

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная
академия (СибАДИ)»

Т.П. Синютина, Л.Ю. Миколишина,
Т.В. Котова, Н.С. Воловник

**ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
СТРОИТЕЛЬСТВА
(ГЕОДЕЗИЯ)**

Учебно-методическое пособие

Омск
СибАДИ
2012

УДК 528
ББК 38.115
С - М 54

Рецензенты:

канд. техн. наук., доц. М.С. Цицикашвили (СибАДИ);
д.т.н., профессор. В.С. Прокопец (СибАДИ)

Работа одобрена редакционно-издательским советом академии в качестве учебно-методического пособия.

Синютина Т.П.

С–М54 Инженерное обеспечение строительства (геодезия): учебно-методическое пособие /Т.П.Синютина, Л.Ю.Миколишина, Т.В.Котова, Н.С.Воловник. – Омск: СибАДИ, 2012. – 95 с.

В работе излагается методика выполнения курсовой работы студентами строительных специальностей по дисциплине «Инженерное обеспечение строительства (геодезия)». Работа состоит из 4 частей, охватывающих материал всех разделов изучаемой дисциплины. Дается теоретический материал в объеме, необходимом для выполнения задания. Приводится подробный разбор одного из вариантов выполняемой работы с пояснениями. В приложении даются образцы выполненной работы для варианта, рассмотренного в учебно-методическом пособии.

Табл. 9. Ил. 31. Библиогр.: 18 назв.

© ФГБОУ ВПО «СибАДИ», 2012

Введение

Материалы учебно-методического пособия разработаны в соответствии со стандартами 3-го поколения и в соответствии с рабочими программами по дисциплине «Инженерное обеспечение строительства (геодезия)».

Учебно-методическое пособие отражает все дидактические единицы излагаемого материала практических занятий по изучаемой дисциплине (раздел «геодезия»). В пособии рассмотрен практический материал, дополняющий теорию, излагаемую в лекционном курсе.

Практическое наполнение пособия содержит методологию математической обработки полевых измерений, выполняемых при создании планового и высотного съемочных обоснований, методику построения топографического плана. В разделах 3 и 4 изложены материалы по подготовке участка под горизонтальную плоскость и вынос проекта сооружения на местность. Изложенные в пособии материалы формируют знания, необходимые на производстве при подсчете объемов земляных работ, навыки чтения рабочих чертежей.

В учебно-методическом пособии в соответствии со стандартами 3-го поколения предусмотрена курсовая работа с изложением методики ее выполнения.

Курсовая работа состоит из 4 частей:

1 часть. Инженерно-геодезические изыскания для строительства площадных сооружений.

2 часть. Инженерно-геодезические изыскания для строительства линейных сооружений.

3 часть. Планировка участка под горизонтальную плоскость.

4 часть. Вынос проекта сооружения на местность.

Каждая часть сопровождается пояснительной запиской на 2–3 страницах.

Чертежи оформляются на отдельных листах по установленным размерам и в соответствии с данными полевых измерений и вариантом. Чертежи выполняются в карандаше в соответствии с требованиями, предъявляемыми к топографическим материалам.

Студенты, получившие положительную рецензию на курсовую работу, могут быть допущены к ее защите, а затем и к экзамену.

1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЛОЩАДНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Эта часть курсовой работы включает в себя:

1. Математическую обработку полевых измерений, выполняемых при создании планового съемочного обоснования.
2. Математическую обработку полевых измерений, выполняемых при создании высотного съемочного обоснования.
3. Математическую обработку полевых измерений, выполняемых при тахеометрической съемке.
4. Построение топографического плана.

Вначале студент выполняет подготовку исходных данных для выполнения работы в соответствии с номером зачетной книжки и фамилией студента. Затем на основании подготовленных данных производит обработку полевых измерений по созданию планово-высотного съемочного обоснования, обработку полевых измерений тахеометрической съемки, построение топографического плана.

1.1. Подготовка исходных данных

Задача 1. Вычисление исходных дирекционных углов.

Исходный дирекционный угол α направления $n/n85 - n/n84$ для каждого студента берется в соответствии со шифром и фамилией студента: число градусов равно двузначному числу, состоящему из двух последних цифр шифра зачетки; число минут равно 15 плюс столько минут, сколько букв в фамилии студента; число секунд равно 30 плюс столько секунд, сколько букв в имени студента.

Пример.

Иванов Иван	ПГСз – 06-50	$\alpha_{n/n 85-n/n 84}=50^{\circ}21'34''$.
Селиванов Сергей	АДз – 05-76	$\alpha_{n/n 85-n/n 84}=76^{\circ}24'36''$.

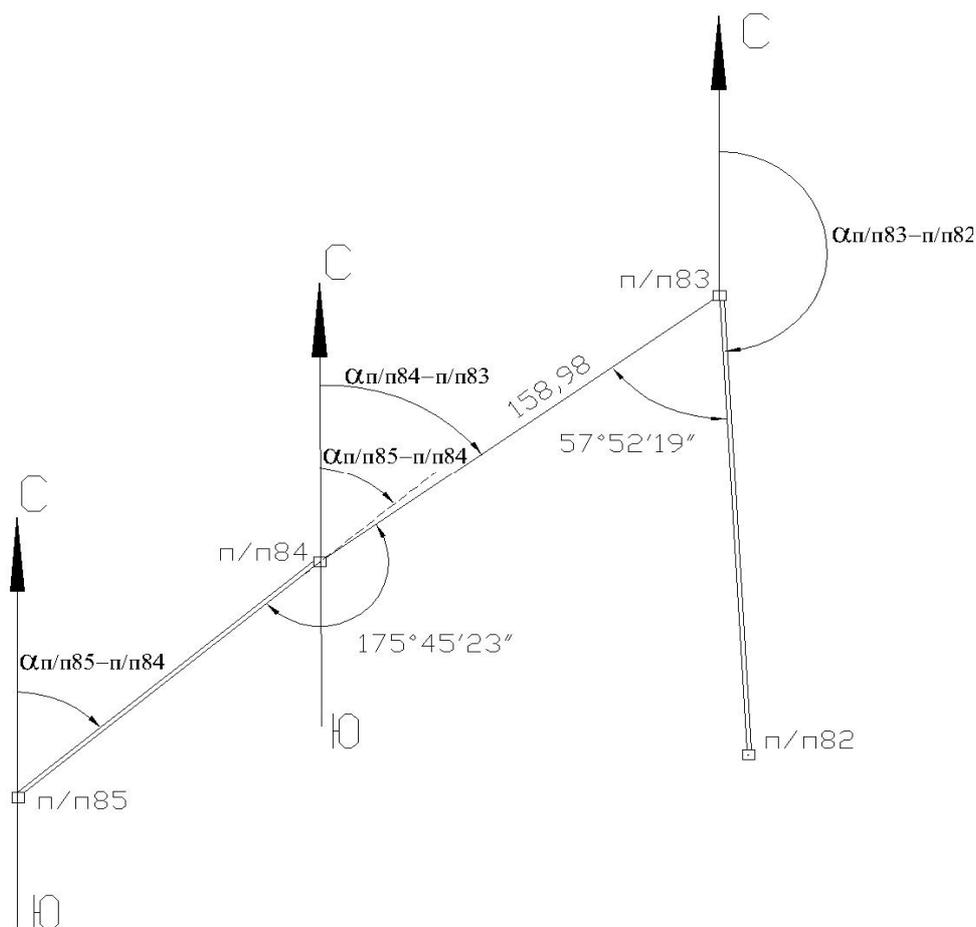


Рис. 1.1. Схема вычисления дирекционных углов смежных сторон

На рис 1.1 приведена схема для вычисления дирекционного угла направления $n/n83-n/n82$. Измеренные правые по ходу углы в точках $n/n84$ и $n/n83$ у всех вариантов равны

$$\beta_{n/n84} = 175^{\circ}45'23'' ;$$

$$\beta_{n/n83} = 57^{\circ}52'19'' .$$

Дирекционные углы вычисляют по правилу: дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус горизонтальный угол при общей точке, справа по ходу лежащий:

$$\alpha_{n/n84-n/n83} = \alpha_{n/n85-n/n84} + 180^{\circ} - \beta_{n/n84}; \quad (1.1)$$

$$\alpha_{n/n83-n/n82} = \alpha_{n/n84-n/n83} + 180^{\circ} - \beta_{n/n83}. \quad (1.2)$$

Например, для Иванова И. дирекционный угол направления $n/n84-n/n83$ будет равен

$$\alpha_{n/n84-n/n83} = 50^{\circ}21'34'' + 180^{\circ} - 175^{\circ}45'23'' = 54^{\circ}36'11'' .$$

$$\alpha_{n/n83-n/n82} = 54^{\circ}36'11'' + 180^{\circ} - 57^{\circ}52'19'' = 176^{\circ}43'52''.$$

Если при вычислении дирекционный угол получается отрицательным, то кроме 180° к дирекционному углу предыдущей стороны необходимо прибавить 360° . Если дирекционный угол получается больше 360° , то из него вычитают 360° .

Задача 2. Вычисление координат точки $n/n83$, если координаты точки $n/n84$ известны и известны длина линии $n/n84-n/n83$ и ее дирекционный угол.

Координаты точки $n/n84$ вычисляются для каждого студента в соответствии с его вариантом:

$$X_{n/n84} = 100 \text{ м} + N_3 \cdot 10,15 \text{ м}; \quad (1.3)$$

$$Y_{n/n84} = 300 \text{ м} + N_3 \cdot 15,25 \text{ м}, \quad (1.4)$$

где N_3 – последние две цифры шифра зачетки.

Горизонтальное проложение линии $n/n84-n/n83$ равно для всех вариантов $158,98$ м, а дирекционный угол $\alpha_{n/n84-n/n83}$ берут из предыдущей задачи.

Таблица 1.1

Перевод дирекционных углов в румбы

Номер четверти	Название четверти	Формула перевода
I	СВ	$r_I = \alpha$
II	ЮВ	$r_{II} = 180^{\circ} - \alpha$
III	ЮЗ	$r_{III} = \alpha - 180^{\circ}$
IV	СЗ	$r_{IV} = 360^{\circ} - \alpha$

Координаты точки $n/n83$ вычисляют по формулам

$$X_{n/n83} = X_{n/n84} + \Delta x_{n/n84-n/n83}; \quad (1.5)$$

$$Y_{n/n83} = Y_{n/n84} + \Delta y_{n/n84-n/n83}, \quad (1.6)$$

где

$$\Delta x_{n/n84-n/n83} = d_{n/n84-n/n83} \cdot \cos \alpha_{n/n84-n/n83}; \quad (1.7)$$

$$\Delta y_{n/n84-n/n83} = d_{n/n84-n/n83} \cdot \sin \alpha_{n/n84-n/n83}. \quad (1.8)$$

Для удобства вычислений дирекционный угол можно предварительно перевести в румб, пользуясь рис. 1.2 и табл. 1.1.

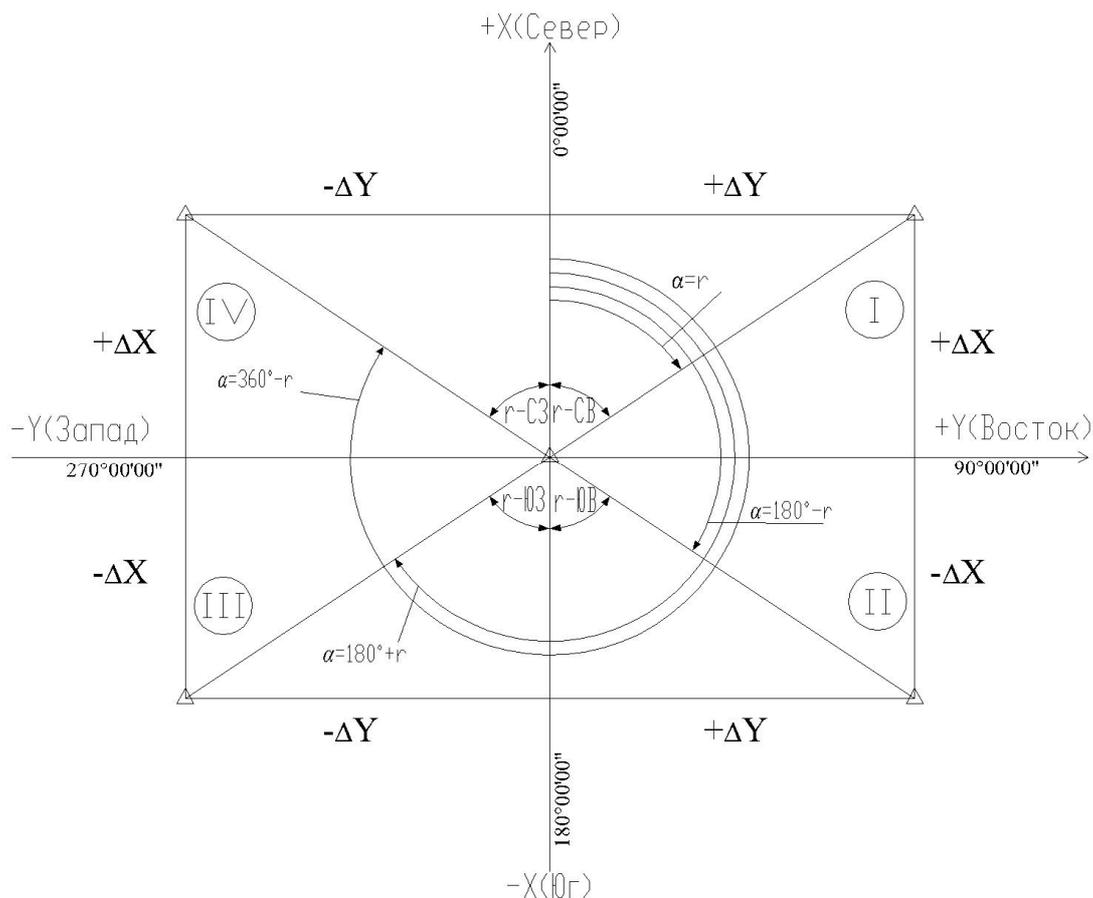


Рис. 1.2. Зависимость между дирекционными углами и румбами

При использовании румбов знак приращений координат ставят в соответствии с названием румба (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Знаки приращений прямоугольных координат

Приращения	Названия румбов			
	СВ	ЮВ	ЮЗ	СЗ
Δx	+	-	-	+
Δy	+	+	-	-

Для Иванова Ивана:

$$X_{n/n84} = 100\text{м} + N_3 \cdot 10,15\text{ м} = 607,50\text{м};$$

$$Y_{n/n84} = 300\text{м} + N_3 \cdot 15,25\text{м} = 1062,50\text{м};$$

$$\Delta x_{n/n84-n/n83} = 158,98 \cdot \cos 54^\circ 36' 11'' = 92,09\text{м};$$

$$\Delta y_{n/n84-n/n83} = 158,98 \cdot \sin 54^\circ 36' 11'' = 129,59\text{м};$$

$$X_{n/n83} = 607,50\text{м} + 92,09\text{м} = 699,59\text{м};$$

$$Y_{n/n83} = 1062,50\text{м} + 129,59\text{м} = 1192,09\text{м}.$$

1.2. Обработка результатов топографической съемки участка местности

Исходные данные. Для съемки участка на местности проложен высотно-теодолитный ход между двумя пунктами полигонометрии $n/n84$ и $n/n83$. Схема сети и результаты полевых измерений выдаются преподавателем и являются общими для всех вариантов. Для примера, рассмотренного в учебно-методическом пособии, схема сети приведена на рис. 1.3. В ходе измерены длины линий и горизонтальные углы, лежащие справа по ходу. Результаты измерения горизонтальных углов и длин линий для сети, изображенной на рис. 1.3, приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Результаты измерений горизонтальных углов и длин сторон хода

Номера вершин хода	Измеренные углы (правые)			Горизонтальные проложения d , м
	°	'	''	
$n/n84$	202	48	00	68,74
1	199	12	30	190,36
6	70	10	00	104,18
7	106	46	30	110,05
$n/n83$	194	39	00	

Координаты исходных пунктов $n/n84$ и $n/n83$ берутся из подраздела 1.1 (задача 2). Высоты точек $n/n84$ и $n/n83$ вычисляются:

$$H_{n/n84} = 100\text{м} + N_3 \cdot 1\text{м} + 0,1\text{м} + 0,001\text{м} \cdot N_3; \quad (1.9)$$

$$H_{n/n83} = H_{n/n84} + 3,89 + 0,001\text{м} \cdot N_3. \quad (1.10)$$

Пример.

Иванов Иван

ПГС3 – 06-50

$H_{n/n84} = 150,150$ м.

Селиванов Сергей

АДз – 05-76

$H_{n/n84} = 176,176$ м.

СХЕМА ПЛАНОВОГО И ВЫСОТНОГО ОБОСНОВАНИЯ

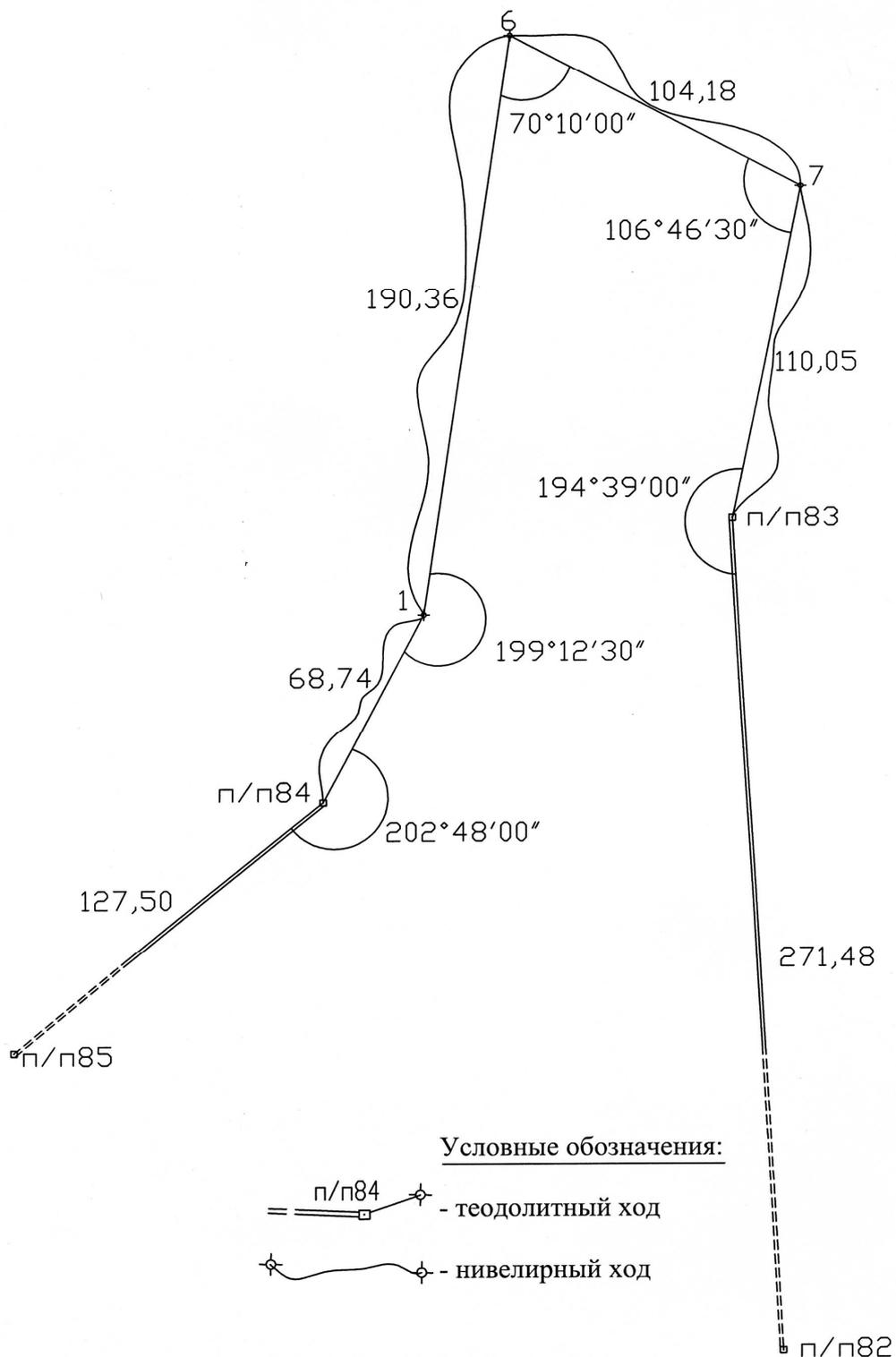


Рис. 1.3. Схема планового и высотного обоснований

Задание выполняется в следующей последовательности:

1. Обработка ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода.
2. Обработка результатов вычисления высот точек съемочного обоснования.
3. Обработка результатов тахеометрической съемки (обработка журнала тахеометрической съемки).
4. Составление топографического плана.

1.3. Обработка ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода

Обработка ведется в специальной ведомости (табл. 1.4) в следующей последовательности:

1. В графе 4 записывают исходный дирекционный угол начальной стороны $\alpha_{n/n85} - n/n84$ и исходный дирекционный угол конечной стороны $\alpha_{n/n83} - n/n82$.

Исходные дирекционные углы выделены жирным шрифтом. Для рассматриваемого примера $\alpha_{n/n85-n/n84} = 50^{\circ}21'34''$; $\alpha_{n/n83-n/n82} = 176^{\circ}43'52''$. Студент исходные данные своего варианта берет из задачи 1 подраздела 1.1.

2. Вычисляется сумма измеренных углов в ходе (значения измеренных углов записаны в графе 2) – $\sum \beta_{np}$. Для рассматриваемого примера $\sum \beta_{np} = 773^{\circ}36'00''$.

Если через α_n и α_k обозначим дирекционные углы в начале и конце теодолитного хода, которые заданы как неизменные и безошибочные, то в этом случае должно выполняться равенство

$$\alpha_k = \alpha_n + 180^{\circ} \cdot n - \sum_{i=1}^n \beta, \quad (1.11)$$

где n – число вершин, на которых измерялись углы.

Если это равенство переписать для $\sum \beta$, то полученное выражение можно использовать для вычисления теоретической суммы углов в ходе. Отсюда

$$\sum \beta_{теор} = \alpha_n - \alpha_k + 180^{\circ} \cdot n. \quad (1.12)$$

Таблица 1.4

**Ведомость вычисления прямоугольных координат
вершин теодолитного хода**

Номера точек	Измеренные углы β_i	Исправленные углы $\beta_{исп}$	Дирекционные углы α_i	Румбы r_i	
	° ' "	° ' "	° ' "	назв.	° ' "
1	2	3	4	5	6
<i>n/n85</i>	-	-	50 21 34	СВ	50 21 34
<i>n/n84</i>	202 48 00	202 48 20	27 33 14	СВ	27 33 14
1	199 12 30	199 12 51	8 20 23	СВ	8 20 23
6	70 10 00	70 10 20	118 10 03	ЮВ	61 49 57
7	106 46 30	106 46 51	191 23 12	ЮЗ	11 23 12
<i>n/n83</i>	194 39 00	194 39 20	176 43 52	ЮВ	03 16 08
<i>n/n82</i>					
$\Sigma\beta_{np} = 773^{\circ}36'00''$ $\Sigma\beta_{теор} = 773^{\circ}37'42''$ $f_{\beta} = -1'42''$ $f_{\beta_{дон}} = 2,24'$					

Горизонтальное проложение	Приращения координат, м								Координаты, м	
	вычисленные				исправленные					
d , м	+	Δx	+	Δy	+	Δx	+	Δy	x	y
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
									607,50	1062,50
68,74	+	-0,02 60,94	+	+0,01 31,80	+	60,92	+	31,81	668,42	1094,31
190,36	+	-0,06 188,35	+	+0,03 27,61	+	188,29	+	27,64	856,71	1121,95
104,18	-	-0,03 49,18	+	+0,01 91,84	-	49,21	+	91,85	807,50	1213,80
110,05	-	-0,03 107,88	-	+0,02 21,73	-	107,91	-	21,71	699,59	1192,09
$\Sigma = 473,33 \text{ м}$					$\Sigma =$ $= 92,09 \text{ м}$	$\Sigma =$ $= 129,59 \text{ м}$			$\Sigma \Delta x_{\text{теор}} =$ $= x_{83} - x_{84} =$ $= 92,09 \text{ м}$	$\Sigma \Delta y_{\text{теор}} =$ $= y_{83} - y_{84} =$ $= 129,59 \text{ м}$
$\Sigma \Delta x_{\text{np}} = 92,23 \quad \Sigma \Delta y_{\text{np}} = 129,52 \text{ м}$ $f_{\Delta x} = +0,14 \quad f_{\Delta y} = -0,07 \text{ м}$ $f_{\text{abc}} = \sqrt{(+0,14)^2 + (-0,07)^2} = 0,16 \text{ м}$ $f_{\text{отн}} = \frac{1}{\Sigma d / f_{\text{abc}}} = \frac{1}{473,33 / 0,16} \approx \frac{1}{2958} < \frac{1}{2000} \text{ м}$										

Для рассматриваемого примера $\sum \beta_{теор} = 773^{\circ}37'42''$.

В нашем примере $\alpha_n = \alpha_{n/n85-n/n84}$; $\alpha_k = \alpha_{n/n83-n/n82}$.

Вследствие ошибок измерений углов практическая сумма измеренных горизонтальных углов не равна теоретической сумме горизонтальных углов, разность между ними называют угловой невязкой.

$$\sum \beta_{теор} \neq \sum \beta_{пр}.$$

3. Вычисляется угловая невязка хода. Разница между $\sum \beta_{пр}$ и $\sum \beta_{теор}$ и составляет угловую невязку в разомкнутом теодолитном ходе.

$$f_{\beta} = \sum \beta_{пр} - \sum \beta_{теор}. \quad (1.13)$$

Полученную невязку сравнивают с допустимой, которая вычисляется по формуле

$$f_{\beta доп} = 1' \sqrt{n}, \quad (1.14)$$

где n – число измеренных углов.

В нашем примере $f_{\beta доп} = 2,24'$. Если выполняется неравенство $f_{\beta} \leq f_{\beta доп}$, то f_{β} делят на количество углов и получают величину поправки, которую вводят в каждый измеренный горизонтальный угол с обратным знаком:

$$\delta_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n}. \quad (1.15)$$

Поправки вычисляются до целых секунд. Должно выполняться равенство $\sum \delta_{\beta} = -f_{\beta}$. К измеренным углам прибавляют поправку со своим знаком, результат записывают в графу 3.

$$\beta_{испр} = \beta_{изм} + \delta_{\beta}. \quad (1.16)$$

Контролем правильности исправления углов служит равенство

$$\sum \beta_{испр} = \sum \beta_{теор}. \quad (1.17)$$

После уравнивания углов вычисляют дирекционные углы всех сторон хода по формуле

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + 180^{\circ} - \beta_{испр}. \quad (1.18)$$

Дирекционный угол последующей стороны равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус правый (исправленный) угол хода, образованный этими сторонами.

Пример.

$$\alpha_{n/n84-1} = \alpha_{n/n85-n/n84} + 180^\circ - \beta_{n/n84} = 50^\circ 21' 34'' + 180^\circ - 202^\circ 48' 20'' = 27^\circ 33' 14''.$$

Для нашего хода вычисления ведут в следующей последовательности:

$$\begin{aligned}\alpha_{n/n84-1} &= \alpha_{n/n85-n/n84} + 180^\circ - \beta_{n/n84}; \\ \alpha_{1-6} &= \alpha_{n/n84-1} + 180^\circ - \beta_1; \\ \alpha_{6-7} &= \alpha_{1-6} + 180^\circ - \beta_6; \\ \alpha_{7-n/n83} &= \alpha_{6-7} + 180^\circ - \beta_7; \\ \alpha_{n/n83} &= \alpha_{6-7} + 180^\circ - \beta_7; \\ \alpha_{n/83-n/n82} &= \alpha_{7-n/n83} + 180^\circ - \beta_{n/n83}.\end{aligned}$$

Вычисленный $\alpha_{n/n83-n/n82}$ должен быть точно равен исходному $\alpha_{n/n83-n/n82}$. Результаты вычислений записывают в графу «Дирекционные углы».

Если при вычислении дирекционный угол получается отрицательным, то кроме 180° к дирекционному углу предыдущей стороны необходимо прибавить 360° . Если дирекционный угол получается больше 360° , то из него вычитают 360° .

4. Производят уравнивание линейных измерений. Обработка линейных измерений начинается с вычисления приращений координат для всех сторон теодолитного хода по формулам

$$\begin{aligned}\Delta x &= d \cdot \cos \alpha; \\ \Delta y &= d \cdot \sin \alpha,\end{aligned}\tag{1.19}$$

где d – горизонтальное проложение стороны хода; α – дирекционный угол этой же стороны.

Вычисленные приращения координат (Δx и Δy) записывают в графы 9 и 11 табл. 1.4, находят их суммы $\sum \Delta x_{np}$, $\sum \Delta y_{np}$ и приступают к их уравниванию.

Зная координаты начальной точки $x_{n/n84}$ и $y_{n/n84}$ и приращения, можно вычислить координаты всех точек теодолитного хода:

$$\begin{aligned}x_1 &= x_{n/n84} + \Delta x_{n/n84-1}; & y_1 &= y_{n/n84} + \Delta y_{n/n84-1}; \\ x_6 &= x_1 + \Delta x_{1-6} = x_{n/n84} + \sum_{i=1}^2 \Delta x_i; & y_6 &= y_1 + \Delta y_{1-6} = y_{n/n84} + \sum_{i=1}^2 \Delta y_i;\end{aligned}$$

$$x_7 = x_6 + \Delta x_{6-7} = x_{n/n84} + \sum_{i=1}^3 \Delta x_i; \quad y_7 = y_6 + \Delta y_{6-7} = y_{n/n84} + \sum_{i=1}^3 \Delta y_i;$$

$$x_{n/n83} = x_7 + \Delta x_{7-n/n83} = x_{n/n84} + \sum_{i=1}^n \Delta x_i;$$

$$y_{n/n83} = y_7 + \Delta y_{7-n/n83} = y_{n/n84} + \sum_{i=1}^n \Delta y_i,$$

где n – число измеренных сторон хода.

Из последней строки системы определим $\sum_{i=1}^n \Delta x_i$ и $\sum_{i=1}^n \Delta y_i$:

$$\sum_{i=1}^n \Delta x_i = x_{n/n83} - x_{n/n84}; \quad \sum_{i=1}^n \Delta y_i = y_{n/n83} - y_{n/n84}. \quad (1.20)$$

Или в общем виде $\sum_{i=1}^n \Delta x_i = x_k - x_n$; $\sum_{i=1}^n \Delta y_i = y_k - y_n$.

Эти формулы справедливы тогда, когда приращения координат не имеют погрешностей. Поэтому суммы данных приращений называют теоретическими и обозначают через $\sum \Delta x_{теор}$ и $\sum \Delta y_{теор}$, т.е.

$$\sum \Delta x_{теор} = x_k - x_n; \quad \sum \Delta y_{теор} = y_k - y_n. \quad (1.21)$$

Для нашего примера

$$\sum \Delta x_{теор} = x_{n/n83} - x_{n/n84}; \quad \sum \Delta y_{теор} = y_{n/n83} - y_{n/n84}.$$

Так как измерения длин сторон имеют погрешности, то суммы вычисленных приращений ($\sum \Delta x_{np}$, $\sum \Delta y_{np}$) координат отличаются от теоретического значения. Разности этих величин называют невязками приращений.

$$f_{\Delta x} = \sum \Delta x_{np} - \sum \Delta x_{теор}; \quad f_{\Delta y} = \sum \Delta y_{np} - \sum \Delta y_{теор}. \quad (1.22)$$

Невязки $f_{\Delta x}$ и $f_{\Delta y}$ показывают отклонение вычисленных координат конечной точки от её теоретического положения соответственно по осям x и y .

Для оценки точности используют линейную невязку, т.е. расстояние между этими точками (рис. 1.4). Линейную величину f_{abc} невязки определим как гипотенузу прямоугольного треугольника с катетами $f_{\Delta x}$ и $f_{\Delta y}$.

$$f_{abc} = \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2}. \quad (1.23)$$

Наилучшим образом точность измерений в ходе характеризует относительная невязка, т.е. величина линейной невязки, отнесённая ко всему периметру полигона.

$$f_{отн} = \frac{f_{абс}}{P} = \frac{1}{P / f_{абс}} = \frac{1}{N}, \quad (1.24)$$

где

$$P = \sum_{i=1}^{n-1} d_i, \quad (1.25)$$

здесь n – число измерений сторон хода; P – длина хода.

Относительную невязку принято записывать в виде дроби с единицей в числителе, что облегчает сравнение двух или нескольких значений. Качество измерений в теодолитном ходе считают удовлетворительным, если $f_{отн} = \frac{1}{N} \leq \frac{1}{2000}$.

Если полученная относительная невязка не превышает допустимого значения, то невязки $f_{\Delta x}$ и $f_{\Delta y}$ распределяют между приращениями координат.

Примеры в задании подобраны так, чтобы относительная невязка получилась допустимой. Если относительная невязка оказалась недопустимой, то в вычислениях допущены ошибки.

Дирекционные углы сторон хода вычислены по исправленным значениям горизонтальных углов $\beta_{испр}$. Следовательно, появление невязок вызвано погрешностями измерения длин сторон хода. Кроме того, погрешность измерения стороны хода пропорциональна её длине (т.е. чем больше длина стороны, тем большая вероятность появления погрешности в её измерении), поэтому невязки в приращениях координат распределяют пропорционально длинам сторон, для этого в каждое приращение вычисляют поправку по формулам

$$\delta_{xi} = -\frac{f_{\Delta x}}{P} d_i; \quad \delta_{yi} = -\frac{f_{\Delta y}}{P} d_i. \quad (1.26)$$

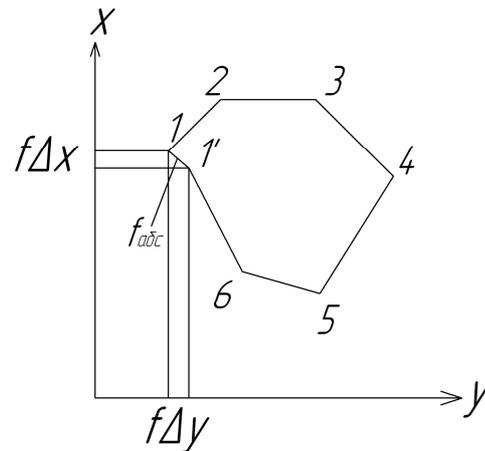


Рис. 1.4. Линейная невязка (1-1')

Контролем правильности распределения поправок являются равенства $\sum \delta_{xi} = -f_{\Delta x}$; $\sum \delta_{yi} = -f_{\Delta y}$. Далее вычисляют исправленные значения приращений координат

$$\Delta x_{испр_i} = \Delta x_i + \delta_{xi}; \Delta y_{испр_i} = \Delta y_i + \delta_{yi}. \quad (1.27)$$

Контролем вычислений служит выполнение равенства

$$\sum \Delta x_{испр_i} = \sum \Delta x_{теор}; \sum \Delta y_{испр_i} = \sum \Delta y_{теор}. \quad (1.28)$$

Для разомкнутого теодолитного хода

$$\sum \Delta x_{теор} = x_k - x_n; \sum \Delta y_{теор} = y_k - y_n, \quad (1.29)$$

следовательно,

$$\sum \Delta x_{испр_i} = x_k - x_n; \sum \Delta y_{испр_i} = y_k - y_n. \quad (1.30)$$

Вычисление координат точек теодолитного хода производят по формулам

$$\begin{aligned} x_1 &= x_{n/n84} + \Delta x_{испр.n/n.84-1}; & y_1 &= y_{n/n84} + \Delta y_{испр.n/n.84-1}; \\ x_6 &= x_1 + \Delta x_{испр.1-6}; & y_6 &= y_1 + \Delta y_{испр.1-6}; \\ \dots & & \dots & \\ x_{n/n83} &= x_7 + \Delta x_{испр.7-n/n83}; & y_{n/n83} &= y_7 + \Delta y_{испр.7-n/n83}. \end{aligned}$$

Получение $x_{n/n83}$ и $y_{n/n83}$, равных исходным значениям, служит контролем правильности вычисления координат точек теодолитного хода.

1.4. Обработка журнала тригонометрического нивелирования

Тригонометрическое нивелирование – это определение превышения одной точки над другой по углу наклона и горизонтальному проложению между этими точками.

При тригонометрическом нивелировании над точкой с известной высотной отметкой H устанавливают теодолит (рис. 1.5) и измеряют высоту инструмента i (расстояние по вертикали между точкой и осью вращения зрительной трубы), а в другой точке устанавливают рейку. Зрительную трубу наводят на один и тот же отсчет по рейке при «круге лево» и «круге право» и берут отсчеты по вертикальному кругу $KЛ$ и $KП$ соответственно. Все измерения заносят в журнал. Туда же записывают высоту инструмента i , горизонтальное

Таблица 1.5

Ведомость вычисления высот точек съёмочного обоснования

Номер точки	Длина линии d , м	Превышение h , м				Отметки H , м
		h_{np}	$h_{обр}$	h_{cp}	$h_{испр}$	
п/п84						150,15
1	68,74	1,16	-1,17	1,16	1,17	151,32
6	190,36	-0,34	0,32	-0,33	-0,32	151,00
7	104,18	3,35	-3,39	3,37	3,39	154,39
п/п83	110,05	-0,29	0,33	-0,31	-0,30	154,09
-	473,33	$\Sigma h_{cp} = 3,89$ м $\Sigma h_{теор} = 3,94$ м $fh = -0,05$ м $fh_{дон} = 0,12$ м			3,94	-

Уравнивание выполняют в следующей последовательности.

Высотную невязку вычисляют как разность суммы практических (средних) превышений и теоретической суммы превышений:

$$fh_{np} = \sum h_{cp} - \sum h_{теор} \quad (1.34)$$

Для определения $\sum h_{теор}$ для нивелирного хода, опирающегося на репера с известными отметками, запишем

$$\begin{aligned} H_1 &= H_{нач} + h_{(нач-1)}; \\ H_6 &= H_1 + h_{(1-6)}; \\ H_7 &= H_6 + h_{(6-7)}; \end{aligned} \quad (1.35)$$

$$H_{\text{кон}} = H_{n-1} + h_{(n-1-\text{кон})}.$$

Сложив правые и левые части равенств, получим

$$H_{\text{кон}} = H_{\text{нач}} + \sum h, \quad (1.36)$$

отсюда

$$\sum h = H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}. \quad (1.37)$$

Так как отметки начальной и конечной точек являются исходными, т.е. безошибочными, последнее выражение можно использовать для вычисления теоретической суммы превышений:

$$\sum h_{\text{теор}} = H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}. \quad (1.38)$$

Итак, теоретическая сумма превышений в нивелирном ходе равна разности отметок конечного и начального реперов. Для нашего примера $\sum h_{\text{теор}} = H_{n/n83} - H_{n/n84}$.

Отсюда высотная невязка для разомкнутого хода

$$fh_{\text{нр}} = \sum h_{\text{ср}} - (H_{\text{кон}} - H_{\text{нач}}). \quad (1.39)$$

Если вычисленная невязка не превышает величины допустимой невязки, то ее (невязку) распределяют с обратным знаком поровну на все средние превышения и вычисляют уравненные значения превышений.

$$fh_{\text{доп}} = \frac{0,05 \cdot P}{100\sqrt{n}} \text{ м}; \quad (1.40)$$

$$h_{\text{ур}} = h_{\text{ср}} + (-fh_{\text{нр}} / n), \quad (1.41)$$

где n – число средних превышений; P – периметр хода.

При этом должно выполняться условие

$$\sum h_{\text{ур}} = \sum h_{\text{теор}}. \quad (1.42)$$

Затем вычисляют высоты всех связующих точек от высоты начального репера по уравненным превышениям:

$$H_{i+1} = H_i + h_{\text{ур}(i-(i+1))}. \quad (1.43)$$

Контролем является получение в результате вычислений заданной высоты конечного репера.

Отметки реперов берутся из исходных данных (под раздел 1.2).

1.5. Обработка журнала тахеометрической съемки

При тахеометрической съемке одновременно определяют плановое и высотное положения точек местности, что позволяет получить топографический план.

Плановое положение характерных точек местности (ситуацию) определяют способом полярных координат, высоты (рельеф) – тригонометрическим нивелированием. При этом расстояния измеряют нитяным дальномером, а горизонтальные и вертикальные углы – теодолитом-тахеометром.

Все измерения выполняют достаточно быстро, что объясняет происхождение названия съемки. Слово *тахеометрия* в переводе с греческого означает *быстрое измерение*.

При камеральной обработке журнала тахеометрической съемки (табл. 1.6) для каждой реечной точки вычисляют:

1. Угол наклона

$$v = KL - MO, \quad (1.44)$$

где KL – отсчет по вертикальному кругу при круге лево; MO – место нуля, определенное на станции.

2. Горизонтальное проложение до реечной точки

$$d = L \cdot \cos^2 v \quad \text{при } |v| \geq 3^\circ, \quad (1.45)$$

где L – расстояние, определенное по нитяному дальномеру.

При $|v| < 3^\circ$

$$d = L. \quad (1.46)$$

3. Превышение между станцией и реечной точкой:

$$h = d \cdot \operatorname{tg} v + i - l \quad (1.47)$$

или

$$h = 1/2 \cdot L \cdot \sin 2v + i - l. \quad (1.48)$$

4. Отметку реечной точки

$$H_i = H_{cm} + h_i. \quad (1.49)$$

Отметки станций берут из табл. 1.5.

Таблица 1.6

Журнал тахеометрической съемки участка местности

Теодолит 2Т30П
№ 43483

Дата: 11.06.2010г.

Съемка выполнена при
"КЛ"Отсчет по горизонтальному кругу на т. №1
=0° 00' $H_6 =$
151,00Станция №6Высота инструмента:
 $i = 1,51$ МО = 0°03'Инструмент ориентирован на т. №1

Номера точек	Отсчет по горизонтальному кругу		Расстояние по рейке, м $L = C \cdot n$	Отсчет по вертикальному кругу			Угол наклона ν			Высота наведения l , м	Горизонтальное проложение $d = L \cdot \cos^2 \nu$	Превышение h , м $h = dtg \nu + i - l$	Отметка точки $H_i = H_{cm} + h_i$	Примечание
	°	'		Знак	°	'	Знак	°	'					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	8	48	109,2		-	-		-	-	-	-	-	-	Мост
2	87	30	20,3	-	2	02	-	2	05	1,51	20,27	-0,74	150,26	Урез
3	1	41	104,8		-	-		-	-	-	-	-	-	Мост
4	3	04	98,5	-	0	08	-	0	11	1,51	98,5	-0,32	150,68	Река
5	7	16	76,0	-	0	15	-	0	18	1,51	76,0	-0,40	150,60	Огражд.
6	17	30	39,6		-	-		-	-	-	-	-	-	Река
7	86	57	7,2	-	5	07	-	5	10	1,51	7,14	-0,65	150,35	Река
8	159	12	34,3	-	1	48	-	1	51	1,51	34,3	-1,11	149,89	Река
9	354	58	20,4	+	1	15	+	1	12	1,51	20,4	0,43	151,43	Сенокос

Продолжение табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	359	36	50,1	–	0	07	–	0	10	1,51	50,1	-0,15	150,85	Сенокос
11	334	04	64,5	+	0	34	+	0	31	1,51	64,5	0,58	151,58	Сенокос
12	342	36	71,6		–	–		–	–	–	–	–	–	Ограждение
13	340	10	80,1	+	1	16	+	1	13	1,51	80,1	1,70	152,70	Ст. дерев.
14	343	44	103,4	+	0	03		–	–	1,51	103,4	–	–	Дорога
15	324	40	101,7	+	2	06	+	2	03	2,50	101,55	2,64	153,64	Сенокос
16	311	42	128,0		–	–		–	–	–	–	–	–	Дорога
17	311	07	123,3	+	1	42	+	1	39	1,51	123,3	3,55	154,55	Сенокос
18	301	20	100,6	+	2	00	+	1	57	1,51	100,6	3,42	154,42	Ст. дерев
19	290	58	91,3	+	2	03	+	2	00	1,51	91,3	3,19	154,19	Сенокос
20	313	02	79,7	+	1	13	+	1	10	1,51	79,7	1,62	152,62	Сенокос
21	292	14	55,9	+	4	02	+	3	59	1,51	55,63	3,87	154,87	Сенокос
22	325	15	35,5	+	3	42	+	3	39	1,51	35,36	2,26	153,26	Сенокос
ст.№1	0	01	–		–	–		–	–	–	–	–	–	Ориентиров.

Окончание табл. 1.6

Теодолит 2Т30П
№ 43483

Дата: 11.06.2010г.

Съемка выполнена при
"КЛ"Отсчет по горизонтальному кругу на
г.№6 = 0° 00' $H_1 =$
151,32Станция №1Высота инструмента:
 $i = 1,48$ МО = -0°04'Инструмент ориентирован на г. №6

Номера точек	Отсчет по горизонтальному кругу		Расстояние по рейке, м $D' = C n$	Отсчет по вертикальному кругу			Угол наклона ν			Высота наведения l , м	Горизонтальное проложение $d = L \cdot \cos^2 \nu$	Превышение h , м, $h = dtg \nu + i - l$	Отметка точки $H_i = H_{см} + h_i$	Примечание
	°	'		Знак	°	'	Знак	°	'					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
23	19	02	91,0		-	-				-				Огражд.
24	31	09	89,8	+	0	56				1,48				Пастб.
25	43	41	107,2	+	0	56				1,00				Пастб.
26	45	58	68,7	+	1	01				1,48				Пастб.
27	31	08	69,3		-	-				-				Огражд.
28	62	01	46,2	+	1	14				1,48				Пастб.
29	14	22	51,0	+	0	10				1,48				Пастб.
30	2	07	51,6	-	0	39				1,48				Огражд.
31	348	39	39,6	-	0	47				1,48				Река
32	280	36	18,0	-	1	18				1,48				Река
Ст.№ 6	0	0	-		-	-				-				Ориент.

1.6. Составление топографического плана

Графическую обработку результатов съемки начинают с построения координатной сетки со сторонами 100 мм при помощи линейки Дробышева на листе ватмана и осуществляют ее оцифровку в соответствии с масштабом съемки и значениями координат точек съемочного обоснования. Далее по координатам наносят на план пункты съемочного обоснования (циркулем-измерителем с помощью поперечного масштаба) и подписывают их названия и высоты. Контроль нанесения точек съемочного обоснования осуществляют по горизонтальным проложениям между этими точками.

Реечные точки наносят на план по значениям полярных углов и горизонтальных проложений до реечных точек. Полярные углы строят по транспортиру, а полярные расстояния (горизонтальные проложения) – с помощью линейки. Полярные углы и расстояния можно наносить на план с помощью тахеографа. Около реечных точек выписывают их высоты. По углам поворота контура, сообразуясь с зарисовками в абрисе, получают контуры угодий, а предметы местности обозначают условными знаками.

После построения ситуации переходят к отображению рельефа. Для этого по линиям равномерного ската проводят интерполяцию.

Интерполяция – это определение промежуточных значений. В нашем случае промежуточные значения – это точки с отметками, кратными высоте сечения рельефа. Интерполяция может проводиться как графически, так и аналитически.

После интерполяции точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями согласно абрису. План вычерчивают в условных топографических знаках, принятых для данного масштаба. Внешнее оформление топографического плана заключается в зарамочном оформлении согласно требованиям условных топографических знаков.

Обязательно следует указать:

- систему координат (для нашего примера – условная);
- систему отсчета высот (для нашего примера – условная);
- исполнителя съемки, который несет ответственность за достоверность информации на плане или карте;
- масштаб плана;
- высоту сечения рельефа, принятую на плане.

Строится график масштаба заложений.

Рассмотрим каждый из этапов построения более подробно.

Построение координатной сетки.

а) с помощью линейки Дробышева.

Это стальная линейка с шестью окнами, расположенными на расстоянии 10 см друг от друга. Одно ребро линейки, один торец и один край каждого окна скошены. На первом скошенном окне нанесена риска. Расстояние между ней и скошенным торцом линейки 70,711 см, это размер диагонали квадрата 50×50 см. При построении сетки квадратов линейкой Дробышева отмечают шесть положений линейки.

Прочерчивают внизу листа линию на расстоянии от края 2–3 см. На линии отмечают точку *A*, от которой откладывают точку *B* – шестое окошко.

Засечками: с точки *A* стороной квадрата (шестое окошко), а с точки *B* диагональю получают точку *C*.

Засечками: с точки *C* стороной квадрата, а с точки *B* стороной квадрата получают точку *D*.

Диагональю *AD* проверяют точность построения. Допустимое расхождение – 0,2 мм.

Полученный квадрат разбивают на малые квадраты со сторонами 10×10 см;

б) при нестандартных размерах плана можно построить сетку координат с помощью измерителя и масштабной линейки.

Оцифровка сетки координат. Для оцифровки сетки из ведомости координат съемочного обоснования выписывают максимальные и минимальные значения *x* и *y*. Разность этих значений в соответствующем масштабе дает величину плана, помещаемого на лист. В зависимости от этого и намечают начало координат по осям *x* и *y*. Надписи цифр выполняются высотой 3мм симметрично горизонтальной линии сетки. Точка *A* имеет минимальные на плане значения x_{\min} и y_{\min} : *x* – снизу вверх (от x_{\min} до x_{\max}), *y* – слева направо (от y_{\min} до y_{\max}).

Пример. $x_{\min}=607,50$ м; $x_{\max}=856,71$ м. Масштаб плана 1:1000, следовательно, сторона квадрата в 10 см на местности соответствует расстоянию в 100 м.

$$(x_{\max} - x_{\min})/100 = (856,71 \text{ м} - 607,50 \text{ м})/100 \approx 2,5.$$

Следовательно, необходимо построить по оси *x* (вертикально) три квадрата. Аналогично определяют число горизонтальных квадратов по оси *y*.

Сетку вычерчивают остро отточенным карандашом. Построение координатной сетки необходимо тщательно проконтролировать: циркулем-измерителем сравнивают между собой диагонали квадратов. Расхождение в их длинах допускается не более 0,2 мм; если расхождение получается больше, сетку строят заново.

Координатную сетку оцифровывают кратно размеру стороны квадрата так, чтобы теодолитный ход размещался примерно в середине листа бумаги. Так, для примера, приведенного в «Ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода» (см. табл. 1.4), была бы удобна оцифровка, показанная на рис. 1.6, а.

Построение теодолитного хода по координатам его вершин. Вершины хода наносят на план по их вычисленным координатам (см. табл. 1.4, графы 11, 12). Нанесение точек производят с помощью циркуля-измерителя и масштабной линейки следующим образом.

Предположим, требуется нанести точку б с координатами $x=856,71$ м и $y=1121,95$ м.

Сначала выясняют, в каком из квадратов сетки должна лежать эта точка: по направлению x точка должна находиться между линиями сетки с абсциссами 800 и 900, по направлению y – между линиями сетки с ординатами 1100 и 1200 (см. рис. 1.6, а). От линии с абсциссой 800 по вертикальным сторонам откладывают вверх расстояние $856,71$ м – 800 м = $56,71$ м (рис. 1.6, б) и проводят линию, параллельную линии с абсциссой 800. Вдоль этой линии от вертикальной линии сетки с ординатой 1100 откладывают вправо расстояние $1121,95$ м – 1100 м = $21,95$ м.

Полученную точку обозначают слабым наколом иглы циркуля-измерителя и сразу же обводят окружностью диаметром 1,5 мм; внутри этой окружности никакие линии проводить нельзя. Рядом записывают в виде дроби: в числителе – номер точки, в знаменателе – взятую из табл. 1.5 ее отметку с точностью до сотых долей метра.

Нанесение точек хода необходимо проконтролировать. Для контроля измеряют расстояние между нанесенными вершинами: получившиеся на плане длины сторон хода должны отличаться от записанных в графе 7 «Ведомости вычисления координат» не более чем на 0,2 мм в масштабе составляемого плана.

Нанесение на план речных точек. Нанесение на план речных точек производят с помощью линейки и транспортира. Данные для нанесения берут из тахеометрического журнала (см. табл. 1.6).

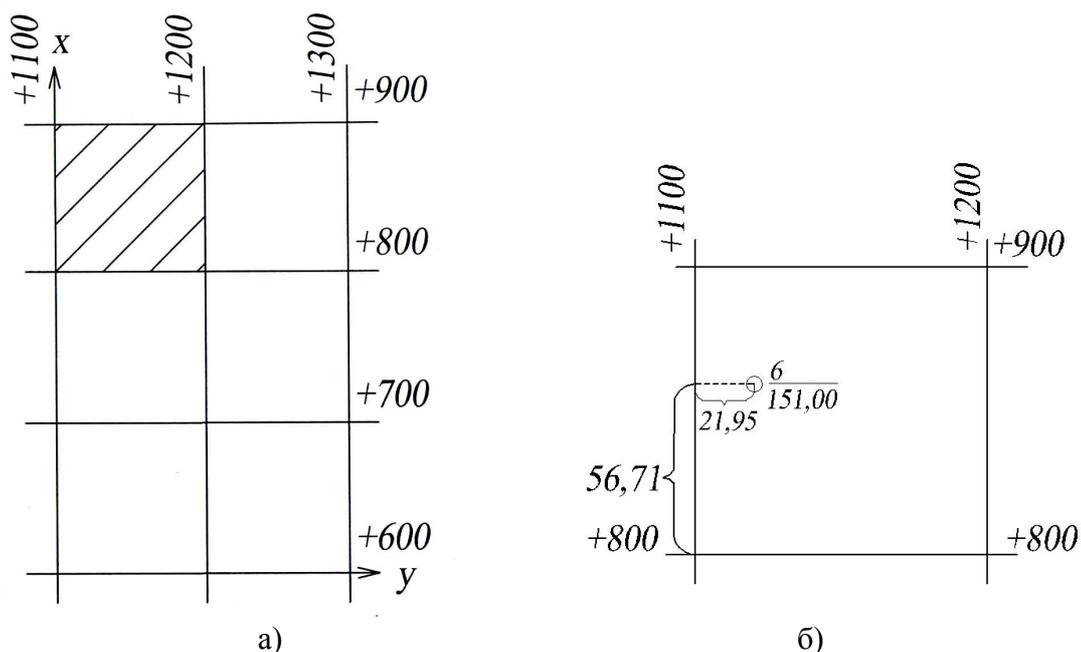


Рис. 1.6. Построение по координатам точек планового съемочного обоснования: *а* – оцифровка координатной сетки; *б* – построение точки по координатам

При съемке на станции *б* лимб теодолита был ориентирован по направлению на станцию *1* (отсчет по горизонтальному кругу в направлении на станцию *1* равен $0^{\circ}00'$ – см. табл. 1.6). С помощью транспортира вправо (по направлению часовой стрелки) от направления ст. *б*-ст. *1* откладывают горизонтальные углы (отсчеты по горизонтальному кругу), измеренные при визировании на речные точки *1, 2, ..., 22* (рис. 1.7). Получив на плане направления на эти речные точки, от станции *б* по ним откладывают в масштабе 1:1000 величины соответствующих горизонтальных проложений (см. табл. 1.6).

При съемке со станции *1* лимб ориентировали по направлению на *б*-ю станцию, поэтому при нанесении речных точек на план горизонтальные углы на этих станциях надо откладывать по часовой стрелке от направления на *б*-ю станцию (рис. 1.8).

Нанесенную на план речную точку обозначают слабым наколом иглы циркуля-измерителя и обводят окружностью 1,0 мм. Рядом карандашом подписывают в виде дроби номер точки и ее отметку с округлением до десятых долей метра. Речную точку *2*, в которой была определена отметка уреза воды в реке, надо обвести окружностью диаметром 1,2 мм, указав отметку уреза воды с точностью до сотых долей метра.

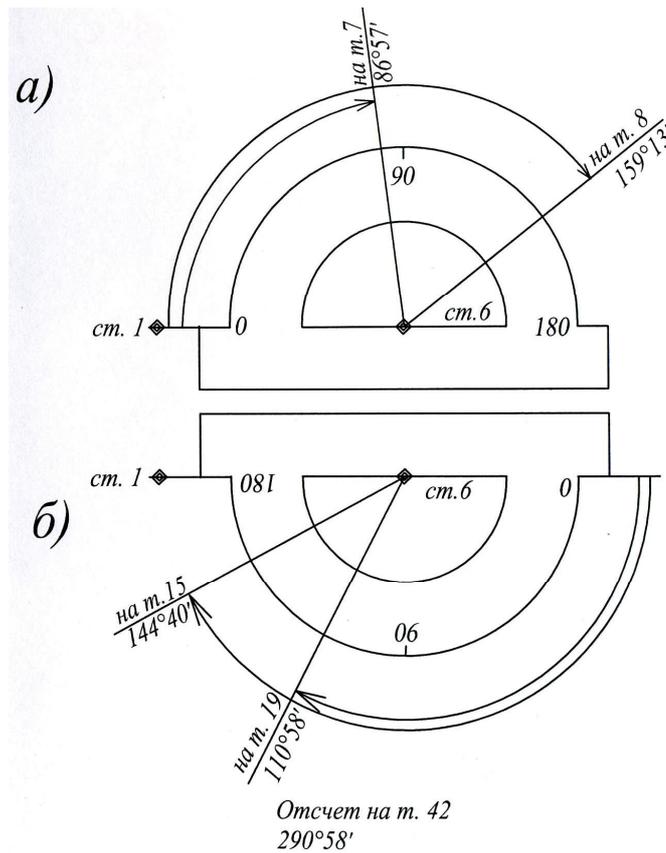


Рис. 1.7. Построение на плане направлений на речные точки, для которых отсчеты по горизонтальному кругу: *а* – меньше 180° ; *б* – больше 180°

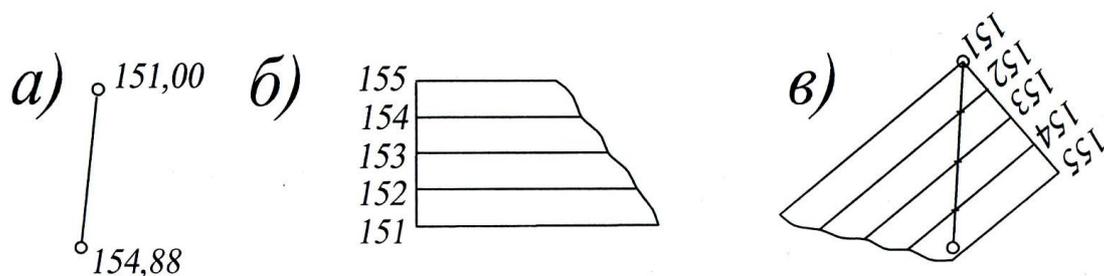


Рис. 1.8. Графическое интерполирование горизонталей: *а* – две соседние речные точки в плане; *б* – палетка на листе прозрачной кальки; *в* – интерполяция высот с помощью палетки

Нанесение на план ситуации. Накладку ситуации производят в масштабе 1:1000 по абрису (рис. 1.10, 1.11). Вначале рекомендуется нанести по абрису здание, снятое способом перпендикуляров (рис. 1.10). Грунтовую дорогу наносят по речным точкам 14,16. Ширина грунтовой дороги (4 м) в пределах участка съемки сохраняется постоянной.

Линия уреза воды в реке Омь наносится по речным точкам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 31 и 32. Для речных точек 1, 3, 6, 12, 14, 16, 23 и 27 определено только плановое положение.

Изображение рельефа на плане. По отметкам станций и речных точек на плане проводят горизонтали с сечением рельефа через 1 м. Отыскание следов горизонталей следует производить графической интерполяцией. Последнюю выполняют только между точками, которые на абрисе соединены стрелками. Соединение каких-либо двух точек на абрисе стрелкой говорит о том, что местность между ними имеет один скат (без перегибов), направление по которому сверху вниз и указывает стрелка. Приступая к изображению рельефа, точки на плане, между которыми имеются стрелки в абрисе, соединяют карандашом тонкими вспомогательными линиями. Интерполяция по намеченным линиям может производиться любым из способов, описанных ниже.

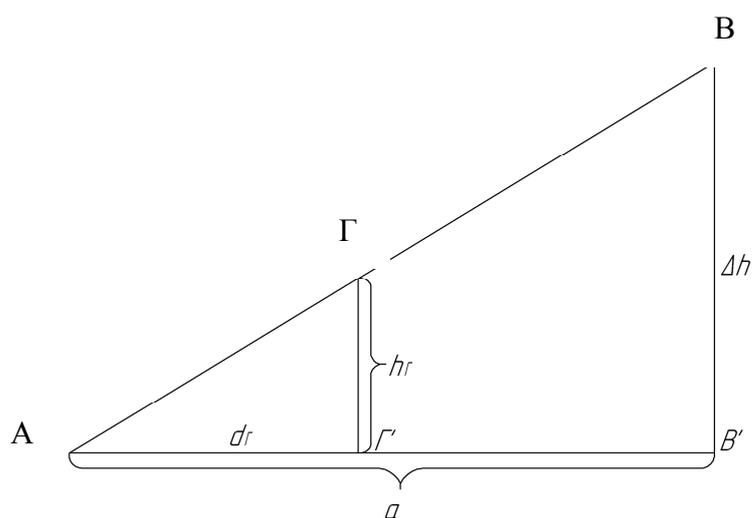


Рис. 1.9. Аналитический расчет положения горизонталей аналитическим путем

1.7. Способы построения горизонталей

Графический. Пусть требуется построить горизонтали через 1,0 м по высоте между точками с отметками 151,00 м и 154,88 м (рис. 1.11, а). Возьмем лист прозрачной бумаги и проведем на нем на произвольных, но равных между собой расстояниях (через 0,8 – 1 см) ряд параллельных прямых (рис. 1.11, б). Обозначим эти линии, которые как бы заменяют собой секущие плоскости, отметками,

кратными сечению между горизонталями $h_c=1$ м, начиная от минимальной на данном плане т.е. создадим палетку.

Палетку накладывают на чертеж таким образом, чтобы одна из точек совмещалась с соответствующей высотой палетки. Палетку поворачивают вокруг этой точки до совмещения высоты второй точки с соответствующей высотой палетки (рис. 1.11, в). Пересечение соответствующих линий палетки с линией, соединяющей съемочные точки, дает положение точек прохождения соответствующих горизонталей. Затем переходят к интерполированию между следующими смежными точками. Точки равных высот соединяют плавными кривыми. При этом нужно помнить, что горизонталю не проводятся через искусственные сооружения (дома, дороги) и водные преграды (реки, озера).

Аналитический. Из подобия треугольников (рис. 1.9) ABB' и AGG' находим расстояние до горизонтали d_G .

$$\frac{d_G}{a} = \frac{h_G}{\Delta h}, \text{ отсюда } d_G = \frac{a \cdot h_G}{\Delta h},$$

где a – горизонтальное расстояние между точками A и B' ; Δh – превышение между точками A и B ($\Delta h = H_B - H_A$); h_G – разность между отметкой горизонтали и отметкой точки, $h_G = H_G - H_A$.

Пример. $H_A=137,15$ м; $H_B=138,73$ м; высота сечения рельефа 1 м; расстояние между точками A и B $a=10$ мм.

Между точками A и B пройдет одна горизонталь – 138 м, расстояние до нее d_G будет равно

$$d_G = \frac{10 \text{ мм} \cdot (138 \text{ м} - 137,15 \text{ м})}{138,73 \text{ м} - 137,15 \text{ м}} = \frac{10 \text{ мм} \cdot 0,85 \text{ м}}{1,58 \text{ м}} = 5,4 \text{ мм}.$$

Найденные интерполяцией следы одноименных горизонталей соединяют плавными кривыми и таким образом получают горизонталю. При высоте сечения 1 м каждую 5-ю горизонталь (с высотой горизонтали кратной 5 м) утолщают и подписывают. При высоте сечения 0,5 м утолщают каждую 4-ю горизонталь, кратную 2 м, при этом верх цифр должен быть обращен в сторону повышения ската местности. При некоторых горизонталях ставят бергштрихи в направлении понижения ската, бергштрих обязательно ставят при каждой замкнутой горизонтали.

АБРИС

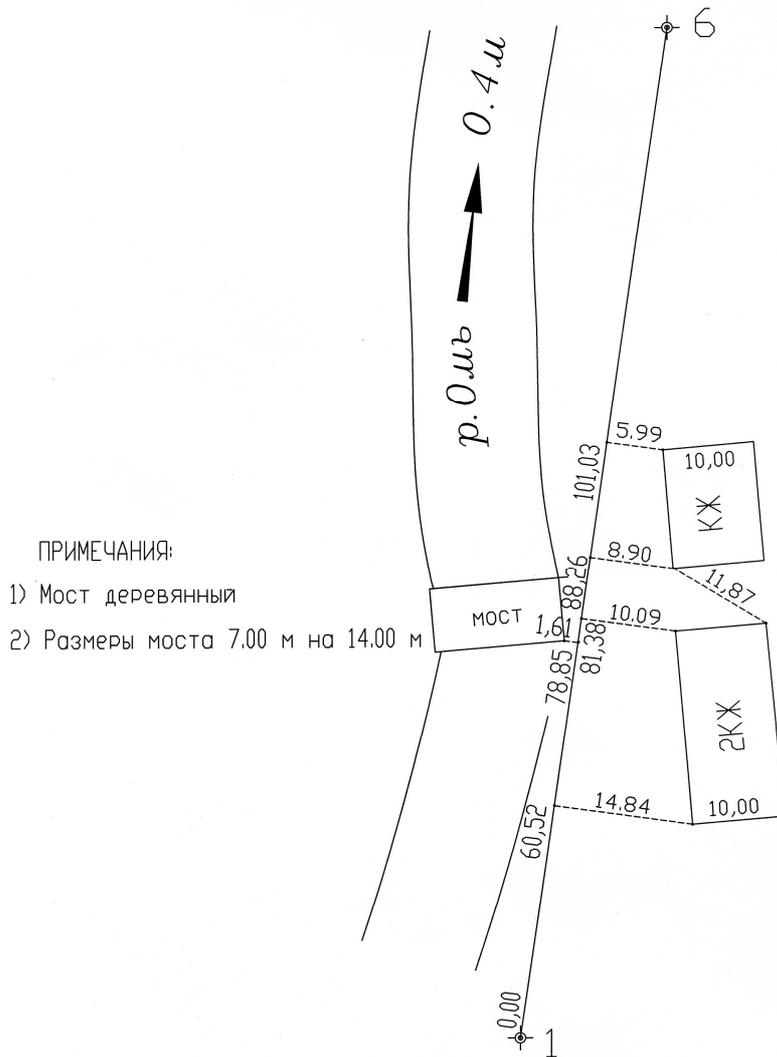


Рис. 1.10. Съёмка способом перпендикуляров

Через контуры здания, реку и грунтовую дорогу горизонтали не проводят.

Построение графика масштаба заложений. В нижней части плана строят масштаб заложений для уклонов или углов наклона. Задаваясь уклонами 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07 и высотой сечения рельефа (1м) составляемого плана, вычисляют соответствующие им заложения. Исходной формулой для вычисления является формула уклона

$$i = \frac{h}{d}, \quad (1.50)$$

где i – уклон; h – превышение (в нашем случае высота сечения рельефа); d – заложение.

Пример. Для уклона $i=0,02$ вычисляем заложение, которое в масштабе плана составит 50,0 мм.

$$d = \frac{h}{i} = \frac{1,0 \text{ м}}{0,02} = 50,0 \text{ м.}$$

По горизонтальной оси диаграммы откладывают величины уклонов: отложив шесть равных отрезков произвольной величины, у концов их подписывают значения уклонов от 0,01 до 0,07 через 0,01. На концах отложенных отрезков восстанавливают перпендикуляры, по которым откладывают в масштабе 1:1000 соответствующие уклонам вычисленные значения заложений d . Через концы отложенных заложений проводят плавную кривую.

Аналогично можно построить график для углов наклона. Из формулы $i = \operatorname{tg} \nu = \frac{h}{d}$ можно вычислить значение $d = \frac{h}{\operatorname{tg} \nu}$. Задаваясь значениями углов наклона $0^{\circ}30'$; 1° ; 2° ; 3° ; 4° ; 5° ;...; 8° , производят вычисления и строят график аналогично вышеописанному.

Оформление топографического плана участка. Все контуры и рельеф, изображаемые на плане, вычерчивают карандашом в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500». При этом необходимо тщательно выдерживать очертания и размеры, а также порядок размещения значков, приведенные в «Условных знаках» для масштаба 1:1000. Все построения и надписи выполняют тонкими линиями. Вспомогательные построения на плане не обводят.

Обычная толщина горизонтали должна быть 0,1 мм, а утолщенная горизонталь – 0,25 мм. Отметки горизонталей подписывают в разрывах горизонталей.

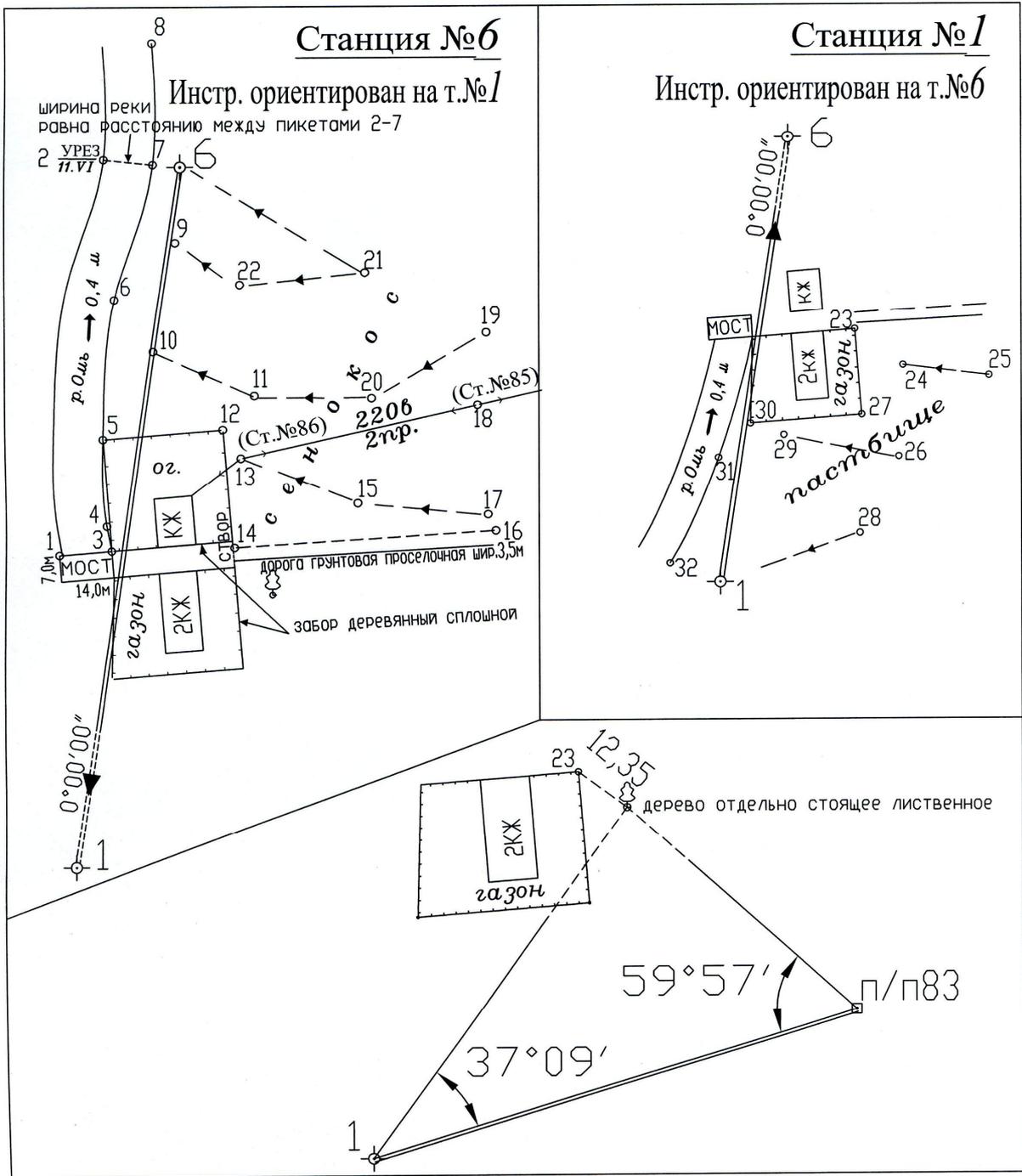
При отсутствии книги «Условные знаки» можно руководствоваться образцами условных знаков, приведенными в прил. 1.

С северной стороны участка подписывают значения y , а с восточной – x линий координатной сетки. Это делают возле пересечений координатных линий (вершин квадратов) сетки.

В верхней части листа выполняют заглавную надпись, в нижней указывают численный масштаб плана, высоту сечения рельефа и размещают масштаб заложений для уклонов.

Общее представление об оформлении составленного плана дается в прил. 2.

АБРИС



Примечания:

- 1) Съёмка выполнена теодолитом 2ТЗ0П при круге «лево»
- 2) \longrightarrow направление интерполяции

Рис. 1.11. Съёмка способом створов и засечек

2. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Эта часть курсовой работы включает в себя:

1. Математическую обработку полевых измерений, выполняемых при полевом трассировании (вычисление элементов горизонтальных круговых кривых, расчет пикетажного значения главных точек круговых кривых, вычисление элементов, входящих в ведомость прямых и кривых).

2. Математическую обработку полевых измерений, выполняемых при нивелировании трассы.

3. Построение продольного профиля трассы.

4. Геодезические расчеты, выполняемые при проектировании трассы в вертикальной плоскости.

Вначале выполняется подготовка исходных данных в соответствии с номером зачетной книжки и фамилией студента.

2.1. Подготовка исходных данных

Общими исходными данными, которые одинаковы для всех вариантов заданий, являются:

- схема расположения трассы в плане (рис. 2.1);
- пикетажные значения вершин углов поворота трассы:
 $BУ1 = ПК2 + 30,63$ м; $BУ2 = ПК7 + 18,70$ м;
- результаты нивелирования (табл. 2.1);
- пикетажный журнал (прил. 3).

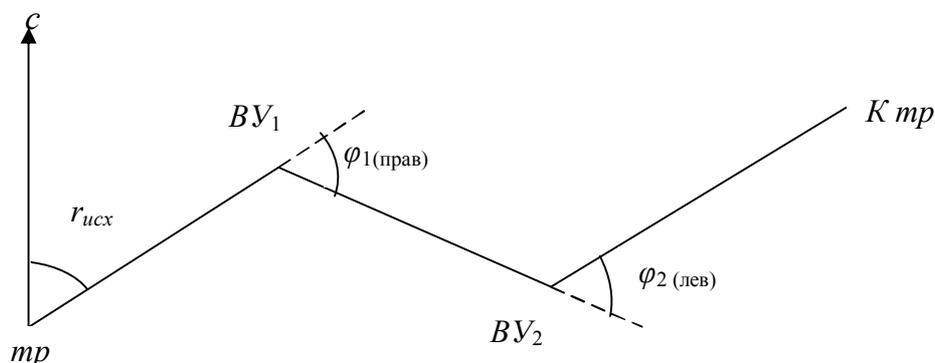


Рис. 2.1. Схема расположения трассы

Таблица 2.1

Журнал нивелирования трассы от *Rp1* до *Rp2*

Стан- ция	Пикеты	Отсчеты по рейке, мм			Превышения, мм			Отметки	Пикеты
		задней	перед- ней	пром.	h	h_{cp}	$h_{испр}$	H , м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Rp1-	0934	2135		-1201	-1202			Rp1
1	ПК0	5620	6823		-1203				
		4686	4688						
	ПК0-	2569	1414						ПК0
2	ПК1	7256	6101						
	ПК1-	0226	1010						ПК1
3	ПК2	4911	5697						
	ПК2-	0214	2414						ПК2
4	X	4902	7102						
	X-	0373	1909						X
5	ПК3	5060	6594						
	ПК3-	1182	0256						ПК3
6	ПК4	5867	4943						
	пк3+10			1510					пк3+10
	пк3+26			2985					пк3+26
	пк3+50			2986					пк3+50
	пк3+66			0571					пк3+66
	ПК4-	2987	0214						ПК4
7	ПК4+60	7676	4901						
	ПК4+60-	2331	2795						ПК4+60
8	ПК5	7019	7483						
	ПК5-	2848	0352						ПК5
9	X	7535	5037						

Продолжение табл. 2.1

	X-	2965	0250						X
10	ПК6	7651	4935						
	ПК6-	1360	0254						ПК6
11	ПК7	6047	4941						
	л+10			0524					л+10
	л+25			0211					л+25
	п+10			0310					п+10
	п+25			1235					п+25
	ПК7-	0506	1038						ПК7
12	ПК8	5192	5726						
	ПК8-	2623	0460						ПК8
13	ПК9	7310	5147						
	л+25			1217					л+25
	п+25			0342					п+25
	ПК9-	1827	1900						ПК9
14	Рп2	6517	6588						
	пк10			1835					ПК10
									Рп2
Постр.контроль									

Сумма: $h_{cp} = \Sigma h(\text{практ.}) =$ мм $\Sigma h(\text{теор.}) =$ ммНевязка практическая $fh(\text{мм}) =$ ммНевязка допустимая $fh(\text{доп.}) =$ мм

Длина хода = км

Индивидуальные исходные данные для каждого студента вычисляются по шифру студента и его фамилии:

1) румб исходного направления $r_{исх}$ (ПК0–ВУ1, см. рис. 2.1) – для студентов с шифром:

$$\text{от } 0 \text{ до } 25 \quad r_{ucx} = CB : 34^{\circ}50' + 0^{\circ}15' \cdot N_3;$$

$$\text{от } 26 \text{ до } 50 \quad r_{ucx} = IOB : 34^{\circ}50' + 0^{\circ}15' \cdot N_3;$$

$$\text{от } 51 \text{ до } 75 \quad r_{ucx} = IOЗ : 34^{\circ}50' + 0^{\circ}15' \cdot N_3;$$

$$\text{от } 76 \text{ и выше } r_{ucx} = CЗ : 34^{\circ}50' + 0^{\circ}15' \cdot N_3,$$

где N_3 – две последние цифры в номере зачетной книжки;

2) значения углов поворота трассы (правого φ_1 и левого φ_2):

$$\varphi_1 = 17^{\circ}30' + N_3 \cdot 0^{\circ}01'.$$

$\varphi_2 = 21^{\circ}15' + N_3 \cdot 0^{\circ}02' + (\text{количество букв в фамилии} + \text{количество букв в имени});$

3) значения радиусов вписываемых кривых R_1 и R_2 :

$$R_1 = 600 \text{ м} + 10 \text{ м} \cdot n;$$

$$R_2 = 800 \text{ м} + 10 \text{ м} \cdot n,$$

где n – число букв в фамилии студента.

Отметка репера 1: $H_{Rp1} = H_{n/n84}$.

Отметка репера 2: $H_{Rp2} = H_{Rp1} + 6,545 + (-1)^{N_3} \cdot 0,001 \cdot N_3, \text{ м},$

где N_3 – номер шифра (две последние цифры в зачетке).

Если шифр больше 50, то

$$H_{Rp2} = H_{Rp1} + 6,545 + (-1)^{N_3} \cdot 0,001 \cdot (N_3 - 50), \text{ м}.$$

Данные для нанесения на продольный профиль проектной линии*:

на ПК0 запроектирована насыпь 0,5 м;

на участке ПК3+10 запроектирована насыпь 1 м;

на участке от ПК3+10 до ПК4 запроектирована горизонтальная площадка;

на ПК7 проектная отметка равна отметке земли;

от ПК7 до ПК10 проектный уклон равен 0,004.

Индивидуальные исходные данные для примера, рассматриваемые в учебно-методическом пособии, будут следующие:

$$r_{ucx} = IOB \ 47^{\circ}20'; \varphi_1 = 18^{\circ}20'; R_1 = 660 \text{ м}; \varphi_2 = 25^{\circ}05'; R_2 = 860 \text{ м}.$$

Далее детально рассматривается процесс выполнения этого задания.

* В условиях производства проектирование ведут на основе норм и технических условий, установленных для данного вида сооружений. В этом учебном задании элемент самостоятельного проектирования отсутствует, так как целью выполнения задания является освоение пока лишь геодезической стороны проектирования, поскольку студент еще не обладает знаниями специальных дисциплин.

2.2. Расчет основных элементов горизонтальных круговых кривых

Основными элементами круговой кривой являются (рис. 2.2):

1. Угол поворота φ – угловая величина отклонения трассы от первоначального направления.
2. Радиус кривой R , определяющий кривизну сопряжения в плане.
3. Тангенс T – расстояние от вершины угла поворота $ВУ$ до точек начала кривой $НК$ или конца кривой $КК$.
4. Длина кривой K – длина дуги между началом и концом кривой.
5. Домер D – линейная разность между суммой двух тангенсов и длиной кривой.
6. Биссектриса B – расстояние по биссектрисе внутреннего угла от вершины угла поворота до точки середины кривой $СК$.

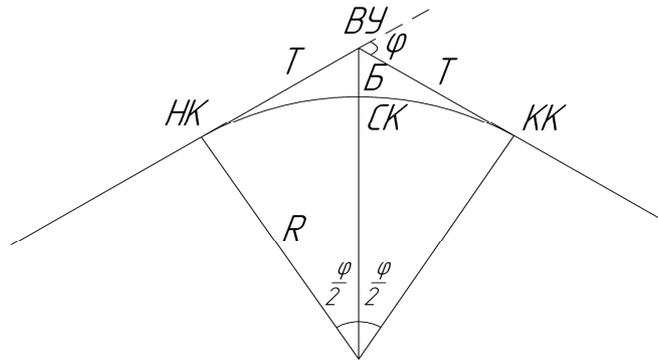


Рис. 2.2. Основные элементы и главные точки круговой кривой

В производственных условиях угол поворота трассы измеряется на местности, а значение радиуса указывается в проекте. Остальные элементы круговой кривой являются зависимыми от первых двух и вычисляются по следующим формулам:

$$T=R \cdot \operatorname{tg}(\varphi / 2); \quad (2.1)$$

$$K=\varphi \pi R / 180^{\circ}; \quad (2.2)$$

$$D=2T-K; \quad (2.3)$$

$$B=R[1 / \cos(\varphi / 2) - 1], \quad (2.4)$$

где T – тангенс; R – радиус вписанной круговой кривой; φ – угол поворота трассы; K – кривая; D – домер; B – биссектриса.

Используя численные значения радиусов и углов поворота (см. индивидуальные исходные данные), находим величины элементов вписываемых кривых для φ_1, R_1 и φ_2, R_2 .

Для примера получены следующие результаты:
 $\varphi_1=18^{\circ}20'$; $R_1=660$ м; $T_1=106,50$ м; $K_1=211,18$ м; $D_1=1,82$ м; $B_1=8,54$ м;
 $\varphi_2=23^{\circ}05'$; $R_2=860$ м; $T_2=175,62$ м; $K_2=346,48$ м; $D_2=4,76$ м; $B_2=17,75$ м.

2.3. Расчет пикетажных значений главных точек кривых

Главными точками круговой кривой являются точки начала кривой *НК*, ее середина *СК* и конец кривой *КК* (см. рис. 2.2).

Пикетажные значения главных точек кривых вычисляются по формулам:

$$НК = ВУ - T, \quad (2.5)$$

где *ВУ* – пикетажное значение вершины угла поворота;

$$КК = НК + K; \quad (2.6)$$

$$СК = НК + K/2. \quad (2.7)$$

Для контроля вычислений пикетажные значения *СК* и *КК* находятся дополнительно по формулам:

$$КК = ВУ + T - D; \quad (2.8)$$

$$СК = ВУ - D/2. \quad (2.9)$$

Допустимое расхождение между пикетажными значениями точки конца круговой кривой и середины кривой, вычисленными по обеим формулам, не должно превышать 2 см. В используемых формулах значения *T*, *K* и *D* вычислены в предыдущем подразделе, а пикетажные значения вершин углов поворота заданы. Расчет пикетажных значений главных точек первой кривой приведен ниже. При расчетах необходимо в значениях основных элементов кривых выделять сотни метров (если они имеются). Например, вместо $K=224,62$ м следует писать *ПК2+24,62* м.

Расчет производится по следующей схеме:

Основная формула	Контрольная формула
$ВУ_1 = ПК2 + 30,63$	$ВУ_1 = ПК2 + 30,63$
–	+
$T_1 = ПК1 + 06,50$	$T_1 = ПК1 + 06,50$
$НК_1 = ПК1 + 24,13$	$\Sigma = ПК3 + 44,04$
+	–
$K_1 = ПК2 + 11,18$	$D_1 = ПК0 + 1,82$
$КК_1 = ПК3 + 35,31$	$КК_1 = ПК3 + 35,31$

Расхождение пикетажных значений конца круговой кривой, вычисленных по основной и контрольной формулам, не должно превышать 2 см.

Далее вычисляем пикетажное значение середины кривой:

Основная формула	Контрольная формула
$NK_1 = ПК1 + 24,13$	$ВУ_1 = ПК2 + 30,63$
+	-
$\frac{K/2 = ПК1 + 05,59}{СК_1 = ПК2 + 29,72}$	$\frac{Д/2 = ПК0 + 00,91}{СК_1 = ПК2 + 29,72}$

Взяв пикетажное значение $ВУ_2$ из исходных данных, производим расчет пикетажных значений главных точек для второй кривой с использованием T_2 , K_2 и $Д_2$ своего варианта.

Основная формула	Контрольная формула
$ВУ_2 = ПК7 + 18,70$	$ВУ_2 = ПК7 + 18,70$
-	+
$\frac{T_2 = ПК1 + 75,62}{НК_2 = ПК5 + 43,08}$	$\frac{T_2 = ПК1 + 75,62}{\Sigma = ПК8 + 94,32}$
+	-
$\frac{K_2 = ПК3 + 46,48}{КК_2 = ПК8 + 89,56}$	$\frac{Д_2 = ПК0 + 4,76}{КК_2 = ПК8 + 89,56}$

Пикетажные значения главных точек кривых, полученные по основной формуле, заносятся в ведомость прямых и кривых (прил. 4) и предъявляются преподавателю при отчете.

2.4. Составление ведомости прямых и кривых

Зная румб начального направления, пикетажные значения вершин углов поворота и точек начала и конца обеих кривых, название (правый и левый) и величину углов поворота, составляют ведомость прямых и кривых, которая необходима для контроля всех вычислений, связанных с положением трассы в плане. Кроме того, она является основным документом для разбивки трассы на местности. Образец ведомости прямых и кривых для

рассматриваемого в учебно-методическом пособии случая приведен в прил.4.

Графа 1 – номер точек – заполняется через строчку названиями точек переломов трассы в плане (HT , $ВУ1$, $ВУ2$, KT), где HT – начало трассы; KT – конец трассы.

Графа 2 заполняется пикетажным обозначением главных точек трассы в плане. Эти значения одинаковы для всех вариантов заданий.

Графы 3 и 4 заполняются значениями углов поворота из индивидуальных данных.

Графы 5 – 9 заполняются значениями элементов обеих кривых, вычисленных в подразделе «Расчет основных элементов горизонтальных круговых кривых», с подсчетом сумм кривых и домеров.

Графы 10 и 11 заполняются данными вычислений пикетажных значений точек $НК$ и $КК$, выполненных в подразделе «Расчет пикетажных значений главных точек кривых».

Графа 12 заполняется величинами прямолинейных участков трассы P , оставшихся после вписывания обеих круговых кривых. Способ их вычисления будет понятен при рассмотрении схемы трассы с расчетными элементами (рис. 2.3).

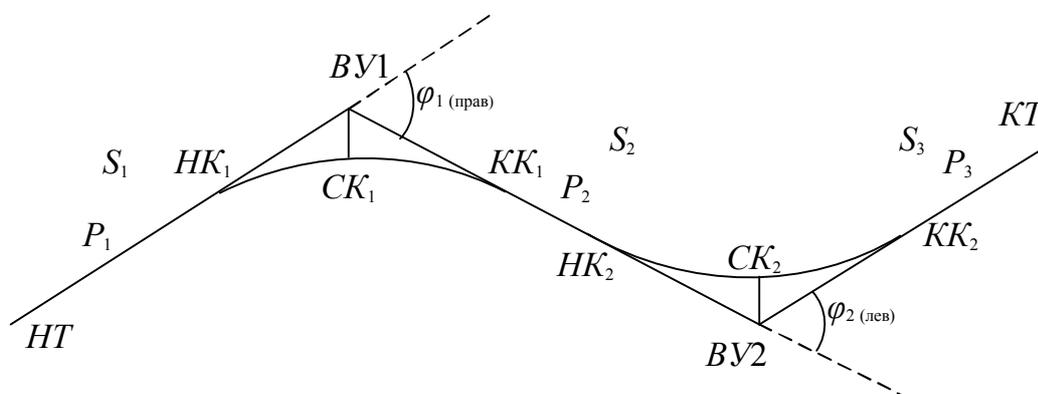


Рис. 2.3. Схема трассы с расчетными элементами

Длины прямых вставок P_1 , P_2 и P_3 вычисляются следующим образом:

- Длина прямой вставки, расположенной на стороне HT – $ВУ1$, определяется разностью пикетажных значений начала первой кривой

и начала трассы. Для нашего примера HT имеет пикетажное значение $ПК0$, поэтому $P_1 = НК_1 - HT$.

$$НК_1 = ПК1 + 17,22$$

–

$$ПК0 = ПК0 + 00,00$$

$$P_1 = 117,22 \text{ м.}$$

• Длина вставки на сторону $ВУ1 - ВУ2$ вычисляется разностью пикетажных значений начала второй круговой и конца первой круговой кривой: $P_2 = НК_2 - КК_1$.

$$НК_2 = ПК5 + 12,63$$

–

$$КК_1 = ПК3 + 41,84$$

$$P_2 = 170,79 \text{ м.}$$

Так как по условиям задания общая длина трассы должна быть равна 10 пикетам, то прямая вставка P_3 определится разностью пикетажных значений $КТ$ и конца второй круговой кривой:

$$P_3 = КТ - КК_2; \quad КТ = ПК10 + 00,00.$$

$$ПУ10 = ПК10 + 00,00$$

–

$$КК_2 = ПК9 + 18,07$$

$$P_3 = 81,93 \text{ м.}$$

В строчке «Сумма» подсчитывается общая длина трех прямых вставок.

Графа 13 заполняется значениями расстояний между вершинами углов поворота S_1 , S_2 и S_3 (см. рис. 2.3). Значения S_1 , S_2 и S_3 вычисляются по следующим формулам:

$$S_1 = ВУ1; \quad (2.10)$$

$$S_2 = ВУ2 - ВУ1 + D_1; \quad (2.11)$$

$$S_3 = КТ - ВУ2 + D_2 \quad (2.12)$$

или

$$S_1 = P_1 + T_1; \quad (2.13)$$

$$S_2 = T_1 + P_2 + T_2; \quad (2.14)$$

$$S_3 = T_2 + P_3. \quad (2.15)$$

Для нашего примера получим следующие значения.

По формулам (2.10)–(2.12)

$$S_1 = 230,63 \text{ м};$$

$$S_2 = 718,70 \text{ м} - 230,63 \text{ м} + 2,20 \text{ м} = 490,27 \text{ м};$$

$$S_3 = 1000 \text{ м} - 718,70 \text{ м} + 6,70 \text{ м} = 288,00 \text{ м}.$$

По формулам (2.13)–(2.15)

$$S_1 = 117,22 \text{ м} + 113,41 \text{ м} = 230,63 \text{ м};$$

$$S_2 = 113,81 \text{ м} + 170,79 \text{ м} + 206,07 \text{ м} = 490,27 \text{ м};$$

$$S_3 = 206,07 \text{ м} + 81,93 \text{ м} = 288,00 \text{ м}.$$

В строчку «Сумма» необходимо вписать общую длину всех трех расстояний между вершинами углов поворота ($S_1 + S_2 + S_3$).

Графа 14 заполняется значениями дирекционных углов сторон трассы. Для вычисления дирекционных углов сторон $BУ1–BУ2$ и $BУ2–ПК10$ используют исходный румб начальной стороны $HT–BУ1$ и значения углов поворота трассы. Переведя исходный румб в дирекционный угол, вычисляют дирекционные углы всех последующих сторон по правилу: дирекционный угол последующего направления трассы равен дирекционному углу предыдущего направления плюс правый или минус левый угол поворота трассы.

В нашем случае $r_{исх} = ЮВ$: $\alpha = 47^\circ 20'$; $\varphi_1 = 18^\circ 20'$; $\varphi_2 = 23^\circ 05'$.

Так как название румба $ЮВ$, то $\alpha_n = 180^\circ - r_{исх} = 132^\circ 40'$.

$$\alpha_n = 132^\circ 40' \quad \text{для направления } (HT–BУ1)$$

+

$$\varphi_1 = 18^\circ 20' \quad \text{для направления } (BУ1–BУ2)$$

$$\alpha_2 = 151^\circ 00'$$

$$\alpha_2 = 151^\circ 00'$$

–

$$\varphi_2 = 23^\circ 05' \quad \text{для направления } (BУ2–КТ)$$

$$\alpha_{2-10} = 127^\circ 55'$$

Вычисленные дирекционные углы записываются в колонку 14, от их значений переходят к румбам и заносят их в графу 15 ведомости.

Контроль правильности вычисления дирекционных углов:

$$\alpha_k - \alpha_n = \Sigma \varphi_{пр} - \Sigma \varphi_{л};$$

$$-4^\circ 45' = -4^\circ 45'.$$

После заполнения ведомости прямых и кривых производится контроль расчетов по формуле

$$\Sigma P + \Sigma K = \Sigma S - \Sigma D = L, \quad (2.16)$$

где L – общая длина трассы (1000 м).

Значения составляющих элементов этой формулы берём из графы «Сумма» ведомости прямых и кривых. Для рассматриваемого случая контроль расчетов будет следующим:

$\Sigma P = 442,62$	$\Sigma S = 1006,86$
+	–
$\Sigma K = 557,38$	$\Sigma D = 6,86$
<hr style="width: 100%; border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 0;"/> $L = 1000,00$	<hr style="width: 100%; border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 0;"/> $L = 1000,00$

Допустимое значение расхождений L также равно 2 см, оно объясняется округлением при расчетах основных элементов кривых.

2.5. Нивелирование трассы

Нивелирование трассы выполнено методом геометрического нивелирования. Рассмотрим теорию этого метода.

2.5.1. Геометрическое нивелирование

Нивелирование трассы производится методом геометрического нивелирования, которое позволяет определить превышение одной точки над другой, близкой к ней, с помощью горизонтального луча нивелира и отвесно установленных нивелирных реек.

В геометрическом нивелировании различают два способа:

- нивелирование из середины (рис. 2.4);
- нивелирование вперед (рис. 2.5).

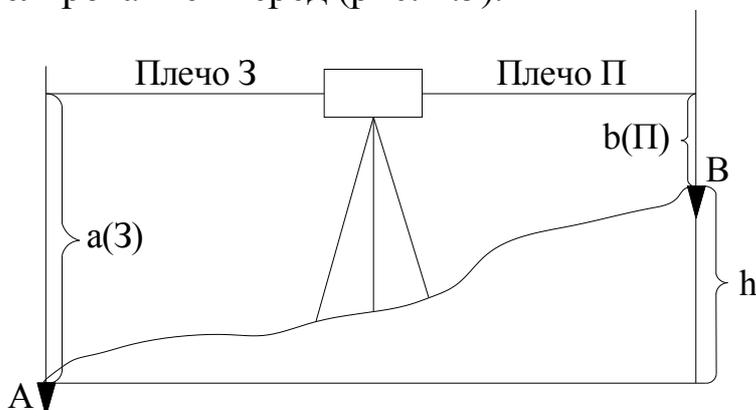


Рис. 2.4. Нивелирование из середины

При нивелировании из середины в точках A и B устанавливают отвесно нивелирные рейки, а нивелир устанавливают между этими точками (на одинаковом расстоянии от них), не обязательно в створе линии. Точку постановки нивелира называют *станцией*. При нивелировании используют обычно двухсторонние рейки, на черно-белой стороне рейки отсчеты начинаются с нуля, а на красно-белой стороне – с произвольного отсчета, значение которого больше, чем максимальный отсчет по черно-белой стороне. Начальный отсчет по красно-белой стороне называют *пяткой рейки* и его значение используется при контроле снятия отсчетов на станции. Если при нивелировании используются односторонние рейки, то на станции нивелирование выполняют дважды при разных высотах инструмента.

Превышение h на станции вычисляют по формуле

$$h = a - b, \quad (2.17)$$

где a – отсчет по задней рейке (точка A); b – отсчет по передней рейке (точка B) (см. рис. 2.4).

Превышение может быть положительным или отрицательным.

Если отсчет по задней рейке обозначить $З$, а отсчет по передней рейке $П$ (см. рис. 2.4), то формула (2.4) примет вид

$$h = З - П. \quad (2.18)$$

При нивелировании по двухсторонним рейкам на станции получают два превышения:

$$h_ч = З_ч - П_ч; \quad (2.19)$$

$$h_к = З_к - П_к, \quad (2.20)$$

где $З_ч, З_к$ – отсчеты по черной и красной сторонам на заднюю рейку; $П_ч, П_к$ – отсчеты по черной и красной сторонам на переднюю рейку.

Пример. Для станции 1 (прил. 5):

$$h_ч = 934 \text{ мм} - 2135 \text{ мм} = -1201 \text{ мм};$$

$$h_к = 5620 \text{ мм} - 6823 \text{ мм} = -1203 \text{ мм}.$$

При нивелировании на каждой станции выполняется два контроля:

- контроль снятия отсчетов производится по пяткам реек:

$$\text{Пятка}_з = З_к - З_ч; \quad (2.21)$$

$$\text{Пятка}_п = П_к - П_ч; \quad (2.22)$$

$$|\text{Пятка}_з| - |\text{Пятка}_п| \leq 5 \text{ мм}, \quad (2.23)$$

где $\text{Пятка}_з$ – пятка задней рейки; $\text{Пятка}_п$ – пятка передней рейки;

- контроль нивелирования производится по формуле

$$|h_ч| - |h_к| \leq 5 \text{ мм}. \quad (2.24)$$

В нашем примере на 1-й станции $|h_q| - |h_k| = 2$ мм. Если условие выполняется, то на станции вычисляют среднее превышение:

$$h_{cp} = (h_q + h_k) / 2. \quad (2.25)$$

Среднее превышение округляется до целых мм.

На станции 1 $h_{cp} = (-1203 \text{ мм} + (-1201 \text{ мм})) / 2 = -1202 \text{ мм}$.

При нивелировании вперед превышение вычисляется по формуле

$$h = i - b \quad (2.26)$$

или

$$h = i - \Pi, \quad (2.27)$$

где i – высота нивелира над задней точкой, измеряемая стальной рулеткой или отсчитываемая по нивелирной рейке от верха колышка до середины окуляра зрительной трубы нивелира (рис. 2.5).

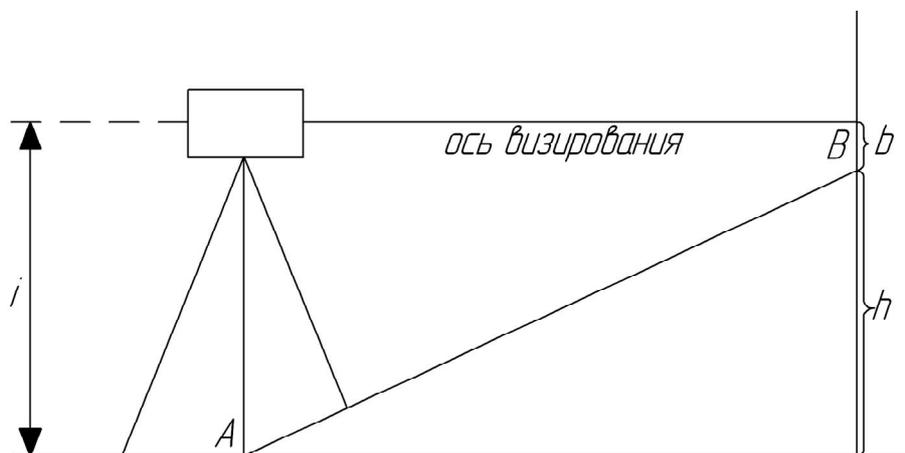


Рис. 2.5. Нивелирование вперед

В тех случаях, когда превышение между точками, расположенными на значительном расстоянии, с одной постановки нивелира определить нельзя, выполняется последовательное или сложное нивелирование (рис. 2.6).

При последовательном нивелировании способом из середины превышение между точками A и B вычисляется по формуле

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + h_3 = \sum a - \sum b = \sum \text{З} - \sum \Pi. \quad (2.28)$$

При последовательном нивелировании способом вперед превышение вычисляется по формуле

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + h_3 = \sum i - \sum b = \sum i - \sum \Pi. \quad (2.29)$$

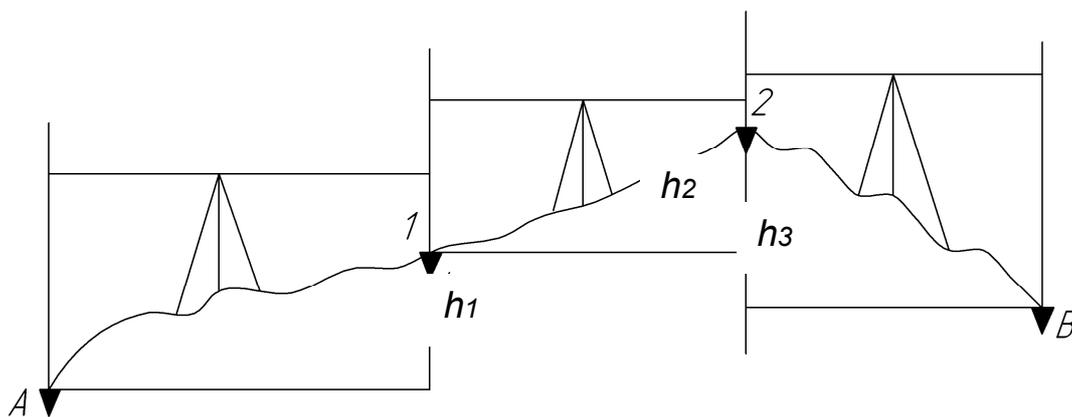


Рис. 2.6. Последовательное нивелирование

При последовательном нивелировании точки 1 и 2 называют *связующими*. Если нивелирование выполняют вдоль какого-либо направления, например вдоль дороги или трубопровода, то такое нивелирование называют *продольным*. Одновременно с продольным нивелированием может проводиться поперечное нивелирование (рис. 2.7).

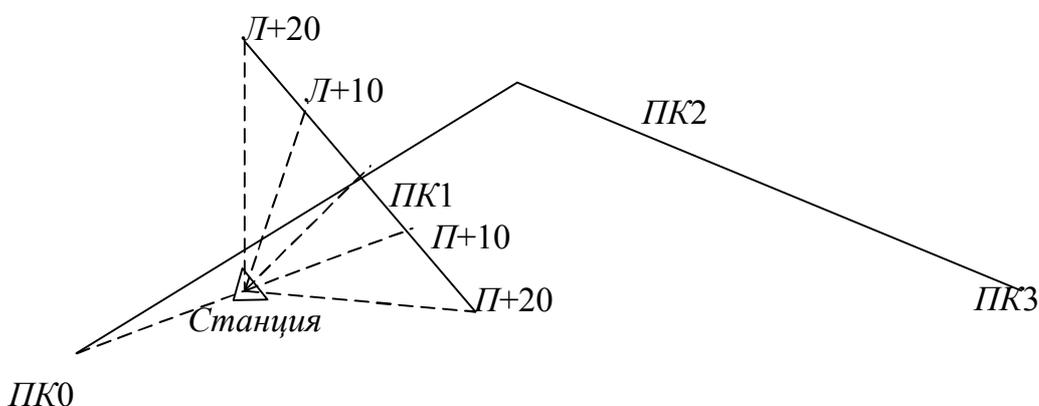


Рис. 2.7. Схема поперечного нивелирования

Связующие точки при продольном нивелировании на местности намечают и закрепляют обычно через равные интервалы, например через 100 м (расстояние в 100 м называют *пикетом*), закрепленные точки часто не совпадают с точками перегиба рельефа, а для производства строительства необходимо знать отметки точек перелома уклонов. Отметки таких точек, а также: 1) точек пересечения инженерных коммуникаций (водопровод, ЛЭП, дороги); 2) главных точек круговой кривой при продольном нивелировании

определяют как отметки промежуточных точек. Промежуточные точки (рис. 2.8) обозначают число метров, соответствующих расстоянию от заднего пикета, поэтому их называют еще *плюсовыми точками*.

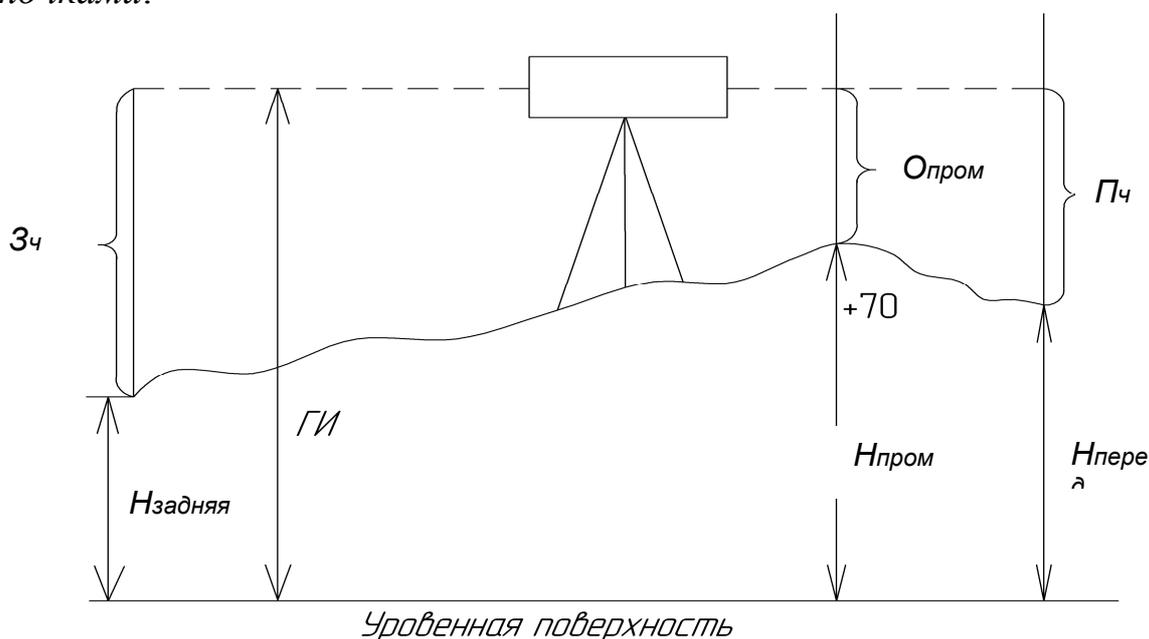


Рис. 2.8. Вычисление отметки промежуточной точки

Отметки промежуточных точек находят через горизонт инструмента *ГИ* на станции, с которой определялся отсчет на промежуточную точку.

Горизонт инструмента – высота визирного луча нивелира над уровнем поверхности, вычисляется по формуле

$$ГИ = H_z + Z_q \text{ или } ГИ = H_n + П_q, \quad (2.30)$$

где H_z – отметка задней точки; Z_q – отсчет по черной стороне на заднюю точку; H_n – отметка передней точки; $П_q$ – отсчет по черной стороне на переднюю точку.

Для станции 6, имеющей промежуточные точки,

$$ГИ_{ст6} = H_{нк3} + Z_{нк3} = 145,601 \text{ м} + 1,182 \text{ м} = 146,783 \text{ м}.$$

Горизонт инструмента и отметка задней точки вычисляются в метрах, поэтому и отсчет на заднюю точку переведен в метры.

Отметку i промежуточной точки $H_{пром(i)}$ вычисляют по формуле

$$H_{пром(i)} = ГИ - O_{пром(i)}, \quad (2.31)$$

где $O_{пром(i)}$ – отсчет на i -ю промежуточную точку, взятый по черной стороне рейки.

Пример. Отметка на точку ПКЗ+10 будет равна

$$H_{нк3+10} = ГИ_{ст6} - O_{нк3} = 146,783 \text{ м} - 1,510 \text{ м} = 145,273 \text{ м}.$$

Вычисление отметок через горизонт инструмента особенно удобно, когда с одной станции производилось снятие отсчетов на несколько промежуточных точек, например при нивелировании поперечников.

При больших продольных уклонах между пикетами не всегда возможно определить превышение между ними с одной постановки нивелира. Тогда между пикетами берут дополнительные точки. Если уклон однородный, т.е. между пикетами нет точек перелома уклона, то в качестве связующих берут произвольные точки, которые подписывают иксовыми точками. Иксовые точки на продольном профиле не изображаются, поэтому расстояние до них не измеряется (рис. 2.9). В нашем примере иксовые точки есть на станциях 5 и 10.

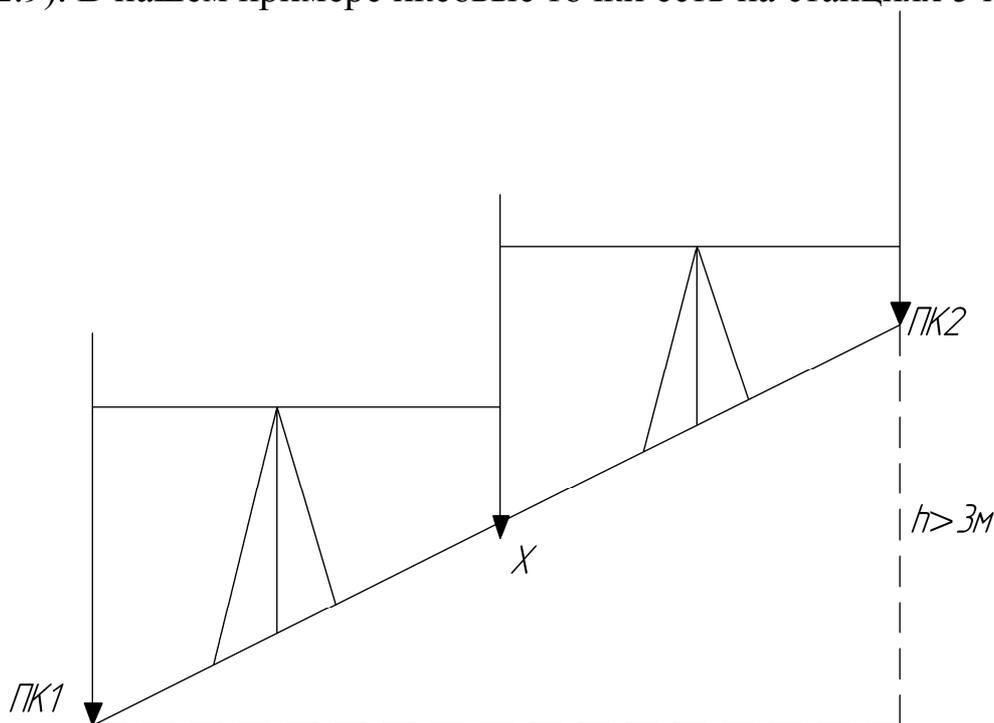


Рис. 2.9. Иксовые точки

Если уклон между пикетами не однороден, а превышение нельзя определить с одной постановки нивелира, то точка перелома уклона может быть взята в качестве связующей точки и до нее должно быть

измерено расстояние, т.к. эту точку нужно обязательно изобразить на продольном профиле (рис. 2.10). В нашем примере такая точка есть на станции 8.

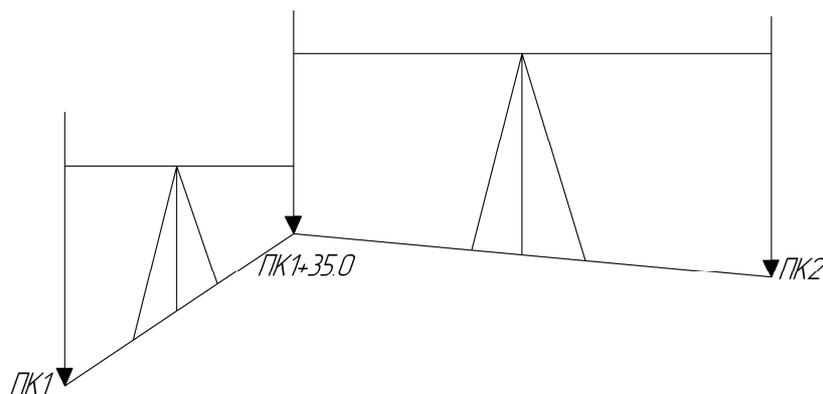


Рис. 2.10. Точка перелома уклона

Все измерения при нивелировании заносятся в журнал соответствующего образца (см. прил. 5). Заканчивают запись на странице отсчетами на переднюю точку. Так как нивелирный ход может занимать несколько страниц, то во избежание ошибок на каждой странице производят постраничный контроль:

$$\begin{aligned} \sum Z - \sum П &= \sum h; \\ \sum h / 2 &\cong \sum h_{cp}, \end{aligned} \quad (2.32)$$

где $\sum Z, \sum П$ – сумма отсчетов на задние (передние) рейки по черной и красной сторонам на странице; $\sum h$ – сумма превышений на странице, вычисленных по черной и красной сторонам; $\sum h_{cp}$ – сумма средних превышений на странице.

Каждый студент должен решить две задачи для закрепления знаний по геометрическому нивелированию.

Задача 1.

Дана отметка H_A точки A . Вычислить отметку точки B через ее превышение над точкой A , если по нивелирным рейкам получены отсчеты:

- в точке A отсчет по черной стороне рейки $a = 1256 + N_3 \cdot 15$;
- в точке B отсчет по черной стороне рейки $b = 2976 - N_3 \cdot 20$.

Если номер зачетной книжки больше 100, то $H_3 =$ номер зачетной книжки – 50. Построить поясняющий схематический чертеж.

Отметка точки A берется равной высоте точки n/n 84 из расчетно-графической работы №1:

$$H_A = 100 \text{ м} + N_3 \cdot 1 \text{ м} + 0,1 \text{ м} + 0,001 \text{ м} \cdot N_3.$$

Задача 2.

Вычислить отметку точки *A* через горизонт инструмента, если отметка точки *B* и отсчеты *a*, *b* имеют такие же значения, как и в первой задаче. Построить поясняющий чертеж.

2.5.2. Обработка журнала нивелирования трассы

Нивелирный ход продольного нивелирования обычно прокладывается между точками с известными отметками. Такой ход называют *разомкнутым*.

Математическая обработка результатов нивелирования (обработка журнала нивелирования) выполняется в следующей последовательности:

1. Вычисляют сумму средних превышений по всему ходу нивелирования:

$$\sum_{i=1}^n h_{np} = \sum_{i=1}^n h_{cp} = h_{cp1} + h_{cp2} + h_{cp3} + \dots + h_{cpn}, \quad (2.33)$$

где $h_{cp1}, h_{cp2}, h_{cp3}, h_{cpn}$ – средние превышения 1, 2, 3, *n*-й станций.

2. Вычисляют теоретическую сумму превышений по ходу, равную разности отметок реперов, на которые опирается ход:

$$\sum h_{теор} = H_{кон} - H_{нач}, \quad (2.34)$$

где $H_{кон}, H_{нач}$ – отметки реперов в конце и начале хода (исходные данные, определяемые по номеру зачетки).

Если ход замкнутый, то $\sum h_{теор} = 0$.

3. Вычисляют практическую невязку нивелирного хода:

$$fh_{np} = \sum h_{np} - \sum h_{теор}. \quad (2.35)$$

4. Вычисляют невязку, допустимую для данного хода:

$$fh_{дон} = 50 \text{ мм} \sqrt{L}, \quad (2.36)$$

где L – длина нивелирного хода, выраженная в километрах.

5. Если $|fh_{np}| \leq fh_{дон}$, то полученную невязку можно распределить поровну между всеми средними превышениями. Для этого вычисляют поправки:

$$\delta h = -fh_{np} / n, \quad (2.37)$$

где n – число станций в ходе.

Поправки вычисляют с округлением до 1 мм.

При этом должно выполняться условие

$$\sum \delta h = -fh_{np}. \quad (2.38)$$

6. Вычисляют исправленные превышения:

$$h_{испр} = h_{ср} + \delta h. \quad (2.39)$$

Они должны удовлетворять условию

$$\sum h_{испр} = \sum h_{теор}. \quad (2.40)$$

7. Вычисляют отметки связующих точек:

$$H_{i+1} = H_i + h_{испр(i \rightarrow i+1)}. \quad (2.41)$$

Контролем правильности вычисления отметок связующих точек служит точное получение в конце хода отметки конечного репера.

8. Если в ходе имеются промежуточные точки, то для этих станций вычисляют горизонт инструмента по формуле (2.30).

Отметки промежуточных точек вычисляют по формуле (2.31).

Образец журнала нивелирования см. в прил. 5.

2.6. Построение продольного профиля и поперечников

2.6.1. Порядок выполнения задания

Выполнение задания «Построение продольного профиля» знакомит студентов с практикой графического изображения результатов нивелирования трассы. В этом задании подлежит освоению процесс построения продольного профиля трассы и ее поперечников.

Задание состоит из трех частей:

1. Составление продольного профиля трассы.
2. Составление профилей поперечников.
3. Построение проектной линии продольного профиля.

Ниже детально рассматривается процесс выполнения задания применительно к трассе, разбивка пикетажа и нивелирование которой рассмотрены в частях задания «Расчет пикетажа трассы» и «Нивелирование трассы».

При выполнении этого задания каждый студент должен иметь перед собой результаты разбивки пикетажа (пикетажная книжка и ведомость прямых и кривых) и журнал нивелирования трассы. Для графических построений нужна миллиметровая бумага размером 30x40 см, линейка и карандаш (желательно твердости ТМ или М).

2.6.2. Составление продольного профиля трассы

Исходными данными для составления продольного профиля трассы являются результаты обработки журнала нивелирования, ведомость прямых и кривых и пикетажная книжка. Для построения продольного профиля используется миллиметровая бумага указанных выше размеров. Построение продольного профиля трассы выполняют в двух различных масштабах: *МГ* и *МВ*. *МГ* – масштаб для горизонтальных построений (горизонтальных проложений), *МВ* – масштаб для вертикальных построений (высот). *МВ* обычно берется в 10 раз крупнее *МГ*. Построение профиля выполняют карандашом, начинают его с вычерчивания сетки профиля. На рис. 2.11 приведены форма и размеры упрощенного вида сетки (боковика) продольного

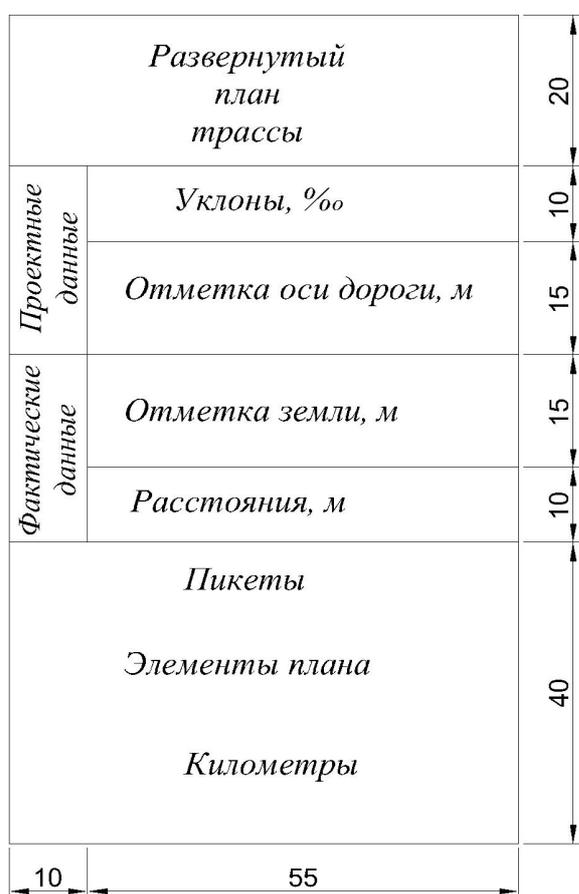


Рис. 2.11. Сетка (боковик) продольного профиля (упрощенный вариант)

профиля, содержащей графы, характерные для многих видов линейных сооружений. В учебно-методическом пособии приведено рассмотрение построения профиля с использованием боковика, изображенного на рис. 2.11, полный состав сетки для каждого вида сооружения можно найти в ГОСТах. Общая компоновка графической части этого задания приведена в прил. 6. Боковик (сетку профиля) располагают в левой нижней части листа формата А3, отступив от нижнего края 2–3 см, от левого края – не менее 1 см.

Справа от сетки размещается информация о продольном профиле. Длина профиля выбирается в соответствии с длиной трассы и горизонтальным масштабом

продольного профиля. Для примера, приведенного в прил.6, общая длина равна 270 мм. Из них 65 мм отводится для граф сетки, 5 мм

– на разрыв сетки с профилем и 200 мм – на сам профиль. При этом необходимо проследить, чтобы начало профиля совпадало с целым сантиметровым делением миллиметровой бумаги. Горизонтальные линии сетки проводятся параллельными линиями, через расстояния, указанные в правой части рис. 2.11.

Заполнение граф сетки (см. рис. 2.11) ведут в следующей последовательности.

1. Заполняют графу «Расстояния». Для этого в масштабе 1:5000 откладывают пикеты (100-метровки) через 2 см, начиная с нулевого пикета. Пикеты отмечают вертикальными линиями, названия пикетов подписывают в строчке «Пикеты» (ниже графы «Расстояния»). Нумерация пикетов идет от 0 до 9. Пикет, кратный 10, не нумеруют, а показывают километровой знак и подписывают номер километра. Кроме пикетов отмечают положения промежуточных и плюсовых точек. Для этого откладывают расстояния до промежуточных (плюсовых) точек, которые берут с плана трассы или из журналов нивелирования. Такими точками в рассматриваемом примере являются *ПКЗ+10*, *ПКЗ+26*, *ПКЗ+50*, *ПКЗ+66* и *ПК4+60*. Расстояния между плюсовыми точками показывают в метрах и записывают между вертикальными линиями. Например, для плюсовых точек между пикетами 3 и 4 (см. прил. 6) должны быть подписаны расстояния 10, 16, 24, 16 и 34 м, сумма которых должна составлять длину пикета (100 м).

2. В графу «Отметка земли» записывают округленные до сантиметров отметки пикетов и плюсовых точек, которые берут из журнала нивелирования трассы (см. прил. 5). Высота записываемых цифр 3 мм.

3. По данным пикетажной книжки, составленной в масштабе 1:2000 (см. прил. 3), в графу «Развернутый план трассы» в масштабе 1:5000 переносят снятую в обе стороны от трассы ситуацию. Перенос результатов съемки может быть осуществлен с чертежа плана трассы. Надписи размеров и плюсовых обозначений контуров не наносят.

Горизонтальная средняя линия графы соответствует спрямленной трассе. На оси трассы стрелками вправо и влево показывают изменения направления трассы (поворот вправо или влево) и подписывают названия вершин углов поворота. При этом вершины углов поворота располагают по их пикетажному значению.

4. Пользуясь ведомостью прямых и кривых (см. прил. 4), заполняют графу «Элементы плана», располагая точки начала и

конца кривой в соответствии с их пикетажным значением. Если закругления устраивают без переходных кривых (радиус круговых кривых более 2000м), положение кривых обозначают пятимиллиметровым смещением проектной линии в сторону поворота. Если закругление устроено с переходной кривой, то ее длину показывают наклонной линией в горизонтальном масштабе со смещением конца переходной кривой в сторону поворота трассы на 5 мм.

Для каждой кривой выписывают ее основные элементы (угол поворота, радиус, длину кривой, тангенс, домер, биссектрису). Если закругление устроено с переходными кривыми, то указывают длину переходной кривой.

Затем из точек начала и конца кривых восстанавливают перпендикуляры до графы «Расстояние». Слева на полученных линиях записывают их плюсовое обозначение (расстояние от предыдущего пикета). Например: пикетажное значение начала кривой равно $ПК1+17,22$. В соответствии с этим слева от перпендикуляра запишем 17,22, а справа – расстояние до старшего пикета, а именно 82,78 (см. прил. 6 графу «Элементы плана»).

Надписи румбов и длин прямых вставок переносят из ведомости прямых и кривых без изменения.

5. В строчке «Километры» на перпендикулярах, опущенных вниз из пикетов, кратных 10, намечают положение километров по трассе ($ПК0$ и $ПК10$) кружками диаметром 5 мм, правую половину которых затемняют. Высота надписей километров 4 мм.

6. Для построения продольного профиля выбирают так называемую линию условного горизонта. Обычно за линию условного горизонта принимают верхнюю горизонтальную линию сетки профиля. Отметку линии условного горизонта выбирают кратной знаменателю масштаба в метрах с таким расчетом, чтобы минимальная отметка линии продольного профиля возвышалась над линией условного горизонта не менее чем на 4 см.

Пример. Минимальной отметкой профиля (см. прил. 6) является урез воды реки Омь ($ПК3+26$ и $ПК3+50$). Эта отметка равна 143,80. В вертикальном масштабе 1:500 в регламентируемых 4 см содержится 20 м, следовательно, за линию условного горизонта можно принять отметку 123,0 м ($143,80-20$); так как отметка условного горизонта берется кратной основанию масштаба (5 м), то округляем 123 до

ближайшего числа, кратного 5 м; за отметку линии условного горизонта окончательно принимают отметку 125,0 м.

Для построения профиля восстанавливают перпендикуляры с каждого пикета и плюсовой точки вверх от линии условного горизонта, на них в масштабе 1:500 откладывают отрезки, соответствующие отметкам пикетов и плюсовых точек с учетом высотного положения линии условного горизонта. Например: $H_{нк0}=148,95$ м, следовательно, от линии условного горизонта откладывают по высоте 23,95 м, что в масштабе 1:500 (в 1 см – 5 м) составляет отрезок в 4,79 см ($23,95/5$). $H_{нк1}=150,11$ м, откладывают 25,11 м или 5,02 см. Аналогичным образом поступают со всеми пикетами и плюсовыми точками.

Соединив концы построенных отрезков прямыми линиями, получают продольный профиль трассы. Концы перпендикуляров, возвышающиеся над профилем, убирают.

7. Согласно пикетажному значению реперов 1 и 2, взятых из «Пикетажной книжки», наносят их местоположение над построенным профилем. Для этого, отступив от профиля 1 см, проводят вертикальную линию, левее которой пишут пикетажное положение репера по трассе, правее – местоположение репера относительно трассы (вправо или влево) и расстояние до него [берется с «Развернутого плана трассы» или из пикетажной книжки (см. прил. 3)]. На горизонтальной полочке записывают номер репера и его отметку (см. рис. 2.12 и прил. 6). Для рассматриваемого варианта эти надписи будут следующими (рис. 2.12):

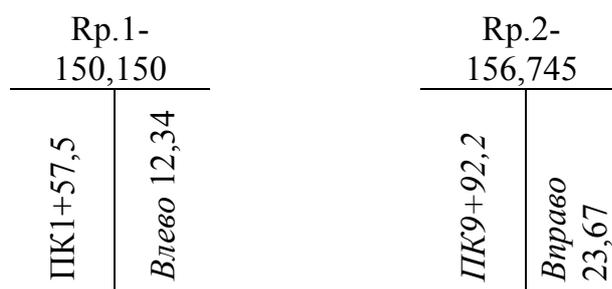


Рис. 2.12. Обозначение планового и высотного положений реперов

8. Графы продольного профиля «Проектные данные» заполняют при нанесении проектной линии трассы на профиль. Построение

проектной линии продольного профиля рассматривается в подразделе 2.7.

2.6.3. Составление профилей поперечников

Для получения характеристики рельефа в перпендикулярном к трассе направлении строят поперечные профили (поперечники). В прил. 7 на станциях 11 и 13 (см. прил. 5) были пронивелированы два поперечника, разбитые на ПК7 и ПК9.

Сетку поперечного профиля выполняют по рис. 2.13. При размещении на листе двух поперечных профилей и более сетку (боковик) таблицы допускается наносить только у первого поперечного профиля.

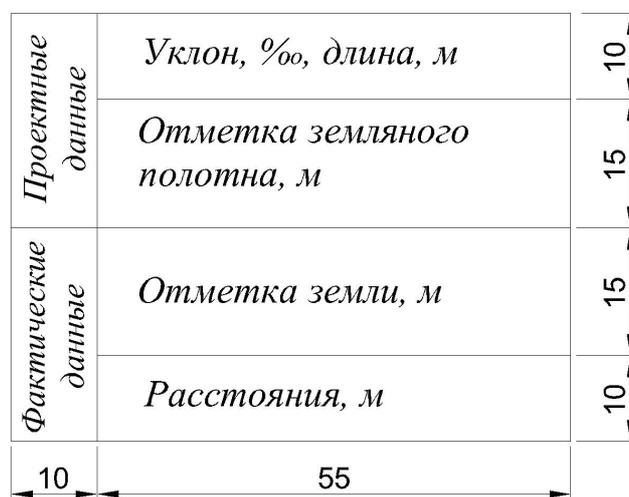


Рис. 2.13. Сетка (боковик) для поперечного профиля

Поперечные профили автомобильных дорог выполняют по направлению возрастания указателей километров, для дорог на застроенной территории (при отсутствии указателей километров) – слева направо в соответствии с планом.

На поперечном профиле земляного полотна автомобильной дороги общего пользования и подъездных дорог показывают:

- ось проектируемого земляного полотна (при реконструкции, кроме того, ось существующего земляного полотна);
- линию фактической поверхности земли и линии ординат от точек ее переломов;
- контуры проектируемого земляного полотна и водоотводных сооружений, линии ординат от точек их переломов (при

реконструкции, кроме того, контур существующего земляного полотна);

- контур проектируемой поверхности дорожного покрытия и отметки уровней (высоты, глубины) в точках ее переломов;

- контур срезки плодородного слоя, удаления торфа, непригодного грунта;

- инженерные коммуникации, их обозначение, наименование и отметки уровней, на которых они проложены;

- разведочные геологические выработки;

- границу полосы отвода земель;

- привязку поперечного профиля к пикету.

Для построения профиля поперечника также вычерчивается боковик (сетка). Форма и размеры боковика приведены на рис. 2.13.

Построение профиля поперечников производят в следующей последовательности:

1. По центру рисунка наносят масштаб изображения проектируемого поперечного профиля.

2. В верхней строке указывают уклон проектируемой поверхности. Поскольку проектная линия проводится по оси проезжей части, то уклоны относительно оси проезжей части имеют знак «минус». Уклоны проезжей части указывают в промилле (1/1000). В этой же графе указывают расстояния до кромки проезжей части. Так как в рамках изучаемой дисциплины не рассматривается вопрос проектирования земляного полотна дороги, эта графа в приводимом примере отсутствует.

3. Во второй строке указывают отметки точек земляного полотна (в рассматриваемом примере эта графа отсутствует).

4. В третьей строке указывают отметки по точкам нивелирования поперечника.

5. В четвертой строке указывают расстояния между точками нивелирования.

Построение поперечника производится аналогично построению продольного профиля. Масштабы у поперечника обычно равны ($MГ=МВ$), их принимают равными 1:100. Так же строят профиль второго поперечника (на ПК9). В рассматриваемом примере взяты различные масштабы для горизонтальных и вертикальных расстояний.

Образец компоновки и оформления поперечного профиля приведен в прил. 7.

2.7. Построение проектной линии продольного профиля

Проектный профиль автомобильной дороги разрабатывают, руководствуясь нормативными документами на проектирование дорог, методическими указаниями и техническими условиями, экономическими требованиями и особенностями эксплуатации данного сооружения. Основное требование для автомобильных дорог – плавное и безопасное движение, поэтому проектный уклон назначается из расчета $i_{пр} \leq i_{\max}$. Обычно при проектировании положение проектной линии определяется значениями проектных отметок в контрольных точках. Контрольными точками могут быть точки начала и конца трассы, точки примыкания трассы к существующим трассам и коммуникациям, отметка проезжей части моста или путепровода. Если такие точки есть, то намечают начало и конец участка с равномерным проектным уклоном, определяют его длину d и вычисляют предварительный уклон по формуле

$$i_{пред} = (H_{кон} - H_{нач}) / d, \quad (2.42)$$

где $H_{нач}$, $H_{кон}$ – отметки контрольных точек.

Например, для примера, приведенного в прил. 6, контрольными точками служат: $ПК0$, $ПК3+10$, $ПК4$, $ПК7$, $ПК10$. Их предварительные проектные отметки должны быть известны (они задаются в техническом задании на проектирование). В нашем примере они будут следующими:

$$\begin{aligned} H_{пр}^{нк0} &= H_{зем}^{нк0} + 0,5 \text{ м}; \quad H_{пред}^{нк3+10} = H_{зем}^{нк3+10} + 1 \text{ м}; \\ H_{пр}^{нк4} &= H_{пр}^{нк3+10}; \quad H_{пред}^{нк7} = H_{зем}^{нк7}; \\ H_{пр}^{нк10} &= H_{пр}^{нк7} + 0,004 \cdot 300 \text{ м}. \end{aligned}$$

Имея предварительные проектные отметки на концах участков, вычисляем предварительный проектный уклон.

Рассмотрим пример расчета для интервала $ПК0$ – $ПК3+10$.

Вычисляем предварительный уклон на этом интервале:

$$i_{пред} = (H_{пред}^{нк3+10} - H_{пр}^{нк0}) / d, \quad (2.43)$$

где d – длина интервала; $ПК3+10$ – $ПК0$; $d=310$ м.

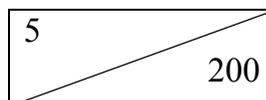
Пример.

$$\begin{aligned} H_{пр}^{нк0} &= 149,45 \text{ м}; \\ H_{пред}^{нк3+10} &= 146,27 \text{ м}; \\ i_{пред} &= (146,27 - 149,45) / 310 = - 0,01026. \end{aligned}$$

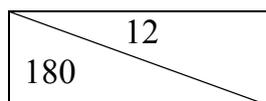
Округляем до тысячных долей уклона и получаем окончательное значение проектного уклона $i_{np} = -0,010$ или $i_{np} = -10 \text{ ‰}$ (10 промилле).

Полученное значение проектного уклона записываем в графу профиля «Уклоны». Знак уклона не ставится, он заменяется диагональной линией:

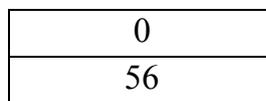
- при положительном уклоне



- при отрицательном уклоне



- при нулевом уклоне



Окончательную проектную отметку конечной точки этого интервала вычисляем по формуле

$$H_{np}^{нк3+10} = H_{np}^{нк0} + i_{np} \cdot d, \quad (2.44)$$

где d – длина интервала (в нашем примере 310 м).

$$H_{np}^{нк3+10} = 149,45 \text{ м} + (-0,010 \cdot 310 \text{ м}) = 146,35 \text{ м}.$$

Проектные отметки точек, находящихся внутри этого интервала, вычисляем по формуле

$$H_{npi} = H_{np}^{нк0} + i_{np} \cdot d_i, \quad (2.45)$$

где d_i – расстояние от начальной точки интервала до рассчитываемой.

В нашем примере

$$H_{np}^{нк1} = 149,45 \text{ м} + (-0,010 \cdot 100) \text{ м} = 148,45 \text{ м};$$

$$H_{np}^{нк2} = 149,45 \text{ м} + (-0,010 \cdot 200) \text{ м} = 147,45 \text{ м};$$

$$H_{np}^{нк3} = 149,45 \text{ м} + (-0,010 \cdot 300) \text{ м} = 146,45 \text{ м}.$$

Интервал *ПК3+10–ПК4*.

Согласно заданию, проектные отметки граничных точек этого интервала равны, следовательно, проектный уклон равен нулю.

Интервал *ПК4–ПК7*.

Вычисляем предварительный уклон на этом интервале по формуле

$$i_{предв} = (H_{предв}^{нк7} - H_{пр}^{нк4}) / d,$$

где $H_{пр}^{нк4} = 146,35$ м; $H_{предв}^{нк7} = 155,18$ м (согласно проектному заданию).

$$d = ПК7 - ПК4 = 300 \text{ м.}$$

$$i_{предв} = (155,18 - 146,35) / 300 = 0,02943.$$

После округления

$$i_{пр} = 0,029 = 29 \text{ ‰.}$$

Вычисляем окончательное значение проектной отметки ПК7:

$$H_{пр}^{нк7} = 146,35 + 0,029 \cdot 300 = 155,05 \text{ м.}$$

Проектные отметки точек, находящихся внутри интервала, рассчитываем по формуле

$$H_{прi} = H_{пр}^{нк4} + i_{пр} \cdot d_i.$$

Интервал ПК7–ПК10.

На этом интервале проектный уклон задан $i_{пр} = 0,004 = 4\text{‰}$.

Следовательно, $H_{пр}^{нк10} = 155,05 + 0,004 \cdot 300 = 156,25$ м.

Проектные отметки точек, находящихся внутри интервала, рассчитываем по формуле

$$H_{прi} = H_{пр}^{нк7} + i_{пр} \cdot d_i.$$

Все рассчитанные проектные отметки заносим в графу «Отметки оси дороги» («Проектные данные»). Построение проектной (красной) линии осуществляется по проектным отметкам контрольных точек (т.е. по точкам перелома уклона) аналогично тому, как строился профиль земли.

Для строительства сооружения необходимо знать объемы земляных работ по всему участку трассы, которые рассчитываются по рабочим отметкам. *Рабочая отметка* – это разность между проектной отметкой и отметкой земли в данной точке. Она показывает высоту насыпи или глубину выемки в этой точке.

$$h_j^p = H_{прj} - H_{земj}. \quad (2.46)$$

Положительные рабочие отметки подписываются выше красной линии на 10 мм – это насыпь; отрицательные рабочие отметки подписываются под красной линией без знака – это выемка. При пересечении проектной линии с линией земли рабочая отметка в этой точке равна нулю. Такие точки называют *точками нулевых работ*.

Для определения планового и высотного положений точки нулевых работ рассмотрим рис. 2.14. Из подобия треугольников можно записать следующее.

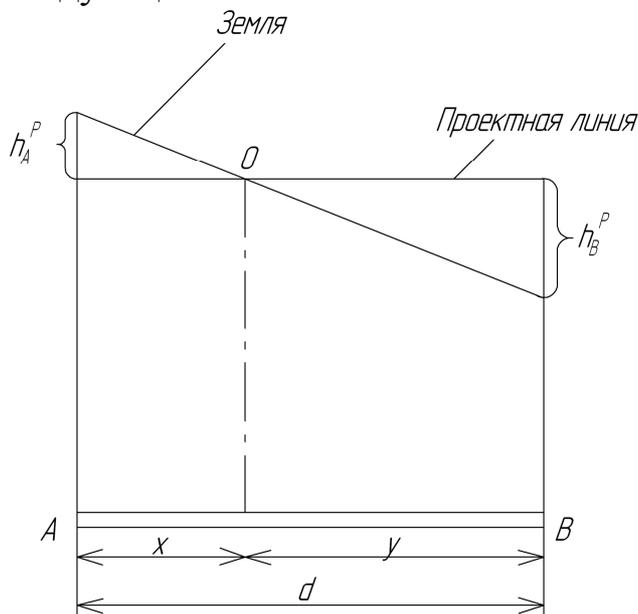


Рис. 2.14. Определение планового положения точки нулевых работ

Отношение высот треугольников равно отношению их оснований, а именно:

$$\frac{x}{y} = \frac{|h_A^P|}{|h_B^P|}, \quad (2.47)$$

так как $y = d - x$, то получим

$$x = \frac{|h_A^P| \cdot d}{|h_A^P| + |h_B^P|}, \quad (2.48)$$

точно так же находим y

$$y = \frac{|h_B^P| \cdot d}{|h_A^P| + |h_B^P|}. \quad (2.49)$$

Контролем правильности вычислений будет равенство $x + y = d$. Для определения отметки точки нулевых работ воспользуемся проектным уклоном интервала, в котором находится эта точка, и проектной отметкой точки A :

$$H_0 = H_{np}^A + i_{np} \cdot x.$$

Пример. На участке между ПК 3+66 (точка *A*) и ПК4 (точка *B*) имеется точка нулевых работ $h_A^p = 0,14$ м; $h_B^p = 0,18$ м; $d=34$ м;
 $x = 0,14 \cdot 34 / (0,14 + 0,18) = 14,88$; $y = 0,18 \cdot 34 / (0,14 + 0,18) = 19,12$;
 $x + y = 34$ - контроль.

3. ПЛАНИРОВКА УЧАСТКА ПОД ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ПЛОСКОСТЬ

3.1. Подготовка исходные данных

Схема нивелирования участка по квадратам, результаты нивелирования и отметки реперов выдаются преподавателем индивидуально или могут быть взяты как в методических указаниях с учетом своего номера зачетной книжки.

Рассмотрим вариант расчета планировки участка под горизонтальную плоскость на конкретном примере.

1. Результаты нивелирования поверхности занесены в журнал нивелирования и представлены в табл. 3.1.

2. Схема с границами нивелирования для каждой станции приведена на рис. 3.1.

3. Отметка репера, от которой прокладывается нивелирный ход, задается каждому студенту в зависимости от номера его зачетной книжки.

$$H_{Rp} = 100\text{м} + N_3 \cdot 1\text{м} + 0,1\text{м} + 0,001\text{м} \cdot N_3, \quad (3.1)$$

где N_3 - вариант студента.

Например, если $N_3=5$, то $HR_p = 105,105$ м.

Таблица 3.1

Журнал нивелирования

Номер станции	Номер точки	Отсчеты на рейке			Превыш. h	h_{CP}	$h_{УР}$	Отметка H , м	$ГИ$, м
		задней	передней	промежут.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	R_p	7433							
		2832							
	13		7082						
			2477						
	11			2997					
	12			2358					

Продолжение табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	21			2368					
	22			0463 $+20 \cdot N_3$					
	23			1755					
	31			2777					
	32			2616					
	33			2999					
II	13	4961							
		0360							
	25		7585						
			2980						
II	14			1460					
	15			2093					
	24			0952					
III	25	6592							
		1989							
	43		6288						
			1687						
	34			1173 $+20 \cdot N_3$					
	35			2546					
	44			2241					
	45			2994 $-20 \cdot N_3$					
IV	43	7029							
		2426							
	R_P		5074						
			0471						
	41			1542					
	42			2138					

Отсчеты на заднюю и переднюю рейки взяты по красной и черной сторонам. Отсчеты на промежуточные точки взяты только по черной стороне рейки. Все отсчеты взяты в мм.

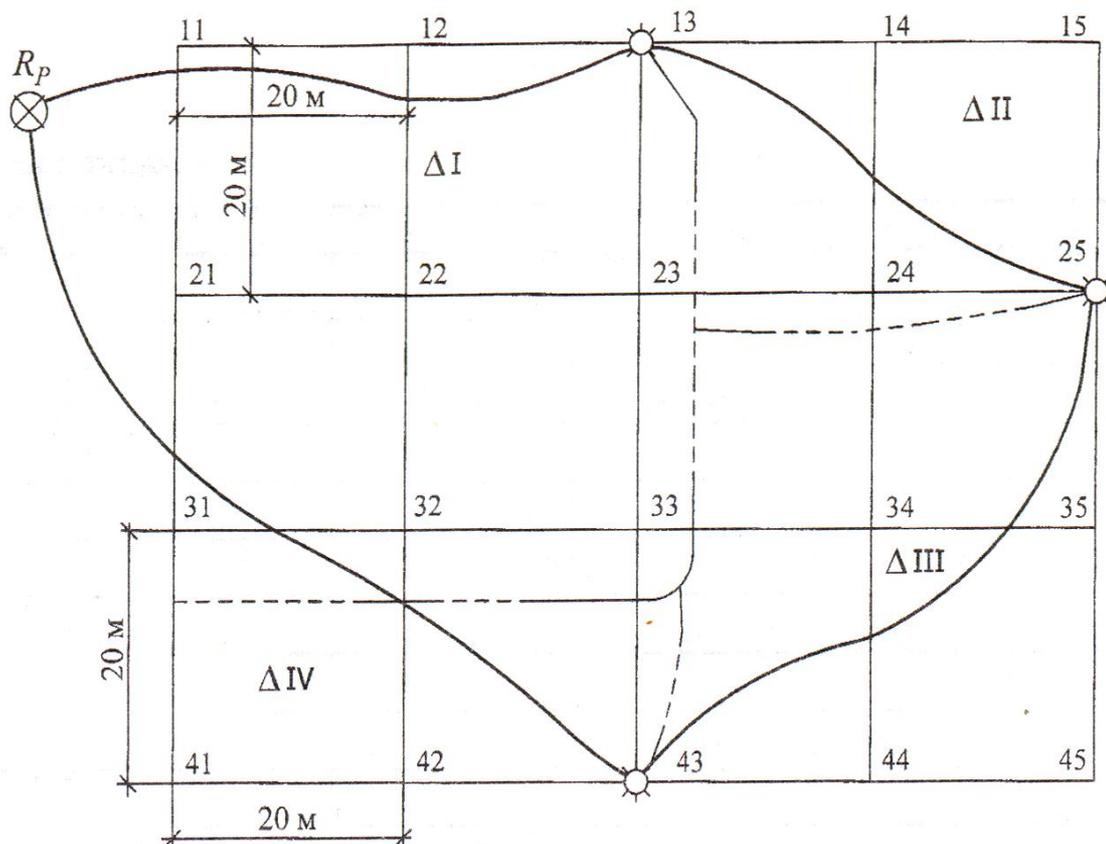


Рис. 3.1. Схема нивелирования площадки по квадратам:
 ---- – границы нивелирования по станциям; \otimes – репер;
 \odot – связующая точка; Δ – станция нивелирования

3.2. Планировка участка под горизонтальную плоскость при условии нулевого баланса земляных масс

3.2.1. Общие положения

Исходные данные, представленные в подразделе 3.1, получены следующим образом. На местности, подлежащей планировке, было выполнено нивелирование по квадратам. Для этой цели на участке были закреплены вершины квадратов со стороной 40 м. Сетку квадратов разбивали с использованием теодолита и мерной ленты или рулетки. Нивелирование узлов сетки производилось с одновременным проложением привязочного хода к реперам. Если на участке имеется только один репер, то прокладывают замкнутый ход.

3.2.2. Обработка журнала нивелирования

Последовательность выполнения работ:

1. Вычисляется пятка рейки для каждой связующей точки.

$$\text{Пятка} = O_{кр} - O_{чер}, \quad (3.2)$$

где $O_{кр}$ – отсчет по красной стороне рейки; $O_{чер}$ – отсчет по черной стороне рейки.

Вычисленное значение пятки рейки не должно отличаться от фактического значения пятки более чем на 5 мм.

2. Вычисляются превышения на каждой станции:

$$h_1 = Z_{кр} - П_{кр}, \quad (3.3)$$

$$h_2 = Z_{чер} - П_{чер}, \quad (3.4)$$

где $Z_{кр}$, $Z_{чер}$ – отсчеты на заднюю рейку соответственно по красной и черной сторонам рейки; $П_{кр}$, $П_{чер}$ – отсчеты на переднюю рейку соответственно по красной и черной ее сторонам.

Разность ($h_1 - h_2$) должна быть не более 5 мм (по абсолютному значению).

3. Вычисляется среднее превышение $h_{ср}$ на станции.

$$h_{ср} = (h_1 - h_2) / 2. \quad (3.5)$$

4. После вычисления средних превышений на всех станциях хода вычисляется практическая невязка хода.

$$fh_{np} = \sum h_{ср} - \sum h_{теор}, \quad (3.6)$$

где $\sum h_{ср}$ - сумма средних превышений по ходу;

$$\sum h_{теор} = H_k - H_n, \quad (3.7)$$

здесь H_k , H_n - отметки конечного и начального реперов хода.

Так как в рассматриваемом примере ход замкнутый, то $H_k = H_n$ и $\sum h_{теор} = 0$, поэтому $fh_{np} = \sum h_{ср}$.

Полученная невязка должна удовлетворять требованию

$$fh_{np} \leq fh_{дон}, \quad (3.7)$$

$$fh_{дон} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{n}, \quad (3.9)$$

где n - число станций.

5. Если $fh_{np} < fh_{дон}$, то в нивелирном ходе грубых ошибок нет и полученную невязку можно распределить поровну с обратным

знаком на все средние превышения, т.е. вычислить поправки δ_h к средним превышениям. Поправка вычисляется в целых миллиметрах:

$$\delta_h = \frac{-fh_{np}}{n}, \quad (3.10)$$

Сумма поправок должна быть равна невязке с обратным знаком:

$$\sum \delta_h = -fh_{np}. \quad (3.11)$$

6. Вычисляются исправленные превышения.

$$h_{испр} = h_{ср} + \delta_h. \quad (3.12)$$

Контроль правильности вычислений: $\sum h_{испр} = \sum h_{теор}$.

7. Вычисляются отметки всех связующих точек.

$$H_{j+1} = H_j + h_{испр(j \div j+1)}. \quad (3.13)$$

Контролем правильности вычислений служит точное получение отметки репера, расположенного в конце хода.

8. Вычисляют отметки горизонта инструмента для каждой станции, имеющей промежуточные точки:

$$ГИ = H_з + Z_{чер} \text{ или } ГИ = H_n + П_{чер}, \quad (3.14)$$

где $ГИ$ – горизонт инструмента; $H_n, H_з$ – отметки передней и задней точек на станции; $Z_{чер}$ – отсчеты на заднюю рейку по черной стороне рейки; $П_{чер}$ – отсчеты на переднюю рейку по черной стороне рейки.

9. Вычисляют отметки промежуточных точек (узлов сетки):

$$H_i = ГИ - O_i, \quad (3.15)$$

где O_i – отсчеты по рейке в узлах сетки квадратов (см. табл. 3.1 гр. 5).

3.2.3. Построение высотного плана участка

По результатам нивелирования площадки строят высотный план в масштабе 1:500 с высотой сечения рельефа 0,5 м. На листе бумаги строят сетку квадратов в масштабе 1:500, в узлы сетки вписывают отметки из журнала с округлением до 0,01 м.

Горизонтالي строят путем интерполяции между соседними отметками на каждой стороне квадрата. На рис. 3.2 приведен пример построения высотного плана участка для варианта $N = 0$.

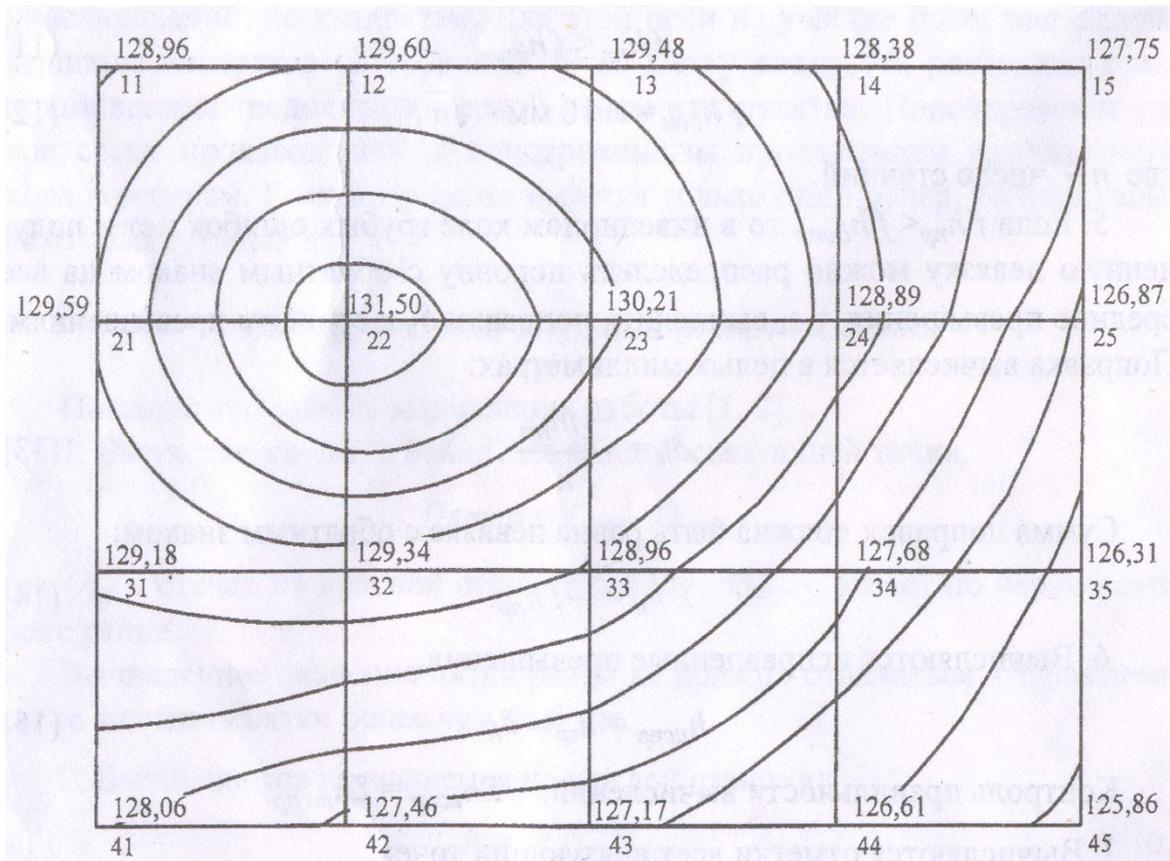


Рис. 3.2. Высотный план М 1:500.
Сплошные горизонтали проведены через 0,5 м

3.2.4. Вычисление проектной и рабочих отметок

Планировка участка под горизонтальную плоскость проводится при условии нулевого баланса земляных масс. Проектная отметка горизонтальной плоскости вычисляется по формуле

$$H_{np} = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4 \cdot n}, \quad (3.16)$$

где H_1, H_2, H_3, H_4 – отметки земли узлов сетки, принадлежащие одновременно 1, 2, 3, 4-му квадратам; n – число квадратов (см. рис. 3.2).

В нашем примере одному квадрату принадлежат узлы 11, 15, 41, 45; двум квадратам одновременно принадлежат узлы 12, 13, 14, 21, 25, 31, 35, 42, 43, 44; четырем квадратам одновременно принадлежат узлы 22, 23, 24, 32, 33, 34.

$$H_{np} = \frac{510,633 + 2561,342 + 3106,344}{48} = 128,715 \text{ м.}$$

Для того чтобы поверхность земли преобразовать в горизонтальную плоскость, необходимо произвести земляные работы по срезке грунта на возвышенных участках и подсыпке грунта на пониженных участках. Для того чтобы знать величины срезки или подсыпки для каждого узла, вычисляют рабочие отметки:

$$h_{\text{раб.}j} = H_{\text{проектное}} - H_{\text{земли } j}. \quad (3.17)$$

На схеме участка с рабочими отметками намечается линия нулевых работ (граница между насыпью и выемкой), проходящая через стороны, концы которых имеют рабочие отметки противоположных знаков. На рис. 3.3 линия нулевых работ будет проходить между вершинами 13 и 14, 14 и 24, 24 и 25, 24 и 34, 34 и 33, 33 и 43, 32 и 42, 31 и 41.

Плановое положение точки нулевых работ на сторонах квадрата определяют по формулам

$$x_0 = \frac{|a| \cdot d}{|a| + |b|}; \quad (3.18)$$

$$y_0 = \frac{|b| \cdot d}{|a| + |b|}. \quad (3.19)$$

Контролем служит равенство

$$x_0 + y_0 = d, \quad (3.20)$$

где a , b – рабочие отметки на концах стороны квадрата; d – длина стороны квадрата; x_0 – расстояние от точки A до точки нулевых работ в метрах; y_0 – расстояние в метрах от точки нулевых работ до точки B .

Пример.

На стороне 13 – 14:

$$x_0 = \frac{0,77\text{м} \cdot 20\text{м}}{0,77 + 0,33} = 14 \text{ м}; \quad y_0 = \frac{0,33\text{м} \cdot 20\text{м}}{0,77 + 0,33} = 6 \text{ м.}$$

x_0 и y_0 откладывают в масштабе на плане участка и получают линию нулевых работ (рис. 3.3).

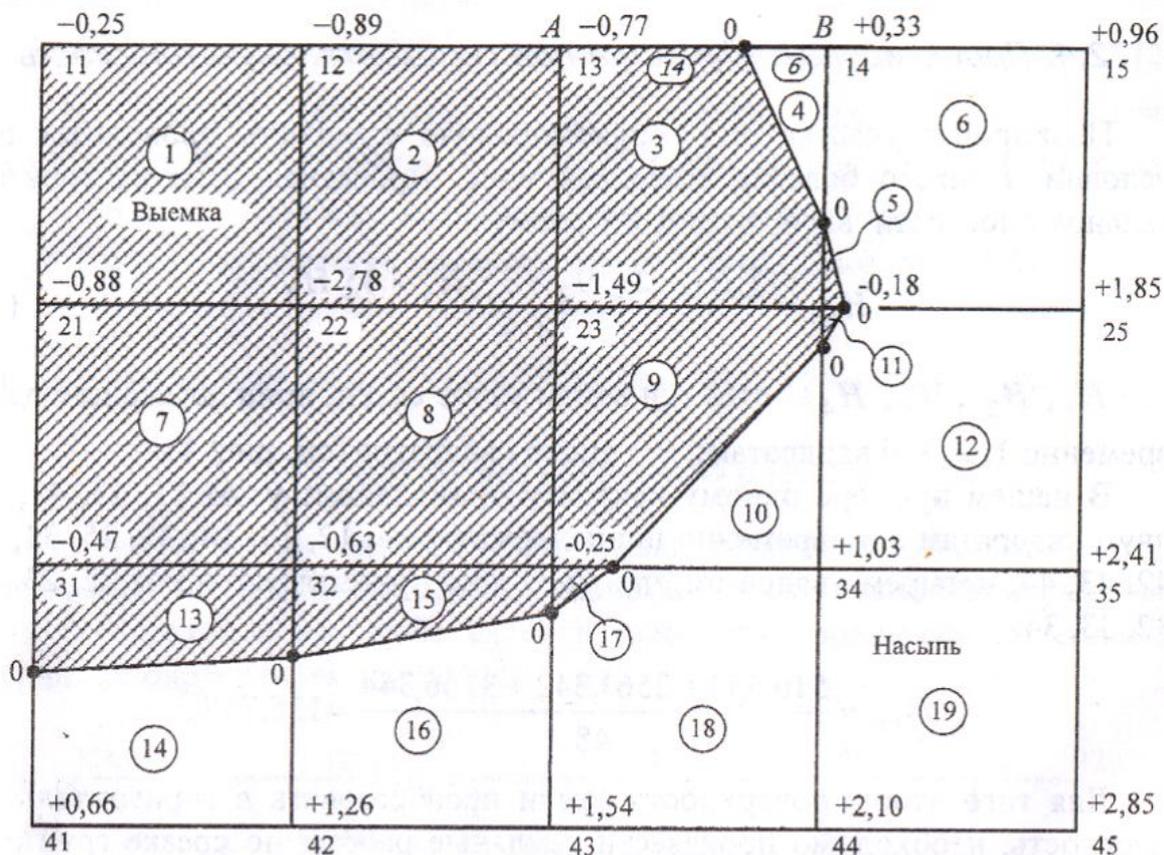


Рис. 3.3. Рабочие отметки и линия нулевых работ:
 О – номер фигуры; — – линия нулевых работ;
 • 0 – точки нулевых работ

3.2.5. Составление картограммы земляных масс

По результатам рис. 3.3 вычисляют объемы земляных работ (табл. 3.2). Объемы для каждой фигуры V_i вычисляют по формуле

$$V_i = S_i \cdot h_{\text{раб.ср.}i}, \quad (3.21)$$

где S_i – площадь фигуры; $h_{\text{раб.ср.}i}$ – средние рабочие отметки.

$$h_{\text{раб.ср.}i} = \frac{\sum_{m} h_{\text{раб}}}{m}, \quad (3.22)$$

здесь m – число вершин фигуры.

Таблица 3.2

Расчет объемов земляных работ

Номер фигуры	Площадь фигуры S	Средняя рабочая отметка $h_{\text{раб.ср}}$	Объем земляных работ V	
			выемка (-)	насыпь (+)
1	400	-1,20	480	
2	400	-1,48	592	
3	361,18	-0,49	176,98	
4	38,82	+0,11		4,27
5	6,25	-0,06	0,38	
6	393,75	+0,63		248,06
7	400	-1,19	476	
8	400	-1,29	516	
9	263,07	-0,38	99,97	
10	136,93	+0,34		46,56
11	2,64	-0,06	0,16	
12	397,36	+1,06		421,20
13	149,90	-0,28	41,97	
14	250,10	+0,48		120,05
15	94,6	-0,22	20,81	
16	305,4	+0,7		213,78
17	5,45	-0,08	0,44	
18	394,55	+0,93		366,93
19	400	+2,10		840
			$V_B = 2404,71$	$V_H = 2260,85$

Контроль при вычислении объемов работ выполняют по формуле

$$\frac{V_B - V_H}{V_B + V_H} \cdot 100 \leq 3\%. \quad (3.23)$$

В нашем случае

$$\frac{2404,71 - 2260,85}{2404,71 + 2260,85} \cdot 100 = 3\%.$$

4. ВЫНОС ПРОЕКТА СООРУЖЕНИЯ НА МЕСТНОСТЬ

4.1. Подготовка исходных данных

Исходные данные для выноса проекта сооружения на местность могут выдаваться преподавателем каждому студенту индивидуально или могут быть взяты из учебно-методического пособия с учетом своего номера зачетной книжки, как рассмотрено в примере.

Рассмотрим выполнение этой части курсовой работы на конкретном примере.

1. Проектные координаты точки пересечения оси A и оси 1 ($A/1$) (рис. 4.1) сооружения вычисляем по формулам:

$$x_{A/1} = 1500,15 \text{ м} + 1,11 \text{ м} \cdot N_3; \quad y_{A/1} = 1000,20 \text{ м} + 1,20 \text{ м} \cdot N_3,$$

где N_3 – номер зачетной книжки.

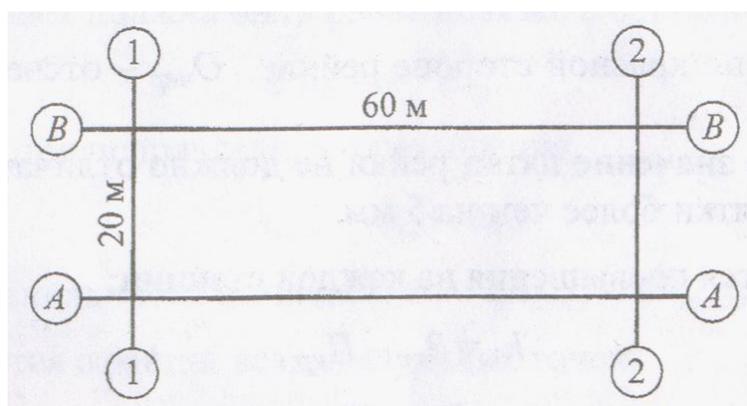


Рис. 4.1. Схема размещения сооружения

2. Дирекционный угол продольной оси сооружения

$$\alpha_{AA} = 60^\circ + 1^\circ 15' \cdot N_3. \quad (4.1)$$

3. Размеры сооружения: длина $60 \text{ м} + 3 \cdot N_3$; ширина $20 \text{ м} + 4 \cdot N_3$; сооружение прямоугольной формы.

4. Задаем координаты точек разбивочной основы на строительной площадке, которые берем из материалов геодезических изысканий:

$$x_1 = 1400,16 \text{ м}; \quad y_1 = 1000,55 \text{ м}; \quad x_3 = 1577,24 \text{ м}; \quad y_3 = 1100,15 \text{ м};$$

$$x_2 = 1621,34 \text{ м}; \quad y_2 = 920,76 \text{ м}; \quad x_7 = 1410,57 \text{ м}; \quad y_7 = 1127,27 \text{ м}.$$

4.2. Основные положения

На площадке будущего строительства в подготовительный период выполняют комплекс работ по перенесению проекта сооружения на местность, который включает в себя:

- аналитический расчет проектных координат точек пересечения основных осей сооружения;
- аналитический расчет разбивочных элементов;
- составление разбивочного чертежа, на котором показывают все необходимые данные для выноса осей сооружения в натуру;
- полевые работы по перенесению в натуру и закреплению осей сооружения.

В учебно-методическом пособии будут рассмотрены первые три этапа по перенесению проекта сооружения на местность. Исходные данные для выполнения расчетов приведены в подразделе 4.1.

4.3. Аналитический расчет проектных координат точек пересечения основных осей сооружения

Используя исходные данные (см. в подразделе 4.1) и схему расположения основных осей, приведенную на рис. 4.1, вычисляем проектные координаты точек пересечения основных осей $A/2$, $B/1$ и $B/2$.

$$x_{A/2} = x_{A/1} + \Delta x, \text{ где } \Delta x = d_{AA} \cdot \cos \alpha_{AA}; \quad (4.2)$$

$$y_{A/2} = y_{A/1} + \Delta y, \text{ где } \Delta y = d_{AA} \cdot \sin \alpha_{AA}. \quad (4.3)$$

Для примера, рассматриваемого в учебно-методическом пособии, примем: $d_{AA} = 50$ м; $d_{22} = 18$ м; $\alpha_{AA} = 80^\circ 18'$; $N = 0$. В этом случае координаты узла $A/2$ будут равны

$$x_{A/2} = 1500,15 + 50 \text{ м} \cdot \cos 80^\circ 18' = 1508,57 \text{ м};$$

$$y_{A/2} = 1000,20 + 50 \text{ м} \cdot \sin 80^\circ 18' = 1049,48 \text{ м}.$$

Для вычисления координат углов $B/1$ и $B/2$ необходимо предварительно вычислить дирекционные углы направлений $A/1 - B/1$ и $A/2 - B/2$. Так как здание прямоугольной формы, то углы в узлах $A/1$ и $A/2$ равны 90° . Используем формулу вычисления дирекционных углов смежных сторон [2]:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{лев} - 180^\circ \pm 360^\circ; \quad (4.4)$$

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^\circ - \beta_{\text{прав}} \pm 360^\circ. \quad (4.5)$$

Найдем $\alpha_{A/2-B/2}$.

$$\alpha_{A/2-B/2} = \alpha_{AA} + 90^\circ - 180^\circ + 360^\circ = 350^\circ 18'.$$

$\alpha_{A/2-B/2} = \alpha_{A/1-B/1} = 350^\circ 18'$, так как эти линии параллельны друг другу. Используя размеры здания и значения $\alpha_{A/1-B/1}$ и $\alpha_{A/2-B/2}$, найдем координаты узлов $B/1$ и $B/2$:

$$\begin{aligned} x_{B/1} &= x_{A/1} + d_{22} \cdot \cos \alpha_{A/1-B/1}; & y_{B/1} &= y_{A/1} + d_{22} \cdot \sin \alpha_{A/1-B/1}; \\ x_{B/2} &= x_{A/2} + d_{22} \cdot \cos \alpha_{A/2-B/2}; & y_{B/2} &= y_{A/2} + d_{22} \cdot \sin \alpha_{A/2-B/2}. \end{aligned}$$

Подставив значения, получим

$$x_{B/1} = 1500,15\text{м} + 18\text{м} \cdot \cos 350^\circ 18' = 1517,89\text{м};$$

$$y_{B/1} = 1000,20\text{м} + 18\text{м} \cdot \sin 350^\circ 18' = 997,17\text{м};$$

$$x_{B/2} = 1508,57\text{м} + 18\text{м} \cdot \cos 350^\circ 18' = 1526,31\text{м};$$

$$y_{B/2} = 1049,48\text{м} + 18\text{м} \cdot \sin 350^\circ 18' = 1046,45\text{м}.$$

4.4. Аналитический расчет разбивочных элементов

Используя координаты точек разбивочной основы (см. рис. 4.1) и проектные координаты узлов пересечения основных осей, полученные в 4.2.2, вычислим разбивочные элементы.

Перенесение проекта сооружения на местность может производиться различными способами: прямоугольных координат; полярных координат; засечек и т.п. Так как расчет разбивочных элементов для этих способов во многом схож, рассмотрим наиболее общий для всех случаев расчета разбивочных элементов для способа полярных координат.

Для этого способа необходимо вычислить длину полярного расстояния и полярный угол. Для вычисления расстояний и дирекционных углов используем формулы обратной геодезической задачи [1], а полярные углы найдем как разность дирекционных углов. Составим схему расположения сооружения и точек

разбивочной основы, чтобы наглядно видеть расчетные элементы (рис. 4.2).

Используя координаты точек разбивочной основы и проектные координаты узлов сооружения, вычислим румб r направления $7 - A/2$ по формуле

$$r_{7-A/2} = \operatorname{arctg} \frac{y_{A/2} - y_7}{x_{A/2} - x_7}. \quad (4.6)$$

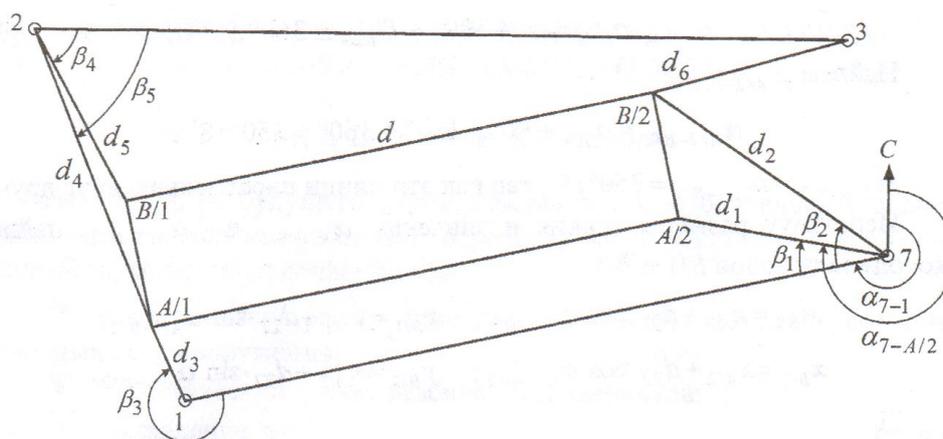


Рис. 4.2. Схема расположения разбивочной основы

Для рассматриваемого варианта получим $r_{7-A/2} = \text{СЗ } 38^\circ 26' 30''$.

Название румба ставим в соответствии со знаками приращений координат Δx , Δy :

$$\begin{aligned} \Delta x +, \Delta y +, & - \text{СВ}; \\ \Delta x -, \Delta y +, & - \text{ЮВ}; \\ \Delta x -, \Delta y -, & - \text{ЮЗ}; \\ \Delta x +, \Delta y -, & - \text{СЗ}. \end{aligned} \quad (4.7)$$

По формулам связи между румбами и дирекционными углами [1] найдем значение дирекционного угла направления $7 - A/2$:

$$\begin{aligned} \text{СВ} - \alpha &= r; \\ \text{ЮВ} - \alpha &= 180^\circ - r; \\ \text{ЮЗ} - \alpha &= 180^\circ + r; \\ \text{СЗ} - \alpha &= 360^\circ - r; \\ \alpha_{7-A/2} &= 360^\circ - r = 321^\circ 33' 30''. \end{aligned} \quad (4.8)$$

Производя аналогичные расчеты, находим дирекционный угол направления $7-1$.

$$r_{7-1} = \operatorname{arctg} \frac{y_1 - y_7}{x_1 - x_7} = \text{Ю}385^\circ 18' 14''; \quad (4.9)$$

$$\alpha_{7-1} = 265^\circ 18' 14''.$$

Зная дирекционные углы направлений 7-1 и 1-A/2, найдем полярный угол β_1 по формуле

$$\beta_1 = \alpha_{7-A/2} - \alpha_{7-1}. \quad (4.10)$$

Для рассматриваемого варианта полярный угол β_1 будет иметь следующее значение:

$$\beta_1 = 321^\circ 33' 30'' - 265^\circ 18' 14'' = 56^\circ 15' 16''.$$

Полярное расстояние $d_1 = d_{7-A/2}$ вычислим по формуле

$$d_1 = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}, \quad (4.11)$$

где $\Delta x = x_{A/2} - x_7 = 98,00$ м; $\Delta y = y_{A/2} - y_7 = -77,79$ м. Подставив значения Δx и Δy , получим $d_1 = 125,12$ м.

Аналогично вычисляются дирекционные углы и расстояния от точек разбивочной основы до остальных узлов сооружения:

$$r_{7-B/2} = \operatorname{arctg} \frac{y_{B/2} - y_7}{x_{B/2} - x_7} = \text{С}385^\circ 18' 14''; \quad \alpha_{7-B/2} = 325^\circ 04' 37'';$$

$$d_{7-B/2} = 141,16 \text{ м}; \quad \beta_2 = \alpha_{7-B/2} - \alpha_{7-1} = 59^\circ 46' 23''; \quad d_{1-A/1} = 99,99 \text{ м};$$

$$r_{7-A/1} = \operatorname{arctg} \frac{y_{A/1} - y_1}{x_{A/1} - x_1} = \text{С}30^\circ 12' 02''; \quad \alpha_{1-A/1} = 359^\circ 47' 58'';$$

$$\beta_3 = \alpha_{1-A/1} - \alpha_{1-7} = 274^\circ 29' 44''; \quad r_{2-3} = \text{ЮВ}76^\circ 11' 52'';$$

$$\alpha_{2-3} = 103^\circ 48' 08'';$$

$$r_{7-B/1} = \text{ЮВ}36^\circ 27' 01''; \quad \alpha_{2-B/1} = 143^\circ 32' 59''; \quad d_{2-B/1} = 128,61 \text{ м};$$

$$\beta_4 = \alpha_{2-B/1} - \alpha_{2-3} = 39^\circ 44' 51''; \quad r_{2-A/1} = \text{ЮВ}33^\circ 14' 41'';$$

$$\alpha_{2-A/1} = 146^\circ 45' 19'';$$

$$d_{2-A/1} = 144,88 \text{ м}; \quad \beta_5 = \alpha_{2-A/1} - \alpha_{2-3} = 42^\circ 57' 11''.$$

Расстояние d_6 вычисляют для контроля так же, как и значения d_3 , β_3 .

$$d_6 = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 74,01,$$

где $\Delta x = x_{6/2} - x_3 = -50,93$ м; $\Delta y = y_{6/2} - y_3 = -53,70$ м.

Кроме того, контроль вынесения сооружения на местность производится по длинам d_{11} и d_{22} и углам в узлах, которые должны быть 90° . Используя вычисленные разбивочные элементы, составляют разбивочный чертеж (рис. 4.3).

4.5. Составление разбивочного чертежа

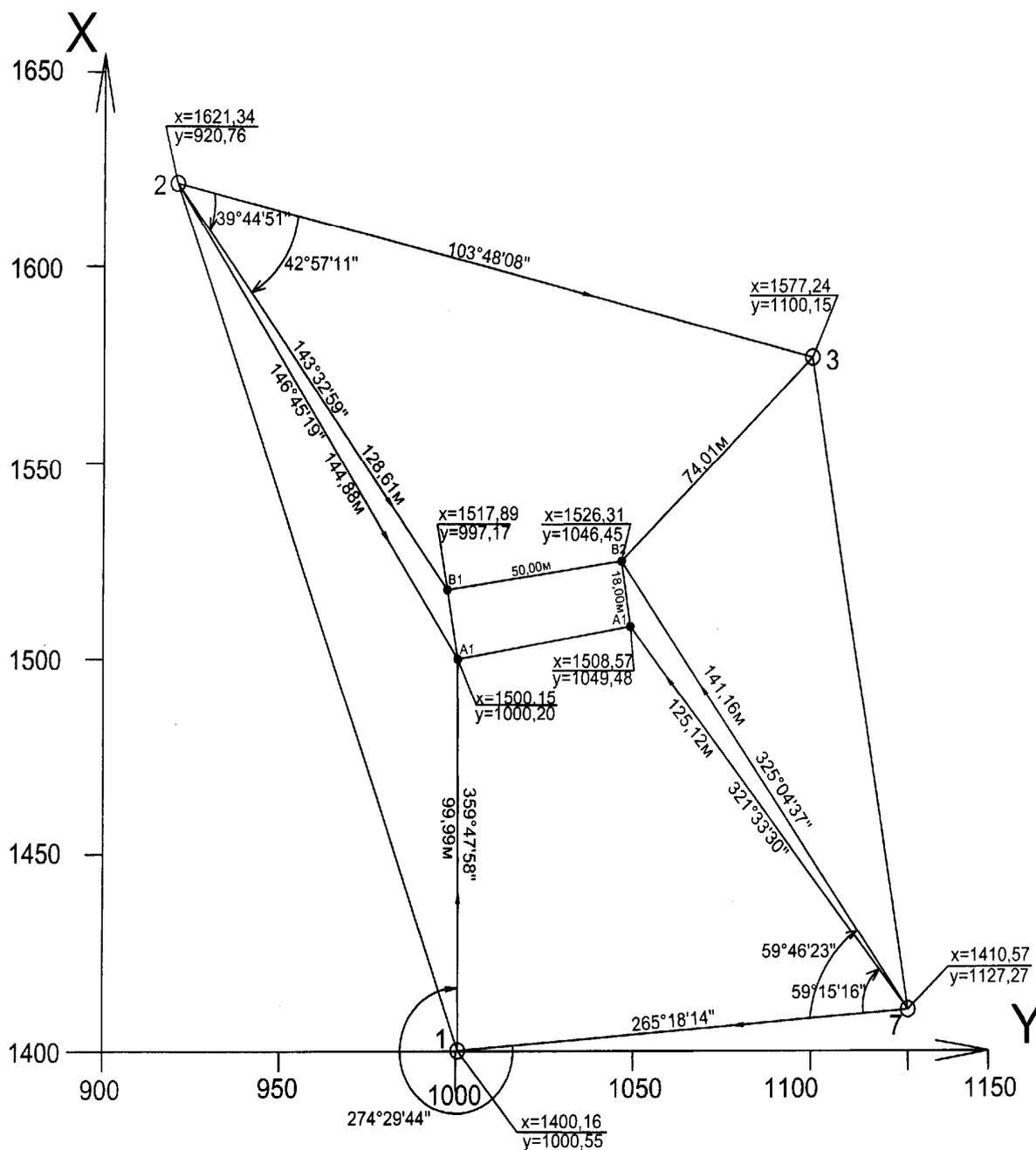


Рис. 4.3. Разбивочный чертеж (М1:500):

- – узлы сооружения; О – точки разбивочной основы

Разбивочный чертеж составляют в масштабе 1:500 (см. рис. 4.3), на разбивочном чертеже показывают:

- пункты разбивочной основы, от которых производится разбивка;
- значения разбивочных элементов;
- координаты точек разбивочной основы и проектные координаты узлов сооружения;
- дирекционные углы направлений;
- контуры выносимого сооружения с указанием его размеров и осей.

Итогом выполнения курсовой работы является отчет, состоящий из разделов:

1. Инженерно-геодезические изыскания для строительства площадных сооружений:

1. Создание планово-высотного обоснования топографической съемки местности.

2. Топографическая съемка участка местности.

2. Инженерно-геодезические изыскания для строительства линейных сооружений:

1. Расчет основных элементов круговых кривых на трассе.

2. Составление ведомости прямых и кривых.

3. Нивелирование трассы.

4. Построение продольного профиля трассы и поперечников .

5. Геодезические расчеты при построении проектной линии продольного профиля трассы.

3. Планировка участка под горизонтальную плоскость:

1. Обработка журнала площадного нивелирования.

2. Построение высотного плана.

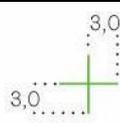
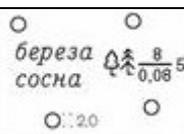
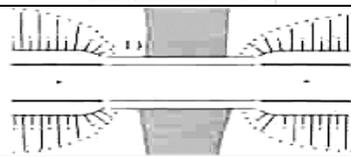
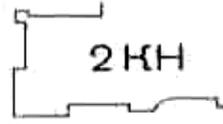
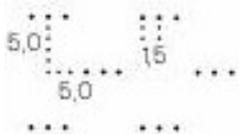
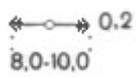
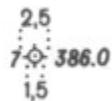
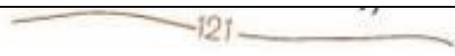
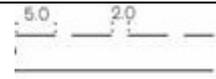
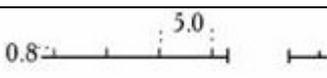
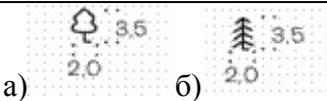
3. Планировка участка под горизонтальную плоскость при условии нулевого баланса земляных масс.

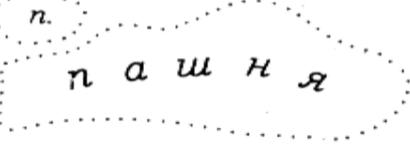
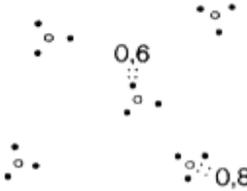
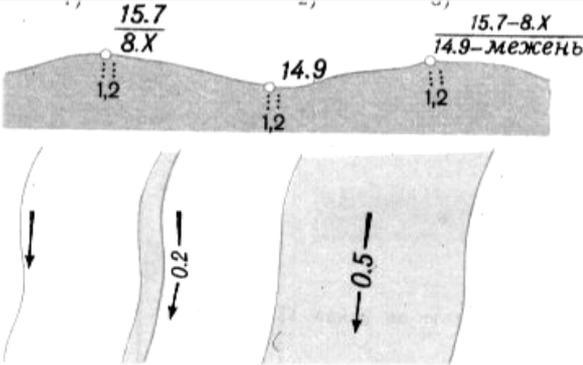
4. Вынос проекта сооружения на местность:

1. Аналитический расчет проектных координат точек сооружения.

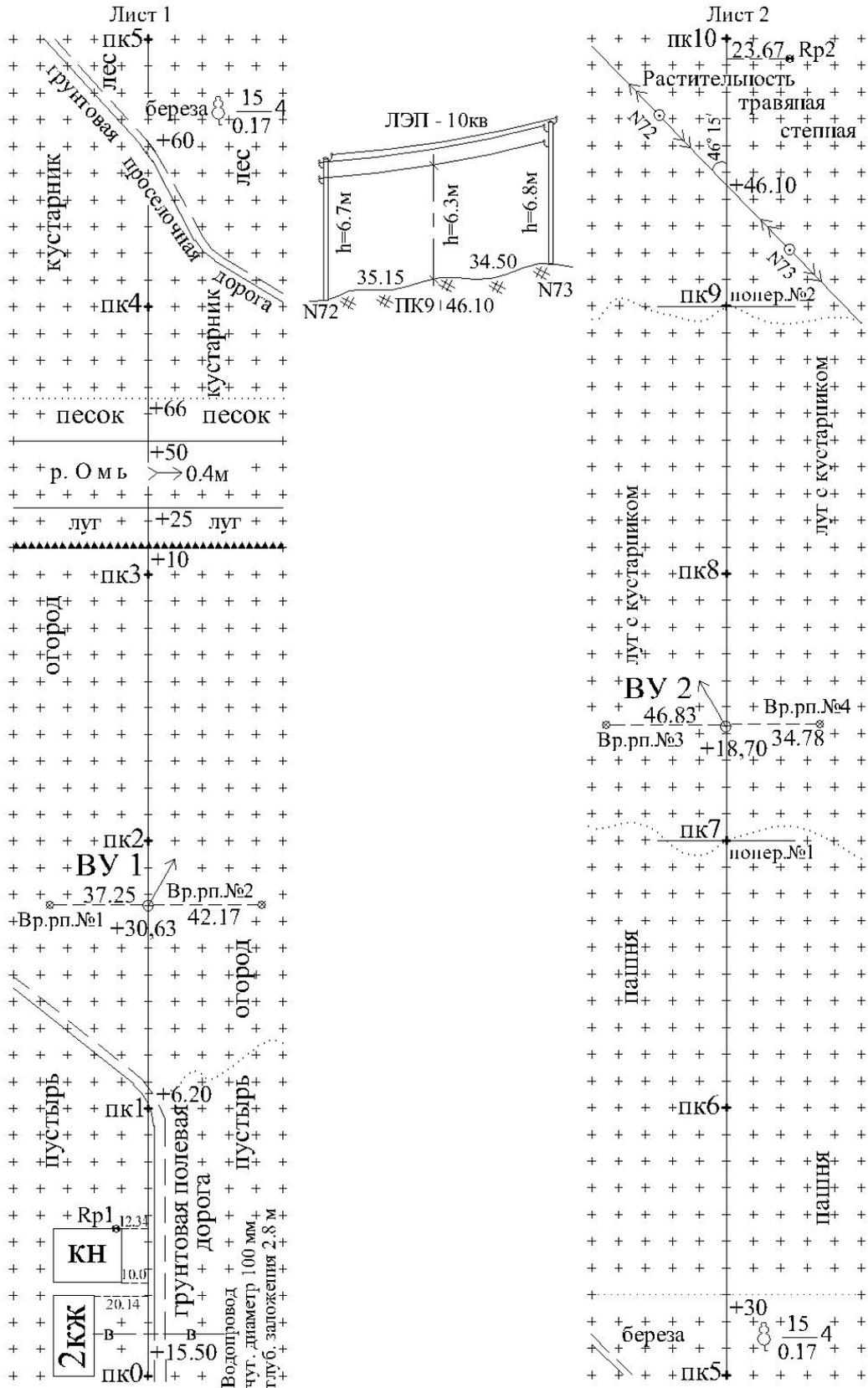
2. Аналитический расчет разбивочных элементов.
3. Составление разбивочного чертежа.

Условные знаки

№ п/п	Название условных знаков	Изображение на планах М 1:500, 1:1000
1	2	3
1	Пересечение координатных линий	
2	Луговая растительность	
3	Лес	
4	Мосты деревянные однопролетные	
5	Постройки огнестойкие нежилые выше одного этажа	
6	Выгоны	
7	Линии электропередачи низкого напряжения на столбах	
8	Точки съемочного обоснования	
9	Горизонталы	
10	Грунтовые дороги проселочные	
11	Заборы деревянные сплошные с воротами	
12	Отдельно стоящие деревья а) широколиственные б) ель или пихта	

1	2	3
13	Огороды	 <p>б)</p>
	Пашни	 <p>а)</p>
14	Кустарники	
15	<p>Береговые линии постоянные и определенные</p> <p>Отметки урезов воды и даты их измерения</p> <p>Реки и ручьи</p>	

Пикетажная книжка



Ведомость прямых и кривых

Назва- ния точек	Пикетажное значение ВУ	Углы поворота φ		Элементы кривых, м				
		правый	левый	R	T	K	D	B
1	2	3	4	5	6	7	8	9
НТ	ПК0							
ВУ 1	ПК2 + 30.63	18° 20'		660	106,50	211,18	1,82	8,5 4
ВУ 2	ПК7 + 18.70		23° 05'	860	175,62	346,48	4,76	17,75
КТ	ПК 10							
		$\Sigma\varphi_{\text{правых}}=18^{\circ}20'$			$\Sigma K=557,66$ м			
		$\Sigma\varphi_{\text{левых}}=23^{\circ}05'$				$\Sigma D=6,58$ м		
		$\Sigma\varphi_n - \Sigma\varphi_l = -4^{\circ}45'$						

Пикетажное положение точек		Прямая вставка	Расстояние между вершинами	Дирекционный угол	Румб
НК	КК				
		$P, \text{ м}$	$S, \text{ м}$	α	r
10	11	12	13	14	15
		124,13	230,63	132°40′	ЮВ 47°20′
ПК1 +24,13	ПК3+35,31				
		207,77	489,89	151°00′	ЮВ 29°00′
ПК5 +43,08	ПК8+89,56				
		110,44	286,06	127°55′	ЮВ 52°05′
	$\Sigma P = 442,34 \text{ м}$				
		$\Sigma S = 1006,58 \text{ м}$			
				$\alpha_K - \alpha_H = -4^\circ 45'$	
$\Sigma P + \Sigma K = 442,62 \text{ м} + 557,38 = 1000,00 \text{ м}$					
$\Sigma S - \Sigma Д = 1006,86 - 6,86 = 1000,00 \text{ м}$					

Журнал нивелирования трассы

Станция	Пикеты	Отсчеты по рейкам, мм			h , мм	$h_{ср}$, мм	$h_{испр}$, мм	$ГИ$, м	H , м	Пикеты
		зад- няя	перед- няя	пром.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Rp1-ПК0	5620	6823		-1203	-1202	-1199		150,150	Rp1
		0934	2135		-1201	+3				
		4686	4688							
2	ПК0- ПК1	7256	6101		1155	1155	1158		148,951	ПК0
		2569	1414		1155	+3				
		4687	4687							
3	ПК1- ПК2	4911	5697						150,109	ПК1
		0226	1010							
		4685	4687							
4	ПК2-Х	4902	7102						149,328	ПК2
		0214	2414							
		4688	4688							
5	Х-ПК3	5060	6594						147,132	Х
		0373	1909							
		4687	4685							
6	ПК3- ПК4	5867	4943					146,783	145,601	ПК3
		1182	0256							
		4685	4687							
Пострани- чный контроль		39114	46398		-7284	-3642				
			-7284		-3642					

Продолжение прил. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	ПК3+10			1510					145,273	ПК3+10
	ПК3+26			2985					143,798	ПК3+26
	ПК3+50			2986					143,797	ПК3+50
	ПК3+66			0571					146,212	ПК3+66
7	ПК4- ПК4+60	7676 2987 4689	4901 0214 4687						146,530	ПК4
8	ПК4+60- ПК5	7019 2331 4688	7483 2795 4688							ПК4+60
9	ПК5-Х	7535 2848 4687	5037 0352 4685							ПК5
		30396 9614	20782 4807							
10	Х-ПК6	7651 2965 4686	4935 0250 4685							Х
Постранич- ный контроль										

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
11	ПК6-ПК7	6047	4941							ПК6	
		1360	0254								
	4687	4687	0524								л+10 л+25 п+10 п+25
			0211								
		0310 1235									
12	ПК7-ПК8	5192	5726							ПК7	
		0506	1038								
		4686	4688								
13	ПК8-ПК9	7310	5147							ПК8	
		2623	0460								
	4687	4687	1217 0342								л+25 п+25
14	ПК9-Rp2	6517	6588	1835						ПК9	
		1827	1900								
	4690	4688									ПК10 Rp2
Постранич- ный контроль											

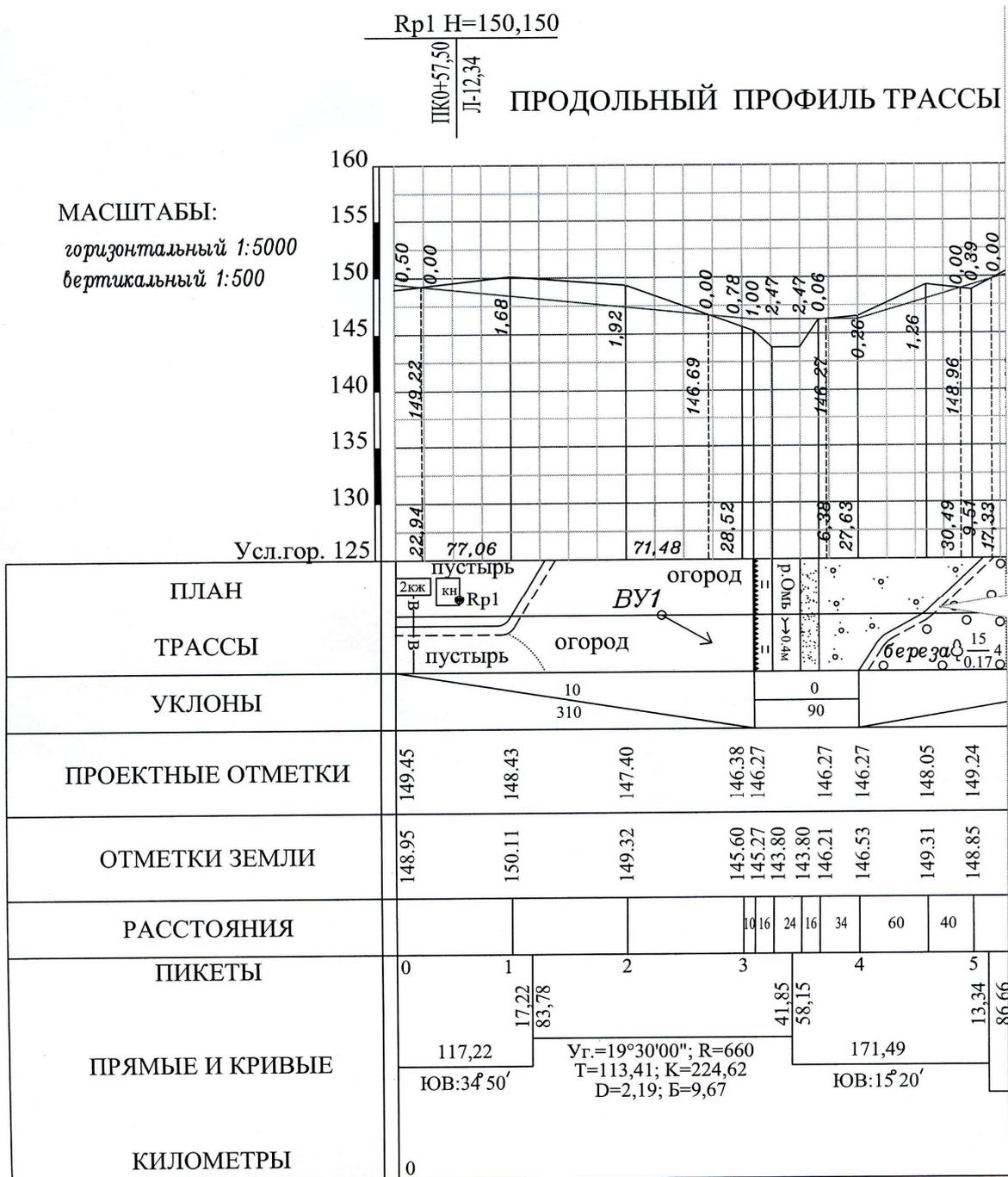
$$h_{теор} = 6595 \text{ мм}$$

$$h_{прак} = 6545 \text{ мм}$$

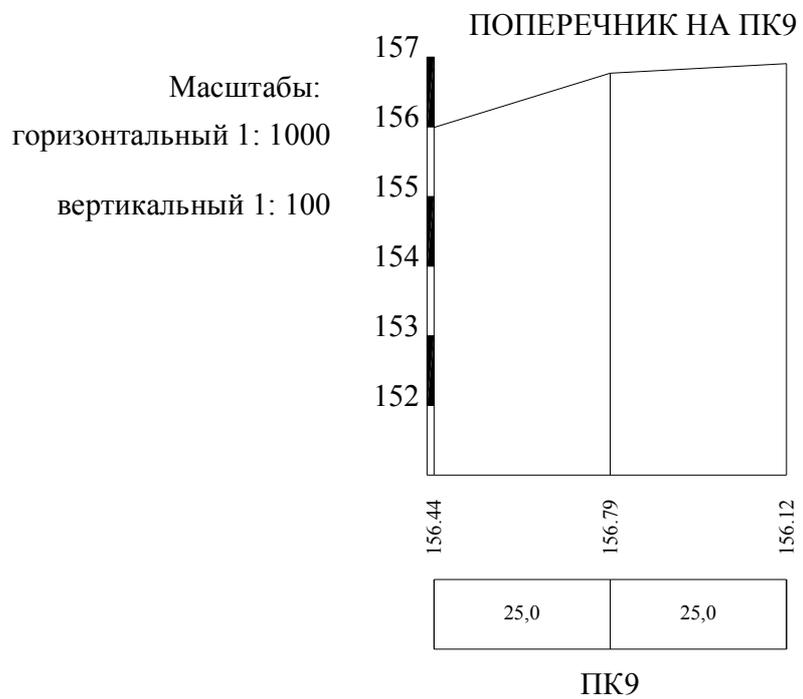
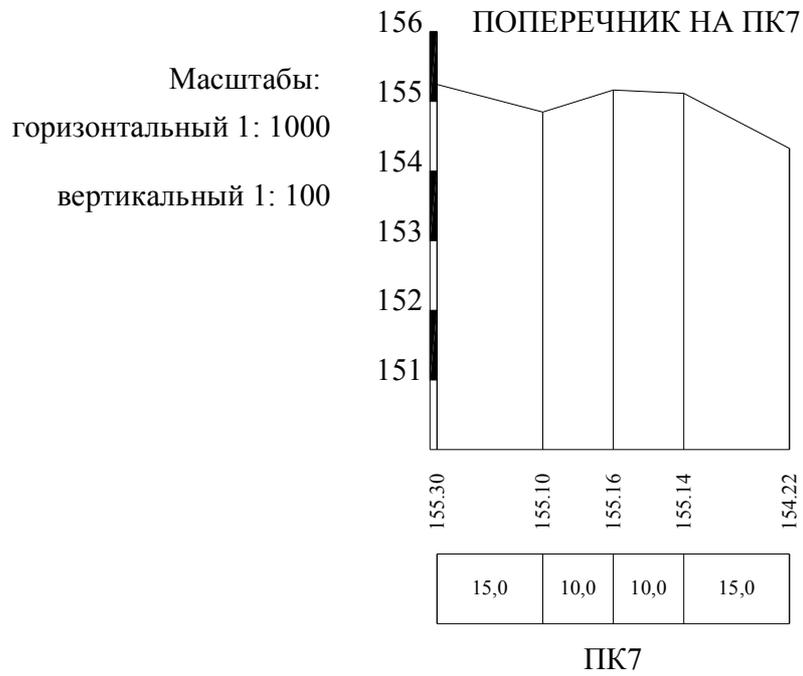
$$fh = -50 \text{ мм}$$

$$fh_{дон} = 50 \text{ мм}$$

Длина хода = 1,00 км



Поперечный профиль трассы



Библиографический список

1. Инженерная геодезия: учебник / Г.А.Федотов.– 3-е изд., испр.– М.:Высшая школа, 2006.– 463 с.
2. Ключин Е.Б. Инженерная геодезия: учебник для студ. высш.учеб. заведений / Е.Б.Ключин, М.И.Киселев, Д.Ш.Михелев, В.Д.Фельдман; под ред. Д.Ш. Михелева. – 6-е изд., стер. – М.: Изд. центр “Академия”, 2006. – 480 с.
3. ГОСТ 21778-81 (СТ СЭВ 2045-79). Основные положения. – М.: Госстрой СССР, 1981.
4. ГОСТ 21779-82 (СТ СЭВ 2681-80). Технологические допуски. – М.: Госстрой СССР, 1983.
5. ГОСТ 21780-83 (СТ СЭВ 3740-82). Расчет точности. – М.: Госстрой СССР, 1984.
6. ГОСТ 23615-79. Система обеспечения геометрической точности в строительстве. – М.: Госстрой СССР, 1979.
7. ГОСТ 23616-79. Система обеспечения геометрической точности в строительстве. Общие правила контроля точности. – М.: Госстрой СССР, 1979.
8. ГОСТ Р 21.1701-97. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1997.
9. Федотов Г.А. Инженерная геодезия: учебник/Г.А. Федотов. – 2-е изд., исправл. – М.: Высш. шк., 2004. – 463 с.
10. Ключин Е.Б. Инженерная геодезия: учебник для вузов/Е.Б.Ключин, М.И.Киселев, Д.Ш.Михелев, В.Д.Фельдман; под ред. Д.Ш.Михелева. – 4-е изд., испр. – М.: Изд. центр ”Академия”, 2004. – 480 с.
11. Ключин Е.Б. Инженерная геодезия: учеб. для вузов /Е.Б.Ключин, М.И.Киселев, Д.Ш.Михелев, В.Д.Фельдман; под ред. Д.Ш.Михелева. – М.: Высш. шк., 2000. – 464 с.
12. Измерение горизонтальных и вертикальных углов: методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Инженерная геодезия»/ сост.: Ю.В. Столбов, А.А. Побережный. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2005. – 19 с.
13. Методические указания к лабораторным работам «Построение продольного профиля», «Построение проектной линии продольного профиля»/сост.: Т.П. Синютина, Л.Ю. Миколишина. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 27 с.
14. Трассирование линейных сооружений: методические указания к выполнению расчетно-графических работ для студентов строительных специальностей очной и заочной форм обучения/ сост.: Т.П.Синютина, Л.Ю.Миколишина, Т.В.Котова.– Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 34 с.
15. Решение задач на топографических картах: методические указания и задания к лабораторной работе для студентов строительных специальностей очной и заочной форм обучения / сост.: Т.П.Синютина, Л.Ю.Миколишина, Т.В.Котова.– Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 37 с.
16. Камеральная обработка материалов топографической съемки участка местности: методические указания по выполнению расчетно-графической

работы №1 / сост.: В.В.Бадера, А.В. Виноградов. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2008.– 35 с.

17. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Инженерная подготовка территорий» / сост.: Н.С.Воловник, Т.П.Синютина.– Омск: Изд-во СибАДИ, 2006.– 28с.

18. Методические указания и задания для студентов «Инженерные изыскания для строительства» / сост.: Т.П.Синютина, Л.Ю.Миколишина, Т.В.Котова.– Омск: Изд-во СибАДИ, 2009.– 38 с.

Оглавление

Введение	3
1. Инженерно-геодезические изыскания для строительства площадных сооружений	4
1.1. Подготовка исходных данных	4
1.2. Обработка результатов топографической съемки участка местности	8
1.3. Обработка ведомости вычисления координат вершин теодолитного хода	10
1.4. Обработка журнала тригонометрического нивелирования	17
1.5. Обработка журнала тахеометрической съемки	21
1.6. Составление топографического плана	25
1.7. Способы построения горизонталей	30
2. Инженерно-геодезические изыскания для строительства линейных сооружений	35
2.1. Подготовка исходных данных	35
2.2. Расчет основных элементов горизонтальных круговых кривых	39
2.3. Расчет пикетажных значений главных точек кривых	40
2.4. Составление ведомости прямых и кривых	41
2.5. Нивелирование трассы	45
2.5.1. Геометрическое нивелирование	45
2.5.2. Обработка журнала нивелирования трассы	52
2.6. Построение продольного профиля и поперечников	53
2.6.1. Порядок выполнения задания	53
2.6.2. Составление продольного профиля трассы	54
2.6.3. Составление профилей поперечников	58
2.7. Построение проектной линии продольного профиля	60
3. Планировка участка под горизонтальную плоскость	64
3.1. Подготовка исходных данных	64
3.2. Планировка участка под горизонтальную плоскость при условии нулевого баланса земляных масс	66
3.2.1. Общие положения	66
3.2.2. Обработка журнала нивелирования	67
3.2.3. Построение высотного плана	68
3.2.4. Вычисление проектной и рабочих отметок	69
3.2.5. Составление картограммы земляных масс	71
4. Вынос проекта сооружения на местность	73
4.1. Подготовка исходных данных	73
4.2. Основные положения	74
4.3. Аналитический расчет проектных координат точек пересечения основных осей сооружения	74

4.4. Аналитический расчет разбивочных элементов.....	75
4.5. Составление разбивочного чертежа.....	79
Приложение 1. Условные знаки	81
Приложение 2. Топографический план местности	83
Приложение 3. Пикетажная книжка	84
Приложение 4. Ведомость прямых и кривых	85
Приложение 5. Журнал нивелирования трассы	87
Приложение 6. Продольный профиль трассы	90
Приложение 7. Поперечный профиль трассы	91
Библиографический список.....	92

Учебное издание

Тамара Павловна Синютина,
Людмила Юрьевна Миколишина,
Тамара Викторовна Котова,
Наталья Сергеевна Воловник

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
(ГЕОДЕЗИЯ)

Учебно-методическое пособие

Редактор И.Г. Кузнецова

Подписано к печати ____ . ____ . 20__

Формат 60 $\frac{1}{2}$ 90 1/16. Бумага писчая

Оперативный способ печати

Гарнитура Times New Roman

Усл. п. л. уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. Заказ № ____

Цена договорная

Издательство СибАДИ
644099, г. Омск, ул. П.Некрасова, 10

Отпечатано в подразделении ОП
издательства СибАДИ