



Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ОРГАНИЗАЦИИ И
ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ**

ГЕОДЕЗИЯ И МАРКШЕЙДЕРИЯ

Специальность	<u>21.05.04 Горное дело</u>
Специализация	<u>Подземная разработка рудных месторождений</u>
Уровень высшего образования	<u>Специалитет</u> <i>(бакалавриат, специалитет, магистратура)</i>
Квалификация выпускника	<u>горный инженер (специалист)</u>

Автор - разработчик: Колесатова О.С., ст.преподаватель
Рассмотрено на заседании кафедры разработки месторождений полезных ископаемых
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Самостоятельная работа студентов — планируемая учебная работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основная цель самостоятельной работы студентов состоит в овладении фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами организации самостоятельной работы студентов являются:

- Развитие способности работать самостоятельно, формирование самостоятельности мышления и принятия решений.

- Развитие активности и познавательных способностей студентов, развитие исследовательских умений.

- Стимулирование самообразования и самовоспитания.

- Развитие способности планировать и распределять свое время.

Кроме того, эта самостоятельная работа неразрывно связана с формированием компетенций.

Среди функций самостоятельной работы студентов в общей системе обучения выделяют следующие:

- Развивающая (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, формирование интеллектуальных способностей студентов).

- Информационно-обучающая.

- Стимулирующая (формирование мотивов образования, самообразования).

- Воспитывающая (формирование личностно-профессиональных качеств специалиста).

Виды самостоятельной работы студентов в настоящее время весьма разнообразны и дают широкий выбор для преподавателя.

К ним относятся:

- работа с книжными источниками (учебниками, задачками, с основной и дополнительной рекомендованной литературой);

- работа с электронными источниками (обучающие программы, самоучители и т.п.);

- работа в сети Internet (поиск нужной информации, обработка противоречивой и взаимодополняющей информации; работа со специализированными образовательными сайтами);

- выполнение домашних работ.

Для успешной организации и выполнения самостоятельной работы, осуществляемой обучающимися во внеаудиторное время в фонде оценочных средств приведены списки вопросов для углубленного изучения дисциплины, тестовые задания текущего и промежуточного контроля, билеты для самоконтроля, тематика рефератов, критерии оценочных градаций. Осуществляя самоконтроль дополнительно изученной тематики дисциплины, обучающийся сам оценивает степень усвоенности теоретического материала. Обязательно для каждого студента написание реферата по заданию преподавателя с последующим обсуждением на любом из видов (лекционных или практических) занятий. Преподаватель оценивает уровень освоения того или иного компонента компетенции. Для оценки практических знаний и умений и закрепления теоретического материала каждый обучающийся очной формы должен выполнить расчеты следующих задач.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №1

Построение топографического плана в масштабе 1: 1000 с сечением рельефа горизонталями через 0,5 метра

1 Вычисление прямоугольных координат вершин теодолитного хода

Вычисляют сумму измеренных ($\sum \beta_{\text{изм}}$) углов и сравнивают её с теоретической ($\sum \beta_{\text{теор}}$) - находят угловую невязку $f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}}$, где $\sum \beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{Н}} + 180^{\circ} \cdot n - \alpha_{\text{К}}$,

$\alpha_{\text{Н}}$ и $\alpha_{\text{К}}$ - дирекционные углы начальной и конечной опорных сторон хода, n - число углов в ходе. Её значение не должно превышать предельной величины $|f_{\beta}| \leq \Delta f_{\beta}$,

где $\Delta f_{\beta} = \pm 1,0' \cdot \sqrt{n}$.

Исправленные углы β_0 рассчитывают по формуле $\beta_0 = \beta + \mathcal{G}_{\beta}$, где поправки в измеренные углы вычисляют по формуле $\mathcal{G}_{\beta} = \frac{-f_{\beta}}{n}$ с контролем $\sum \mathcal{G}_{\beta} = -f_{\beta}$. Поправки с округлением до 0,1' записывают над минутами значений измеренных углов.

Дирекционные углы сторон хода вычисляют по формуле

$$\alpha_{\text{посл.}} = \alpha_{\text{пред.}} + 180^{\circ} - \beta_0,$$

где $\alpha_{\text{пред.}}$ - дирекционный угол предыдущей вершине хода стороны, $\alpha_{\text{посл.}}$ - дирекционный угол следующей за вершиной стороны хода, β_0 - исправленный угол при вершине.

По формулам $\Delta x = d \cdot \cos \alpha$ и $\Delta y = d \cdot \sin \alpha$ вычисляют приращения координат.

Находят невязки в суммах приращений координат

$$f_x = \sum \Delta x - (X_{\text{К}} - X_{\text{Н}}), \quad f_y = \sum \Delta y - (Y_{\text{К}} - Y_{\text{Н}}),$$

где $X_{\text{Н}}, Y_{\text{Н}}, X_{\text{К}}, Y_{\text{К}}$ - координаты начальной и конечной опорных точек хода. Вычисляют абсолютную и относительную линейные невязки хода

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad \frac{f_s}{P} = \frac{1}{P : f_s} = \frac{1}{N} \leq \frac{1}{300}.$$

Уравнивают приращения координат

$$\Delta x_{0,i} = \Delta x_i + \mathcal{G}_{x_i}, \quad \Delta y_{0,i} = \Delta y_i + \mathcal{G}_{y_i},$$

где $\Delta x_{0,i}, \Delta y_{0,i}$ - уравненные приращения,

$\Delta x_i, \Delta y_i$ - вычисленные приращения,

$$\mathcal{G}_{x_i} = \frac{-f_x}{P} \cdot d_i, \quad \mathcal{G}_{y_i} = \frac{-f_y}{P} \cdot d_i,$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ - номера и число сторон хода, $P = d_1 + d_2 + \dots + d_n$ - длина хода (периметр),

Контроли: $\sum \mathcal{G}_x = -f_x, \quad \sum \mathcal{G}_y = -f_y,$

$$\sum \Delta x_0 = (X_K - X_H), \quad \sum \Delta y_0 = (Y_K - Y_H).$$

Вычисляют координаты вершин хода по формулам:

$$X_{\text{посл.}} = X_{\text{пред.}} + \Delta x_0, \quad Y_{\text{посл.}} = Y_{\text{пред.}} + \Delta y_0.$$

Заключительным контролем служит совпадение вычисленных значений координат конечной точки хода с выписанными из каталога.

2 Обработка журнала съемочных пикетов

По формулам вычисляем следующие элементы:

- углы наклона $v = \text{Л} - \text{М0}$ (или $v = \text{М0} - \text{П}$);
 - горизонтальные проложения $d = s \cdot \cos^2 v$,
 - превышения $h = d \operatorname{tg} v + k - l$,
 - высоты съемочных пикетов $H_{\text{п}} = H_{\text{ст}} + h$,
- где $H_{\text{ст}}$ – высота точки стояния прибора.

3 Построение координатной сетки

3.1 Построение координатной сетки при помощи линейки - ЛТ

Устройство и применение линейки (рис.1.) основано на двух положениях геометрии. Во-первых, треугольник можно построить по длинам трёх его сторон – линейными засечками с концов одной из сторон; во-вторых, треугольник со сторонами 3,4,5 или 6,8,10 и т.д. единиц, - прямоугольный. Для данной линейки единицей измерения является дециметр.

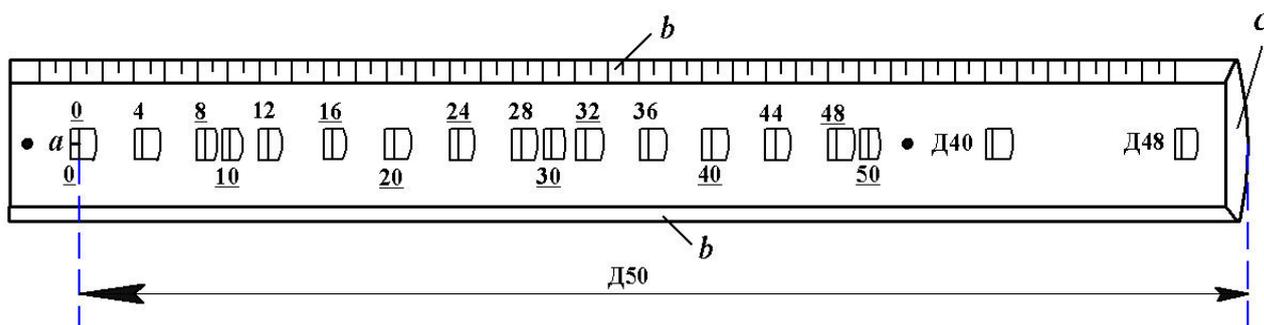


Рис. 1. Линейка Ф.В. Дробышева - ЛТ

a – начальный штрих; b – ребро со скошенным краем; c – конец линейки со скошенным краем

Рассмотрим порядок построения сетки дециметровых квадратов размером 30×40 см. На листе чертежной бумаги размером не менее 40×45 см укладывают линейку параллельно большей стороне листа (рис. 2-а). Скошенный край ребра "b" линейки должен находиться на расстоянии не менее 50 мм от нижнего края ватманской бумаги.

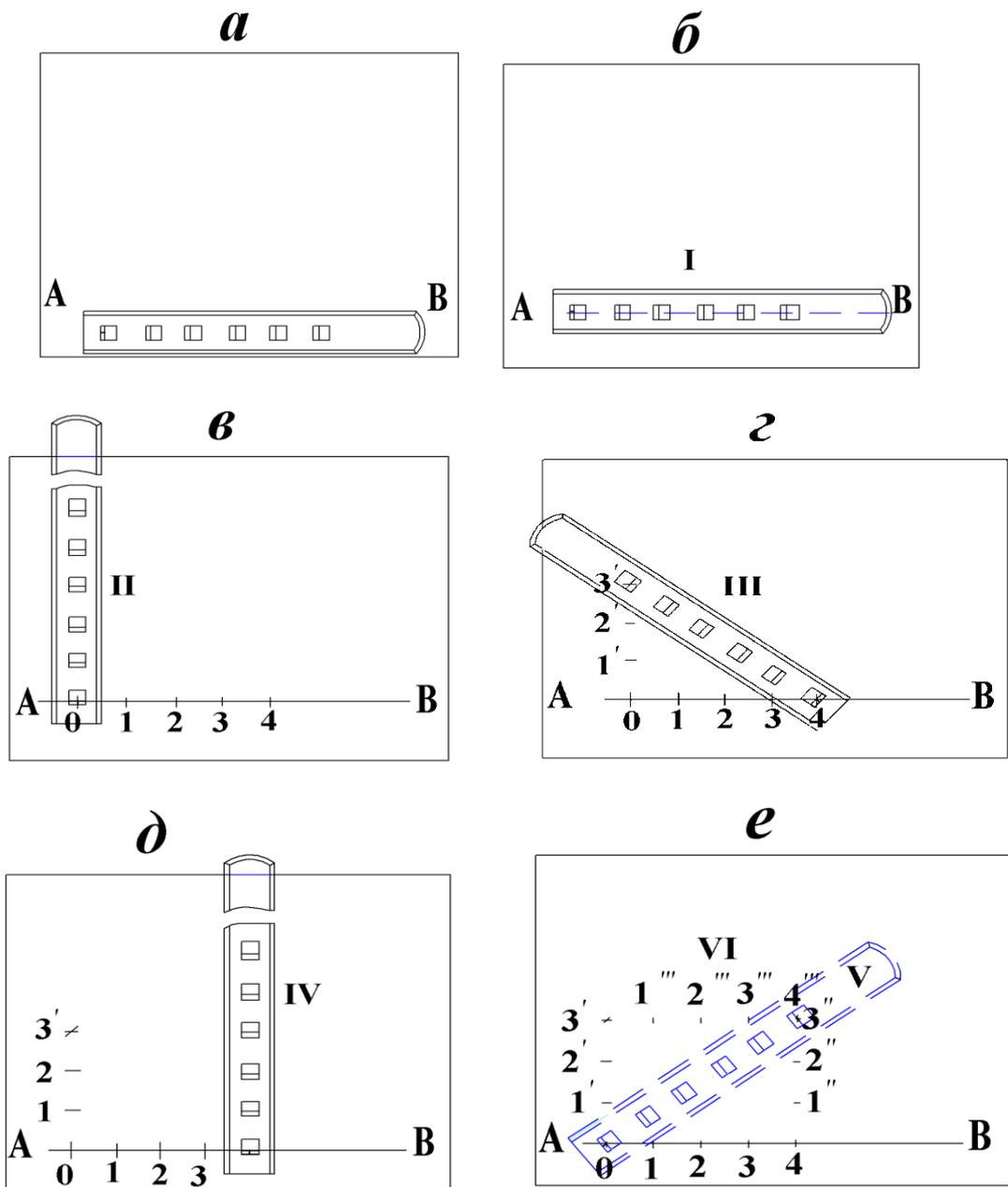


Рис. 2. Построение сетки дециметровых квадратов при помощи линейки ЛТ

Остро отточенным карандашом твёрдости не менее **2Т** проводят по скошенному краю линейки прямую линию **АВ**. Линейку накладывают на прочерченную линию так, чтобы линия располагалась по центрам окон линейки. По скошенным краям первых пяти окон (0, 10, 20, 30, 40) проводят линии (см. рис. 2-б), которые в пересечении с прямой **АВ** образуют точки **0, 1, 2, 3, 4** (рис.2-в). Эти точки накалывают иглой циркуля-измерителя. Располагают линейку приблизительно перпендикулярно линии **АВ** так, чтобы начальная точка "а" линейки была совмещена с наколом в точке **0**. По скошенным краям трёх окон 10, 20, 30 проводят линии **1', 2', 3'**. В положении **III** (см. рис. 2-г) начальную точку "а" совмещают с наколом **4**; по скошенному краю окна **50** проводят линию, пересечение её с линией **3'** накалывают иглой. В четвёртом положении (см. рис. 2-д) линейку вновь располагают приблизительно перпендикулярно линии **АВ** так, чтобы начальная точка "а" линейки была совмещена с наколом **4**. По скошенным краям окон 10, 20, 30 прочерчивают линии **1'', 2'', 3''**. Пятое положение линейки (показано штрихами) подобно положению **III**

соответствует гипотенузе прямоугольного треугольника. Начальную точку "а" линейки совмещают с точкой 0; скошенный край окна 50 должен пересечь линию 3''. В шестом положении (см. рис.2-е) начальную точку "а" линейки совмещают с насколом в точке 3', по скошенному краю окна 40 прочерчивают линию 4'''.

Если стороны треугольника погрешностей, полученного засечками трёх положений линейки (IV, V, VI), не превышают 0,2 мм, то центр треугольника принимают за окончательное положение точки 4⁰ засечки (рис.3).

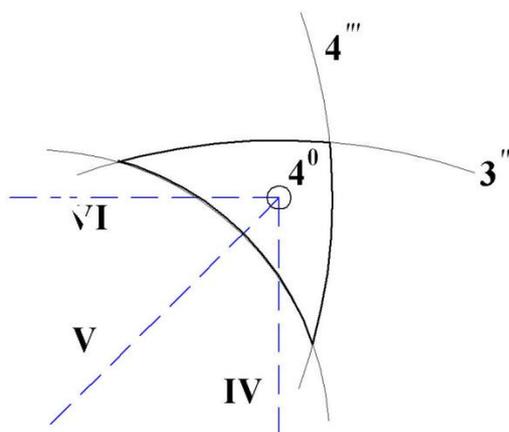


Рис. 3. Треугольник погрешностей

Совместив скошенный край окна 40 линейки с насколом в этой точке, по скошенным краям окон 10, 20, 30 проводят линии 1''', 2''', 3'''. По скошенному краю ребра "б" линейки проводят линии: 0 – 3', 1 – 1''', 2 – 2''',

3 – 3''', 4 – 4⁰; 1' – 1'', 2' – 2'', 3' – 4⁰. Вершины дециметровых квадратов также накалывают иглой измерителя.

3.2 Оцифровка линий координатной сетки

Напомним, применяемая в геодезии система прямоугольных координат на плоскости – левая, в отличие от аналогичной системы в аналитической геометрии – правой. Положение осей координат в применяемой системе показано на рис. 4.

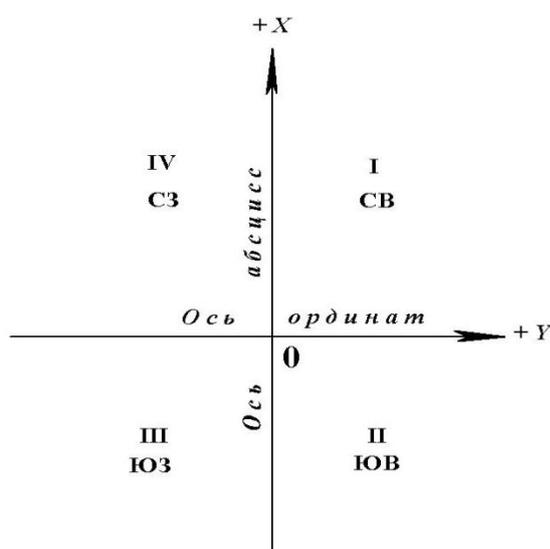


Рис. 4. Расположение осей координат и названия (номера) четвертей

Координатная сетка образована линиями, проведенными на плане через один дециметр (дециметровая сетка квадратов) параллельно осям координат. Расстояния L_i этих линий от осей координат соответствует на местности величинам, определяемым по формуле

$$L_i = i \cdot (10 \text{ см} \cdot M) : 100 ,$$

где i – номер линии, M – знаменатель численного масштаба плана.

Пример 2.1. Определим, какому расстоянию на местности соответствует пятая линия координатной сетки на планах масштабов: 1:1000; 1:500.

Решение. Для плана масштаба 1:1000

$$L_5 = 5 \cdot (10 \text{ см} \cdot 1000) : 100 = 500 \text{ м},$$

а для плана масштаба 1:500

$$L_5 = 5 \cdot (10 \text{ см} \cdot 500) : 100 = 250 \text{ м}.$$

В контрольной работе предусмотрено построение топографического плана в масштабе 1:1000, для которого формулу можно записать в виде

$$L_i = 100 \cdot i, \text{ м}.$$

На топографических планах масштабов 1:500 и 1:1000 оцифровывают (подписывают) лишь крайние (северную, южную, западную и восточную) линии координатной сетки.

Изображаемая на плане (в контрольной работе) территория земной поверхности занимает площадь 3×3 дециметровых квадратов. Номера южной ($N_{ю}$) и западной ($N_{з}$) линий координатной сетки определяют по формулам:

$$N_{ю} = \varepsilon \left(\frac{X \text{ min}}{100} \right), \quad N_{з} = \varepsilon \left(\frac{Y \text{ min}}{100} \right),$$

если величины $X \text{ min}$ и $Y \text{ min}$ – числа положительные, где ε – символ выделения целой части от выражения, записанного в скобках.

Если $X \text{ min}$ и $Y \text{ min}$ – числа отрицательные, то следует применять формулы:

$$N_{ю} = \varepsilon \left(\frac{|X \text{ min}|}{100} \right) + 1, \quad N_{з} = \varepsilon \left(\frac{|Y \text{ min}|}{100} \right) + 1.$$

Если числа, соответствующие значениям координат ($-X \text{ min}$) и ($-Y \text{ min}$), содержат число десятков не более двух, то $N_{ю}$ и $N_{з}$ следует вычислять по формулам:

$$N_{ю} = \varepsilon \left(\frac{|X \text{ min}|}{100} \right), \quad N_{з} = \varepsilon \left(\frac{|Y \text{ min}|}{100} \right).$$

Пример 2.2. $X \text{ min} = + 83,18 \text{ м}, \quad Y \text{ min} = - 511,93 \text{ м}.$

$$N_{ю} = \varepsilon \left(\frac{83,18}{100} \right) = \varepsilon(0,8318) = 0,$$

$$N_{з} = \varepsilon \left(\frac{|-511,93|}{100} \right) = \varepsilon(5,1193) = 5.$$

Здесь в значении $Y \text{ min} = 511,93 \text{ м}$, число десятков $\approx 1,2$, т.е. меньше двух.

Пример 2.3. $X \text{ min} = 826,78 \text{ м}, \quad Y \text{ min} = - 147,23 \text{ м}.$

$$N_{ю} = \varepsilon \left(\frac{|-826,78|}{100} \right) + 1 = \varepsilon(8,2678) + 1 = 9,$$

$$N_{з} = \varepsilon \left(\frac{|-147,23|}{100} \right) + 1 = \varepsilon(1,4723) + 1 = 2.$$

Пример 2.4. $X_{min} = + 2,32 \text{ м},$ $Y_{min} = - 17,11 \text{ м}.$

$$N_{ю} = \varepsilon\left(\frac{2,32}{100}\right) = \varepsilon(0,0232) = 0,$$

$$N_{з} = \varepsilon\left(\frac{|-17,11|}{100}\right) = \varepsilon(0,1711) = 0.$$

Южные и западные линии координатной сетки для рассмотренных примеров 2.2 – 2.4 должны быть подписаны числами, соответствующими на местности расстояниям L_i , вычисляемым по формуле 2.2 со знаками, соответствующими знакам координат X_{min} и Y_{min} . В формуле для L_i вместо i следует подставить $N_{ю}$ или $N_{з}$. Если эти числа увеличить на + 300 м, то получим числа, которыми следует подписать соответственно северную и восточную линии сетки координат плана масштаба 1:1000.

Вычислим числа, которыми следует подписать крайние линии координатной сетки в примере 2.2. Номер южной линии $N_{ю} = 0$.

$L_i = L_{N_{ю}} = L_0 = 100 \cdot 0 = 0$ м, значит, южная линия сетки совпадает с осью ординат и должна быть подписана нулём "0". Северная линия имеет оцифровку + 300, как $0 + 300$ м. Номер западной линии $N_{з} = 5$.

$L_i = L_{N_{з}} = L_5 = 100 \cdot 5 = 500$ м. Учитывая, что значение ординаты число отрицательное ($Y_{min} = - 511,93$), следует западную линию координатной сетки подписать - 500. Восточная линия будет иметь оцифровку – 200, как $- 500 + 300 = - 200$ м. Линии сетки с их оцифровкой показаны на рис. 5.

2. Накладка на план точек (вершин) геодезического обоснования по их прямоугольным координатам

После оцифровки крайних линий координатной сетки приступают к накладке вершин теодолитных ходов на план по их координатам. Прямоугольные координаты вершин теодолитных ходов вычисляют в таблице – ведомости. Накладку вершин теодолитных ходов рассмотрим на примере. Требуется на план, фрагмент которого приведён на рис. 5, наложить по координатам две вершины № 69 и № 65 теодолитного хода.

По значениям координат вершин № 69 и № 65 (табл.1) определяют квадраты, в которых эти точки должны располагаться.

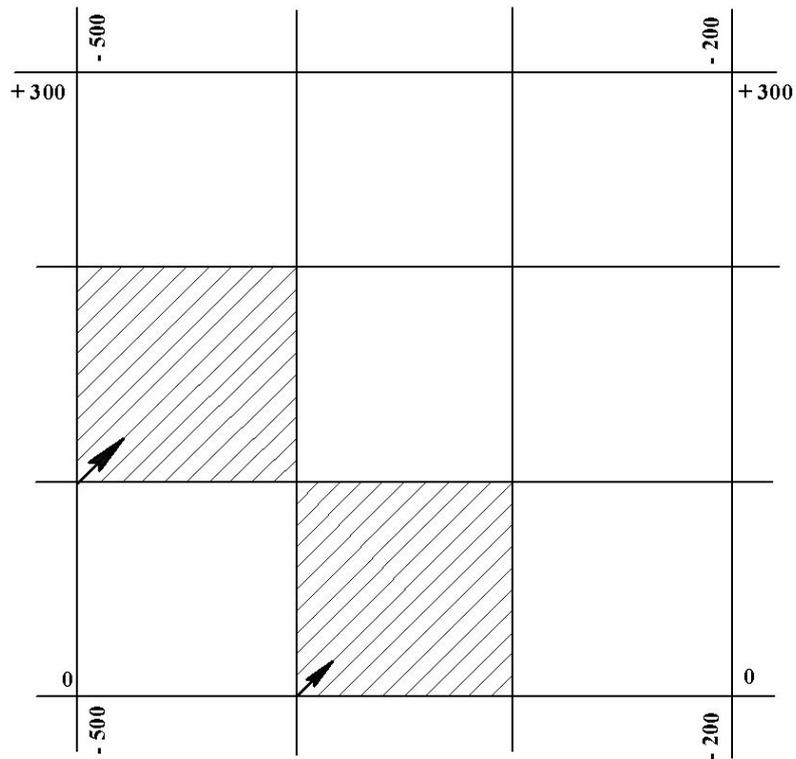


Рис. 5. Оцифровка линий координатной сетки

Таблица 1

Фрагмент ведомости координат вершин теодолитных ходов

№ вершин	Горизонтальные проложения <i>d, м</i>	К о о р д и н а т ы		№ вершин
		± X, м	± Y, м	
1	6	13	14	15
26	90,80			26
69	101,79	+ 147,29	- 401,82	69
65	81,68	+ 55,58	- 357,65	65
77				77

Квадрат обозначают координатами его юго-западного угла $X_{юз}/Y_{юз}$.

В нашем примере точка № 69 с координатами $X_{69}=+ 147,29$ м и

$Y_{69}=- 401,82$ м находится в квадрате +100/-500, а точка № 65 с координатами $X_{65}=+55,58$ и $Y_{65}=-375,65$ - в квадрате 0/-400.

Находят разности абсцисс (ΔX) точки и ближайшей южной линии сетки.

$$\Delta X_1 = X_{69} - (+100) = +147,29 \text{ м} - 100 \text{ м} = +47,29 \text{ м},$$

$$\Delta X_2 = X_{65} - 0 = +55,82 \text{ м} - 0 \text{ м} = +55,82 \text{ м}.$$

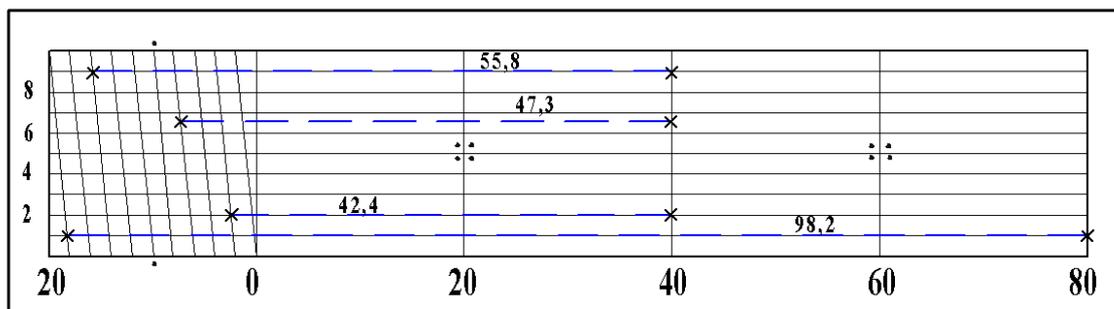


Рис. 6. Масштабная линейка (поперечный масштаб)

С учетом того, что точность масштаба плана составляет 0,1 м, значения ΔX_1 и ΔX_2 следует округлить до десятых метра, т.е. $\Delta X_1 \approx +47,3$; $\Delta X_2 \approx +55,8$ м.

Эти значения с помощью масштабной линейки и циркуля-измерителя откладывают на боковых (западной и восточной) сторонах соответствующего квадрата (см. рис. 6 и 7) от ближайшей южной линии сетки на север (вверх).

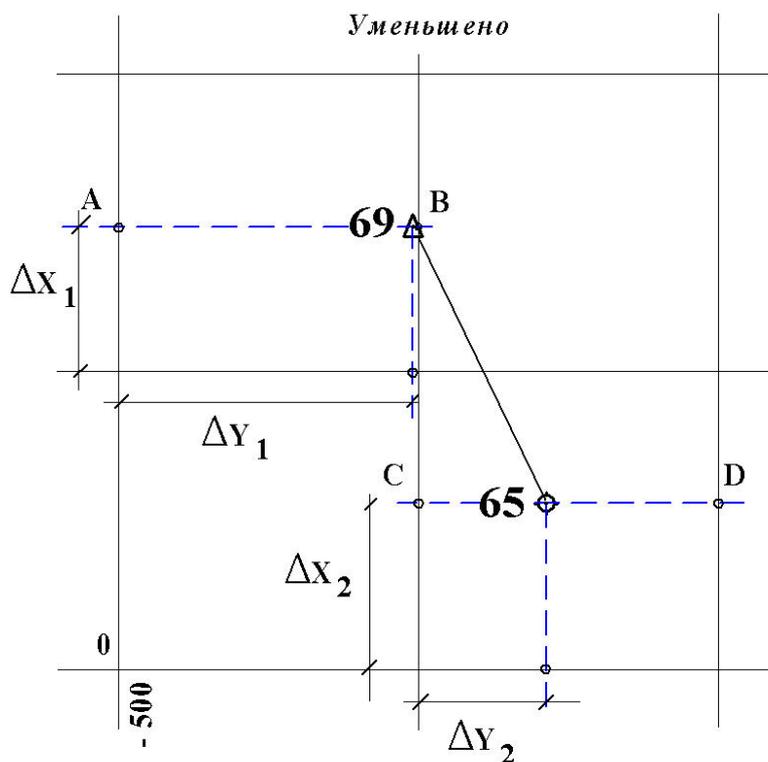


Рис. 7. Накладка на план вершин теодолитного хода

Точки А,В,С,Д, полученные на боковых сторонах квадратов, соединяют горизонтальными прямыми (на рис. 7 показаны штрихами) АВ и СД. Эти линии лучше прочертить иглой измерителя, слегка наклоня её по направлению линий.

Вычисляют разности ординат (ΔY) точек и западных линий сетки дециметровых квадратов. Эти значения с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки откладывают на линиях АВ и СД от западных сторон координатной сетки дециметровых квадратов. Для точки № 69 разность равна

$$\Delta Y_1 = Y_{69} - (-500) м = -401,82 - (-500) = +98,18 м.,$$

а для точки № 65

$$\Delta Y_2 = Y_{65} - (-400) м = +357,65 - (-400) = +42,35 м.$$

С учётом точности масштаба плана $\Delta Y_1 = +98,2\text{м}$, $\Delta Y_2 \approx +42,4\text{м}$. Правые (западные) концы отрезков ΔY являются искомыми точками.

После накладки каждой точки следует при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки проконтролировать расстояния между соседними точками, сравнивая их с соответствующими длинами горизонтальных проложений в ведомости координат. Допустимые расхождения не должны превышать удвоенной точности масштаба плана, т.е. 0,2 м.

Точки накалывают иглой измерителя (накол - слабый укол иглой бумаги, расположенной на твёрдой поверхности) и подписывают (см. рис. 7 и 8): слева – номер точки; справа – высотная отметка точки, которую выписывают из журнала съёмочных пикетов. Точки соединяют тонкими линиями, карандашом твердости 2Т, 3Т, доводя их до условного знака точки.

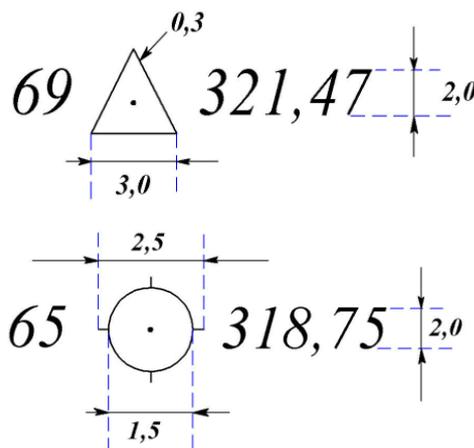


Рис. 8. Условные знаки точек (вершин) геодезической сети

3. Накладка на план контуров и предметов местности

Перед накладкой контуров и предметов местности следует внимательно изучить **топографические условные знаки**, т.е. условные графические обозначения, надписи и цифровые характеристики, применяемые для изображения, а также для количественной и качественной характеристик объектов местности на топографических планах и картах.

В настоящее время действуют "Условные знаки" [2]. В контрольной работе используется лишь незначительная часть условных знаков.

На рис. 9 и 10 приведены схематические чертежи местности (**абрисы**), составленные при выполнении теодолитной и тахеометрической съёмках. Контур, предметы местности, а также рельеф должны быть изображены на плане в соответствии с этими чертежами и условными знаками.

АБРИС тахеометрической съёмки

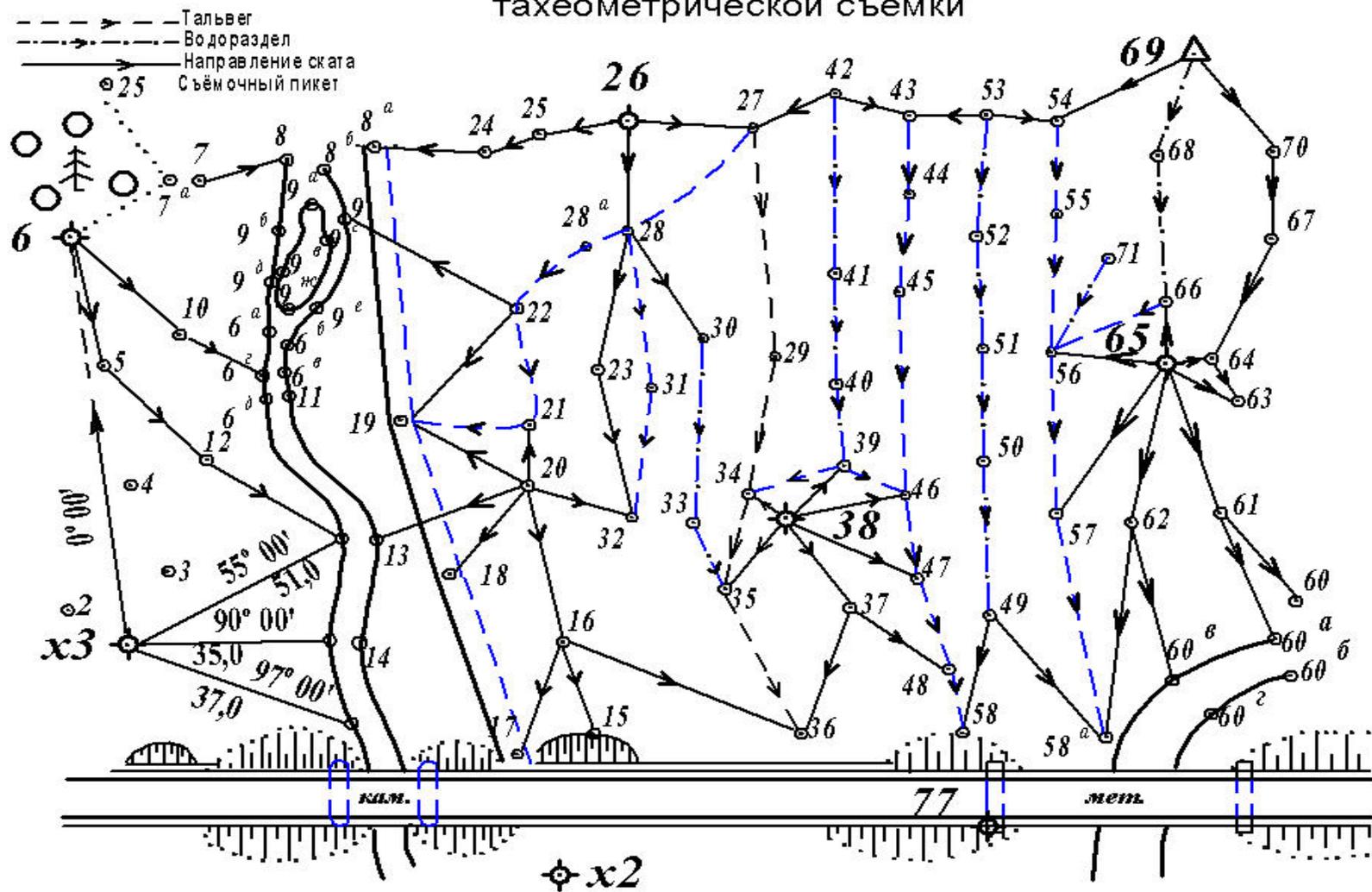
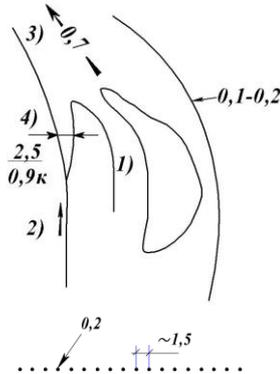
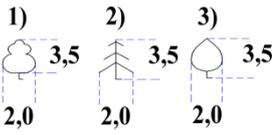
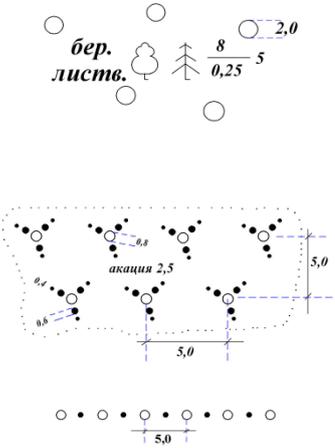
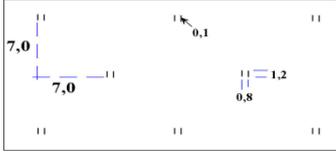
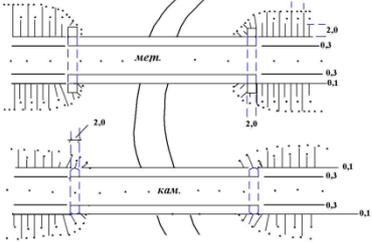
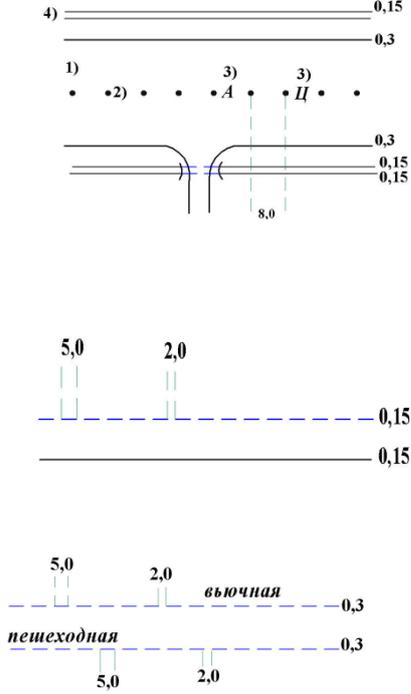


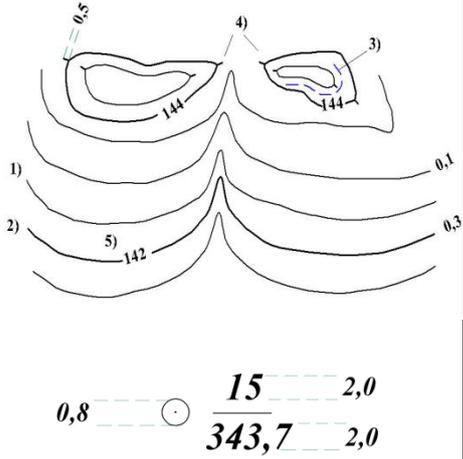
Рис. 10 Абрис тахеометрической съёмки

Условные знаки

Номер знака	Название и характеристика топографических объектов	Условные знаки топографических объектов для планов масштабов 1:1000, 1:500
<p>1</p> <p>Реки и ручьи:</p> <p>1) ширина выражается в масштабе плана,</p> <p>2) ширина не выражается в масштабе плана.</p> <p>Характеристики водотоков:</p> <p>3) направление и скорость течения в м/с</p> <p>4) ширина, глубина в метрах и грунт дна (при сочетании характеристик – ширина в числителе, глубина и грунт дна – в знаменателе)</p> <p>2</p> <p>Контурные растительности, сельскохозяйственных угодий, грунтов и др.</p> <p>3</p> <p>Характеристики лесных древостоев:</p> <p>По составу: 1) лиственные, 2) хвойные, 3) смешанные</p> <p>По метрическим данным: слева - в числителе дроби - средняя высота в метрах; в знаменателе – средняя толщина стволов, м; справа – среднее расстояние между деревьями, м</p>		<p>Гидрография</p>  <p>Древесная растительность</p>  <p style="text-align: center;">$\frac{12}{0,15}^3$</p>
<p>4</p> <p>Леса естественные высокоствольные</p> <p>5</p> <p>Кустарники:</p> <p>1) заросли;</p> <p>2) полосы кустарников и живые изгороди</p>		

<p>6</p> <p>7</p> <p>8</p>	<p>Растительность травная, луговая</p> <p>Мосты металлические однопролётные</p> <p>Мосты каменные, бетонные, железобетонные</p>	<p>Растительность травная (разнотравье)</p>  <p>Мосты, путепроводы и переправы</p> 
<p>9</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p>	<p>Автомобильные дороги с усовершенствованным покрытием (усовершенствованные шоссе): 1) проезжая часть; 2) разделительная линия полос движения; 3) материал покрытия (А–асфальт, асфальтобетон, Б–булыжник, Бм–битумоминеральная смесь, Бр–брусчатка, Г–гравий, К–камень колотый, Ц–цементобетон, Шл – шлак, Щ – щебень); 4) кювет</p> <p>Дороги грунтовые</p> <p>Тропы: вьючные и пешеходные</p> <p>Дороги по насыпям и дамбам (цифры-высоты насыпей в м)</p>	<p>Автомобильные и грунтовые дороги, тропы</p> 

13	<p>Линии электропередачи:</p> <p>1)на незастроенной территории</p> <p>2)на застроенной территории</p>	
14	<p>Линии связи и технических средств управления:</p> <p>1)воздушные проводные на незастроенных территориях</p> <p>2)воздушные кабельные на незастроенных территориях</p> <p>3)воздушные проводные на застроенных территориях</p>	
15	<p>Горизонтالي:</p> <p>1)основные (через заданный интервал сечения рельефа)</p> <p>2)утолщенные (через заданный интервал основного сечения)</p> <p>3)дополнительные (полугори-зонтالي – на половине высоты основного сечения)</p>	

16	<p>4) указатели направления скатов (бергштрихи) 5) надписи горизонталей, м</p> <p>Съёмочный пикет: числитель - номер пикета, знаменатель - высотная отметка, м</p>	
----	--	---

Вычерчивание на плане шоссе. На местности шоссе было снято способами теодолитной съёмки: перпендикуляров, полярным и створов. Для построения изображения шоссе на плане необходимы, поэтому, следующие чертёжные принадлежности: топографический транспортир, прямоугольный треугольник, линейка с миллиметровой шкалой, циркуль-измеритель, масштабная линейка, карандаши твёрдости 2Т и Т, карандашная резинка (ластик). По линии $x_2 - x_3$ (см. рис. 11) в масштабе плана от точки x_2 откладывают отрезки: 54,2; 56,3; 62,3; 64,3; 65,3 метров. Тонкой линией соединяют точку № 77 с концом отрезка 54,2 м. На этой линии от точки № 77 отложить отрезки: 8,0; 25,0; 41,0; 58,0; 71,0; 83,0; 98,0; 108,0 м. Из точек-концов полученных отрезков, включая точку № 77, восстанавливают перпендикуляры в сторону северной рамки плана. Перпендикуляры лучше прочертить иглой измерителя или остро заточенным карандашом. След от карандаша должен быть слабым, так как после построения его убирают резинкой.

На перпендикулярах от оснований откладывают отрезки до точек, возле которых на абрисе (см. рис. 10) стоят числа, соответствующие на местности расстояниям до этих точек.

Вычерчивание на плане береговых линий и мостов

В точке № 77 располагают транспортир, как показано на рис. 1

Против отсчетов по лимбу транспортира: $64^{\circ}30'$, 90° и 123° намечают карандашом небольшие штрихи. Через точку № 77 и эти штрихи прочерчивают линии, как было описано выше, и от точки № 77 откладывают отрезки в масштабе плана:

- на первой линии 40 м,
- на второй 12,8 и 20,0 м,
- на третьей 12,8 и 19,2 м.

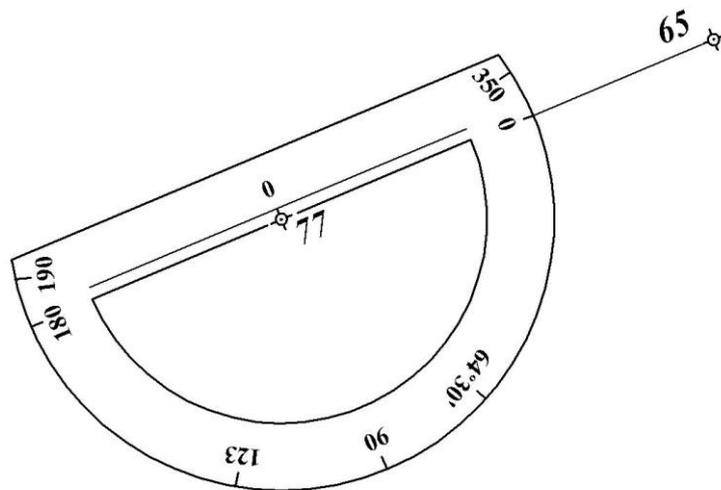


Рис. 11. Ориентирование лимба транспорта по линии 77 - 65

Полученные точки соответствуют на местности:
 первая – краю опоры моста, обращенной к берегу,
 остальные - точкам береговых линий реки.

Откладывают на перпендикулярах в точках № 77 и "А" (рис. 12) от оснований отрезки: 2,0; 8,0 и 10,0 м.

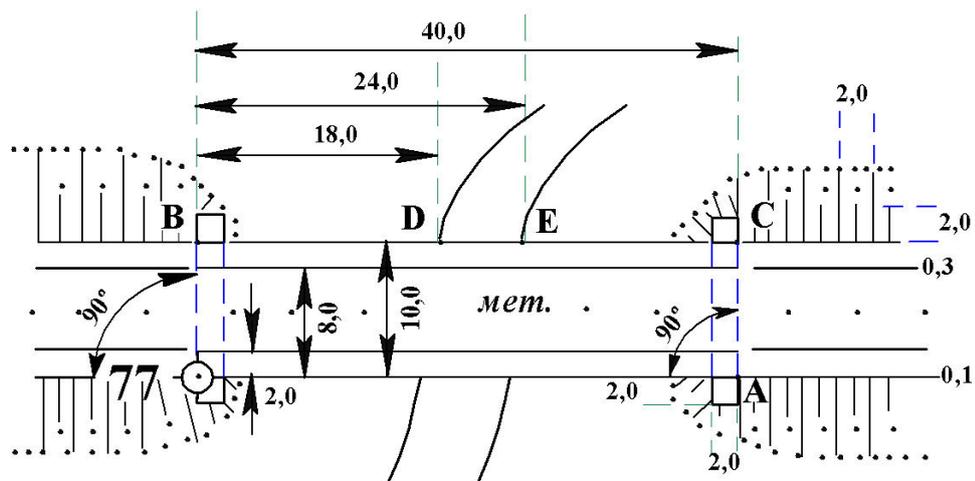


Рис. 12. Построение металлического моста и береговых линий

Полученные точки "В" и "С" соответствуют на местности краям опор моста, обращенным к берегам реки. От точки "В", как от начала, откладывают отрезки, соответствующие на местности расстояниям 18,0 и 24,0 метров. Точки "D" и "E" – точки береговых линий реки.

От точки геодезического обоснования x_1 к точке № 77 (рис. 13) откладывают отрезки, соответствующие на местности расстояниям: 32,0; 48,0; 58,3 м. Концы отрезков в 48,0 и 58,3 м являются на местности точками береговых линий. Конец отрезка в 32,0 м соединить линией с точкой геодезического обоснования x_2 .

От точки "F" (см. рис. 15) по направлению к точке x_2 откладывают отрезки: 14,0; 44,0; 66,0 м в масштабе плана.

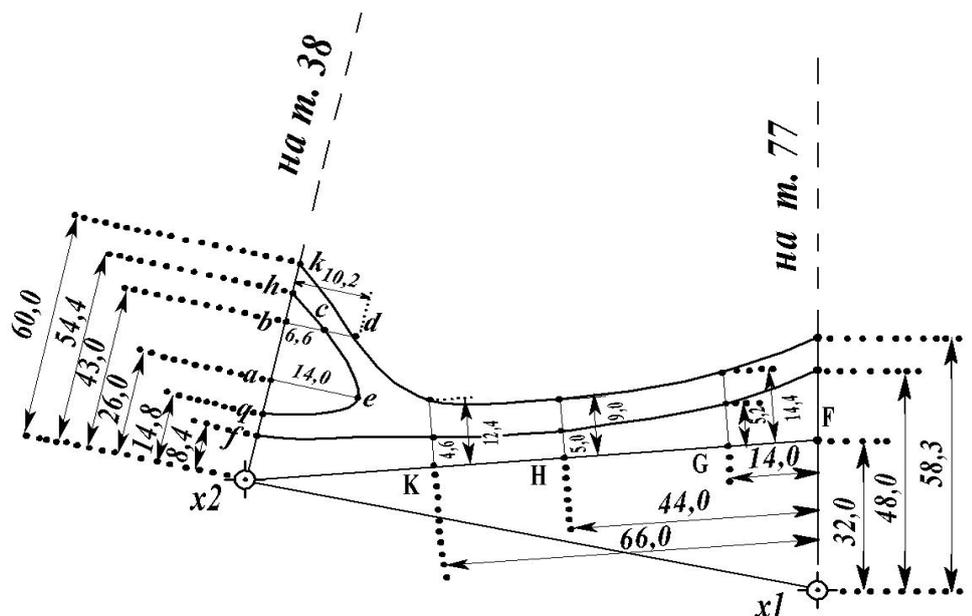


Рис. 13. Построение береговых линий реки

Из полученных точек G, H, K восстанавливают перпендикуляры. На перпендикулярах откладывают отрезки, длины которых в метрах приведены на рис. 11 и 15. Концы отрезков соответствуют на местности точкам береговых линий. От точки геодезического обоснования x_2 на линии $x_2 - 38$ откладывают отрезки: 8,4; 14,8; 26,0; 43,0; 54,4; 60,0 метров в масштабе плана. Концы отрезков – точки f, g, h, k – соответствуют на местности точкам береговых линий. Из точек a и b восстанавливают перпендикуляры, на которых откладывают отрезки: $ae = 14,0$; $bc = 6,6$; $bd = 10,2$ м в масштабе плана. Концы отрезков c, d, e – точки береговых линий. Построение изображения каменного моста и точек береговых линий у моста выполняют в следующей последовательности.

По линии $77 - P$ (рис.14) концы отрезков Q и R , равных на местности расстояниям от точки № 77 соответственно 83,0 и 98,0 м, обозначают края опор моста, обращенные к берегу. Восстановив в точках R и Q перпендикуляры, откладывают на них отрезки, соответствующие на местности по 10 м. Полученные точки S и T на местности соответствуют граням моста, обращенным к берегу.

От точки S к точке T откладывают отрезки 7,4 и 10,8 м. От точки Q к точке R откладывают отрезки 4,4 и 7,5 метров. Точки k, l, m, n соответствуют на местности точкам береговых линий реки.

Примечание. Все вспомогательные линии, размеры отрезков, обозначения точек - на топографическом плане не изображаются. Береговые линии рек, контуры угодий, откосов, тропы – проводятся от руки, без линейки. Прямые линии дорог, линий связи и электропередачи проводят по линейке.

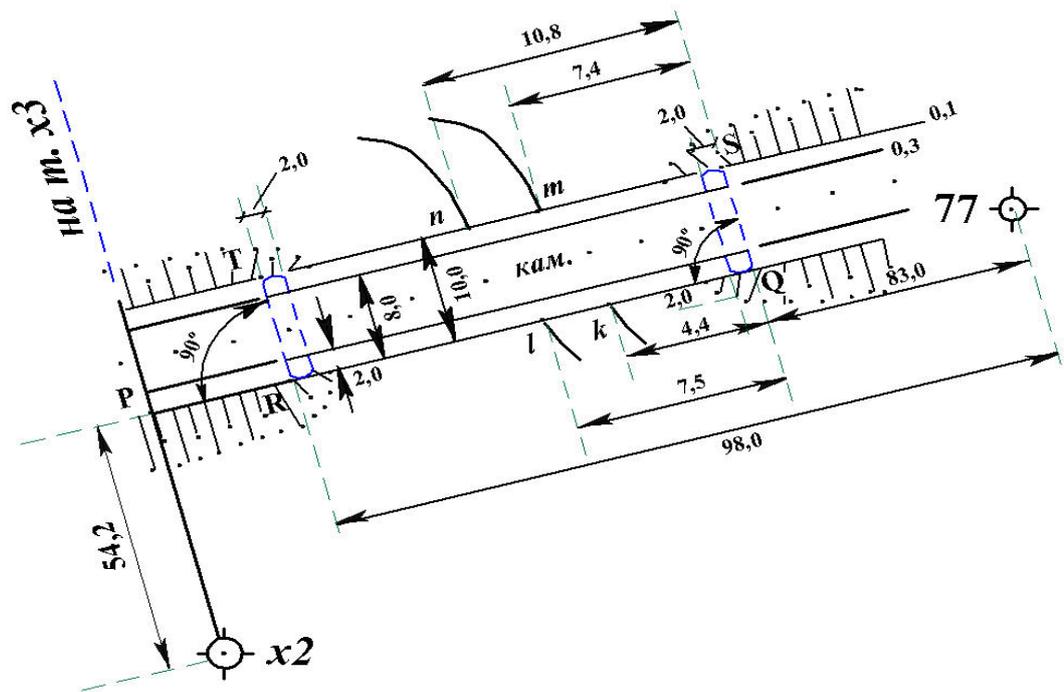


Рис. 14. Построение каменного моста

4 Накладка на план съёмочных пикетов

Положение съёмочных пикетов относительно точек съёмочного геодезического обоснования при тахеометрической съёмке определяется в системе полярных координат.

Основные определения.

Съёмочная точка – точка геодезического обоснования (станция), с которой выполняется съёмка участка местности (набор съёмочных пикетов). **Съёмочный пикет** – точка поверхности Земли, положение которой определяется относительно съёмочных точек в процессе съёмки.

Абрис – схематический чертеж участка местности.

Для накладки на план съёмочных пикетов необходимы следующие принадлежности:

- 1) масштабная линейка;
- 2) циркуль – измеритель;
- 3) карандаши твёрдости М, ТМ, 2Т;
- 4) треугольник;
- 5) линейка с миллиметровой шкалой;
- 6) карандашная резинка (ластик).

Накладку съёмочных пикетов выполняют по результатам вычислений в полевом журнале съёмочных пикетов [1], описания пикетов и абриса тахеометрической съёмки (см. рис. 10).

Рассмотрим накладку пикетов, съёмка которых выполнена со станции № 69. Исходные данные для накладки приведены во фрагменте журнала тахеометрической съёмки (табл. 3). Этапы накладки показаны на рис. 15, 16 и 17.

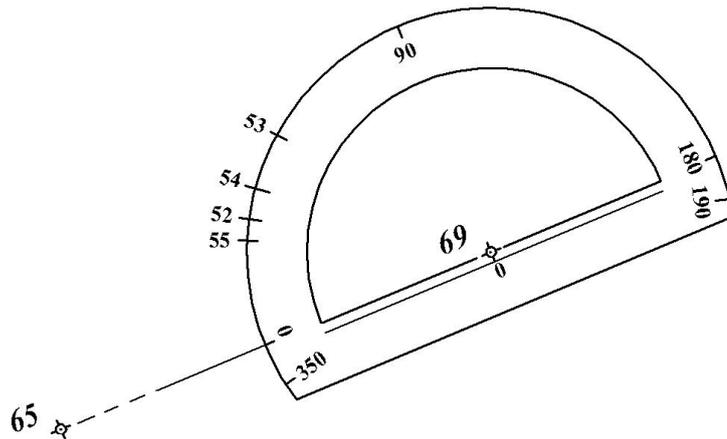


Рис. 15. Ориентирование лимба транспортира по линии 69 – 65

Лимб теодолита при съемке был ориентирован по линии 69-65, поэтому транспортир располагают так, чтобы центр его совпал с точкой № 69, а диаметр $0^\circ - 180^\circ$ был совмещён с линией 69–65, причем цифра 0° диаметра (см. рис. 15) была обращена к точке № 65. На плане против отсчетов по лимбу транспортира: $51^\circ 15'$, $37^\circ 46'$, $25^\circ 15'$, $29^\circ 30'$, соответствующих отсчетам по горизонтальному кругу при визировании на съемочные пикеты, – остро заточенным карандашом прочерчивают короткие штрихи, которые подписывают числами 53, 54, 55 и 52, соответствующими номерам съемочных пикетов. Если отсчеты по горизонтальному кругу теодолита больше 180° , транспортир располагают так, чтобы число 180° диаметра лимба транспортира было обращено к точке № 65 (см. рис. 16).

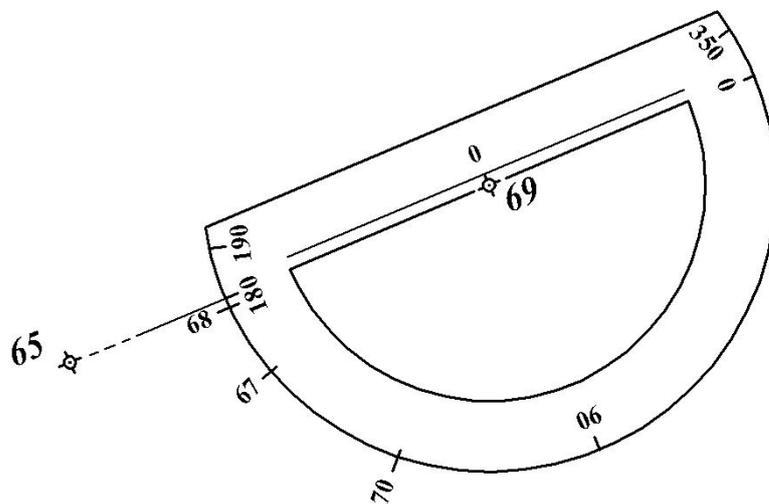


Рис. 16. Ориентирование лимба транспортира по линии 69-65 при отсчетах по горизонтальному кругу теодолита, больших 180°

В этом случае отсчет по лимбу транспортира следует вычислить как: отсчет по горизонтальному кругу теодолита минус 180° .

Например, отсчет по горизонтальному кругу теодолита (см. табл. 3), взятый при визировании на съемочный пикет № 70, равен $311^\circ 30'$. Отсчет по лимбу транспортира будет равен $311^\circ 30' - 180^\circ = 131^\circ 30'$.

Раствором измерителя, определенного с помощью поперечного масштаба, откладывают от станции № 69 длину горизонтального проложения по направлению на съемочный пикет.

Линию "станция – съёмочный пикет" определить гранью линейки. Для этого иглу измерителя совмещают с точкой № 69. Грань линейки прикладывают к игле и, поворачивая её вокруг иглы, совмещают со штрихом, обозначающим направление на съёмочный пикет. Вдоль грани откладывают длину горизонтального проложения линии от станции до съёмочного пикета (см. рис. 17).

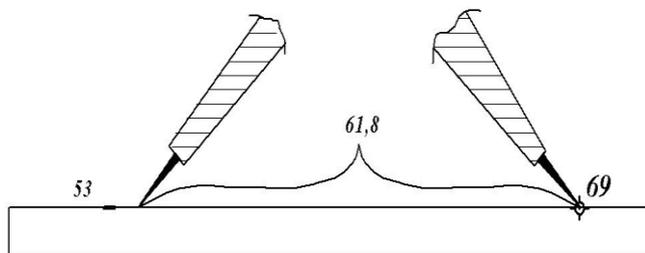


Рис. 17. Определение линии "станция - съёмочный пикет"

Таблица 3

Журнал съёмочных пикетов

Но- мера стан- ций	Но- мера пике- тов	Отсчёты по гори- зонталь- ному кругу	Дально- мерные расстоя- ния n , см	Гори- зонт. проло- жения d , м	Отсчёты по вер- тикаль- ному кругу L	v	h'	l	h	H , м	Описание расположе- ние кон- турных точек (пикетов)	
			Станция № 69 $i = 1,36$								715,87	
			$R = 170^{\circ}16'$ $L = 9^{\circ}42'$ $MO = - 0^{\circ}01'$									
			Лимб ориентирован по линии 69 – 65									
69	65	0° 00'										
	53	51 15	62	61,8	356° 34'	-3°25'	-3,69	1,31	-3,64	712,23		
	54	37 46	52		354 05			1,26				
	55	25 15	77		354 14			1,38				
	52	29 30	89		355 52			1,44				
	68	358 45	45		356 49			1,22				
	67	342 06	63		354 04			1,32				
	70	311°30'	27	26,7	354°19'	-5°40'	-2,65	1,14	-2,43	713,44		

5 Интерполирование горизонталей

Основные определения

Горизонталь – линия равных высот точек местности на плане или карте. **Высота сечения рельефа** – заданное расстояние между соседними секущими уровенными поверхностями при изображении рельефа горизонталями. **Заложение** – расстояние на плане или карте между двумя последовательными горизонталями по заданному направлению.

Заложение ската – заложение по направлению, нормальному к горизонталям.

Интерполирование горизонталей – определение следов горизонталей на отрезке линии между двумя съёмочными пикетами.

Высота сечения рельефа в контрольной работе принята равной **0,5 м**. Существует несколько методов интерполирования горизонталей. Приведем два из них.

5.1 Аналитический метод интерполирования горизонталей

В основе интерполирования – метод деления отрезка на пропорциональные части. Требуется найти следы горизонталей, кратных 0,5 м на отрезке прямой, если высоты концов отрезка известны. Порядок интерполирования показан на рис. 18.

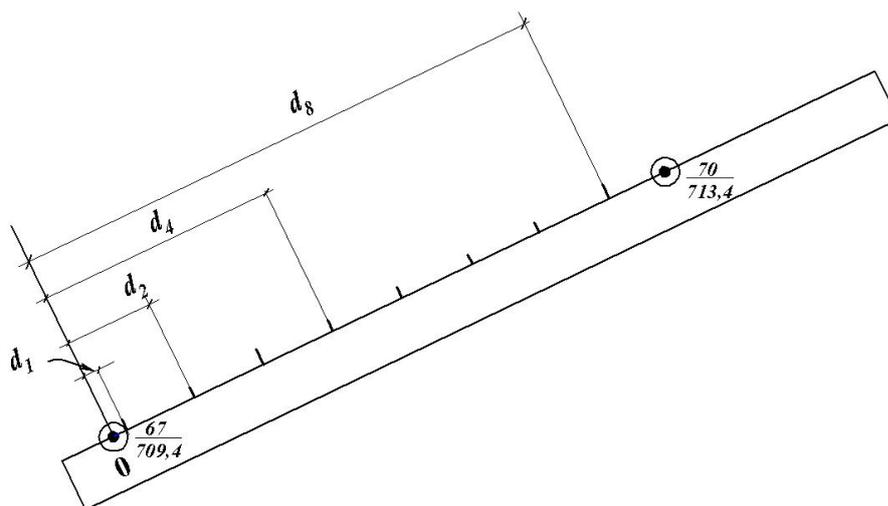


Рис. 18. Аналитический способ интерполирования горизонталей

Совмещают начало миллиметровой шкалы линейки с точкой, имеющей меньшую высоту. Вычисляют разность высот съёмочных пикетов

$$h_0 = H_{70} - H_{67} = 713,4 - 709,4 = +4,0 \text{ м.}$$

Измеряют расстояние d_0 между точками № 67 и № 70 в миллиметрах. Составляют пропорции:

$$\frac{d_0}{h_0} = \frac{d_i}{h_i},$$

где h_i – превышение каждой горизонтали относительно точки № 67, т.е.

$h_i = H_i - H_{67}$; d_i – расстояния в мм от точки № 67 до каждой горизонтали на отрезке 67 – 70. В нашем примере высоты H_i горизонталей следующие: 709,5; 710,0; 710,5; 711,0; 711,5; 712,0; 713,0 м.

На рис. 20 $d_0 = 56,0$ мм. Из пропорции получим

$$d_i = \frac{d_0}{h_0} h_i,$$

где i – номер горизонтали. Первая горизонталь от точки № 67 будет отстоять на расстоянии $d_1 = \frac{56,0}{4,0} \cdot h_1$. Если $h_1 = 709,5 - 709,4 = 0,1$ м., то $d_1 = \frac{56,0}{4,0} \cdot 0,1 = 1,4$ мм.

Расстояния остальных горизонталей от точки №67 следующие: $d_2 = 8,4$ мм, $d_3 = 15,4$ мм, $d_4 = 22,4$ мм, $d_5 = 29,4$ мм, $d_6 = 36,4$ мм, $d_7 = 43,4$ мм, $d_8 = 50,4$ мм. Штрихи, которыми на рис.20 отмечены концы отрезков длиной d_1, \dots, d_8 , есть следы искомых горизонталей.

5.2 Графический метод интерполирования горизонталей – - при помощи палетки

На листе прозрачной бумаги – кальке, размером 100×120 мм, вычерчивают ряд тонких линий, отстоящих одна от другой на расстоянии три миллиметра (рис. 19). На концах линии подписывают. Для интерполирования горизонталей между точками № 67 и № 70 палетку накладывают на план так, чтобы точка №67 с отметкой $H_{67} = 709,4$ м располагалась между линиями палетки 9,0 и 9,5, причем расстояние до точки от линии 9,0 должно составлять (на глаз) 4:5 расстояния между линиями. В точке №67 палетку прижимают иглой измерителя к ватману. Поворачивают палетку вокруг иглы, как вокруг полюса, до тех пор, пока точка №70 (см. рис. 19) не расположится между линиями 3,0 и 3,5 на расстоянии от линии 3,0, равном 4:5 расстояния между линиями.

Так, как точка № 70 по высоте находится в другом десятке метров ($H_{70} = 713,3$ м), это следует учитывать при повороте палетки.

На палетку укладывают линейку так, чтобы её ребро было совмещено с точками №67 и №70. Прижав линейку к палетке, иглой измерителя накалывают точки пересечения ребра линейки и линий палетки. Убирают палетку. Через наколы, перпендикулярно линии 67 – 70, проводят карандашом штрихи – следы горизонталей.

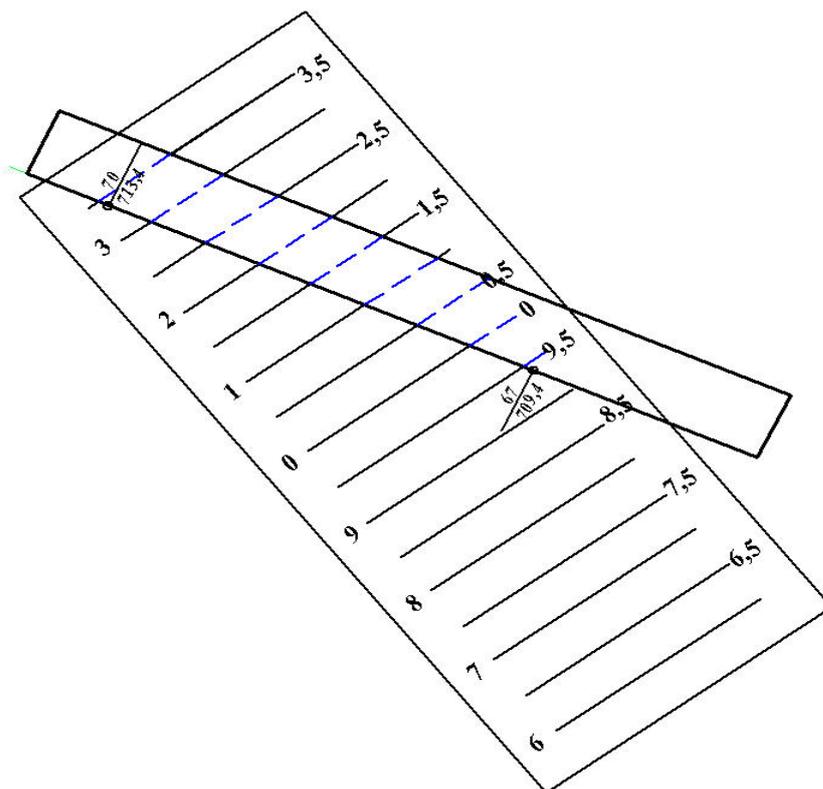


Рис. 19. Интерполирование горизонталей с помощью палетки

Интерполировать горизонтали можно лишь между точками, расположенными на одном скате, не имеющем перегибов. На абрисе тахеометрической съемки эти точки соединены линиями со стрелками, указывающими направление ската (рис. 20). Следы одноименных горизонталей соединяют плавными линиями, лишь слегка нажимая на карандаш. Поправив, если необходимо, горизонтали поднимают, т.е. вычерчивают более ярко, что достигается бóльшим нажимом на карандаш. При этом необходимо внимательно следить, чтобы карандаш был всегда остро заточен.

Горизонталы, кратные двум метрам, следует утолстить (толщина 0,2 – 0,3 мм) и подписать. Надписи горизонталей (отметки) означают их высоты в метрах.

Надписи горизонталей следует ориентировать основанием цифр вниз по скату, причем по возможности к южной или восточной рамкам плана. Указатели направления скатов (*бергштрихи*) наносят на горизонталы, воспроизводящие вершины, котловины и седловины, участки с малыми уклонами и затруднительные для чтения рельефа, а также у рамок плана. Толщина бергштриха – 0,1 мм, длина – 0,5 - 1,0 мм.

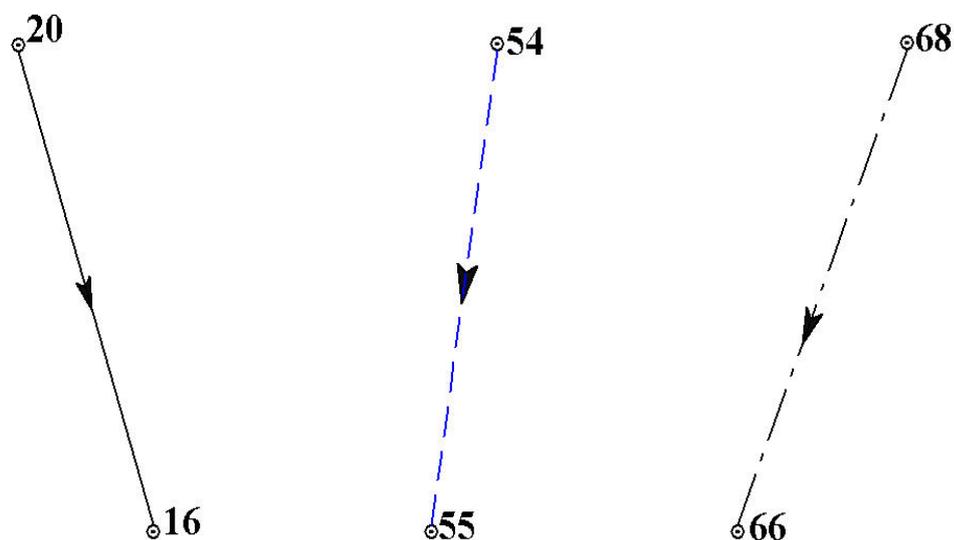


Рис. 20. Линии скатов одного уклона

6 Вычерчивание рамки. Зарамочное оформление

Завершением контрольной расчетно-графической работы является вычерчивание рамки топографического плана и зарамочное оформление.

На рис. 21 показан схематический чертеж рамки плана. На нем указаны отдельные части рамки, изображение которых детально, с соответствующими размерами, представлено в табл. 4 – 9.

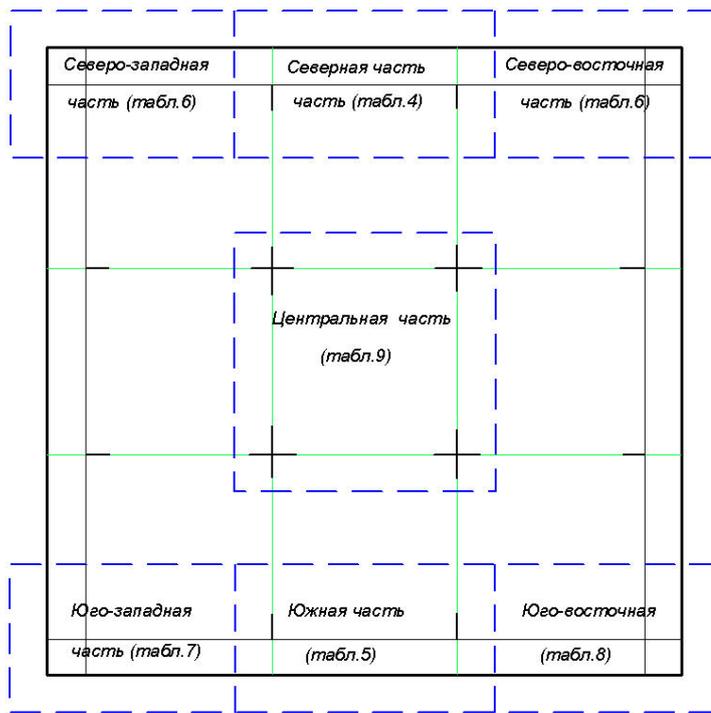


Рис. 21. Компонка топографического плана

Таблица 4



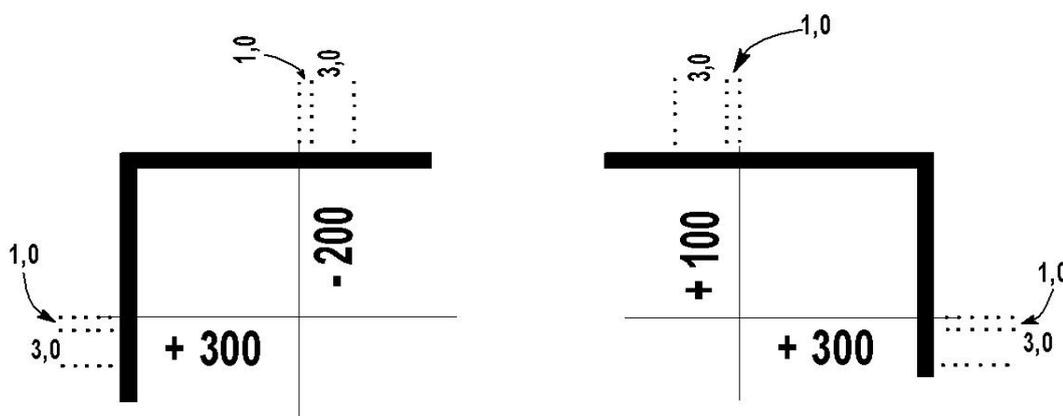
Таблица 5

Южная часть рамки

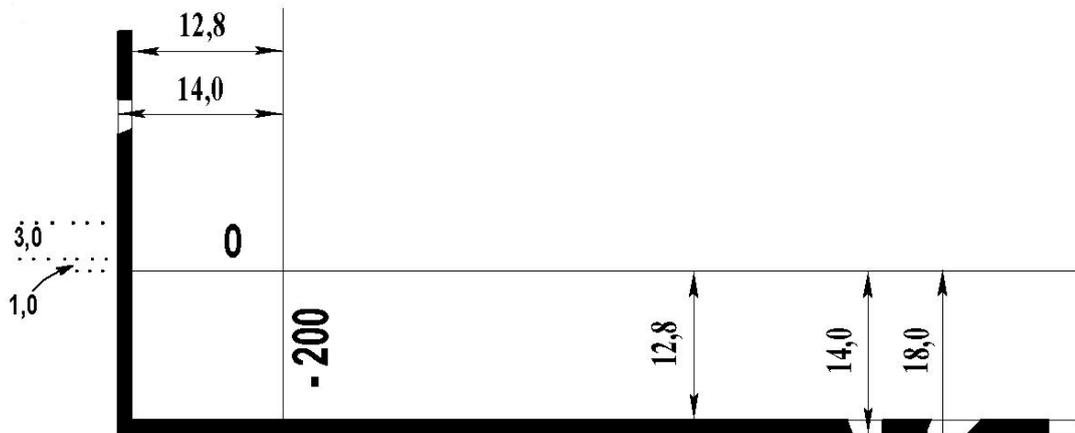


Таблица 6

Северо-западная и северо-восточная части рамки

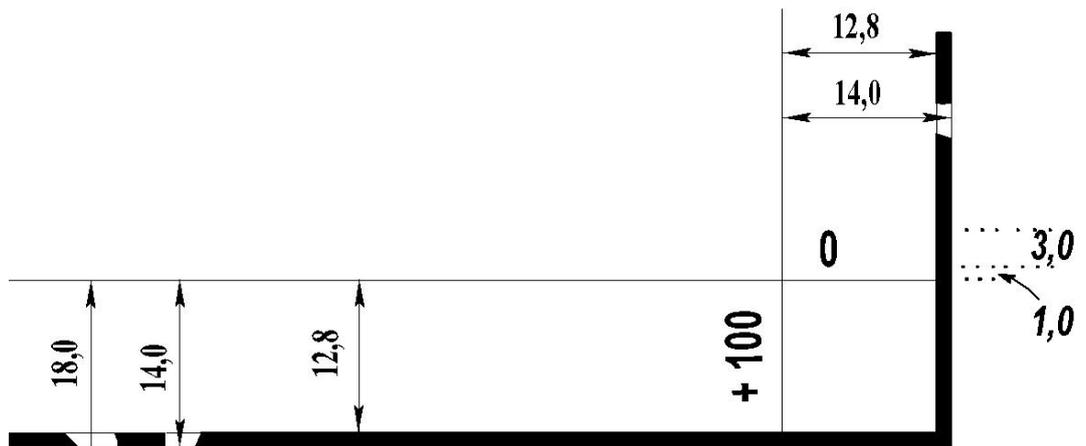


Юго-западная часть рамки



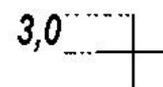
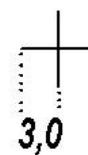
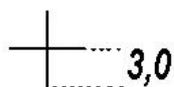
Работу выполнил студент группы СО - 2 2,0
 Неизвестных Е.В. 2,5 2,0
 Работу принял преподаватель Опалёв И.И. 2,5 2,0

Юго-восточная часть рамки



..... Теодолитно-тахеометрическая съёмка 2008 г.

Центральная часть рамки

**САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА №2****Построение продольного профиля линии местности по трассе автодороги**

Профилем линии местности называется сечение поверхности Земли отвесной плоскостью, проходящей через концы отрезков этой линии.

Порядок построения профиля

1.1 В графу 4 – "**Фактические отметки**" (рис. 22) – выписывают из журнала геометрического нивелирования высотные отметки соответствующих точек трассы, округлив их до сотых долей метра.

1.2 Верхняя линия профильной сетки называется линией условного горизонта. Этой линии придают значение отметки, которое выбирают в зависимости от значений фактических отметок – она должна быть кратной 5 м при том такой, чтобы самая низкая точка профиля отстояла от линии условного горизонта не ближе, чем на 3 см.

1.3. На перпендикулярах к линии условного горизонта, проведенных через соответствующие точки трассы, откладывают отрезки в масштабе 1 : 500, равные по длине разности между фактическими отметками этих точек и отметкой линии условного горизонта.

1.4 Концы этих отрезков соединяют прямыми линиями. Полученная ломанная линия является профилем линии местности по трассе автодороги.

1.5 Выше продольного профиля линии местности по трассе автодороги аналогично строят профили поперечников.

Надписи фактических отметок, и профили линий местности выполняют чёрной тушью (чернилами, пастой).

2 Построение проектного профиля трассы автодороги

Продольный профиль трассы автодороги состоит из отрезков прямых различных уклонов и круговых кривых заданного радиуса, величины которых задаются техническими условиями для различных категорий дорог.

В настоящей работе профиль трассы включает лишь прямолинейные участки.

2.1 На пикете №5 (ПК5) вычисляют проектную отметку профиля по формуле

$$H_{ПК5}^П = H_{ПК5}^Ф - 0,1 \cdot n,$$

где $H_{ПК5}^П$ - проектная отметка профиля на пятом пикете;

$H_{ПК5}^Ф$ - фактическая отметка земли на пятом пикете;

n - число метров, соответствующее количеству букв в фамилии, имени и отчестве студента. В соответствии с вычисленной отметкой наносят точку на профиль.

2.2 Отрезки прямых профиля трассы в обе стороны от ПК 5 проводят так, чтобы был обеспечен приблизительный баланс земляных работ – равенство объёмов насыпей и выемок.

2.3 Графически определяют проектные отметки точек профиля на ПК 0 и ПК 10, записывают их в графу "**Проектные отметки**" красной тушью (чернилами, пастой) против соответствующих точек трассы до сотых долей метра.

2.4 Определяют уклоны прямолинейных участков

$$i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d},$$

где i - уклон – тангенс угла наклона ν отрезка линии местности;

$h = H_K - H_H$ - превышение одного конца отрезка над другим;

H_K - проектная отметка правого на профиле конца отрезка;

H_H - проектная отметка левого на профиле конца отрезка;

d - длина горизонтального проложения отрезка.

Уклоны вычисляют с точностью до трёх значащих цифр и записывают в графе 2 (см. рис. 19) над диагональю графы в промилле. *Промилле-тысячная часть числа*. Например, уклон $i = 0,00134$ следует записать $1,34^0 /_{00}$. Под диагональю графы записывают длину горизонтального проложения отрезка. Если уклон положителен, то диагональ прямоугольника графы "**Уклоны**" проводят из левого нижнего угла в правый верхний, наоборот, если уклон отрицательный. Диагонали и надписи этой графы выполняют красной тушью (чернилами, пастой).

2.5 Вычисляют проектные отметки $H_j^П$ пикетов и плюсовых точек для каждого прямолинейного участка по формуле

$$H_j^П = H_H^П + i \cdot d_{H-j},$$

где $H_H^П$ - проектная отметка левого конца отрезка прямолинейного участка; d_{H-j} - расстояния от левого конца отрезка до точек, порядковый номер которых $j = 1, 2, 3, \dots$ и т.д.

Вычисленные отметки округляют до $0,01$ м и записывают в графу "**Проектные отметки**" против соответствующих точек профиля красной тушью (чернилами, пастой).

2.6 Вычисляют рабочие отметки h . *Рабочей отметкой называется численное значение высоты насыпи или глубина выемки грунта в данной точке земной поверхности.*

$$h = H^П - H^Ф,$$

где $H^П, H^Ф$ - соответственно проектная и фактическая отметки точки.

Рабочие отметки записывают красным цветом на перпендикулярах к линии условного горизонта против соответствующих точек трассы со стороны проектной линии.

2.7 В точках пересечения проектного профиля трассы с профилем линии местности, называемых *точками нулевых работ*, рабочие отметки, равные 0,00 м, записывают синим цветом.

2.8 Вычисляют проектные отметки точек нулевых работ в последовательности:

а) вычисляют расстояния X и Y (рис. 23) точки нулевых работ 3 до предыдущей 1 и последующей 2 точек профиля

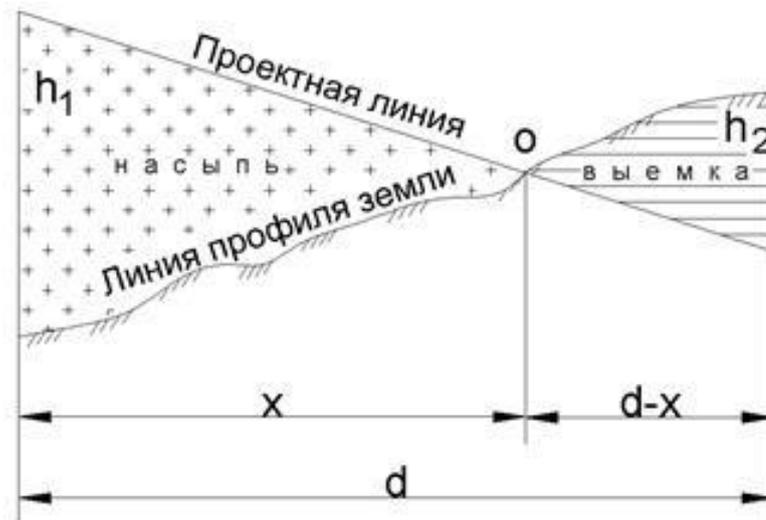


Рис. 23. Вычисление отметок точек нулевых работ

$$X = \frac{d}{|h_1| + |h_2|} \cdot |h_1|; \quad Y = \frac{d}{|h_1| + |h_2|} \cdot |h_2|,$$

с контролем

$$d = X + Y,$$

где h_1 и h_2 – рабочие отметки в точках 1 и 2; d – длина горизонтального проложения отрезка 1 – 2;

б) дважды вычисляют отметку точки нулевых работ по формулам

$$H_3'' = H_1'' + i \cdot X \quad \text{и} \quad H_3'' = H_2'' - i \cdot Y.$$

Сходимость значений укажет на отсутствие погрешностей вычислений.

Высоты точек нулевых работ записывают синим цветом на перпендикулярах, опущенных из точек нулевых работ на линию условного горизонта. Над линией условного горизонта записывают расстояния X и Y точки нулевых работ до ближайших точек профиля с точностью до 0,1 м.

Продольный профиль трассы автодороги

Масштаб: горизонтальный 1:5000; вертикальный 1:500

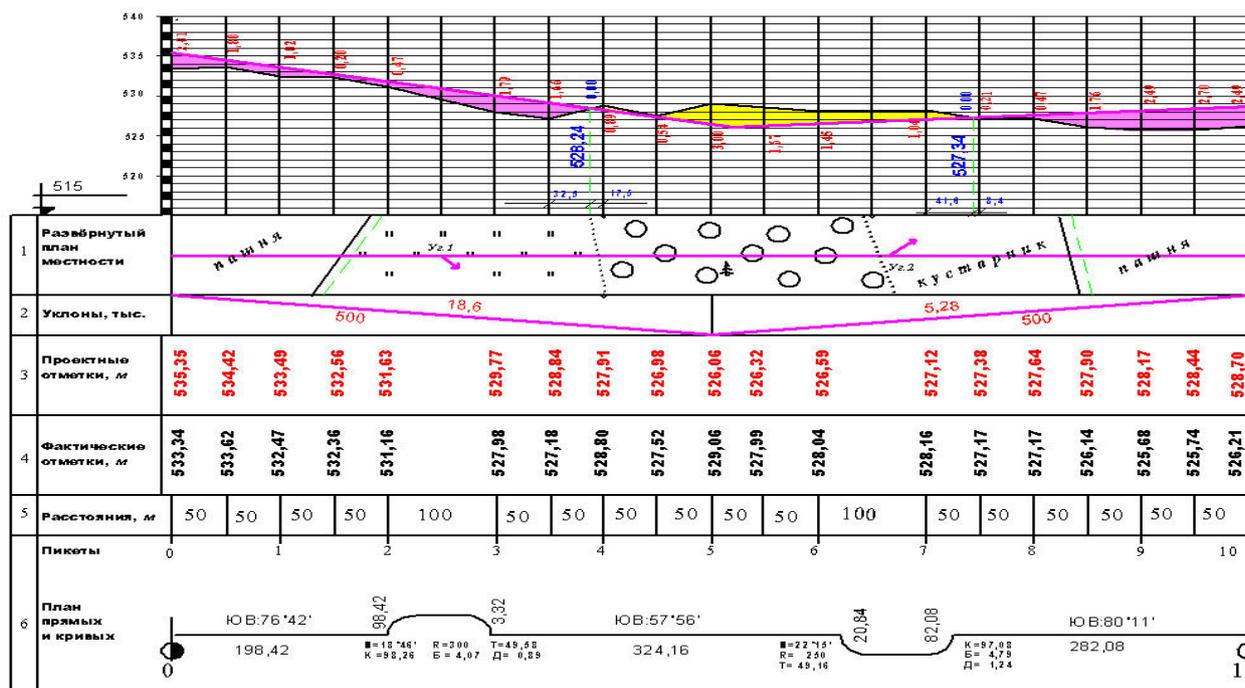


Рис. 21 – Продольный профиль трассы автодороги