

Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ)

В.И.Дергунов, М.В.Лагунова, Е.В.Румянцев

# **ИНЖЕНЕРНЫЕ ЗАДАЧИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ЧЕРТЕЖАХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ**

Учебное пособие

Нижегород – 2011

УДК 681.2

Дергунов В.И., Лагунова М.В., Румянцев Е.В. Инженерные задачи в строительстве на чертежах с числовыми отметками: Учебное пособие.– Н.Новгород: Нижегород. гос.архит.-строит. университет, 2011.–48с.

Учебное пособие содержит базовые сведения об основных понятиях, используемых при выполнении чертежей с числовыми отметками, которые являются геометрической основой строительства дорог, аэродромов, строительных площадок и других инженерных сооружений. Пособие содержит рекомендации по выполнению индивидуальных заданий прикладной направленности и примеры выполненных работ для студентов следующих направлений подготовки (специальности) 120700 Землеустройство и кадастры; 250700 Ландшафтная архитектура; 270100 Архитектура; 270800 Строительство; 271101 Строительство уникальных зданий и сооружений.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ГЛАВА 1. МЕТОД ЧИСЛОВЫХ ОТМЕТОК.....</b>	<b>4</b>
<b>СУЩНОСТЬ МЕТОДА.....</b>	<b>4</b>
<b>ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ.....</b>	<b>5</b>
<b>ЧЕРТЕЖИ ФИГУР.....</b>	<b>6</b>
<b>ГЛАВА 2. ПОЗИЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ НА ПОВЕРХНОСТЯХ.....</b>	<b>20</b>
<b>ГЛАВА 3. ЗАДАЧИ ПО ПЛАНИРОВКЕ МЕСТНОСТИ.....</b>	<b>24</b>
<b>Построение линии пересечения поверхностей откосов выемки и насыпи площадки с топографической поверхностью.....</b>	<b>24</b>
<b>Построение линии пересечения поверхностей откосов выемки и насыпи аппарели с топографической поверхностью.....</b>	<b>26</b>
<b>Построение профиля инженерного сооружения и топографической поверхности.....</b>	<b>29</b>
<b>Указания к оформлению чертежа.....</b>	<b>31</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>32</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>33</b>

## ГЛАВА 1.

### МЕТОД ЧИСЛОВЫХ ОТМЕТОК

В строительной практике встречаются объекты, размеры которых в плане значительно превышают вертикальные. Например, участки земной поверхности с расположенными на них сооружениями, дороги, площадки, различные насыпи и т.п. Для проектирования таких объектов применение обычных ортогональных проекций нецелесообразно. В подобных случаях используют специальный метод изображения – проекции с числовыми отметками.

Зарождение идеи этого метода относят к Средним векам. Уже тогда многие народы, пользующиеся картами с указанием морских глубин, умели изображать точку при помощи ее проекции и отметки. Теоретическое обоснование метод получил лишь в XIX веке благодаря французскому военному инженеру – капитану Нуазе (1823 г.).

Сегодня этот метод активно используется в геодезии. Этим методом проводится графическое решение задач на топографических поверхностях, заменяя аналитические решения.

#### СУЩНОСТЬ МЕТОДА

**Сущность метода** заключается в ортогональном проецировании фигур на одну горизонтальную плоскость  $hoу$  проекций (план инженерного сооружения). Горизонтальную плоскость обозначают буквой  $\Pi$  с указанием числа, указывающего **уровень** этой плоскости, например,  $\Pi_0$ ,  $\Pi_{100}$ . В учебных задачах обычно используют **плоскость нулевого уровня**  $\Pi_0$ .

Для получения обратимого изображения, однозначно соответствующего данному объекту, у обозначения проекции используют нижний числовой индекс, обозначающий расстояние данного объекта, например, точки, до плоскости нулевого уровня. Эти числа называются **числовыми отметками**.

Например, на *рис.1а* изображена плоскость нулевого уровня  $\Pi_0$  и две случайные точки  $A$  и  $B$ .

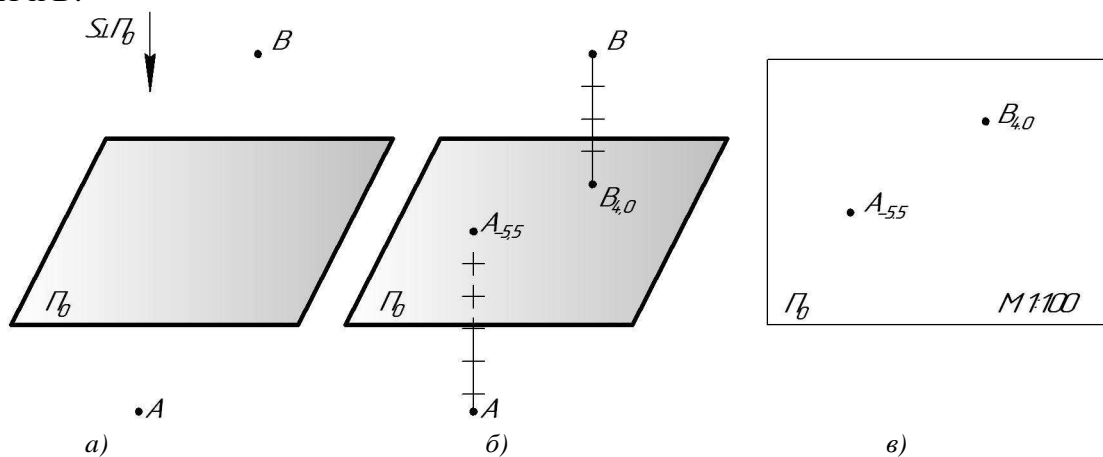


Рис.1

Построим на  $\Pi_0$  ортогональные проекции этих точек, используя направление проецирования  $s \perp \Pi_0$ . Удаление точек от плоскости составляет 5,5 и 4 единицы соответственно. Укажем это удаление в виде числовых отметок. Так как точка  $A$  расположена ниже плоскости нулевого уровня, то ее отметка отрицательна (*рис.1б*). Чертеж с числовыми отметками будет иметь вид, как показано на рис. 1в.

Числовые отметки проставляются в метрах. Размеры не проставляют, но указывают масштаб, например,  $M 1:100$  (в 1 см – 1 м),  $M 1:200$  (в 1 см – 2 м) (рис. 1в).

#### Достоинства метода:

- **обратимость** – дает возможность точного воспроизведения формы и размеров по чертежу;
- **графическая равноценность оригиналу** – обеспечивает возможность выполнения на чертеже геометрических операций (измерения, пересечения и пр.), которые выполнимы на оригинале;
- **простота** графического выполнения;
- **точность** графических решений.

**Недостатки метода:** малая наглядность, часто необходимо добавлять вертикальные разрезы (профили) для решения позиционных задач.

### ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

**Плоскость нулевого уровня,  $\Pi_0$**  – плоскость проекций, от которой производится отсчет высот (рис. 1).

**Числовая отметка, (м)** – расстояние данного объекта, например, точки, до плоскости нулевого уровня  $\Pi_0$  (рис. 1).

**Превышение (подъем),  $\Delta H$  (м)** – разность между числовыми отметками двух любых точек (рис. 2а).

**Заложение,  $L$  (м)** – проекция любого отрезка на плоскость нулевого уровня (рис. 2б).

**Уклон,  $i$**  – отношение превышения любого отрезка к его заложению:  $i = \Delta H / L$ . Уклон можно определить как тангенс угла наклона  $\alpha$  отрезка к плоскости проекций  $\Pi_0$ :  $i = \text{tg} \alpha$  (рис. 2в).

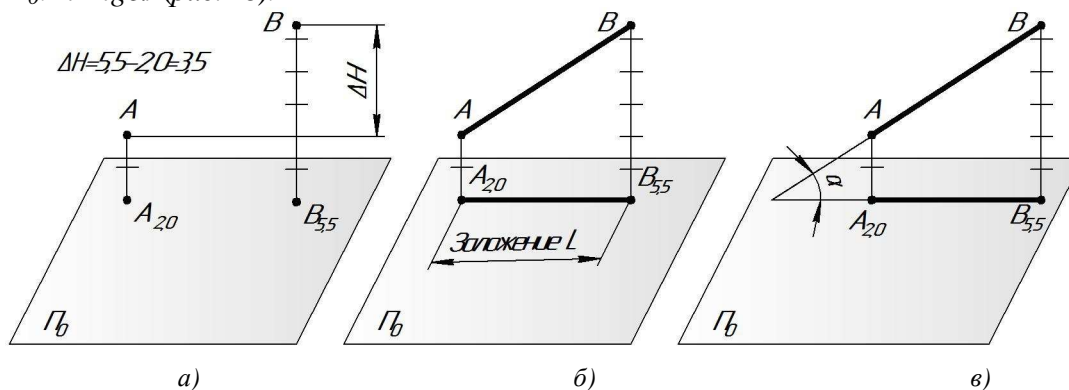


Рис.2

На чертеже уклон может быть указан отношением  $(\Delta H / L)$  (рис. 3а), в градусах ( $^\circ$ ), в процентах (%), в промилях ( $^\circ/_{00}$ ) рядом со стрелкой, показывающей направление убывания отметок.

**Интервал,  $l$  (мм)** – заложение отрезка при **единичном** превышении (подъеме) конечных точек, т.е. при разности между числовыми отметками конечных точек  $\Delta H = 1$  м (рис. 3б). Интервал – величина, обратная уклону:  $l = 1/i$ .

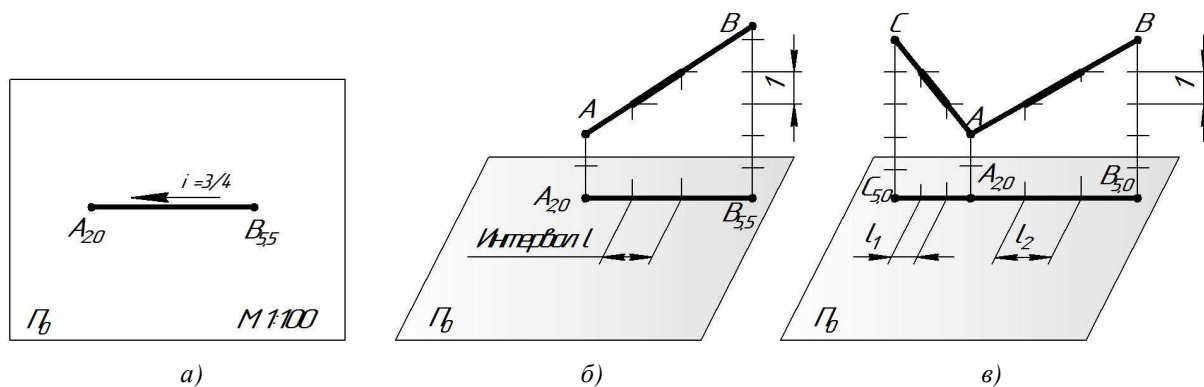


Рис.3

Величина интервала характеризует крутизну прямой: малые интервалы соответствуют прямым большего угла наклона  $\alpha$  к плоскости проекций  $\Pi_0$  (рис. 3в).

Все указанные параметры связаны **графиком масштаба уклона**, выполненном в масштабе чертежа (рис. 4). По оси ординат откладывается значение превышения  $\Delta H$ , по оси абсцисс – значение заложения  $L$ . Через полученную точку и начало координат проводится прямая – график уклона. Угол между прямой и осью абсцисс есть угол наклона  $\alpha$  отрезка к плоскости проекций  $\Pi_0$ . Известно, что интервал  $l$  равен величине заложения при превышении  $1m$ . Через отметку  $1m$  на оси ординат проводится горизонтальная линия (единичный подъем) до пересечения с графиком уклона. Абсцисса точки пересечения равна значению интервала  $l$ .

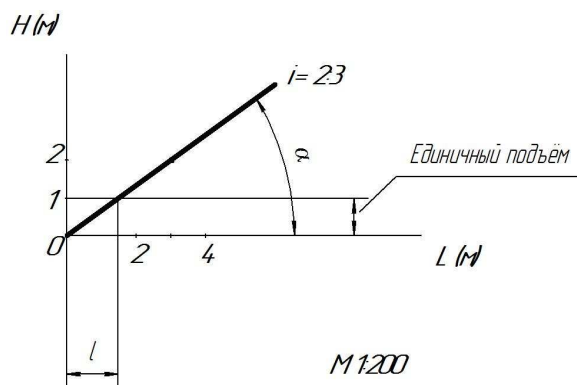


Рис. 4

**Градуирование (интерполирование)** – нахождение точек или линий, отметки которых выражены целыми числами и отличаются на единицу.

## ЧЕРТЕЖИ ФИГУР

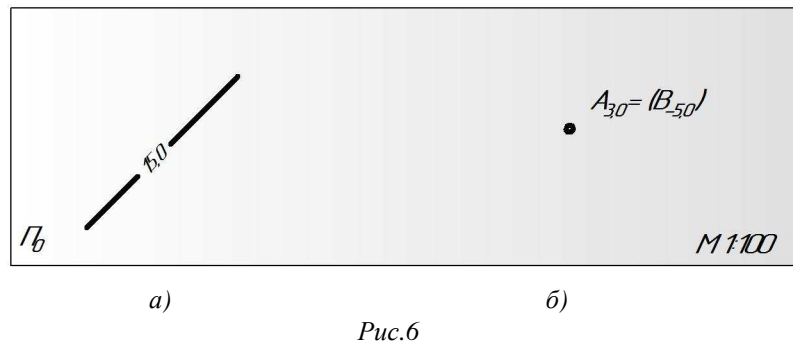
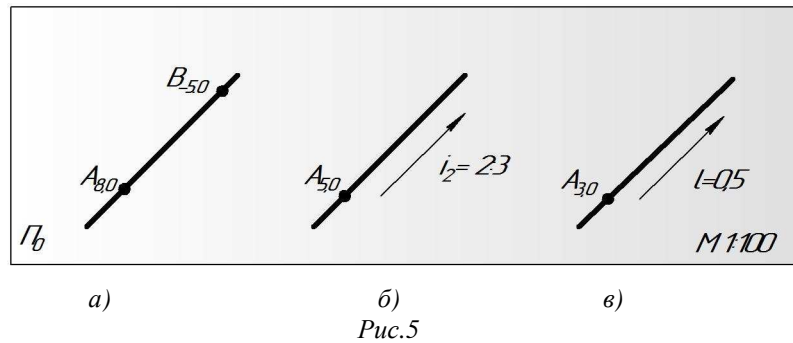
### Проекция прямых

Прямая общего положения может быть задана:

- двумя точками с числовыми отметками (рис. 5а);
- одной точкой, стрелкой, показывающей направление убывания отметок, и указанием уклона  $i$  (рис.5б);
- одной точкой, стрелкой, показывающей направление убывания отметок, и указанием значения интервала  $l$  (рис. 5в).

Если же прямая **горизонталь**, то ее числовая отметка указывается в разрыве прямой (рис.6а).

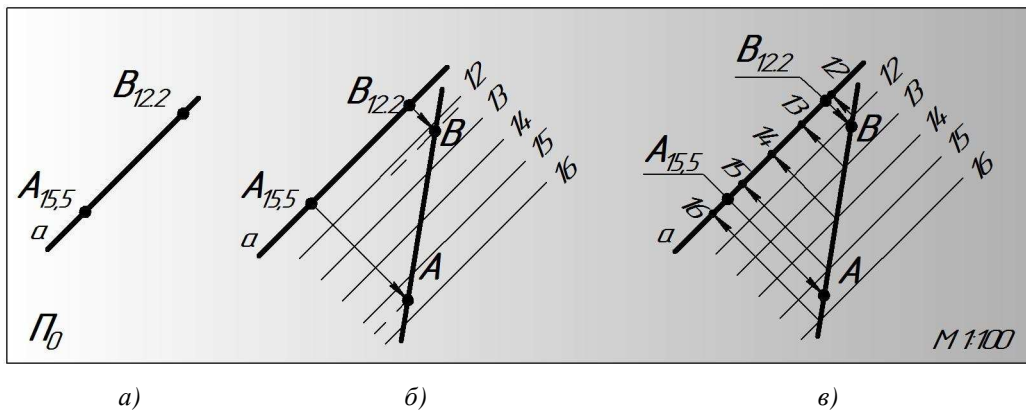
Горизонтально-проецирующая прямая проецируется в точку. Точки, принадлежащие ей совпадают, но имеют разные числовые отметки (рис. 6б).



**Градуирование прямой** – нахождение на прямой точек, отметки которых выражены целыми числами и отличаются на единицу.

Градуирование основано на способе пропорционального деления отрезка и не зависит от масштаба чертежа.

Рассмотрим пример. Необходимо провести градуирование прямой  $a$ , заданной двумя точками  $A_{15,5}$  и  $B_{12,2}$  (рис. 7а).



Параллельно проекции прямой проведем ряд прямых, отстоящих друг от друга на произвольном одинаковом расстоянии, например, 1 см. Примем их за линии уровня с целочисленными отметками 12, 13, 14... Опустив перпендикуляры из заданных точек  $A_{15,5}$  и  $B_{12,2}$  на соответствующие уровни, отметим точки  $A$  и  $B$ , соединим их прямой (рис. 7б).

Из точек пересечения этой прямой с целочисленными линиями уровня опустим перпендикуляры на заданную прямую, получим необходимые точки с целочисленными отметками, делящими проекцию прямой на равные отрезки (рис. 7в).

### Взаимное положение двух прямых

**Прямые параллельны**, если их проекции параллельны, уклоны / интервалы равны и отметки убывают в одну сторону (рис.8).

Параллельные прямые задают плоскость  $\gamma$ . Прямые, соединяющие точки с целочисленными отметками, являются горизонталями этой плоскости.

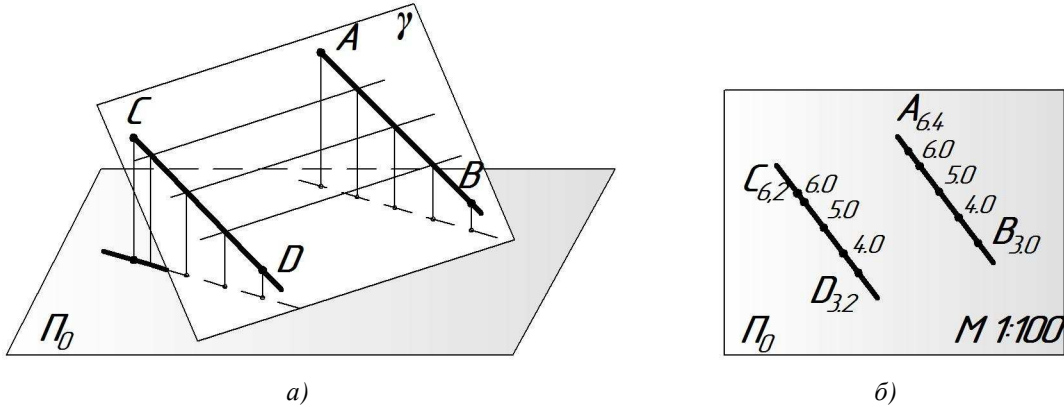


Рис.8

**Прямые пересекаются**, если проекции прямых пересекаются в точке, имеющей одинаковую отметку на этих прямых (рис.9).

Пересекающиеся прямые задают плоскость  $\gamma$ . Прямые, соединяющие точки с целочисленными отметками, являются горизонталями этой плоскости.

*Следствие:* любые две непараллельные горизонтالي, имеющие одинаковые отметки, пересекаются.

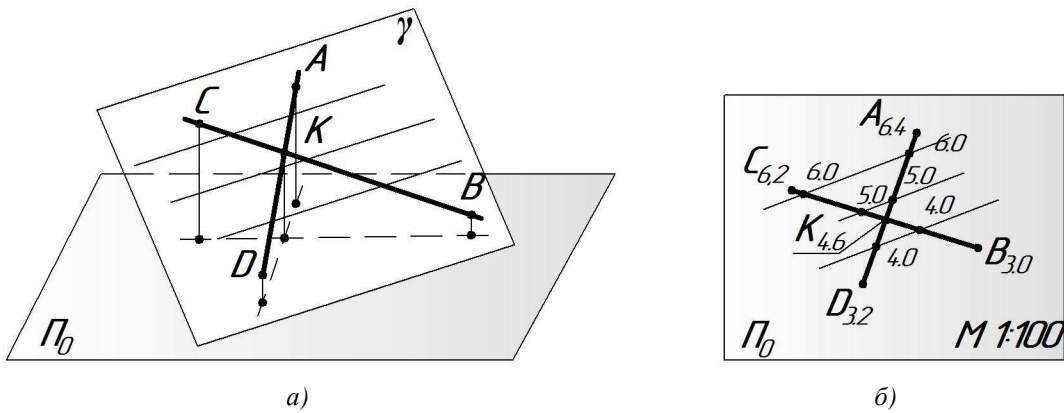


Рис.9

**Прямые скрещиваются**, если проекции прямых не удовлетворяют условиям параллельности и пересечения (рис.10). В месте пересечения проекций скрещивающихся прямых лежат конкурирующие точки  $K$  и  $N$ .

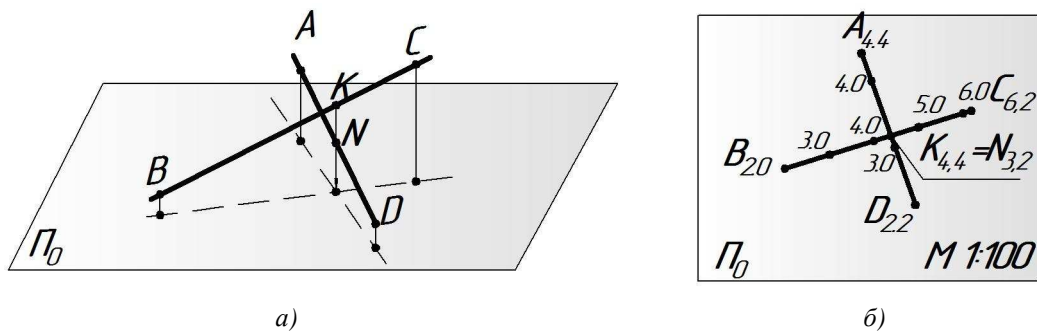


Рис.10



## Проекции плоскостей

Плоскость общего положения в проекциях с числовыми отметками может быть задана:

- проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой (рис. 11а);
- проекциями прямой и точки вне ее (рис. 11б);
- проекциями двух пересекающихся прямых (рис. 11в);
- проекциями двух параллельных прямых (рис. 11г);
- проекцией плоской фигуры (рис. 11д).

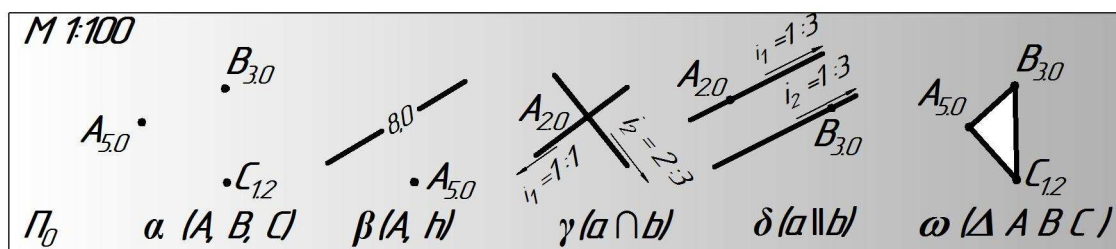
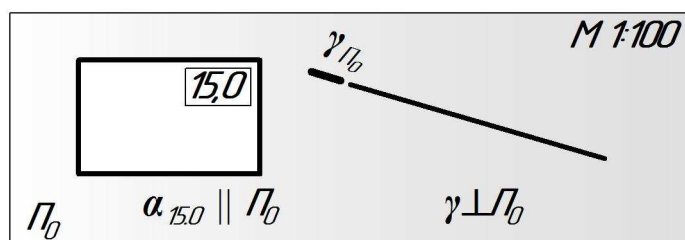


Рис.11

Горизонтальная плоскость уровня задается числовой отметкой, заключенной в прямоугольник, выполненный тонкой линией (рис. 12а).

Горизонтально-проецирующая плоскость задается изображением своего следа (рис. 12б).



а)

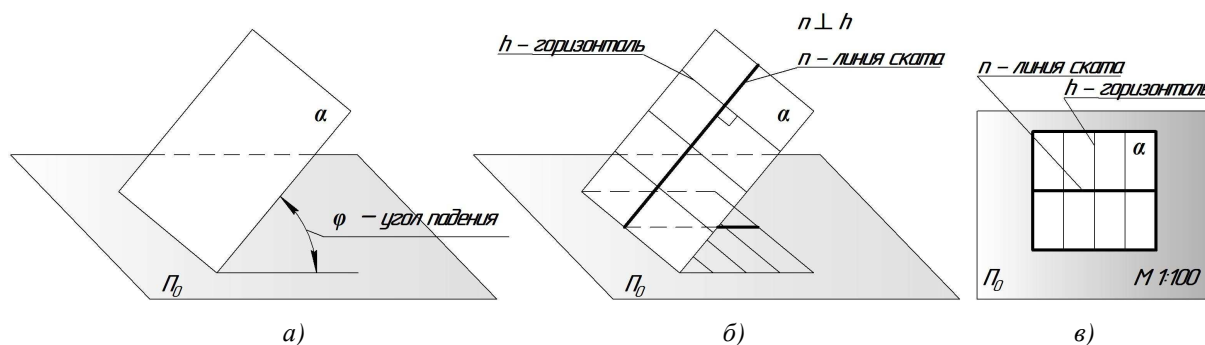
б)

Рис.12

Рассмотрим особенности, связанные с заданием плоскостей в числовых отметках.

**Угол падения плоскости** – угол  $\varphi$  ( $^\circ$ ), образованный данной плоскостью  $\alpha$  и плоскостью проекций  $\Pi_0$  (рис.13а).

**Линия ската (уклона)** плоскости – прямая  $n$ , лежащая в плоскости и перпендикулярная ее горизонтали  $h$ . (рис.13б, 13в).



а)

б)

в)

Рис.13

**Спуск плоскости** – направление вдоль линии ската от горизонталей с большими отметками к горизонталям с меньшими отметками, он совпадает с направлением уклона  $i$  линии ската, указывается стрелкой (рис.14а, 14б).

**Бергштрих** – условный знак, обозначающий спуск, изображается тонкой линией, длиной 1,5 – 2 мм, направленного в сторону понижения отметок, перпендикулярно горизонтали (рис. 14б).

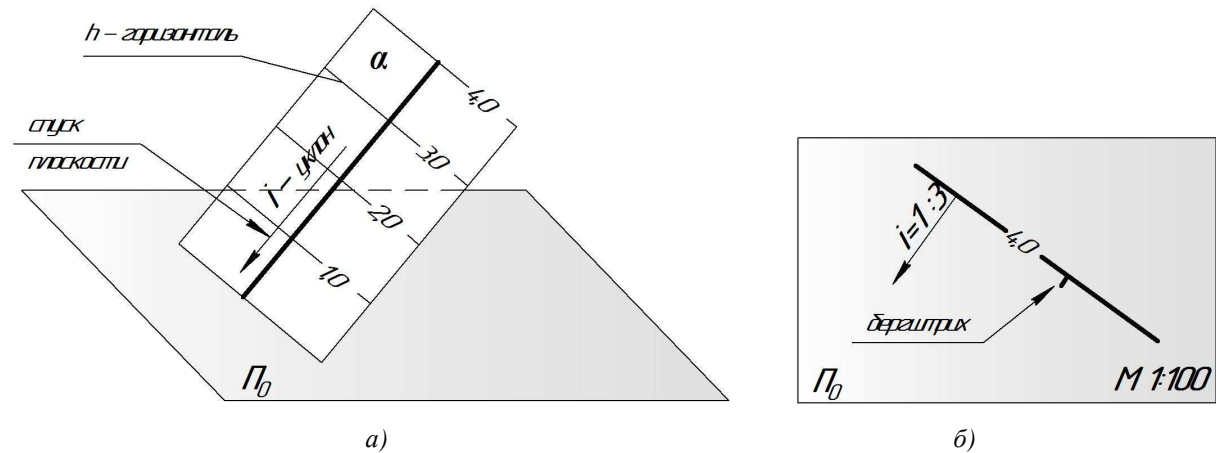


Рис.14

**Направление простираения плоскости** – левое направление ее горизонталей, если смотреть вдоль линии наибольшего ската в сторону спуска плоскости, указывается стрелкой на горизонтали (рис.15а, 15б).

**Угол простираения плоскости  $\psi$  ( $^{\circ}$ )** – угол между северным направлением магнитного меридиана и направлением простираения плоскости, измеренный против часовой стрелки (рис. 15б).

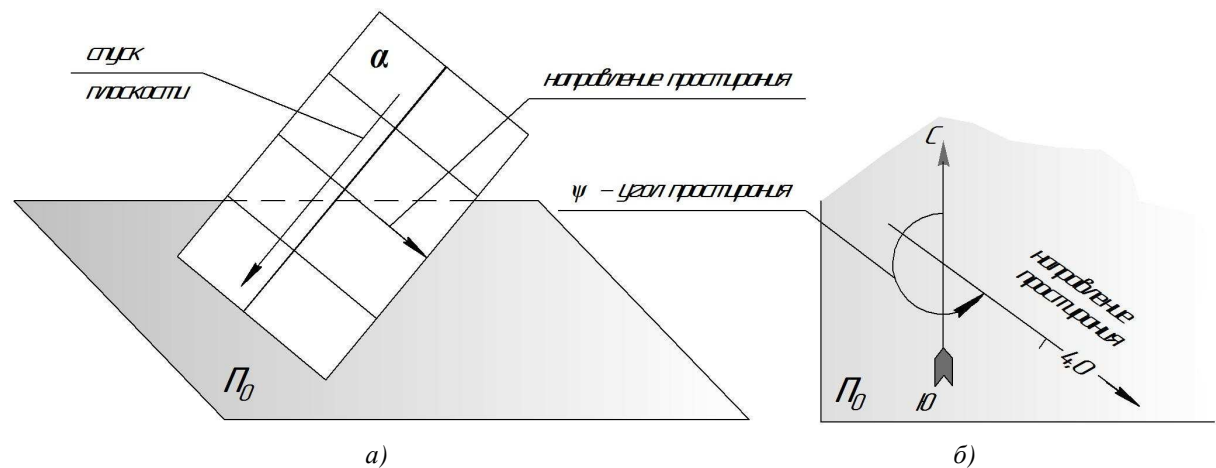


Рис.15

**Масштаб уклона плоскости  $\alpha_i$**  – градуированная проекция линии ската плоскости (рис.16а). Масштаб уклона изображают двумя параллельными линиями на расстоянии 1 мм, одна из которых основная, толщиной 0,7 мм, другая тонкая 0,35 мм. Целочисленные отметки отмечают засечками, длиной 1–1,5 мм. Числа располагают верхней частью в сторону повышения отметок.

**Интервал плоскости  $l$  (м)** – расстояние между проекциями смежных горизонталей. Из рис. 16б видно, что интервал плоскости равен интервалу линии наибольшего ската.

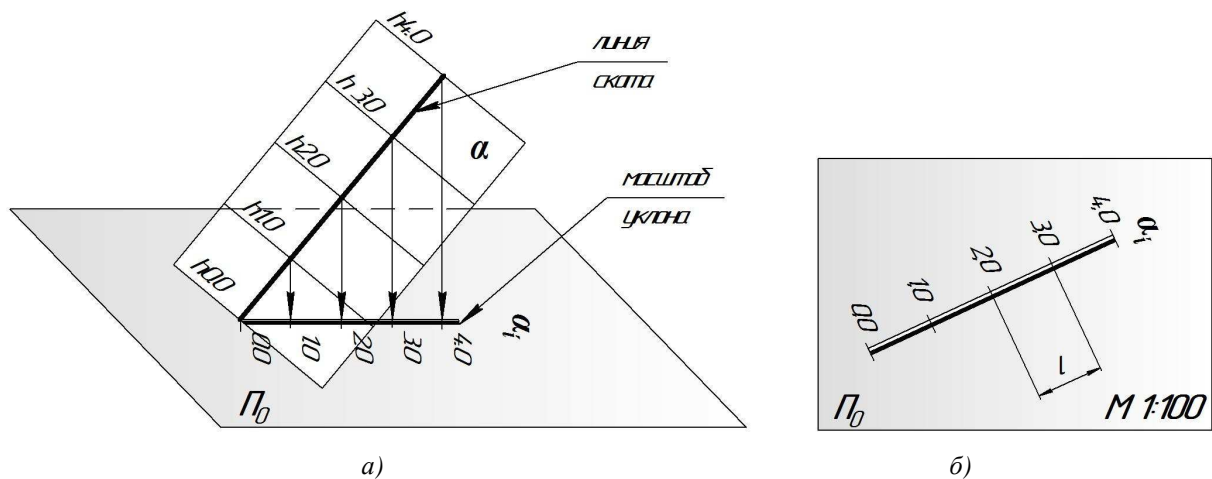


Рис.16

**Градуирование плоскости** – построение набора горизонталей плоскости, отметки которых выражены целыми числами и отличаются на единицу.

Рассмотрим пример. Необходимо провести градуирование плоскости  $\alpha$ , заданной горизонталью  $h_{15}$  и уклоном  $i=2:3$  в масштабе  $M 1:200$  (рис.17а).

Для проведения набора горизонталей необходимо иметь масштаб уклона плоскости. Для этого построим линию ската перпендикулярно заданной горизонтали (рис.17б) и проградуируем ее.

Для определения интервала между целочисленными отметками на линии ската можно воспользоваться формулой  $l = \frac{1 \cdot 1000}{i} \cdot M = \frac{1 \cdot 1000}{2:3} \cdot 1:200 = 7,5$  (мм) или определить его графически при помощи графика масштаба уклона (рис.17в). График выполняется в масштабе чертежа. В масштабе  $M 1:200$   $1m = 5mm$ , поэтому отрезок, соответствующий единичному подъему, имеет заложение, равное 7,5 мм. Это и есть интервал  $l = 7,5$  мм.

Проградуировав линию ската при помощи интервала  $l$ , получим масштаб уклона плоскости  $\alpha_i$  (рис.17г).

Имея масштаб уклона плоскости  $\alpha_i$ , построим необходимое количество горизонталей, параллельных друг другу (рис.17д).

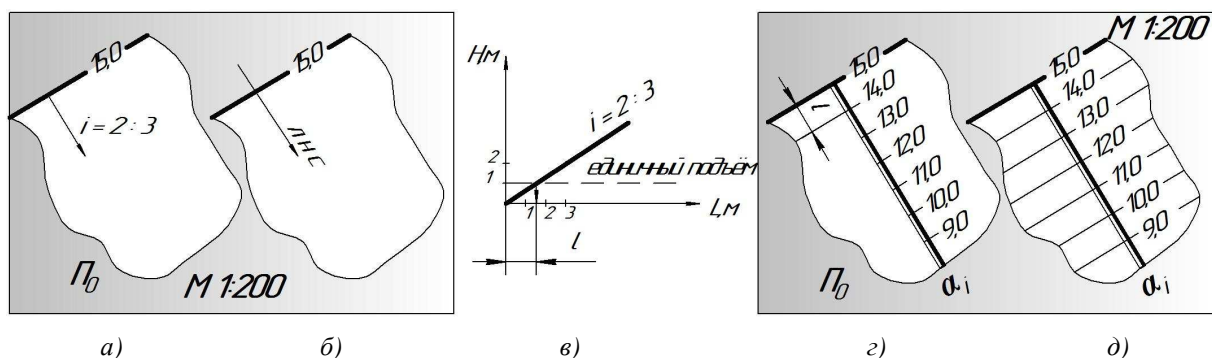


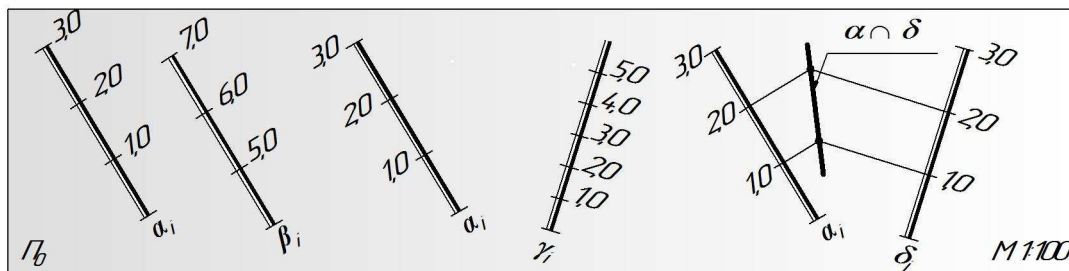
Рис.17

### Взаимное положение двух плоскостей

**Плоскости параллельны**, если масштабы уклонов взаимно параллельны, интервалы равны и спуски сонаправлены (рис. 18а).

**Плоскости пересекаются**, если не выполняется хотя бы одно из указанных выше условий (рис. 18б).

Линию пересечения можно построить, если проградировать плоскости и найти точки пересечения горизонталей с одинаковыми отметками (рис.18в). Если интервалы пересекающихся плоскостей равны, то линия пересечения является биссектрисой угла, образованного горизонталями.



a)

б)

в)

Рис.18

### Проекция поверхностей

При возведении различных сооружений на местности, приходится иметь дело с различными поверхностями.

К **геометрическим поверхностям** относятся все поверхности, образование которых подчинено определенным геометрическим законам.

**Графической** называется поверхность, закон образования которой неизвестен. Примером графической поверхности может служить поверхность земли, которую называют **топографической** поверхностью (рис. 19а). В этом случае поверхность задается при помощи некоторого числа линий, образующих каркас (рис. 19б).



a)



б)

Рис.19

Для изображения поверхностей как геометрических, так и топографических пользуются проекциями горизонталей, полученных в результате пересечения данной поверхности рядом секущих плоскостей посредников (горизонтальных плоскостей уровня), отстоящих друг от друга на фиксированную величину (рис. 20). Обычно расстояние, на которое разнесены секущие плоскости, именуемое высотой сечения  $h$ , принимают равной 1 м, 2 м, 5 м, 10 м, 20 м, и т.д. в зависимости от высоты изображаемого объекта.

**Топографическая поверхность** на чертеже задается своими горизонталями с указанием числовых отметок. Каждая пятая или десятая горизонталь наносится толстой линией.

В дополнение к отметкам на горизонталях обычно проставляются **бергштрихи** – черточки, примыкающие к горизонтали, показывающие направление понижения местности (рис.20). Бергштрихи направлены нормально к горизонтали.

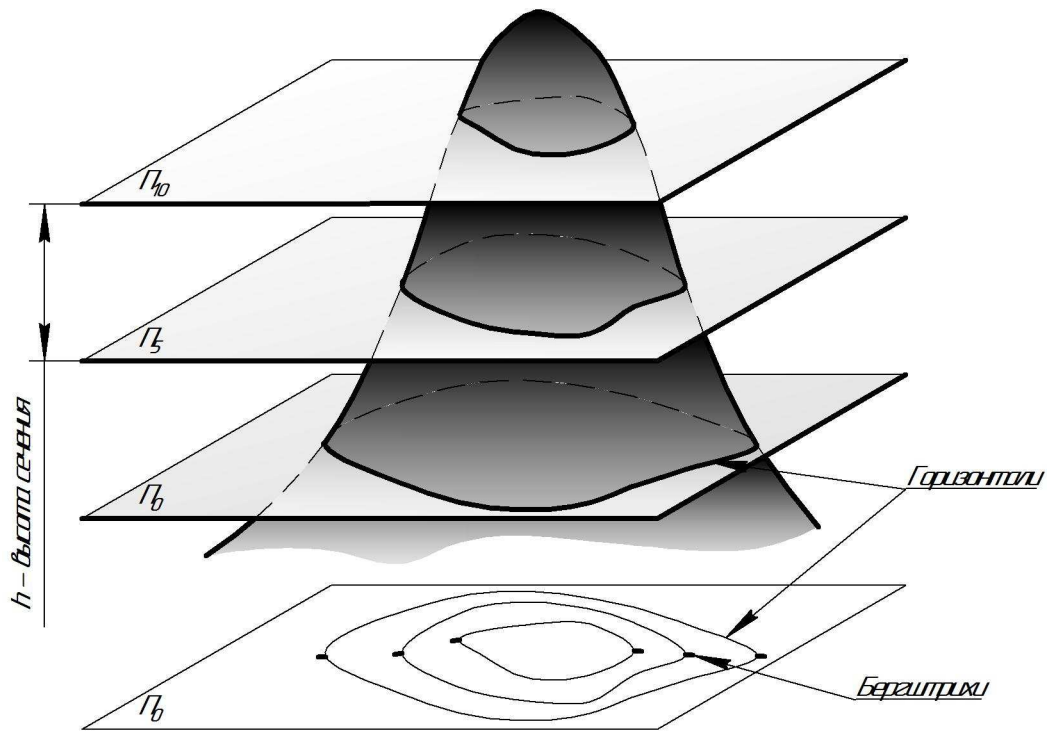


Рис.20

На рис. 21 показаны категории рельефа: холм (а), хребет – вытянутый холм с водоразделом (б), впадина (в), лощина (г), седловина – сочетание двух холмов и лощин (д).

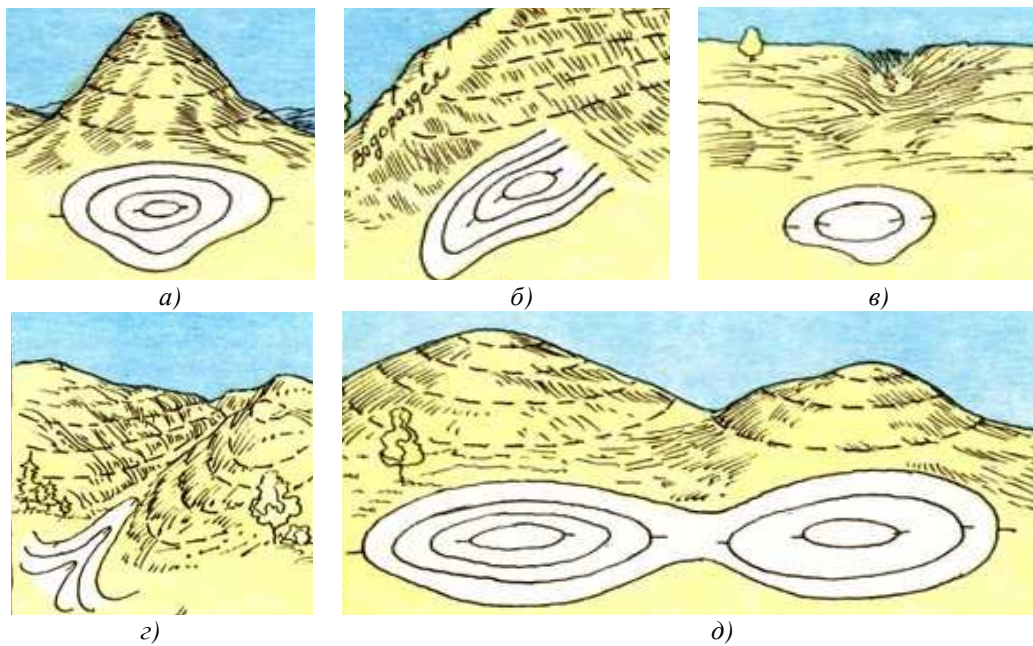


Рис.21

Интервал  $l$  – расстояние между двумя соседними горизонталями при единичном подъеме – определяется уклоном  $i$  поверхности. Топографическая поверхность между горизонталями имеет одинаковый уклон  $i$  по линии наибольшего ската.

**Многогранник** в проекциях с числовыми отметками может быть задан проекциями ребер с указанием отметок вершин или горизонталями своих граней.

На рис. 22 изображен некоторый многогранник, у которого горизонтальная прямоугольная площадка  $ABCD$  имеет высотную отметку  $+3,0$ . Уклоны граней, примыкающих к сторонам  $AD$  и  $BC$ , равны  $i_1=1:1$ , а к  $AB$  и  $DC$ , равны  $i_2 = 2:3$ .

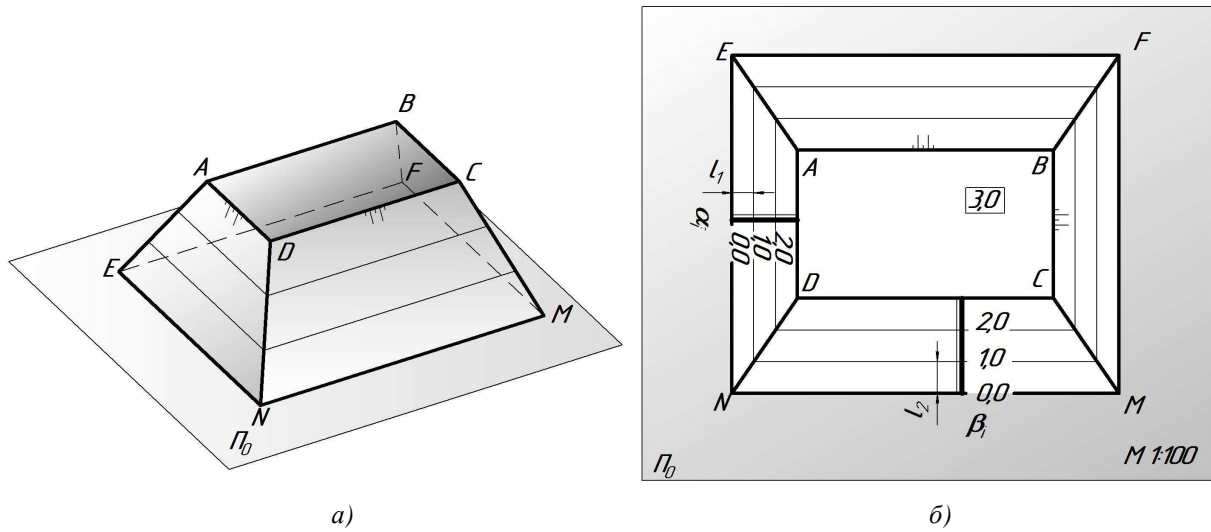


Рис.22

Используя график масштабов уклонов (рис. 4), определяют интервалы  $l_1$  и  $l_2$ , соответствующие уклонам  $i_1$  и  $i_2$ .

По величинам интервалов  $l_1$  и  $l_2$  можно построить масштабы уклона плоскостей  $\alpha_i$  и  $\beta_i$  боковых граней многогранника, затем их горизонтали (рис. 22б). Горизонталь параллельна соответствующей линии контура прямоугольника  $ABCD$ . Всего таких граней четыре. Они пересекаются между собой по линиям  $AE$ ,  $BF$ ,  $CM$ ,  $DN$ . Последние являются проекциями ребер многогранника.

**Криволинейная поверхность.** На практике чаще всего встречается прямая круговая коническая поверхность с вертикальной осью (рис. 23а). Сечения такой поверхности горизонтальными плоскостями, проведенные через равные интервалы, являются горизонталями.

Чтобы проградировать коническую поверхность, можно выбрать любую образующую конуса, т.к. она является линией ската поверхности.

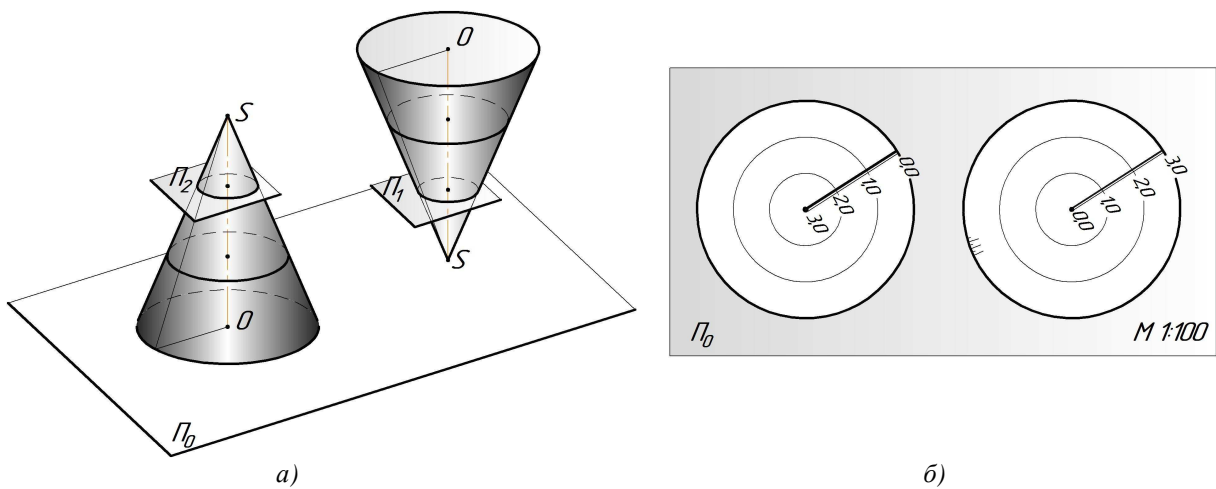


Рис.23

На конической поверхности наносят бергштрихи в направлении линии ската нормально к окружности. Бергштрихи состоят из попеременно проведенных коротких

(2 мм) и длинных (5 мм) штрихов, выполненных сплошной основной и тонкой линией соответственно. Штрихи начинаются у верхней горизонтали (рис. 23б).

**Аппарель** (франц. *Appareil* – въезд). Аппарели широко применяются при строительстве земляных сооружений при подъеме или спуске с площадки.

Рассмотрим примеры аппарелей.

При сооружении прямого наклонного въезда на горизонтальную площадку, называемого аппарелью, образуется многогранник (прямая треугольная призма) (рис. 24).

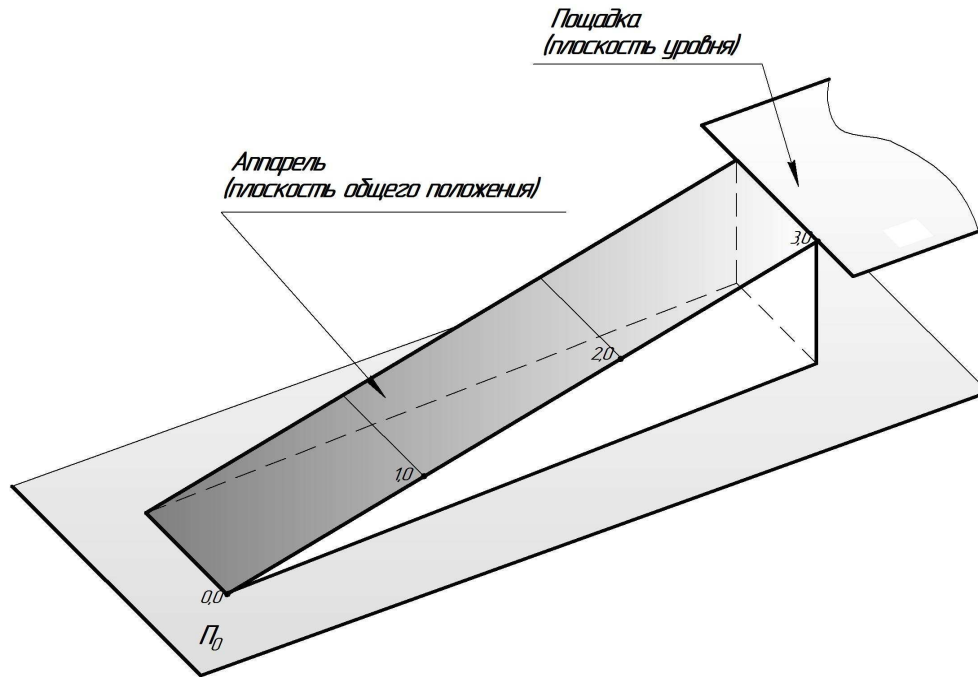


Рис. 24

Полотно аппарели (наклонная грань призмы) является плоскостью общего положения, имеющей определенный уклон  $i_a$ . Бровка аппарели (ребро) – линия ската этой плоскости.

На чертеже полотно такой аппарели проецируется в прямоугольник (рис.25). В соответствии с заданным уклоном  $i_a$  при помощи графика масштаба уклона определяют интервал  $l_a$  и градуируют плоскость полотна.

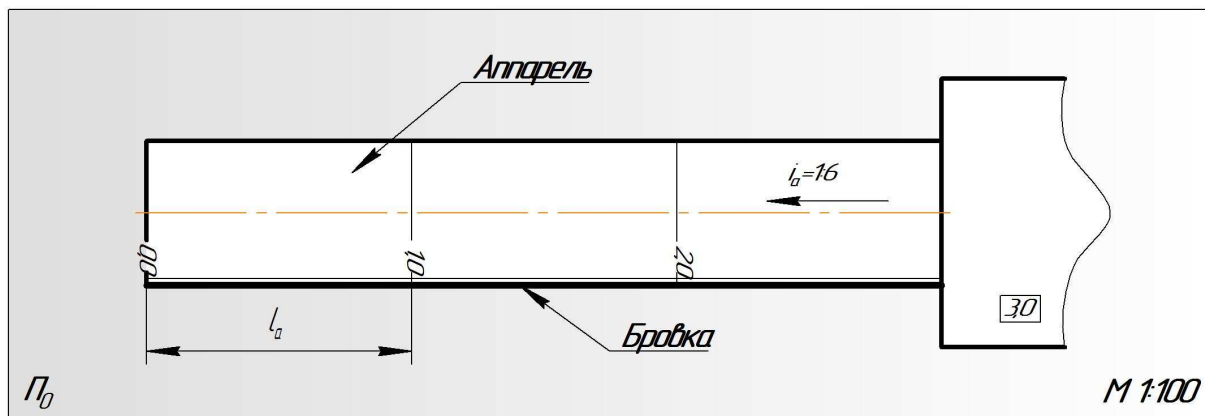


Рис. 25

Аппарель может иметь вид криволинейной поверхности – геликоида, который представляет собой винтовую поверхность, образованную движением прямой, вращающейся вокруг оси и перпендикулярной к ней, одновременно поступательно

движущейся в направлении этой оси. Поверхность заключена между фрагментами двух круговых соосных цилиндров, радиусов  $R_1$  и  $R_2$  (рис. 26).

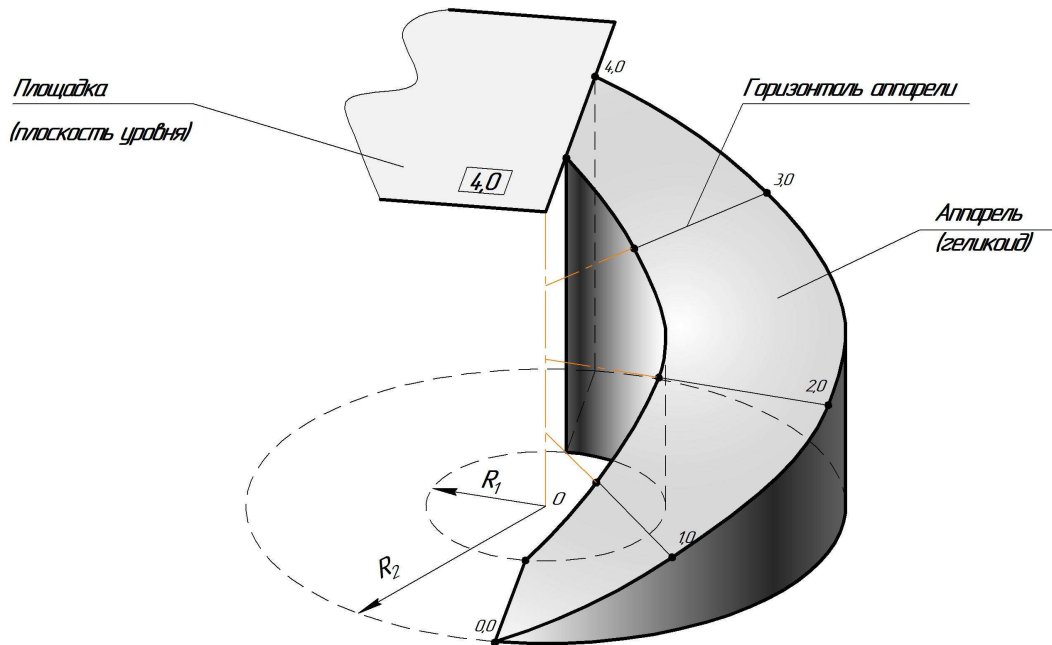


Рис.26

При градуировании на плане полотна аппарели горизонтали не параллельны друг другу, но проходят через центр окружности  $O$ . Интервал при градуировании полотна аппарели  $l_a$  откладывают циркулем по оси аппарели – центральной штрихпунктирной окружности радиуса  $R=R_2-R_1$  (рис.27).

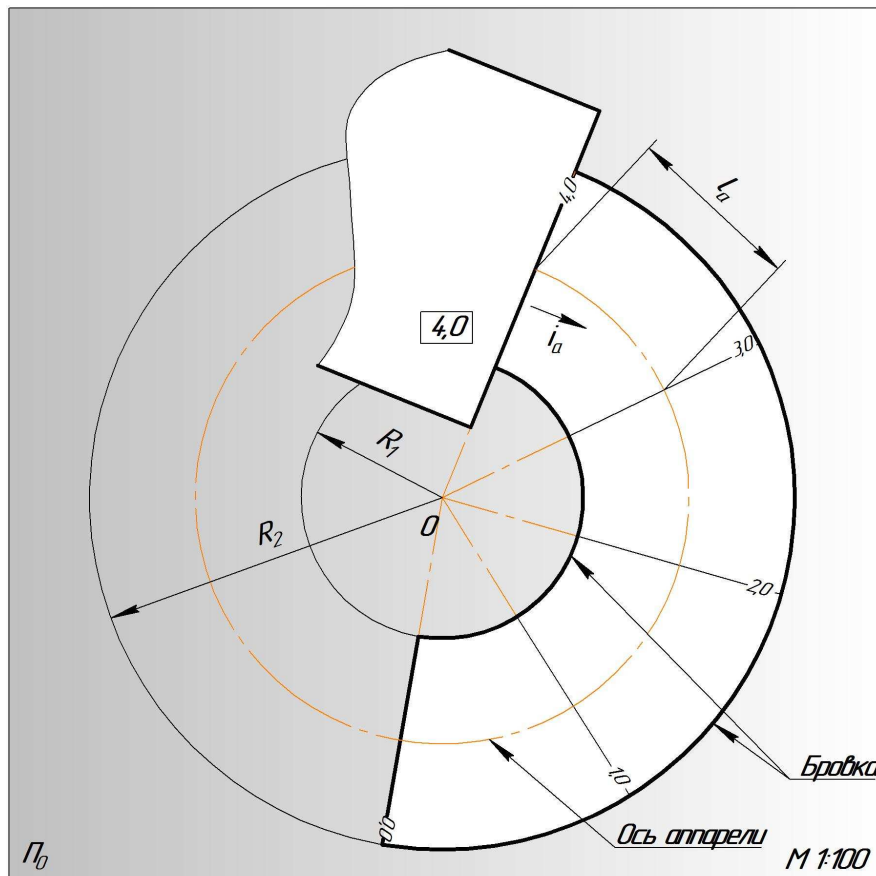


Рис.27



При строительстве сооружений аппарели необходимо укреплять откосами. Откосы аппарели являются поверхностями одинакового ската (рис. 28).

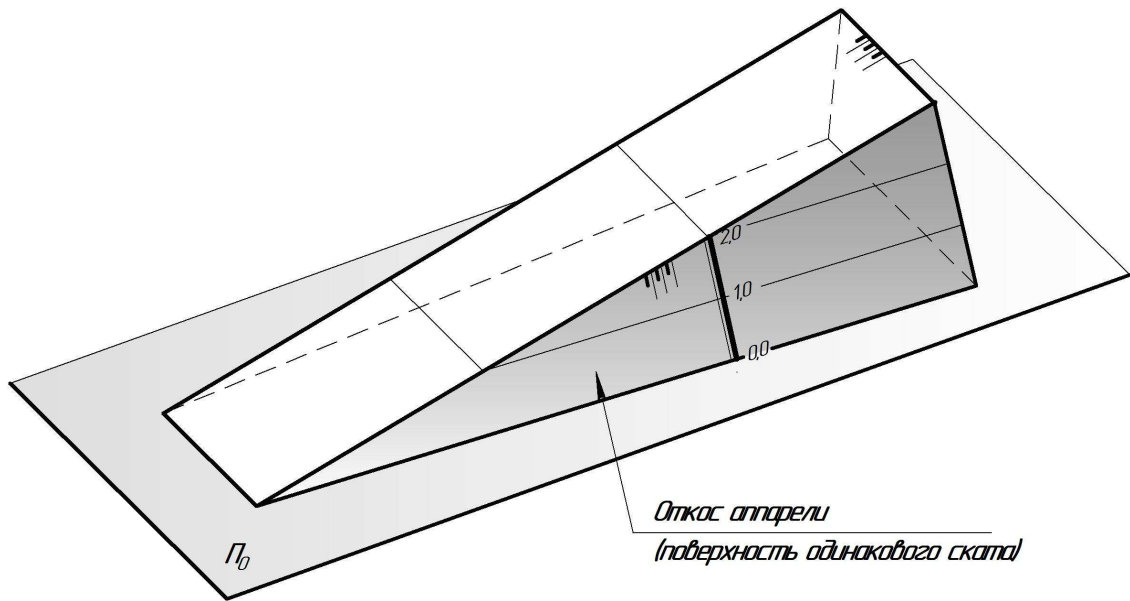


Рис.28

**Поверхность одинакового ската** – это линейчатая поверхность, все прямолинейные образующие которой составляют с горизонтальной плоскостью постоянный угол.

Такая поверхность образуется, если прямой круговой конус с вертикальной осью и образующей заданного наклона  $\alpha$  к горизонтальной плоскости перемещать вдоль некоторой направляющей линии  $n$ . Поверхность одинакового ската является поверхностью  $\beta$ , обертывающей последовательные положения вспомогательного конуса (рис.29). Для любой точки такой поверхности линия ската имеет одинаковый уклон  $i$  к плоскости  $\Pi_0$ .

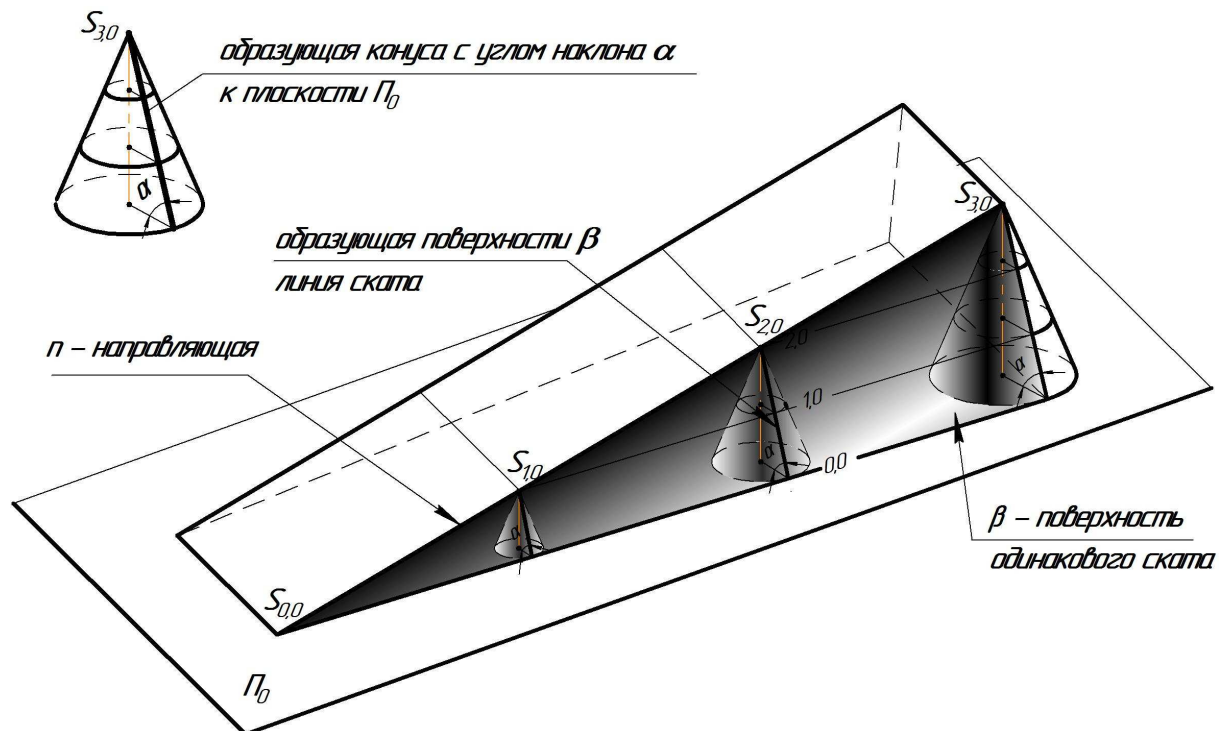
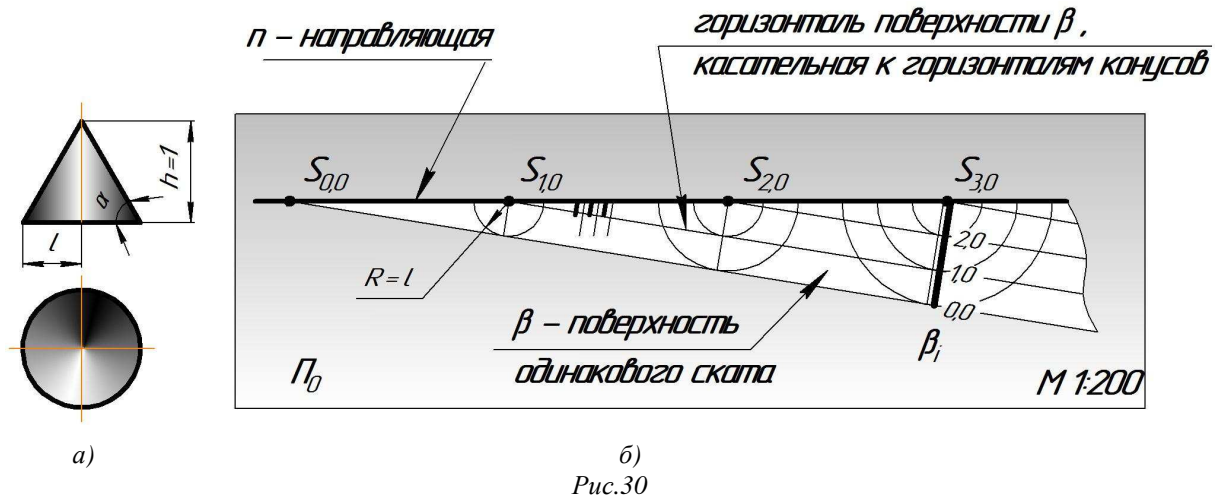


Рис.29

При градуировании такой поверхности нужно иметь в виду, что уклон поверхности  $i$  в любой ее точке одинаков и расстояние между смежными горизонталями равно интервалу  $l$  линии ската.

Рассмотрим пример построения такой поверхности вдоль аппарели, являющейся плоскостью общего положения. Поверхность одинакового ската в этом случае также будет плоскостью общего положения (рис. 30).



Для градуирования размещаем вершины конусов  $S$  в точках направляющей  $n$  с известными числовыми отметками. Затем градуируем поверхности конусов. Радиус основания конуса с высотой  $h=1m$  равен интервалу  $l$ , вычисленному по заданному уклону  $i$  (рис. 30а). Для построения горизонталей конусов большей высоты из вершин проводят concentric окружности, радиусы которых отличаются на величину интервала  $l$ , а высотные отметки на единицу (рис. 30б).

Затем строится семейство горизонталей поверхности  $\beta$ , огибающих окружности конусов с одинаковыми числовыми отметками. Например, горизонталь с отметкой  $+1,0$  проходит через вершину  $S_{1,0}$  и огибает окружности других конусов, имеющих ту же отметку  $+1,0$ .

Если направляющая  $n$  была прямая общего положения, то огибающие горизонталы – касательные прямые (рис. 30б). Масштабом уклона поверхности  $\beta_i$  является градуированная линия ската конуса, проведенная через вершину и точку касания горизонтали поверхности  $\beta$ .

Рассмотрим пример построения откоса вдоль криволинейной аппарели. Поверхность одинакового ската в этом случае также будет криволинейной (рис. 31).

Если направляющая откоса  $n$  была винтовая линия, то она проецируется на  $\Pi_0$  в окружность радиуса  $R_n$  (рис. 31). В этом случае поверхность одинакового ската представляет эвольвентный геликоид. Эвольвентный геликоид образуется движением прямолинейной образующей, остающейся во всех своих положениях касательной к цилиндрической винтовой линии.

Для построения линии ската из точек на направляющей  $n$  проводятся касательные к вспомогательной окружности радиуса  $R_0 = \frac{i_a * R_n}{i}$ .

Огибающие горизонталы – эвольвенты, их можно построить по лекалу или аппроксимировать коробовой кривой.

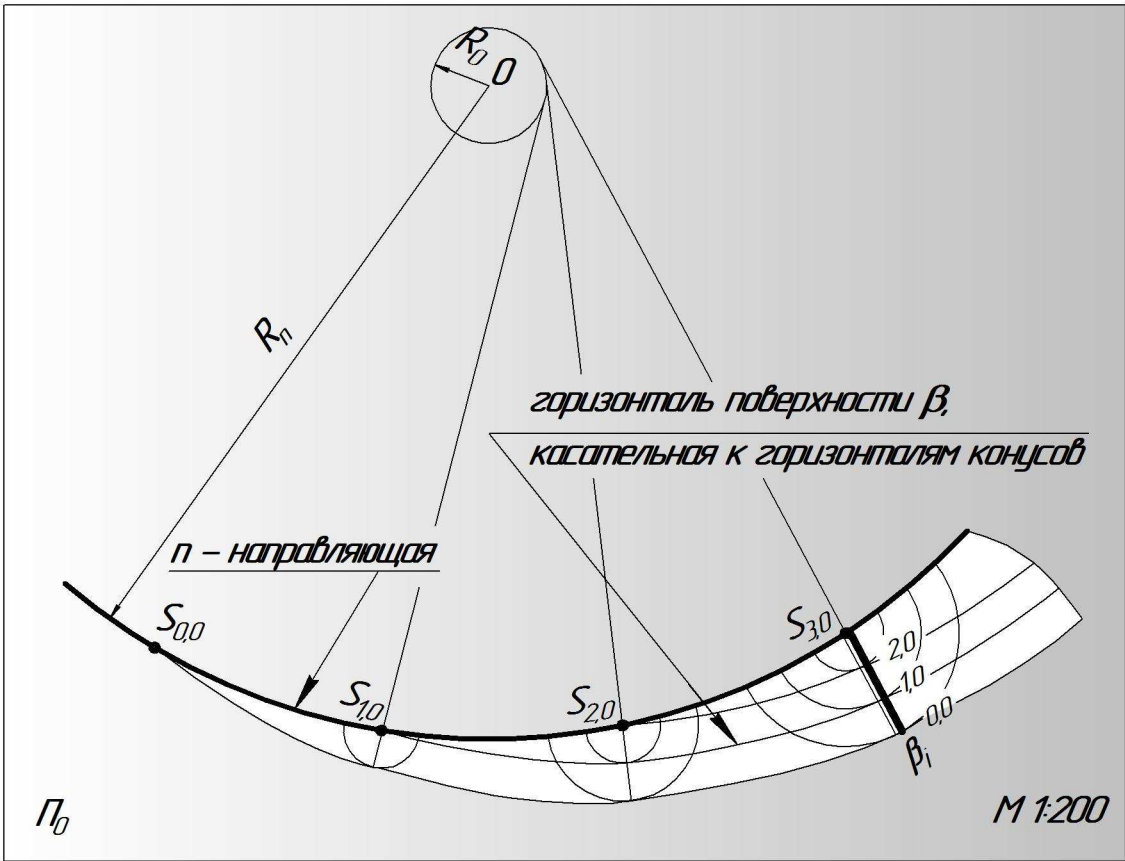


Рис.31

## ГЛАВА 2.

### ПОЗИЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ НА ПОВЕРХНОСТЯХ

Рассмотрим построение линии пересечения двух поверхностей.

Напомним общий алгоритм решения. Линию взаимного пересечения двух поверхностей определяют рядом точек, которые всегда можно найти с помощью вспомогательных плоскостей.

Для нахождения точек, принадлежащих линии пересечения двух поверхностей  $F_1$  и  $F_2$  произвольного вида, необходимо (рис. 32):

1. Пересечь эти поверхности вспомогательной плоскостью  $\alpha$ .
2. Построить линии пересечения  $m_1$  и  $m_2$  этой плоскости с поверхностями  $F_1$  и  $F_2$ :

$$m_1 = \alpha \cap F_1, \quad m_2 = \alpha \cap F_2.$$

3. Найти точки 1, 2 пересечения построенных линий :

$$1, 2 = m_1 \cap m_2.$$

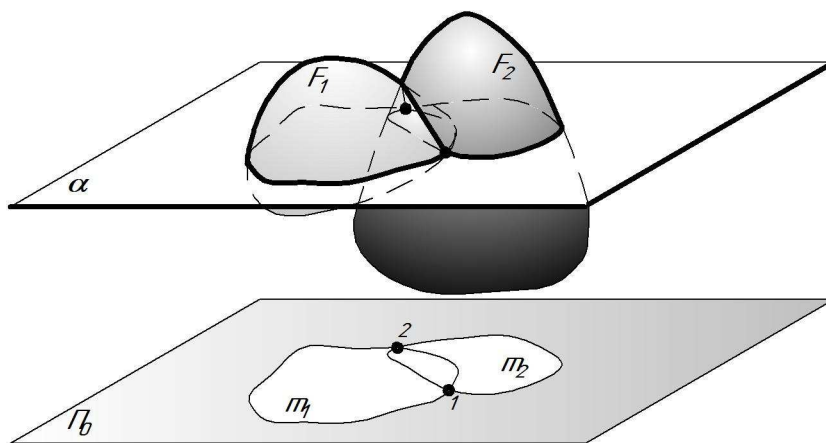


Рис.32

Повторив рассмотренные построения несколько раз, можно получить достаточное количество точек, принадлежащих двум пересекающимся поверхностям, и соединить их плавной кривой линией, которая и будет искомой.

В данной задаче в проекциях с числовыми отметками отпадает необходимость в построениях, предусмотренных пунктами 1. и 2., так как горизонтали поверхностей есть линии пересечения их рядами горизонтальных плоскостей, подобных рассматриваемой плоскости  $\alpha$ . Следовательно, для построения линии пересечения двух поверхностей достаточно найти точки пересечения горизонталей этих поверхностей, имеющих одинаковые отметки и соединить их плавной кривой или ломаной.

Например, необходимо построить линию пересечения фигур: топографической поверхности и плоскости общего положения, заданной масштабом уклона  $\alpha$  (рис. 33а).

Достаточно построить горизонтали плоскости. Затем найти точки пересечения с горизонталями поверхности, имеющими те же отметки (рис.33б). Полученные точки соединить.

Используя метод конкурирующих точек в местах скрещивания горизонталей, имеющих разные отметки, можно определить взаимную видимость поверхностей.

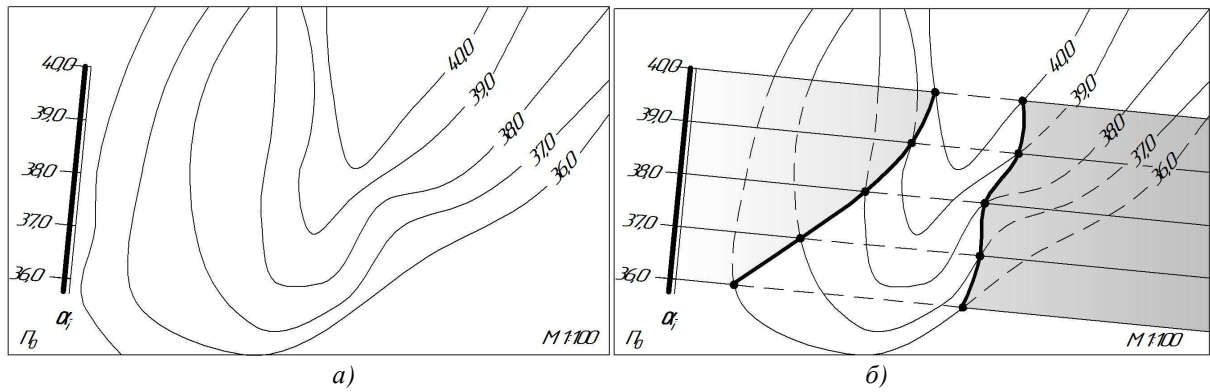


Рис.33

Рассмотрим пример построения линию пересечения топографической поверхности и проецирующей плоскости. Полученное в результате этого плоское сечение носит название **профиля топографической поверхности** (рис. 34а).

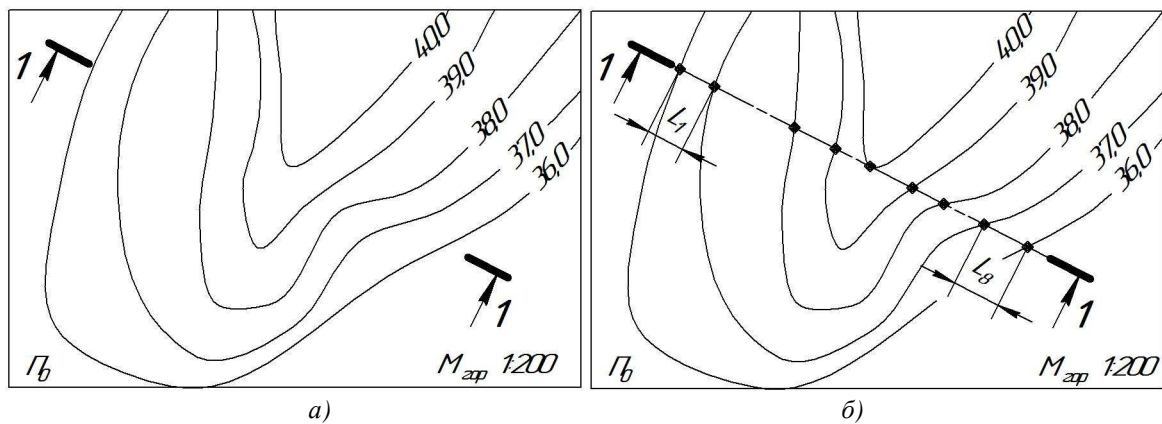


Рис.34

Для удобства построения профиля след секущей плоскости прочерчивают штрихпунктирной линией и обозначают точки пересечения с горизонталями топографической поверхности. Расстояния между соседними точками пересечения являются заложениями  $L_1, \dots, L_8$  разной длины (рис.34б).

Для построения профиля строят систему координат: по горизонтали – ось заложений  $L$  (м), по вертикали – ось высот  $H$  (м) (рис.35а).

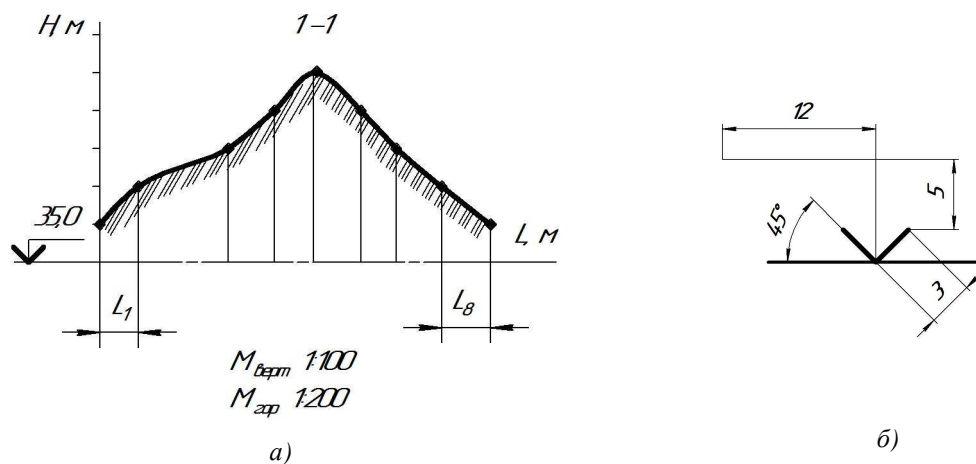


Рис.35

Начало координат выбирается на удобной для построения высотной отметке, называемой **базой профиля**. Знак отметки базы профиля представляет собой стрелку с полочкой, показанную на рис. 35б. Стрелку выполняют основной линией толщиной

0,7мм, а линию выноски и полку тонкой линией толщиной 0,35 мм. Значение отметки базы профиля определяется как минимальное значение числовых отметок горизонталей топографической поверхности в пределах линии разреза минус один метр. В приведённом примере минимальное значение отметки горизонталей топографической поверхности +36,00. Поэтому значение отметки на базе профиля +35,0 м.

Заложения  $L_1, \dots, L_8$  откладываются по горизонтальной оси в масштабе плана ( $M_{гор}$ ). Высотные отметки точек, соответствующие отметкам горизонталей, откладываются по вертикальной оси в более крупном масштабе ( $M_{верт}$ ) для лучшей наглядности профиля.

Рассмотрим особенности построения пересечения двух поверхностей: усеченной пирамиды с четырехугольным основанием  $ABCO$  и усеченного конуса (рис. 36 а). Верхние основания обеих фигур являются горизонтальными плоскостями с отметкой +4,0, следовательно, контуры верхних оснований являются горизонталью с этой отметкой и пересекаются в точках  $D$  и  $E$ . Коническая поверхность задана направлением уклона  $i_1$ . Боковые грани призмы – плоскости с разными уклонами  $i_1$  и  $i_2$  (рис. 36 б).

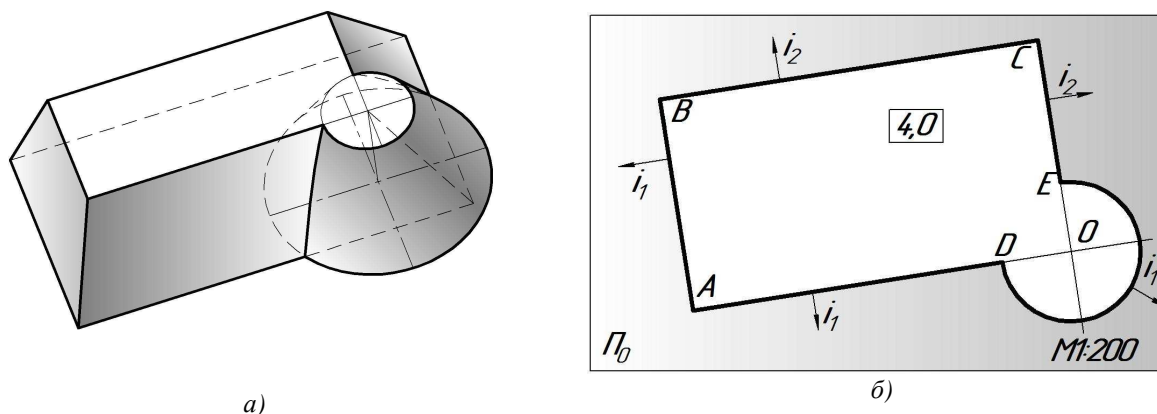


Рис.36

Необходимо проградировать заданные поверхности. Для определения величины интервалов горизонталей  $l_1$  и  $l_2$  строим график масштабов уклонов  $i_1$  и  $i_2$  в масштабе чертежа (рис. 4).

Прочерчиваем линии масштаба, например,  $\alpha_i$  перпендикулярно к стороне  $AD$ ,  $\sigma_i$  перпендикулярно к стороне  $EC$ ,  $\beta_i$  нормально к окружности с центром  $O$  (рис. 37а).

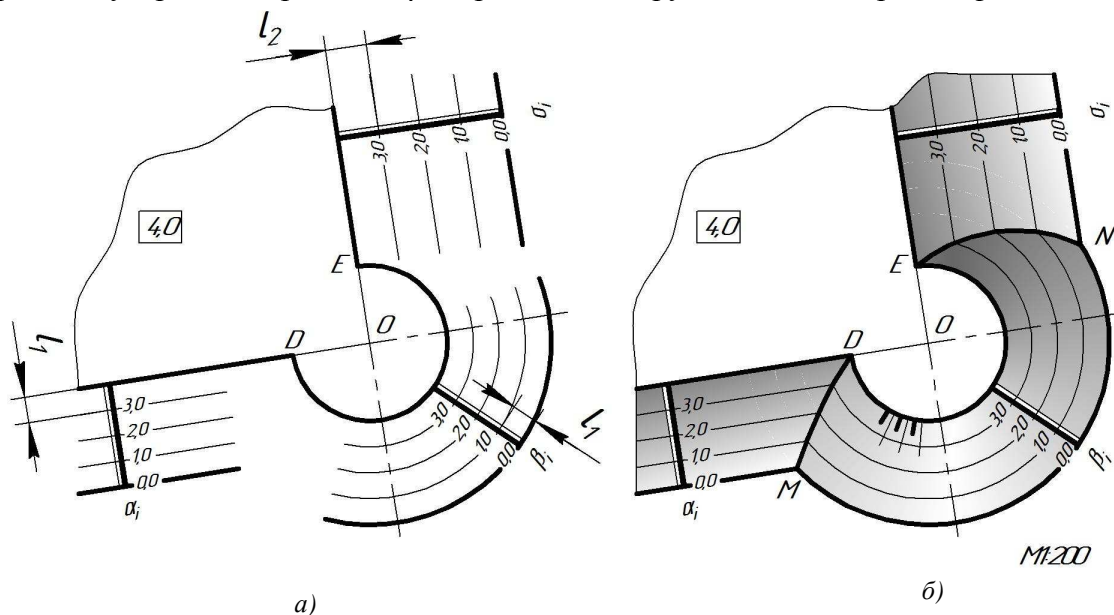


Рис.37

На этих линиях откладываем соответствующие интервалы горизонталей  $l_1$  и  $l_2$  и через полученные точки проводим горизонталю поверхностей. Горизонталю боковых граней призмы – прямые, параллельные сторонам четырехугольника  $AB, BC, CE, AD$ , горизонталю конической поверхности – окружности.

В пересечении горизонталей с одинаковыми отметками соседних поверхностей получим точки линии пересечения, которая обводится по лекалу (рис. 37 б).

Если уклон плоского откоса равен уклону конической поверхности (левая часть чертежа), линией пересечения откосов будет **парабола**  $DM$ .

Если уклон плоского откоса больше уклона конического (правая часть чертежа), то линией пересечения будет **эллипс**  $EN$ .

Если уклон плоского откоса меньше уклона конического, то в сечении окажется **гипербола**.

Линии пересечения плоскостей – **прямые**, причем линии пересечения плоскостей с одинаковыми уклонами  $l_1$  или  $l_2$  являются биссектрисами угла, образованного горизонталями (рис. 38).

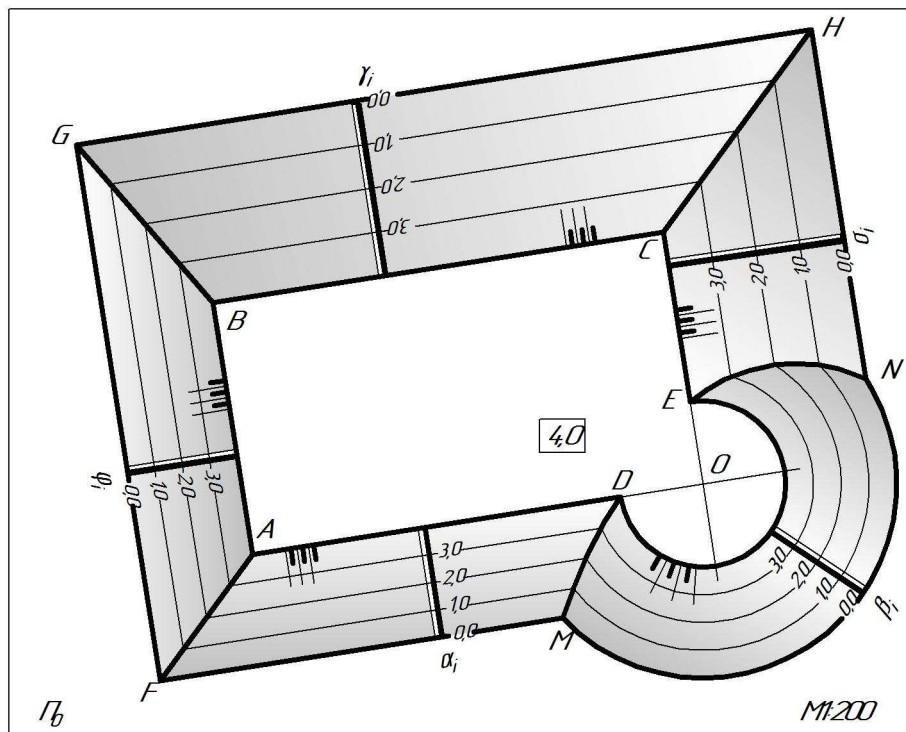


Рис.38

На полученных поверхностях наносят бергштрихи в направлении линии ската. Бергштрихи состоят из попеременно проведённых коротких (2 мм) и длинных (5 мм) штрихов, выполненных сплошной основной и тонкой линией соответственно. Штрихи начинаются у верхней горизонтали. Бергштрихи конической поверхности наносятся нормально к окружности.

## ГЛАВА 3.

### ЗАДАЧИ ПО ПЛАНИРОВКЕ МЕСТНОСТИ

Задачи по планировке местности возникают при возведении зданий и сооружений и являются чрезвычайно важными при планировании объема земляных работ. При размещении различных площадок требуется выяснить ряд вопросов:

1. Какие части размещаемой на местности площадки имеют числовые отметки меньше, чем числовые отметки местности, а какие – больше? Ответ на этот вопрос дает представление о характере требуемых в пределах площадки земляных работ: либо это выемка грунта, либо его насыпание. Те зоны площадки, где не требуется ни выемки, ни насыпания грунта носят названия зон **нулевых работ**. Как правило, эти зоны имеют форму линий, совпадающих с горизонталями местности, либо плоскостей, ограниченных горизонталями с одной числовой отметкой.

2. Какие уклоны будут иметь поверхности насыпей и выемок? Этот вопрос возникает вследствие того, что поверхности выемок грунта и насыпей не могут иметь строго вертикальной формы вследствие осыпания грунта. Уклоны выемок и насыпей зависят от углов естественного склона грунтов, которые, в свою очередь, зависят от многих факторов: силы тяжести, плотности грунта, его влажности и т.п. В учебных целях уклоны выемок и насыпей обычно задаются в качестве исходных данных к задачам. Следует лишь отметить закономерность – уклоны выемок, как правило, больше уклонов насыпей из того же грунта.

3. Какая зона на местности будет охвачена земляными работами, связанными с размещением площадок? При ответе на этот вопрос решается задача начертательной геометрии о пересечении поверхностей насыпей и выемок между собой и с топографической поверхностью местности (**линии нулевых работ**).

### Построение линии пересечения поверхностей откосов выемки и насыпи площадки с топографической поверхностью

#### Дано:

рельеф местности, горизонтальная площадка с отметкой +53,0 м, уклоны насыпей  $i_n=1:1$  и уклоны выемок  $i_v=2:3$ . Масштаб чертежа указан на плане местности (рис.39).

#### Построить:

откосы выемок и насыпей сооружения и линии пересечения откосов с топографической поверхностью.

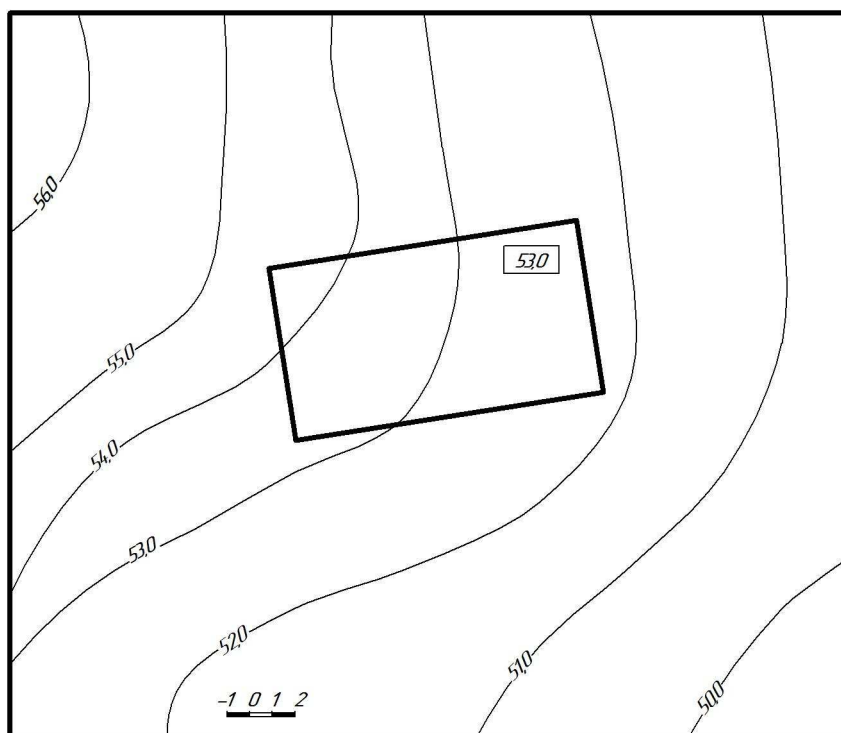


Рис.39



### Этапы решения:

1. Определяется расположение части площадки, где требуется выемка грунта и часть, где требуется насыпание грунта. Так как вся площадка находится на числовой отметке 53.0, то ее левая часть располагается ниже топографической поверхности, поэтому здесь требуется выемка грунта (*B*). Правая же часть располагается выше отметок местности, следовательно, здесь будет располагаться насыпь (*H*). Линия раздела проходит по горизонтали местности на отметке 53.0, которая будет выступать в роли *ЛНР* (линии нулевых работ).

2. В соответствии с заданными уклонами откосов насыпей и выемок, заданным масштабом чертежа, производится градуировка поверхностей откосов. Откосы насыпи и выемки представляют собой плоскости, которые задаются рядом горизонталей. Для определения величины интервалов в насыпи и выемки  $l_n$  и  $l_b$  строим график масштабов уклонов  $i_n, i_b$  (рис 40).

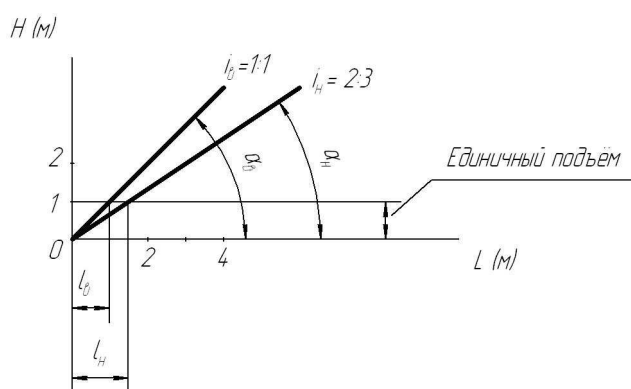


Рис.40

3. Линию масштабов уклонов  $\alpha=\beta$  выполняют в “нулевых” точках на контуре площадки перпендикулярно к стороне заданной площадки и градуируют дважды: с интервалом насыпи  $l_n$  и с интервалом выемки  $l_b$ . Через полученные точки проводим несколько горизонталей откосов. Полученная система горизонталей повторяет контуры площадки (рис.41).

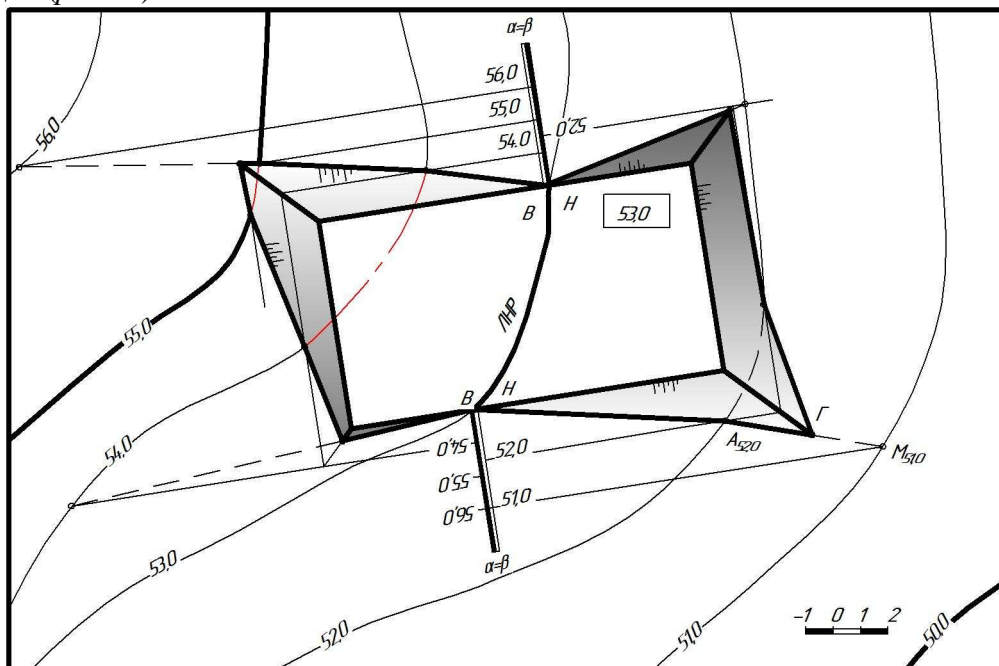


Рис.41

4. В пересечении горизонталей с одинаковыми отметками соседних откосов получим линии пересечения этих откосов между собой. Линия пересечения плоских откосов – биссектриса прямого угла, образованного бровками площадки.

5. Построить границу земляных работ по точкам пересечения горизонталей откосов с горизонталями местности с одинаковыми отметками. Нахождение точки, принадлежащей границе земляных работ и лежащей на линии пересечения двух откосов, поясним на граничной точке  $G$ . Продолжим условно откос, примыкающий к участку нижней правой стороне контура площадки вправо за пределы линии пересечения с правым откосом. Тогда его горизонталь с отметкой  $51,0$  пересечется с горизонталью рельефа местности с той же отметкой в мнимой точке  $M_{51,0}$ . Соединим точку пересечения горизонталей с отметкой  $52,0$   $A_{52,0}$  с точкой  $M_{51,0}$ . Линия  $AM$  пересекается с линией пересечения откосов в точке  $G$ . Отрезок  $GM$  линии  $AM$  показывается штриховой линией, т.к. является мнимым и нужен только для построения точки  $G$ . Аналогично найдены другие граничные точки.

Горизонталю поверхности земли изображены штриховыми линиями там, где они будут закрыты насыпью и штрих-пунктирными, там, где грунт будет вынут для устройства выемки. На полученных поверхностях наносят бергштрихи в направлении линии ската.

### Построение линии пересечения поверхностей откосов выемки и насыпи аппарата с топографической поверхностью

**Дано:** рельеф местности, аппарат, заданная горизонталью с отметкой  $47,0$  м и направлением уклона  $i_a=1:6$ . Уклоны насыпей  $i_n=1:1$  и уклоны выемок  $i_e=2:3$ . Масштаб чертежа указан на плане местности (рис.42).

**Построить:** линии пересечения откосов выемок и насыпей аппарата с топографической поверхностью.

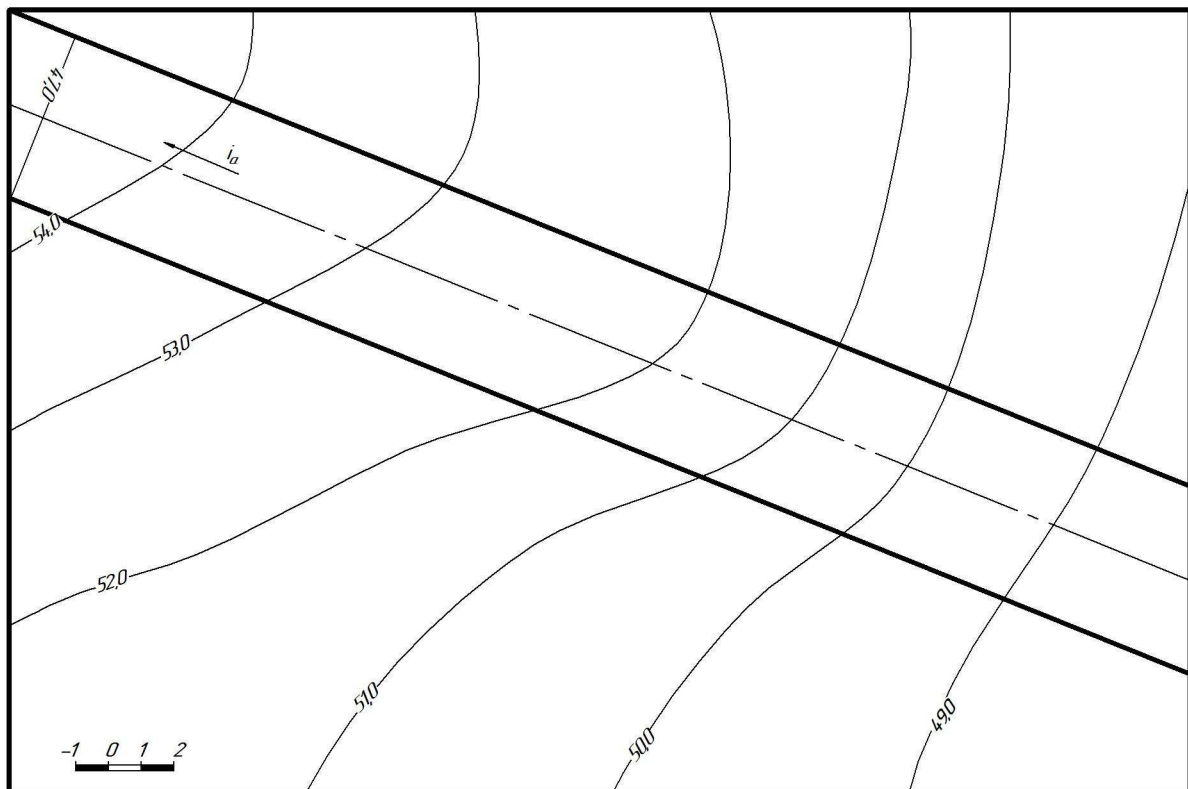


Рис.42

### Этапы решения:

1. Проградуировать аппарателю (рис. 43). Бровку аппарателю использовать как линию ската. Величина расстояния между отметками на аппарателю – интервал аппарателю  $i_a$  – определяется с помощью графика масштабов уклонов. Стрелка показывает направление убывания числовых отметок.

2. Построить откосы аппарателю, являющиеся поверхностями одинакового ската. Для определения направления горизонталей откосов аппарателю используют вспомогательные конусы. Бровка дороги является направляющей для перемещения вершин вспомогательных конусов. Вспомогательный конус (прямой в области насыпи и обратный в области выемки) помещают вершиной на отметку горизонталей аппарателю. На рис. 43 правая область аппарателю, находится в области насыпи (значения планируемых отметок аппарателю превышают отметки горизонталей топографической поверхности). Поэтому вспомогательный конус – прямой, т.е. его вершина расположена выше основания. Его вершина имеет отметку 52,0. Горизонталь конической поверхности, имеющая отметку 51,0, проецируется в виде окружности с радиусом, равным величине интервала  $i_n$ . Проведя из точки, расположенной на бровке дороги и имеющей также отметку 51,0 касательную к окружности конуса, получают горизонталь откоса аппарателю с отметкой 51,0. Остальные горизонтали этого откоса параллельны полученной горизонтали.

Задают плоскость откоса с масштабом уклона, проводя его из вершины вспомогательного конуса перпендикулярно построенной горизонтали 51,00 и проградуировав его в данном случае с интервалом насыпи. На полученных поверхностях наносят бергштрихи в направлении линии ската.

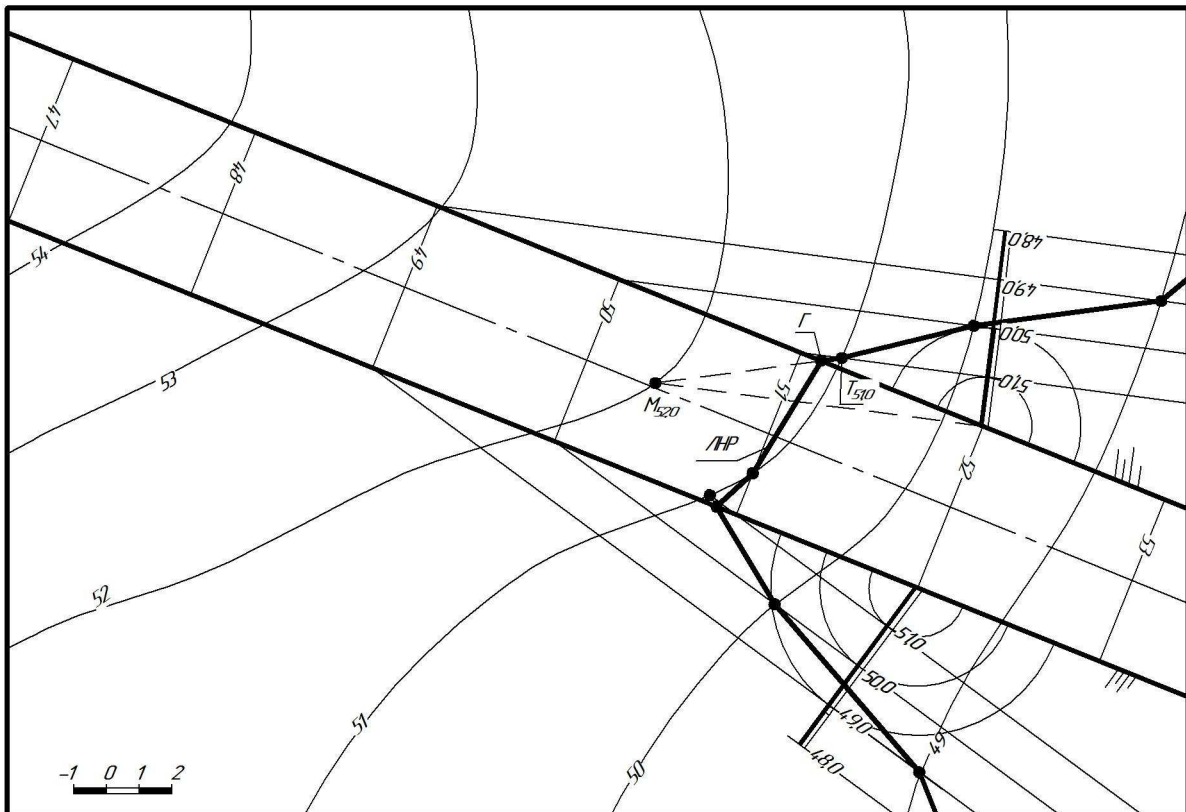


Рис.43

3. Построить линию пересечения откосов аппарателю и топографической поверхностью – границу земляных работ по точкам пересечения горизонталей откосов с горизонталями местности с одинаковыми отметками. Нахождение точки,

принадлежащей границе земляных работ и лежащей на границе аппарели, поясним на граничной точке  $\Gamma$ .

Продолжим условно горизонталь верхнего откоса с отметкой  $52,0$  на территорию аппарели. Тогда эта горизонталь пересечется с горизонталью рельефа местности с той же отметкой в мнимой точке  $M_{52,0}$ . Соединим точку пересечения горизонталей с отметкой  $T_{51,0}$  с точкой  $M_{52,0}$ . Линия  $TM$  пересекается с бровкой аппарели в точке  $\Gamma$ . Отрезок  $\Gamma M$  линии  $TM$  показывается штриховой линией, т.к. является мнимым и нужен только для построения точки  $\Gamma$ . Аналогично найдены другая граничная точка.

4. Построить линию нулевых работ на аппарели. Для этого найти точку пересечения горизонтали аппарели с горизонталями местности, если они есть. В нашем случае, это точка с отметкой  $51,0$ . Затем соединить полученную точку ломаной с точками границы нулевых работ на бровках аппарели.

5. Для определения направления горизонталей откосов аппарели в области выемки, начинающейся за линией нулевых работ, вновь используют вспомогательный конус – обратный. Его вершина имеет отметку  $49,0$ . Горизонталь конической поверхности, имеющая отметку  $50,0$ , проецируется в виде окружности с радиусом, равным величине интервала  $i_6$ .

Так же как и на предыдущем чертеже горизонтали поверхности земли в насыпи показаны штриховой, а в выемке – штрих-пунктирной линией.

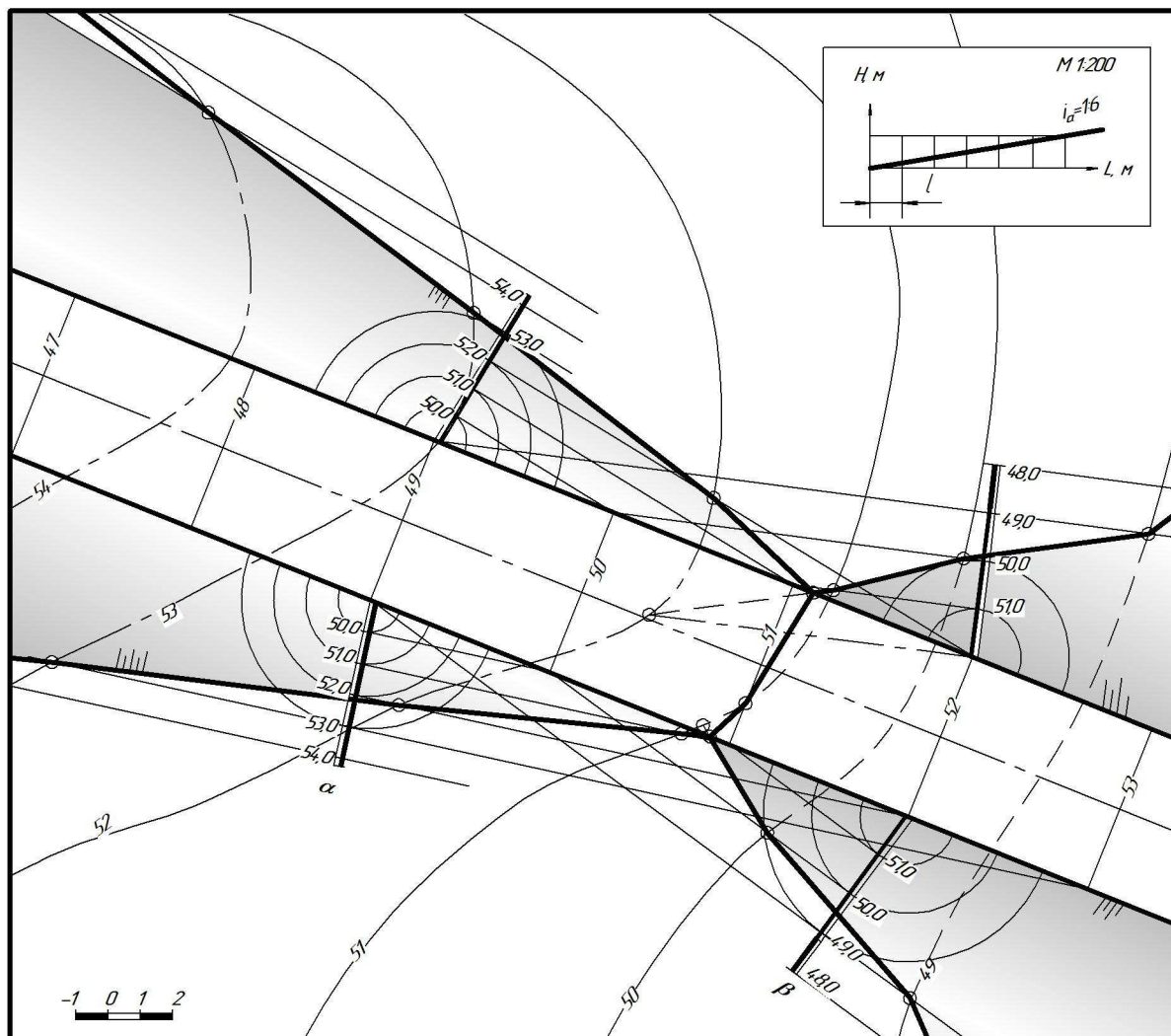


Рис.44

В приложении 1 приведен пример построения границы земляных работ при сооружении площадки комбинированной формы и примыкающей к ней аппарели.

## Построение профиля инженерного сооружения и топографической поверхности

**Дано:** рельеф местности, инженерное сооружение, включающее площадку, аппарель, откосы выемок и насыпей (рис.45).

**Построить:** профиль инженерного сооружения.

Профилем поверхности называют фигуру её сечения вертикальной проецирующей поверхностью (глава 2). Продольный и необходимое число поперечных профилей дают представление о характере земляных работ при строительстве сооружения. Продольный профиль характеризует уклон и кривизну отдельных участков местности и дороги вдоль её оси, позволяет установить, где расположены участки насыпей и выемок относительно горизонтальной площадки. Поперечные профили несут информацию о форме, размерах и конструкции земляного полотна с откосами на различных участках и позволяют определить объём земляных работ при возведении дороги.

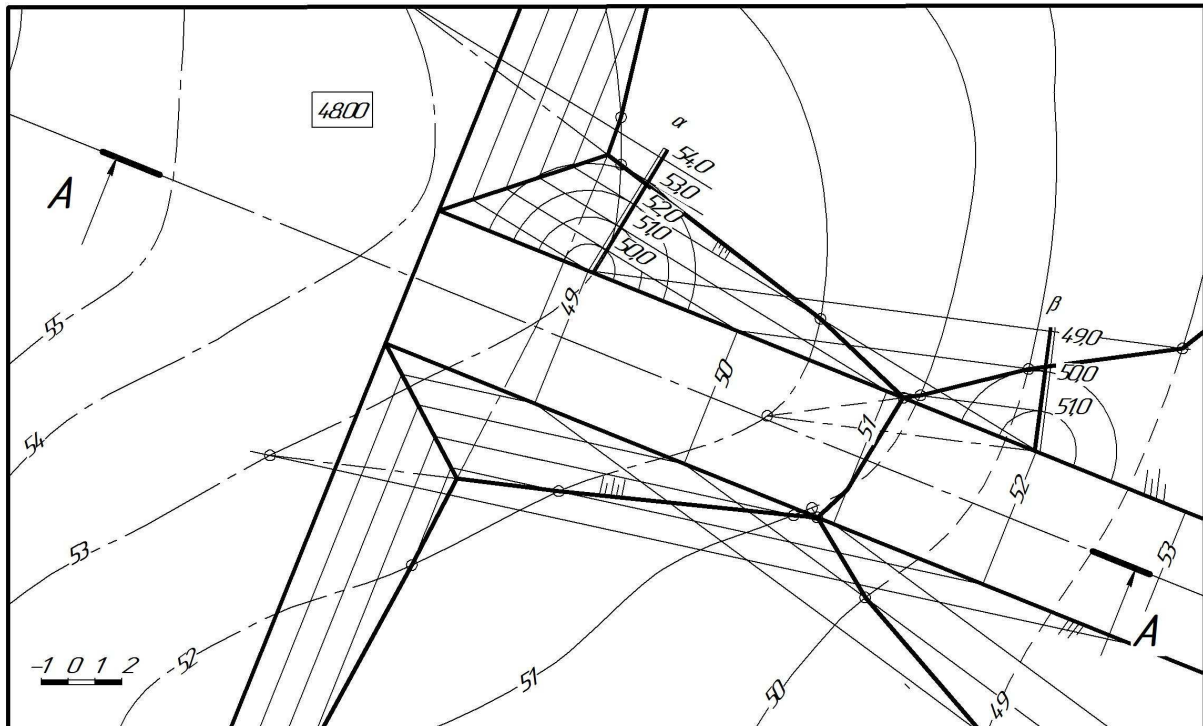


Рис.45

**Этапы решения:**

На рис.46 приведен продольный профиль участка сооружения, соответствующий секущей плоскости A-A, показанной на плане разомкнутой линией.

1. Для построения профиля строят систему координат: по горизонтали – ось заложений  $L(m)$ , по вертикали – ось высот  $H(m)$

При построении осей задают вертикальный и горизонтальный масштабы профиля. Так как в средней полосе разности высот точек земной поверхности малы по сравнению с горизонтальными расстояниями между ними, то продольные профили вычерчивают в разных вертикальных и горизонтальных масштабах.

На практике отношение масштабов составляет  $1:10$ . Примем, что горизонтальный масштаб профиля равен линейному масштабу плана  $M_{гор} 1:200$ , а вертикальный масштаб  $M_{верт} 1:100$ .

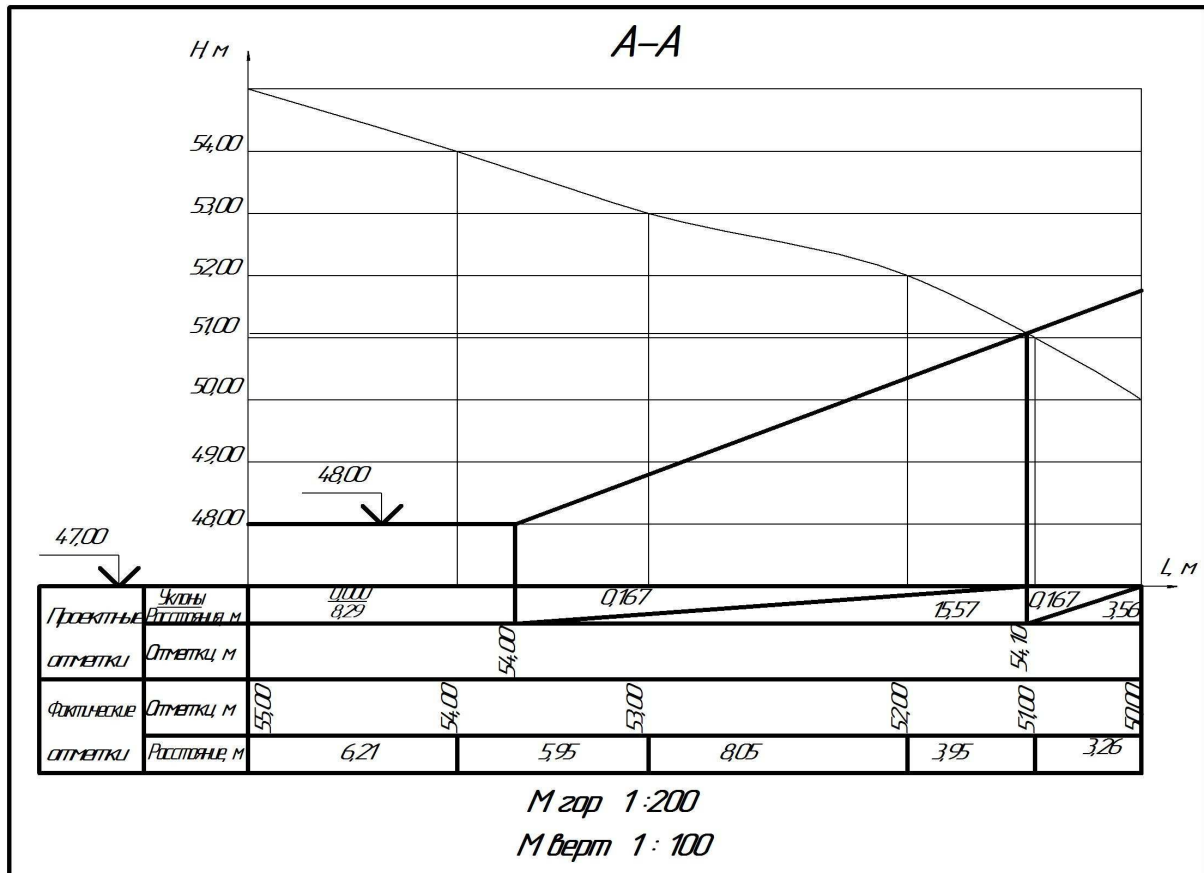


Рис.46

2. На следующем этапе выбирают отметку основания профиля (базу) - горизонталь с минимальной отметкой. Значение отметки базы профиля определяется как минимальное значение числовых отметок в пределах линии разреза  $A-A$  минус один или два метра. В приведенном примере за базу профиля принята отметка  $+47,00$ . Параллельно базе наносят горизонтали профиля с учетом выбранного вертикального масштаба ( $M_{верт}$ ). Для определения горизонтальных расстояний (заложений) на плане определяют точки пересечения секущей плоскости  $A-A$  с горизонталями местности и сооружения. Заложения циркулем переносят на горизонтальную ось в масштабе плана ( $M_{гор}$ ). Значения горизонталей указывают в нижней строке таблицы в метрах. Например, расстояние между горизонталью топографической поверхности с отметкой  $+55,00$  и  $+54,00$  составляет  $6,21$  м.

3. Высоты точек профиля определяются превышением точек, т.е. разностью числовых отметок соответствующих горизонталей и числовой отметки базы профиля. Высоты точек указываются в метрах в графах «Отметки».

4. Соединив соответствующие точки профилей, получают профили топографической поверхности и инженерного сооружения. Продольный профиль земной поверхности - кривая, аппроксимирующая точки профиля или ломаная линия. Продольный профиль площадки - горизонтальная прямая. Продольный профиль полотна дороги является отрезком прямой, поскольку уклон полотна дороги и направление её спуска или подъема на рассматриваемом участке неизменны.

5. Вертикальные линии, определяющие точки нулевых работ границы инженерного сооружения указывают основной линией 0.7 мм. В графе «Уклоны» указывают значения уклона инженерного сооружения, в графе «Расстояния» указывают длину соответствующего участка в метрах. В нижней части профиля оформляют таблицу в соответствии с образцом, приведенным на рис.47.

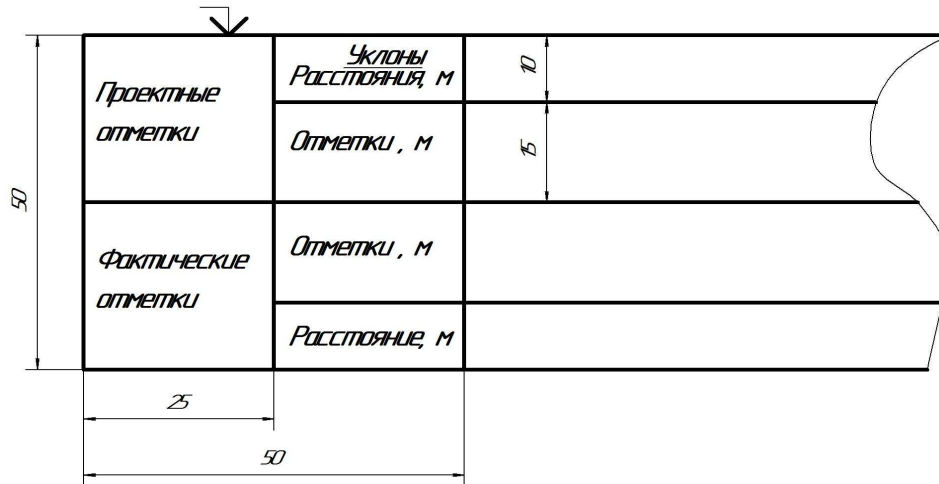


Рис.47

### Указания к оформлению чертежа

1. Линии выполнять в соответствии с ГОСТ2.303-68, а именно:

Горизонталы на чертеже показывают толщиной 0.35 мм:

- на топографической поверхности – тонкими линиями;
- в зоне насыпи – штриховыми линиями;
- в зоне выемки – штрих-пунктирными линиями.

Заданные контурные видимые линии сооружения и найденные линии пересечения откосов должны иметь толщину 0.7 мм.

Откосы покрыть штриховкой (бергштрихи), которую выполнить двумя линиями одинаковой толщины 0.35 мм, но разной длины. Начинать штриховку следует от горизонталей с наибольшими отметками, причем длинные штрихи надо не доводить до горизонталей с наименьшей отметкой примерно на 1/3 их длины, короткие штрихи должны иметь длину примерно равную половине длинных штрихов. Расстояние между штрихами должно быть от 1 до 1.5 мм.

Разомкнутая линия секущей плоскости имеет длину 10 мм, толщину 1 мм.

На профиле контур фактического профиля начертить тонкими линиями, контур проектного профиля толщиной 0.7 мм. Вертикальные линии, определяющие точки нулевых работ – 0.7 мм.

2. Все надписи выполнять в соответствии с ГОСТ2.304-81, а именно:

Числовые отметки выполнить шрифтом h=2,5 или h=3,5, обозначение секущей плоскости А-А шрифтом h=3,5 или h=5.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Дергунов, В.И.**, Основы курса начертательной геометрии: Методические указания для студентов заочников всех специальностей / В.И.Дергунов, Е.В.Попов. – ННГАСУ, 2002. – 58 с.
2. **Мошкова Т.В.** Начертательная геометрия: Методические указания для студентов ОТФ направления «Строительство» / Т.В.Мошкова, С.И.Ротков, В.А.Тюрина. – ННГАСУ, 2006. – 70 с.
3. **Кузнецов, Н. С.** Начертательная геометрия / Н. С. Кузнецов. – М. : Высш. шк., 1969. – 496 с.
4. Курс начертательной геометрии (на базе ЭВМ) / А. М. Тевлин, Г. С. Иванов, Л. Г. Нартова, В. И. Якунин, В. С. Полозов. – М. : Высш. шк., 1983.–175 с.
5. **Полозов, В.С.** Начертательная геометрия (информационно-параметрический подход в инженерных графических задачах) : учеб. пособие / В. С. Полозов. – Н. Новгород : ННГАСУ, 2000. – 63 с.
6. **Пеклич, В. А.** Начертательная геометрия / В. А. Пеклич. – М. : Изд-во Ассоц. строит, вузов, 1999. – 248 с.
7. **Пеклич, В. А.** Упражнения и задачи по начертательной геометрии / В. А. Пеклич. – М. : Изд-во Ассоц. строит, вузов, 2002. – 328 с.
8. **Четверухин, Н. Ф.** Начертательная геометрия / Н. Ф. Четверухин [и др.]. – М. : [б. и.], 1963. – 420 с.



Валерий Иванович Дергунов  
Марина Викторовна Лагунова  
Евгений Владимирович Румянцев

Инженерные задачи в строительстве на чертежах с числовыми отметками.  
Учебное пособие Н. Новгород, издание ННГАСУ, 2011

Редактор Гришуткина Н.П.

---

Подписано к печати \_\_\_\_\_, бумага газетная; ф 60ч90 1/8, офсетная  
печать.

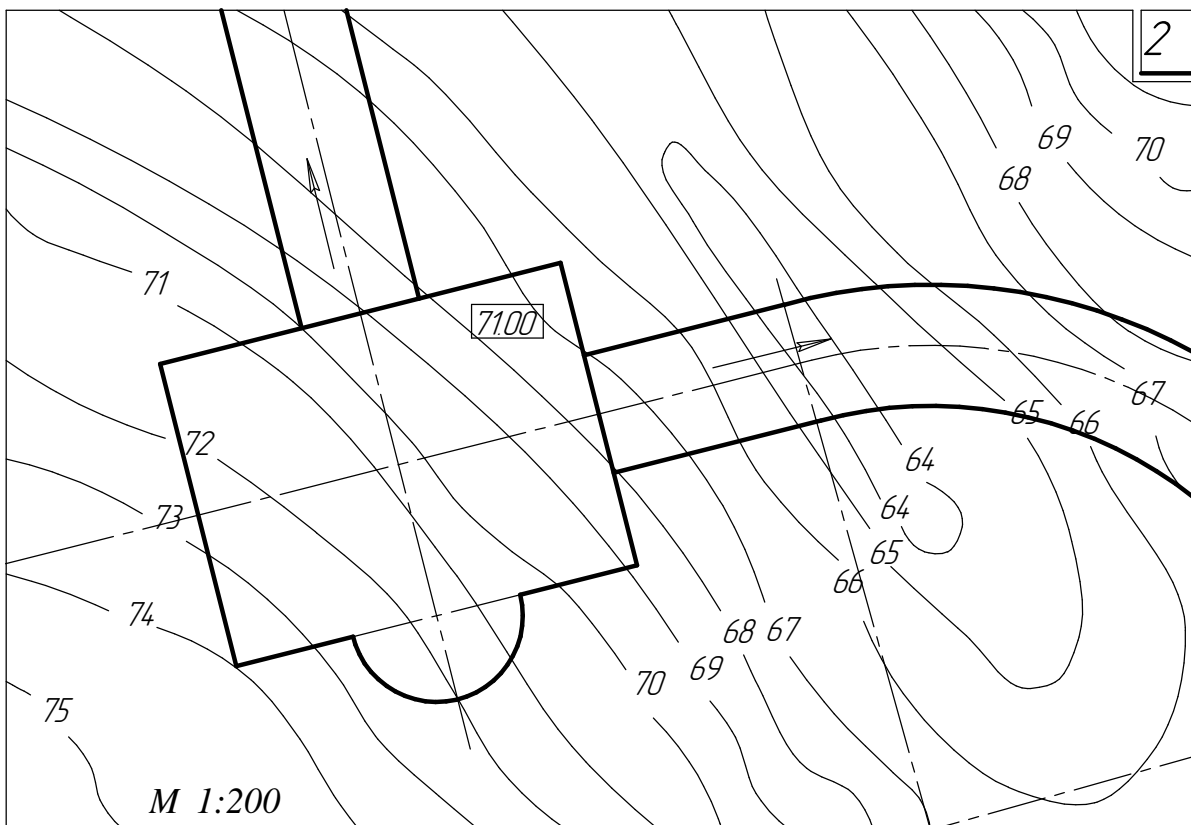
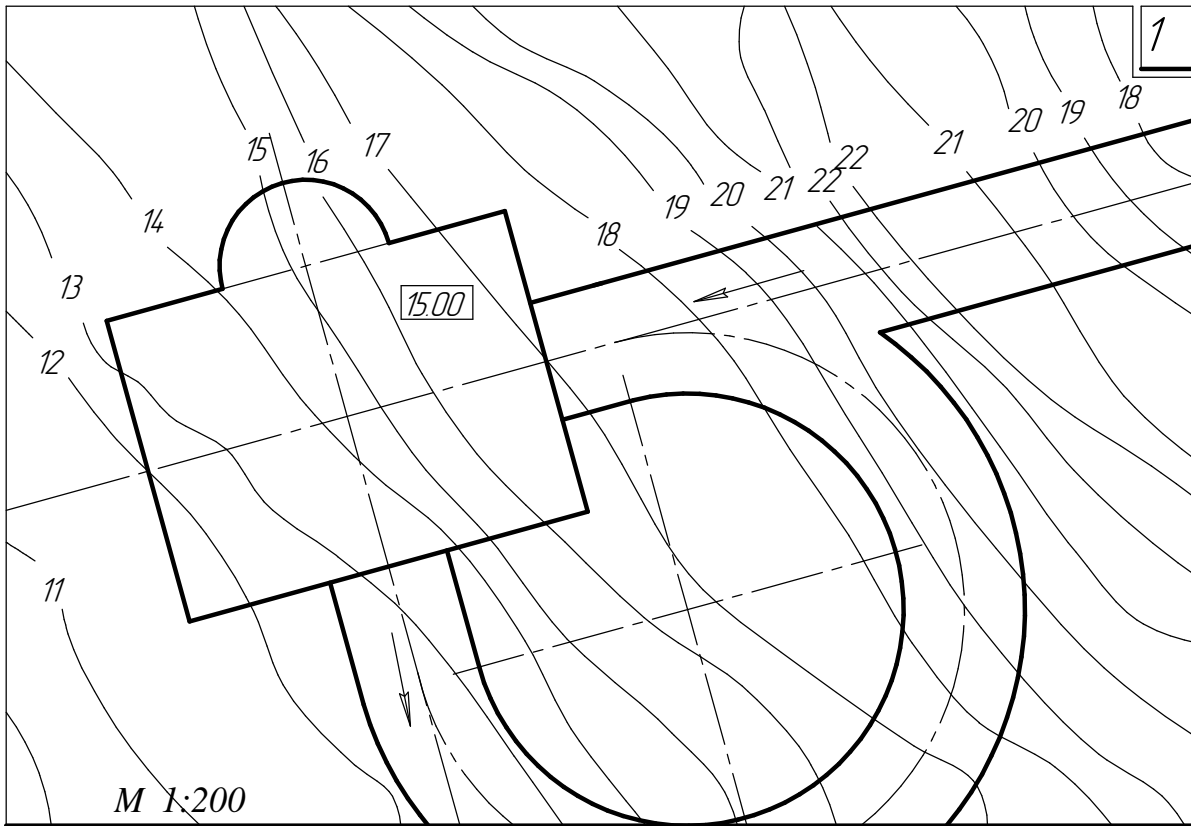
Уч.изд.л. \_\_\_\_\_. Усл.печ.л. \_\_\_\_\_.

Тираж \_\_\_\_\_. Заказ \_\_\_\_\_

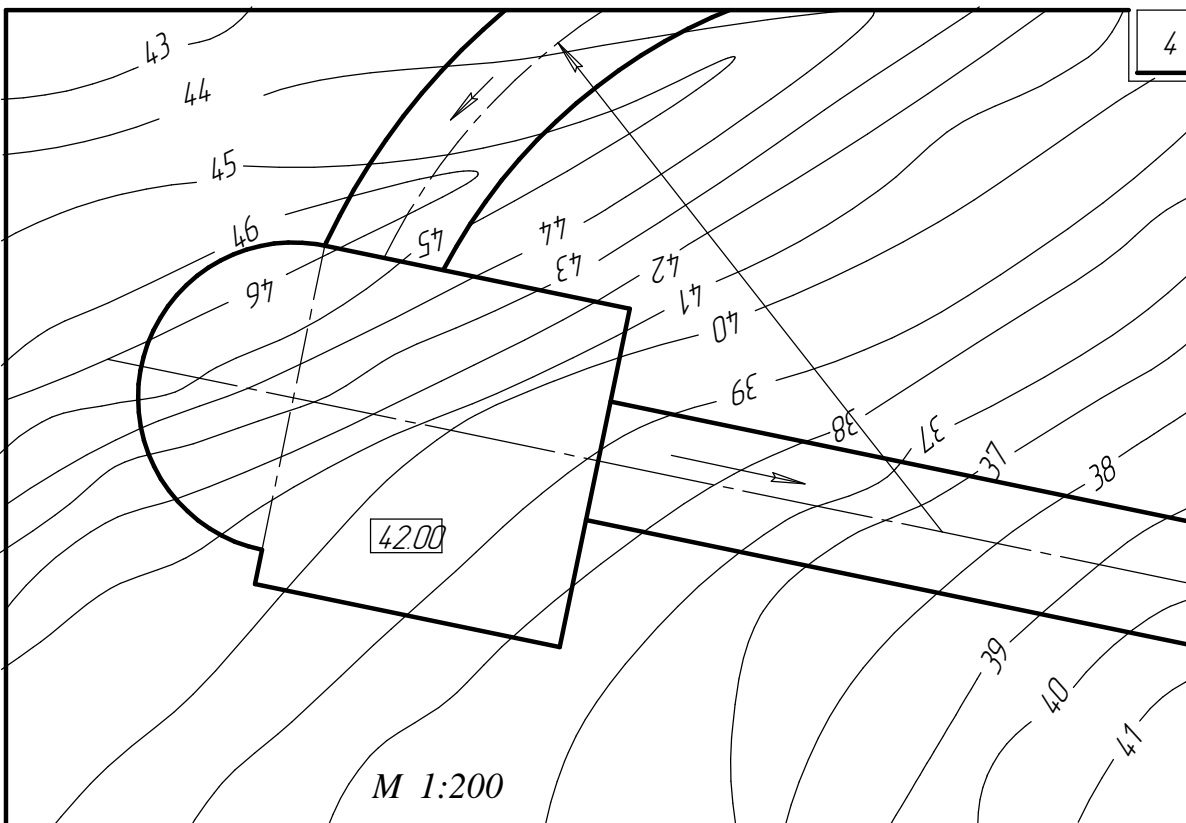
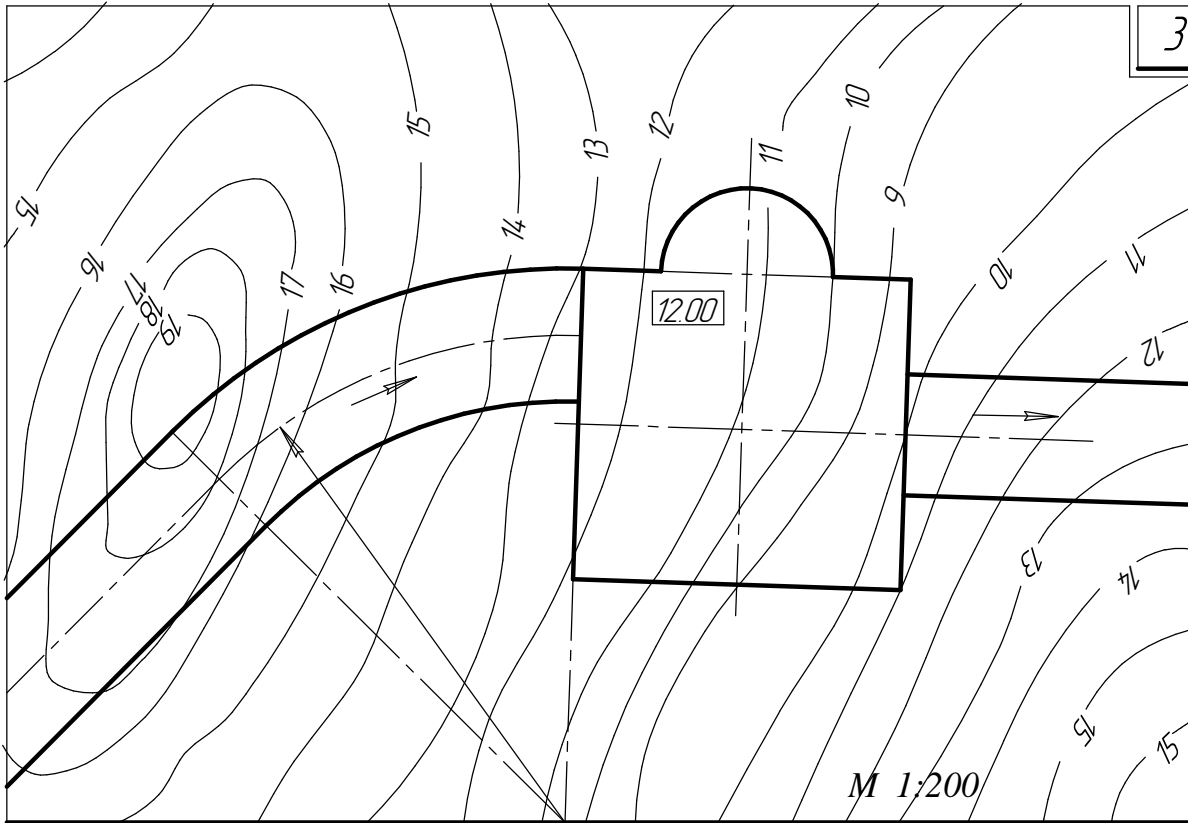
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Нижегородский  
государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ)  
603905, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.

Полиграфический центр ННГАСУ, 603905, Н.Новгород, ул. Ильинская, 65.

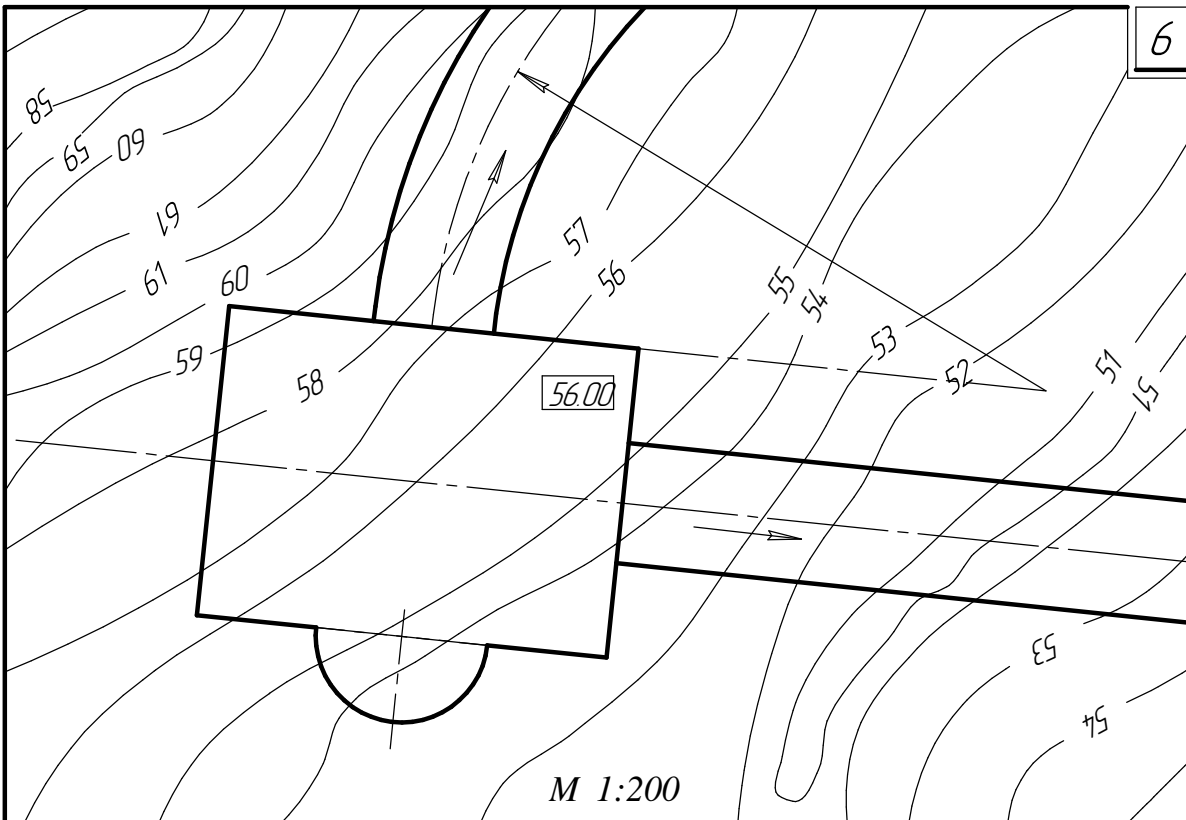
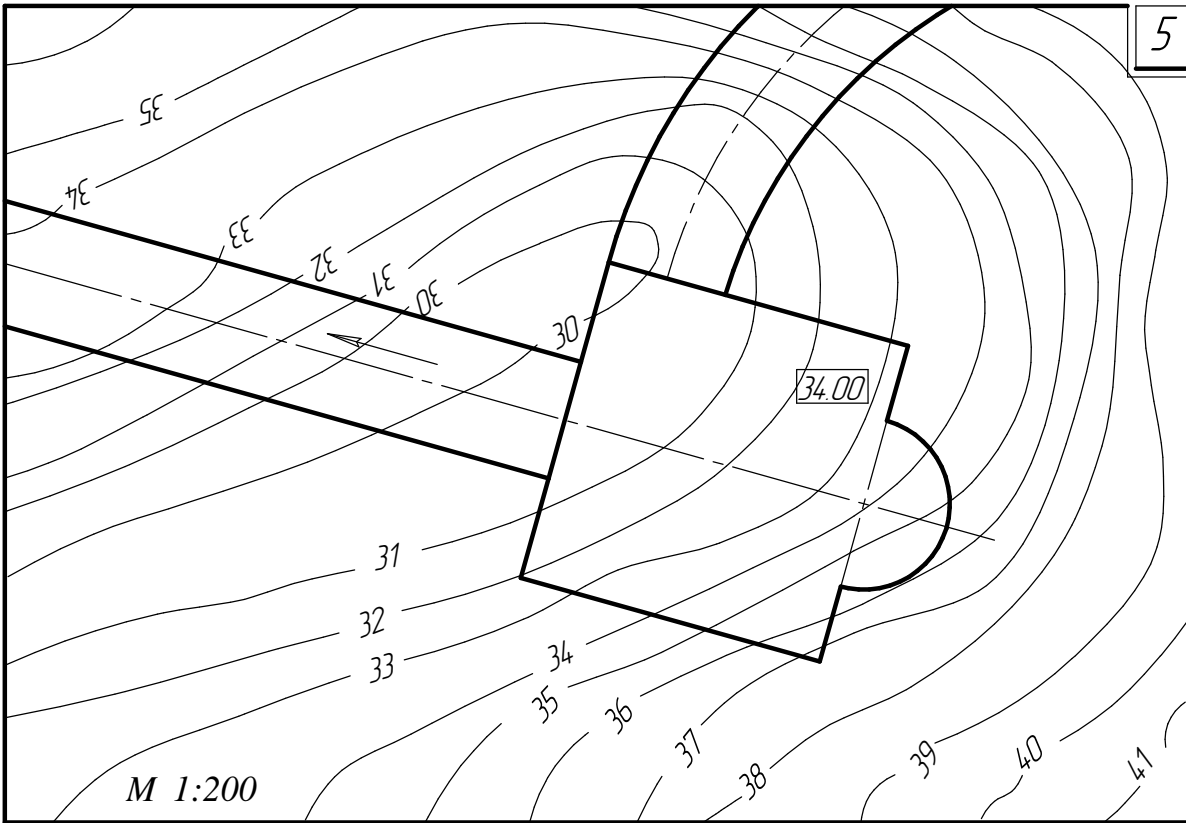
Варианты индивидуальных заданий



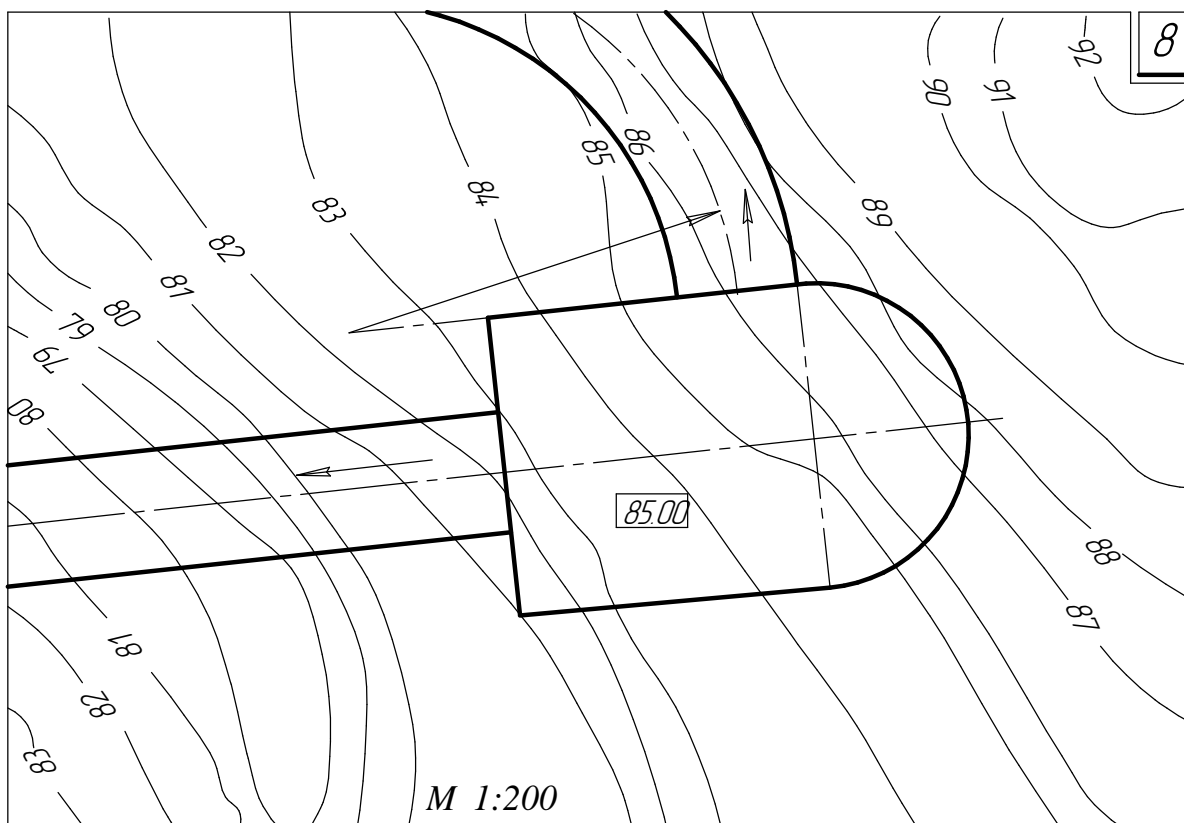
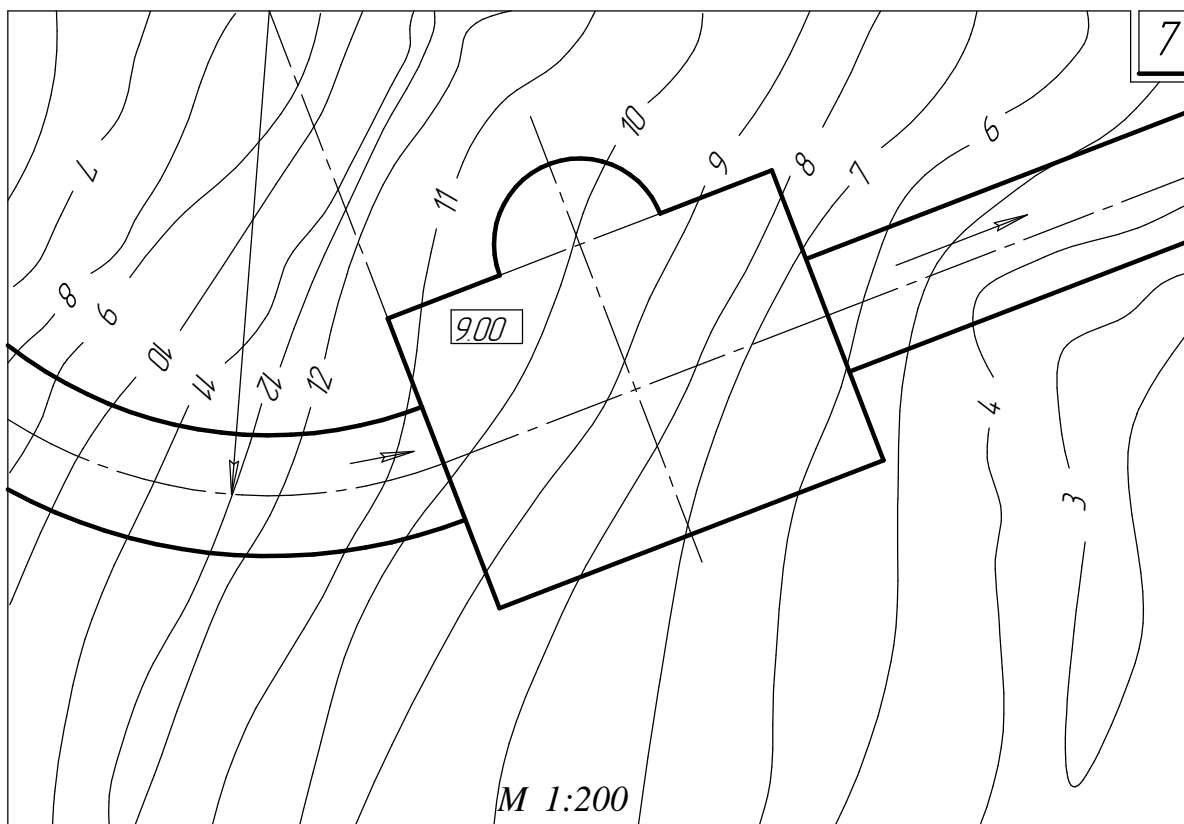
Варианты индивидуальных заданий



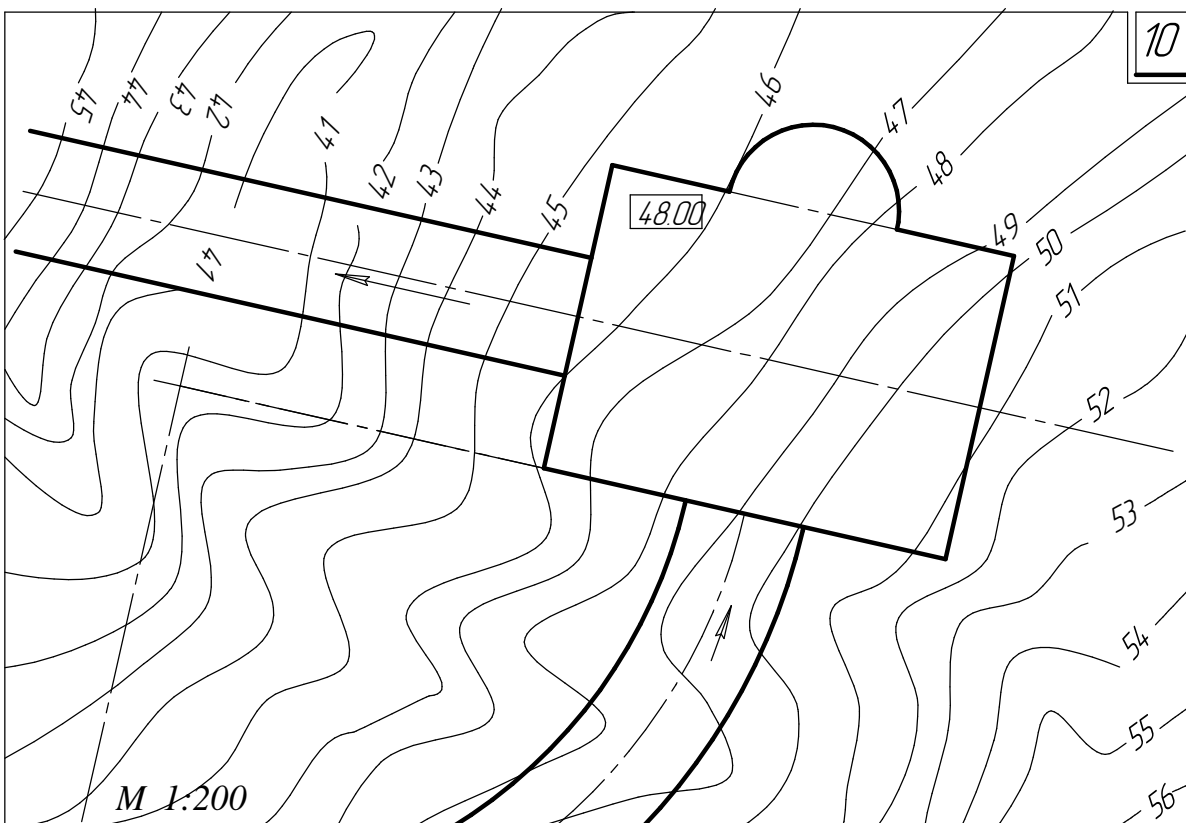
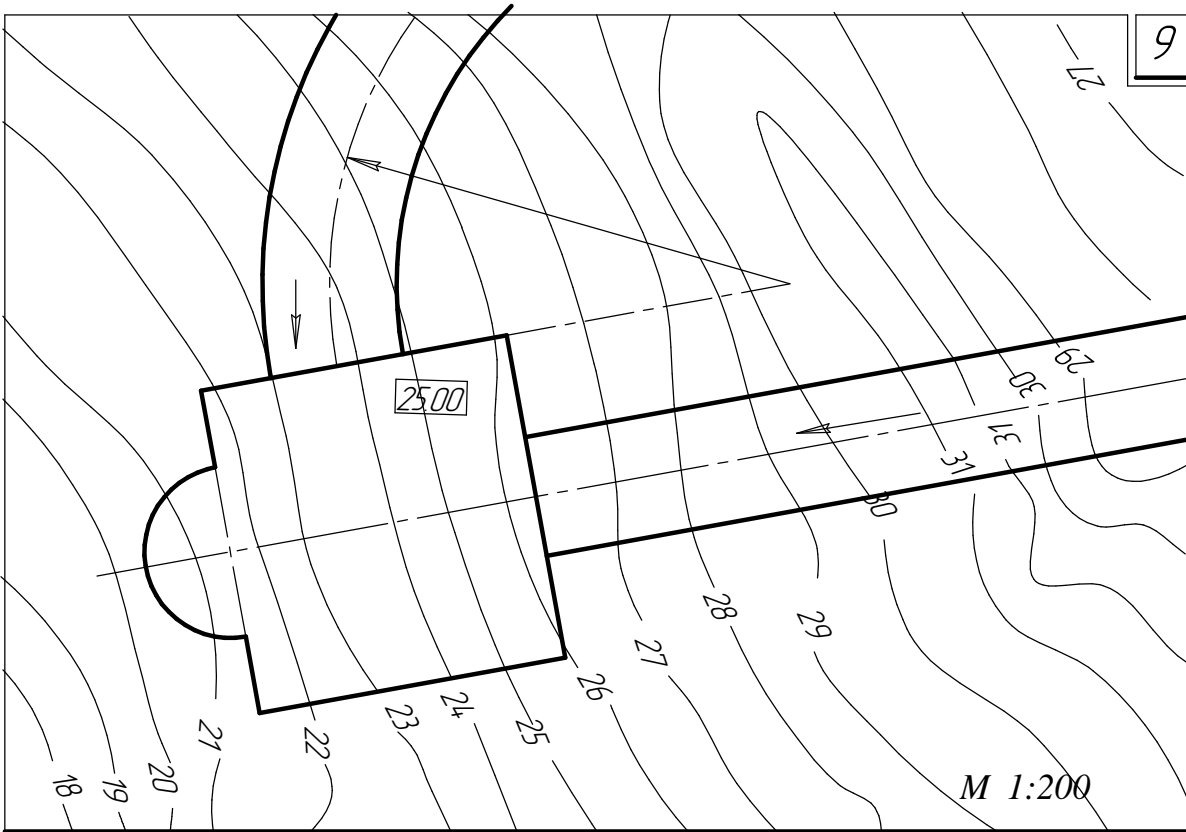
Варианты индивидуальных заданий



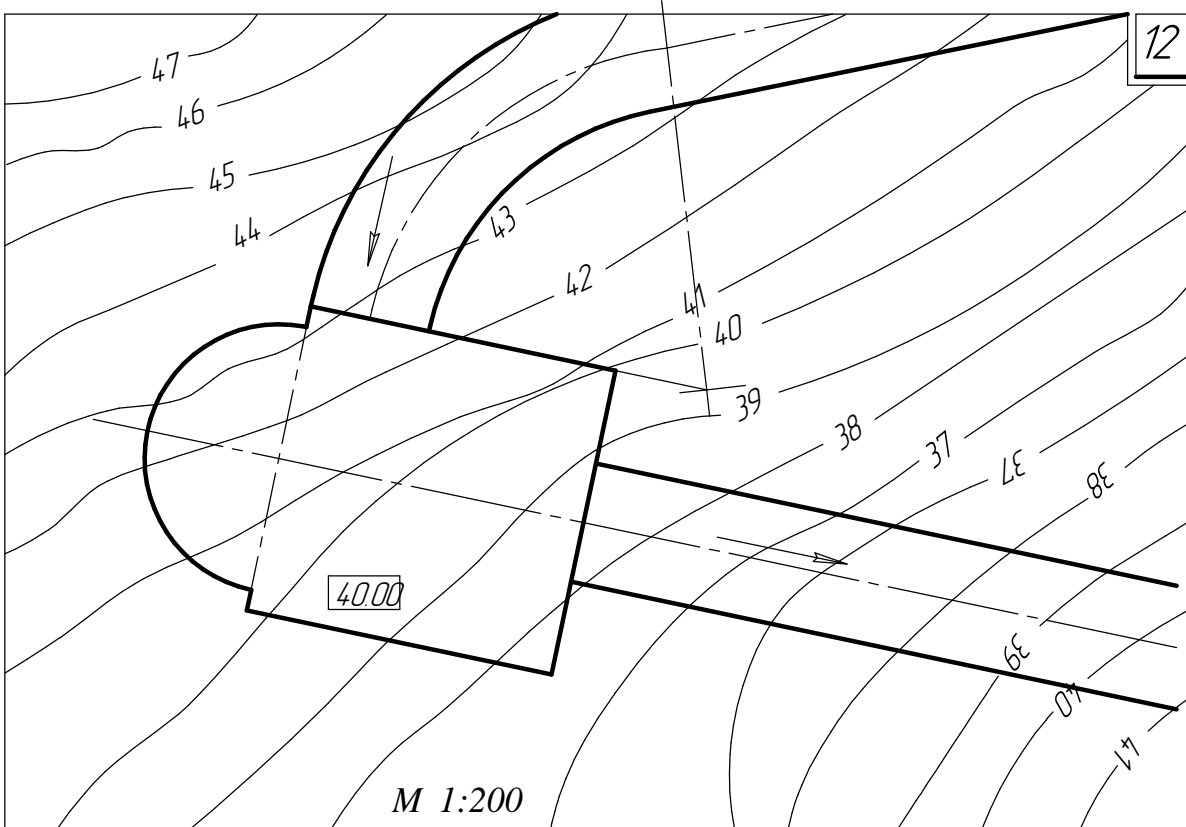
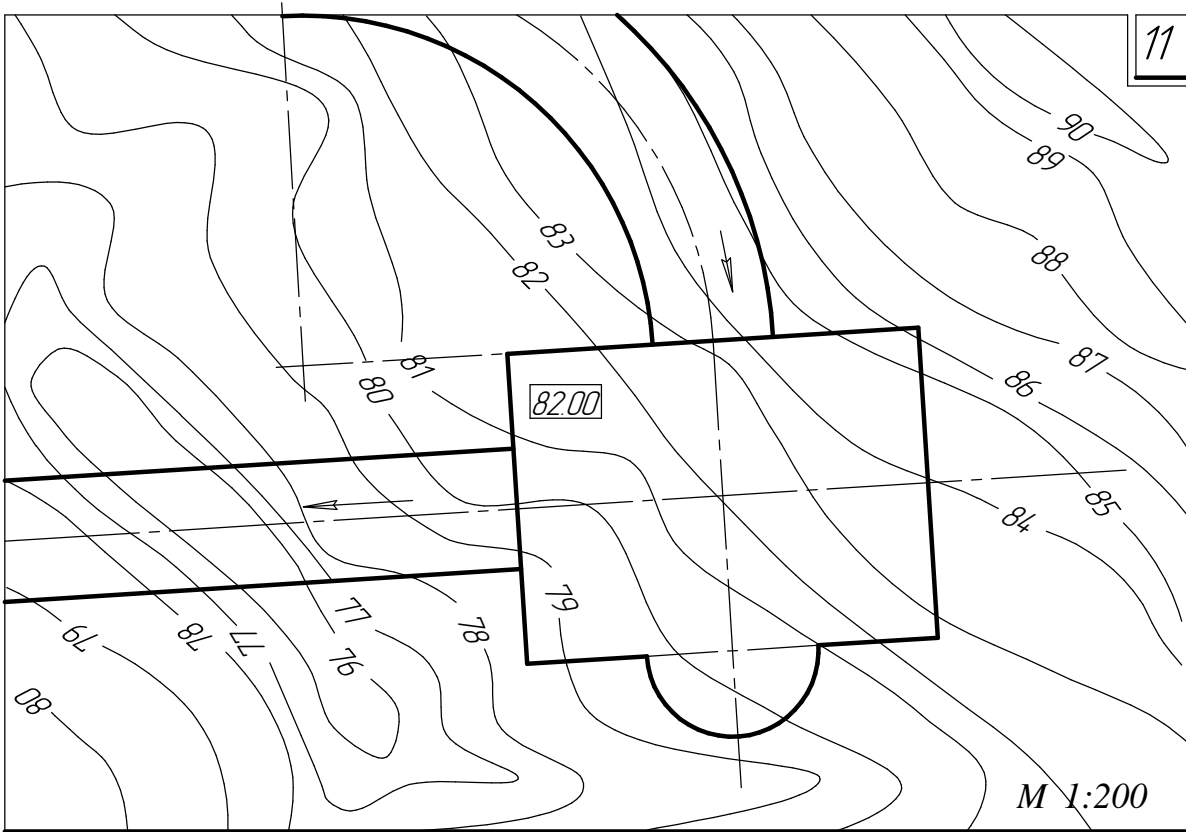
Варианты индивидуальных заданий



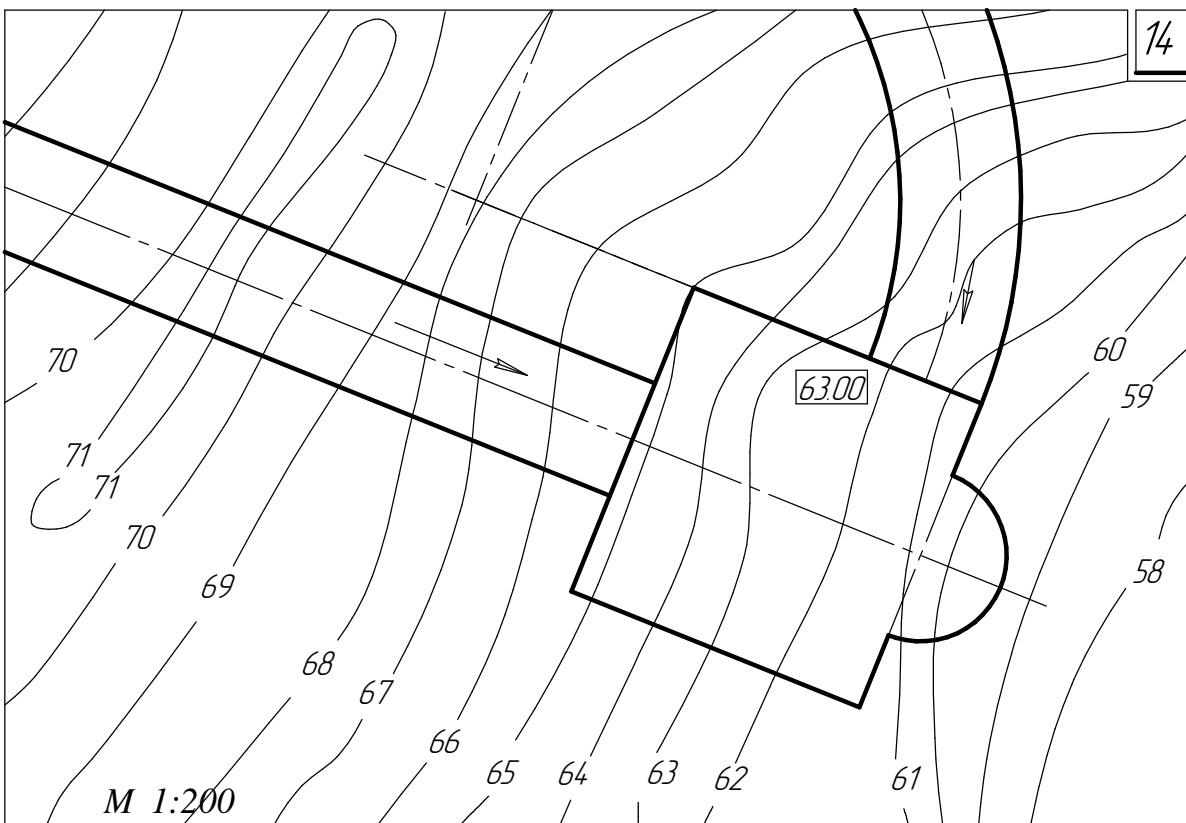
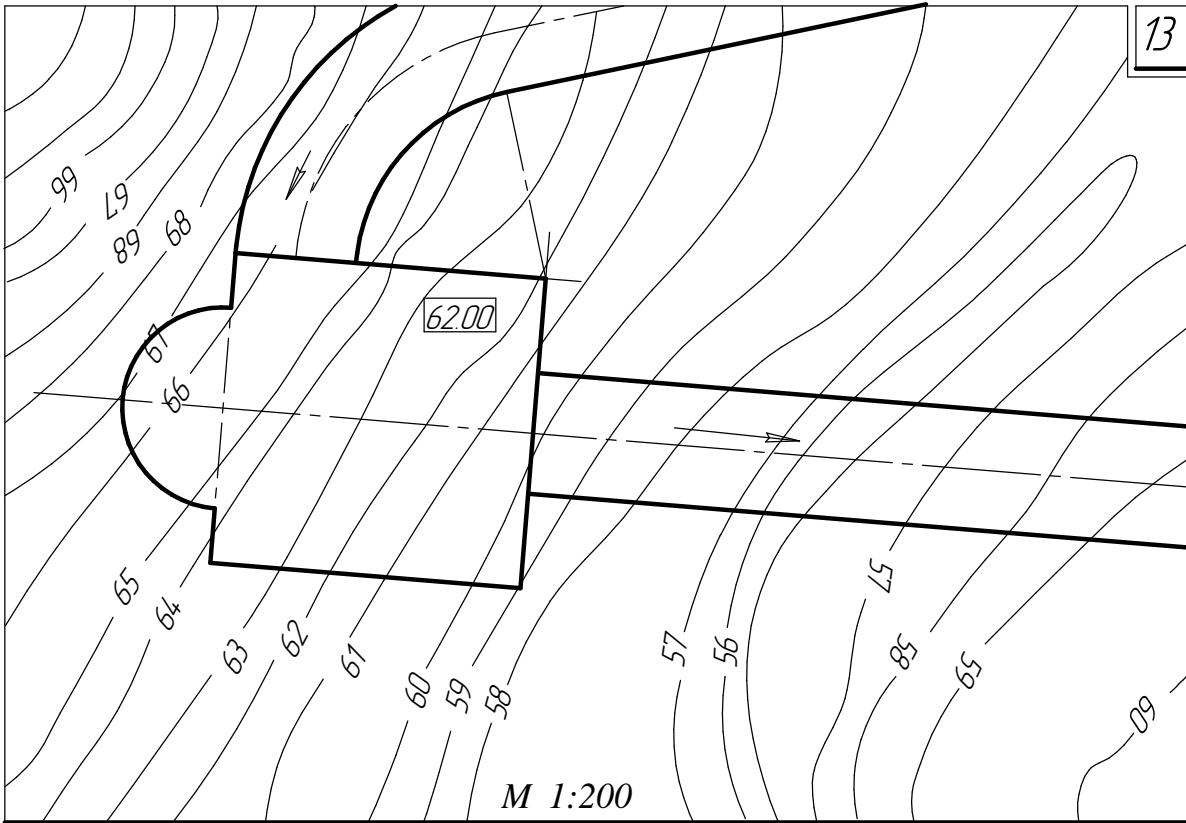
Варианты индивидуальных заданий



Варианты индивидуальных заданий

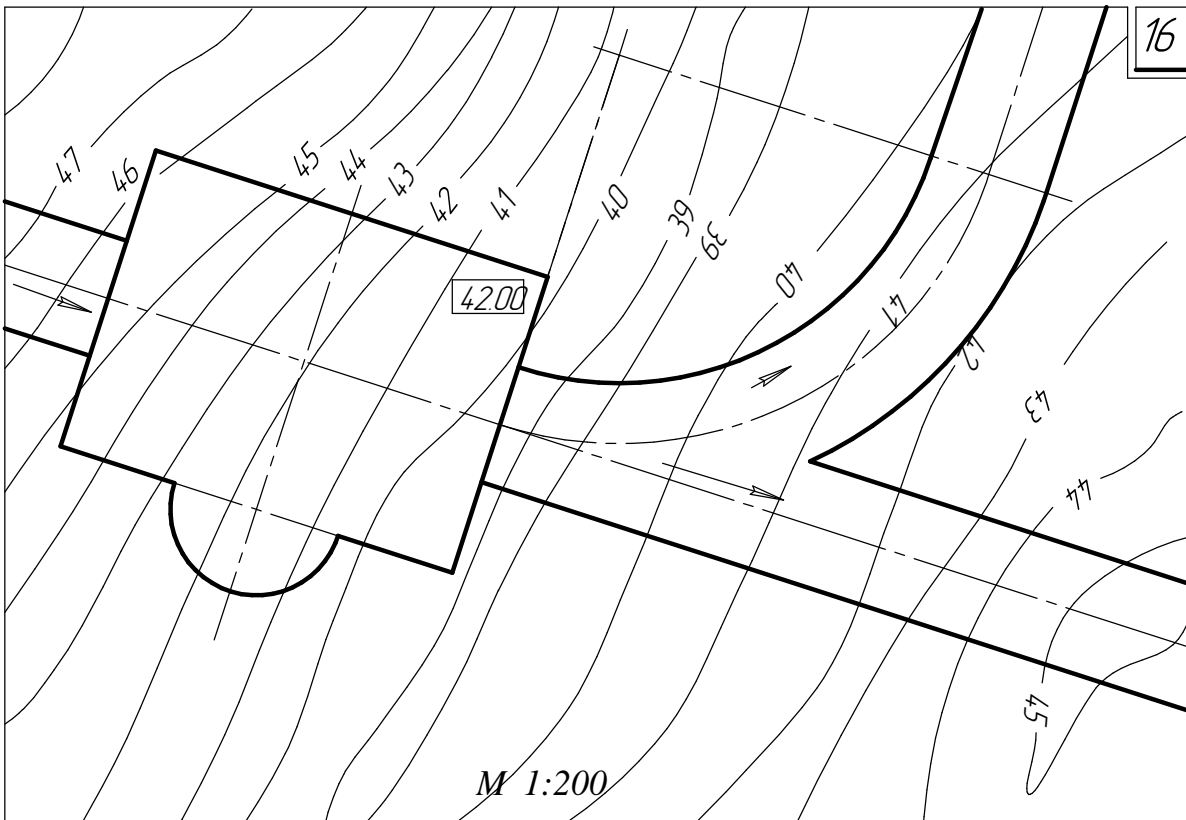
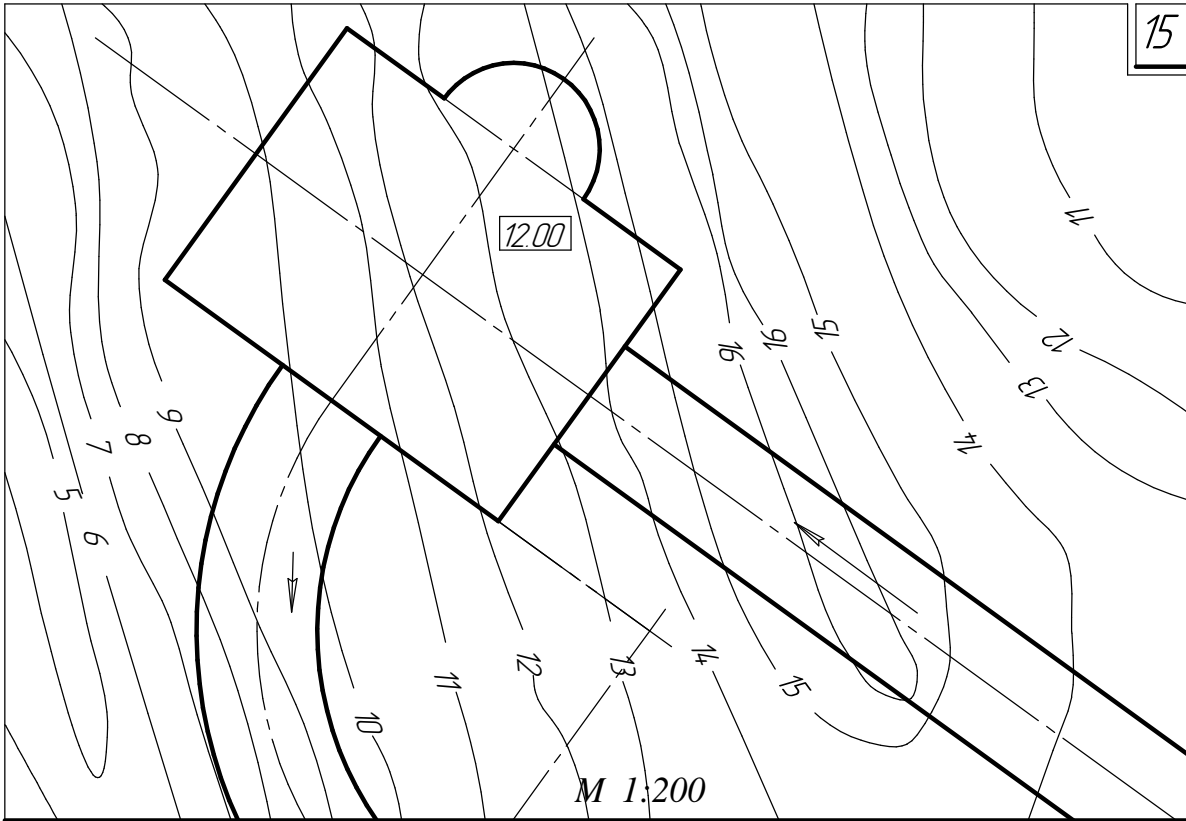


Варианты индивидуальных заданий

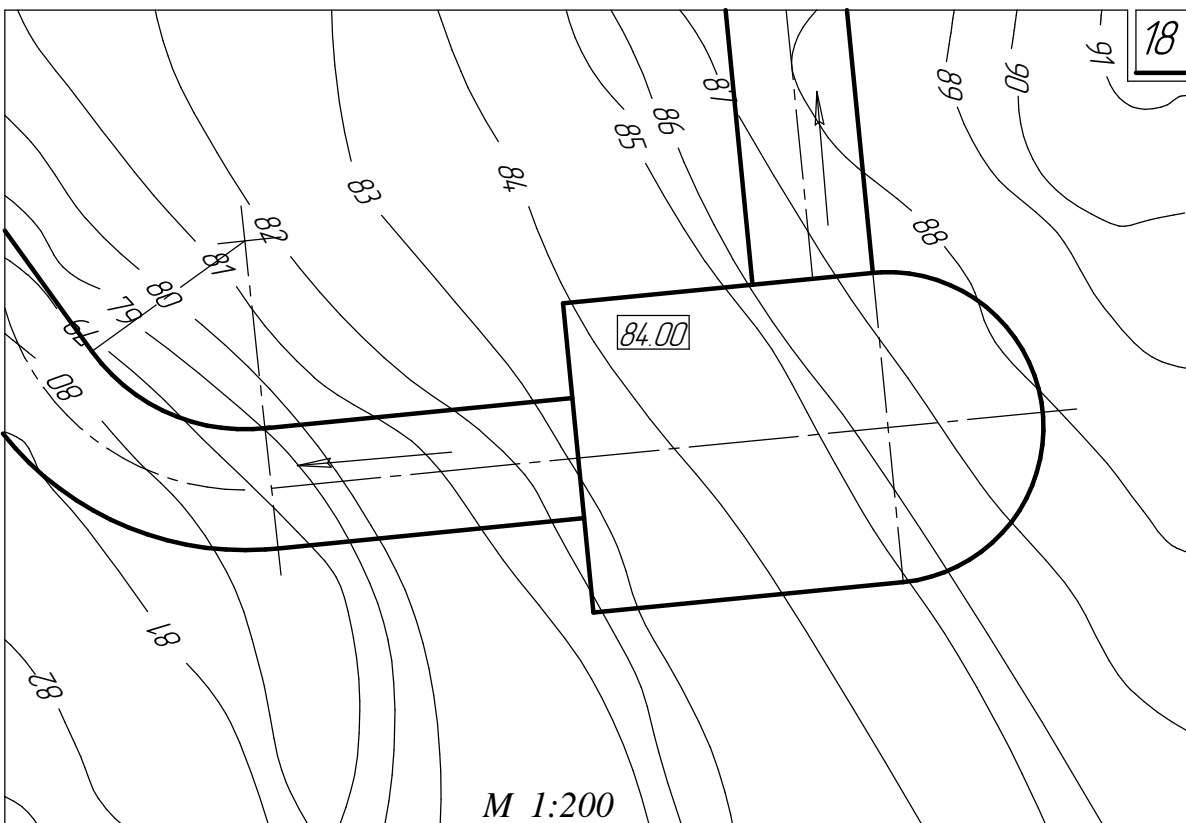
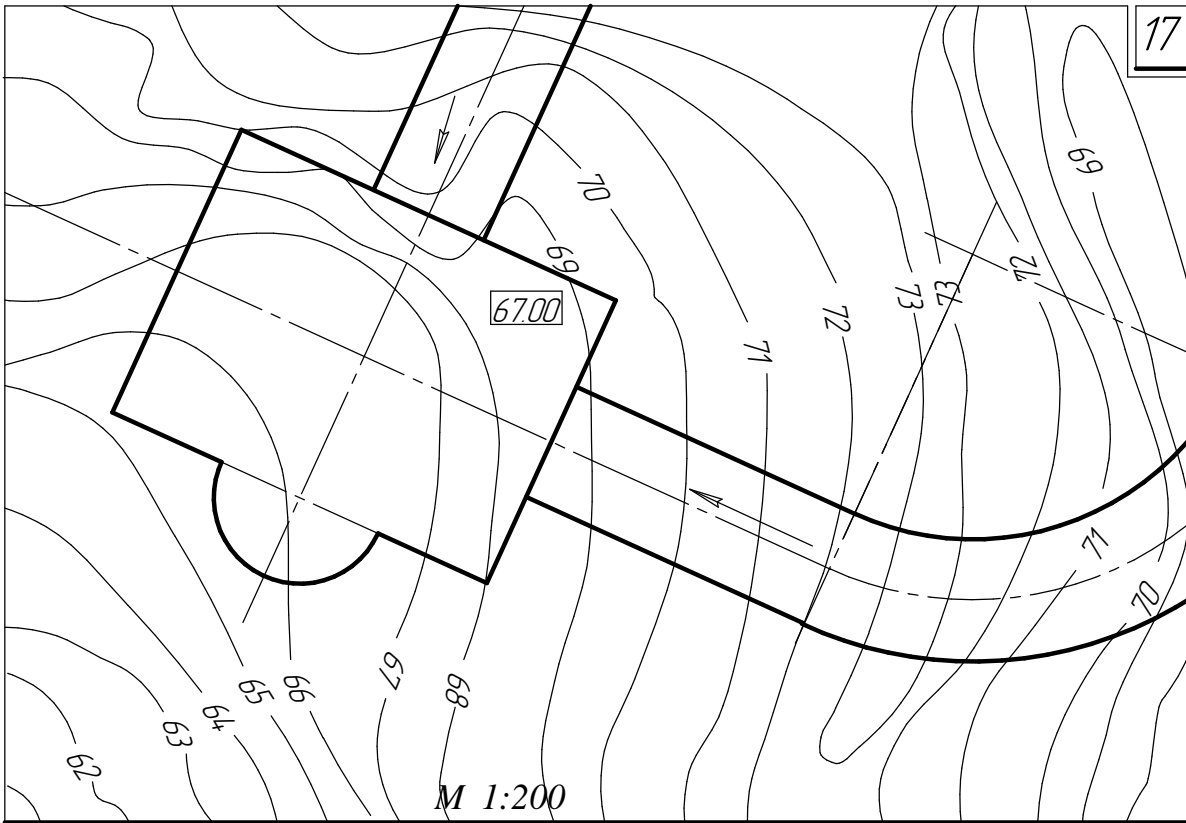




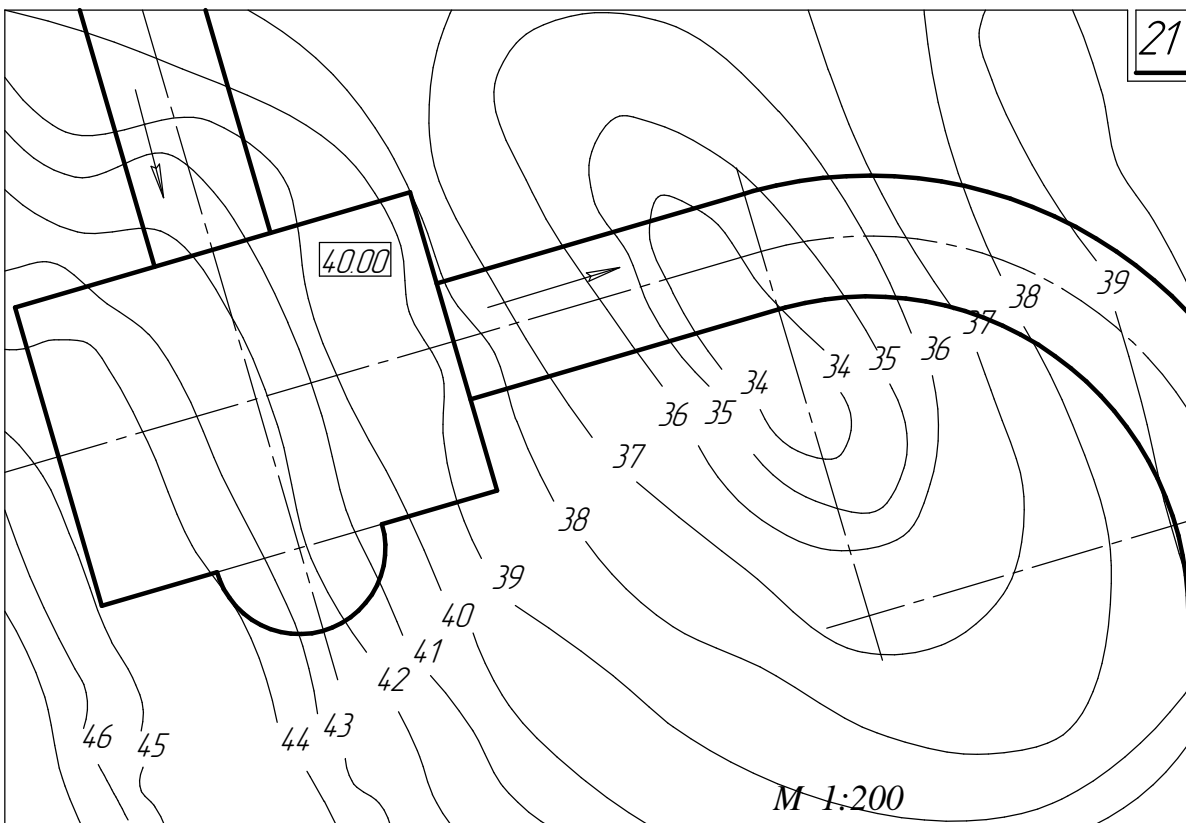
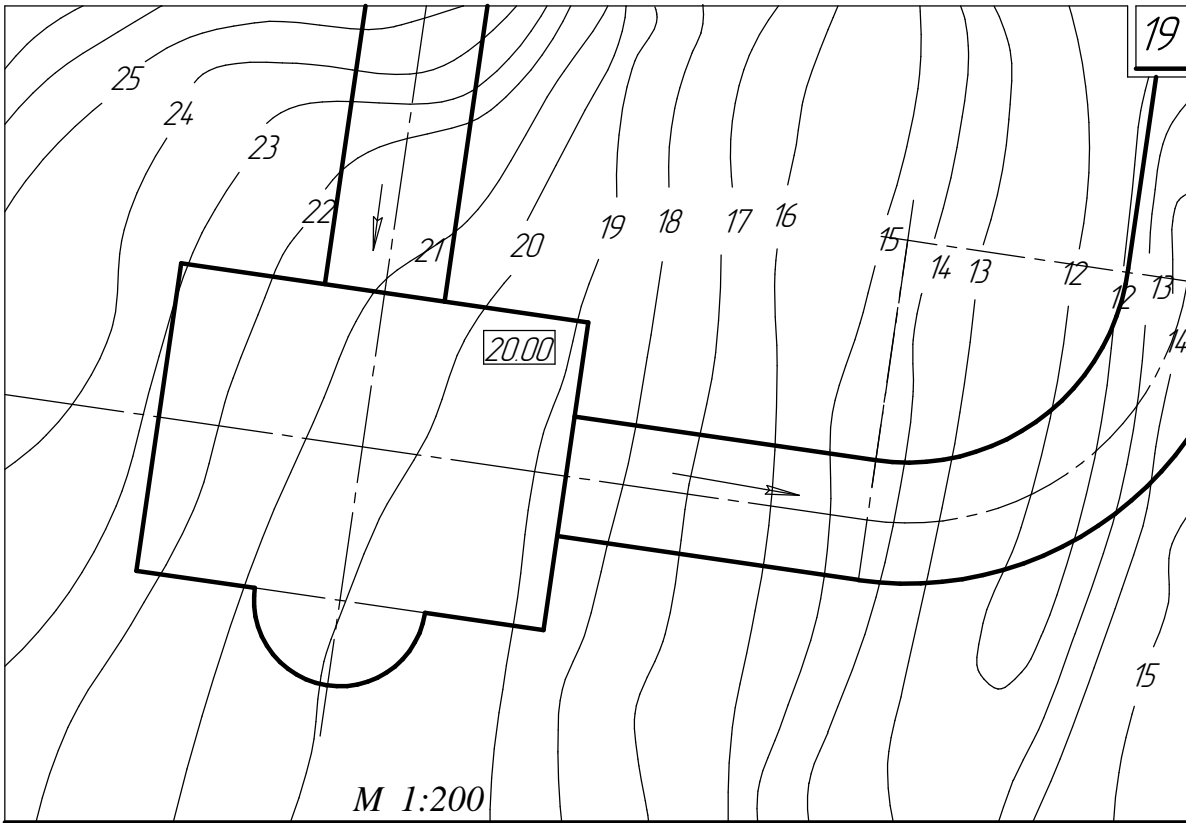
Варианты индивидуальных заданий



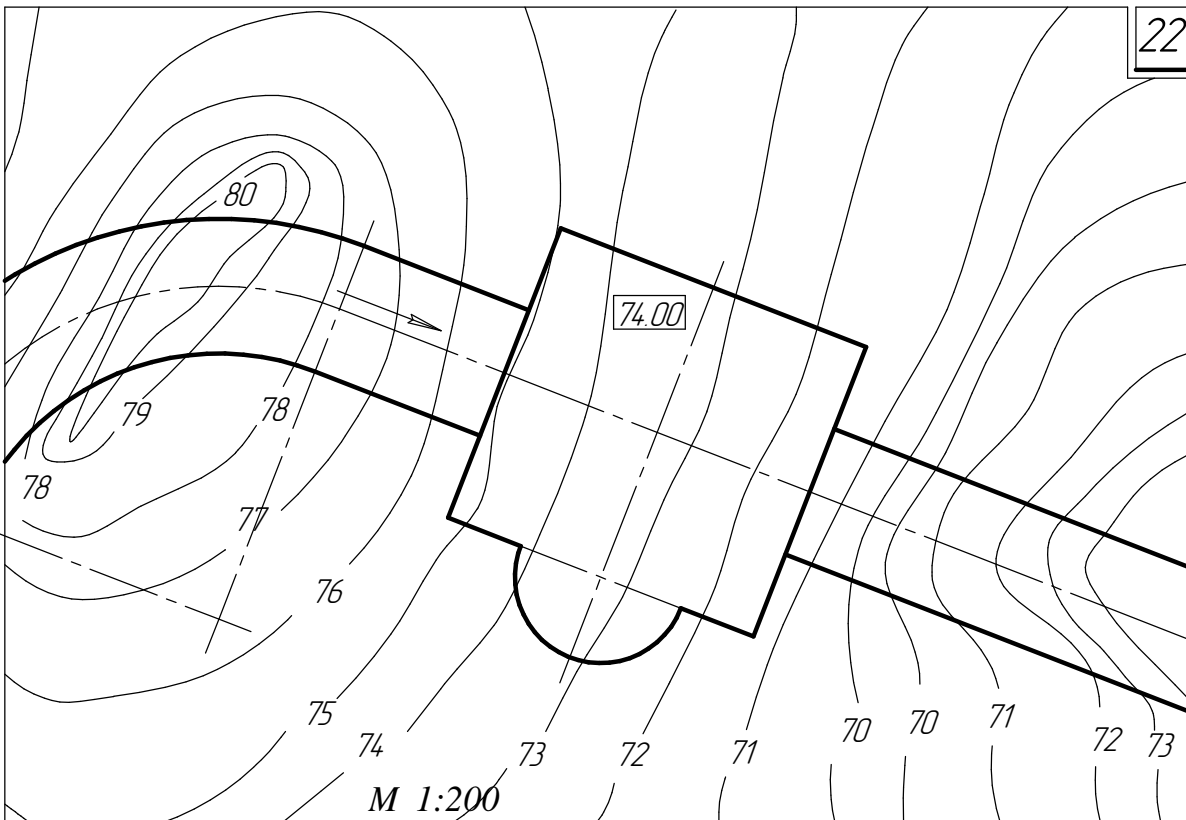
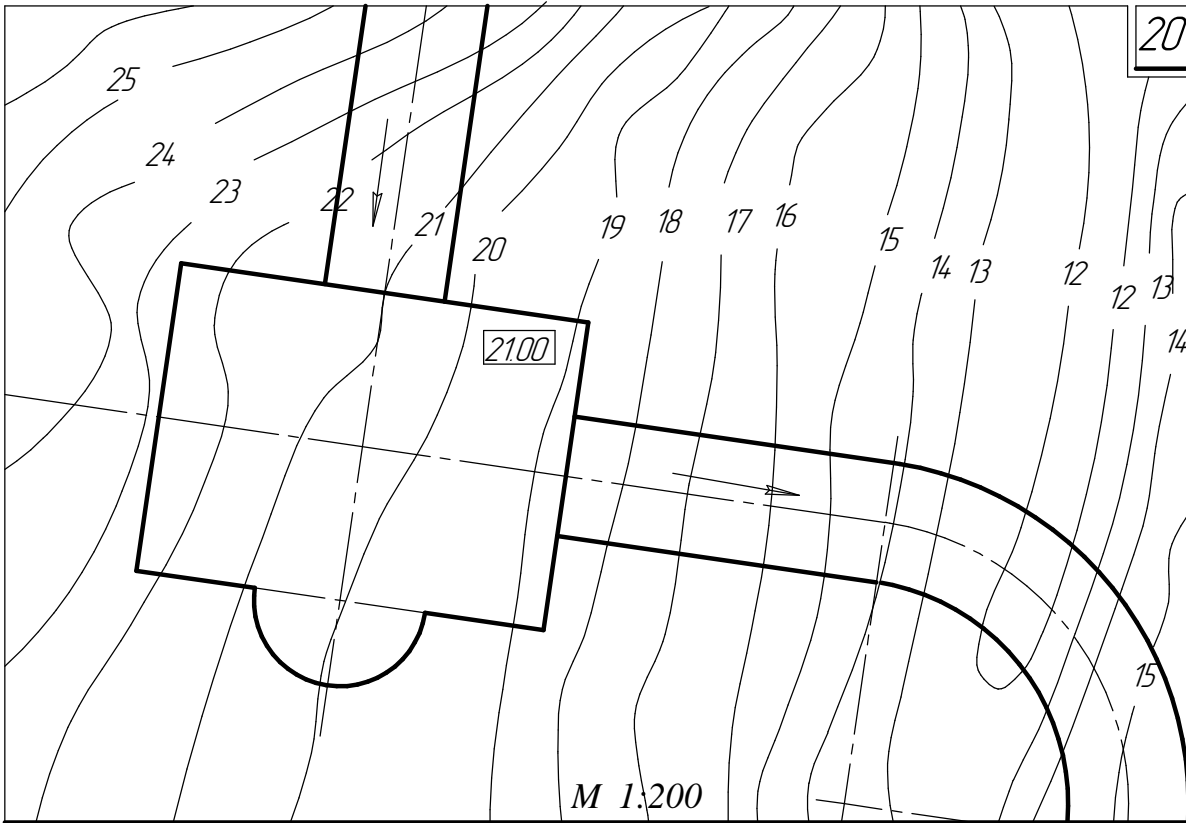
Варианты индивидуальных заданий



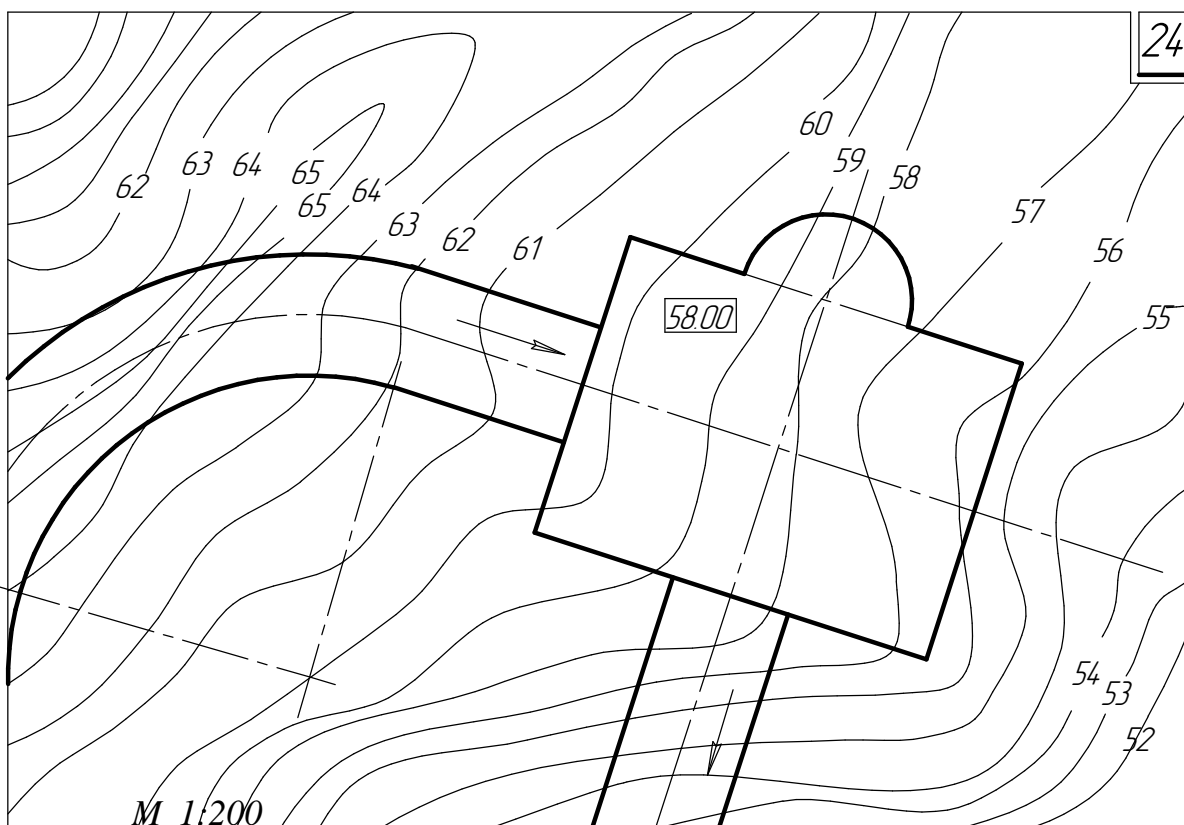
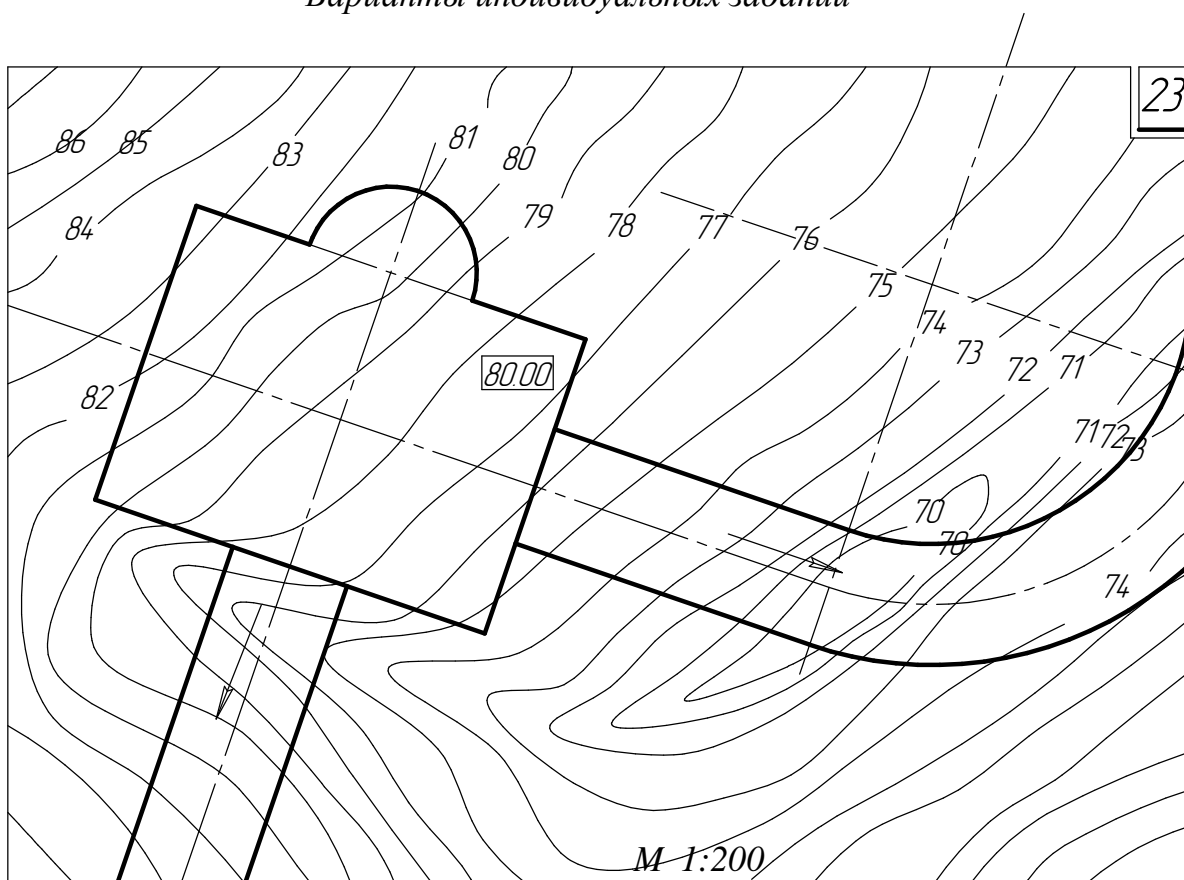
Варианты индивидуальных заданий



Варианты индивидуальных заданий



Варианты индивидуальных заданий



Варианты индивидуальных заданий

