

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В.Плеханова  
(технический университет)

Кафедра начертательной геометрии и графики

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

## ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

*Методические указания  
по выполнению курсовой работы  
для студентов специальности 090500 (130403)*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2005

# 1. МЕТОД ПРОЕКЦИЙ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ И ЕГО ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Проекция с числовыми отметками представляют собой ортогональные проекции объектов отображения на горизонтальную плоскость проекций, сопровождаемые числовыми отметками, указывающими на удаление проецируемых точек объекта от указанной плоскости. Так, на рис. 1а точка *A* выше плоскости проекций  $\Pi_0$  на 2,5 условные единицы длины, точка *B* расположена ниже плоскости  $\Pi_0$  на 2 единицы, а точка *C* лежит в плоскости  $\Pi_0$ . Горизонтальная проекция отображаемого объекта называется его планом. На плане (рис. 1б) положение точек в пространстве определяется их координатами по осям *x* и *y*, а координаты по оси *z* (или *h*) устанавливаются в соответствии с масштабом чертежа по численному значению. На чертежах по всем трём координатам единицей измерения является метр (до десятых долей).

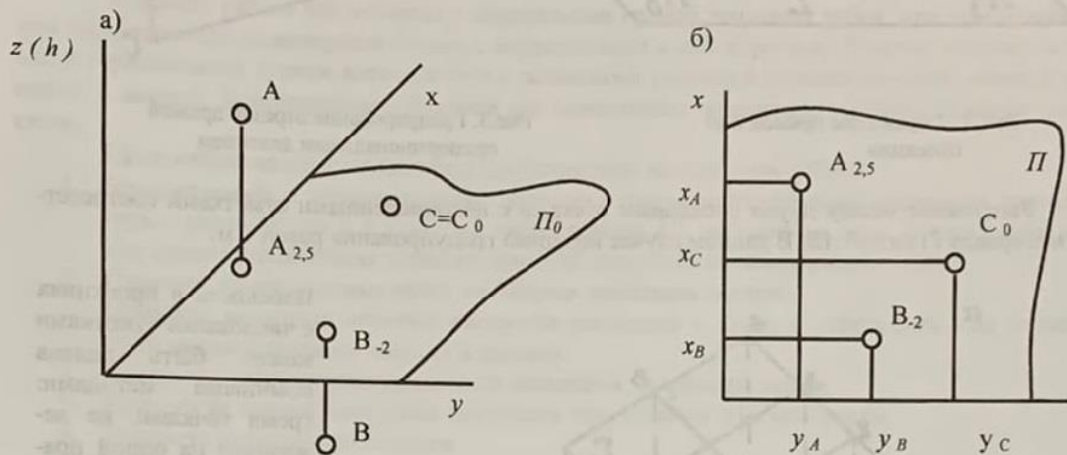


Рис. 1. Схема (а) и чертеж (б) в проекциях с числовыми отметками

На рис.2 отрезок *AB* прямой общего положения ортогонально спроецирован на горизонтальную плоскость проекций  $\Pi_0$ . Обозначим высотные значения точек *A* и *B* соответственно как  $h_A$  и  $h_B$ . Тогда разность  $h_A - h_B = \Delta h$  представляет собой превышение точки *A* над точкой *B*. Проекцию отрезка *AB* обозначим *L* и далее будем её именовать заложением отрезка *AB*. Отношение  $\Delta h/L = \text{tg } \alpha = j$  называется уклоном прямой.

При решении конкретных задач в проекциях с числовыми отметками необходимо определить интервал прямой *l*. Интервал *l* – это отрезок заложения прямой, разность высотных отметок концов которого равна заданной единице превышения. Графические действия по установлению интервала прямой называются градуированием.

Для определения интервала прямой *l* необходимо задать единицу превышения *H*. Единица превышения *H* является разностью высотных отметок точек, расположенных на прямой и отстоящих друг от друга на равном расстоянии. Таким образом, из отношения  $H/l = \Delta h/L$  получим  $l = HL/\Delta h$ .

Определить интервал прямой можно также графически. Известны способы градуирования прямой путем ее пропорционального деления, а также с помощью палетки, вспомогательных графиков, профилей. Градуирование отрезка прямой пропорциональным делением (рис.3) заключается в следующем:

1. Из любой крайней точки проекции отрезка *AB* под любым (кроме 0 и 180°) углом проводится вспомогательная прямая (например,  $B_{12}C$ ), на которой откладываются равные отрезки произвольной длины. Общее количество *n* этих отрезков должно быть равно разности высотных отметок двух точек прямой (в данном случае  $n = 12 - 7 = 5$ , так как  $l = 1$ ).
2. Конечные точки вспомогательного и градуируемого отрезков соединяются прямой линией (в данном случае  $A_7C$ ).
3. Параллельно этой прямой через каждое деление вспомогательного отрезка проводятся прямые, отсекающие на градуируемом отрезке искомые точки (8, 9, 10, 11).

## 1. МЕТОД ПРОЕКЦИЙ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ И ЕГО ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Проекция с числовыми отметками представляют собой ортогональные проекции объектов отображения на горизонтальную плоскость проекций, сопровождаемые числовыми отметками, указывающими на удаление проецируемых точек объекта от указанной плоскости. Так, на рис. 1а точка  $A$  выше плоскости проекций  $\Pi_0$  на 2,5 условные единицы длины, точка  $B$  расположена ниже плоскости  $\Pi_0$  на 2 единицы, а точка  $C$  лежит в плоскости  $\Pi_0$ . Горизонтальная проекция отображаемого объекта называется его планом. На плане (рис. 1 б) положение точек в пространстве определяется их координатами по осям  $x$  и  $y$ , а координаты по оси  $z$  (или  $h$ ) устанавливаются в соответствии с масштабом чертежа по численному значению. На чертежах по всем трём координатам единицей измерения является метр (до десятых долей).

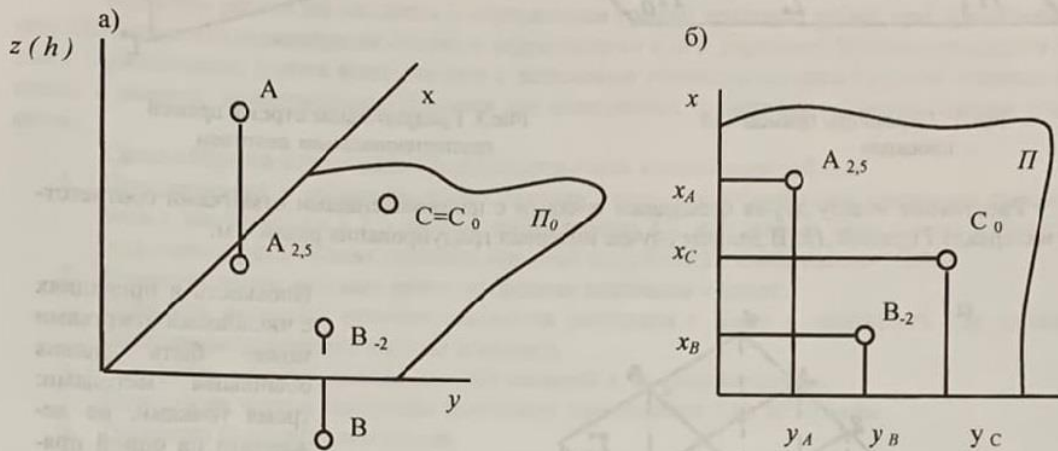


Рис. 1. Схема (а) и чертеж (б) в проекциях с числовыми отметками

На рис.2 отрезок  $AB$  прямой общего положения ортогонально спроецирован на горизонтальную плоскость проекций  $\Pi_0$ . Обозначим высотные значения точек  $A$  и  $B$  соответственно как  $h_A$  и  $h_B$ . Тогда разность  $h_A - h_B = \Delta h$  представляет собой превышение точки  $A$  над точкой  $B$ . Проекцию отрезка  $AB$  обозначим  $L$  и далее будем её именовать заложением отрезка  $AB$ . Отношение  $\Delta h/L = \operatorname{tg} \alpha = j$  называется уклоном прямой.

При решении конкретных задач в проекциях с числовыми отметками необходимо определить интервал прямой  $l$ . Интервал  $l$  – это отрезок заложения прямой, разность высотных отметок концов которого равна заданной единице превышения. Графические действия по установлению интервала прямой называются градуированием.

Для определения интервала прямой  $l$  необходимо задать единицу превышения  $H$ . Единица превышения  $H$  является разностью высотных отметок точек, расположенных на прямой и отстоящих друг от друга на равном расстоянии. Таким образом, из отношения  $H/l = \Delta h/L$  получим  $l = HL/\Delta h$ .

Определить интервал прямой можно также графически. Известны способы градуирования прямой путем ее пропорционального деления, а также с помощью палетки, вспомогательных графиков, профилей. Градуирование отрезка прямой пропорциональным делением (рис.3) заключается в следующем:

1. Из любой крайней точки проекции отрезка  $AB$  под любым (кроме  $0$  и  $180^\circ$ ) углом проводится вспомогательная прямая (например,  $B_1C$ ), на которой откладываются равные отрезки произвольной длины. Общее количество  $n$  этих отрезков должно быть равно разности высотных отметок двух точек прямой (в данном случае  $n = 12 - 7 = 5$ , так как  $l = 1$ ).
2. Конечные точки вспомогательного и градуируемого отрезков соединяются прямой линией (в данном случае  $A_7C$ ).
3. Параллельно этой прямой через каждое деление вспомогательного отрезка проводятся прямые, отсекающие на градуируемом отрезке искомые точки (8, 9, 10, 11).

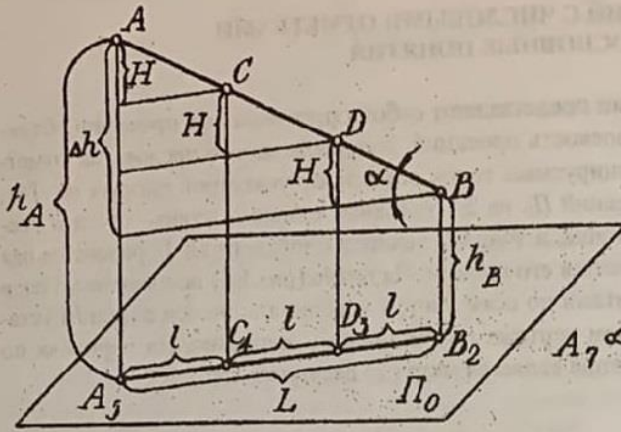


Рис.2. Параметры прямой и её проекции

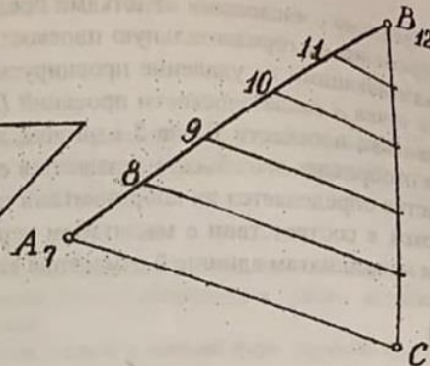


Рис.3. Градуирование отрезка прямой пропорциональным делением

Расстояние между двумя соседними точками с целочисленными отметками соответствует интервалу  $l$  прямой  $AB$ . В данном случае интервал градуирования равен 1 м.

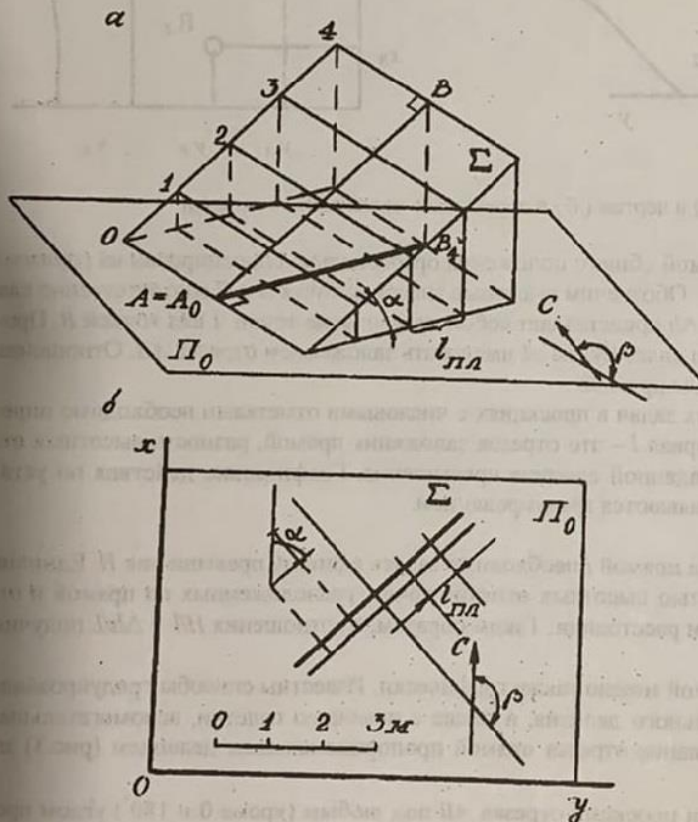


Рис.4. Схема (а) и чертёж (б) плоскости в проекциях с числовыми отметками

Плоскость в проекциях с числовыми отметками может быть задана обычными методами: тремя точками, не лежащими на одной прямой; двумя параллельными или пересекающимися прямыми; прямой и точкой, не лежащей на этой прямой; любой плоской фигурой. Однако наиболее удобно задавать плоскость масштабом заложения. Масштаб заложения представляет собой проградированную проекцию линии наибольшего ската  $AB$  плоскости  $\Sigma$ , (рис.4). Поскольку линия наибольшего ската плоскости  $\Sigma$  перпендикулярна к её горизонталям, то и масштаб заложения всегда перпендикулярен к проекциям горизонталей плоскости.

На чертежах масштаб заложения обозначается двойной (утолщенной и тонкой) линией. Расстояние между соседними делениями масштаба заложения, соответствующее единице

превышения, представляет собой интервал линии наибольшего ската, а следовательно, и интервал плоскости  $l_{na}$ .

Положение плоскости  $\Sigma$  в пространстве можно установить с помощью углов (уклонов) падения (восстания)  $\alpha$  и простирания  $\beta$  плоскости. Угол падения плоскости  $\Sigma$  определяется углом  $\alpha$  наклона линии наибольшего ската к горизонтальной плоскости проекций  $P_0$ . Угол простирания  $\beta$  измеряется по часовой стрелке от направления на север до положительного направления простирания. В горной промышленности за положительное направление простирания принято правое направление горизонталей плоскости, когда наблюдатель обращен в сторону восстания.

## 2. КУРСОВАЯ РАБОТА

Курсовая работа заключается в определении границ земляных работ, при проектировании площадки под инженерный объект с подходящими к ней дорогами. Участок местности задан в горизонталях; дороги выполняются с заданными уклонами (углами падения) откосов насыпей и выемок. Дополнительно строятся два вынесенных поперечных сечения (насыпи и выемки).

Целесообразна следующая последовательность выполнения работы:

1. Предлагаемый в индивидуальном задании топографический план местности перечертить с увеличением в 2,5 раза на лист формата А2, наложив на него контур площадки под инженерный объект (принять масштаб полученного изображения 1:200).
2. Отметить точки нулевых работ на бровках площадки и дорог.
3. Сравнить высотные отметки местности площадки и дорог и определить, где должны быть запроектированы насыпи и выемки.
4. Построить график уклонов откосов насыпей и выемок аппарели.
5. Нанести на чертеж масштабы заложения этих откосов и их интервалы.
6. Провести горизонталы откосов.
7. Нанести линии пересечения откосов насыпей и выемок с топографической поверхностью.
8. Определить линии пересечения откосов между собой.
9. Начертить два поперечных профиля (сечения) дорог (насыпи и выемки).

В варианте задания (см. табл.1), указаны номера схем топографических планов местности (Приложение 1) и индексы схем контуров площадок под инженерные работы (Приложение 2).

### 2.1 Нахождение точек нулевых работ на бровках площадки и дорог ( см. 2 )

Точка перехода полотна площадки или дороги из насыпи в выемку называется нулевой точкой или точкой нулевых работ. Для горизонтально расположенных площадок и дорог точка нулевых работ определяется как точка пересечения бровки площадки или дороги с горизонталью местности, имеющей такую же высотную отметку.

Для дорог, имеющих уклон, точки нулевых работ можно определить следующим способом. Продлить горизонталы плана дороги с отметками 7 и 9 (рис.5) до пересечения с горизонталями топографической поверхности с теми же отметками. Построить точки  $A_7$ ,  $C_8$ ,  $B_9$  и, соединив их кривой, получить линию пересечения плоскости дороги с топографической поверхностью. Точки  $M$  и  $N$  и есть искомые точки нулевых работ.

### 2.2 Определения местоположения насыпи или выемки (см.п.3).

Высотные отметки бровок площадки или дороги сравнивают с высотными отметками горизонталей топографической поверхности. Там, где высотные отметки горизонталей топографической поверхности больше высотных отметок бровок площадки или дороги, находится выемка, там, где высотные отметки меньше, - насыпь.

Варианты индивидуальных заданий

Таблица 1

Вариант	стройплощадка	Высотная отметка стройплощадки, м.	Топографическая поверхность	Уклон насыпи	Вариант	стройплощадка	Высотная отметка стройплощадки, м.	Топографическая Поверхность	Уклон насыпи
1	A	21,0	I	2/3	16	A	31,0	IV	2/3
2	B	23,0	II	1/2	17	B	45,0	V	1/2
3	C	37,0	III	2/3	18	C	44,0	VI	2/3
4	D	30,0	IV	1/1	19	D	20,0	I	1/1
5	E	46,0	V	2/3	20	E	23,0	II	2/3
6	A	42,0	VI	1/2	21	A	38,0	III	1/2
7	B	22,0	I	2/3	22	B	29,0	IV	2/3
8	C	25,0	II	1/1	23	C	44,0	V	1/1
9	D	37,0	III	2/3	24	D	45,0	VI	2/3
10	E	30,0	IV	1/2	25	E	23,0	I	1/2
11	A	44,0	V	2/3	26	A	24,0	II	2/3
12	B	43,0	VI	1/1	27	B	39,0	III	1/1
13	C	22,0	I	2/3	28	C	31,0	IV	2/3
14	D	23,0	II	1/2	29	D	44,0	V	1/2
15	E	38,0	III	1/1	30	E	43,0	VI	2/3

Примечание. Во всех вариантах уклон аппарели выбирается равным 1/10, уклон выемки – 1/1.

2.3 Построение графика уклонов откосов насыпей, выемок и аппарели (см. п.4)

Для градуирования масштаба заложения необходимо знать его интервал  $l$ . Интервал  $l$  – отрезок масштаба заложения, у которого алгебраическая разность высотных отметок конечных точек равна принятой единице превышения. Интервал  $l$  можно определить графически, используя масштаб чертежа в виде диаграммы – графика уклонов (рис.6).

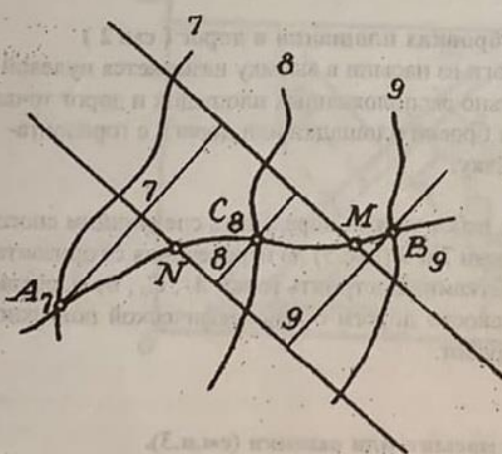


Рис. 5 План дороги

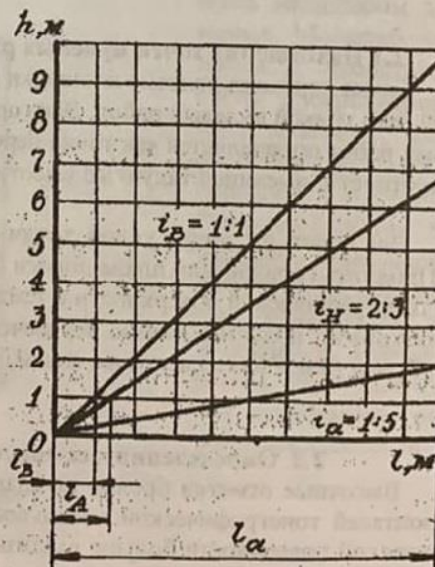


Рис.6. Диаграмма – график

Масштаб графиков должен быть 1:200, что позволит величину интервала  $l$  снимать измерителем непосредственно с графика. Для построения этих графиков на вертикальной и горизонтальной прямых, исходящих из точки нулевого деления, надо отложить единицы линейного масштаба (в нашем случае 5 мм соответствует 1 м). Затем через отметки на вертикальной и горизонтальной линиях провести перпендикулярно к ним вспомогательные прямые и получить квадратную сетку. Из точки 0 провести прямые линии заданных уклонов. Значения интервалов взять измерителем с горизонтальной шкалы графика. На рис.6 показан график уклонов  $i = h/l$  при уклоне выемки  $i_B = 1:1$ , уклоне насыпи  $i_H = 2/3$  и уклоне аппарели (наклонной дороги)  $i_a = 1:5$ .

#### 2.4 Нахождение линии пересечения откосов насыпей и выемок с топографической поверхностью (см. п.5-8).

При горизонтально расположенных дорогах и площадках прямоугольной формы, масштабы заложения насыпей и выемок перпендикулярны к их бровкам. Масштабы заложения насыпей и выемок располагают на чертеже в удобном месте (наиболее свободном от линий), градуируют их и проводят горизонталы откосов. Затем находят точки пересечения горизонталей откосов с горизонталями топографической поверхности, имеющими одинаковые высотные отметки. Эти точки соединяют кривыми линиями, которые и будут линиями пересечения откосов с топографической поверхностью. Чтобы найти точку перелома откосов, границу каждого из них продлевают до следующей отметки, т.е. делают длиннее, чем это необходимо. Точку пересечения границы откосов соединяют с точкой перелома бровки площадки. Если бровки дороги или горизонтальной площадки имеют форму дуги окружности, горизонталями откосов становятся концентрические окружности.

Масштабы заложения откосов дороги, имеющей уклон (аппарель), не будут перпендикулярны бровкам дороги. Параллельность горизонталей откосов бровкам дороги нарушается и направление их определяется при помощи вспомогательных конических поверхностей.

Пусть запроектированная дорога находится на местности, числовые отметки которой меньше отметок дороги (рис.7). Следовательно, в этом случае необходимо делать насыпь. Для проведения горизонталей этой насыпи из точек  $O$  и  $O_1$ , в которых горизонталь наклонной дороги с отметкой, например, 13 пересекает бровки дороги, проводятся две дуги окружности, радиус которой равен интервалу  $l$ . Точки, лежащие на этих окружностях, будут иметь высотные отметки 12. Из точек  $O_2$  и  $O_3$  (горизонталь аппарели с отметкой 12) к этим окружностям проведем касательные – это и будут горизонтали откосов наклонной дороги, имеющие высотные отметки 12.

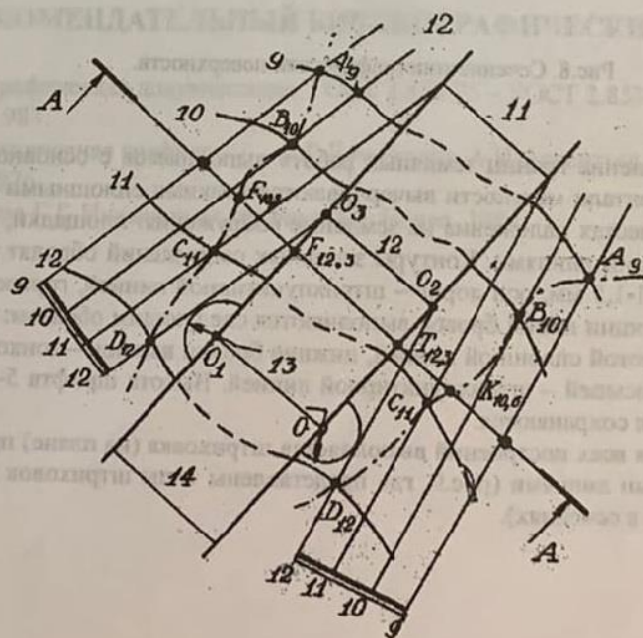


Рис.7. План дороги на местности

Дальнейшие построения ясны из рис.7. Масштабы заложения откосов приведены на свободном месте чертежа; проградуированы и проведены горизонтали с отметками 11, 10 и 9. Соединив точки  $A_9, B_{10}, C_{11}, B_{12}$  кривой линией, получим границу правого откоса, а соединив точки  $a_9, b_{10}, c_{11}, d_{12}$ , - границу левого откоса.

### 2.5 Построение сечений (см. п.9)

Сечением (профилем) топографической поверхности называется сечение этой поверхности вертикальной плоскостью (например,  $A-A$  на рис.7). Места проведения сечений выбираются произвольно. На сечениях показывают горизонтальные размеры профиля в метрах и наносят высотные отметки характерных точек (рис.8). Величины  $L_2, L_1$  (рис.8) должны соответствовать с учётом масштаба изображения отрезкам  $F_{10,3}, K_{10,6}$  и  $F_{12,3}, T_{12,3}$  (рис.7.), соответственно.

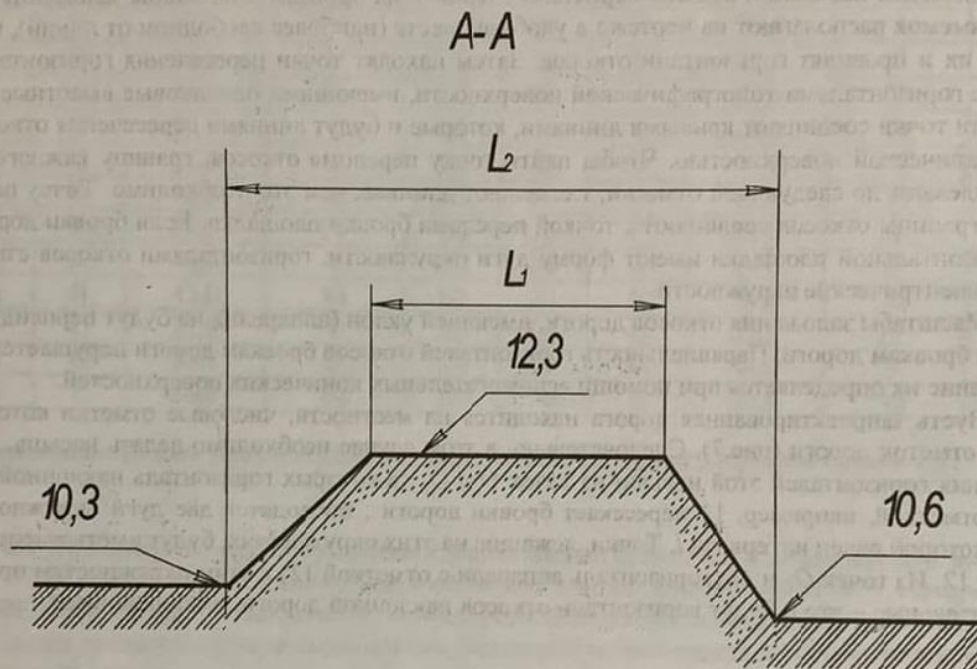


Рис.8. Сечение топографической поверхности.

Чертёж «Определение границ земляных работ» выполняется с основной надписью по ГОСТ 2.104-68\*. Горизонтали местности вычерчиваются тонкими сплошными линиями по левалу или от руки, а в местах наложения на земляные сооружения: площадки, дороги, насыпи или выемки - штриховыми линиями. Контуры земляных сооружений обводят толстой сплошной линией, толщиной 1-1,5 мм, оси дорог - штрихпунктирной линией, горизонтали - тонкой сплошной линией. Проекция линий бровок выполняется следующим образом: верхние бровки насыпей и выемок - толстой сплошной линией, нижние бровки выемок - тонкой сплошной линией, нижние бровки насыпей - штрихпунктирной линией. Высота шрифта 5-7 мм. Все вспомогательные построения сохраняются.

После окончания всех построений выполняется штриховка (на плане) проекций выемок и насыпей специальными линиями (рис.9, где представлены типы штриховок горных пород и материалов на планах и в сечениях).

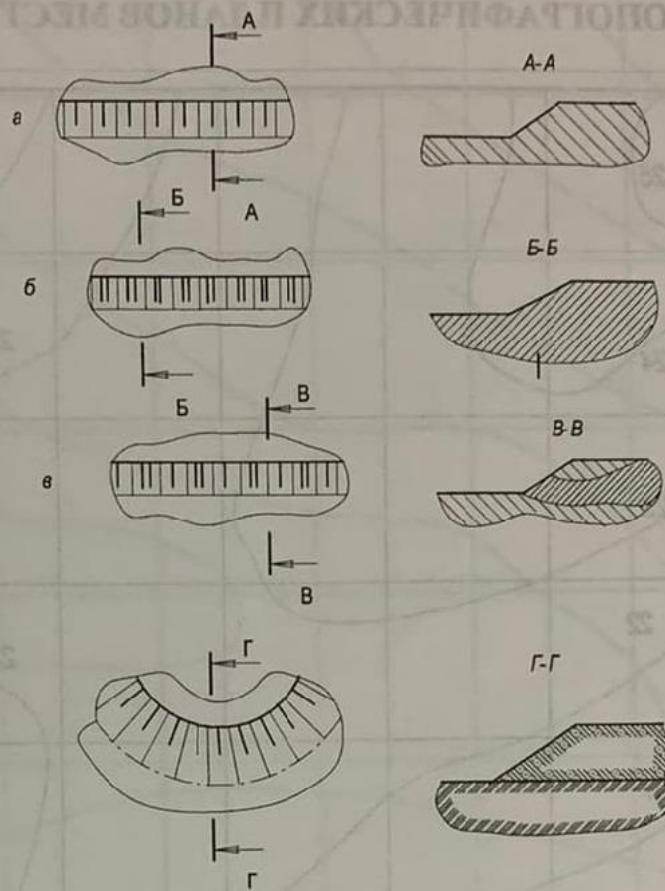
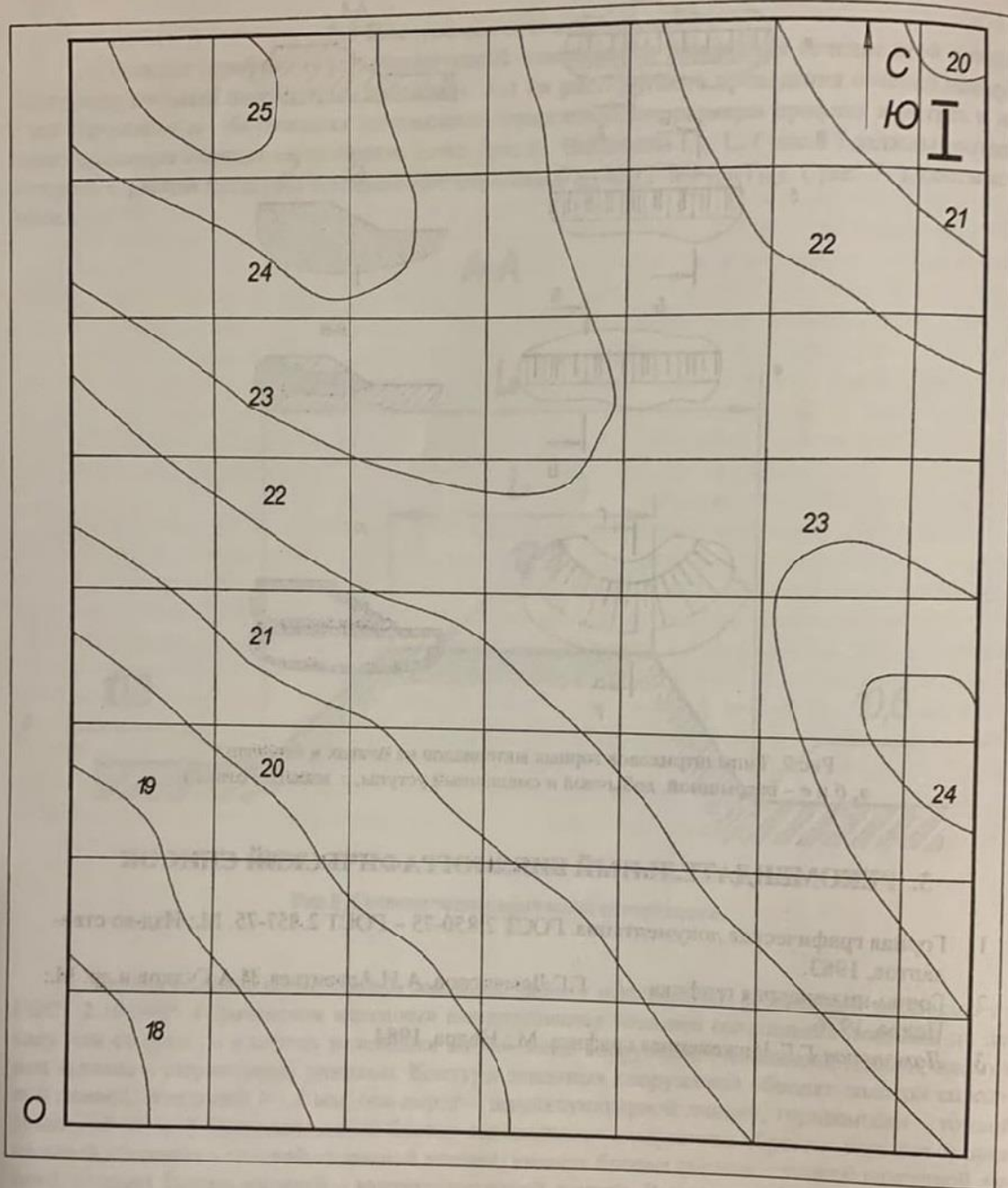


Рис.9. Типы штриховок горных материалов на планах и сечениях:  
 а, б и в – вскрышной, добычной и смешанный уступы, г насыпь (отвал)

### 3. РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Горная графическая документация. ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75. М.: Изд-во стандартов, 1983.
2. Горно-инженерная графика / Г.Г.Ломоносов, А.И.Арсентьев, И.А.Гудков и др. М.: Недра, 1976.
3. Ломоносов Г.Г. Инженерная графика. М.: Недра, 1984.

### СХЕМЫ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ МЕСТНОСТИ



**СХЕМЫ КОНТУРОВ ПЛОЩАДКИ ПОД ИНЖЕНЕРНЫЕ РАБОТЫ (СТРОЙПЛОЩАДКИ)**

