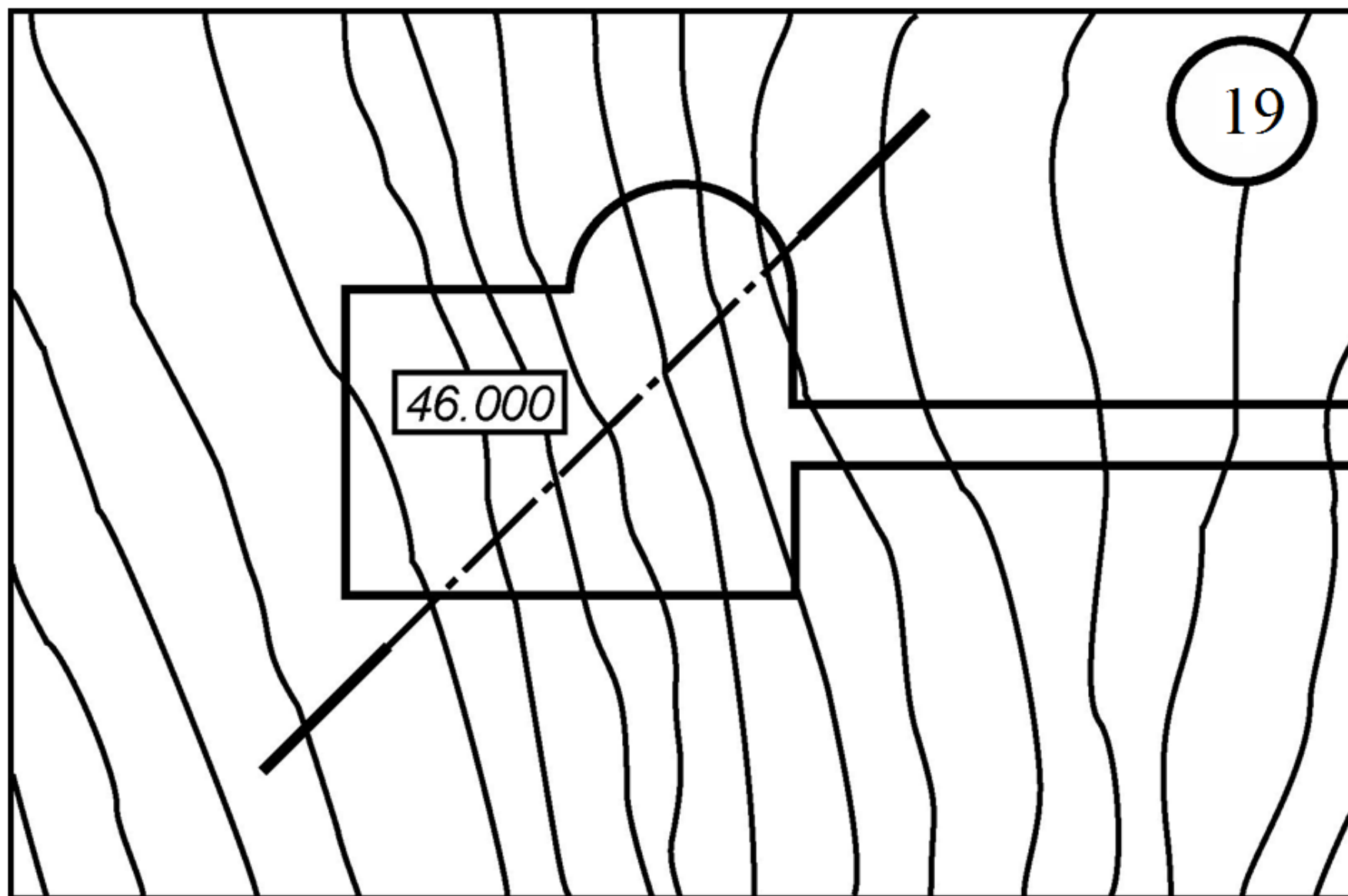
10

11

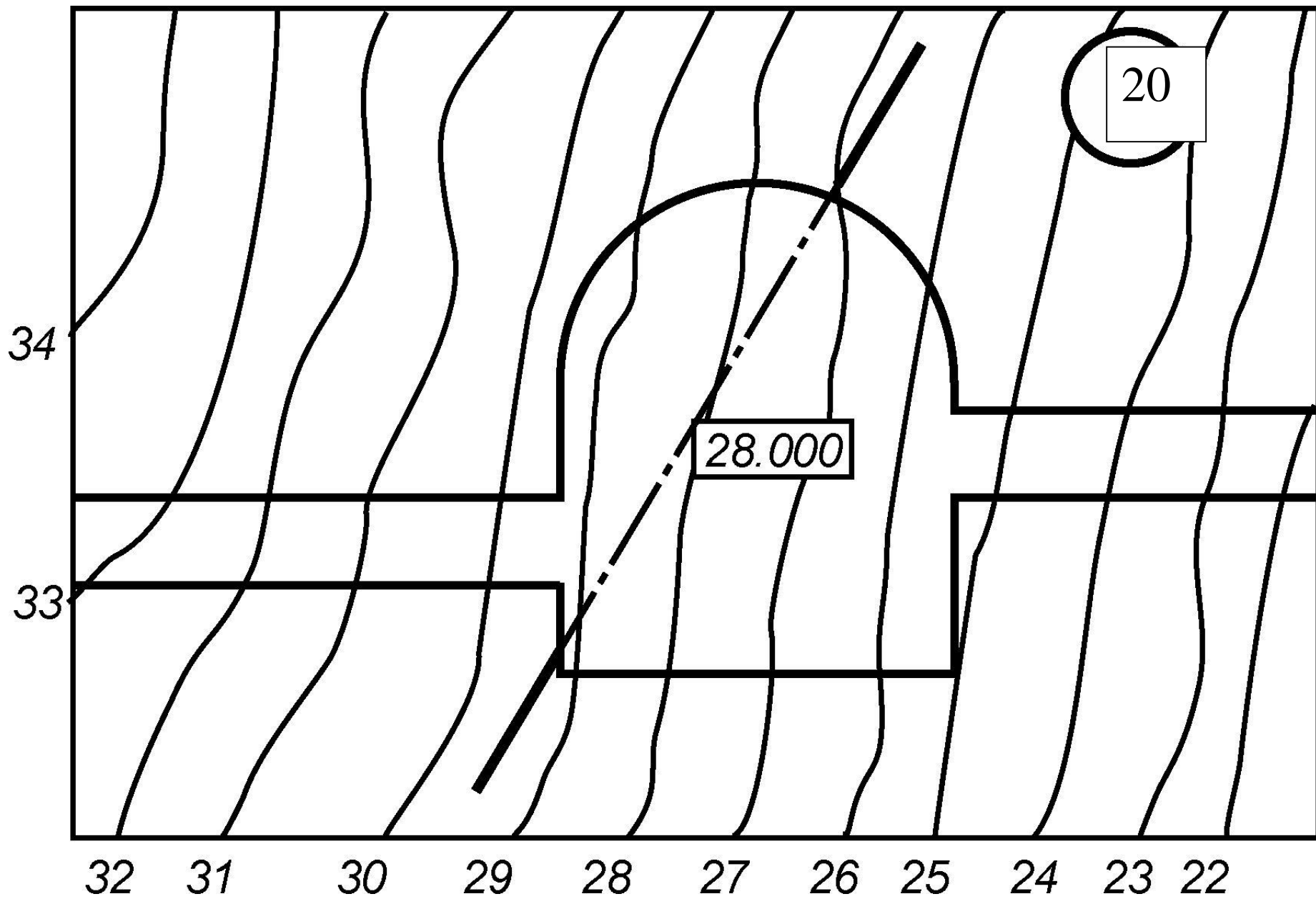
12

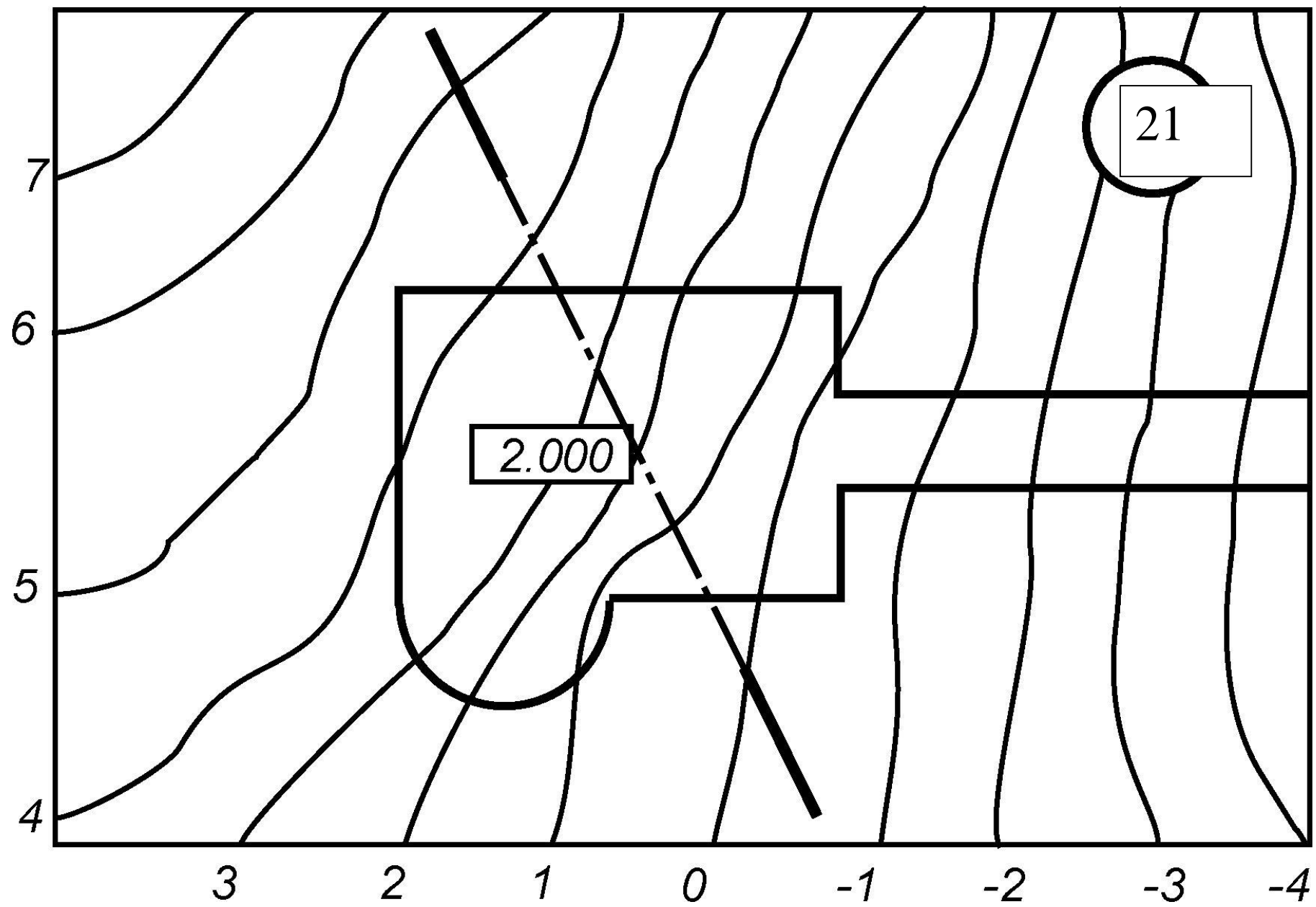


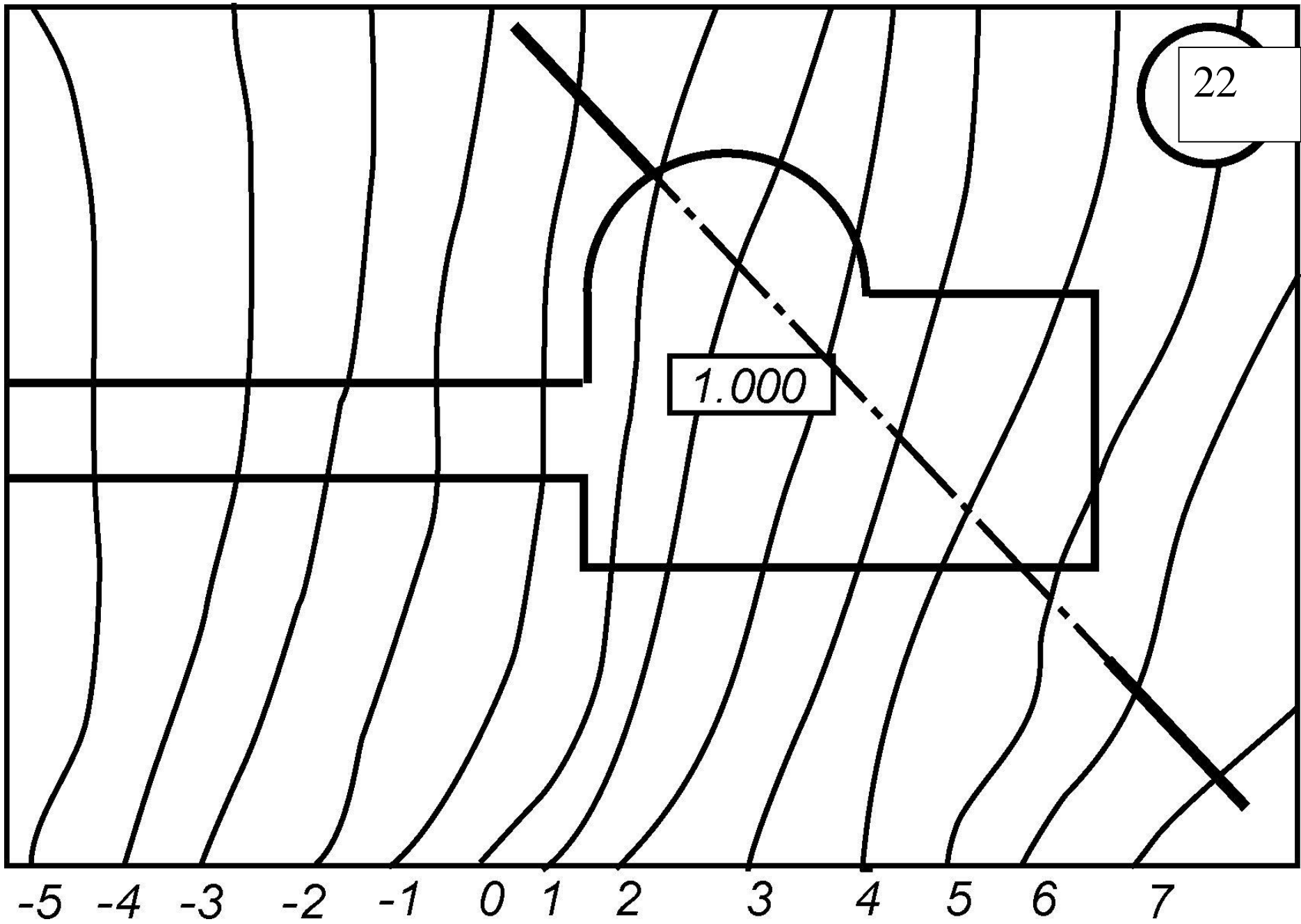




52 51 50 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37



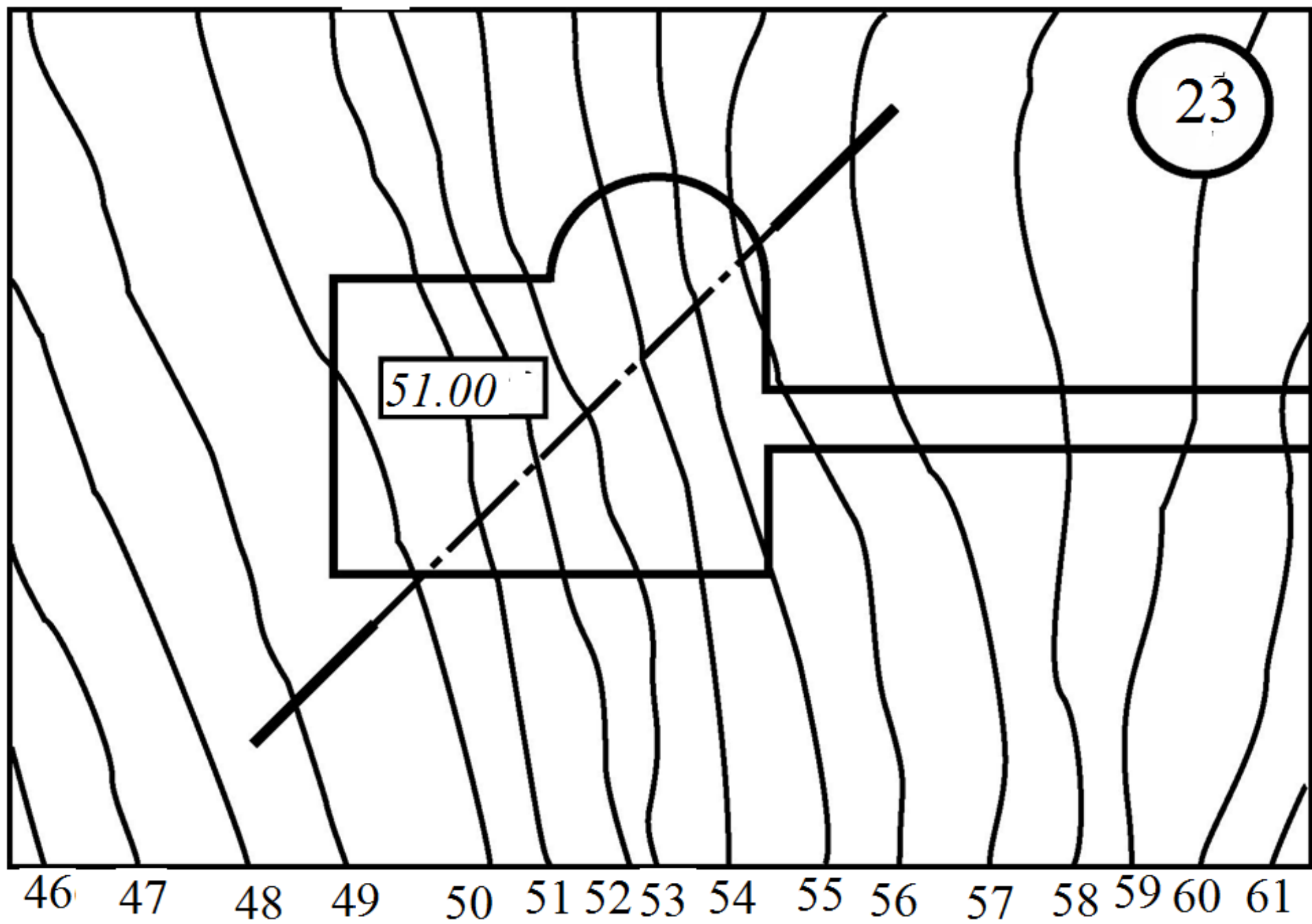


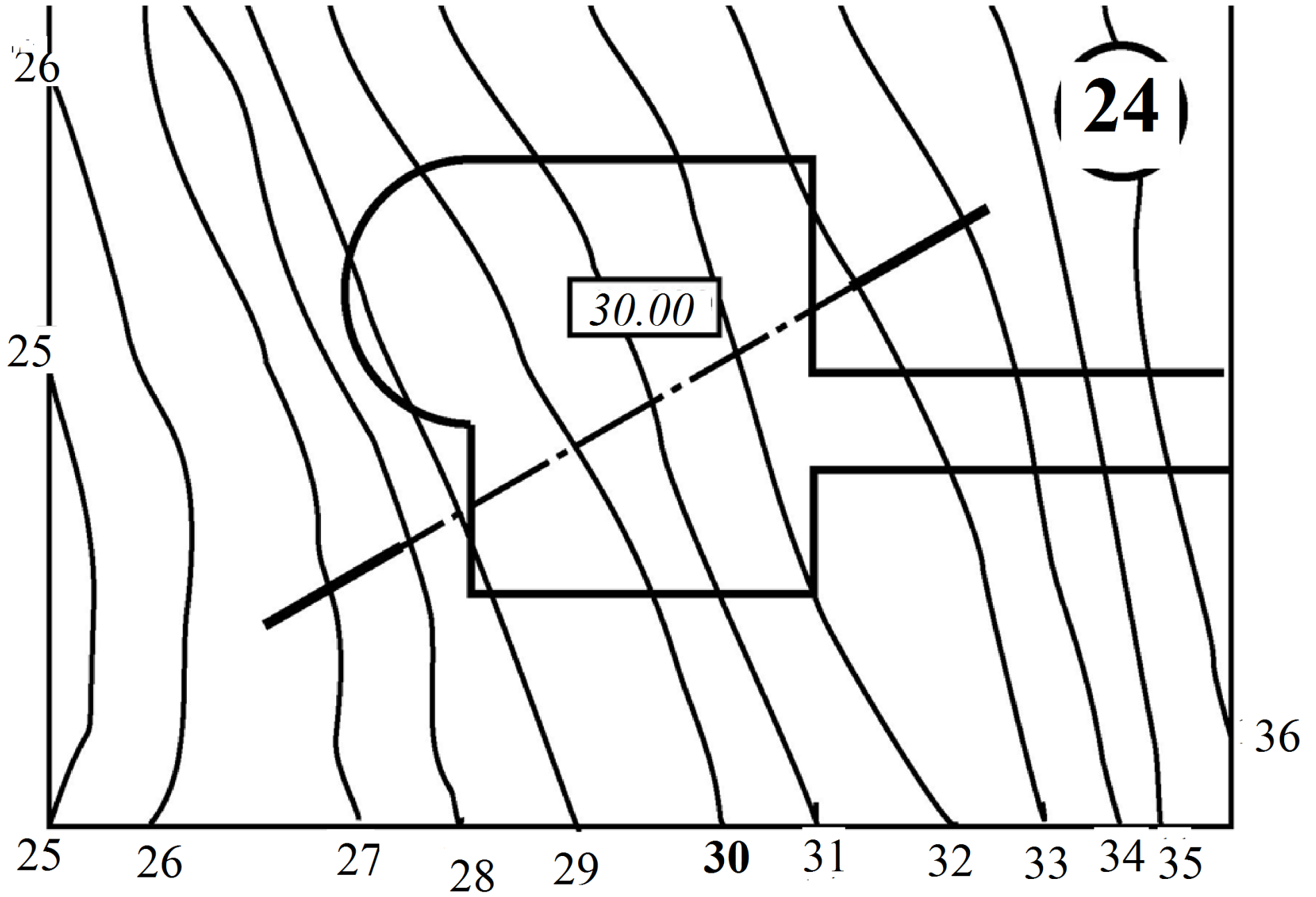


22

1.000

-5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7





Литература

1. Государственные стандарты «Единая система конструкторской документации ЕСКД». ГОСТы 1969 – 2007. – 493 с.
2. Гордон В.О., Семенцов-Огиевский М.А Курс начертательной геометрии – М.: Высшая школа, 2008. – 272 с.
3. Супрун Л. И., Супрун Е. Г. Начертательная геометрия: Учебник. – Красноярск: Сибирский федеральный университет 2018
4. Кайгородцева Н.В. Лекториум по начертательной геометрии. ОмГТУ. Основные положения курса начертательной геометрии. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=8gUwyuIZrkY>.
5. Кайгородцева Н.В. Лекториум по начертательной геометрии. ОмГТУ. Прямая линия. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=_2Xah9sEXz0.
6. Кайгородцева Н.В. Лекториум по начертательной геометрии. Плоскость. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=-yYtUGpA-U>.
7. Проекция с числовыми отметками: Методические указания к самостоятельной работе студентов / Сост.: А.А. Сапельников, Н.М. Заикин – Ханты-Мансийск; ЮГУ, 2006 г. – 27 с.
8. Инженерная графика. Граница земляных работ. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=urEP8HY-lmw&feature=emb_logo –
9. Проекция с числовыми отметками. Режим доступа: http://ng.sibstrin.ru/wolchin/umm/igz_ng/igz_ng/302/001.htm
10. Проекция с числовыми отметками. Эпюр 4: методические указания к самостоятельной подготовке по дисциплине «Инженерная графика» / сост. Л. Л. Сидоровская, А. Ю. Лапшов. – Ульяновск : УлГТУ, 2015. – 39 с.