

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"

Кафедра оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

по дисциплине

"ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ"

Методические указания

Брест 2003

К 528.48 (076.5)

В указаниях даны пояснения и методика выполнения расчетно-графических работ. Приведены примеры расчета и оформления работ. Настоящие указания являются практическим руководством при выполнении расчетно-графических работ и предназначены для студентов специальностей: 69 01 01; 70 01 01; 70 02 01; 70 02 02; 70 03 01; 70 04 03; 74 05 01.

Одобрены кафедрой оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии

Составители: В.П.Жукова, ассистент;
А.М.Зеленский, доцент, к.т.н.;
Н.В.Синякина, доцент, к.т.н.;
Г.В.Фолитар, ст. преподаватель

Рецензент: гл. специалист Брестского филиала «Земинспекция» Ценунии Г.Г.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Вычисление координат точек теодолитного хода и построение плана теодолитной съемки

ЗАДАНИЕ: По исходным координатам, дирекционным углам, результатам полевых измерений, абрису теодолитной съемки (рис.1.1) построить план теодолитной съемки.

1.1 Порядок выполнения работы

1. Вычислить координаты точек теодолитного хода.
2. Построить план теодолитной съемки в масштабе, заданном преподавателем.
3. Оформить отчет о выполненной работе.

1.2 Вычисление координат точек теодолитного хода

Для удобства и наглядности вычисления ведут в таблице установленной формы, которая называется «Ведомость вычисления координат теодолитного хода (табл. 1.1). Вычисления ведут в следующем порядке:

1. В графу 1 вписывают номера точек теодолитного хода, а в графу 2-измеренные горизонтальные углы. Находят практическую сумму измеренных углов $\sum\beta_{np}$ и сравнивают ее с теоретической суммой, которая вычисляется по формуле:

$$\sum\beta_m = 180^\circ(n-2) \quad (1.1)$$

для замкнутого теодолитного хода;
и по формуле:

$$\sum\beta_m = \alpha_n - \alpha_k + 180^\circ n, \text{ (для прав)} \quad (1.2)$$

для разомкнутого теодолитного хода,

где n - количество углов теодолитного хода; α_n и α_k - исходные дирекционные углы, соответственно, в начале и в конце теодолитного хода.

Разность между практической и теоретической суммой называют угловой невязкой

$$f_\beta = \sum\beta_{np} - \sum\beta_m, \quad (1.3)$$

которая не должна превышать по абсолютной величине допустимое значение, вычисленное по формуле:

$$f_{\beta доп.} = \pm 2t\sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{n}. \quad (1.4)$$

Если полученная невязка f_β не превышает $f_{\beta доп.}$, то первую распределяют поровну с обратным знаком во все измеренные углы, поправки в измеренные углы округляют до $0,1'$ так, чтобы их сумма была равна невязке с обратным знаком, и вычисляют уравненные углы

$$\beta_{выр.} = \beta_{изм.} + v, \quad (1.5)$$

где $\beta_{изм.}$ - измеренный угол

$$v = -\frac{f_\beta}{n}. \quad (1.6)$$

Уравненные углы записывают в графу 3.

В примере (табл. 1.1) приведены результаты вычислений для замкнутого теодолитного хода с измеренными правыми горизонтальными углами.

Для рассматриваемого примера:

$$\sum\beta_{np.} = 360^\circ 01,3'; \quad \sum\beta_m = 360^\circ 00'; \quad f_\beta = 360^\circ 01,3' - 360^\circ 01,3' = 1,3';$$

$$f_{\beta доп.} = \pm 1' \sqrt{4} = \pm 2'; \quad 1,3' < 2'; \quad v = -\frac{1,3'}{4} \approx 0,3'.$$

Таблица 1.1 Ведомость вычисления координат точек геодезического хода

№ п/п	Измeрeн-ные горизонтальные углы $\beta_{изм.}$	Уравнен-ные горизонтальные углы $\beta_{ув.}$	Дирекци-онные углы сторон хода α румбы, г	Sin и Cos румбов	Горизонтальные проложения, d (м)	Приращения координат, м						Координаты, м		№ п/п точек хода
						вычисленные			уравненные			X	Y	
						Δx	Δy	Δz	Δx	Δy	Δz			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	-4 60°42,4'	3 60°42,0'	311°18,0' СЗ:48°42,0'	0,751264 0,660002	233,41	+6 +154,05	-3 -175,35	-3 +154,11	-175,38	19,73	630,36	1		
2	-3 109°47,7'	3 109°47,4'	21°30,6' СВ:21°30,6'	0,366664 0,930354	129,57	+4 +120,55	-2 +47,51	-2 +120,59	+47,49	173,84	454,98	2		
3	-3 115°31,2'	3 115°30,9'	85°59,7' СВ:85°59,7'	0,997558 0,069844	189,65	+5 +13,25	-3 +189,19	-3 +13,30	+189,16	294,43	502,47	3		
4	-3 74°00,0'	3 73°59,7'	192°00,0' ЮЗ:12°00,0'	0,207912 0,978148	294,52	+8 -288,08	-4 -61,23	-4 -288,00	-61,27	307,73	691,63	4		
1			311°18,0'			+287,85 -288,08	+236,70 -236,58	+288,00 -288,00	+236,65 -236,65	19,73	630,36	1		

$$f_y = \Sigma \Delta y = +0,12$$

$$f_x = \Sigma \Delta x = -0,23$$

$$f_{min} = \frac{f_{max}}{p} = \frac{0,26}{847,15} < \frac{1}{3258} < \frac{1}{2000}$$

$$\Sigma \beta_{изм.} = 360^{\circ}00,13'; \quad \Sigma \beta = 360^{\circ}00,0';$$

$$\Sigma \beta_{ув.} = 360^{\circ}00,0';$$

$$f_{\beta} = +1,3';$$

$$f_{\beta_{доп}} = \pm 2t\sqrt{n}$$

$$f_{\beta_{доп}} = \pm 2'$$

$$P = \Sigma d = 847,15 \text{ м}$$

$$f_{dir} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \pm 0,26$$

Поправки распределены следующим образом:

В 1-й угол - -0,4'; 2-й - -0,3'; 3-й - -0,3'; 4-й - -0,3';

$$\sum v = -0,4' - 0,3' - 0,3' - 0,3' = -1,3' = -f_{\beta}$$

2. Вычисляют дирекционные углы сторон теодолитного хода и румбы

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^\circ - \beta_{i+1}, \quad (1.7)$$

где α_{i+1} и α_i - дирекционные углы соответственно последующей и предыдущей стороны теодолитного хода;

β_{i+1} - правый уравниваемый угол, образованный предыдущей и последующей стороной теодолитного хода.

Контролем вычисления дирекционных углов является вычисление дирекционного угла исходной стороны.

В приведенном примере (табл. 1.1)

$$\begin{aligned} \alpha_{2,3} &= \alpha_{1,2} + 180^\circ - \beta_2 = 311^\circ 18,0' + 180^\circ - 109^\circ 47,4' = 381^\circ 47,4' \\ &= 381^\circ 30,6' - 360^\circ = 21^\circ 30,6'. \end{aligned}$$

Примечания:

1) если результат более 360° , то от него нужно отнять 360° ;

2) если результат получается отрицательным, то к нему нужно прибавить 360° ;

Для определения румбов полезно пользоваться табл. 1.2.

Таблица 1.2 Определение румбов по дирекционным углам

Значение дирекционных углов	$0^\circ < \alpha < 90^\circ$	$90^\circ < \alpha < 180^\circ$	$180^\circ < \alpha < 270^\circ$	$270^\circ < \alpha < 360^\circ$
Значение румбов	СВ: $r = \alpha$	ЮВ: $r = 180^\circ - \alpha$	ЮЗ: $r = \alpha - 180^\circ$	СЗ: $r = 360^\circ - \alpha$

В рассматриваемом примере румб линии 1-2 вычисляется как

$$r_{1,2} = СЗ: (360^\circ - 311^\circ 18,0') = СЗ: 48^\circ 42,0'.$$

Полученные румбы записывают в графу 4 табл. 1.1.

3. Вычисляют и уравнивают приращения координат. Приращения координат теоретически определяют по формулам:

$$\Delta x = d \cos r; \quad (1.8)$$

$$\Delta y = d \sin r. \quad (1.9)$$

где d - горизонтальное проложение стороны теодолитного хода;

r - румб той же стороны.

Вычисленные приращения Δx и Δy записывают в графы 7 и 8 таблица 1.1, округляя их до 0,01 м.

Практически значения $\cos r$ и $\sin r$ находят по таблицам натуральных значений тригонометрических функций (не менее пяти знаков после запятой), либо на микрокалькуляторе.

В последнем способе могут возникнуть следующие случаи в зависимости от типа калькулятора:

а) калькулятор воспринимает только градусы.

Здесь минуты необходимо перевести в десятые доли градуса.

$$\text{Например: } \sin(48^\circ 42,0') = \sin(48^\circ + \frac{42,0'}{60}) = \sin(48,700^\circ);$$

б) калькулятор воспринимает только радианную меру угла.

Здесь минуты необходимо перевести в десятые доли градуса, а затем в радианы.

$$\text{Например: } \sin(48,700^\circ) = \sin(48,700^\circ \cdot \frac{\pi}{180}) = \sin(0,84954).$$

Знаки приращений координат определяют по значениям дирекционных углов или направлением румбов. Для этого полезно использовать табл. 1.3.

Таблица 1.3 Определение знаков приращений координат

Направления румбов		СВ	ЮВ	ЮЗ	СЗ
Знаки приращений	Δx	+	-	-	+
	Δy	+	+	-	-

После вычисления приращений координат находят их сумму, т.е. $\sum \Delta x_{\text{выч}}$ и $\sum \Delta y_{\text{выч}}$ и теоретическую сумму. Для замкнутого хода теоретическая сумма равна нулю, т.е. $\sum \Delta x_{\text{т}} = 0$, $\sum \Delta y_{\text{т}} = 0$.

Для разомкнутого хода теоретическая сумма вычисляется по формуле:

$$\sum \Delta x_{\text{т}} = x_{\text{к}} - x_{\text{н}} \quad (1.10)$$

и

$$\sum \Delta y_{\text{т}} = y_{\text{к}} - y_{\text{н}}, \quad (1.11)$$

где $x_{\text{к}}$ и $x_{\text{н}}$ – абсциссы конечной и начальной точек теодолитного хода; $y_{\text{к}}$ и $y_{\text{н}}$ – их ординаты.

Невязку в приращениях координат определяют по формулам:

$$f_x = \sum \Delta x_{\text{выч}} - \sum \Delta x_{\text{т}} \quad (1.12)$$

$$f_y = \sum \Delta y_{\text{выч}} - \sum \Delta y_{\text{т}} \quad (1.13)$$

Для того чтобы установить допустимость этих невязок находят сначала абсолютную невязку

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad (1.14)$$

а затем относительную

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P}, \quad (1.15)$$

где P – периметр (длина) хода.

Если $f_{\text{отн}} \leq \frac{1}{2000}$, то невязки приращений координат f_x и f_y распределяют пропорционально горизонтальным проложениям сторон теодолитного хода. Поправки округляют до 0.01 м и вносят с обратным знаком.

Далее вычисляют уравненные приращения. Для этого алгебраически складывают вычисленные приращения с поправками. Контролем правильности уравнивания является равенство теоретической суммы и суммы исправленных (уравненных) приращений.

В примере табл. 1.1 (замкнутый ход) $\sum \Delta x = -0,23$ м; $\sum \Delta y = +0,12$ м;

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{(-0,23)^2 + (0,12)^2} = 0,26 \text{ м}; \quad f_{\text{отн}} = \frac{0,26}{847,15} = \frac{1}{3258} < \frac{1}{2000}$$

Суммы поправок равны невязкам с обратным знаком, т.е.

$$\sum v_x = +0,06 + 0,04 + 0,05 + 0,08 = +0,23 = -f_x \quad \text{и}$$

$$\sum v_y = -0,03 - 0,02 - 0,03 - 0,04 = -0,12 = -f_y$$

Сумма исправленных приращений равна теоретической, т.е.

$$\sum \Delta X_{\text{испр.}} = 0,00; \quad \sum \Delta Y_{\text{испр.}} = 0,00.$$

4. Вычисляют координаты точек теодолитного хода по формулам:

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x \quad (1.16)$$

$$y_{i+1} = y_i + \Delta y, \quad (1.17)$$

где x_{i+1} и x_i – абсциссы соответственно последующей и предыдущей точек;
 y_{i+1} и y_i – то же ординаты; Δx и Δy – уравненные приращения между этими точками.

В рассматриваемом примере:

$$x_2 = x_1 + \Delta x = 19,73 + 154,11 = 173,84;$$

$$y_2 = y_1 + \Delta y = 630,36 - 175,38 = 454,98.$$

Контролем правильности вычисления координат точек теодолитного хода является равенство вычисленных и исходных координат точки 1.

1.3 Построение плана теодолитной съемки

План теодолитной съемки составляется в масштабе, заданном преподавателем (1:2000 или 1:1000) и выполняется в следующей последовательности.

- На плотной чертежной бумаге формата А3 при помощи измерителя построить координатную сетку со стороной 10 см. С помощью длинной линейки проводят диагонали на чертежном листе. От точки пересечения диагоналей по всем четырем направлениям откладывают равные отрезки (рис. 1.2), концы отрезков соединяют прямыми линиями, на сторонах полученного прямоугольника откладывают при помощи измерителя отрезки длиной 10,00 см. Соединив соответствующие точки на противоположных сторонах прямоугольника, получают сетку квадратов. Контроль правильности построения координатной сетки осуществляют сравнением длин диагоналей квадратов.

Расхождения не должны превышать 0,2 мм. Все вспомогательные линии вначале нужно проводить карандашом тонкими линиями;

- Выполнить оцифровку координатной сетки в соответствии с координатами точек теодолитного хода (табл. 1.1), так чтобы подписи были кратны 0,1 км для масштаба 1:1000 и 0,2 км для масштаба 1:2000 (рис. 1.2). Здесь следует помнить, что ось X расположена с юга на север, а ось Y – с запада на восток;

- Нанести по координатам все точки теодолитного хода.

Точки хода наносят на план с помощью измерителя и масштабной линейки. Предварительно подписывают координатную сетку в километрах. Подписи координатной сетки выполняют так, чтобы точки съемочного обоснования располагались ближе к центру плана. На рис. 1.2. подписи выполнены для масштаба 1:1000 применительно к координатам табл. 1.1.

При нанесении точек находят квадрат, в котором должна располагаться данная точка 2 теодолитного хода с координатами $X_2 = 173,84$ м и $Y_2 = 454,98$ м. От вершин квадрата откладываем отрезки по оси X значение 73,84 м, а по оси Y 54,98, таким образом наносим точку 2, как показано на рис. 1.2.

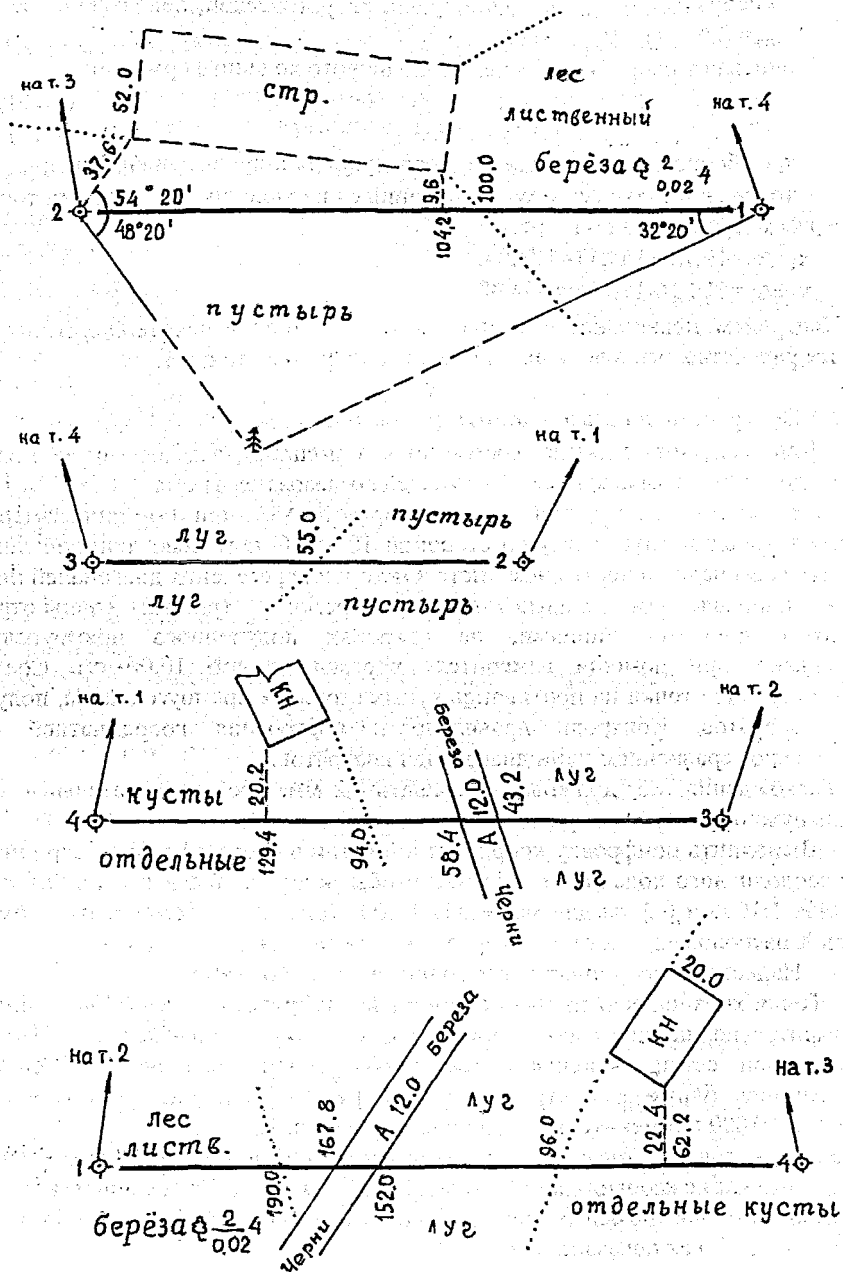


Рис. 1.1 Абрис теодолитной съемки

Аналогично выполняют построение всех других точек съемочного обоснования. Каждую точку накалывают и обводят кружком диаметром 1,5 мм. Правильность построения точек контролируют сравнением расстояний, измеренных на плане и записанные в графе 6. Расхождения не должны быть более 0,2 мм;

- Используя абрис (рис. 1.1.) построить контурный план местности (рис.1.3);
- Оформить план в соответствии с условными знаками масштаба 1:500 и 1:1000 (табл. 1.4). План можно оформить в туши или карандашом.

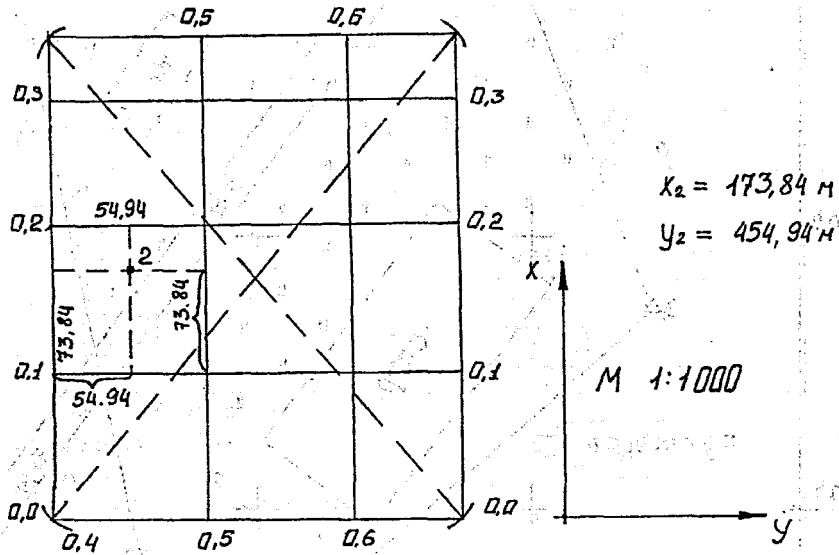
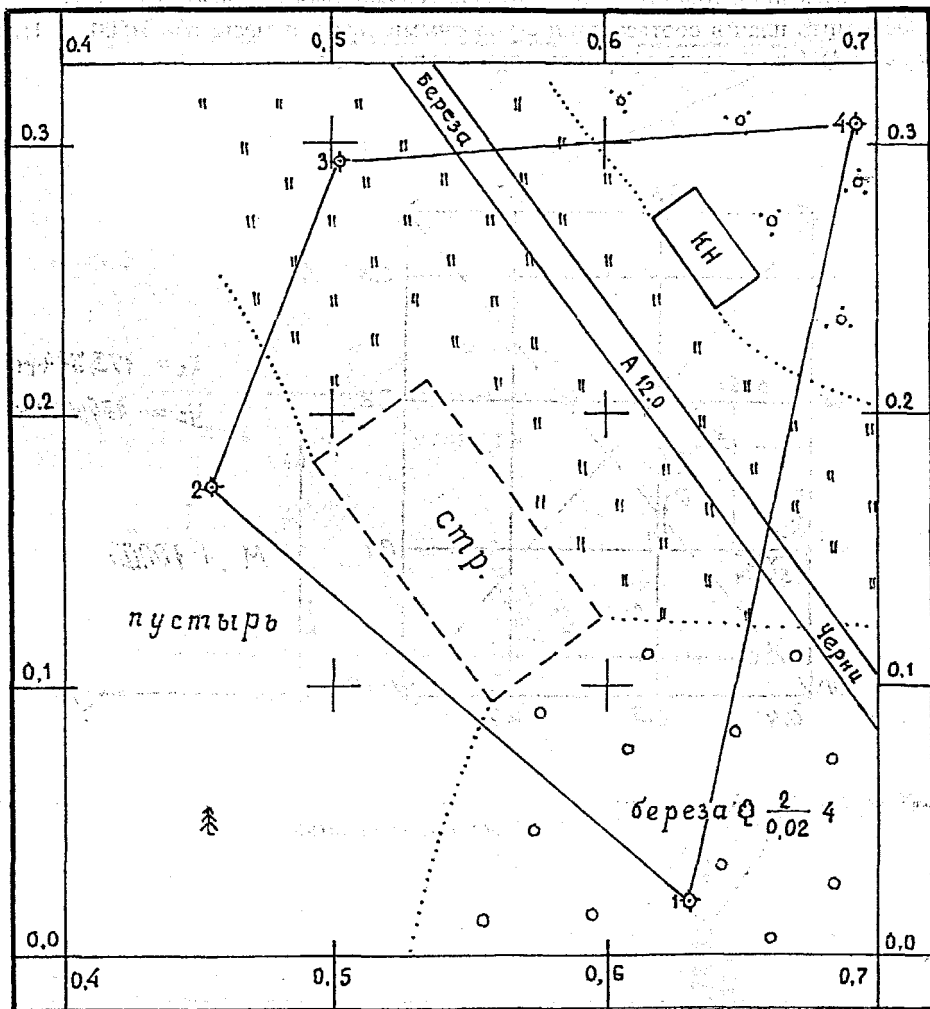


Рис. 1.2. Координатная сетка

Контурный план местности

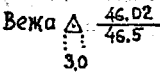
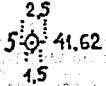




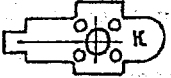
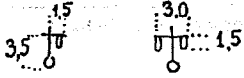
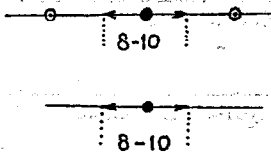

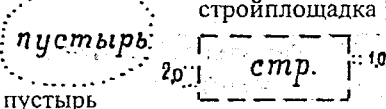


в одном сантиметре 10 метров

Рис. 1.3 Контурный план

Составил студ. _____
 группы _____

Таблица 1.4 Основные условные знаки топографических карт масштаба 1:500 и 1:1000 (размеры даны в миллиметрах)

№ п.п.	Наименование топографических объектов	Условные знаки
1	Пункты исходной геодезической сети, их номер и высота пункта и земли	
2	Точки съемочных сетей	
3	Отметки пикетов	
4	Пересечения координатной сетки	
5	Строения жилые и нежилые огнестойкие	
6	Строения жилые и нежилые неогнестойкие	
7	Церкви с 5-ю куполами (каменные)	
8	Фонари электрические на столбах	
9	ЛЭП низкого напряжения на: 1) металлических столбах 2) деревянных столбах	
10	Колодцы подземных коммуникаций	
11	Пустыри и строительные площадки	

Продолжение таблицы 1.4.

12	Грунтовые дороги	
13	Ограждения из проволоки а) гладкой б) сетки	<p>проволока</p>
14	Ограды металлические а) с воротами б) на бетонном или кирпичном основании	
15	Ямки и курганы с их высотой и глубиной в м. а) ямы б) курганы	<p>а) 3.6</p> <p>б) 2.8</p>
16	Контурсы угодий	
17	Отдельные деревья а) лиственные б) хвойные	<p>а) 3.5 2.0</p> <p>б) 3.5 2.0</p>
18	Леса естественные	
19	Лесополосы	
20	Кусты отдельные	
21	Кустарники	
22	Растительность луговая и разнотравье	

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Обработка материалов технического нивелирования, построение продольного профиля трассы и поперечников.

Задание: По данным пикетажной книжки и журнала технического нивелирования составить профиль трассы дороги и нанести проектную линию.

2.1 Порядок выполнения работы и исходные данные

1. Обработка журнала технического нивелирования.
2. Рассчитать элементы круговой кривой и пикетажные расстояния для главных точек кривой (НК, СК, КК).
3. Построить профили трассы дороги в масштабах, заданных преподавателем.
4. Нанести проектную линию на продольный профиль, соблюдая следующие условия:
 - а) объем земляных работ должен быть минимальным и сбалансированным;
 - б) проектная линия должна иметь не менее одной переломной точки;
 - в) отметка проектной линии на пикете 0 равна черной отметке;
 - г) предельный продольный уклон проектной линии задается преподавателем.
5. Вычислить красные и рабочие отметки.
6. Вычислить расстояние до точек нулевых работ и их отметки.
7. Оформить профиль тушью.
8. Оформить отчет о выполненной работе.

2.2 Обработка журнала технического нивелирования

Конечной целью обработки журнала технического нивелирования является получение отметок всех точек трассы. Журнал обрабатывают в следующей последовательности (табл. 2.1).

1. Для каждой станции вычисляют превышения между связующими точками. Для этого из отсчетов на заднюю рейку вычитают отсчеты на переднюю рейку (по черной и красной сторонам реек). Результаты записывают в графу 6.

Пример: $1120-1568=-448$

$5806-6250=-444$

Разность между полученными превышениями по черной и красной сторонам реек не должна превышать ± 5 мм.

Например: $7582-5799=+1783$

$2893-1113=+1780$

2. Находят средние значения из вычисленных превышений (с округлением до 1 мм).

$$\text{Например: } h_{\text{ср.}} = \frac{(-448)+(-444)}{2} = -446.$$

Если в округляемом значении h последней цифрой окажется ,5 (десятых), то округление производят до ближайшего целого четного числа.

$$\text{Например: } h_{\text{ср.}} = \frac{1712+1717}{2} = 1714,5 \approx 1714$$

3. Производят постраничный контроль, для чего на каждой странице находят сумму всех задних отсчетов ΣZ , сумму передних отсчетов $\Sigma П$, сумму вычисленных превышений $\Sigma h_{\text{выч.}}$ и сумму средних превышений $\Sigma h_{\text{ср.}}$ и проверяют равенство

$$\Sigma Z - \Sigma П = \Sigma h_{\text{выч.}} = 2 \Sigma h_{\text{ср.}} \quad (2.1)$$

В нашем примере - $\Sigma Z - \Sigma П = 41289 - 46167 = -4878$

$$\Sigma h_{\text{выч.}} = -4878$$

$$\Sigma \Sigma h_{\text{ср.}} = -2439$$

$$2 \Sigma h_{\text{ср.}} = -4878$$

Последние значения могут отличаться на 2-3 мм от первых двух за счет округления.

4. Определяют невязку в превышениях по формуле:

$$f_{\text{h.}} = \Sigma U h_{\text{ср.}} - (H_{\text{К}} - H_{\text{И}}), \quad (2.2)$$

Таблица 2.1 Журнал технического нивелирования

№ станции	№№ точек	Отсчеты по рейкам			Превышения, мм.			Горизонт инструм. м.	Высо-ты точек, м.
		задний	передн.	Промеж.	Вычис-ленное	Среднее	Исправ-ленное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Реп 1 ПКО	1120	1568		-448	+2	-444		50,546 50,102
		5806	6250		-444				
2	ПКО	1353	0199		+1154	+2	+1154	51,455	50,102
	ПК1	6040	4886		+1154				51,258
	+37			2632					48,823
3	ПК1	0368	2768		-2400	+2	-2400	51,626	51,258
	ВУ	5052	7456		-2404				48,858
	П+20			1624					50,002
	Л+20			1036					50,590
4	ВУ	0110	2966		-2856	+3	-2858		48,858
	ПК2	4796	7656		-2860				46,003
5	ПК2	1801	0783		+1018	+2	+1017	47,804	46,003
	ПК3	6487	5471		+1016				47,002
	+45								47,504
6	ПК3	1836	0742		+1094	+2	+1096		47,022
	Реп.2	6520	5422		+1098		+1098		48,120
Суммы		41289	46167		-4878	-2439	-2426		-2426
Контроль		$\Sigma \text{З} - \Sigma \text{П} = \Sigma h_{\text{выч}} = 2 \Sigma h_{\text{ср}}$						$\Sigma h_{\text{испр.}} =$	$H_{\text{р2}} - H_{\text{р1}}$
Невязки		$f_h = \Sigma h_{\text{ср}} - (H_{\text{р2}} - H_{\text{р1}}) = -13 \text{ мм. } f_{h \text{ доп.}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} = \pm 27 \text{ мм. } L - \text{длина хода, км}$							

где Σh_{CP} - сумма средних превышений;

H_K - отметка конечного репера;

H_H - отметка начального репера.

В нашем примере невязка получилась равной

$$f_h = 2439 - (48120 - 50546) = -13 \text{ мм.}$$

5. Вычисляют допустимую невязку по формуле:

$$f_{h \text{ доп.}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{0,3} = \pm 27 \text{ мм}, \quad (2.3)$$

где L - длина хода, выраженная в километрах.

6. Уравнивают превышения между связующими точками. Для этого полученную невязку (если она допустима т.е. $f_h \leq f_{h \text{ доп.}}$) распределят поровну в виде поправок во все средние превышения с обратным знаком. Для получения исправленных уравненных превышений к средним превышениям прибавляют поправку с учетом знака.

Контроль: сумма поправок должна быть равна невязке с обратным знаком, а сумма исправленных превышений - теоретической сумме, т.е.

$$\Sigma h_{\text{ИСПР.}} = \Sigma h_{\text{Г.}} = H_K - H_H \quad (2.4)$$

в нашем случае $\Sigma h_{\text{ИСПР.}} = -2426$; $H_K - H_H = -2426$

7. По заданной отметке начального репера вычисляют отметки всех связующих точек по правилу: отметка последующей точки равна отметке предыдущей точки плюс исправленное превышение между ними.

Например: $H_{\text{ПК0}} = H_{\text{р.п.1}} + h_{\text{ИСПР.}} = 50,546 + (-0,444) = 50,102$

$$H_{\text{ПК1}} = H_{\text{ПК0}} + h_{\text{ИСПР.}} = 50,102 + 1,156 = 51,258$$

Следует помнить, что отметки выражают в метрах, а превышения получают в миллиметрах, поэтому при вычислении отметок превышения необходимо выражать в метрах.

В конце вычислений должны получить точно отметку конечного репера.

8. Вычисляют горизонт инструмента (ГИ) для тех станций, с которых нивелировались промежуточные точки.

Горизонтом инструмента называют высоту визирной оси над уровневой поверхностью или ее отметку.

Горизонт инструмента равен отметке точки плюс отсчет по черной стороне рейки, стоящей на этой точке.

В нашем случае: $\text{ГИ}_{\text{Ст.2}} = 50,102 + 1,353 = 51,455$

9. Вычисляют отметки промежуточных точек по правилу: отметка точки равна горизонту инструмента минус отсчет на промежуточную точку.

В нашем примере: $H_{+37} = 51,455 - 2,632 = 48,823$

В характерных местах местности, прилегающей к оси трассы, нивелируют так называемые поперечники. Точки поперечников нивелируют так же, как и промежуточные точки.

В нашем примере поперечник разбит на ПК 1 и пронивелирован со станц. 3. Перпендикулярно оси нивелирного хода на ПК 1 была разбита линия, и на ней в характерных местах рельефа были намечены точки, расстояния до которых от ПК 1 измерены рулеткой. После того, как со станции 3 были пронивелированы связующие точки ПК 1 и ВУ, нивелируются промежуточные точки. Берутся отсчеты по черной стороне рейки на промежуточные точки, находящиеся на поперечнике П+20 и Л+20, которые записаны в графу 5 нивелирного журнала.

Горизонт инструмента на станции 3 равен:

$$ГИ_{ст.3} = 51,258 + 0,368 = 51,626$$

Отметки точек поперечника будут равны:

$$H_{п+20} = 51,626 - 1,624 = 50,002$$

$$H_{п+20} = 51,626 - 1,036 = 50,590$$

2.3 Расчет элементов круговой кривой

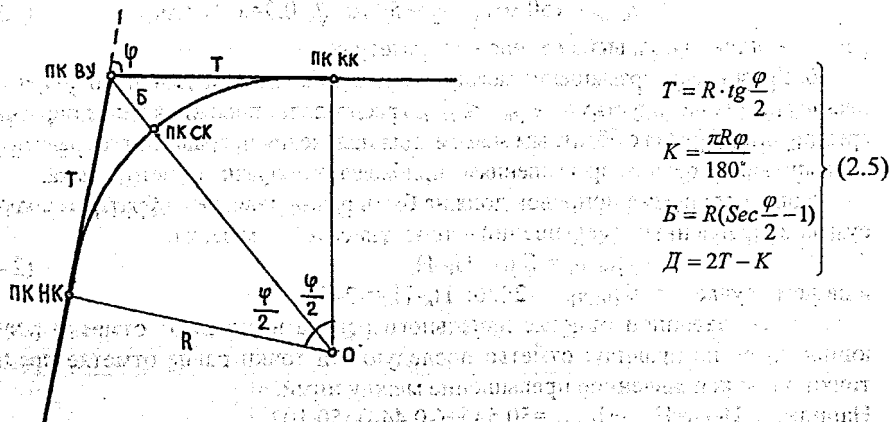


Рис. 2.1. Главные точки круговой кривой

Оси дорог представляют сочетание прямых и кривых линий, поэтому в практике возникает необходимость обозначить на трассе точки кривой, т.е. разбить кривую.

Основные элементы круговой кривой (тангенс — Т, кривая К, биссектриса — Б, домер — Д) можно вычислить по приведенным формулам (2.5) однако удобнее пользоваться таблицами разбивки кривых.

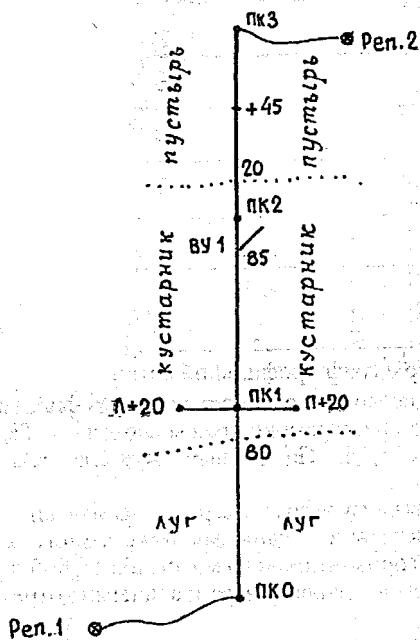
Расчет пикетажных значений главных точек кривой выполняют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} PK_{НК} &= PK_{ВУ} - T \\ PK_{КК} &= PK_{НК} + K \\ PK_{СК} &= PK_{НК} + \frac{K}{2} \end{aligned} \right\} (2.6)$$

Контрольные формулы расчета главных точек кривой

$$\left. \begin{aligned} PK_{КК} &= PK_{ВУ} + T - D \\ PK_{СК} &= PK_{КК} - \frac{K}{2} \end{aligned} \right\} (2.7)$$

Все расчеты следует выполнять в пикетажном журнале (Рис. 2.2).



Параметры кривой:
 $\phi = 79^{\circ}38'$; $R = 50$
 Элементы кривой:
 $T = 41,68$; $K = 69,49$;
 $D = 13,87$; $B = 15,10$
 Расчет кривой
 $VУ \text{ №}1 = ПК1 + 85,00$

-T	41,68
НК = ПК1 + 43,32	
+K	69,49
КК = ПК2 + 12,81	
-0,5K	34,75
СК = ПК1 + 78,06	
+0,5D	6,94
VУ №1 = ПК1 + 85,00	

Рис. 2.2. Пикетажный журнал

2.4 Построение профиля трассы

После вычисления отметок всех пронивелированных точек приступают к построению продольного профиля и поперечников. Профиль строят на миллиметровой бумаге, где все размеры откладывают без измерителя. Для построения профиля надо в принятом масштабе для горизонтальных линий отложить все горизонтальные расстояния между пронивелированными точками, а в вертикальных направлениях все отметки этих точек с учетом вертикального масштаба.

Масштабы для вертикальных линий обычно принимают в десять раз крупнее масштаба для горизонтальных линий, благодаря чему профиль приобретает большую наглядность.

Для учебной работы рекомендуется взять масштабы: горизонтальный 1:2000 или 1:1000; вертикальный 1:200 или 1:100.

Профиль строят в следующем порядке.

Вначале карандашом вычерчивают профильную сетку.

Профильная сетка состоит из ряда горизонтальных линий и имеет различные графы. Для данной работы рекомендуется расположение граф и их размеры в миллиметрах взять согласно рис. 2.3.

Верхнюю горизонтальную линию профильной сетки (верхнюю линию графы, план местности) следует совместить с одной из линий на миллиметровой бумаге, а нижняя линия должна располагаться от нижнего края листа на 5 см.

№		мм.
6	Развернутый план местности	20
5	Проектные уклоны, ‰	10
4	Проектные отметки, м.	15
3	Отметки поверхности земли, м.	15
2	Расстояния, м.	10
1	Пикеты Прямые Кривые	30

Рис. 2.3. Расположение и размеры граф профильной сетки

Исходными материалами для составления продольного и поперечного профилей являются пикетажный журнал и журнал технического нивелирования трассы автодороги. По данным пикетажного журнала заполняют графы 1,2,6. По данным журнала технического нивелирования – графу 3.

Нумерация граф сетки профиля ведется снизу вверх по мере их заполнения.

Графы 1 и 2 заполняются в соответствии с данными пикетажного журнала. Номера пикетов подписывают с учетом горизонтального масштаба 1:1000 через 100 м (10 см). В графе № 2 расстояния выделяют вертикальными отрезками с указанием расстояний плюсовых точек.

В графу 3 выписывают из журнала технического нивелирования вычисленные отметки пикетных и плюсовых точек с округлением их до сотых долей метра. Например, если вычисленная в журнале отметка ПК1 равна 51,258, то на профиле в графу 3 над ПК1 подписывают 51,26.

После заполнения графы 3 приступают к построению профильной линии. Для этого верхней линии сетки задается условный горизонт, так чтобы самая низкая точка профиля располагалась над сеткой на расстоянии 5-7 см. В нашем примере условный горизонт принят 38 м. Далее отметки всех точек откладывают от линии условного горизонта в вертикальном масштабе. Для заполнения графы 6 "План трассы" используют пикетажный журнал, из которого переносят всю ситуацию. Посредине графы проводят красным цветом прямую линию. По обе стороны от этой линии подписывают наименования угодий и условными знаками обозначают ситуацию местности.

Заполнение графы 1 "Пикеты, прямые, кривые".

Кривые кривые, сопрягающие прямые участки трассы изображаются в гр. 1 условным знаком в виде дуги красным цветом, как показано на рис. 2.4.

В графе 1 подписывают черным цветом номера пикетов. Посредине графы вначале карандашом проводят прямую линию, по которой в масштабе от ПК0 откладывают пикетажные наименования начала и конца кривой.

В нашем примере (см. пикетажный журнал рис. 2.2.): НК=ПК1+43,32 и КК=ПК2+12,81 таким образом для получения точки НК в графе 1 нужно отложить от ПК1 43,3 мм. в масштабе 1:1000 а для получения КК, от ПК2 – 12,8 мм. Между точками НК и КК строят дугу высотой 5 мм, положение дуги кривой определяется направлением угла поворота, при этом, если угол поворота слева по ходу трассы, то и дуга справа и слева – при угле поворота вправо.

Внутри каждой дуги, изображающей кривую, вписывают ее параметры и элементы: радиус, угол поворота трассы, тангенс, длина кривой, биссектриса и домер.

В начале и конце условного знака кривой проводятся вертикальные прямые до линии пикетажа: на этих линиях (см. рис. 2.4) с обеих сторон подписываются расстояния от начала и конца кривой до ближайших пикетов, между которыми они находятся. Сумма этих расстояний, подписанная с обеих сторон вертикальной линии, всегда равна 100 м.

На прямых участках условного плана трассы вписывают (графа 1) длины прямых линий и румбы этих линий. Под линией подписывают её длину, над линией – направление румба и его величину.

По румбу первого прямого участка и угла поворота трассы вычисляют румбы всех прямых участков. Для этого удобнее перейти от румба к дирекционному углу.

Пример 1: $r = СВ: 78^{\circ} 32'$

$\varphi = 79^{\circ} 38'$ (правый)

Дирекционный угол $\beta_1 = 78^{\circ} 32'$, следовательно, дирекционный угол последующего участка $\alpha_2 = \alpha_1 + \varphi = 78^{\circ} 32' + 79^{\circ} 38' = 158^{\circ} 10'$, следовательно, $r_2 = ЮВ(180^{\circ} - 158^{\circ} 10') = ЮВ: 21^{\circ} 50'$

Пример 2: $r = ЮЗ: 37^{\circ} 18'$

$\varphi = 41^{\circ} 10'$ (левый)

Дирекционный угол $\alpha_1 = 180^{\circ} + 37^{\circ} 18' = 217^{\circ} 18'$, следовательно, $\alpha_2 = \alpha_1 - \varphi = 217^{\circ} 18' - 41^{\circ} 10' = 176^{\circ} 08'$, $r_2 = ЮВ(180^{\circ} - 176^{\circ} 08') = ЮВ: 3^{\circ} 52'$.

Все записи и линии (кроме номеров пикетов) условного плана трассы в графе 1 производятся красным цветом.

Проведение проектной (красной) линии выполняют при соблюдении следующих двух условий:

- 1) должен быть выполнен минимальный объём земляных работ;
- 2) уклон линии не должен превышать предельный продольный уклон ($i_{пред}$, который задаётся преподавателем. Например: $i_{пред} = 0,030 = 30\%$).

Вначале намечают линию проектного профиля, соблюдая на глаз равенство площадей выемки и насыпи. Затем определяют графически по профилю красные отметки на всех изломах красного профиля. Имея приближённые красные отметки, вычисляют проектные уклоны. Если полученные уклоны i меньше предельных $i_{пред}$, то вычисляют красные отметки всех пикетов и плюсовых точек первого, а затем последовательно и остальных отрезков проектного профиля.

Рассмотрим на рис. 2.4 расчет проектного уклона на первом участке. Принимаем красную отметку ПК 0 равной черной отметке, т.е. 50,10, отметку точки перелома, совпадающую с ПК 1, определяем по рисунку, она равна тоже 50,10, следовательно, проектный уклон первого участка равен 0%, и проектные высоты его все равны 50,10. На втором участке точка перелома совпадает с П2+45, а её отметка по профилю, равна 46,40, следовательно проектный уклон второго участка длиной $d = 145$ м будет

$$i = \frac{h}{d} = \frac{45,00 - 50,10}{145} = -0,0255 = -25,5\%$$

Полученный проектный уклон $i = -25,5\%$ меньше предельного ($i_{пред} = 30\%$), что соответствует заданным условиям.

Красная (проектная) отметка любой точки на этом участке вычисляется по формуле:

$$H_{n+1}^{пр} = H_n^{пр} + i \cdot d, \quad (2.8)$$

где $H_{n+1}^{пр}$ – проектная отметка определяемой точки;

$H_n^{пр}$ – проектная отметка предыдущей точки;

i – вычисленный проектный уклон;
 d – расстояние между точками n и $n+1$.

Например: $H_{ПК-2}^{пр} = H_{ПК+1}^{пр} + i \cdot d = 50,10 - 0,0255 \cdot 100 = 47,55$

Если $i > i_{пред.}$, то проектный уклон участка нужно уменьшить за счет увеличения объемов земляных работ.

Вычисленные уклоны и расстояния записывают в графу 5, а проектные отметки в графу 4. Графы 4 и 5 оформляют красным цветом. Разность между проектной отметкой и отметкой поверхности земли показывает высоту насыпи или глубину выемки и называется **рабочей отметкой h** . Рабочие отметки выписываются на расстоянии 0,5 см от проектной линии. Отметка насыпи выписывается над красной (проектной) линией, а отметка выемки – под красной линией.

Определение положения точек нулевых работ и их отметок.

Точка нулевых работ образуется при пересечении линии проектного профиля с линией профиля поверхности земли. (Рис. 2.5).

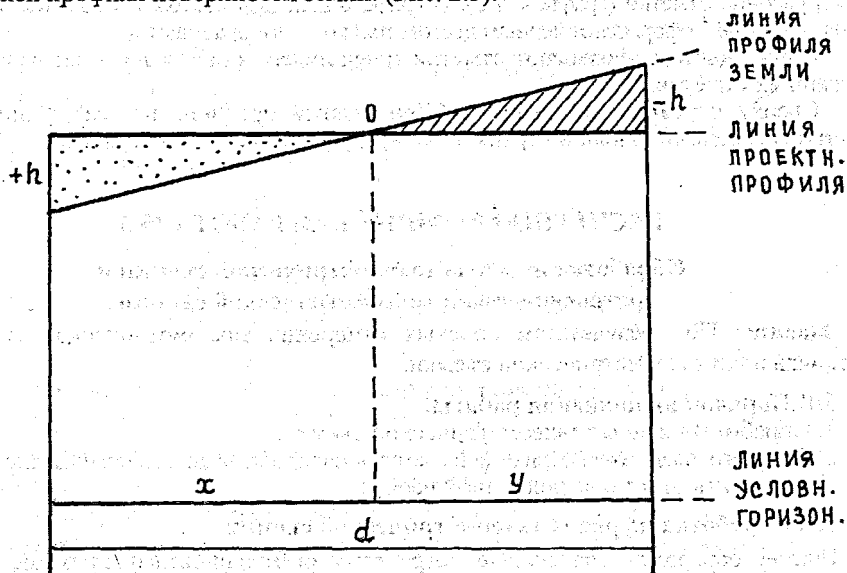


Рис. 2.5. Точка нулевых работ

Расстояния точки нулевых работ x и y до пикетных точек трассы определяют из соотношения

$$\frac{+h}{x} = \frac{-h}{y} = \frac{+h + (-h)}{d}; \quad (2.9)$$

$$x = \frac{+h \cdot d}{+h + (-h)}; \quad y = \frac{-h \cdot d}{-h + +h}, \quad (2.10)$$

где $+h$ и $-h$ – рабочие отметки;

d – расстояние между ними.

В формулах 2.9 и 2.10 отрицательные отметки берутся по абсолютной величине.

Например: расстояния от точки нулевых работ до ПК0+37 и до ПК 1 будут равны

$$x = \frac{1,28}{1,28 + 1,16} \cdot 63 = 33,05?$$

$$y = \frac{1,16}{1,28 + 1,16} \cdot 63 = 29,95 \text{ м.}$$

Отметку точки нулевых работ вычисляют по формуле:

$$H_0 = H_{\text{пик. n}} + i \cdot x \quad (2.11)$$

В нашем случае $H_0 = 50,10 + 0\% \cdot 33,05 = 50,10$

На профиле точки нулевых работ оформляются синим цветом.

Оформление профиля

Профиль вычерчивается разными цветами. При этом профильная сетка и наименования её граф вычерчиваются черным цветом. Черным цветом оформляются графы 2 и 3, профильная линия земли и номера пикетов в графе 1.

Красным цветом оформляют проектные отметки, уклоны и длины проектных линий, рабочие отметки (графы 4 и 5). В графе 6 красным цветом проводится осевая линия, а в графе 1 оформляют черным цветом только номера пикетов.

Синим цветом оформляют отметки точек нулевых работ, их расстояния до ближайших пикетов.

Сверху чертежа подписывают "Продольный профиль дороги" и внизу - масштабы горизонтальный и вертикальный, группу и фамилию студента.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Обработка журнала тахеометрической съемки и построение плана тахеометрической съемки

Задание: По результатам полевых измерений тахеометрической съемки построить план тахеометрической съемки.

3.1. Порядок выполнения работы.

1. Обработать журнал тахеометрической съемки.
2. Построить план тахеометрической съемки в масштабе, заданном преподавателем.
3. Оформить отчет о выполненной работе.

3.2. Обработка журнала тахеометрической съемки

Пример обработки журнала тахеометрической съемки приведен в таблице 3.1.

Исходными данными для обработки являются следующие:

- отметка станции, с которой выполнялась съемка ($H_2 = 31,20$ м);
- высота инструмента ($I = 1,45$ м.);
- отсчеты по вертикальному кругу при КП и КЛ при наведении визирной оси на одну и ту же точку (КП = $178^\circ 40'$ и КЛ = $2^\circ 12'$);
- направление ориентирования нуля лимба (на т.3 $0^\circ 00'$);
- номер точки наведения (номера пикетов 1,2,3 и так далее графа 1);
- дальномерные расстояния Д - расстояния от инструмента до пикетов (графа 2);
- высота наведения v - расстояние от пятки рейки до точки, на которую наведена визирная ось зрительной трубы (графа 3);
- отсчет по горизонтальному кругу (графа 4);
- отсчет по вертикальному кругу (графа 5);
- кроки (графа 12) (абрис).

Целью обработки журнала тахеометрической съемки является вычисление отметок всех пикетов и вычисление горизонтальных проложений - горизонтальных расстояний от инструмента до пикетов.

Вычисления следует вести в следующей последовательности.

1. Вычисляют место нуля по формуле:

$$MO = \frac{KA + KP - 180^\circ}{2} \quad (3.1)$$

для теодолита Т30

$$\text{и } MO = \frac{KA + KP}{2} \quad (3.2)$$

для теодолита 2Т-30.

В примере табл. 3.1 (теодолит Т30)

$$MO = \frac{2^\circ 12' + 177^\circ 52'}{2} = 2'$$

2. Вычисляют вертикальные углы ν и записывают их в графу 6 (табл. 3.1). Так как вертикальные углы измерялись при одном круге (КЛ), то

$$\nu = \text{КЛ} - MO \quad (3.3)$$

В примере (табл. 3.1)

- для пикета 1 $\nu = 178^\circ 40' - 2' = 178^\circ 38' - 180^\circ = -1^\circ 22'$;

- для пикета 3 $\nu = 0^\circ 39' - 2' = +0^\circ 37'$;

3. Вычисляют превышения h (гр. 10) и горизонтальные проложения d (гр. 7).

Превышения вычисляют по формуле:

$$h = \frac{1}{2} D \cdot \sin 2\nu + i - v, \quad (3.4)$$

а горизонтальные проложения по формуле:

$$d = D \cdot \cos^2 \nu \quad (3.5)$$

Практически удобно формулу 3.5 разделить на две части:

$$h' = \frac{1}{2} D \cdot \sin 2\nu \quad (3.6)$$

и отдельно найти разность $i - v$, которую записывают в графу 9.

Для пикета 1 $i - v = 1,45 - 2,50 = -1,05$;

для пикета 2 $i - v = 1,45 - 1,45 = 0$ и т.д.

Превышение h' имеет знак угла наклона ν .

Величину h' и d можно найти по "Тригонометрическим таблицам" либо на калькуляторе. В последнем случае необходимо придерживаться правил, описанных в разделе 1.2.п.3а и 3б. В случае если $|\nu| < 2^\circ$, то можно принять $d \approx D$. После вычисления h' и $i - v$ находят превышение между станцией, с которой производилась съемка, и пикетами, т.е.

$$h = h' + i - v, \quad (3.7)$$

для этого алгебраически складывают данные граф 8 и 9 и записывают их в графу 10.

В примере для пикета 1 $h = -1,06 + (-1,05) = -2,11$

4. Вычисляют отметки пикетов. Отметки пикетов вычисляют по формуле:

$$H_{\text{пик.}} = H_{\text{ст.}} + h \quad (3.8)$$

и записывают в графу 11.

В примере $H_{\text{пик. 1.}} = 31,2 + (-2,11) = 29,09$

$H_{\text{пик. 2.}} = 31,2 + (-1,36) = 29,84$ и т.д.

Таблица 3.1. Журнал тахеометрической съемки

№ п/п	№ точки	Дальнейшее расстояние, м	Высота наведе- ния, м	Отсчеты			Угол наклона $\nu = \text{BK-MO}$	Горизонтальн. проект. d	i - v	h = h + i - v	Отметка $H_{\text{пнк}} = H_{\text{ст}} + h$	КРОКИ (Абрис)
				ниж. н	горизон. ТК	вертикальн. ВК						
1	1	44,4	2,50	4°20'	178°40'	-1°22'	44,4	-1,05	-2,11	29,09		
2	2	20,7	1,45	23°45'	176°17'	-3°45'	20,6	0	-1,36	29,84		
3	3	59,2	3,00	243°15'	0°39'	+0°37'	59,2	-1,55	-0,91	30,29		
	и.т.д.											

$$\text{MO} = \frac{\text{KA} + \text{KP} - 180^\circ}{2} = 0^\circ 02'$$

$$\text{KP} = 177^\circ 52' \quad \text{KJ} = 2^\circ 12'$$

Нст. = 31,20 м

i = 1,45 м.

Ориентировано на ст. 3 круг влево

3.3. Составление и оформление плана тахеометрической съемки

План тахеометрической съемки строится на листе бумаги формата А4.

В данном задании съемка выполнена с одной станции 2.

Исходные данные для построения плана являются кроки (графа 12), отсчеты по горизонтальному кругу (графа 4), горизонтальные проложения (графа 7) и вычисленные отметки пикетов (графа 11) табл. 3.1.

На листе бумаги произвольно нанести точку, с которой производилась съемка и точку, на которую ориентирован ноль лимба горизонтального круга (в нашем примере точки 2 и 3). От полученного направления (2-3) последовательно отложить при помощи транспортира отсчеты по горизонтальному кругу (графа 4) и в заданном масштабе при помощи измерителя и масштабной линейки, - горизонтальные проложения (графа 7). Полученные точки оформляются в соответствии с условными знаками (точки высот) и подписываются их отметки (графа 11).

После нанесения пикетов приступают к рисовке рельефа горизонталями. Для этого выполняют процесс, называемый интерполяцией, т.е. нахождение положения горизонталей между пикетами с известными отметками.

Интерполяцию можно выполнять аналитическим или графическим способами.

Аналитическую интерполяцию можно выполнить при помощи калькулятора.

Например необходимо найти положение горизонталей между точками А и В если отметки точек равны $H_A=31,20$ $H_B=29,91$. Между этими точками, очевидно пройдут горизонтали, кратные 0,5 м с отметками $H_1=30,00$; $H_2=30,50$; $H_3=31,00$. Расстояние между точками АВ на плане равно 28 мм (рис. 2.14), а превышение между ними $h=H_A-H_B=31,20-29,91=1,29$ м. Следовательно, расстояние до горизонталей от точки В по направлению к точке А составит (рис. 3.1):

$$l_1 = \frac{AB}{h} (H_1 - H_B) = \frac{28}{1,29} (30,00 - 29,91) = 21,70 \quad 0,09 = 2,0 \text{ мм}$$

$$l_2 = \frac{AB}{h} (H_2 - H_B) = 21,70 (30,50 - 29,91) = 21,70 \quad 0,59 = 12,8 \text{ мм}$$

$$l_3 = \frac{AB}{h} (H_3 - H_B) = 21,70 (31,00 - 29,91) = 21,70 \quad 1,09 = 23,6 \text{ мм}$$

Полученные расстояния при помощи миллиметровой шкалы откладывают по направлению ВА (рис.3.1).

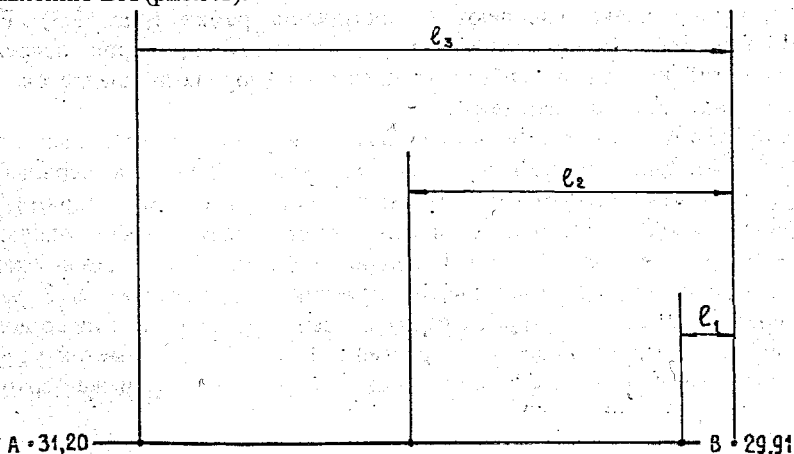


Рис. 3.1 Аналитическая интерполяция

Графическую интерполяцию можно выполнить при помощи палетки. Палетка – это ряд параллельных линий, нанесенных на восковке (кальке) через равные расстояния (5-10 мм), каждая линия обозначается отметками через 0,5 м. Палетку накладывают на линию плана, например АВ, и поворачивают ее так, чтобы точки с известными отметками заняли положение, соответствующее их отметкам (рис. 3.2). Затем точки пересечения линии АВ с линиями, условно имеющими отметки горизонталей, перекалывают на линию плана (в нашем случае 30,0; 30,5; 31,0).

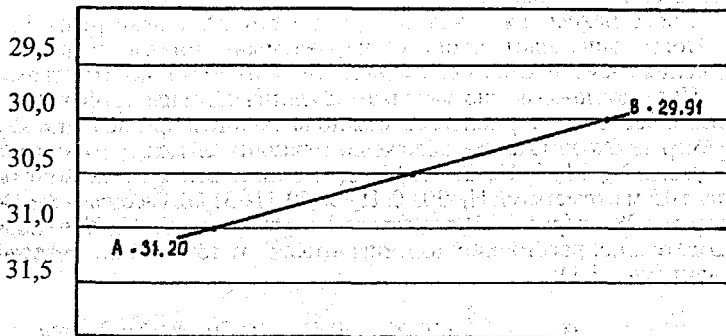


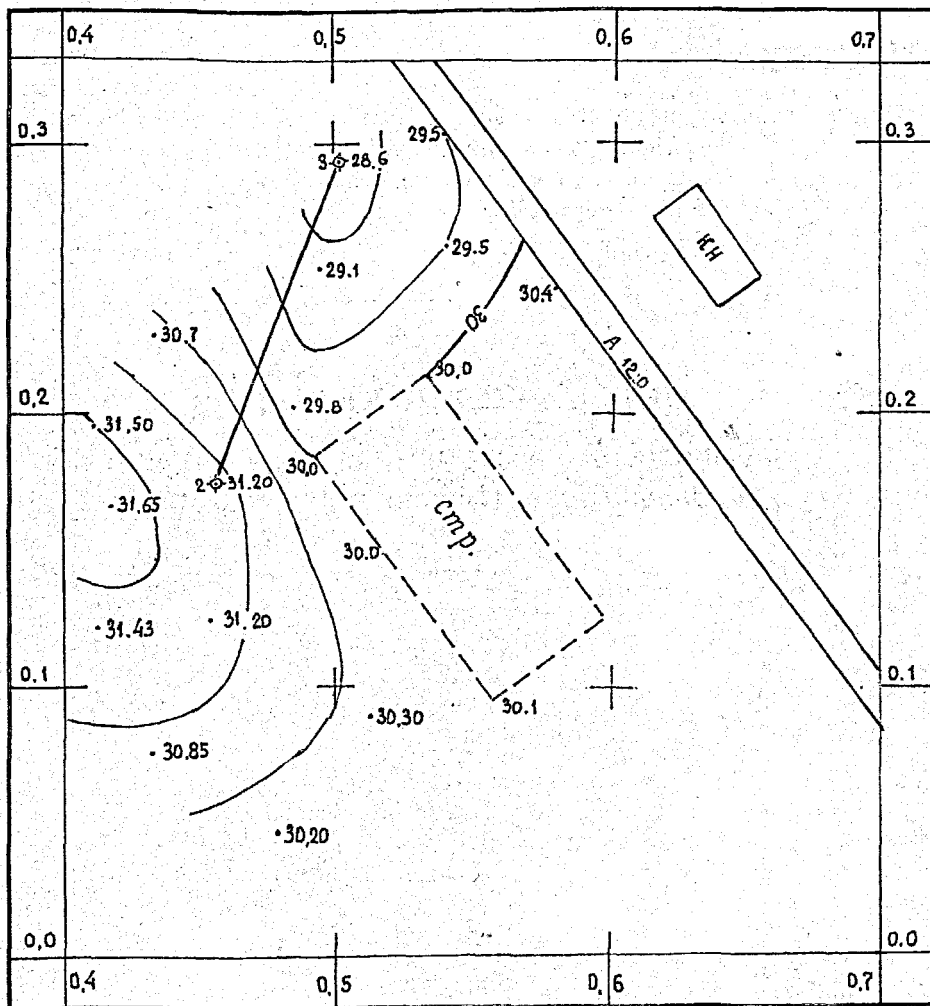
Рис. 3.2 Графическая интерполяция

ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАНА

Оформление плана начинают с построения рамки (рис. 3.3). Рамку располагают таким образом, чтобы план разместился примерно посередине. Внутреннюю границу рамки либо совмещают со сторонами квадратов, либо смещают ее на несколько сантиметров.

После оформления рамки вычерчивают ситуацию в условных знаках (табл.1.4) тщательно выдерживая их размеры. Перед вычерчиванием горизонталей их «укладывают» так, чтобы они были плавными линиями, а на равномерных склонах расстояния между горизонталями было одинаково. Горизонтالي проводят четкой линией толщиной 0,1 мм. Горизонтали кратные четырем сечениям рельефа (при высоте сечения 0,5) утолщают в 3 раза и подписывают их отметки в разрывах горизонталей. При этом верх цифр должен быть обращен в сторону повышения рельефа. Все подписи отметок речных точек и точек съемочного обоснования должны быть ориентированы верхом на север.

План тахеометрической съемки



1:1000
 в 1 сантиметре – 10 метров
 Высота сечения рельефа 0,5 м.

Рис. 3.3 Пример оформления топографического плана

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители: Жукова Вера Павловна
Зеленский Алексей Михайлович
Синякина Наталья Васильевна
Фолитар Георгий Владимирович

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению расчетно-графических работ
по дисциплине "Инженерная геодезия"

Ответственный за выпуск: Зеленский А.М.

Редактор: Строкач Т.В.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 3.06.2003 г. Формат 60x84/16. Бумага писчая. Усл. п. л. 1,6.
Уч. изд. л. 1,75. Тираж 200 экз. Заказ № 920. Отпечатано на ризографе
учреждения образования "Брестский государственный технический университет".
224017, Брест, ул. Московская, 267.