



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный технический университет»

Колледж СамГТУ

Царева А.Н.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

*Методические указания
к практическим занятиям*

САМАРА

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

2024

Печатается по решению методической комиссии Колледжа СамГТУ (протокол № 3 от 22.11.2024 г.).

Составил: Царева А.Н.

Инженерная геодезия: методические указания к практическим занятиям для СПО / Царева А.Н.– Самара: Самарский государственный технический университет, 2024.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности среднего профессионального образования 08.02.13 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции.

Методические указания включают в себя комплект методических материалов, необходимых для успешной подготовки и участия в проведении практических занятий по дисциплине Инженерная геодезия студентам СПО: планы практических занятий, практические задания, библиографический список литературы, перечень вопросов к дифференцированному зачету.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
ПЛАНЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	52
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	54

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности среднего профессионального образования 08.02.13 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции.

Практическое занятие – это форма организации учебного процесса, предполагающая выполнение обучающимися заданий самостоятельно и под руководством преподавателя. Дидактическая цель практических заданий – формирование у обучающихся профессиональных и практических умений, необходимых для изучения последующих учебных дисциплин, а также подготовка к применению этих умений в профессиональной деятельности.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнение определенных действий, операций, предписаний, необходимых в последующей профессиональной деятельности) или учебных (решение задач), необходимых в последующей учебной деятельности.

Наряду с формированием умений и навыков, в процессе практических занятий обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность использовать знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

Перед тем как приступить к выполнению практического занятия, студент должен усвоить краткие теоретические сведения по теме, методику выполнения работы, а также способы представления полученных данных.

В методических указаниях приведены теоретические положения, практические задания.

Практическая работа № 1 «Решение задач на масштабы»

Цель работы: изучить общие понятия о масштабах и их точности, освоить перевод натуральных величин в масштабные.

При составлении плана местности все горизонтальные проекции измеренных на земле линий наносятся на бумагу в некотором уменьшении. Степень уменьшения линий при нанесении их на бумагу, или иначе, отношение длины линии, нанесённой на план, к длине горизонтальной проекции линии, измеренной на местности, называется масштабом. Масштабы бывают численные, линейные и поперечные.

Численный масштаб выражается дробью, у которой числитель всегда единица, а знаменатель – число, указывающее, во сколько раз проекции линии местности на горизонтальную плоскость уменьшены при нанесении их на план. Например: 1/500; 1/100; 1/2000 или 1:100; 1:2000; 1:5000 и т.д. Это значит, что при масштабе 1:1000 проекции линий при нанесении их на бумагу уменьшены в 1000 раз, а при масштабе 1:5000 – в 5000 раз, или что одному сантиметру на бумаге для масштаба 1:1000 соответствует 1000 сантиметрам или 10 метрам на местности, а для масштаба 1:5000 в 1 см.-50 метрам.

Из приведённых примеров видно, что чем меньше знаменатель, тем крупнее масштаб и, наоборот, при мелких масштабах знаменатель больше.

При составлении планов и карт для откладывания длин линий пользуются линейным или поперечным масштабом.

Численный масштаб, изображённый на бумаге в виде графика – линии, называется линейным масштабом. Этот масштаб даёт возможность без излишних вычислений построить на бумаге линию заданной величины или же определить длину данной линии на плане или карте.

Линейный масштаб представляет собой прямую линию, на ряд равных отрезков в 1 см, 2 см, в зависимости от численного масштаба. Деревянная или металлическая линейка с сантиметровыми делениями может служить линейным масштабом (рис.2).

Для построения линейного масштаба проводят прямую линию и на ней откладывают несколько равных отрезков, например, по 1 см, которые называется **основанием** масштаба. Первый отрезок слева делят на десять равных частей. Деление подписывают цифрами. Основание масштаба, равное 1 см, разделено на 10 частей. Деление, равное 1 мм, называется **наименьшим делением масштаба**. Число метров линии местности, соответствующее наименьшему делению масштаба, называется **точностью масштаба**.

1/1000

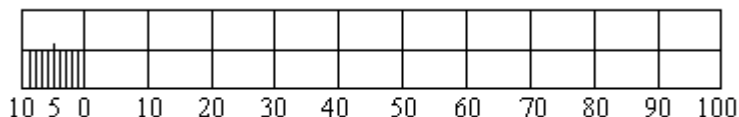


Рис.2

На рис.2 за основание линейного масштаба принят отрезок, равный 1см и разделённый на 10 равных частей. Например, требуется отложить линию 85,5 м в масштабе 1:1000. Основание этого масштаба будет равно 1см, а наименьшее деление – 1м. Чтобы отложить указанную линию, раствором измерения откладывают восемь сантиметровых отрезков, что составит 80 метров, а затем увеличивают раствор измерителя на пять делений левого сантиметрового отрезка, что даёт 5м. Потом на глаз берут ещё половину малого деления, т.е. добавляют 0,5 м, и в общей сложности получают 85,5 метра.

Точность масштаба 1:1000 будет равна $10\text{м}:10=1\text{м}$; 1:2000 равна $20\text{ м}:10=2\text{м}$ и т.д.

Невооружённым глазом (без лупы) можно различить деление в полмиллиметра, что для масштаба 1:1000 будет равно 0,5 м.

Применение линейного масштаба ограничено вследствие сравнительно небольшой его точности, поэтому для составления точных планов и карт пользуются преимущественно **поперечным масштабом**.

Общий вид поперечного масштаба представлен на рис.3

Масштаб 1:5000

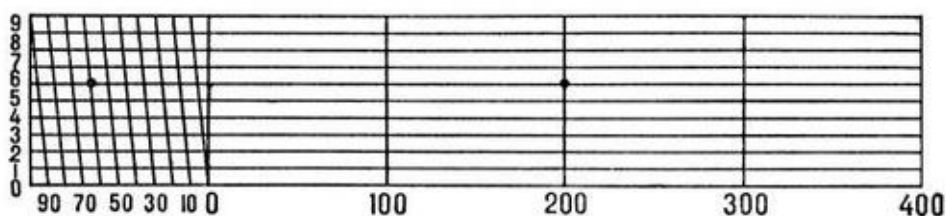


Рис.3

Поперечный масштаб строится образом. На прямой линии откладывают равные отрезки, которые называются **основанием масштаба**, и на полученных точках восстанавливают перпендикуляры. На концах перпендикуляров откладывают десять равных частей (примерно в 2мм) и намеченные точки соединяют прямыми горизонтальными линиями. Такой масштаб даёт возможность брать линейные размеры с большой точностью. В нашем примере рассматривается применение масштаба 1:5000, т.е. в 1см 50 метров. На рис. 3 за основание масштаба принят отрезок в 2см, следовательно, в 2 см будет 100м. Крайнее левое основание разделено на десять частей, поэтому каждая такая часть внизу и сверху будет равна 10м. Но как, видно из рисунка, деление между перпендикуляром и первой наклонной линией постепенно уменьшается. Самое маленькое деление называется наименьшим делением поперечного масштаба.

При изучении материала темы надо хорошо понять и заполнить численные масштабы чертежей, применяемых в строительстве; научиться пользоваться численным и линейным масштабами. Нужно знать, что линейный масштаб не обеспечивает необходимой точности измерения по плану при проведении разбивочных работ и составлении исполнительных чертежей. В этих случаях пользуются поперечным масштабом.

В целях уяснения правил пользования поперечным масштабом следует изучить его построение. В практике пользуются готовым поперечным масштабом, выгравированным на медной или алюминиевой пластинке (часто его наносят на транспортеры).

Для решения различных задач по карте (при проведении практической работы) желательно использовать (если имеется) электрифицированный тренажёр «Измерение расстояний по поперечному масштабу» и топографические карты разных масштабов.

Пользованием поперечным масштабом сводится к следующему. Пусть требуется отложить в масштабе 1:5000 отрезок, равный 128,5м. В этом случае основание масштаба на рис.3 соответствует 100м, наименьшее деление – 1м.

Для получения данного отрезка по масштабу нужно одну иглу измерителя поставить на нуль, а вторую – а вторую сдвинуть вправо на одно деление основания 100м, затем левую иглу сдвинуть влево на 2 маленьких деления, что даёт отрезок, равный 120м. Оставшиеся 8,5м берут так: обе иглы передвинуть на 8,5 деления вверх, причём левую иглу поднимают по второй наклонной линии, а правую – по перпендикуляру. Тогда весь отрезок (С-Д) будет равен 128,5м.

Точность поперечного масштаба определяется по формуле:

$$t_m = \frac{a N}{m n}$$

где t_m - точность масштаба;

$m n$ – основание масштаба по вертикали и горизонтали, разделённое на 10 частей (10x10)

N - знаменатель численного масштаба.

Например: построить поперечный масштаб 1:5000 (в 1см-50м).

Возьмём за основание масштаба 2см, тогда $t_m = \frac{a N}{m n} = \frac{2 \text{ см} * 5000}{10 * 10} = 100 \text{ см} = 1 \text{ м}$

При помощи поперечного масштаба с основанием в 2см, разделённых на 10 частей, можно измерить линию с точностью до 0,01 мм. Эта величина называется **предельной точностью масштаба**.

Ниже предлагается ряд упражнений на откладывание размеров линий по поперечному масштабу (в метрах).

Пример 1.

Масштаб	1:1000	32,46	28,80	64,2
	1:2000	93,8	141,60	201,8
	1:5000	258,0	315,00	354,00

Пример 2.

Масштаб	1:500	23,58	32,67	65,25
	1:2000	89,30	112,58	271,37
	1:10000	178,45	215,17	300,64

Пример 3.

Масштаб	1:1000	73,85	113,7	175,6
	1:5000	98,24	125,9	328,7
	1:10000	171,68	223,5	328,6

Работа выполняется на формате А4 в карандаше, желательно с последующей обводкой тушью (см. рис.4), в такой последовательности: от верхней линии рамки отступить 4см и провести три параллельные линии на расстоянии друг от друга в 1-1,5 см, отрезки, взятые с поперечного масштаба при помощи измерителя, откладывают на этих параллельных линиях

и иглами измерителями делают наклоны, которые берут в кружки диаметром 1-1,5мм. Ниже вычерчивают поперечный масштаб, в правом углу – штамп, все надписи вычерчивают нормальным шрифтом.

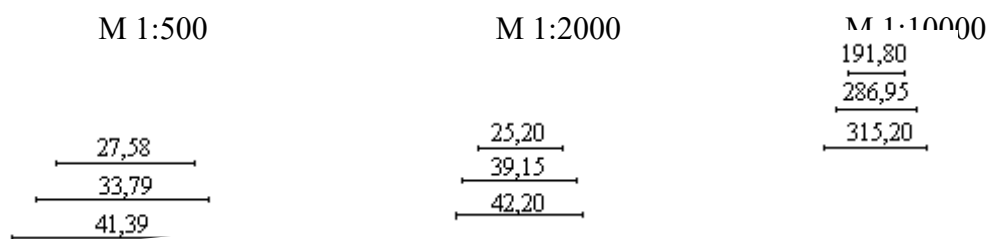


Рис.4

Практическая работа № 2 «Решение задач по карте (плану) с горизонталями»

Цель работы: научиться решать инженерно-геодезические задачи с учетом рельефа участка местности, изображенного на карте (плане) с горизонталями.

1. Изучить рельеф местности по топографической карте. Зарисовать образцы основных форм рельефа, имеющих на карте.
2. Определить отметки точек 1, 2, 3, 4, заданных на карте. Определить превышения между точками 1 и 2, 2 и 3, 3 и 4, 4 и 1.
3. Построить график заложений для карты масштаба 1:10 000 с высотой сечения рельефа 2,5 м.
4. Определить уклон и крутизну ската между точками 1 и 5.
5. Запроектировать кратчайшую трассу с заданным уклоном между точками А и В.
6. Построить профиль местности по заданному направлению А—С.
7. Определить по карте границы водосборной площади дамбы а—Б.

Изучение рельефа местности по карте с горизонталями

Горизонталью называется линия на земной поверхности, соединяющая точки с равными высотами.

Расстояние по высоте между двумя соседними секущими горизонтальными плоскостями называется высотой сечения рельефа h . Иными словами, высота сечения h представляет собой разность высот (превышение) двух соседних горизонталей.

Расстояние между двумя смежными горизонталями в плане называется заложением.

Изгибы горизонталей позволяют судить о рельефе местности. Крутой склон изображают более частыми горизонталями, пологий — более редкими. Для облегчения чтения рельефа и определения направления скатов перпендикулярно к горизонталям ставят бергштрихи. Каждую пятую (или четвертую) горизонталь проводят утолщенной и подписывают в разрыве основанием цифр в сторону падения ската. Для изображения скатов с углами наклонов более 45° используют особые условные знаки. К числу дополнительных знаков при изображении рельефа горизонталями относятся подписи отметок вершин, глубин и других высот, характеризующих рельеф.

В результате изучения рельефа по карте следует дать краткую характеристику рельефа местности с указанием его типа (равнинный, пересеченный, предгорный, горный) и зарисовать в рабочей тетради образцы основных форм рельефа, представленных на карте.

Определение высот точек и превышений между ними

Одной из наиболее распространенных задач, решаемых по карте (плану), является определение отметок (высот) точек местности. При решении этой задачи следует руководствоваться следующими правилами (рис. 5).

1. Отметка точки, расположенной на горизонтали, равна отметке этой горизонтали (напр., на рис. 5 $H_1 = 152,5$ м).

Отметки горизонталей находят с учетом высоты сечения рельефа, направления ската, подписей отметок утолщенных горизонталей и характерных точек рельефа. При этом следует помнить, что отметки горизонталей кратны высоте сечения рельефа.

2. Отметку точки, расположенной между горизонталями (напр., точки 2), определяют из выражения:

$$H_2 = H_{\text{мл}} + \Delta h_1 = H_{\text{мл}} + \frac{l_1}{d} \cdot h, \quad (12)$$

Где $H_{\text{мл}}$ — отметка младшей горизонтали, ($H_{\text{мл}} = 150,0$ м), Δh_1 — превышение точки 2 над младшей горизонталью, d — заложение ската, l_1 — расстояние в плане от младшей горизонтали

до точки; h – высота сечения рельефа, м. Значение d и l_1 определение на плане с помощью циркуля – измерителя с точностью 0,2 мм.

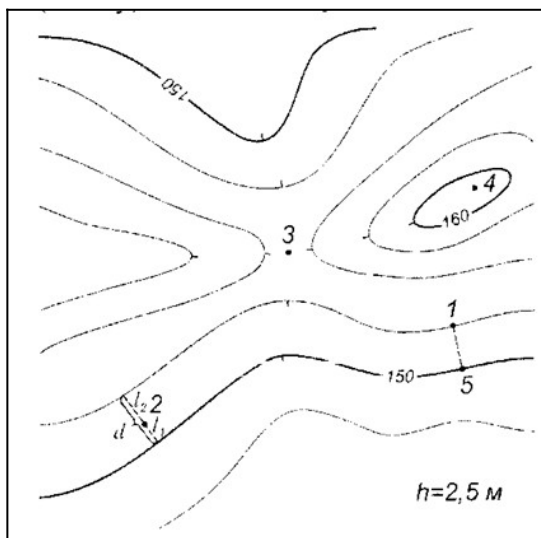


Рис. 5 Схема определения отметок точек по горизонталям.

Для приведенного на рис.5 примера

$$H_2 = 150 \text{ м} + \frac{3,2 \text{ мм}}{8,3 \text{ мм}} \times 2,5 \text{ м} = 151,0 \text{ м}.$$

Для контроля отметку точки следует определить относительно старшей горизонтали как

$$H_2 = H_{\text{ст}} - \Delta h_2 = H_{\text{ст}} - \frac{l_2}{d} \cdot h. \quad (13)$$

3. Отметку точки, расположенной между горизонталями с одинаковыми отметками (точка 3 — седловина) либо внутри замкнутой горизонтали (точка 4 — вершина), можно определить лишь приближенно. При этом отметку точки принимают меньше или больше отметки этой горизонтали на половину высоты сечения рельефа, т.е. $0,5 h$. Например:

$$H_3 = 155,0 \text{ м} - 0,5 \cdot 2,5 \text{ м} = 153,75 \text{ м};$$

$$H_4 = 160,0 \text{ м} - 0,5 \cdot 2,5 \text{ м} = 161,25 \text{ м}.$$

Превышения между точками определяют как разность отметок последующей и предыдущей отметок, т. е.

$$h = H_n - H_{n-1}. \quad (14)$$

Результаты вычислений приведены в табл. 12.

Таблица 12

Определение отметок точек и превышений

Точки	Отметки точек Н, м	Превышение h, м
1	152,50	- 1, 50
2	151,00	+ 2,75
3	153,75	+ 7, 50
4	161,25	- 8,75
1	152,50	

Контролем правильности вычислений является равенство нулю суммы всех превышений, т. е. $h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4} + h_{4-1} = 0$.

Расчет и построение графика заложений.

Крутизну ската (угол наклона ската v) и уклон линии i между точками, лежащими на соседних горизонталях, определяют по формуле:

$$I = \operatorname{tg} v = \frac{h}{d}; \quad (15)$$

отсюда

$$v = \operatorname{arctg} \frac{h}{d}. \quad (15')$$

Чтобы избежать расчетов, при решении указанных задач по карте используют графики заложений, которые рассчитывают и строят соответственно высоте сечения рельефа и масштабу данного плана (карты). Построение графика заложения выполняют в следующем порядке:

1. Горизонтальную линию делят на равные отрезки произвольной длины; у концов отрезков подписывают значения углов наклона, начиная с $0^\circ 30'$.

2. Вычисляют заложения, соответствующие каждому значению угла наклона при принятой высоте сечения рельефа, по формуле:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg} v} = h \cdot \operatorname{ctg} v, \text{ м.}$$

Длину каждого отрезка выражают в масштабе плана (карты как)

$$d' = \frac{d \cdot \text{м} \times 100}{M}, \text{ см,}$$

где M — знаменатель численного масштаба плана.

Результаты вычислений заносят в табл. 18.

Расчет элементов графика заложений

v	$\text{ctg } v$	$d, \text{м}$	$d', \text{см}$
$0^\circ 30'$	114,60	286,5	2,86
1°	57,29	143,2	1,43
2°
3°
4°
5°
...

3. Полученные величины заложений d' откладывают на перпендикулярах линии против соответствующих углов наклона. Через полученные точки проводят плавную кривую и получают график крутизны (рис. 6).

Если у точек деления горизонтальной линии вместо углов наклона подписаны значения уклонов и перпендикулярах отложены соответствующие заложения, то имеем график уклонов. График заложений вычерчивают на листе миллиметровой бумаги и вклеивают в рабочую тетрадь.

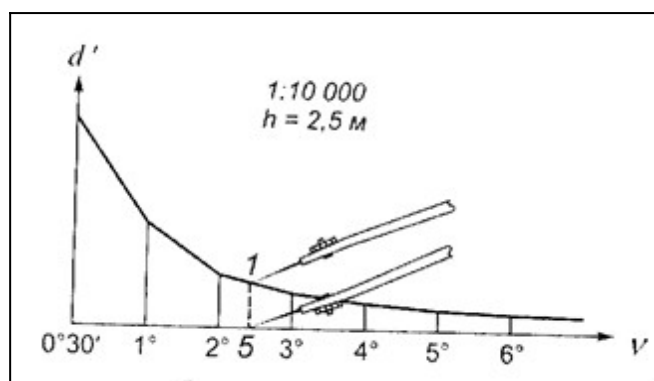


Рис. 6 График заложений.

Определение уклона и крутизны ската.

Заданием предусмотрено определение уклона и крутизны ската по линии 1—5 по карте масштаба $1:10\,000$ $ch = 2,5$ м расчетным и графическим способами.

Для этого на карте измеряют величину заложения и по масштабной линейке определяют соответствующие ему горизонтальное проложение линии местности d . Уклон ската рассчитывают по формуле (15).

Рассчитанный уклон линии выражают в тысячных долях единицы (промилле) и процентах.

Пример. По линии 1—5 (см. рис. 5) $h = 2,5$ м, $d = 62,0$ м.

$$i = \frac{h}{d} = \frac{2,5 \text{ м}}{62,0 \text{ м}} = 0,040 = 40 \text{ ‰} = 4,0 \%$$

Крутизну ската определяют по таблицам тригонометрических функций либо при помощи калькулятора, исходя из выражения (15').

Для рассматриваемого примера $v = 2^\circ 18'$.

При малых (до 5°) углах наклона скатов крутизну можно рассчитать по формуле

$$v = \rho \cdot \text{tg} i = 57,3^\circ \cdot 0,040 = 2,29^\circ = 2^\circ 17'$$

где $\rho = 57,3^\circ$ — радиан.

Для графического определения крутизны ската с плана берут в раствор циркуля заложение 1—5 и переносят его на график заложений (см. рис. 6) так, чтобы отрезок 1—5 оказался параллельным линиям графика, а одна ножка циркуля располагалась на горизонтальной линии, другая — на кривой графика. Значение крутизны определяют по оцифровке горизонтальной шкалы графика.

Полученные различными способами значения крутизны ската по линии 1—5 сравнивают между собой.

Практическая работа № 3 «Определение ориентирных углов направлений по карте»

Цель: закрепить знания по определению ориентирных углов направлений: географических и магнитных азимутов, дирекционных углов заданных направлений, решение задач на зависимость между ориентирными углами.

Ориентировать линию — значит определить ее направление относительно другого направления, принятого за исходное. За исходные принимают северные направления истинного меридиана N , магнитного меридиана N^m и направления, параллельные осевому меридиану N_o (рис. 1). Направление N_o для сокращения называют осевым меридианом или линией сетки.

Угол γ между истинным и осевым меридианами называют *сближением меридианов*. Сближение отсчитывают от истинного к осевому меридиану. Если осевой меридиан расположен восточнее истинного, то сближение считают положительным, если западнее — отрицательным. Сближение меридианов можно найти по карте за южной рамкой трапеции или вычислить по формулам:

$$\gamma = \Delta\lambda \sin \varphi \quad (1); \quad \gamma' = 0.54 * l * \operatorname{tg} \varphi \quad (2),$$

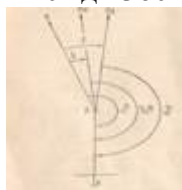
где $\Delta\lambda$ — разность долгот точки и осевого меридиана; φ — широта данной точки; l — длина дуги параллели от осевого меридиана до данной точки, км.

Угол δ между истинным и магнитным меридианами и называют *склонением магнитной стрелки*.

Склонение отсчитывают от истинного к магнитному меридиану. Восточное склонение положительно, западное — отрицательно. Склонение магнитной стрелки приведено на карте за южной рамкой трапеции.

Азимутом A_{AB} (см. рис. 1) называют горизонтальный угол между северным направлением истинного меридиана N и данной линией AB . Азимут отсчитывают от истинного меридиана по ходу часовой стрелки до линии AB . Изменяется он от 0° до 360° .

Магнитным азимутом A^m_{AB} линии AB называют горизонтальный угол между северным направлением магнитного меридиана N^m и данной линией AB . Магнитный азимут отсчитывают от магнитного меридиана по ходу часовой стрелки до линии AB . Изменяется он от 0° до 360° .



Дирекционным углом α_{AB} линии AB называют горизонтальный угол между северным направлением осевого меридиана N_o и данной линией AB . Дирекционный угол отсчитывают от осевого меридиана по ходу часовой стрелки до линии AB . Изменяется он от 0° до 360° .

Как видно из рис. 1 азимут, дирекционный угол и магнитный азимут связаны следующими соотношениями

$$A_{AB} = \alpha_{AB} + \gamma \quad (3); \quad A_{AB} = A^m_{AB} + \delta \quad (4).$$

Румбом называют острый угол, отсчитываемый от ближайшего (северного или южного) направления осевого меридиана до данной линии AB . Название румба (СВ, ЮВ, ЮЗ, СЗ) зависит от четверти, в которой расположена ориентируемая линия. Связь между дирекционными углами и румбами показана на рис. 2.

Дирекционный угол α_{AB} направления с точки A на точку B (рис. 3, а) называют *прямым*, а под обратным *дирекционным углом* α_{BA} понимают дирекционный угол направления с точки B на точку A . Прямой и обратный дирекционные углы связаны соотношением

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} + 180^\circ \quad (\text{см. рис. 3, а});$$

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} - 180^\circ \quad (\text{см. рис. 3, б}).$$

В общем случае эти формулы объединяют записью:

$$\alpha_{BA} = \alpha_{AB} \pm 180^\circ \quad (5)$$



1. Схема ориентирования линий на углами местности;

2. Связь между дирекционными и румбами.



3. Связь между прямыми и обратными дирекционными углами
а — линии AB ; б — линии BA

При вычислении по формуле (5) необходимо применять знак плюс или минус так, чтобы обратный дирекционный угол не превышал 360° и не был отрицательным.

Пример № 1. Азимут линии AB равен $328^\circ 52'$. Найти дирекционный угол линии, если сближение меридианов $\gamma = -2^\circ 08'$.

Решение. Используя формулу (3), запишем

$$\alpha_{AB} = A_{AB} - \gamma = 328^\circ 52' - (-2^\circ 08') = 331^\circ 00'.$$

Пример № 2. Точка A расположена на 200 км западнее осевого меридиана и имеет широту $45^\circ 00'$. Найти сближение меридианов.

Решение. Точка A расположена западнее осевого меридиана. Поэтому $l = -200$ км. Подставляя известные значения l и φ в формулу (2), получим

$$\gamma' = 0.54'(-200) \operatorname{tg} 45^\circ = -108' = 1^\circ 48'$$

Вариант 1

Задача 1. Азимут линии AB равен $328^\circ 52'$. Найти дирекционный угол этой линии, если сближение меридианов $\gamma = -2^\circ 08'$.

Задача 2. Дирекционный угол линии CD равен $225^\circ 20'$. Найти румб этой линии.

Задача 3. Вычислите угол BAC , если $\tau_{AB} = \text{ЮВ } 60^\circ 20'$; $\tau_{AC} = \text{ЮЗ } 60^\circ 30'$.

Задача 4. Точка A расположена на 200 км западнее осевого меридиана и имеет широту $45^\circ 00'$. Найти сближение меридианов.

Задача 5. Магнитный азимут линии равен $118^\circ 45'$. Найти дирекционный угол этой линии, если $\gamma = -2^\circ 32'$ и $\delta = -3^\circ 15'$.

Задача 6. Дирекционный угол линии AB равен $85^\circ 30'$. Точка A расположена восточнее осевого меридиана на $2^\circ 40'$ и имеет широту 30° . Найти азимут линии AB .

Задача 7. Азимут линии EF равен $175^\circ 30'$. Найти румб этой линии, если точка E расположена на 150 км восточнее осевого меридиана и имеет широту $45^\circ 00'$.

Вариант 2

Задача 1. Азимут линии АВ равен $248^{\circ} 45'$. Найти дирекционный угол этой линии, если сближение меридианов $\gamma = -2^{\circ} 08'$.

Задача 2. Дирекционный угол линии СД равен $179^{\circ} 20'$. Найти румб этой линии.

Задача 3. Вычислите угол ВАС, если $\tau_{AB} = \text{ЮВ } 75^{\circ} 20'$; $\tau_{AC} = \text{СЗ } 20^{\circ} 40'$.

Задача 4. Точка А расположена на 200 км западнее осевого меридиана и имеет широту $45^{\circ} 00'$. Найти сближение меридианов.

Задача 5. Магнитный азимут линии равен $118^{\circ} 45'$. Найти дирекционный угол этой линии, если $\gamma = -2^{\circ} 32'$ и $\delta = -3^{\circ} 15'$.

Задача 6. Дирекционный угол линии АВ равен $85^{\circ} 30'$. Точка А расположена восточнее осевого меридиана на $2^{\circ} 40'$ и имеет широту 30° . Найти азимут линии АВ.

Задача 7. Азимут линии EF равен $175^{\circ} 30'$. Найти румб этой линии, если точка Е расположена на 150 км восточнее осевого меридиана и имеет широту $45^{\circ} 00'$.

Вариант 3

Задача 1. Азимут линии АВ равен $70^{\circ} 50'$. Найти дирекционный угол этой линии, если сближение меридианов $\gamma = +2^{\circ} 08'$.

Задача 2. Дирекционный угол линии СД равен $120^{\circ} 10'$. Найти румб этой линии.

Задача 3. Вычислите угол ВАС, если $\tau_{AB} = \text{СВ } 45^{\circ} 30'$; $\tau_{AC} = \text{СЗ } 40^{\circ} 10'$.

Задача 4. Точка А расположена на 200 км западнее осевого меридиана и имеет широту $45^{\circ} 00'$. Найти сближение меридианов.

Задача 5. Магнитный азимут линии равен $118^{\circ} 45'$. Найти дирекционный угол этой линии, если $\gamma = -2^{\circ} 32'$ и $\delta = -3^{\circ} 15'$.

Задача 6. Дирекционный угол линии АВ равен $85^{\circ} 30'$. Точка А расположена восточнее осевого меридиана на $2^{\circ} 40'$ и имеет широту 30° . Найти азимут линии АВ.

Задача 7. Азимут линии EF равен $175^{\circ} 30'$. Найти румб этой линии, если точка Е расположена на 150 км восточнее осевого меридиана и имеет широту $45^{\circ} 00'$.

Вариант 4

Задача 1. Азимут линии АВ равен $160^{\circ} 50'$. Найти дирекционный угол этой линии, если сближение меридианов $\gamma = +2^{\circ} 08'$.

Задача 2. Дирекционный угол линии СД равен $45^{\circ} 45'$. Найти румб этой линии.

Задача 3. Вычислите угол ВАС, если $\tau_{AB} = \text{ЮЗ } 40^{\circ} 10'$; $\tau_{AC} = \text{СЗ } 20^{\circ} 10'$.

Задача 4. Точка А расположена на 200 км западнее осевого меридиана и имеет широту $45^{\circ} 00'$. Найти сближение меридианов.

Задача 5. Магнитный азимут линии равен $118^{\circ} 45'$. Найти дирекционный угол этой линии, если $\gamma = -2^{\circ} 32'$ и $\delta = -3^{\circ} 15'$.

Задача 6. Дирекционный угол линии АВ равен $85^{\circ} 30'$. Точка А расположена восточнее осевого меридиана на $2^{\circ} 40'$ и имеет широту 30° . Найти азимут линии АВ.

Задача 7. Азимут линии EF равен $175^{\circ} 30'$. Найти румб этой линии, если точка Е расположена на 150 км восточнее осевого меридиана и имеет широту $45^{\circ} 00'$.

Практическая работа № 4 «Обратная геодезическая задача»

Цель работы: научиться определять длину линии и ее дирекционный угол по известным координатам ее конечных точек.

Задача состоит в том, что по координатам концов линии АВ требуется определить её направление (румб) и длину. Из $\triangle ABC$ румб r равен:

$$tg_r = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Название румба зависит от знаков приращения координат. Длина линии $AB=d$ определяется по формуле:

$$d = \frac{\Delta x}{\cos r} = \frac{\Delta y}{\sin r}$$

или из $\triangle ABC$ по формуле:

$$d = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

К примеру, необходимо перенести в натуру здание А (рис.6). Координаты точек M и N которого даны: $M(x_m, y_m)$ и $N(x_n, y_n)$, с точек 6 и 7 теодолитного хода, координаты которых известны точка 6 (x_6, y_6) и точка 7 (x_7, y_7) переносят на местность точки M и N , решая обратную геодезическую задачу.

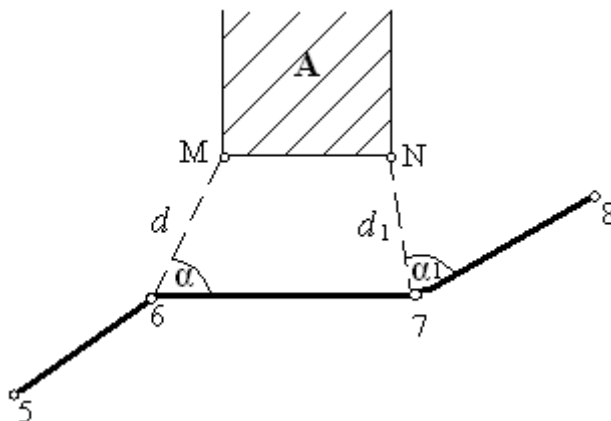


Рис.6.

В данном случае необходимо определить углы α, α_1 и расстояния d, d_1 по формулам:

$$tg_{\alpha} = \frac{y_m - y_6}{x_m - x_6} = \frac{\Delta y}{\Delta x};$$

$$d = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}.$$

Вычисления дирекционного угла и длины линий по приведенным выше формулам выполняют в ведомости, форма которой приведена в таблице 2 (цифрами в скобках указан порядок действий).

При вычислении пользуются пятизначными таблицами логарифмов. Название четверти (для определения величины дирекционного угла) устанавливают по знакам величин $(x_2 - x_1)$ и $(y_2 - y_1)$, т.е. по знакам приращений координат. Например, в данном случае:

$(x_2 - x_1)$ имеет знак плюс

$(y_2 - y_1)$ имеет знак минус

Таблица 4

Решение обратной геодезической задачи

Формулы	Название или номер линии (1-2)
(1) x_2	- 434,62
(2) x_1	- 648,25
(3) $x_2 - x_1 = \Delta x$	+ 213,63
(4) y_2	- 76,05
(5) y_1	+ 105,21
(6) $y_2 - y_1 = \Delta y$	- 181,26
(14) lq_α	2.44.742
(7) $lq \Delta y$	2.25830
(12) $lq \sin \alpha$	9.81088
(13) $lq \cos \alpha$	9.88225
(8) $lq \Delta x$	2.32966
(15) $lq d$	2.44741
(16) d	280.16
(9) $lq tg_\alpha$	9.22864
(10) острый угол	40°18'8''
(11) α	319°1'2''

Следовательно, линия (AB) лежит в IV четверти. По острому углу, равному 40°18'8'', определяют $\alpha = 319^\circ 41' 2''$, т.е. направление в румбах равно СЗ:40°18'8''.

К решению обратной геодезической задачи:

Пример: Даны координаты точек А и В

$$x_A = +92,38;$$

$$y_A = +73,12;$$

$$x_B = +47,37; y_B = +100,42;$$

Определить дирекционный угол (AB) и расстояние $AB=d$ с помощью арифмометра. Найдём:

$$tg_{\alpha} = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{100,42 - 73,12}{43,37 - 92,38} = \frac{+27,30}{-45,01} = -0,60653;$$

$\alpha = 180^{\circ} - 31^{\circ} 14' 3'' = 148^{\circ} 45' 7''$, что соответствует румбу ЮВ:31°14'3".

Вычисление расстояния α :

$$d = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \frac{27,3}{0,51837} = 52,66 \text{ м};$$

$$d = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \frac{45,01}{0,8550} = 52,65 \text{ м};$$

$$d = \sqrt{L^2 + L^2}$$

Задача 1. Определить направление (дирекционный угол) и длину линии АВ, если координаты начала и конца линии даны (см.табл.5).

Сущность системы плоских прямоугольных координат изучена учащимися в математике. Следует уяснить и запомнить, что в геодезии пользуются повернутой системой координат, т.е. за ось иксов (абсцисс) принимается вертикальное направление, а за ось игреков (ординат)-горизонтальное направление. Вычисление координат точек основывается аналитических данных для разбивочных работ – на решении обратной геодезической задачи. Поэтому необходимо тщательно изучить данные вопросы темы в теоретическом курсе.

Следует внимательно проанализировать решения приведенных в учебном пособии задач и усвоить последовательность вычисления координат вершин теодолитного хода, уметь решать обратную геодезическую задачу по таблице логарифмов, обратить особое внимание на последовательность заполнения графа.

Кроме того, должны быть усвоены: порядок построения координатной съёмки, нанесение на неё точек по координатам и графическое определение координат точек.

Таблица 5

№№ варианто в	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	м	м	м	м	м	м	м	м	м	м
x_A	+ 95	+ 175	+ 385	- 310	+ 285	+ 830	+ 432	+ 567	- 299	- 477
y_A	+ 185	+ 350	- 620	- 680	+ 50	- 1200	+ 690	- 230	+ 320	+ 635
x_B	- 120	- 250	+ 120	- 410	- 100	+ 940	+ 517	0	- 699	- 470
y_B	+ 115	- 450	+ 540	- 28	- 510	+ 1650	- 810	- 718	+ 755	+ 325

Практическая работа №5 «Устройство теодолита. Поверки и юстировки теодолита»

Цель работы: изучить требования к положению осей теодолита, освоить их поверки и юстировки.

Порядок выполнения работы: изучить и зарисовать геометрическую схему теодолита (рис. 1), освоить выполнение поверок на практике.

Поверки теодолитов

Основные поверки теодолитов производят с целью выявления и устранения возможных несоответствий техническим условиям, которые определяются взаимным расположением его осей.

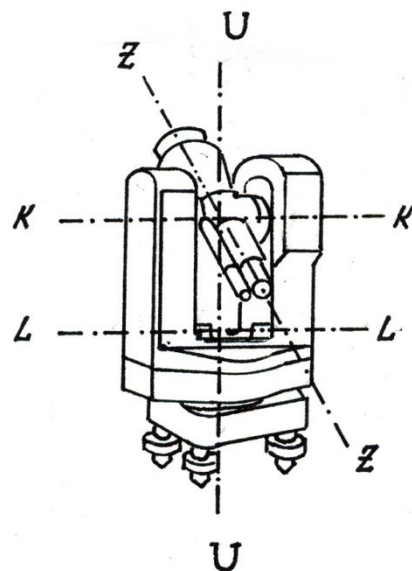


Рис. 1. Оси теодолита

1-я поверка

Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга LL должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения теодолита UU.

Для выявления отклонений цилиндрический уровень устанавливают параллельно двум подъемным винтам теодолита, а пузырек уровня приводят на середину. Повернув алидаду на 90° , вновь выводят пузырек уровня на середину третьим подъемным винтом. При повороте уровня на 180° от первоначального направления пузырек уровня должен остаться на середине (условие выполнено). Если пузырек сместился от середины уровня, то его на половину отклонения возвращают подъемными винтами, вторую половину – исправительными винтами уровня. Юстировку (исправление) продолжают до полной остановки пузырька при вращении теодолита.

2-я проверка

Визирная ось трубы **ZZ** должна быть перпендикулярна оси ее вращения **KK** (проверка коллимационной ошибки).

Установив теодолит в рабочее положение, трубу наводят на удаленную цель при положении вертикального круга справа от наблюдателя (КП) и снимают отсчет по горизонтальному кругу. Переведя трубу через зенит, вновь наводят ее на ту же цель при вертикальном круге слева от наблюдателя (КЛ) и снова снимают отсчет. Очевидно, что разность отсчетов КЛ - КП должна быть равна 180° , а отклонение визирной оси от перпендикуляра к оси вращения трубы (коллимационную ошибку) C_k получим из формулы

$$C_k = (КЛ - КП \pm 180^\circ) / 2 \leq 2t, \quad (3.1)$$

где t - точность отсчета по лимбу.

Теоретический отсчет, определяемый по равенству

$$КЛ_T = КЛ - C_k, \quad (3.2)$$

используют для установки алидады горизонтального круга наводящим (микрометричным) винтом по отсчету КЛ. Смещение перекрестия сетки нитей с цели устраняется исправительными винтами, расположенными возле окуляра трубы под металлической крышкой (рис. 2).

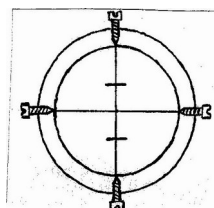


Рис. 2. Исправительные винты сетки нитей теодолита

Вначале ослабляют вертикальные винты, затем боковой винт, в сторону которого необходимо переместить сетку нитей, а затем вторым боковым винтом наводят вертикальную нить на цель.

3-я проверка

Ось вращения трубы **KK** должна быть перпендикулярна вертикальной оси прибора **U-U**.

Теодолит приводят в рабочее положение и наводят трубу при **КП** на высоко расположенную точку. Затем трубу опускают, проецируя положение точки на уровень земли. Полученную проекцию маркируют. Повторив действия при **КЛ**, получаем проекцию второй точки. При совпадении проекций условие выполнено. В противном случае ось вращения трубы не перпендикулярна к основной оси инструмента. В современных конструкциях теодолитов нет исправительных винтов, исключаящих это несоответствие. Юстировка прибора может быть осуществлена только в заводских условиях.

4-я поверка

Одна из нитей сетки трубы должна быть горизонтальной, другая - вертикальной.

Привести теодолит в рабочее положение и навести его трубу на хорошо видимую цель. Вращая микрометрическим винтом горизонтальный лимб, необходимо следить за тем, чтобы изображение цели все время находилось на горизонтальной нити сетки. Поверку можно выполнять наведением вертикальной нити на отвес, расположенный не ближе 5 - 10 м от теодолита.

При смещении цели с нити сетку юстируют разворотом окуляра кольца трубы с помощью исправительных винтов сетки нитей (рис.2).

Практическая работа № 6,7 «Измерение горизонтальных углов способом приемов»

Цель работы: освоить методику и получить практические навыки измерения горизонтальных углов способом приемов с помощью технических теодолитов типа Т30.

Порядок выполнения работы: Произвольно выбрать величину угла (желательно не более 45° - 60°) , установить теодолит в вершине угла, привести прибор в рабочее положение и измерить горизонтальный угол.

При выполнении задания каждый студент должен измерить не менее двух горизонтальных углов. Все записи результатов измерений и вычислений производить в полевом журнале (табл.1). В пояснительной записке следует привести схему и краткую методику измерения угла.

В инженерной практике при измерении горизонтальных углов обычно применяют способ приемов (способ отдельного угла). При этом программа измерений предусматривает возможно полное исключение влияния основных погрешностей теодолита на точность измерения угла.

При прокладке теодолитных ходов и решении инженерных задач на местности обычно измеряют правые по ходу углы. Так, для того чтобы угол β был правым по ходу (рис.1), необходимо идти от точки А к точке В. Тогда точка А будет являться задней по отношению к точке стояния прибора В, а точка С – передней.

Рисунок 1

Измерение углов выполняется поверенным теодолитом. Результаты измерений и вычислений заносят в журнал установленной формы (табл.1).

Порядок выполнения работы:

1. Теодолит устанавливают в вершине измеряемого угла (точка В) в рабочее положение, т.е. центрируют, горизонтируют и выполняют установку зрительной трубы и отсчетного микроскопа для наблюдений.
На задней А и передней С точках в створе линий отвесно устанавливают вехи. В процессе измерения угла визирование осуществляется по возможности на нижнюю часть вех с целью снижения влияния их наклона на точность измерения угла.
2. При неподвижном лимбе вращением алидады визируют на заднюю точку А. Сначала по оптическому визиру зрительную трубу наводят от руки, пока визирная цель не попадет в поле зрения. Затем закрепляют зажимные винты алидады и зрительной трубы и выполняют точное визирование с помощью наводящих винтов трубы и алидады горизонтального круга.

Осветив зеркалом поле зрения отсчетного микроскопа. Берут отсчет а по горизонтальному кругу и записывают его в журнал измерений (см.табл.1).

Табл. 1

Журнал измерений горизонтальных углов способом приемов

Дата _____ г. Теодолит Т30 Наблюдал _____

Видимость хорошая № 06261 Вычисляла _____

Точки		Положение вертикальног о круга	Отсчеты по горизонтальному кругу °; ' ; ''	Угол	Средний угол
стояния	визиров ания				
В	А С	КЛ	40°19,5' (1) 194°40,0' (2)	205°39,5' (3)	205°39,2' (7) °
В	А С	КП	220°20,0' (4) 14°41,0' (5)	205°39,0' (6)	

Примечание. Порядок записи отсчетов в журнале и обработки результатов измерений показан номерами в круглых скобках.

3. Открыв алидаду, визируют на переднюю точку с и по аналогии с предыдущим берут отсчет b.
4. Вычисляют значение правого по ходу горизонтального угла, измеренного при I положении вертикального круга (при КЛ) как разность отсчетов на заднюю и переднюю точки:

$$\beta_{кл} = a - b. (2)$$

Изложенные выше действия составляют I полуприем.

Примечание: в случае если отсчет на заднюю точку меньше отсчета на переднюю точку (см. табл. 1, I полуприем), то при вычислении угла к нему прибавляют 360°.

5. Переводят трубу через зенит и повторяют измерения при II положении вертикального круга (при КП), т.е. выполняют II полуприем. Вычисляют значение угла $\beta_{кп}$.

Два независимых полуприема составляют полный прием.

6. Определяют расхождение результатов измерений по I и II полуприемам, которое не должно превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита, т.е.

$$\beta_{кл} - \beta_{кп} \leq 2t.$$

Если данное условие не выполняется, то измерения угла повторяют заново.

7. Если расхождение между значениями угла $\beta_{кл}$ и $\beta_{кп}$ допустимо то за окончательный результат принимают среднее значение угла

$$\beta = \frac{\beta_{кл} + \beta_{кп}}{2}.$$

Такой результат будет свободен от влияния коллимационной погрешности и погрешности за счет наклона оси вращения трубы.

Измерение и вычисление левого по ходу горизонтального угла производят в аналогичной последовательности с той лишь разницей, что левый по ходу угол в каждом полуприеме рассчитывают как разность отсчетов на переднюю и заднюю точки.

Примечание. Значения измеренных углов по каждому полуприему и среднее значение угла вычисляют на станции, пока не снят теодолит.

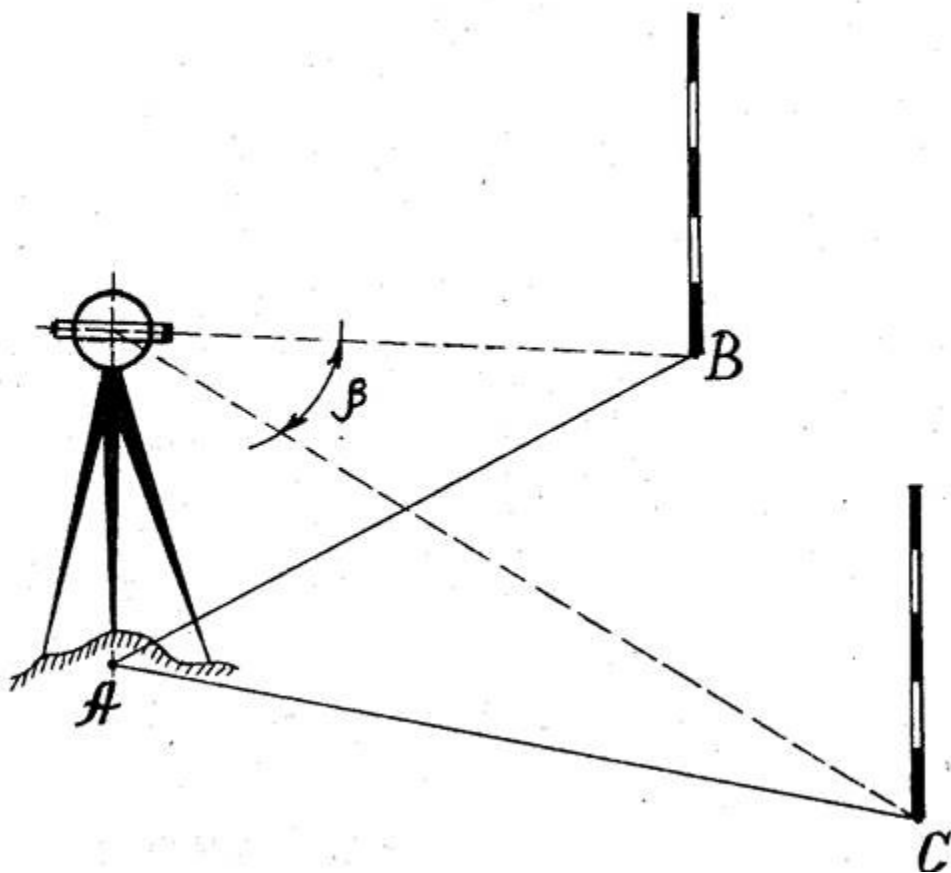


Рисунок 1. Измерение горизонтальных углов

Более точные результаты получают, проводя измерения несколькими приемами.

Практическая работа № 8 «Измерение вертикальных углов»

Цель работы: изучить устройство вертикальных кругов теодолитов Т30 и 2Т30, научиться выполнять поверку места нуля (МО) вертикальных кругов этих теодолитов, освоить методику определения углов наклона линий.

Порядок выполнения работы

1. Изучение теории вертикального круга.
2. Поверка места нуля вертикального круга.
3. Измерение углов наклона линий теодолитами с круговой (Т30) и секторной (2Т30) оцифровкой вертикальных кругов.

Все записи результатов измерений и вычислений производят в полевом журнале. В пояснительной записке следует привести рабочие формулы для вычисления углов наклона и МО, порядок выполнения поверки МО вертикального круга, схему и методику измерения углов наклона.

1.1. Вертикальный круг теодолита

Вертикальный круг теодолита служит для измерения углов в вертикальной плоскости. Угол между горизонтальной плоскостью и направлением визирной оси зрительной трубы называется углом наклона.

Лимб вертикального круга жестко скреплен с горизонтальной осью теодолита (осью вращения зрительной трубы) и вращается вместе с ней; при этом алидада вертикального круга остается неподвижной. Роль алидады выполняет специальная оптическая система, являющаяся отсчетным устройством (отсчетным индексом).

У теодолитов типа Т30 уровень при алидаде вертикального круга отсутствуют, и его заменяет уровень при алидаде горизонтального круга, расположенный параллельно коллимационной плоскости зрительной трубы. Перед взятием отсчета по вертикальному кругу пузырек уровня с помощью подъемных винтов приводят в нуль-пункт и тем самым обеспечивают неизменность положения отсчетного устройства (отсчетного индекса) вертикального круга в момент взятия отсчетов.

Как отмечалось ранее, вертикальные круги теодолитов типа Т30 отличаются системой оцифровки: круговая – у теодолита Т30 и секторная – у теодолита 2Т30.

Значение угла наклона линии визирования равно разности отсчетов по двум направлениям в вертикальной плоскости. Одно из направлений должно соответствовать горизонтальному положению визирной оси зрительной трубы. При этом отсчет по вертикальному кругу будет равен нулю градусов или некоторому близкому к нулю значению, называемому местом нуля МО.

Следовательно, местом нуля МО вертикального круга называют отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси трубы и исходном положении отсчетного устройства.

Угол наклона v и МО можно определить по результатам двух отсчетов, полученных при визировании на наблюдаемую цель при двух положениях зрительной трубы: «круге лево» (КЛ) и «круге право» (КП). При этом вид формул зависит от системы оцифровки шкалы лимба вертикального круга:

1. При круговой оцифровке лимба вертикального круга против хода часовой стрелки (т.е. для теодолита Т30) угол наклона можно



определить из отсчетов по вертикальному кругу и значению МО:

При «круге лево»

$$v = \text{КЛ} - \text{МО};$$

При «круге право»

$$v = 180^\circ - \text{КП} + \text{МО},$$

или

$$v = \text{МО} - (\text{КП} + 180^\circ).$$

Отсюда:

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + (\text{КП} + 180^\circ)}{2};$$

$$v = \frac{KL - (KP + 180^\circ)}{2}. (3)$$

При вычислениях по указанным формулам следует руководствоваться правилом: к малым величинам КЛ, КП и МО (меньшим 90°), необходимо прибавлять 360° .

2. При секторной оцифровке лимба вертикального круга, т.е. для теодолита 2Т30:

$$МО = \frac{KL + KP}{2};$$

$$v = \frac{KL - KP}{2}; (4)$$

$$v = KL - МО = МО - KP.$$

При этом добавлений 360° делать не нужно.

Формулы (3) и (4) показывают, что значение угла наклона может быть получено и без вычисления места нуля. Однако на практике МО вычисляют на каждой станции, так как его постоянство (в пределах допустимых отклонений) служит надежным контролем правильности измерения углов наклона. МО необходимо также знать, если углы наклона измеряют одним полуприемом, т.е. при одном положении зрительной трубы (КЛ или КП). В этом случае вычисления углов значительно упрощается, если значения МО близко или равно 0° .

Проверка места нуля вертикального круга

Место нуля вертикального круга должно быть равно 0° либо близким к 0° .

Большая величина МО несколько затрудняет вычисления, поэтому его исправляют до малого значения.

Порядок выполнения работы:

1. До начала работ 2-3 раза определяют МО из измерений различных углов наклона при двух положениях зрительной трубы, чтобы убедиться в его практическом постоянстве. Если среднее значение МО не превышает двойной точности отсчетного устройства ($МО \leq 2t$), то оно не осложняет вычислений. В противном случае МО необходимо привести к нулю либо сделать близким к 0° .

2. По отсчетам КЛ и КП вычисляют свободное от места нуля значение наклона v на последнюю визирную цель и, наблюдая в отсчетный микроскоп, наводящим винтом трубы устанавливают его на вертикальном круге. При этом средний горизонтальный штрих сетки сместился с изображения визирной цели.
3. Действуя вертикальными юстировочными винтами сетки нитей, совмещают средний горизонтальный штрих сетки с изображением наблюдаемой цели.

Для контроля повторяют данную поверку, а затем поверки коллимационной погрешности и горизонтальной нити сетки.

Пример. Следует выполнить поверку места нуля вертикального круга теодолита Т30, составляющее по предварительным измерениям $МО = -5'$.

При визировании на точку получены отсчеты по вертикальному кругу:

$$КП = 174^{\circ}08'; КЛ = 5^{\circ}42'.$$

$$МО = \frac{КЛ + (КП + 180^{\circ})}{2} = \frac{5^{\circ}42' + 360^{\circ} + (174^{\circ}08' + 180^{\circ})}{2} = 359^{\circ}55', \text{ т.е. } -5'.$$

Правильный отсчет по вертикальному кругу (при КЛ), свободный от влияния МО, будет

$$КЛ_{np} = v = \frac{КЛ - (КП + 180^{\circ})}{2} = \frac{5^{\circ}42' + 360^{\circ} - (174^{\circ}08' + 180^{\circ})}{2} = 5^{\circ}47',$$

$$\text{Или } v = КЛ - МО = 5^{\circ}42' + 360^{\circ} - 359^{\circ}55' = 5^{\circ}47'.$$

Наводящим винтом трубы устанавливают правильный отсчет $5^{\circ}47'$ при КЛ на вертикальном круге, и в зрительную трубу наблюдают смещение горизонтального штриха сетки нитей совмещают горизонтальный штрих сетки с визирной целью.

Измерение углов наклона линий

Углы наклона линий в зависимости от расположения наблюдаемой цели относительно линии горизонта могут быть положительными (углы возвышения) и отрицательными (углы понижения).

При измерении углов наклона перекрестие сетки нитей наводят на визирные знаки; в качестве последних обычно используют веши или рейки, на которых отмечают точки визирования (например, точка С)



Порядок действий:

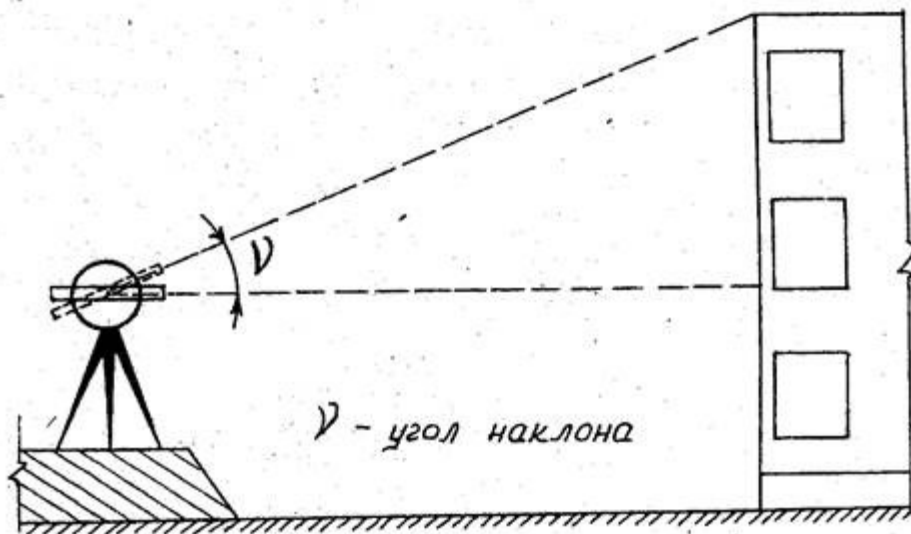
1. Теодолит устанавливают над точкой А в рабочее положение и горизонтальным штрихом сетки визируют на наблюдаемую точку С при первом положении зрительной трубы (при КЛ) берут отсчет по вертикальному кругу, который заносят в журнал измерений.

Примечание: перед взятием отсчета по вертикальному кругу следует убедиться в том, что пузырек уровня при алидаде горизонтального круга находится в нуль-пункте. При отклонении пузырька необходимо вывести его в нуль-пункт с помощью подъемных винтов; после этого следует уточнить визирование на наблюдаемую точку.

2. Для исключения влияния МО вертикального круга измерения повторяют при втором положении зрительной трубы (при КП).
3. Вычисляют значение угла наклона и МО по соответствующим формулам в зависимости от типа применяемого теодолита.

Следует помнить, что правильность измерения вертикальных углов на станции контролируется постоянством МО, колебания которого не должны превышать двойной точности отсчетного устройства теодолита, и значениями измеренного угла, вычисленного с использованием МО.

Углом наклона α называют угол между горизонтальной плоскостью и направлением на наблюдаемую точку (рис. 2.12). Угол наклона бывает положительный и отрицательный. Положительный угол наклона выше горизонтальной оси, отрицательный – ниже.



Шкала для вертикального круга имеет 2 ряда цифр со знаком «+» и «-». По шкале от 0 до 6 берется отсчет в том случае, когда показания лимба положительны.

По шкале от 0 до -6, когда показания лимба отрицательны.

В процессе измерения углов наклона определяют место нуля МО – отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси зрительной трубы, который должен быть постоянным и близким к нулю.

Для этого приводят пузырек уровня при визирной трубе в нуль-пункт и визируют на точку, берут отсчет КЛ, затем на ту же точку при КП.

МО для 2ТЗО:

$МО = 0,5 (КЛ + КП)$, МО не должно превышать 1,5'.

Угол наклона для 2ТЗО вычисляют по одной из формул:

$$v = 0,5 (КЛ - КП) , (2.3)$$

$$v = КЛ - МО, (2.4)$$

$$v = MO - КП. (2.5)$$

Для других теодолитов формулы вычисления МО и п приводятся в паспорте.

Если условия не выполняются, проводится юстировка теодолита. Не смещая трубы с наблюдаемой точки при КЛ, наводящим винтом зрительной трубы установить по вертикальному кругу отсчет, равный углу наклона p (при этом горизонтальная нить сетки сместится с наблюдаемой точки). Совместить исправительными винтами сетки нитей 1 (рис. 2.6) горизонтальную нить с наблюдаемой точкой.

Результаты измерений сводят в журнал (табл. 1).

Таблица 1 – Журнал измерения углов наклона

Станция	Точка наблюдения	Отсчет по верт. кругу	МО	Угол наклона v
А	КЛ	4°29'	0°01'	
	КП	4°27'		4°28'

Например:

$$MO = 0,5(КЛ + КП) = 0,5(4^{\circ}29' - 4^{\circ}27') = 0,5'02' = 01';$$

$$v = КЛ - МО = 4^{\circ}29' - 01' = 4^{\circ}28';$$

$$\text{или } v = МО - КП = 01' + 4^{\circ}27' = 4^{\circ}28';$$

$$\text{или } v = (КЛ - КП)/2 = (4^{\circ}29' + 4^{\circ}27')/2 = 4^{\circ}28'.$$

Практическая работа № 9 «Устройство нивелира. Взятие отсчетов по рейке»

Цель работы: получить знания по устройству нивелира, приемами работы с ним, научиться брать отсчеты по рейкам.

Порядок выполнения работы:

1. изучить устройство нивелира.
описать в рабочей тетради название и функции рабочих частей нивелира;
2. брать отсчеты по черной и красной сторонам рейки;
зарисовать поле зрения трубы нивелира с изображением рейки и сетки нитей в соответствии с полученным отсчетом.

Устройство нивелиров:

Нивелир - прибор, служащий для определения разности высот нескольких точек. Прибор основан на приведении визирного луча зрительной трубы в горизонтальное положение с помощью уровня (рис.1, а) или компенсатора (рис. 1, б).

а) б)

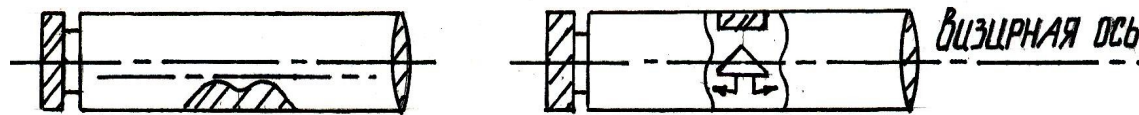


Рис. 1. Устройство зрительной трубы нивелира:

а) с уровнем; б) с компенсатором

Основными частями нивелиров являются: подставка, цилиндрический уровень (компенсатор) и зрительная труба (рис. 2).

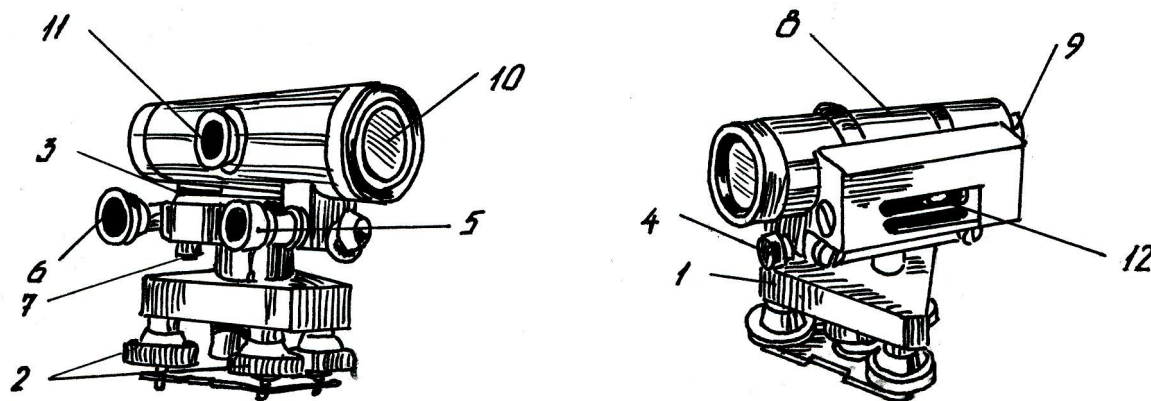
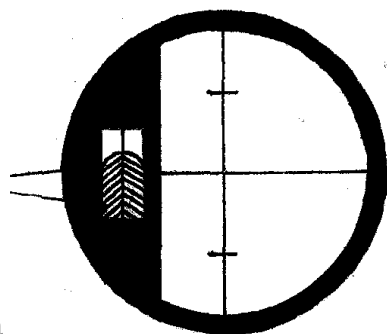


Рис. 2. Схема устройства нивелира с цилиндрическим уровнем:

- 1 – подставка нивелира (трегер); 2 – подъемные винты; 3 – круглый уровень;
 4 – закрепительный винт; 5 – наводящий винт; 6 – элевационный винт;
 7 – исправительные винты круглого уровня; 8 – зрительная труба; 9 - окуляр;
 10 – объектив; 11 – кремальера; 12 – цилиндрический уровень

Наведение трубы нивелира на цель осуществляется закрепительным 4 и наводящим 5 винтами, фокусировка изображения - кремальерой 11. Приведение пузырька круглого уровня на середину осуществляется подъемными винтами 2, а пузырька цилиндрического уровня - элевационным винтом 6.

Для удобства работы изображение концов пузырька цилиндрического уровня находится в поле зрения трубы (рис. 3).



концы пузырька

Рис. 3. Поле зрения трубы нивелира с цилиндрическим уровнем

При горизонтальном положении визирной оси нивелира концы пузырька совмещаются, а при наклонном - расходятся.

В комплект к нивелиру входят нивелирные рейки (рис. 4).

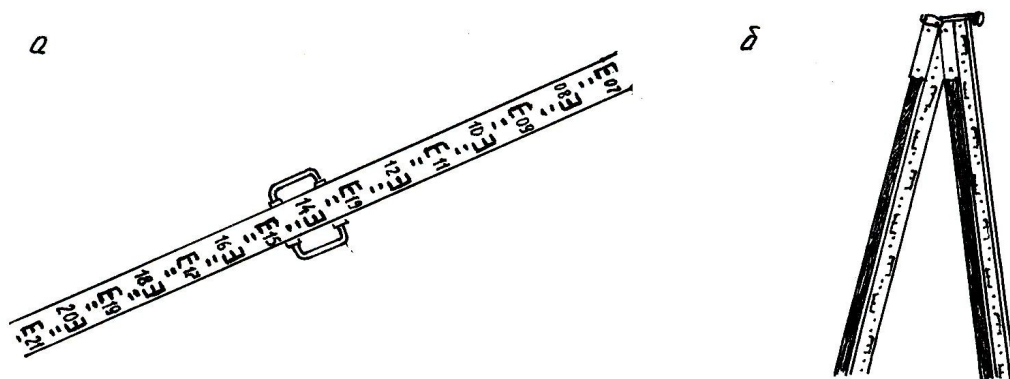


Рис. 4. Нивелирная рейка: а) цельная, б) складная

Рейка имеет две стороны: черную (основную) и красную (контрольную). На каждой из них чередуются черные (красные) и белые шашечные деления величиной 1 см. Счет делений идет по черной стороне от нуля, по красной стороне – от цифры 4785 или 4685 (пятка рейки).

Принцип взятия отсчетов по рейке показан на рис.5.

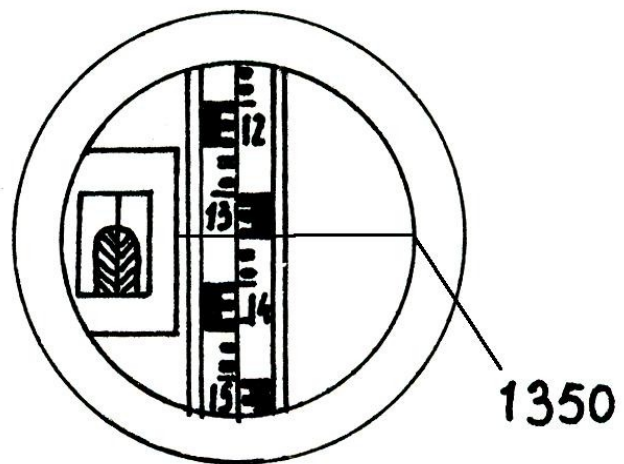


Рис. 5. Взятие отсчета по рейке

Кроме рейки в комплект к нивелиру входит штатив для установки нивелира;

Практическая работа № 10 «Поверки нивелира»

Цель: Изучить правила поверок нивелира. Приобрести практические навыки юстировок.

Поверка и юстировка круглого уровня

Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира. Установив элевационный винт на нормальный отсчет, с помощью выверенного цилиндрического уровня устанавливают ось вращения нивелира в отвесное положение. Если пузырек круглого уровня не в нуль-пункте, то его приводят в нуль-пункт исправительными винтами круглого уровня.

Поверка и юстировка сетки нитей

Вертикальная нить сетки должна быть параллельна оси вращения нивелира, а горизонтальная — перпендикулярна этой оси. Ось вращения нивелира приводят в отвесное положение. Один конец вертикальной нити совмещают с изображением в трубе нити отвеса, подвешенного в 15-20 м от нивелира в защищенном от ветра месте. Если второй конец нити сетки отходит от нити отвеса более чем на 0,5 мм, то сетку нитей поворачивают до смещения с нитью отвеса.

Для **проверки** горизонтальной нити сетки трубу плавно поворачивают наводящим винтом по азимуту. Если нить сетки сходится с выбранной точки или деления рейки, то сетку нитей нужно заменить. У сетки нитей с клиновым биссектором ось биссектора должна быть перпендикулярна вертикальной нити. Для проверки этого условия точно устанавливают пузырек уровня в нуль-пункт, наводят на хорошо видимую точку, удаленную от нивелира на 6-7 метров, горизонтальную нить сетки (точку *a*, **рис. 1**) и отсчитывают по шкале оптического микрометра — отсчет должен быть близким к 50. Затем наводят на выбранную точку точками *b*, *в*, *г* горизонтальной нити и биссектора и берут отсчеты. Если $[(a + б)/2] - [(в + г)/2] > 2$ делений, то нужно заменить сетку нитей.

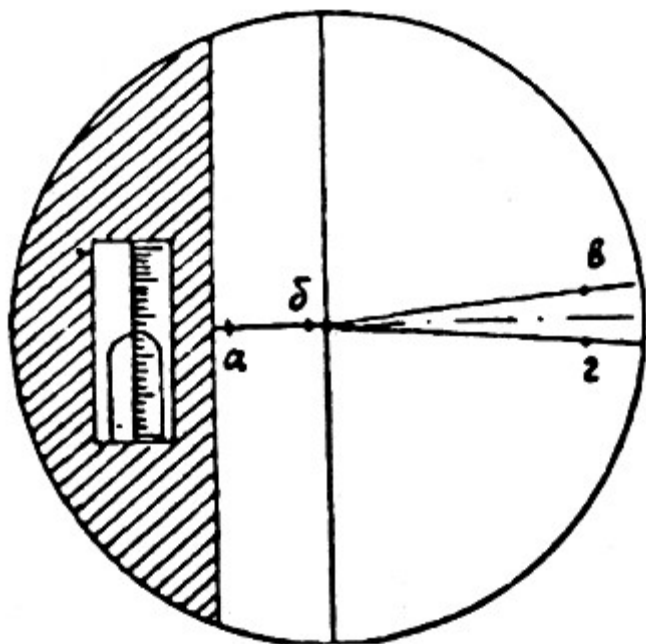


Рис. 1. Исследование сетки нитей

Проверка и юстировка главного условия

Проекции визирной оси трубы и оси цилиндрического уровня на горизонтальную и отвесную плоскости должны быть параллельны. *Первую часть* проверки выполняют при получении новых нивелиров и перед началом полевых работ. **Нивелир** устанавливают

в 50 м от закрепленной рейки так, чтобы линия, соединяющая оси подъемных винтов 1 и 2, была перпендикулярна визирной оси, а ось винта 3 располагалась в отвесной плоскости. Ось вращения нивелира тщательно приводят в отвесное положение, пузырек уровня устанавливают в нуль-пункт, делают отсчет по рейке.

Плавным вращением винтов 1 и 2 на 2-3 полных оборота в разные стороны дают нивелиру боковые наклоны в одну, затем в другую сторону, при этом отсчет по рейке не должен измениться. Если в обоих случаях пузырек уровня остается в нуль-пункте или перемещается в одну сторону, то уровень установлен правильно, если же в разные стороны более чем на 1-2 деления уровня, то положение цилиндрического уровня исправляют его боковыми исправительными винтами.

Вторую часть поверки выполняют двойным нивелированием. На расстоянии 48 м выбирают на ровной местности две устойчивые по высоте точки, на которые устанавливают по уровню и закрепляют рейки 1 и 2, чтобы при выполнении поверки они оставались неподвижными. Нивелир устанавливают примерно в створе реек на расстоянии 7 м от рейки 1, приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт, наводят на рейку 1 и берут отсчеты z_{01} и $z_{д1}$ по обеим шкалам, затем наводят на рейку 2 и берут отсчеты $П_{01}$ и $П_{д1}$ (рис. 2).

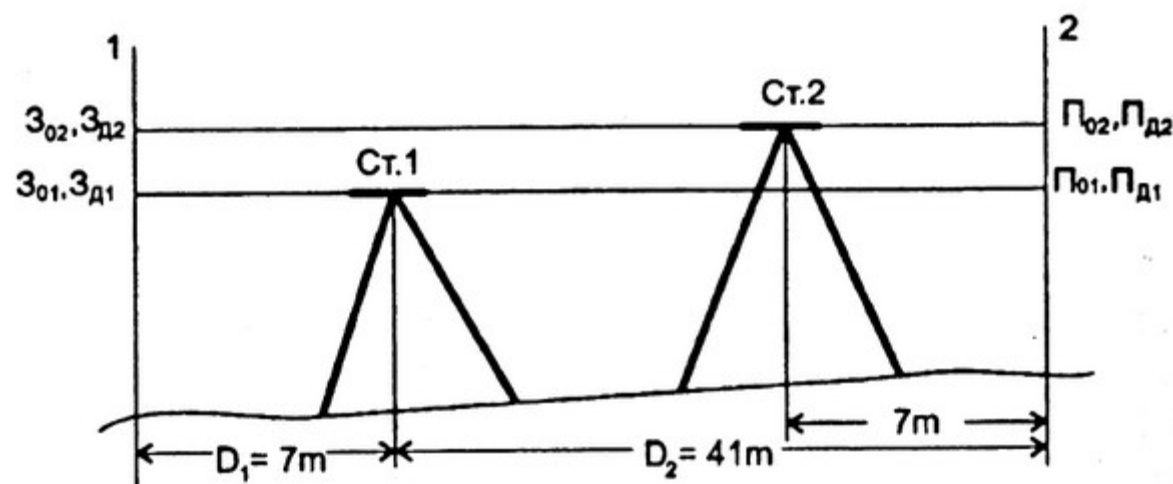


Рис. 2. Поверка главного условия нивелира

На ст. 2, расположенной в створе реек на расстоянии 7 м от рейки 2, берут отсчеты z_{02} и $z_{д2}$, затем $П_{02}$ и $П_{д2}$. Наблюдения на обеих станциях составляют один прием. Определяют превышения

$$h_1 = 0,5(z_{01} - \Pi_{01} + z_{д1} - \Pi_{д1});$$

$$h_2 = 0,5(z_{02} - \Pi_{02} + z_{д2} - \Pi_{д2}).$$

Угол i'' определяют по формуле

$$i = \frac{h_1 - h_2}{2(D_2 - D_1)} \rho''.$$

При $D_1 = 7$ м, $D_2 = 41$ м, $\rho'' = 206\,265''$;

$$i'' = 3(h_1 - h_2),$$

где i'' — в угловых секундах, $(h_1 - h_2)$ — в мм.

Если в первом приеме $i'' < 10''$, то выполняют еще два приема. За окончательное принимают среднее из трех значений i'' . Если $i'' > 10''$, то его уменьшают, в зависимости от конструкции нивелира, исправительными винтами уровня или исправительными винтами сетки нитей, или поворотом оптического клина перед объективом трубы. В первом случае элевационным винтом трубы устанавливают

$$z'_{02} = z_{02} + \frac{D_2 i''}{\rho''} = z_{02} + 0,20 \cdot 10^{-2} i''$$

отсчет

по задней, дальней рейке и исправительными винтами уровня устанавливают его в нуль-

пункт. Во втором и третьем случаях перекрестие сетки нитей устанавливают на отсчет z'_{02} исправительными винтами сетки или поворотом оптического клина, при этом пузырек уровня должен находиться в нуль-пункте. После исправления i'' окончательное его значение определяют тремя приемами.

Для точных и технических нивелиров проверка главного условия может быть выполнена двойным нивелированием вперед. На ровной местности на расстоянии 40-50 м в точках A и B забивают колышки. Нивелир устанавливают окуляром над точкой A , а на точку B ставят рейку (рис. 3, а).

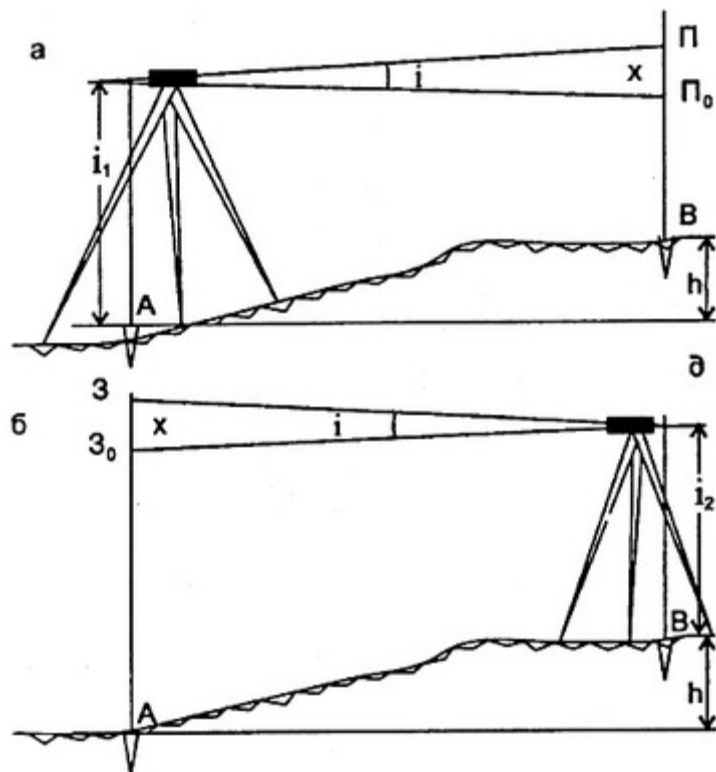


Рис. 3. Схема проверки главного геометрического условия нивелира

Приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт (в контактном уровне совмещают концы пузырька уровня), измеряют высоту прибора i_1 — расстояние по отвесной линии от колышка до середины окуляра. Делают по рейке отсчет P по средней нити вблизи перекрестия нитей. На рисунке 3, а имеем

$$h = i_1 - (P - x).$$

Меняют **нивелир** и рейку местами и выполняют те же действия. Превышение (рис. 3, б)

$$h = 3 - x - i_2.$$

Приравнивая правые части полученных формул в результате находим

$$x = \frac{3 + \Pi}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2},$$

т.е. величина ошибки x равна разности между полусуммой отсчетов по рейхам и полусуммой высот прибора. Если x меньше установленной инструкцией величины δ (обычно 4 мм), то условие считается выполненным. Если $x \geq \delta$, то выполняют юстировку, для чего вращением элевационного винта на рейке в точке A устанавливают отсчет $3_0 = 3 - x$. Пузырек уровня сойдет с нуля-пункта, и его приводят в нуль-пункт (восстанавливают контакт концов пузырька уровня) исправительными винтами цилиндрического уровня. Для контроля поверку повторяют при других горизонтах прибора.

Практическая работа № 11 «Измерение превышений способом геометрического нивелирования»

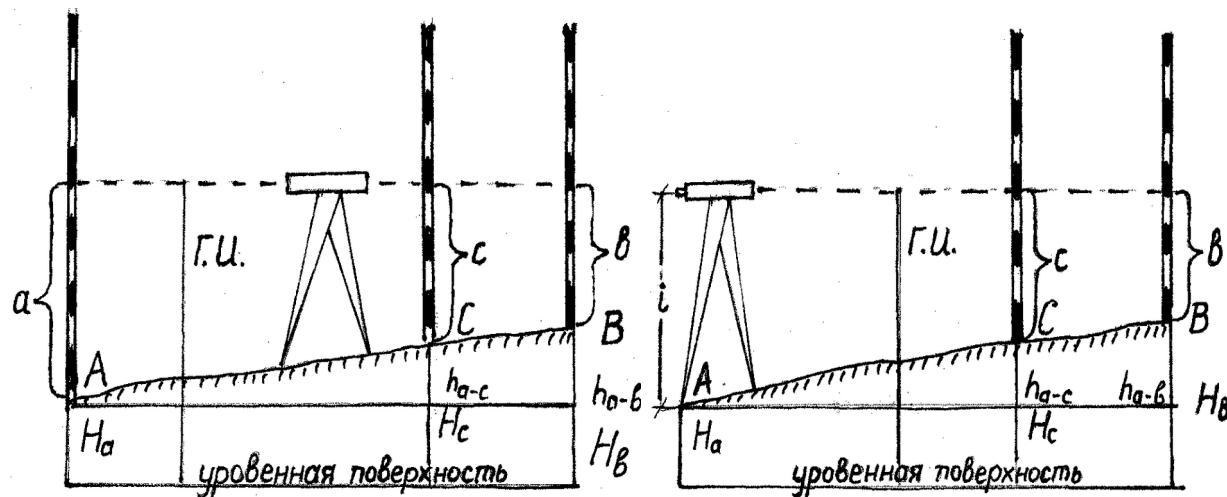
Цель: Научиться определять превышения нивелированием из середины.

Порядок выполнения работы:

Нивелир, закрепленный на штативе, устанавливают между двумя точками так, чтобы расстояния от нивелира до задней и передней реек были, по возможности, одинаковыми.

Установив нивелир в рабочее положение, берут отсчеты по рейкам, которые записывают в журнал (таблица 1). Если отсчет получается менее 0300 мм, следует сменить станцию, увеличив горизонт прибора.

Перевести трубу нивелира на вторую точку и взять отсчет. Рассчитать превышения по схеме (рис. 1). Полученные результаты записать в табл. 1.



а) нивелирование из середины б) нивелирование вперед

Рис. 1. Схемы геометрического нивелирования

Таблица 1

Журнал геометрического нивелирования

Номера станций	Номера точек	Отсчеты по рейке		Превыше- ние	Отметки
		задняя	передняя		
	T1	1245			
1		6030			
	T2		0809		
			5592		

Для контроля выполненных измерений и вычислений проверяют пятку рейки и разность отсчетов $a_1 - a_2$ и $b_1 - b_2$.

Практическая работа № 12,13 «Обработка журнала технического нивелирования»

Цель работы: научиться составлять и обрабатывать результаты нивелирования, определять превышения и находить отметки точек.

Результаты нивелирования, приведенные в задании, переписываются в соответствующие графы чистого бланка журнала технического нивелирования. Отсчеты, сделанные на одной и той же станции, необходимо записать на одной странице. Если результаты наблюдений не умещаются на одной странице, то они целиком переносятся на следующую страницу журнала.

Для вычисления превышений h между связующими точками на станции необходимо из отсчетов по рейке на заднюю точку вычесть отсчеты по рейке на переднюю. Например, на первой станции задней точкой является точка Рп1, а передней – ПК0. Следовательно: $h_{ч} = a_{ч} - b_{ч}$. $h_{кр} = a_{кр} - b_{кр}$,

Журнала технического нивелирования.

Таблица 1

N с	N точ.	Отсчеты			Превышени я		Средние превышени я		Г.И .	Выч. Отмет.	Испр отмет
		Зад	Пер	Пром	+	–	+	–			
1	Рп1	560 5									124,23 9
		092 0								-2	
	Пк0		643 3			828		827		123,41 2	123,41 0
			174 6			826					
2	ПК0	505 0									

		036 6								-4	
	X1		711 6			2066		2065		121,34 7	121,34 3
			243 0			2064					
3	X1	480 2									
		011 3								-6	
	ПК1		691 0			2108		2110		119,23 7	119,23 1
			222 4			2111					
4	ПК1	469 9									
		001 2								-8	
	ПК2		768 1			2982		2984		116,25 3	116,24 5
			299 7			2985					
	П+1 2			2102							

	П+2 0			0428							
	Л+1 0			1746							
	Л+2 0			1476							

где $a_{\text{ч}}$, $a_{\text{кр}}$ – отсчеты по черной и по красной сторонам рейки на заднюю точку, $b_{\text{ч}}$, $b_{\text{кр}}$ – отсчеты по черной и красной сторонам рейки на переднюю точку соответственно. Для первой станции, например:

$$h_{\text{ч}} = 0920 - 1746 = -826$$

$h_{\text{кр}} = 5605 - 6433 = -828$. Разность в значениях вычисленных превышений не должна превышать по абсолютной величине 5 мм. Если условие выполняется, то превышения записываются в столбец “превышения” журнала технического нивелирования с учетом отрицательного знака в

его правую половину (см. Табл.1), а затем вычисляется среднее превышение по следующей формуле:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{ч}} + h_{\text{кр}}}{2}$$

Средние превышения с учетом знака записываются в соответствующий столбец “средние превышения” (см. табл..1).

Следует обратить внимание на станции 2 и 6. На второй станции передней связующей точкой служит иксовая точка X1. Иксовые точки не нужны для уточнения рельефа между пикетами, они вводятся тогда, когда невозможно непосредственно с одной станции пронаблюдать связующие точки и определить превышение между ними. Это случается тогда, когда измеряемое превышение превосходит длину нивелирной рейки, в нашем случае это 3000 мм., или, если между связующими точками отсутствует прямая видимость. В случае с шестой станцией, в качестве связующей используется плюсовая точка + 53,2. Это позволяет не вводить дополнительную иксовую точку, что экономит время на проведение натурных измерений.

После обработки связующих точек производится постраничный контроль по формуле

$$\sum a - \sum b = \sum h_{\text{выч}} = 2 \sum h_{\text{ср}},$$

где $\sum a$ — сумма всех задних отсчетов

Σv — сумма всех передних отсчетов

$\Sigma h_{\text{выч}}$ — сумма всех вычисленных превышений

$\Sigma h_{\text{ср}}$ — сумма всех средних превышений

При этом контроле возможно незначительное расхождение со средними превышениями из-за округления.

После определения средних превышений, вычисляются исходные данные – отметки реперов $H_{\text{рп1}}$ и $H_{\text{рп2}}$. Для этого используются формулы, приведенные на второй странице бланка задания, в разделе “Вычисление исходных данных”. Значение отметок Рп1 и Рп2 заносятся в соответствующие строки журнала технического нивелирования в столбец “Исправленные отметки” (Табл.1).

Затем вычисляются отметки всех связующих точек по формуле

$$H_i = H_{i-1} + h_{\text{ср}},$$

где H_i , H_{i-1} – отметки соответственно последующей и предыдущей точек. Например:

$$H_{\text{ПК1}} = H_{\text{рп1}} + h_{\text{ср}} = 124,239 - 0,827 = 123,412$$

Значение отметки заносится в журнал технического нивелирования в столбец “Вычисленные отметки”. Аналогично вычисляются отметки остальных связующих точек. Например:

$$H_{\text{Х1}} = 123,412 - 2,065 = 121,347$$

При обработке результатов наблюдений десятой станции получается вычисленное значение отметки Рп2 . Еще одно значение задается как исходное, что позволяет проконтролировать результаты нивелировки всех связующих точек. Для этого вычисляют невязку нивелирного хода:

$$f_h = H_{\text{рп2}}^{\text{выч}} - H_{\text{рп2}}^{\text{дан}}.$$

Допустимое значение невязки вычисляется по следующей формуле:

$(f)_{\text{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L}$, где L – длина хода, выраженная в километрах.

Если $f_h \leq (f_h)_{\text{доп}}$, то производят увязку нивелирного хода, с этой целью вычисляют поправки V_h по формуле:

$$V_h = - \frac{f_h}{N},$$

где N — число станций в нивелирном ходе. Поправка V_h^* вводится непосредственно в вычисленные отметки по формуле:

$$V_h^* = i \times V_h, \text{ где } i \text{ — номер станции.}$$

Из предыдущей формулы вытекает, что поправка растет в зависимости от номера станции. И это правильно, поскольку ошибка наблюдения содержится в величине $h_{\text{ср}}$, которая последовательно прибавляется на первой станции к отметке Рп1, затем на второй станции к отметке ПК), и.т.д. То есть, в каждой последующей отметке связующей точки ошибка возрастает на величину $h_{\text{ср}}$. Исправленное значение отметок вычисляется по следующей формуле:

$$H_i = H_i^{\text{выч}} + V_i^* \text{ Значения исправленных отметок заносятся в столбец “Исправленные отметки” в соответствующие строки. (Табл. 1)}$$

Контроль ввода невязок в данном случае заключается в том, чтобы поправка на последней станции равнялась:

$(V_i^*)_{\text{Рп2}} = -f_h$ На последнем этапе обработки журнала технического нивелирования трассы вычисляются отметки всех промежуточных точек, для чего определяется значение горизонта инструмента $H_{\text{Г.И.}}$ для тех станций, на которых наблюдались плюсовые точки и точки поперечника.

$H_{\text{Г.И.}} = H_A + a_{\text{ч}} = H_B + b_{\text{ч}}$, где $a_{\text{ч}}$ и $b_{\text{ч}}$ — отсчеты по черной стороне рейки, соответственно на заднюю точку А и переднюю точку В на станции, H_A и H_B — исправленные отметки задней и передней точек.

Отметки промежуточных точек находятся следующим образом: $H_{\text{с}} = H_{\text{Г.И.}} - c$, где c — отсчет по черной стороне рейки на промежуточную точку.

Практическая работа № 12 «Обработка результатов технического нивелирования»

Цель работы: научиться составлять и обрабатывать результаты нивелирования, определять превышения и находить отметки точек.

Обработка результатов нивелирования начинается с проверки полевых вычислений в нивелирном журнале. Для этого проводится постраничный контроль. На каждой странице журнала подсчитывается сумма отсчетов по задним рейкам Σa , сумма отсчетов по передним рейкам Σb и алгебраическая сумма средних превышений Σh_{cp} . Тогда

$$\frac{\Sigma a - \Sigma b}{2} = \Sigma h_{cp} \quad (26)$$

Далее определяют невязки в превышениях нивелирного хода. Если ход замкнутый, то

$$f = \Sigma h_{cp} \quad (27)$$

Если ход разомкнутый, т. е. проложен между двумя реперами, отметки которых H_1 и H_2 известны, то

$$f = \Sigma h_{cp} - (H_2 - H_1), \quad (28)$$

где Σh_{cp} — сумма средних превышений по всему ходу.

Предельная невязка хода технического нивелирования не должна превышать

$$f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{L} \text{ или } f = 10 \text{ мм} \sqrt{n}, \quad (29)$$

где L — длина нивелирного хода в километрах; n — число станций.

Вторая формула используется при нивелировании местности со значительными углами наклона, когда число станций на 1 км хода значительно больше 10.

Допустимую невязку распределяют с обратным знаком поровну в превышения каждой станции или на сумму превышений пропорционально длине ходов с округлением до одного миллиметра. Сумма поправок должна быть равна невязке с противоположным знаком. Сумма исправленных превышений должна быть равна нулю для замкнутого нивелирного хода и равна разности отметок конечного и начального реперов для разомкнутого хода. После этого вычисляют отметки связующих точек по формуле:

$$H_B = H_A + h, (30)$$

Отметки промежуточных точек вычисляются при помощи горизонта прибора.

Горизонтом прибора называется отметка горизонтального луча нивелира, которая равна

$$\text{ГП} = H_A + a. (31)$$

Отметка промежуточной точки С будет

$$H_C = \text{ГП} - c, (32)$$

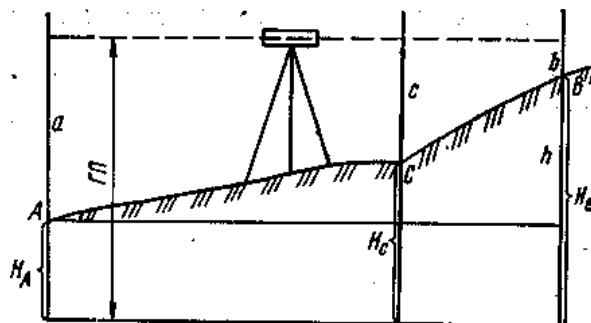


Рисунок - Схема вычисления отметок связующих и промежуточных точек

т. е. отметка промежуточной или плюсовой точки равна горизонту прибора минус отсчет по рейке в этой точке. Поэтому на станциях, где имеются промежуточные точки, вычисляется горизонт прибора.

Пример записи в журнале технического нивелирования и обработки нивелирного хода между двумя реперами показан в таблице 12

№ станции	№ пикетов	Отсчеты по рейке, мм			Превышения, мм				Горизонт прибора, м	Отметки, м
		Задние	передние	промежуточные	по черной стороне	по красной стороне	Средние	исправленные		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Рп 1 ПК 0	0 340 5 029	1 232 5 923		-892	-894	+2 -893	-891		135,443
2	ПК 0 ПК 1	1 937 6 628	0 339 5 030		+1598	+1598	+2 +1598	+1600		134,552
3	ПК 1 ПК 2	0 352 5 041	1 466 6 156		-1114	-1115	+2 -1114	-1112		136,152
4	ПК 2 ПК 3	1 935 6 627	0 393 5 083		+1542	+1544	+2 +1543	+1545		135,040
5	ПК 3 +40 +80 ПК 4	1 225 5 916	0 667 5 356	2830 2900	+0558	+0560	+2 +0559	+0561	137,810	136,585 134,980 134,910
6	ПК 4 Х	2 080 6 772	0 306 4 997		+1774	+1775	+2 +1774	+1776		137,146
7	Х ПК 5	2 138 6 827	0 494 5 185		+1644	+1642	+2 +1643	+1645		
8	ПК 5 Рп 2	0 339 5 028	2 231 6 922		-1892	-1894	+2 -1893	-1891		140,567 138,676
	Σ = 58 214	51 780			+3217	+3233				

$$\sum h_{cp} = \frac{58214 - 51780}{2} = +3217 ;$$

$$f_h = \sum h_{cp} - (H_2 - H_1) = 3217 - 3233 = -16mm ;$$

$$f_{h\partial\partial o} = 10mm\sqrt{n} = 10mm\sqrt{8} = 28mm$$

Практическая работа № 14 «Вычислительная обработка теодолитного хода»

Цель работы: изучить методику вычислительной обработки полевых измерений в теодолитном ходе.

1. Выписывают в ведомость координат со схемы теодолитного хода и таблицы I-измеренные на местности углы (графа 2), горизонтальные проложения линий (графа 6), дирекционный угол линии I-2 (графа 4), координаты точки I (графа II и I2).
2. Увязывают измеренные углы полигона. Для чего:

а) подсчитывают сумму всех измеренных углов $\sum_{изм.}$. В нашем примере (таблица 2)

$$\sum_{изм.} = 360^{\circ} 01' ,2;$$

б) вычисляют теоретическую сумму углов по формуле:

$$\sum \beta_m = 180^{\circ} (n - 2),$$

где n – количество углов в замкнутом полигоне. Если n = 4, то

$$\sum \beta_m = 180^{\circ} (4 - 2) = 360^{\circ};$$

в) определяют угловую невязку $f\beta$ как разность практической и теоретической сумм углов в полигоне

$$f\beta = \sum \beta_{изм.} - \sum \beta_m$$

в примере $f\beta = 360^{\circ} 01' ,2 - 360^{\circ} 00' = +0^{\circ} 01' ,2;$

г) сравнивают полученную угловую невязку $f\beta$ с предельной или допустимой невязкой $f\beta_{доп.}$ вычисляемой по формуле:

$$f\beta_{доп.} = \pm 1' \sqrt{n}.$$

Например, при 4 углах в полигоне

$$f\beta_{доп.} = \pm 1' \sqrt{4} = \pm 2';$$

д) если полученная невязка меньше или равна допустимой $f\beta \leq f\beta_{доп.}$, то в каждый измеренный угол вводятся равные по величине поправки v с таким расчетом, чтобы сумма поправок была равна невязке с обратным знаком

$$\sum_{i=1}^n v = -f\beta.$$

Для малых полигонов и коротких ходов для сокращения вычислений возможно введение поправок равной величины с целью округления углов до целых минут. Поправки пишут над измеренными углами.

Контролем правильности увязки углов является соблюдение равенства $\sum \beta_{испр.} = \sum \beta_m$, где $\sum \beta_{испр.}$ – сумма исправленных углов.

3. По исходному дирекционному углу α_{I-2} и исправленным углам вычисляют дирекционные углы всех последних сторон полигона по формуле:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_{испр.},$$

Где α_{n-1} – дирекционный угол предыдущей стороны,

α_n – дирекционный угол последующей стороны,

$\beta_{испр.}$ – исправленный справа по ходу лежащий угол между этими сторонами.

Вычисления дирекционных углов удобно производить в таблице 3. Если величина вычисленного дирекционного угла будет больше 360° , его нужно уменьшить на 360°

Если же сумма дирекционного угла предыдущего 180° окажется меньше внутреннего угла,

Вычисляемого из этой суммы, то следует к сумме прибавить 360° .

Контроль вычисления дирекционных углов производится так. Если к дирекционному углу последней стороны (4-1) прибавить 180° и вычесть величину внутреннего угла, расположенного между последней и первой стороной (β_1), то должен получиться исходный дирекционный угол.

Таблица 3

Вычисление дирекционных углов

Стороны хода	Вычисления $\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_{испр.}$	Дирекционные углы α	Румбы τ
1-2	75° 53'	75° 53'	СВ : 75° 53'
+	180°		
Σ	255° 53'		
$-\beta_2$	94° 22'		

2-3	161° 31'	161° 31'	IOB : 18° 29'
+	180°		
Σ	341° 31'		
$-\beta_3$	85° 53'		
3-4	255° 38'	255° 38'	IO3 : 75° 38'
+	180°		
Σ	435° 38'		
$-\beta_4$	88° 54'		
4-1	346° 44'	346° 44'	C3 : 13° 16'
+	180°		
Σ	526° 44'		
$-\beta_I$	90° 51'		
1-2	435° 53'	75° 53'	

4. Переводят дирекционные углы в румбы (графа 5). Зависимость между дирекционными углами и румбами приведена в таблице 4.

Таблица 4

Четверть	Пределы изменения дирекционного угла	Румб (τ)	
		Наименование	Связь с дирекционным углом
I	от 0° до 90°	СВ	$\tau = \alpha$
II	от 90° до 180°	ЮВ	$\tau = 180^\circ - \alpha$
III	от 180° до 270°	ЮЗ	$\tau = \alpha - 180^\circ$
IV	от 270° до 360°	СЗ	$\tau = 360^\circ - \alpha$

5. Вычисляют приращения координат Δx и Δy по формула:

$$\Delta x = S \cdot \cos \alpha = \pm S \cdot \cos \tau$$

$$\Delta y = S \cdot \sin \alpha = \pm S \cdot \sin \tau ,$$

где S – горизонтальное положение линии.

Знаки приращений координат зависят от направления линии и могут быть определены по названиям румбов по схеме (рис. 2).

Например: для направления **ЮВ** Δx имеет знак (-), Δy - знак (+).

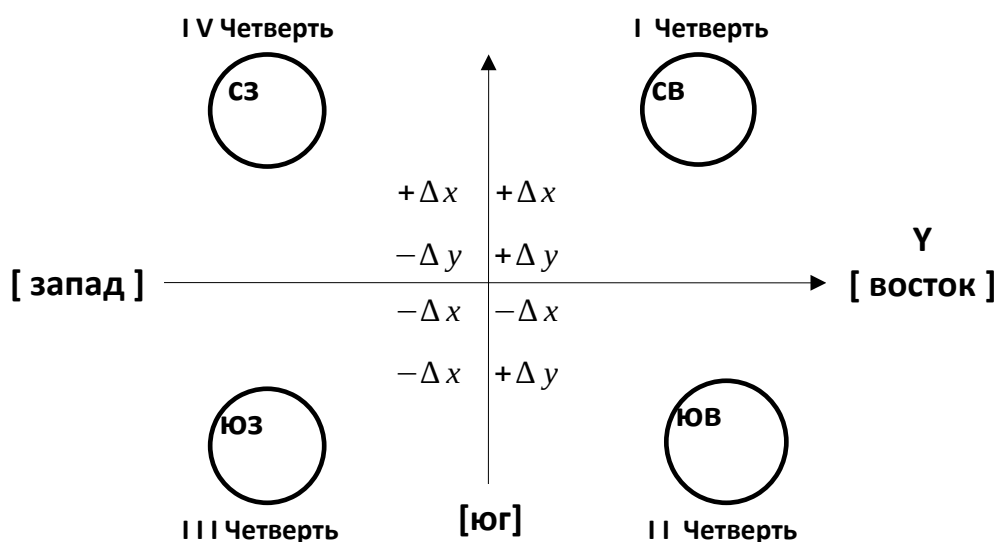


Рис.2

Знаки приращений координат

Вычисление приращений координат можно производить на микрокалькуляторах, с помощью таблиц натуральных значений тригонометрических функций или по таблицам приращений координат. Таблицы приращений координат дают произведения синуса и косинуса углов от 0° до 90° через $1'$ на горизонтальные проложения кратные 100, 200, ... 900 м.

Выбор приращений координат производят сохраняя третий знак после запятой. Результат округляют до сотых долей метра. Вычисление значений приращений координат Δx и Δy для линии I – 2 показано в таблице 5.

Таблица 5

Вычисление приращений координат

I – 2	S=73,58	СВ : $75^\circ 53'$	
	S	Δx	Δy
	70	17,073	67,886
	3	0,731	2,909
	0,58	0,143	0,562
	73,58	17,947	71,357
	округленные значения	+17,96	+71,36

При применении микрокалькулятора числовое значение синуса и косинуса угла можно получать по таблицам приращений координат пользуясь графой, подписной 100 (выбранные значения уменьшают, соответственно в 100 раз). Полученные таким образом натуральные значения синуса и косинуса угла умножают на горизонтальные проложения линий. Например:

$$\Delta x_{I-2} = 73,58 \cdot \cos 75^\circ 53' = 73,58 \cdot 0,24390 = 17,946$$

$$\Delta y_{I-2} = 73,58 \cdot \sin 75^\circ 53' = 73,58 \cdot 0,96980 = 71,358$$

6. Увязывают приращения координат. Для этого:

а) находят невязки f_x и f_y в приращениях координат соответственно по осям X и Y, пользуясь формулами:

$$f_x = \sum \Delta x, f_y = \sum \Delta y.$$

Для этой цели отдельно по графам 7 и 8 ведомости вычисления координат складывают положительные, а затем отрицательные приращения, вычисляют алгебраическую сумму и результаты записывают под итоговой чертой;

б) определяют абсолютную невязку $f_{абс.}$ в периметре

$$f_{абс.} = \pm \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.$$

Например: $f_x = -0,03$; $f_y = -0,09$

$$f_{абс.} = \pm \sqrt{0,0009 + 0,0081};$$

в) для оценки точности линейных измерений в теодолитном ходе вычисляют относительную невязку по формуле:

$$f_{отн.} = \frac{f_{абс.}}{P} = \frac{1}{P : f_{абс.}}$$

где P – периметр теодолитного хода в метрах.

Относительная невязка не должна превышать $\frac{1}{2000}$. В нашем примере

$$f_{отн.} = \frac{1}{297,42 : 0,10} \approx \frac{1}{2970} < \frac{1}{2000};$$

г) если относительная невязка допустима, то в приращения координат вводят поправки пропорционально горизонтальным проложениям со знаками, обратными знакам невязок:

$$\delta_{xi} = \frac{-f_x}{P} \cdot S_i, \delta_{yi} = \frac{-f_y}{P} \cdot S_i,$$

Где δ_{xi} и δ_{yi} – поправки в приращении координат соответственно по оси X и Y. Например:

$$\delta_{x1-2} = \frac{+0,03}{297,42} \times 73,58 \approx +0,01$$

$$\delta_{y1-2} = \frac{+0,09}{297,42} \times 73,58 \approx +0,02$$

Полученные поправки округляют до сотых долей метра и записывают в ведомость координат в графах 7 и 8 над соответствующими значениями приращений. Суммы поправок должны равняться невязкам с обратным знаком.

$$\sum \delta_x = -fx, \quad \sum \delta_y = -fy.$$

Исправленные приращения вычисляются как алгебраическая сумма вычисленных приращений и соответствующих поправок. Например:

δ

δ

Алгебраическая сумма исправительных приращений координат по каждой оси должна быть равной нулю.

$$\sum \delta_{x\text{испр.}} = 0, \quad \sum \delta_{y\text{испр.}} = 0.$$

7. По исправительным приращениям вычисляют координаты вершин теодолитного хода по формулам:

$$X_{n+1} = X_n + \Delta x_{\text{испр.}}$$

$$Y_{n+1} = Y_n + \Delta y_{\text{испр.}}$$

Например:

$$X_3 = X_2 + \Delta x_{2-3} = 520,20 + (-68,05) = 452,15$$

$$Y_3 = Y_2 + \Delta y_{2-3} = 301,14 + (-22,76) = 278,38.$$

Контролем правильности вычисления координат является получение координат исходной точки.

Таблица 2

Ведомость вычисления координат

NN точек	Измерен- ные углы	Исправ- ленные углы	Дирек- цион-ные углы	Румбы	Горизон- тальные проложе- ния	Приращения координат				Координаты	
						Вычислительные		Исправленные			
						Δx	Δy	Δx	Δy	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-0,5										
	90°51',5	90°51'				+1	+2			502,24	229,76
2	-0,2		75°53'	СВ:75°53'	73,58						
	94°22',2	94°22'				+17,95	+71,36	+17,96	+71,38	520,20	301,14
3	0		161°31'	ЮВ:18°29'	71,75		+2				
	85°53',0	85°53'				−68,05	+22,74	−68,05	+22,76	452,15	323,90
4	-0,5		255°38'	ЮЗ:75°38'	80,20	+1	+3				
	88°54',5	88°54'				−19,90	−77,69	−19,89	−77,66	432,26	246,24
			346°44'	СЗ:13°16'	71,89	+1	+2				
						+69,97	−16,50	+69,98	−16,48	502,24	229,76

$$\Sigma \beta_{u3M.} = 360^{\circ} 01', 2360^{\circ} 00' P = 297,42 + 87,92 + 94,1 + 87,94 + 94,14$$

$$\Sigma \beta_m = 180^{\circ} (n-2) = 180^{\circ} (4-2) = 360^{\circ} - 87,95 - 94,19 - 87,94 - 94,14$$

$$f\beta = \Sigma \beta_{u3M.} - \Sigma \beta_m = 360^{\circ} 01', 2 - 360^{\circ} 00' = +0^{\circ} 01', 2$$

fx= -0,03	fy= -0,09	0,00	0,00
-----------	-----------	------	------

$$f\beta_{\text{дон.}} = \pm 1' \sqrt{n} = \pm 1' \sqrt{4} = \pm 2' f_{a6c.} = \pm \sqrt{f x^2 + f y^2} = \pm \sqrt{0,03^2 + 0,09^2}$$

$$f_{\text{отн.}} = \frac{f_{a6c.}}{P} = \frac{0,10}{297,42} \approx \frac{1}{2970} < \frac{1}{2000}$$

Практическая работа № 15 «Нанесение теодолитного хода по координатам»

Цель работы: научиться составлять план теодолитного хода по координатам, строить координатную сетку, наносить на план вершины теодолитного хода.

1. Расчет: построение координатной сетки. Для составления плана на листе чертежной бумаги строится координатная сетка со сторонами квадратов равными 10 см. В масштабе 1:500 сторона квадрата в 10 см соответствует 50 м. Соответственно линии координатной сетки обозначаются числами, кратными 50 м, т.е. 0,50, 100, 150 м и т.д. По координатам вершин теодолитного хода нетрудно рассчитать сетку квадратов, необходимую для составления плана.

Выписывают из ведомости (таблица 2) минимальные и максимальные значения координат

$$X_{\min} = 432,26$$

$$X_{\max} = 520,20$$

$$Y_{\min} = 229,76$$

$$Y_{\max} = 323,90.$$

Очевидно по оси X (снизу вверх) координатная сетка должна содержать три квадрата, линии обозначены числами 400, 450, 500, и 550 м; по оси Y также должны быть построены три квадрата, а линии обозначены числами 200, 250, 300 и 350 м.

На листе чертежной бумаги, на которой будет составлен план, следует построить поперечный масштаб. Он необходим для составления плана и в дальнейшем будет использован для выполнения расчетно-графической работы по решению обратной геодезической задачи. Разместить поперечный масштаб нужно в нижней части листа с учетом, что координатная сетка будет построена размером 30×30 см.

Построение координатной сетки выполняют следующим образом. На листе проводят диагонали. От точки пересечения диагоналей по всем четырем направлениям откладываются равные отрезки (рис.3). Через концы отрезков проводят прямые линии и получают прямоугольник, являющийся базой для построения сетки. На сторонах прямоугольника откладывают при помощи циркуля-измерителя по поперечному масштабу по три отрезка по 10 см (50 м в масштабе плана). Соединив соответствующие точки противоположных сторон прямоугольника, получают сетку квадратов.

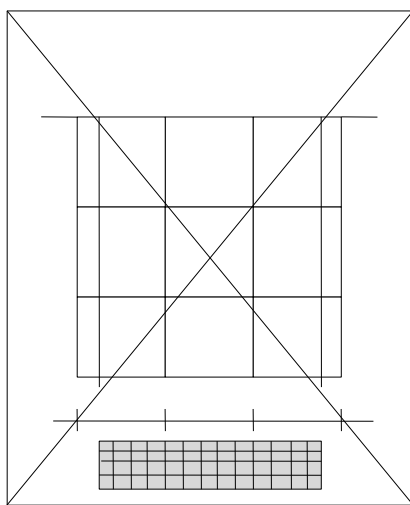


Рис. 3

Построение координатной сетки

Правильность построения сетки контролируют путем сравнения длин сторон и диагоналей квадратов. Погрешность построения не должна превышать $\pm 0,3$ мм. Линии сетки подписывают соответствующими координатами.

2. Нанесение на план теодолитного хода по координатам его вершин. Построение производят с помощью циркуля-измерителя, линейки и поперечного масштаба.

Для нанесения точки на план нужно прежде всего по координатам определить квадрат сетки, в котором она расположена. Так, точка 1 (см. таблицу 2) имеет координаты

$X = 502,24$ м; $Y = 229,76$ м. Следовательно, она находится в квадрате, ограниченном 500 и 550 м и ординатами 200 и 250 м (Рис.4).

•

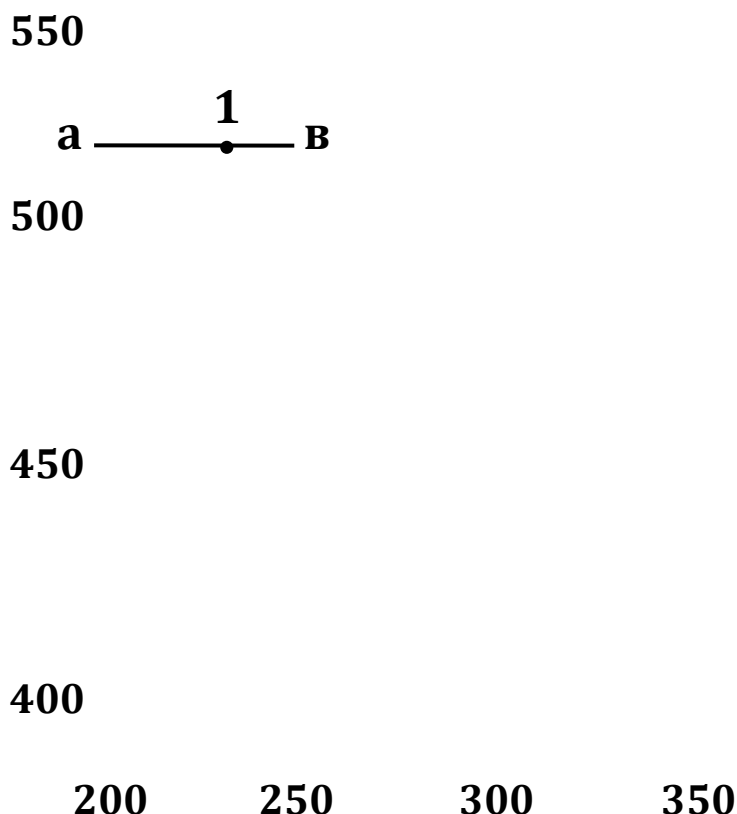


Рис.4

Нанесение точек по координатам

От нижней линии этого квадрата откладывают вверх по вертикальным сторонам отрезки, равные разности абсцисс точки 1 и линии сетки ($502,24 - 500$), т.е. $2,24$ м, отмечая полученные точки **а** и **в** слабым наколом иголки измерителя. Приложив к точкам **а** и **в** линейку, соединяют их так, чтобы карандаш проходил через наколы этих точек. После этого, отложив от точки **а** по прочерченной линии ($229,76 - 200$) $29,76$ м, находят искомую точку 1, которую накалывают и обводят кружком диаметром $1,5$ мм.

Построение каждой последующей точки позволяет проконтролировать и предыдущую. Так, нанеся по координатам точку 2, находят в ведомости координат величину горизонтального положения стороны 1-2 и раствором циркуля-измерителя,

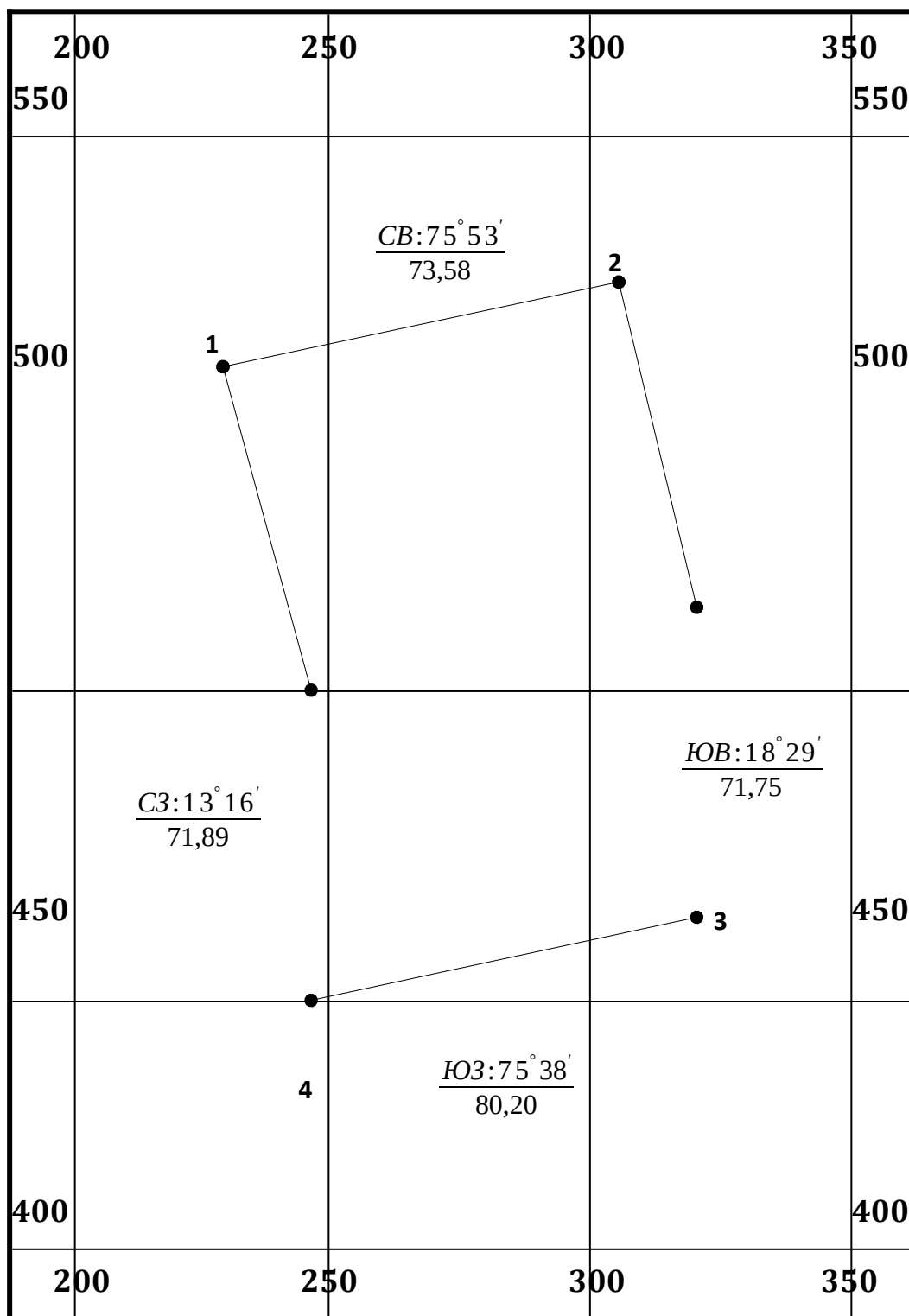
соответствующим горизонтальному положению, проверяют правильность нанесения точек. Расхождение больше 0,4 мм не допускается.

3. Оформление плана. План оформляется в карандаше. Все линии на плане вычерчивают толщиной 0,15 мм за исключение внешней линии рамки, толщина которой 1,5 мм. Все надписи выполняются шрифтами. Вершины теодолитного хода вычерчивают кружками, диаметр 1.5 мм. Их соединяют между собой прямыми линиями. Против каждой линии указывается ее румб и горизонтальное положение.

П Л А Н

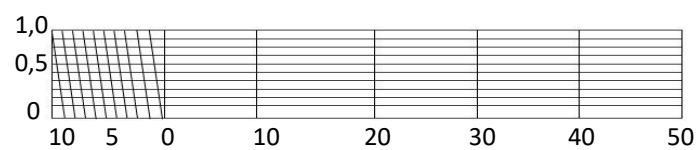
приложение

Теодолитного хода



1:500

в 1 сантиметре 5 метров



Практическая работа № 16,17,18,19 «Построение профиля по результатам полевого трассирования»

Цель работы: уяснить важность продольного профиля, разбитого на местности трассы, как основного документа, полученного в результате изысканий. Нужно разобраться с порядком построения профиля трассы и нанесения на него проектной линии, подсчета рабочих отметок.

По данным журнала геометрического нивелирования (приложение №4) и пикетажной книжки (приложение №5) вычислить абсолютные отметки основных и промежуточных точек, построить профиль трассы, нанести на него проектную линию.

При построении продольного профиля принять следующие масштабы: для горизонтальных расстояний 1:2000, а для вертикальных – 1:200. Профиль вычерчивается тушью. При этом элементы проектирования вычерчиваются и подписываются красным цветом.

Отметки начального и конечного реперов выдаёт преподаватель.

Построение продольного профиля

1. В графе 3 «горизонтальные расстояния» профиля трассы (см. приложение 6) откладывают горизонтальные расстояния пикеты и плюсовые точки – в масштабе 1:2000. Под графой подписывают номера пикетов, а в графе – расстояния между двумя смежными пронивелированными точками.¹

2. В графу 4 журнала технического нивелирования вписывают чёрные отметки, округлённые до сантиметров. Построение профиля выполняют от линии нулевого горизонта, отметку которого выбирают равной минимальной чёрной отметке и округляют её до целых метров. Вертикальные расстояния от линии цельного горизонта откладывают в масштабе 1:200.

3. В графе 5 «горизонтальные расстояния» откладывают плюсовые точки.

4. Наносят на чёрный профиль проектную линию с соблюдением условного минимума и баланса объёмов земляных работ, а также предельных уклонов на данный вид сооружения. Проектной линией называется линия на профиле, показывающая, каким должен быть профиль после окончания строительных работ.

5. В графу 6 вписывают красные отметки, т.е. отметки точек проектной линии. отметки точек начала и конца проектной линии определяются графически, а отметки промежуточных точек вычисляют по формуле:

$$H_{n+1} = H_n \pm di,$$

где $i = \frac{H_{\text{кн}} - H_{\text{нз}}}{d}$, i – уклон; d – длина расчётного участка; $H_{\text{кн}}, H_{\text{нз}}$ – красные отметки

начального и конечного точек расчётного участка.

¹ Размеры граф указаны в прил. 6 и 7.

Проектная линия вычерчивается на профиле красной тушью.

1. В графе 7 «уклон» дробью указывают: в числителе – уклон в тысячных, а в знаменателе – длину расчётного участка.
2. На профиле выписывают рабочие отметки, которые представляют собой разность чёрных и красных отметок. Рабочие отметки выемок пишут под проектной линией и насыпей – над проектной линией.
3. Для заполнения графы «кривые» на профиле преподаватель обязан выдать данные: угол поворота в пикетажном обозначении и радиус кривой.

По радиусу кривой R и углу поворота α найти элементы кривых (по таблицам или по формулам) и вычислить положение главных точек кривой (см.рис.8).

Примем следующие обозначения:

Уг. – угол поворота;

Нк. – начало кривой;

Кк. – конец кривой;

Т. – тангенс;

К. – кривая;

Д. – домер;

Б. – Биссектриса;

R – радиус кривой.

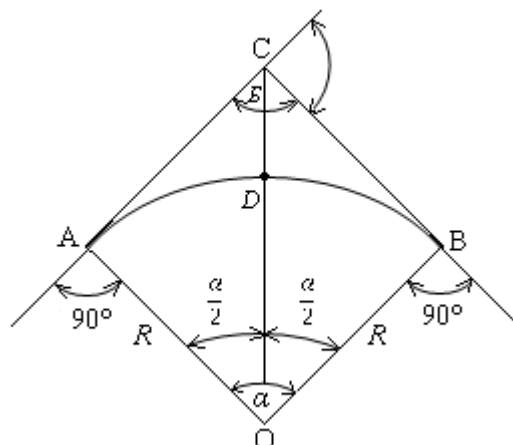


Рис.8.

Вычисления производить по формулам:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; K = \frac{\pi \alpha}{180} * R; B = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right); D = 2T - \text{кр.}$$

Уг. №1	.....	2 + 55,00
T	.....	19,96
Нк	.....	2 + 35,04м
К	.....	39,71
Кк	.....	2 + 74,76м
Контроль		
Уг. №1	.....	2 + 55,00
T	.....	19,96
Д	.....	2 + 74,96 - неискр. К.кр 0,21
Кк	.....	2 + 74,75м

4. В графу №1 «план с ситуацией» внести ситуацию по данным пикетажной книжки.

5. Ниже графы «план с ситуацией» сделать надпись: масштабы построения профиля для горизонтальных и вертикальных расстояний.
6. В правом нижнем углу листа поместить штамп, в котором указать: название работы, наименование техникума, отделение, группу, фамилию и инициалы исполнителя.

Пример построения продольного профиля подан в прил.6.

Вычисление точек нулевых работ

Точки пересечения проектной линии с фактической профильной линией называют **точками перехода или точками нулевых работ**. В этих точках выемка переходит в насыпь и обратно.

Землянные работы обычно начинают с точек нулевых работ. Для этого отмечают на профиле и на местности расстояние до каждой точки от ближайшего заднего пикета.

Допустим (рис.9), что линия СД – профиль местности между двумя соседними пикетами С и Д; линия АВ – проектная линия; точка О – точка нулевых работ. Отрезки АС = a и ВД = b – рабочие отметки. Рассматривая два подобных треугольника АОС и ВОД, можем найти следующее соотношение: $\frac{a}{b} = \frac{x}{100-x}$, где x – расстояние от ближайшего заднего пикета до точки нулевых работ; $100 - x$ – расстояние от точки нулевых работ до следующего пикета.

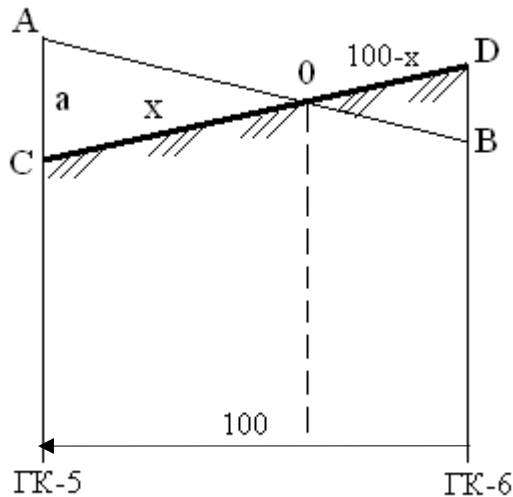


Рис.9.

Из этого отношения определяем: $x = \frac{100a}{a+b}$.

Например: $d = 0,20\text{м}$, $b = 0,28\text{м}$, тогда $x = \frac{100 * 100}{0,20 + 0,28} = 41,66\text{ м}$.

Вычисленное расстояние выписывается синей тушью с округлением до сотых долей метра вдоль ординаты, соединяющей нулевую точку с нижней линией.

Построение поперечного профиля

Построение поперечного профиля выполняется аналогично продольному профилю в неискажённом виде для горизонтальных и вертикальных расстояний в масштабе 1:200.

Пример построения поперечного профиля показан в приложении 7.

ПРИЛОЖЕНИЯ

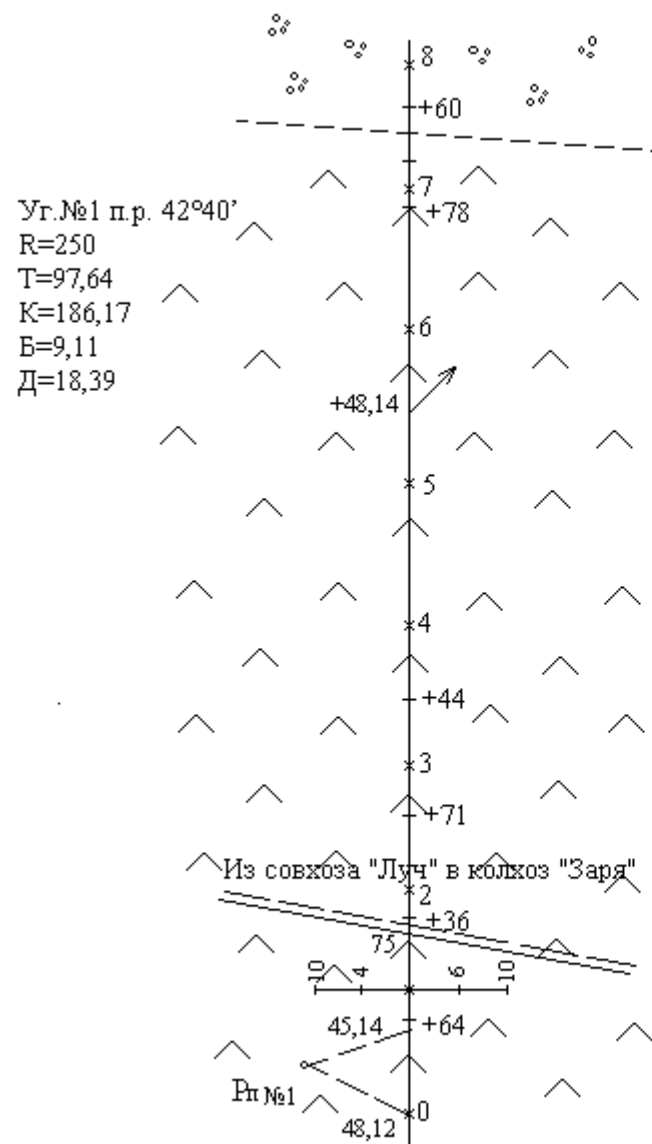
№ № станций	№№ точек нивелиров	Отсчёт по рейке			Превышения						Горизонт инструмента	Отметки	Примечание
		Задн.	Передн .	Промеж.	Вычисленные		Средние		Увязанные				
					+	-	+	-	+	-			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Рп-1	2924						-1				21500	
		7562				0,200		0,199		0,200			
	ПК-0		3124			0,198						21300	
			7760										
	ПК-0	3125					-1						
		7763			2951		2951		2950				
	ПК-1		0174		2951							24250	
			4812										
	ПК-1	0753						-1					
		5391				2043		2043		2044			
	ПК-2		2796			2043						22206	
			7434										
	ПК-2	1824				1596		1596		1596			
		6462				1596							
	ПК-3		3420									20610	
			8058				-2						
	ПК-3	2643			2526		2527		2525				

	7281		2528		
+80		0230		23253	23023
ПП ПК-3		2115			21138
Л-4		1379			21874
ПП-3		2991			20262
ПП-10		3353			19900
ПК-4	0117				
	4753				

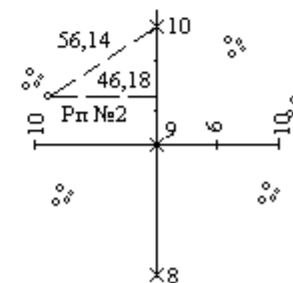
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
							-2					
6	ПК4	3370			1660		1660		1658			23,13
		8408			1660							
	ПК5			1393							26,905	25,51
			2110									24,79
	Рп.2		6748									
		57906	51306		14276	7676	7138	3838	7133	3840		+3,293
		+3,300			+3,300		+3,300		132,93			

$$N_{\partial on} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{0,6} \approx \pm 0,40 \text{ мм}$$

$$L = 0,6 \text{ мм.}$$



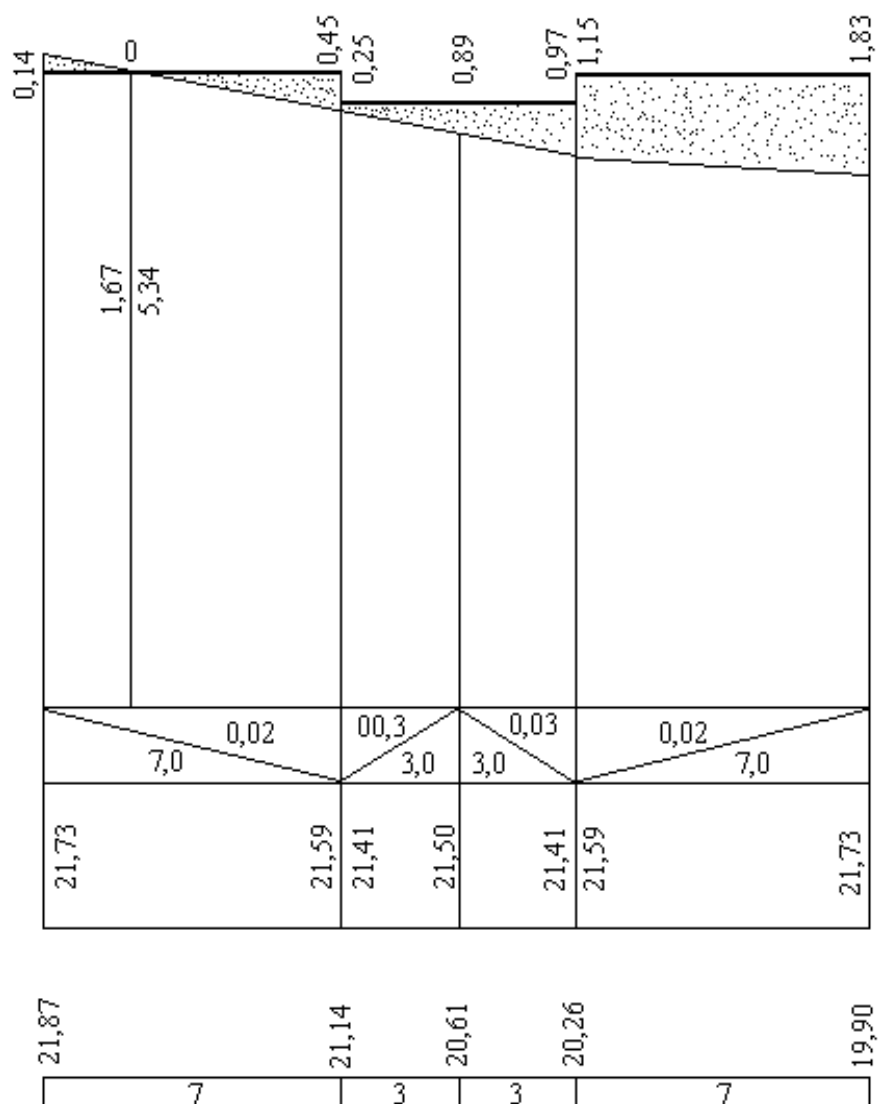
Пикетажная книжка



Масштаб 1:5000

Поперечник на ПК-1

Приложение 7



ПК-1

Масштабы: $\frac{\text{горизонтальный } 1:200}{\text{вертикальный } 1:200}$

Чертил		Построение поперечника на ПК-1	Задание	Лист	Дата
Проверил					
СКСП			Вариант	Масштаб	Группа

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. Понятие геодезия. Геодезия по роду задач и способам их решения.
2. Состав геодезических работ на стройплощадках. Функции геодезических работ.
3. Понятия о формах и размерах Земли. Уровенная поверхность Земли.
4. Способы определения положения точки на земной поверхности.
5. Геодезические планы, карты, определение и их разновидности.
6. Условные знаки планов и карт, назначение, виды.
7. Понятие масштаб, точность масштаба. Разновидности масштабов, применяемых для построения планов и карт.
8. Рельеф местности, его типовые формы.
9. Свойства горизонталей, высота сечения рельефа, заложение, уклон линии к горизонту.
10. Построение профиля местности по горизонталям, последовательность построения.
11. Ориентирование линий на местности, определение. Понятие азимута направления.
12. Дирекционный угол, румб. Способ определения румба через дирекционный угол.
13. Прямая геодезическая задача, исходные данные, решение.
14. Обратная геодезическая задача, исходные данные, решение.
15. Измерение длины линии мерными приборами, методы и используемые приборы. Поправки, вводимые при определении общей длины линии.
16. Геометрическая схема измерения горизонтального угла.
17. Основные составляющие теодолита. Основные оси теодолита.
18. Подготовка теодолита к работе. Поверки и юстировки теодолита, требования к взаимному расположению основных осей теодолита.
19. Способы измерения горизонтальных углов с помощью теодолита, обработка результатов.
20. Измерение вертикальных углов, положительные и отрицательные углы наклона. Понятие места нуля МО.
21. Сущность и методы нивелирования, принцип каждого метода.
22. Способы геометрического нивелирования, принцип измерения превышений.
23. Устройство нивелиров, их типы. Нивелирная рейка, снятие отсчета с нивелирной рейки.
24. Поверки нивелира, требования к взаимному расположению основных осей нивелира.

25. Принцип измерения превышений. Определение отметки точки. Последовательность обработки результатов измерений.
26. Нивелирный ход, определение, пункты закрепления.
27. Понятие геодезические сети. Разновидности геодезических сетей.
28. Назначение теодолитной съёмки. Производство работ при проложении теодолитного хода.
29. Разновидности теодолитного хода. Вычисление координат точек теодолитного хода.
30. Технология выполнения работ по полевому трассированию. Ведение пикетажного журнала.
31. Порядок работ по нивелированию трассы, обработка результатов нивелирования.
32. Порядок работ по составлению профиля трассы и поперечников.
33. Построение профиля трассы, порядок расчета проектных элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ключин, Евгений Борисович Инженерная геодезия : [учеб. для сред. спец. учеб. заведений] [Текст] .- Москва, Недра, 1990.- 263 с.: ил.
2. Фельдман, Виллен Данилович Основы инженерной геодезии [Текст] .- 4-е изд., перераб. и доп..- Москва, Высш. шк., 2001.- 315с.
3. Хаметов, Тагир Ишмуратович Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений : учеб. пособие для студентов, обучающихся по всем строит. специальностям [Текст] .- Москва, АСВ, 2000.- 200 с.
4. Кузнецов, О. Ф. Основы геодезии и топография местности: Учебное пособие / Кузнецов О.Ф., - 2-е изд., перер. и доп. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. - 286 с.: ISBN 978-5-9729-0175-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/943564>
5. Практикум по геодезии : учебник/ под ред. Г. Г. Поклада.-М.: Академический Проект, Трикста, 2011.-488 с.
6. Кравченко, Ю. А. Геодезия : учебник / Ю.А. Кравченко. — Москва : ИНФРА-М, 2017. — 344 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-105828-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/792587>
7. Гиршберг, М. А. Геодезия: задачник : учеб. пособие / М.А. Гиршберг. — Изд. стереотип. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 288 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа: <https://znanium.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-102814-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/958201>

Дополнительные источники

1. СП 126.13330.2017 Геодезические работы в строительстве.
2. СП 47.13330.2016 Инженерные изыскания для строительства.