И. Н. Чешева
А. В. Иванов
Н. А. Ерёмина

ГЕОДЕЗИЯ

Часть 2
Плановые геодезические сети. Топографические съёмки

Новосибирск
СГГА
2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)

И. Н. Чешева
А. В. Иванов
Н. А. Ерёмина

ГЕОДЕЗИЯ

Часть 2. Плановые геодезические сети. Топографические съёмки

Утверждено редакционно-издательским советом академии
в качестве сборника описаний лабораторных работ для студентов 2-го курса,
обучающихся по специальностям 120401.65 «Прикладная геодезия»,
230400.62 «Информационные системы и технологии»,
130400.65 «Маркшейдерское дело»

Новосибирск
СГГА
2014

УДК 528
Ч576

Рецензенты: доктор технических наук, профессор, СГГА *Г. А. Уставич*
главный специалист ОАО «Сибтехэнерго» *Г. Г. Китаев*

Чешева, И. Н.

Ч576 Геодезия. Ч. 2. Плановые геодезические сети. Топографические съёмки [Текст] : сб. описаний лабораторных работ / И. Н. Чешева, А. В. Иванов, Н. А. Ерёмина. – Новосибирск : СГГА, 2014. – 142 с.

ISBN 978-5-87693-773-5 (ч. 2)
ISBN 978-5-87693-483-3

Сборник описаний лабораторных работ подготовлен на кафедре инженерной геодезии и маркшейдерского дела ст. преподавателем И. Н. Чешевой, кандидатом технических наук, ст. преподавателем А. В. Ивановым и ст. преподавателем Н. А. Ерёминой.

Настоящий сборник предназначен для студентов 2-го курса специальностей 120401.65 «Прикладная геодезия», 230400.62 «Информационные системы и технологии», 130400.65 «Маркшейдерское дело».

Содержание сборника описаний лабораторных работ соответствует учебным программам дисциплины «Геодезия».

Сборник рекомендован к изданию Ученым советом ИГиМ СГГА.

Ответственный редактор: кандидат технических наук, доцент, СГГА
П. П. Мурзинцев

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГГА

УДК 528

ISBN 978-5-87693-773-5 (ч. 2)
ISBN 978-5-87693-483-3

© ФГБОУ ВПО «СГГА», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
Лабораторная работа № 1. Методы построения плановых сетей сгущения 5
Лабораторная работа № 2. Методы построения высотной основы топографических съемок 17
Лабораторная работа № 3. Поверка комплекта прибора для угловых измерений 26
Лабораторная работа № 4. Измерение горизонтальных углов оптическими теодолитами способами круговых приемов и отдельного угла 34
Лабораторная работа № 5. Уравнивание полигонометрического хода по МНК (коррелатным способом) 45
Лабораторная работа № 6. Подготовка к измерениям электронного тахеометра Leica TCR405 72
Лабораторная работа № 7. Настройка работы прикладных программ электронного тахеометра Leica TCR405 99
Лабораторная работа № 8. Подготовка и обмен данными с электронного тахеометра Leica TCR405 122
Лабораторная работа № 9. Подготовка к измерениям наземного лазерного сканера Leica Scanstation C10 130

ВВЕДЕНИЕ

Данный сборник рассчитан на студентов СГГА, изучающих предмет «Геодезия» на 2-м курсе. В соответствии с учебной программой курса «Геодезия», на данной стадии обучения в академии студентам необходимо ознакомиться с существующими современными приборами и методами геодезических измерений, а также освоить их математическую обработку.

Вторая часть этого сборника посвящена темам создания планового геодезического обоснования и некоторым видам топографических съемок. Традиционные способы создания планового геодезического обоснования находят большое применение как в геодезии, так и в прикладной геодезии. Основные задачи, которые ставились перед авторами, заключались в максимальной помощи студентам в получении знаний и умении их использовать как во время обучения в академии, так и на производстве.

В сборнике описаны методы выполнения лабораторных работ по темам создания сетей сгущения и съемочным работам. Особое внимание уделено полигонометрическим работам, как одному из более часто используемых на производстве методов создания сетей сгущения. Приводится описание поверок угломерных комплектов разных типов и тахеометров; рассмотрена теория математической обработки одиночных полигонометрических ходов.

Для самостоятельного выполнения лабораторных работ по теме «Полигонометрия» приведены примеры вычислительной обработки результатов измерений. Для всех примеров и задач дан подробный порядок их выполнения, который является достаточным для самостоятельного выполнения заданий.

Лабораторная работа № 1

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ПЛАНОВЫХ СЕТЕЙ СГУЩЕНИЯ

Цель работы – практическое освоение методов проектирования и оценки точности плановых геодезических сетей сгущения.

Библиографический список

1. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 и 1 : 500. – М.: Недра, 1985. – 152 с.

2. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. СП 11-104-97. – М., 1997.

3. Селиханович В. Г. Геодезия: учебник для вузов. – М.: Недра, 2000. – 544 с.

Инструменты и принадлежности: карта масштаба 1 : 25 000; калька; калькулятор; линейка; карандаш; тетрадь для записей.

Содержание работы

1. Описать методы построения плановых сетей сгущения.

2. Запроектировать на карте масштаба 1 : 25 000 полигонометрический ход 4-го класса или 1-го разряда.

3. Выполнить оценку точности запроектированного хода и сделать вывод о соответствии полученной точности требованиям инструкции.

Контрольные вопросы

1. Какие сети относятся к геодезическим сетям сгущения?

2. Требования, предъявляемые к геодезическим сетям сгущения.

3. Какова должна быть плотность пунктов геодезических сетей сгущения на незастроенной территории?

4. Какова технология полигонометрических работ?

5. Какие приборы используют для производства угловых и линейных измерений?

6. Какие поверки выполняют для полигонометрического комплекта?

7. Какие существуют способы измерения углов при производстве полигонометрических работ?

8. Какие строгие способы уравнивания применяют для математической обработки полигонометрических ходов?

9. Для какой цели выполняют оценку точности запроектированного полигонометрического хода?

ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Методы построения плановых сетей сгущения

Средняя плотность пунктов плановой государственной геодезической сети для создания съемочного геодезического обоснования топографических съемок должна быть доведена на территориях, подлежащим съемкам в масштабе 1 : 5 000, до одного пункта триангуляции или полигонометрии на 20–30 км^2. Дальнейшее увеличение плотности геодезической основы крупномасштабных съемок достигается развитием геодезических сетей сгущения и съемочного обоснования [1].

Плотность геодезической основы для съемок в масштабе 1 : 5 000 территорий вне населенных пунктов должна быть доведена не менее чем до 1 пункта на 7–10 км^2.

Для определения планового положения пунктов геодезических сетей сгущения могут быть применены методы триангуляции, полигонометрии, а также методы с использованием спутниковой геодезической аппаратуры (приемники GPS и др.) и их сочетание.

Требования к построению сетей методами триангуляции и полигонометрии приведены в табл. 1.1 и 1.2 [2].

Таблица 1.1

Требования к триангуляции 1-го и 2-го разрядов

Показатели	1-й разряд	2-й разряд
Длина стороны треугольника, км	0,5–5	0,25–3

Окончание табл. 1.1

Показатели	1-й разряд	2-й разряд
Число измеренных базисных (выходных) сторон в свободных геодезических сетях, не опирающихся на пункты высшего класса или разряда	2	2
Относительная погрешность не более: базисной выходной стороны	$\frac{1}{50\,000}$	$\frac{1}{20\,000}$
определяемой стороны сети в наиболее слабом месте	$\frac{1}{50\,000}$	$\frac{1}{10\,000}$
Наименьшее значение угла треугольника между направлениями данного класса (разряда), градусы: в сплошной сети	20	20
в связующей	30	30
во вставке	30	20
Предельная невязка в треугольнике, с	20	40
Средняя квадратическая погрешность измеренного угла (вычисленная по невязкам треугольников), с, не более	5	10
Длина базисной (выходной) стороны, км, не менее	1	1
Число треугольников между исходными (базисными) сторонами или между исходным пунктом и исходной стороной, не более	10	10
Количество приемов при измерении длин базисных сторон светодальномерами и (или) электронными тахеометрами	2	2

Таблица 1.2

Требования к полигонометрии 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов

Показатели	4-й класс	1-й разряд	2-й разряд
Предельные длины отдельных полигонометрических ходов при измерении лилиний светодальномерами и (или) электронными тахеометрами в зависимости от числа сторон в ходе, км. Здесь символ n – число сторон в ходе	8 при $n = 30$	10 при $n = 50$	6 при $n = 30$
	10 при $n = 20$	12 при $n = 40$	8 при $n = 20$
	12 при $n = 15$	15 при $n = 25$	10 при $n = 10$
	15 при $n = 10$	20 при $n = 15$	12 при $n = 8$
	20 при $n = 6$	25 при $n = 10$	14 при $n = 6$

Окончание табл. 1.2

Показатели	4-й класс	1-й разряд	2-й разряд
Предельная длина хода при измерении длин линий другими методами, км	15	5	3
Предельные длины ходов, км, между: - исходным пунктом и узловой точкой	2/3 длины отдельного хода, определяемой в зависимости от числа сторон в ходе		
- узловыми точками	1/2 длины отдельного хода, определяемой в зависимости от числа сторон в ходе. При уменьшении числа сторон хода соответственно на 2/3 и 1/2		
Средняя квадратическая погрешность измеренного угла (по невязкам в ходах), с, не более	3	5	10
Угловая невязка в ходах или полигонах, с, не более (n – число углов в ходе или полигоне)	$5\sqrt{n}$	$10\sqrt{n}$	$20\sqrt{n}$
Предельная относительная погрешность хода	$\frac{1}{25\,000}$	$\frac{1}{10\,000}$	$\frac{1}{5\,000}$
Периметр полигона, образованного полигонометрическими ходами в свободной сети, км, не более	30	15	9
Количество приемов при измерении углов способом круговых приемов по трехштативной системе теодолитами: Tl, T1A и равноточными	4	2	1
3T2КП и равноточными	6	3	2
3T5КП и равноточными	-	-	3
Количество приемов при измерении длин линий светодальномерами или электронными тахеометрами	3	2	1
Расхождения (колебания) между результатами наблюдений направления на начальный предмет в начале и конце полуприема, не более: 3T2КП и равноточные, с	8	8	8
3T5КП и равноточные, мин	-	-	0,2
Расхождения (колебания) между значениями направлений в отдельных приемах (полуприемах), приведенных к общему нулю, не более: 3T2КП и равноточные, с	8	8	8
3T5КП и равноточные, мин	-	-	0,2
Погрешность центрирования инструмента над центром пункта, мм, не более	2	2	2

Примечания

1. В полигонометрической сети следует предусматривать минимальное число порядков, ограничиваясь, как правило, полигонометрией 4-го класса и 1-го разряда.

2. При измерении длин линий светодальномерами или электронными тахеометрами предельные длины сторон не устанавливаются.

Проектирование полигонометрического хода на карте масштаба 1 : 25 000

Для проведения топографических съемок на небольших участках местности, как правило, проектируют отдельные ходы полигонометрии. Каждый ход должен опираться, как минимум, на два исходных пункта триангуляции (пункты указывает преподаватель на карте). При проектировании стараются размещать ходы в местах удобных для угловых и линейных измерений (вдоль дорог, в поймах рек). При выборе мест для закрепления пунктов полигонометрии следят за тем, чтобы между двумя соседними пунктами по возможности была видимость. Желательно, чтобы форма хода имела вытянутую форму, близкую к прямолинейной. Изогнутые ходы не должны иметь резких изломов.

Длины ходов и число сторон в ходе должны соответствовать требованиям, изложенным в табл. 1.2. После нанесения хода на карте выполняется оценка точности проекта, то есть расчет точности.

Оценка точности проекта полигонометрического хода

О точности хода можно судить по величине средней квадратической ошибки положения пункта в слабом месте хода после уравнивания, которая обозначается символом *M*. Эта ошибка вычисляется по разным формулам в зависимости от формы хода.

Так как форма запроектированного хода может быть вытянутой или изогнутой, то для того чтобы правильно выбрать формулу для оценки точности, необходимо воспользоваться критерием вытянутости хода. Полигонометрический ход считается вытянутым, если выполняется соотношение

$$\frac{[S]}{L} \le 1{,}3, \qquad (1.1)$$

где *S* – длина хода, т. е. сумма длин сторон;

L – длина замыкающей (прямая, соединяющая начальный и конечный пункты хода).

Если ход вытянутый, то для оценки точности используется формула

$$M^2 = n \cdot m_s^2 + \frac{m_\beta^2 \cdot L^2}{\rho^2} \cdot \frac{(n+3)}{12}, \qquad (1.2)$$

где M – СКО положения пункта в слабом месте хода;

n – число сторон в запроектированном ходе (определяется по схеме хода на карте);

m_s – СКО измерения линий, определяемая по паспорту прибора, которым предполагается измерять линии, в см;

m_β – СКО измерения углов, выбираемая из табл. 1.2, в зависимости от класса или разряда предполагаемых работ, в секундах;

$\rho'' = 206\,265''$, но в данном случае его значение может быть приравнено числу $2 \cdot 10^{5''}$;

L – длина замыкающей хода в сантиметрах на местности.

Далее вычисляется относительная ошибка хода по формуле:

$$\frac{2M}{[S]}. \qquad (1.3)$$

При этом должно быть выполнено условие:

$$\frac{2M}{[S]} \le \frac{1}{T}, \qquad (1.4)$$

где $1/T$ – предельная относительная ошибка хода, заданная инструкцией для данного класса или разряда.

Предельные относительные ошибки ходов для разных классов и разрядов приведены в табл. 1.2.

Величины $[S]$ и L определяют по схеме, а затем с учетом масштаба карты переводят в сантиметры на местности.

Если относительная ошибка хода не превышает предельной, то считается, что ход запроектирован правильно. Если условие (1.4) не выполнено,

то можно рекомендовать для измерения углов и линий более точные приборы.

Для изогнутого хода оценку точности выполняют по формуле

$$M^2 = n \cdot m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot \left[D_{0,i}^2 \right], \qquad (1.5)$$

где $D_{0,\,i}$ – расстояние от центра тяжести хода до каждого пункта хода, включая исходные.

Эти расстояния измеряют по схеме, а потом с учетом масштаба карты переводят в сантиметры на местности.

Координаты центра тяжести хода определяют по координатам всех точек хода, включая начальный и конечный исходные пункты хода, которые графически определяют по карте с помощью линейки с миллиметровыми делениями. При этом используют формулы:

$$X_0 = \frac{[X]}{(n+1)}; \quad Y_0 = \frac{[Y]}{(n+1)}, \qquad (1.6)$$

где $(n + 1)$ – число пунктов хода.

При выполнении данного вида работ рациональнее центр тяжести определять по схеме графически. Пример определения центра тяжести хода графически приведен на рис. 1.1.

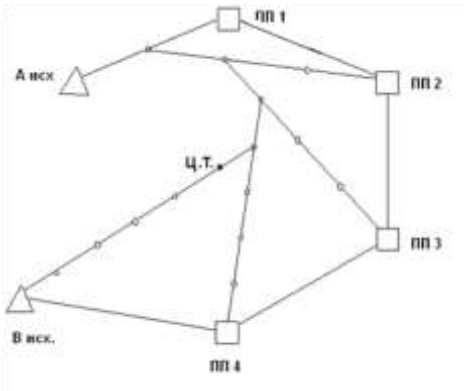


Рис. 1.1. Графическая схема определения центра тяжести хода

Последовательность действий при графическом определении центра тяжести хода следующая:

- первую сторону хода делят пополам и полученную точку от деления соединяют со следующим пунктом хода вспомогательной линией;

- проведенную линию делят на три части и первую точку деления соединяют со следующим пунктом хода;

- проведенную линию делят на четыре части и первую точку деления соединяют со следующим пунктом;

- описанные выше действия повторяют, причем каждый раз делят линию на одну часть больше до тех пор, пока не дойдут до конечного пункта хода.

Центром тяжести будет являться первая точка, полученная от деления линии, проведенной к конечному пункту полигонометрического хода.

Для изогнутого хода все последующие действия выполняют так же, как и для вытянутого хода по формулам (1.3) и (1.4). Затем делают вывод о соответствии запроектированного хода данному классу или разряду.

Пример оценки точности полигонометрического хода 1-го разряда

Перед расчетом точности запроектированного полигонометрического хода рекомендуется заполнить таблицу необходимых исходных данных. Исходные данные к контрольному примеру приведены в табл. 1. 3.

Таблица 1.3

Исходные данные к примеру

Наименование	Исходные данные
1. Длина хода [*S*], км (определяется по карте масштаба 1 : 25 000)	45 см на карте · 250 м = 11,3 км
2. Замыкающая хода *L*, км (определяется по карте масштаба 1 : 25 000)	10,5 см на карте ·250 м = 2,6 км
3. Число сторон в ходе, «n» (определяется по карте масштаба 1 : 25 000)	17
4. Средняя квадратическая ошибка измеренного угла (m_β) в угловых секундах (выбирается по классу или разряду полигонометрического хода из табл. 1.2)	5

Окончание табл. 1.3

Наименование	Исходные данные
5. Средняя квадратическая ошибка измеренного расстояния (m_s) в см (определяется по паспорту прибора, которым рпедполагается измерять линии, например, тахеометр Leica TCR 405)	1,0
6. Табличное значение величины ρ"	206 265" (для упрощения вычислений можно эту величину принять равной $2 \cdot 10^{5"}$)

В контрольном примере все графические данные определены в соответствии с рис. 1. 2.

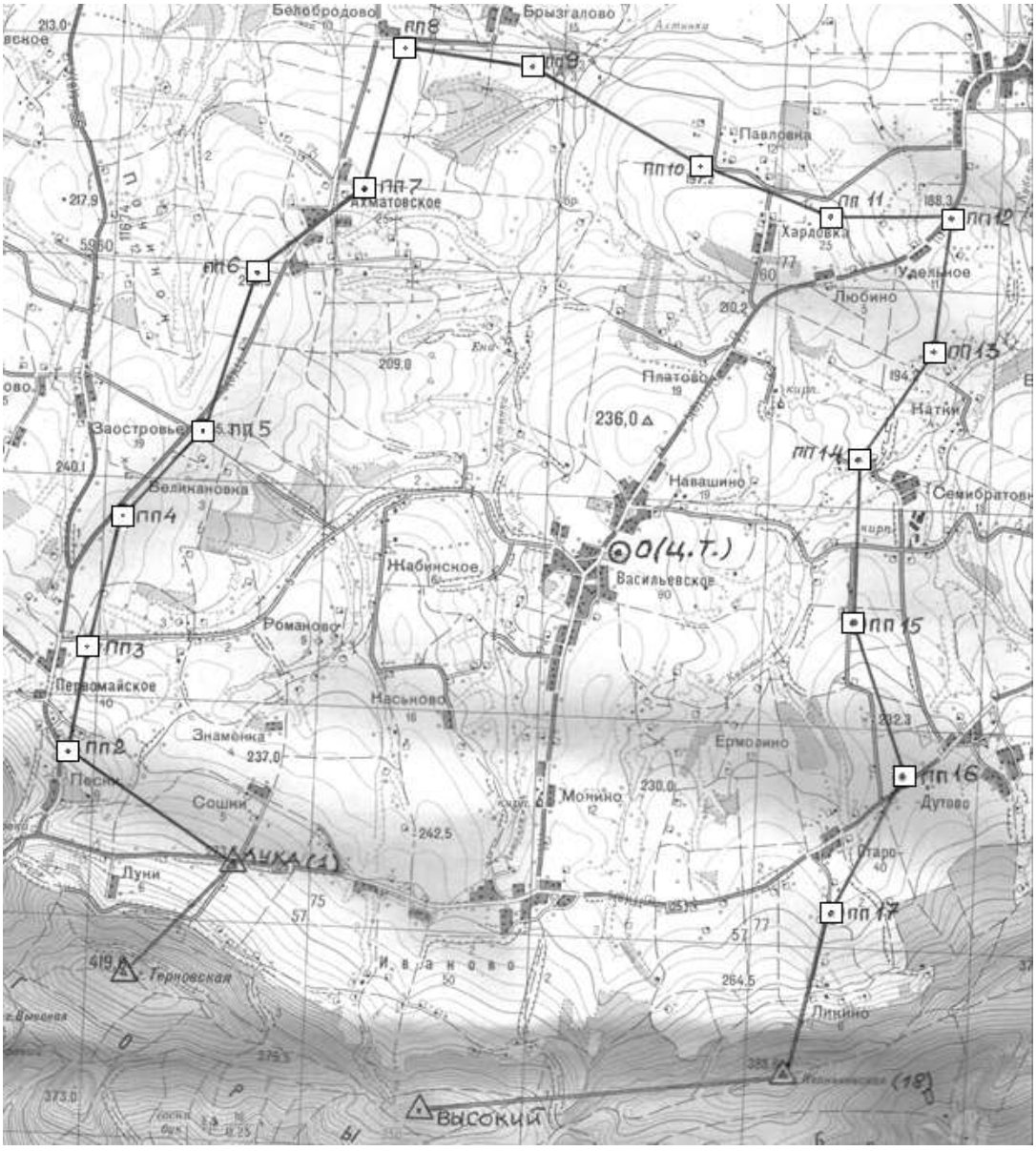


Рис. 1.2. Схема полигонометрического хода 1-го разряда

Определение критерия вытянутости хода

Для определения критерия вытянутости хода вычисляется отношение длины хода к его замыкающей по формуле:

$$\frac{[S]}{L}. \qquad (7)$$

В контрольном примере получается следующее соотношение:

$$\frac{[S]}{L} = \frac{11,3}{2,6} = 4,3.$$

Размерность величин в числителе и в знаменателе должна быть одинаковой.

Критерием вытянутости хода является условие:

$$\frac{[S]}{L} \le 1,3.$$

Следовательно, приведенный на рис. 1.2 ход является изогнутым.

Для изогнутого хода оценка точности выполняется по формуле:

$$M^2 = n \cdot m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho''^2} \cdot \left[D_{o,i}^2 \right], \qquad (1.8)$$

где $[D_{o,i}{}^2]$ – сумма квадратов расстояний от центра тяжести хода до каждого пункта хода.

Определение центра тяжести хода выполняется непосредственно по карте. Последовательность действий при этом производится в соответствии с рис. 1. 1.

В контрольном примере, приведенном на рис. 1.2, центр тяжести хода определен графическим путем и обозначен точкой «О».

Определение величины $[D_{o,i}{}^2]$

Определение величины $[D_{o,i}{}^2]$ выполнено в табл. 1. 4.

Таблица 1.4

Определение величины $[D_{o,\,i}{}^2]$

Наименование расстояний	Измеренные расстояния на карте в см $D_{o,\,i}$	Эти же расстояния в см на местности $D_{o,\,i}$	Квадраты расстояний в см^2 на местности $D_{o,\,i}{}^2$
О – ΔЛука (1)	9,0	$2{,}2 \cdot 10^5$	$4{,}8 \cdot 10^{10}$
О – пп2	10,5	$2{,}6 \cdot 10^5$	$6{,}8 \cdot 10^{10}$
О – пп 3	10,0	$2{,}5 \cdot 10^5$	$6{,}2 \cdot 10^{10}$
О – пп 4	9,2	$2{,}3 \cdot 10^5$	$5{,}3 \cdot 10^{10}$
О – пп5	7,8	$2{,}0 \cdot 10^5$	$4{,}0 \cdot 10^{10}$
О – пп 6	8,3	$2{,}0 \cdot 10^5$	$4{,}0 \cdot 10^{10}$
О – пп 7	8,1	$2{,}0 \cdot 10^5$	$4{,}0 \cdot 10^{10}$
О – пп 8	9,8	$2{,}4 \cdot 10^5$	$5{,}8 \cdot 10^{10}$
О – пп 9	8,9	$2{,}2 \cdot 10^5$	$4{,}8 \cdot 10^{10}$
О – пп 10	7,2	$1{,}8 \cdot 10^5$	$3{,}2 \cdot 10^{10}$
О – пп 11	7,1	$1{,}8 \cdot 10^5$	$3{,}2 \cdot 10^{10}$
О – пп 12	8,7	$2{,}2 \cdot 10^5$	$4{,}8 \cdot 10^{10}$
О – пп 13	6,8	$1{,}7 \cdot 10^5$	$2{,}9 \cdot 10^{10}$
О – пп 14	4,6	$1{,}2 \cdot 10^5$	$1{,}4 \cdot 10^{10}$
О – пп 15	4,4	$1{,}1 \cdot 10^5$	$1{,}2 \cdot 10^{10}$
О – пп 16	6,5	$1{,}6 \cdot 10^5$	$2{,}6 \cdot 10^{10}$
О – пп 17	7,4	$1{,}8 \cdot 10^5$	$3{,}2 \cdot 10^{10}$
О – ΔИваньковский(18)	9,9	$2{,}5 \cdot 10^5$	$6{,}2 \cdot 10^{10}$
		$\sum$	$74{,}4 \cdot 10^{10}$

Вычисление средней квадратической ошибки положения пункта в слабом месте хода

Средняя квадратическая ошибка вычисляется по формуле (1.8):

$$M^2_{(см)} = n \cdot m_s^2(\text{см}) + \frac{m_\beta''^2}{\rho''^2} \cdot [D^2_{o,i}](\text{см}),$$

в которую подставляются исходные данные из табл. 1.3 и 1.4, в результате чего получаем:

$$M^2 = 17 \cdot 1 + 5^2 / 4 \cdot 10^{10} \cdot 74{,}4 \cdot 10^{10} = 484 \text{ см}^2.$$

Отсюда: $M = 22{,}0$ см.

Вычисление относительной ошибки хода

Относительная ошибка хода вычисляется по формуле:

$$\frac{2M\,(\text{см})}{[S](\text{см})},$$

где [S] – длина хода на местности, в см.

Используя вычисленную величину M и длину хода из табл. 1. 3, получим

$$\frac{2M}{[S]} = \frac{44{,}0\ \text{см}}{1\ 130\ 000\ \text{см}} = \frac{1}{26\ 000}.$$

Полученная величина сравнивается с предельной относительной ошибкой хода, заданной инструкцией и приведенной в табл. 1.2. При этом должно быть выполнено условие, соответствующее полигонометрии 1-го разряда:

$$\frac{2M}{[S]} \le \frac{1}{10\ 000}.$$

Вычисленная величина не превышает 1/10 000 (предельной величины), следовательно, ход запроектирован правильно.

Лабораторная работа № 2

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ВЫСОТНОЙ ОСНОВЫ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ СЪЕМОК

Цель работы – практическое освоение методов проектирования и оценки точности высотных сетей

Библиографический список

1. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 и 1 : 500. – М.: Недра, 1985. – 152 с.

2. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. Федеральная служба геодезии и картографии России. – М., Картгеоцентр-Геодезиздат, 2004. – 244 с., 35 ил.

3. Селиханович В. Г. Геодезия: учебник для вузов. – М.: Недра, 2000. – 544 с.

Инструменты и принадлежности: карта масштаба 1 : 25 000, калькулятор; карта; линейка; карандаш; тетрадь для записей**.**

Содержание работы

1. Описать методы и приборы для построения высотной основы.

2. Выполнить проектирование на карте масштаба 1 : 25 000 хода IV класса или технического нивелирования по пунктам полигонометрии.

3. Выполнить оценку точности нивелирного хода.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какие задачи решаются в процессе нивелирования?

2. Какой порядок наблюдений принят на станции нивелирного хода четвертого класса и технического нивелирования?

3. Для чего следует соблюдать равенство плеч при нивелировании?

4. Какое условие является главным условием для уровенных нивелиров?

5. При большем отсчете или при меньшем (при прочих равных условиях) сильнее сказывается ошибка от наклона рейки?

6. Какое допускается расхождение превышений на станции, определенных по черным и красным сторонам реек?

7. Какие нивелиры могут быть применены для технического нивелирования?

8. Какова сущность тригонометрического нивелирования?

9. В каких случаях допускается определение высот точек полигонометрических ходов тригонометрическим нивелированием?

ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Описание методов и приборов для построения высотной основы

Согласно инструкции [1] рекомендуется совмещать линии нивелирования с закрепленными пунктами полигонометрических ходов, отметки которых должны быть определены из нивелирования IV класса или технического нивелирования.

Нивелирные сети создаются в виде отдельных ходов или полигонов и привязываются не менее чем к двум исходным реперам высшего класса.

Нивелирные ходы IV класса прокладываются в одном направлении. Длина линий нивелирования IV класса в обжитых районах не должна превышать 60 км, а в малообжитых – 80 км, в застроенной городской территории – 8 км, а на незастроенной городской территории – 12 км [2].

Нивелирование IV класса производится нивелирами с цилиндрическим уровнем или компенсатором, имеющими увеличение зрительной трубы 20–22$^{\times}$, цену деления цилиндрического уровня не более 30$''$ на 2 мм [2].

Перед началом полевых работ необходимо выполнить исследования нивелиров и поверки, согласно требованиям инструкции [2].

Наблюдения на станции выполняются в следующей последовательности:

- нивелир устанавливается в рабочее положение с помощью установочного уровня;

- зрительная труба наводится на черную сторону задней рейки и пузырек цилиндрического уровня приводится в нуль-пункт элевационным винтом;

- производятся отсчеты по средней и верхней дальномерной нитям;

- зрительная труба наводится на черную сторону передней рейки и выполняются действия, указанные при наблюдении задней рейки;

- рейки поворачиваются красной стороной, после чего по красной стороне передней рейки берется отсчет по средней нити;

- зрительная труба наводится на красную сторону задней рейки и производится отсчет по средней нити.

При работе нивелиром с компенсатором отсчет по рейке берется сразу же после приведения нивелира в рабочее положение и наведения трубы на рейку.

Допустимое расхождение значений превышения на станции, определенных по черным и красным сторонам реек с учетом разности высот нулей пары реек, не должно быть более 5 мм. Невязки в нивелирных ходах между исходными пунктами и в полигонах не должны превышать величины, рассчитываемой по формуле:

$$20 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}, \qquad (2.1)$$

где L – длина хода (полигона), в км.

Ходы технического нивелирования прокладываются между двумя исходными реперами более высокого класса точности в виде одиночных ходов или систем ходов с одной или несколькими узловыми точками. В замкнутых ходах появляется возможность дополнительного контроля определения превышений.

Техническое нивелирование производится нивелирами с увеличением зрительной трубы не менее $20^{\times}$ и ценой деления уровня не более $45''$ на 2 мм.

Длины ходов технического нивелирования зависят от высоты сечения рельефа. При высоте сечения 1 м и более длины ходов не должны превышать 16 км [1].

Ходы технического нивелирования выполняются в одном направлении.

Порядок работы на станции следующий:

- нивелир с помощью круглого уровня устанавливается в рабочее положение;

- зрительная труба наводится на черную сторону задней рейки и, после приведения пузырька цилиндрического уровня в нуль-пункт, берется отсчет по средней нити;

- задняя рейка поворачивается красной стороной и снова производится отсчет по средней нити;

- зрительная труба переводится на черную сторону передней рейки и после приведения пузырька цилиндрического уровня в нуль-пункт, берется отсчет по средней нити;

- передняя рейка поворачивается красной стороной и берется отсчет по средней нити.

При работе нивелиром с компенсатором отсчет по рейке берется сразу же после приведения нивелира в рабочее положение и наведения трубы на рейку.

Расхождения превышений на станции, определенных по черным и красным сторонам реек, не должны превышать 5 мм.

Невязки нивелирных ходов или замкнутых полигонов не должны превышать величины, вычисленной по формуле:

$$50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L}, \qquad (2.2)$$

где L – длина хода (полигона), в км.

Классификация нивелиров

Согласно ГОСТ 10528-96 нивелиры классифицируются:

- по точности: высокоточные, точные и технические;

- по типу отсчетного приспособления: с оптическим микрометром и без него;

- по способу приведения визирной линии в горизонтальное положение: нивелиры с уровнем при зрительной трубе и с компенсатором углов

наклона, автоматически устанавливающим линию визирования в горизонтальное положение;

- по способу отсчитывания по рейке: нивелиры с визуальным (традиционным) и с автоматическим отсчетом.

Стремительные темпы автоматизации привели к созданию нового поколения цифровых нивелиров, у которых благодаря наличию цифровых датчиков регистрируется отсчет по специальной рейке со штриховым кодом.

Для нивелирования III и IV классов могут быть использованы отечественные нивелиры с кодом Н-3, Н-3КЛ со средней квадратической ошибкой 3 мм на 1 км двойного хода и им равноточные, а для технического нивелирования, кроме выше названных, нивелиры с кодом Н-10, Н-10КЛ. Кроме того, для рассматриваемых классов нивелирования могут быть использованы цифровые нивелиры DiNi 10, DiNi 22 (фирмы «Карл Цейс»), SDL (фирмы «Sokkia»), NA2000 (фирмы «Leika») и др.

Проектирование нивелирного хода по пунктам полигонометрического хода

По заданию преподавателя студент проектирует на топографической карте масштаба 1 : 25 000 нивелирный ход IV класса, или ход технического нивелирования по пунктам полигонометрического хода, запроектированного в предыдущей работе.

Основными требованиями к проектированию являются:

- нивелирный ход должен опираться обоими концами на реперы старшего класса;

- отметки должны быть переданы на все пункты запроектированного полигонометрического хода.

Расчет точности запроектированного нивелирного хода

При проектировании нивелирных работ устанавливаются погрешности отметок реперов в наиболее слабом месте. При этом полагают, что веса измеряемых превышений обратно пропорциональны длинам линий, а средние квадратические случайные погрешности на 1 км хода известны. Их значения приводятся в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Средние квадратические случайные погрешности на 1 км хода

Класс нивелирования	$m_{км}$ (случайная погрешность) на 1 км хода, в мм
IV	10
техническое	25

Для вычисления погрешностей отметок всех промежуточных реперов уравненного нивелирного хода используется формула:

$$m_{H(мм)} = m_{км}\sqrt{L_{A,i} \cdot (1 - \frac{L_{A,i}}{L})}, \quad (2.3)$$

где $m_{км}$ – случайная средняя квадратическая погрешность превышения на 1 км двойного хода;

$L_{A,\,i}$ – длина нивелирного хода от начального репера до оцениваемого пункта хода;

L – длина всего нивелирного хода от начального до конечного исходных реперов.

При этом полагается, что влияние систематических погрешностей незначительно по сравнению с другими ошибками и может быть выявлено на этапе выполнения поверок.

Установив погрешность наиболее слабого репера, сравнивают ее значение с допустимым значением, которое вычисляют по формуле:

$$\Delta_{пред} = m_{км} \cdot \sqrt{L}, \quad (2.4)$$

где $\Delta_{пред}$ – предельная СКО положения точки по высоте в середине хода после уравнивания;

$m_{км}$ – СКО на один километр хода, принимаемая равной 10 мм для IV класса и 25 мм для технического нивелирования;

L – длина нивелирного хода в километрах.

Пример оценки точности нивелирного хода IV класса

Приведем выписку из «Инструкции по топографической съемке в масштабах 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000 и 1 : 500» [1]:

– «на все закрепленные точки полигонометрических ходов должны быть переданы отметки нивелированием IV класса или техническим нивелированием;

– нивелирование IV класса по типам центров 5 г.р. и 6 г.р. производить не следует. В противном случае высоты этих пунктов не должны помещаться в каталогах».

Для контрольного примера на карте масштаба 1 : 25 000 по пунктам полигонометрии запроектирован нивелирный ход IV класса. Схема хода приведена на рис. 2.1. Условным знаком нивелирного хода являются дуги зеленого цвета, проведенные между пунктами полигонометрического хода с вычерчиванием на них стрелок, указывающих направление хода.

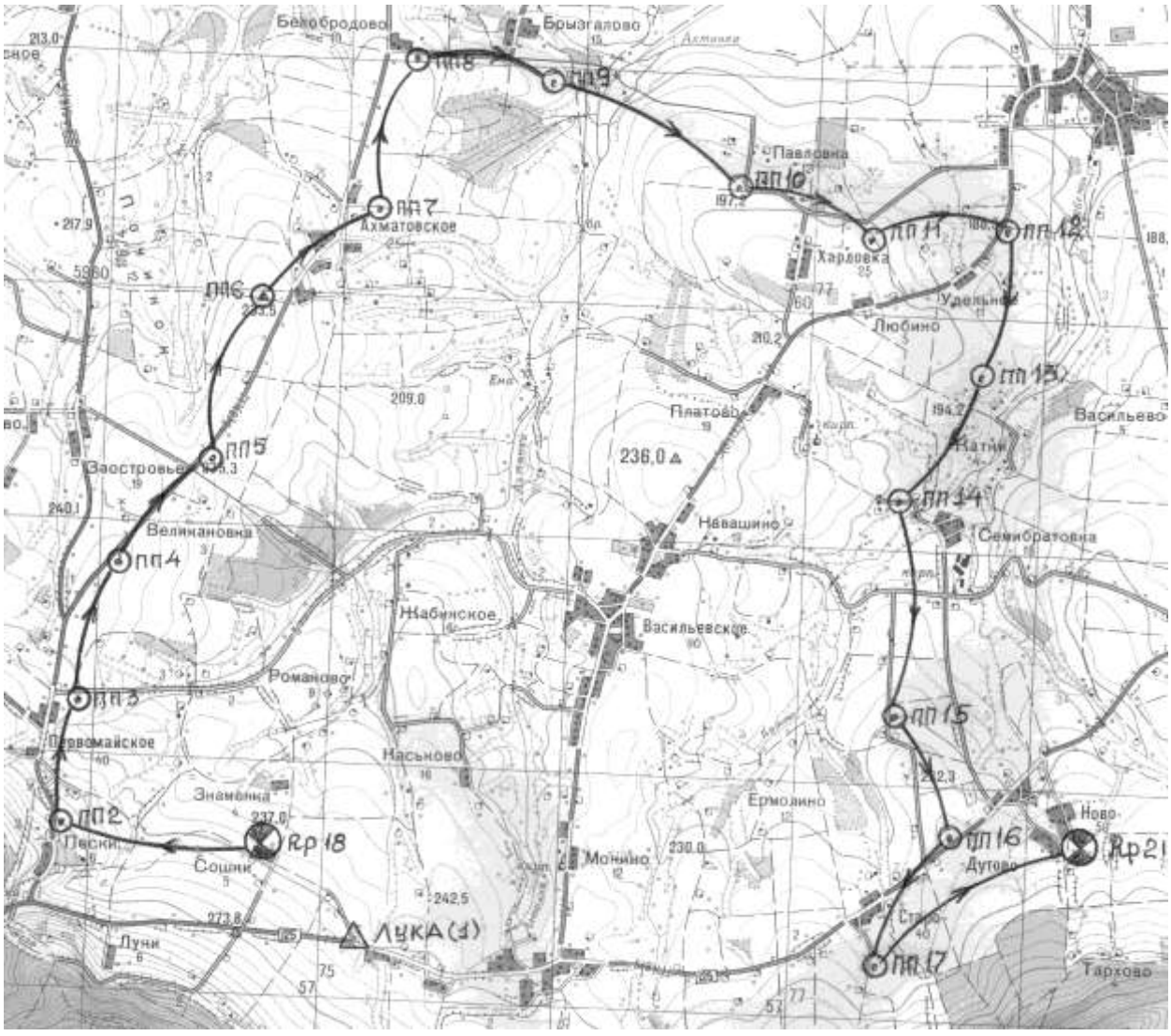


Рис. 2.1. Схема нивелирного хода IV класса

Запроектированный ход двумя концами привязывается к исходным реперам: Rp 18 и Rp 212.

Исходные данные для выполнения этой работы определяются непосредственно по карте, на которой составлен проект нивелирного хода и дополнительно выбираются из табл. 2.1. Точность хода указывается преподавателем индивидуально.

Для расчета точности рекомендуется выполнить подготовку исходных данных в табл. 2.2 и 2.3.

Таблица 2.2

Исходные данные для расчета точности нивелирного хода

Наименование исходных данных, их размерность	Значения исходных величин
Длина нивелирного хода L на местности, в км	11,0
СКО на один километр хода $m_{км}$, в мм	10
Предельная СКО положения точки по высоте $\Delta_{пред}$, в мм	33

Пояснения к табл. 2. 2:

– сначала длина хода определяется в сантиметрах по карте, а затем в соответствии с масштабом карты переводится в длину хода на местности в километрах. На карте масштаба 1 : 25 000 длина хода, измеренная линейкой, составила 44 см. Следовательно, на местности длина всего хода от исходного репера 18 до конечного репера 212 вычисляется следующим образом:

$$44 \text{ см} \cdot 250 \text{ м} = 11\,000 \text{ м или } 11 \text{ км};$$

– средняя квадратическая случайная погрешность на 1 км хода $m_{км}$ выбирается из табл. 2.1 по классу нивелирного хода, заданного преподавателем;

– предельная средняя квадратическая ошибка положения точки по высоте вычисляется по формуле (2.4).

Таблица 2.3

Оценка точности нивелирного хода IV класса

Расстояния от начального Rp 18 до оцениваемого (i-го) пункта хода $L_{A,\,i}$, км		Средние квадратические погрешности отметок промежуточных пунктов хода, мм $m_{H\,(\text{мм})} = m_{\text{км}}\sqrt{L_{A,i}\cdot(1-\frac{L_{A,i}}{L})}$
Название хода	Длина хода, км	
Rp 18 – пп 2	0,9	9,1
Rp 18 – пп 3	1,7	12.0
Rp 18 – пп 4	2,0	12,8
Rp 18 – пп 5	2,6	14,1
Rp 18 – пп 6	3,3	15,2
Rp 18 – пп 7	3,9	15,9
Rp 18 – пп 8	4,6	16,4
Rp 18 – пп 9	5,1	16,5
Rp 18 – пп 10	6,0	16,5
Rp 18 – пп 11	6,6	16,2
Rp 18 – пп 12	7,2	15.8
Rp 18 – пп 13	7,8	15.1
Rp 18 – пп 14	8,4	14,1
Rp 18 – пп 15	9,4	11,7
Rp 18 – пп 16	9,9	9,9
Rp 18 – пп 17	10,6	6,2

Далее выполняется анализ вычисленных средних квадратических погрешностей отметок промежуточных пунктов хода. Для этого выбирается максимальная погрешность оцениваемого репера, которая сравнивается с предельной, указанной в табл. 2.2.

По данным табл. 2.3 самым слабым местом в ходе являются пункты полигонометрии пп 9 и пп 10, которые находятся примерно в середине проектируемого хода. Погрешность их получилась равной 16,5 мм. Полученная погрешность сравнивается с предельной ошибкой $\Delta_{\text{пред}}$, выбранной из табл. 2.2.

Если выполняется условие:

$$m_{H\text{мак.}} \leq \Delta_{\text{пред.}},$$

то запроектированный ход соответствует по точности нивелирному ходу IV класса.

В контрольном примере:

$$16{,}5 \text{ мм} < 33 \text{ мм}.$$

Следовательно, нивелирный ход запроектирован правильно.

Лабораторная работа № 3

ПОВЕРКА КОМПЛЕКТА ПРИБОРА ДЛЯ УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Цель работы – практическое освоение устройства точных оптических теодолитов и методик поверки теодолитов, оптических центриров и марок.

Библиографический список

1. Селиханович В. Г. Геодезия: учебник для вузов. – М.: Недра, 2000. – 544 с.

2. Геодезические приборы. Теодолиты. Нивелиры: учеб. пособие / Г. А. Уставич, А. М. Олейник, А. М. Попов, Я. Г. Пошивайло. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2005. – 130 с.

Инструменты и принадлежности: теодолиты типа Т2 и Т5, оптические центриры, визирные марки, набор отверток, шпилька, клиновый ключ.

Содержание работы

1. Изучить устройство теодолита типа Т2.
2. Изучить устройство теодолита типа Т5.
3. Выполнить поверки угломерного комлекта при его подготовке к работе.
4. Написать отчет по выполненной работе.

Вопросы для самоподготовки

1. Понятие поверки.
2. Описание основных геометрических осей теодолита.
3. Что представляет собой коллимационная ошибка и при каких условиях она будет сохранять свою величину?

4. При каких условиях исключается влияние угла наклона оси вращения трубы на измеряемый угол?

5. Исключается ли остаточный наклон оси вращения теодолита методикой измерений?

6. При каком условии положения визирной оси и оси вращения зрительной трубы образуется коллимационная плоскость?

7. Свободно ли среднее значение из отсчетов по лимбу, полученное из измерений при КЛ и КП от неперпендикулярности оси вращения зрительной трубы к оси вращения теодолита?

8. С помощью какого инструмента следует производить центрирование марок и теодолита при угловых измерениях в полигонометрии?

9. Какие поверки оптического отвеса следует выполнять?

10. Какие поверки визирных марок необходимо выполнять?

ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

ПОВЕРКА ОПТИЧЕСКИХ ТЕОДОЛИТОВ

Поверка цилиндрического уровня

При выполнении данной поверки проверяется следующее условие: *ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к оси вращения теодолита.*

Порядок выполнения поверки данного условия следующий. Цилиндрический уровень устанавливается по направлению двух подъемных винтов, одновременным вращением которых в противоположных направлениях, пузырек приводится на середину в нуль-пункт. Затем алидада горизонтального круга поворачивается на 180°. Если пузырек уровня остается в середине или отклонится от нуль-пункта не более, чем на одно деление уровня, то условие считается выполненным. При отклонении пузырька на большую величину производится юстировка. Для этого исправительным винтом цилиндрического уровня пузырек перемещается в сторону нуль-пункта на половину дуги отклонения, а вторая половина отклонения устраняется вращением подъемных винтов. После исправления поверку следует повторить.

Поверка круглого уровня

При выполнении данной поверки проверяется следующее условие: *ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения теодолита.*

Для проверки данного условия ось вращения теодолита приводится в отвесное положение по выверенному цилиндрическому уровню. Если пузырек круглого уровня при этом окажется в нуль-пункте, то данное геометрическое условие считается выполненным. В противном случае, пузырек перемещают исправительными винтами круглого уровня на середину, устанавливая его строго в нуль-пункт.

Определение коллимационной погрешности

При выполнении данной поверки проверяется следующее условие.

Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы.

Несоблюдение этого условия вызывает коллимационную погрешность C – угол отклонения визирной оси от перпендикуляра к оси вращения трубы.

В теодолитах с двухсторонней системой отсчета (2Т2, 3Т2КП) для определения величины коллимационной погрешности выбирается удаленная точка, расположенная вблизи горизонта, на которую визируют при двух положениях вертикального круга (КЛ и КП) и определяют отсчеты по горизонтальному кругу $Л_1$ и $П_1$. Величина коллимационная погрешности в этом случае вычисляется по формуле:

$$C = \frac{Л_1 - П_1}{2}. \qquad (3.1)$$

Для контроля наблюдения повторяются на вторую точку.

Величина коллимационной погрешности не должна превышать двойной точности отсчета. При несоблюдении этого допуска выполняется исправление.

Устранение коллимационной погрешности производится с помощью специального клинового кольца, установленного перед объективом. Действия при этом выполняются в следующем порядке:

– вращением барабанчика микрометра устанавливают отсчет минут и секунд, соответствующий исправленному отсчету КП + C (при круге право) или КЛ – C (при круге лево);

– вращением наводящего винта алидады горизонтального круга совмещаются изображения диаметрально противоположных штрихов лимба;

– вращением клинового кольца, которое выполняется специальным ключом, вводят изображение наблюдаемой точки в центр биссектора сетки нитей.

После юстирования поверку повторяют. Из наблюдений вычисляют двойную коллимационную ошибку $2C$. Колебание величины $2C$ не должно превышать 12″.

В теодолитах с односторонней системой отсчитывания (2Т5, 3Т5КП) разность отсчетов (Л-П) будет искажена влиянием не только коллимационной ошибки, но и влиянием эксцентриситета алидады. В таких приборах поверку выполняют следующим образом. После приведения оси вращения прибора в отвесное положение визируют на одну и ту же точку при двух положениях вертикального круга и снимают отсчеты по горизонтальному кругу $Л_1$ и $П_1$. Затем, открепив винт подставки поворачивают теодолит в подставке на 180°. После приведения оси вращения теодолита в отвесное положение снова визируют на ту же точку при двух положениях вертикального круга, снимая отсчеты по горизонтальному кругу $Л_2$ и $П_2$.

Величина коллимационной погрешности в этом случае вычисляется по формуле

$$C = \frac{(Л_1 - П_1) + (Л_2 - П_2)}{4}. \qquad (3.2)$$

В теодолитах со шкаловым микроскопом установка исправленного отсчета КП + C (при круге право) или КЛ – C (при круге лево) выполняется вращением наводящего винта алидады. При этом изображение наблюдаемой точки сместится с перекрестия сетки нитей.

Вращением клинового кольца, которое выполняется специальным ключом, вводят изображение наблюдаемой точки в центр биссектора сетки нитей.

После юстировки поверку повторяют.

Поверка сетки нитей

При выполнении данной поверки проверяется следующее условие.

Вертикальная нить сетки должна лежать в коллимационной плоскости трубы, то есть должна быть перпендикулярна к оси вращения зрительной трубы.

Для выполнения этой поверки на расстоянии около 10 метров подвешивается отвес, на который наводится вертикальная нить сетки нитей теодолита. Если нити сетки нитей и отвеса совпадают, условие выполнено.

Если будет замечено отклонение более чем на 3 толщины сетки нитей, то производится исправление.

Для этого откручивается крышка с окуляра, ослабляются винты, скрепляющие пластину, несущую сетку нитей с корпусом зрительной трубы и сеточное кольцо поворачивается до совмещения нитей сетки и отвеса, после чего поверку повторяют.

Если такой способ не устранил несоблюдения условия, необходимо произвести частичную разборку окуляра в условиях мастерской и исправить наклон сетки.

Поверка оптического центрира теодолита

При выполнении данной поверки проверяется следующее условие. *Визирная ось оптического центра должна совпадать с осью вращения теодолита.*

Прибор устанавливается на штативе, и ось вращения теодолита приводится в отвесное положение. На листе бумаги, подложенном под штатив, отмечается проекция середины кружка оптического центрира. Затем, медленно вращая алидаду вокруг вертикальной оси, на 180°, наблюдают за изображением точки. Если в процессе вращения изображение точки остается на месте или смещается не более, чем на три толщины линии окружности сетки (на местности – 0,5 мм), то условие выполнено. В противном случае в теодолитах 2Т5, 2Т2 и 3Т5КП, 3Т2КП юстировка выполняется в условиях мастерской.

ПОВЕРКА ОПТИЧЕСКИХ ЦЕНТРИРОВ

Поверка цилиндрического уровня на подставке оптического центрира

При выполнении данной поверки проверяется следующее условие.

Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна к оси вращения оптического центрира.

Цилиндрический уровень устанавливается по направлению двух подъемных винтов, и пузырек уровня приводится на середину. Затем, оптический центрир поворачивается вокруг вертикальной оси на 180°. Если пузырек уровня отклонится от середины более, чем на одно деление, то условие не выполняется. Юстировку производят исправленным винтом уровня.

Поверка положения визирной оси зрительной трубы оптического центрира

При выполнении данной поверки проверяется следующее условие.

Визирная ось зрительной трубы оптического центрира должна совпадать с осью его вращения.

Поверку выполняют тем же способом, что и у оптического центрира теодолита типа Т2. Юстировку производят исправительными винтами сетки нитей, перемещая диафрагму сетки нитей на половину замеченного смещения.

ПОВЕРКА ВИЗИРНЫХ МАРОК

Поверка круглого уровня, установленного на марке

Для достижения большей точности измерения угла применяются специальные визирные приспособления – марки, которые устанавливаются над точками визирования.

Средняя линия этой марки является осью симметрии визирной цели и служит для визирования на нее трубой. Ось симметрии марки приводится в отвесное положение либо при помощи оптического центрира, либо при помощи круглого уровня, установленного на марке.

При выполнении данной поверки проверяется следующее условие.

Ось круглого уровня, установленного на марке, должна быть параллельна оси вращения марки.

Поверка выполняется обычным способом, описанном выше.

Поверка положения оси визирной цели марки

При выполнении данной поверки проверяется следующее условие.

Ось симметрии визирной цели марки должна совпадать с осью вращения марки.

Для выполнения поверки марку устанавливают на штативе на расстоянии 3–5 метров от теодолита. Оси вращения марки и теодолита приводятся в отвесное положение.

Для двухсторонней или стеклянной марки поверку производят путем поочередного наблюдения визирной цели на марке при начальном (исходном) ее положении и после поворота марки в трегере на 180°. Разность отсчетов по лимбу горизонтального круга δ_β вычисляется по формуле:

$$\delta_\beta = \beta_2 - \beta_1, \tag{3.3}$$

где β_2 и β_1 – отсчеты по горизонтальному кругу при двух положениях марки.

Асимметрия визирной цели *a* относительно оси вращения марки, выраженная в линейной мере, в этом случае определяется по формуле

$$a_{мм} = \frac{\delta''_\beta \cdot s_{мм}}{\rho''}, \tag{3.4}$$

где *s* – расстояние от теодолита до марки, в мм;

ρ – 206 265".

Для односторонней марки, точно по центру, прикрепляется тонкая игла (пластилином) и наблюдения выполняют по игле в той же последовательности, что и в первом случае.

Величина ассиметрии не должна превышать 1 мм. При большем ее значении марка забраковывается.

Для высокоточных измерений величина ассиметрии, в соответствии с рис. 3.1, не должна превышать 0,1–0,3 мм.

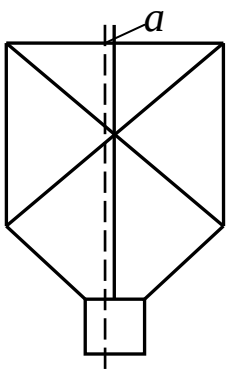


Рис. 3.1. Асимметрия визирной марки

Рисунок и цвета окраски у различных конструкциях марок различны. Чаще всего визирная цель на марке представляет собой перевёрнутый вверх основанием треугольник, вершина угла которого совпадает с осью симметрии марки. Иногда визирной целью является группа треугольников, окрашенных в два цвета, вершины которых сходятся в одной точке и также совпадают с осью симметрии марки.

Уральский оптико-механический завод (УОМЗ) комплектует теодолиты специальным набором марок – КВЦ (комплект визирных целей).

Марки, входящие в комплект визирных целей для теодолита типа Т2, окрашены яркой флюоресцентной краской, что даёт возможность производить измерение углов со сторонами до 5 км. Кроме того, на оси симметрии имеется небольшое отверстие, которое освещается лампочкой подсветки, что позволяет производить измерения в ночных условиях.

При выполнении угловых измерений плоскость марки должна быть установлена перпендикулярно к линии визирования.

Лабораторная работа № 4

ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ ОПТИЧЕСКИМИ ТЕОДОЛИТАМИ СПОСОБАМИ КРУГОВЫХ ПРИЕМОВ И ОТДЕЛЬНОГО УГЛА

Цель работы – изучение контролей, допусков и практическое освоение способов измерения горизонтальных углов.

Библиографический список

1. Селиханович В. Г. Геодезия: учебник для вузов. – М.: Недра, 2000. – 544 с.

2. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500 / Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. – М., «Недра», 1973. – 176 с.

Инструменты и принадлежности: теодолиты типа Т2 и Т5, оптические центриры, визирные марки, журналы для измерения углов.

Содержание работы

1. Измерить горизонтальные углы круговыми приемами теодолитами типа Т5 и Т2.

2. Измерить горизонтальные углы способом отдельного угла оптическими теодолитами типа Т5 и Т2.

3. Написать отчет по выполненной работе.

Вопросы для самоподготовки

1. Какие инструменты применяются для измерения углов в полигонометрии 1-го разряда?

2. Назовите теодолиты, которыми можно измерять углы со средней квадратической ошибкой 2, 5".

3. Какие ошибки влияют на точность угловых измерений? Укажите меры борьбы с ними.

4. Вследствие чего возникает ошибка за центровку и редукцию? При длинных или коротких сторонах полигонометрического хода они будут более опасными?

5. Зависит ли ошибка центрования от величины измеряемого угла?

6. В чем заключается способ круговых приемов измерения углов?

7. Для чего производится повторное визирование на первую точку при измерении углов по способу круговых приемов?

8. В чем заключается измерение углов способом отдельного угла?

ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УГЛОВ

Основные положения

В полигонометрических ходах или сетях применяют главным образом два способа измерения горизонтальных углов:

- способ круговых приемов;
- способ измерения отдельного угла.

Число приемов определяется инструкцией [2], в соответствии с классом или разрядом и точностью теодолитов.

Программу наблюдений для каждого пункта составляют с использованием проекта сети, выполненного на карте.

При наблюдении со штатива необходимо обеспечить устойчивость штатива. Если грунт зыбкий, следует снять дерн, забить колья толщиной 10 см и сделать углубления на их верхних срезах для установки ножек штатива.

После установки теодолита необходимо проверить его устойчивость и произвести поверку уровня на алидаде горизонтального круга.

При измерении горизонтальных направлений необходимо придерживаться следующих условий:

- не завинчивать слишком туго закрепительные винты и при работе использовать среднюю часть наводящих винтов алидады и зрительной трубы;

- производить контроль в процессе измерения углов за нивелированием прибора, т. е. следить, чтобы пузырек уровня при алидаде горизонтального круга в течение приема не смещался более, чем на два деления (при необходимости пузырек уровня приводится на середину в перерыве между приемами);

- перед началом измерений делать 2-3 оборота алидадной части теодолита в направлении вращения;

- алидаду и зрительную трубу вращать плавно, без рывков;

- по возможности не менять фокусировку трубы и отсчетного микроскопа;

- совмещать изображения диаметрально противоположных штрихов горизонтального круга вращением головки микрометра только по ходу часовой стрелки.

Все полевые измерения записывают в журнал установленной формы. Запись ведут шариковой ручкой разборчиво и аккуратно. Неправильную запись зачеркивают по диагонали, отмечая причину ошибки, и ставят роспись. При исправлении чисел в вычислениях зачеркивают все число, а не отдельные цифры, и сверху пишут новое число. Отсчеты, снятые со шкалы оптического микрометра, исправлять запрещено.

Название пункта, на котором производят наблюдения, число и месяц записывают на каждой странице журнала. Листы журнала должны быть пронумерованы. Переписывать полевые журналы не разрешается.

Подготовка теодолита для измерения углов

Подготовка теодолита для измерения углов состоит из следующих действий:

- центрирование;

- приведение основной оси теодолита в отвесное положение;

- установки трубы для наблюдений.

Центрирование выполняется с помощью оптического отвеса с точностью 1 мм.

Центрирование и приведение основной оси теодолита в отвесное положение на станции производится одновременно.

Штатив устанавливается над точкой так, чтобы его головка была примерно горизонтальна, а центр находился над точкой. Теодолит закрепляется становым винтом на головке штатива. С помощью подъемных винтов крест сетки нитей оптического центрира тщательно совмещается с центром знака.

Далее цилиндрический уровень на алидаде горизонтального круга устанавливается по направлению одной из ножек штатива, выдвигая – вдвигая которую, пузырек цилиндрического уровня приводят в нуль-пункт. Такие действия производятся поочередно со второй и третьей ножками штатива.

При грубой первоначальной установке штатива, возможно, появится необходимость в повторении перечисленных действий. Окончательное приведение основной оси в отвесное положение производится подъемными винтами. При этом наведение креста сетки нитей на центр знака может нарушиться. Чтобы исправить положение, слегка открепляется становой винт и перемещением подставки теодолита на головке штатива вновь крест сетки нитей оптического центрира совмещается с центром знака.

При необходимости центрирование повторяется.

Установка трубы для наблюдений

Установка трубы для наблюдений состоит из трех действий:

- установки трубы по глазу;
- установки трубы по предмету;
- устранения параллакса сетки нитей.

Установить трубу по глазу – это значит отфокусировать сетку нитей, то есть добиться четкого ее изображения. Для этого труба наводится на светлый фон и вращением окулярного кольца добиваются четкого изображения нитей сетки.

После наведения креста сетки нитей на визирную цель зажимаются закрепительные винты алидады и трубы и вращением фокусирующей кремальеры добиваются резкого изображения визирной цели (установка трубы по предмету).

Затем устраняется параллакс. Его наличие определяется легким перемещением глаза относительно окуляра. Если при этом изображение пред-

мета смещается относительно сетки нитей, то параллакс имеется. Устраняется он небольшим движением фокусирующей кремальеры.

Измерение углов способом круговых приемов

Способ круговых приемов применяется в том случае, когда число направлений на пункте больше двух. Он позволяет вычислить любой угол между наблюдаемыми пунктами как разность измеренных направлений. Схема наблюдаемых направлений приведена на рис. 4.1.

В этом способе, при неподвижном лимбе, алидада вращается по ходу часовой стрелки и биссектор сетки нитей трубы, последовательно, наводится на первый, второй, третий и так далее, завершая наблюдения повторным визированием на первый пункт, каждый раз выполняя отсчет по горизонтальному кругу. Описанные действия составляют первый полуприем.

Затем труба переводится через зенит и вращением алидады против часовой стрелки биссектор наводится на те же пункты, но в обратной последовательности: на первый, третий, второй и так далее, заканчивая наблюдения повторным визированием на первый пункт. Эти действия называются вторым полуприемом. Первый и второй полуприемы составляют один полный прием.

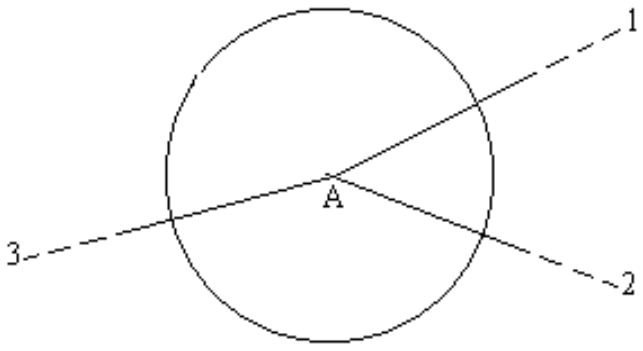


Рис. 4.1. Схема наблюдаемых направлений

Работа на станции при работе с теодолитом типа Т2 выполняется в следующей последовательности:

- визирная ось зрительной трубы при КЛ наводится на визирную марку, установленную в точке 1, которую принимают за начальное направление;

- лимб и оптический микрометр устанавливается на отсчет, близкий к нулю (на 2–5′ больше 0); для этого сначала вращением рукоятки микрометра устанавливают отсчет по шкале, близкий к нулю, затем вращением рукоятки перестановки лимба тщательно совмещают изображения штрихов противоположных краев лимба, после чего производят отсчет и записывают в журнал;

- разводят рукояткой микрометра изображение совмещенных штрихов и снова их соединяют (второе совмещение), производят отсчет и записывают в журнал; разность двух отсчетов не должна превышать 2″;

- открепляют алидаду и наводят визирную ось трубы (вращая алидаду по ходу часовой стрелки) на вторую, а затем третью и т. д. марки; при двух совмещениях производят отсчеты, которые записывают в журнал;

- заканчивают наблюдения повторным визированием на точку 1, которая является начальным направлением и по полученным начальным и конечным отсчетам убеждаются в неподвижном положении лимба. Описанные действия составляют первый полуприем.

Повторное наведение на первую марку называется замыканием горизонта. Расхождение между результатами наблюдений на начальное направление в начале и конце полуприема называется незамыканием горизонта. Оно не должно превышать 0,2′ для теодолита типа Т5 и 8″ – для теодолитов типа Т-2.

Переводят трубу через зенит и производят измерения второго полуприема в следующей последовательности:

- наводят ось зрительной трубы на начальное направление и при двух совмещениях производят отсчеты, которые записывают в журнал в строку, соответствующую наблюдению при КП: запись ведется снизу вверх;

- открепляют алидаду и, поворачивая ее против хода часовой стрелки, визируют ось трубы на третью (при наличии трех направлений), вторую и снова на первую марки. Производят отсчеты при двух совмещениях и записывают в журнал.

На этом заканчивается второй полуприем. Два полуприема составляют полный прием.

Как правило, в полигонометрии измеряют углы несколькими приемами. Число приемов определено инструкцией и зависит от точности выполняемых работ и используемого прибора. Установки, на которых производится измерение углов в разных приемах, вычисляются по формуле:

$$\sigma = \frac{180^\circ}{n} + 10', \qquad (4.1)$$

где n – число приемов.

Пример записи и вычислений в журнале при измерении углов способом круговых приемов приведен в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Журнал измерения углов способом круговых приемов

Дата *19.01.07* Пункт *2* Прием *1*

Время *10* ч. *30* мин. Погода *облачно* Ветер *слабый*

Название направления	Круг	Отсчет по штрихам лимба	Отсчеты по микрометру		$\frac{(a_1+a_2)\cdot\mu}{2}$	Л-П	$\frac{Л+П}{2}$	Значение направления
			a_1	a_2				
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
							-0,0	**0°01'18"**
ПП 1	Л	0^0 01	08,3	09,3	08,8	-18,4	18,0	0°00'00"
	П	180^0 01	26,0	28,3	27,2		-0,4	
ПП 2	Л	76^0 09	29,8	31,0	30,4	-18,2	39,5	76°08'21,1"
	П	256^0 09	48,1	49,0	48,6		-0,8	
ПП 3	Л	270^0 08	39,6	40,9	40,2	-14,3	47,3	270°07'28,5"
	П	90^0 08	54,0	55,0	54,5		-1,2	
ПП 1	Л	0^0 01	10,5	10,0	10,2	-17,9	19,2	0°00'00"
	П	180^0 01	27,0	29,1	28,1			
	Л							
	П							
	Л							
	П	V_i=-1,2"/3 * (i-1)						
	Л							
	П							
	Л							
	П							
	Л							
	П							

Запись и обработка страницы журнала производится в следующей последовательности:

- в графы 3, 4 и 5 записываются результаты наблюдений при визировании на марки. Допустимое расхождение между отсчетами по микрометру a_1 и a_2 не более 2″;

- в колонке 3 отсчеты при КЛ записываются сверху вниз, а при КП – снизу вверх;

- в колонке 6 средние значения из отсчетов a_1 и a_2 округляются до десятых (четных) долей;

- в колонке 7 вычисляется двойная коллимационная ошибка по формуле 2С = КЛ-КП. При измерении углов способом круговых приемов ориентируются не на величину 2С, а на ее колебание, то есть расхождение между максимальным значением (Л-П) и минимальным. Допустимое колебание двойной коллимационной ошибки допускается 20″ для теодолитов типа Т-2 и 0,3' для теодолитов типа Т-5;

- вычисление полусуммы ($\frac{Л + П}{2}$ в 8-й колонке) производится по данным из 6-й колонки;

- далее вычисляются значения направлений на наблюдаемые точки 1, 2, 3, 1, причем градусы и минуты берутся по КЛ;

- на одну и ту же точку 1 в начале и в конце полуприема получаются разные значения. Это разница и есть *незамыкание горизонта*. В каждом полуприеме, то есть при КЛ и КП, эта разница в отсчетах на начальное направление. Для вычислений незамыкания горизонта необходимо из нижнего направления вычесть верхнее, отдельно при КП и КЛ. Незамыкание при КЛ обозначается символом $\Delta_л$. В контрольном примере $\Delta_л = 0^o01'10,2'' - 0^o01'08,8'' = +1,4''$ (секунды берутся из колонки 6). Незамыкание горизонта при КП обозначается символом $\Delta_П$, которое вычисляется следующим образом: $\Delta_П = 180^o01'28,1'' - 180^o01'27,2'' = +0,9''$. Допуск на незамыкание для каждого из полуприемов принимается равным 8". Значение незамыкания горизонта при КЛ и КП записывают внизу журнала в соответствующую строку. Затем вычисляется среднее незамыкание по формуле $\Delta_{ср} = (\Delta_Л + \Delta_П)/2$, в контрольном примере $\Delta_{ср} = (1,4 + 0,9)/2 = +1,2''$. Для контроля вычисления $\Delta_{ср}$ в колонке 8 из нижнего отсчета вычитают

верхний отсчет, то есть 19,2″ – 18″ = +1,2″ За счет ошибок округления может быть разница в значениях $\Delta_{ср}$ равная 0,1″;

- незамыкание горизонта необходимо компенсировать поправками, которые вычисляют по формуле:

$$v_i = \frac{-\Delta_{ср}}{n} \cdot (i-1), \qquad (4.2)$$

где n – число направлений (в данном случае n = 3);

i – текущий номер направления.

Поправки вычисляются до десятых долей и записываются над секундами в колонке 8. Поправка в начальное направление в конце приема должна равняться значению ($-\Delta_{ср}$);

- так как на пунктах направления измеряются несколькими приемами и в каждом приеме наблюдения начинаются с новой установки лимба, то для сравнения направлений из разных приемов их приводят к нулю, для этого из каждого направления, исправленного за поправку v_i, вычитают значение первого направления.

Допустимое расхождение между направлениями, приведенными к нулю из разных приемов, принимается равным 8″.

При несоблюдении допусков соответствующие приемы или все приемы переделываются.

Точность измерения углов в триангуляции и полигонометрии различных классов и разрядов

Точность измерения углов в триангуляции и полигонометрии различных классов и разрядов задается инструкцией по топографической съемке. Эта точность определена среднеквадратической ошибкой измерения углов, которая не должна превышать:

- в полигонометрии 4-го класса – 2″;
- в полигонометрии и триангуляции 1-го разряда – 5″;
- в полигонометрии и триангуляции 2-го разряда – 10″.

Существует три основных источников ошибок измерений:

- личные ошибки, возникающие в результате физиологических возможностей глаз наблюдателя;

- инструментальные ошибки, для исключения и ослабления которых необходимо использовать специальную методику наблюдений, производят окончательное наведение на наблюдаемый предмет только ввинчиванием барабанчика оптического микрометра. Для этого всегда нужно приближенную установку алидады заканчивать так, чтобы вертикальная нить оставалась влево от наблюдаемой цели при КЛ и КП. Полностью устранить параллакс сетки нитей. Наведение выполнять всегда одной и той же точкой биссектора, расположенной в центре поля зрительной трубы, то есть почти в месте присоединения биссектора с горизонтальной нитью. Наблюдатель должен привыкнуть к определенному порядку наведения, например, наведение выполнять чуть ниже горизонтальной нити при КЛ и чуть выше при КП. Сохранять фокусировку по возможности. Защищать инструмент от ветра и солнца;

- ошибки, вызванные внешними условиями. Их исключение зависит от опытности наблюдателя.

Измерение углов способом отдельного угла

Способ отдельного угла применяется в случае наличия двух направлений. Порядок наблюдений между двумя направлениями остается таким же, как и в способе приемов. Отличие состоит лишь в том, что не производят повторного наведения на начальную точку.

Пример записи и вычислений в журнале при изменении отдельного угла в одном приеме приведен в табл. 4.2. Значения углов в полуприемах, а также и в отдельных приемах не должны различаться на 8″ [2].

Окончательное значение угла вычисляют как среднее арифметическое из углов, измеренных в отдельных приемах.

Таблица 4.2

Журнал измерения углов способом отдельного угла

Пункт *5*
Теодолит *Т2 № 103115*
Дата *21 июля 2005 г.*
Наблюдатель: *Мандругин В.В*
Вычислитель: *Мандругин А.В.*

Погода: *облачно, ветер умеренный*
Видимость: *удовлетворительная*
Изображение: *спокойное*

№ приема	Название направлений	Круг	Отсчеты по штрихам лимба	Отсчеты по микрометру a_1	Отсчеты по микрометру a_2	$\frac{a_1+a_2}{2}$	$2C=КЛ+КП$	$\frac{КЛ+КП}{2}$	Значение углов
I	4	КЛ	0° 00'	46,2"	47,2"	46,7"	-11,2"		113°52'41,1"
		КП	180° 00'	57,4"	58,4"	57,9"			
	6	КЛ	113° 53'	27,1"	26,5"	26,8"	-13,3"		113°52'40.1"
		КП	293° 53'	39,6"	40,0"	39,8"			
	4							ср: 113°52'40.6"	
	5								
	6								

При измерении отдельных углов результаты измерений должны находиться в пределах допусков, указанных в инструкции [2].

В журнале измерения углов (см. табл. 4.2) представлены измерения, выполненные теодолитом 3Т2КП. В этом случае допустимым расхождением между значениями одного и того же угла, полученного из двух полуприемов, является величина, равная 8″.

При измерении углов теодолитом Т5 и ему равноточным допустимым расхождением является величина, равная 0,2′.

Лабораторная работа № 5

УРАВНИВАНИЕ ПОЛИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО ХОДА ПО МНК (КОРРЕЛАТНЫМ СПОСОБОМ)

Цель работы – практическое освоение уравнительных вычислений по методу наименьших квадратов (МНК).

Библиографический список

1. Селиханович В. Г. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 2000. – 544 с.

2. Лесных Н. Б. Теория математической обработки геодезических измерений. Метод наименьших квадратов: учеб. пособие. – Новосибирск: СГГА, 2003. – 60 с.

Исходные данные к выполнению работы:

- схема полигонометрического хода;
- результаты измерения углов и линий;
- координаты исходных пунктов и дирекционные углы исходных направлений.

Содержание работы

1. Вычертить схему полигонометрического хода 1-го разряда.
2. Вычислить угловую невязку и определить ее допустимость.
3. Вычислить невязки в приращения координат и рабочие координаты пунктов полигонометрического хода.
4. Подсчитать число условий, возникающих в ходе и составить соответствующее число условных и нормальных уравнений коррелат (в общем виде).
5. Выполнить вспомогательные вычисления для определения коэффициентов условных уравнений поправок и нормальных уравнений коррелат, установив веса измеренных величин.
6. Составить таблицу коэффициентов условных уравнений поправок и нормальных уравнений коррелат для нахождения коррелат.

7. Вычислить поправки в измеренные углы и линии.

8. Вычислить уравненные значения приращений координат и вычислить уравненные значения координат.

9. Выполнить оценку точности по результатам уравнивания**.**

Вопросы для самоподготовки

1. В чем состоит основная цель уравнительных вычислений?

2. Какие существуют строгие способы уравнивания по методу наименьших квадратов?

3. Как производится подсчет числа избыточных измерений?

4. Что называется весом измерений?

5. Что называется обратным весом измерения?

6. Как вычисляется угловая невязка для разомкнутого хода и определяется ее допустимость?

7. Как вычисляются дирекционные углы для левых измеренных углов в ходе?

8. Как выглядит уравнение поправок в общем виде?

9. Как выглядят нормальные уравнения коррелат в общем виде?

Порядок выполнения работы

1. Вычертить схему полигонометрического хода 1-го разряда.

Для составления схемы полигонометрического хода 1-го разряда необходимо воспользоваться данными измерений углов и линий, выданными преподавателем в соответствии с рис. 5.1.

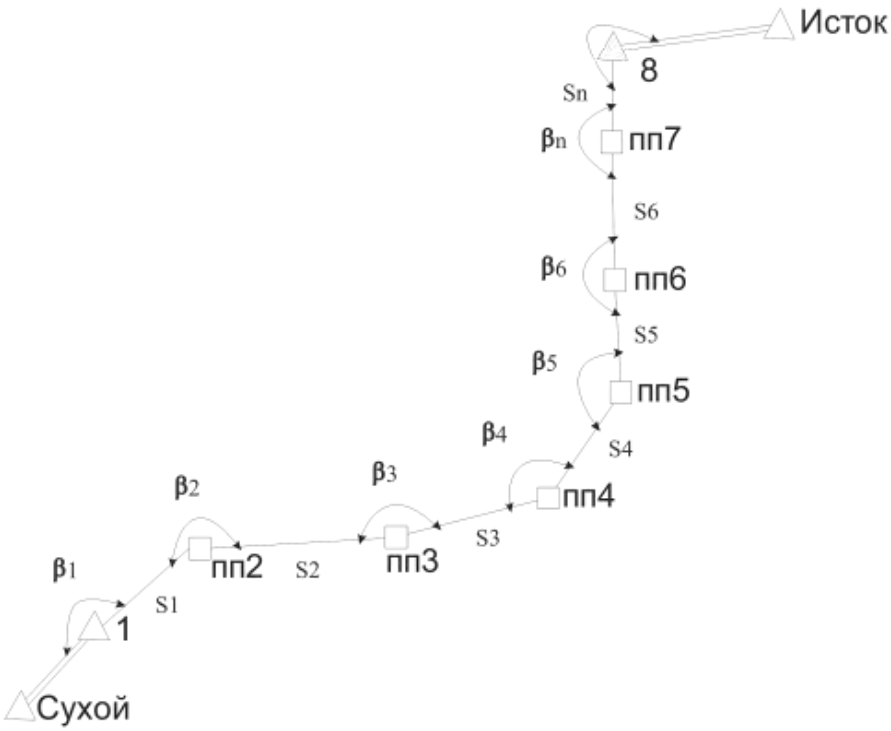


Рис. 5.1. Схема полигонометрического хода 1-го разряда

2. Вычислить угловую невязку и определить ее допустимость.

Угловую невязку для левых углов поворота вычисляют по формуле:

$$f_\beta = \sum_{1}^{n+1} \beta_{изм.} - (\alpha_{кон.} - \alpha_{нач.}) - 180°(n+1), \qquad (5.1)$$

где $(n + 1)$ – число измеренных углов;

$\alpha_{кон}$ и $\alpha_{нач}$ – исходные дирекционные углы начальной и конечной сторон, между которыми проложен ход.

Полученную невязку сравнивают с предельной, вычисленной по формуле:

$$f_{\beta пред.} = 2m_\beta \sqrt{n+1}, \qquad (5.2)$$

где m_β – выбирают из инструкции, в соответствии с разрядом хода.

Для полигонометрии 1-го разряда $m_\beta = 5''$. При этом должно соблюдаться соотношение по формуле:

$$f_\beta \le f_{\beta\text{пред.}}. \qquad (5.3)$$

Для дальнейших уравнительных вычислений не требуется распределение невязки f_β в измеренные углы.

3. Вычислить невязки в приращения координат и рабочие координаты пунктов полигонометрического хода.

Сначала находят дирекционные углы по формуле для левых измеренных углов:

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{\text{лев.}} \pm 180°, \qquad (5.4)$$

где α_i, α_{i+1} – дирекционные углы предыдущей и последующей линии;

$\beta_{\text{лев}}$ – измеренные левые углы (неисправленные за невязку);

$i = 1, 2, \ldots, n$ – текущий номер стороны хода.

При этом вычисленный дирекционный угол $\alpha_{\text{кон}}$ будет отличаться от исходного конечного дирекционного угла на величину f_β.

Далее вычисляют приращения координат по формулам:

$$\Delta x_i = s_i \cdot \cos\alpha_i;$$
$$\Delta y_i = s_i \cdot \sin\alpha_i. \qquad (5.5)$$

Вычислив алгебраические суммы приращений координат $\sum\Delta x$ и $\sum\Delta y$, определяют невязки в приращениях fx и fy по формулам:

$$fx = \sum\Delta x - \left(x_{\text{кон.}} - x_{\text{нач.}}\right);$$
$$fy = \sum\Delta y - \left(y_{\text{кон.}} - y_{\text{нач.}}\right), \qquad (5.6)$$

где $x_{\text{нач}}$, $y_{\text{нач}}$ и $x_{\text{кон}}$, $y_{\text{кон}}$ – координаты начального и конечного исходных пунктов.

Далее по полученным значениям fx и fy вычисляют линейную абсолютную и относительную невязки хода по формулам:

$$fs = \sqrt{fx^2 + fy^2}; \qquad (5.7)$$

$$\frac{fs}{[s]}, \tag{5.8}$$

где $[s]$ – длина хода.

Относительная невязка $\frac{fs}{[s]}$ не должна превышать приведенного в инструкции предельного допустимого значения для полигонометрии 1-го разряда, равного $\frac{1}{10\,000}$.

Рабочие координаты пунктов полигонометрического хода вычисляют по формулам:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_i;$$
$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_i, \tag{5.9}$$

где i – порядковый номер стороны хода.

Вычисленные координаты контролируют равенствами:

$$X_{\text{кон(выч.)}} - X_{\text{кон(исх.)}} = fx';$$
$$Y_{\text{кон(выч)}} - Y_{\text{кон(исх.)}} = fy'. \tag{5.10}$$

Штрихи у невязок означают, что они вычислены по неисправленным за угловую невязку углам.

Все предварительные вычисления, описанные во 2-м и 3-м пунктах, выполняют в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Ведомость предварительных вычислений

Номера пунктов	Углы поворота $\beta_{\text{левые}}$ ° ' "	Дирекционные углы α ° ' "	Длины линий S, (м)	cos α sin α	Приращения координат, м		Вычисленные координаты, м	
					Δ_x	Δ_y	x	Y
ΔСухой пп2								

Окончание табл. 5.1

Номера пунктов	Углы поворота $\beta_{левые}$ ° ' "	Дирекционные углы α ° ' "	Длины линий *S*, (м)	cos α sin α	Приращения координат, м		Вычисленные координаты, м	
					Δ_x	Δ_y	*x*	*Y*
пп3								
пп4								
пп5								
пп6								
пп7								
Δ8								
ΔИсток								
$\sum_{\beta\ измер}$				$\sum_{выч}$				
$\sum_{\beta\ теор}$				$\sum_{теор}$				
*F*β				f_X				
Пред *f*β				f_y				
				f_s				
				$f_s/[s]$				

4. Подсчитать число условий, возникающих в ходе и составить соответствующее число условных и нормальных уравнений коррелат (в общем виде).

Число условий, возникающих в ходе, определяют по формуле:

$$r = n' - k, \tag{5.11}$$

где n' – число всех измерений;

k – число неизвестных.

Число всех измерений равно сумме n сторон и $n + 1$ углов, то есть $n' = 2n + 1$.

Для схемы хода изображенного на рис. 5.1, $n = 7$, $n + 1 = 8$, а $n' = 15$.

Число неизвестных координат k равно числу всех определяемых пунктов хода, умноженному на два, так как у каждого пункта неизвестными являются абсцисса x и ордината y. Для данного полигонометрического хода $k = 12$, следовательно, число условий, возникающих в полигонометрическом ходе, равно $r = 15 – 12 = 3$.

По числу условий составляют три условных уравнения:

$$\begin{gathered}\left[v_\beta\right] + f_\beta = 0;\\ \left[v_s \cdot \cos\alpha\right] - \frac{1}{\rho}\left[v_\beta \left(y_{n+1} - y_i\right)\right] + f_x' = 0;\\ \left[v_s \cdot \sin\alpha\right] + \frac{1}{\rho}\left[v_\beta \left(x_{n+1} - x_i\right)\right] + f_y' = 0,\end{gathered} \qquad (5.12)$$

где v_β, v_s – поправки в измеренные углы и линии;

f_x', f_y' – невязки в суммах приращений абсцисс и ординат при вычислении хода без предварительного уравнивания углов;

$x_{n+1} - x_i$, $y_{n+1} - y_i$ – разности абсцисс и ординат конечной точки хода и точек с номером i при $i = 1, 2, \ldots, n$.

Для дальнейших вычислений поправки v_s, разности координат $x_{n+1} - x_i$ и $y_{n+1} - y_i$ а также невязки f_x', f_y' берут в сантиметрах, а для удобства вычислений величину $\frac{1}{\rho}$ увеличивают в 100 000 раз, а разности координат $x_{n+1} - x_i$, $y_{n+1} - y_i$ уменьшают в это же число раз, т. е. выражают их в километрах.

Так как величина $\frac{100\,000}{\rho} = 0,485$, то подставив это выражение в формулы (5.12), получим три условных уравнения для полигонометрического хода, приведенного на рис. 5.1, в следующем виде:

$$\left[v_\beta\right] + f_\beta'' = 0;$$

$$\left[\cos\alpha \cdot v_s\,(\text{см})\right] - 0{,}485\left[(y_8 - y_i)(\text{км})v_\beta''\right] + f_x'(\text{см}) = 0; \qquad (5.13)$$
$$\left[\sin\alpha \cdot v_s\,(\text{см})\right] + 0{,}485\left[(x_8 - x_1)(\text{км}) \cdot (v_\beta'')\right] + f_y'(\text{см}) = 0.$$

Согласно теории МНК, в полигонометрическом ходе при числе условий равному трем составляют три нормальных уравнения коррелат, общий вид которых следующий:

$$[\pi\alpha\alpha]k_1 + [\pi\alpha b]k_2 + [\pi\alpha c]k_3 + f_\beta'' = 0;$$
$$[\pi\alpha b]k_1 + [\pi bb]k_2 + [\pi bc]k_3 + f_x'(\text{см}) = 0; \qquad (5.14)$$
$$[\pi\alpha c]k_1 + [\pi bc]k_2 + [\pi cc]k_3 + f_y'(\text{см}) = 0.$$

5. Выполнить вспомогательные вычисления для определения коэффициентов условных и нормальных уравнений коррелат и установить веса измеренных величин

Для упрощения дальнейших вычислений выполняют вспомогательные вычисления в табл. 5.1, установив перед этим веса измеренных углов и линий.

Веса измеренных углов и линий определяют по общим формулам:

$$P_{\beta i} = \frac{C}{m_{\beta i}^2};$$
$$P_{si} = \frac{C}{m_{si}^2}, \qquad (5.15)$$

где C – постоянная величина, коэффициент пропорциональности.

При измерении линий светодальномером величину C принимают равной m_β. В этом случае формулы (5.15) приобретают следующий вид:

$$P_{\beta i} = 1;$$
$$P_{si} = \frac{m_{\beta i}^2}{m_{si}^2}. \qquad (5.16)$$

Точности полевых измерений m_β и m_s для данного полигонометрического хода 1-го разряда указываются в задании. При m_β = 4"и m_s = 2 см вес измеренных линий, вычисленный по формуле (5.16), будет равен 4. Обратные веса измеренных углов и линий вычисляют по формулам:

$$\pi_\beta = \frac{1}{P_\beta}; \qquad \pi_s = \frac{1}{P_s}, \tag{5.17}$$

следовательно для данного хода обратные веса будут иметь следующие значения: $\pi_\beta = 1$ и $\pi_s = 0{,}25$.

Для упрощения дальнейших вычислений составляют вспомогательную табл. 5.2, используя вычисленные рабочие координаты пунктов полигонометрического хода в табл. 5.1. При вычислении разностей $x_{n+1} - x_i$, $y_{n+1} - y_i$ рабочие координаты в табл. 5.1 переводят в километры с точностью 0,001 км. Все вычисления в табл. 5.2 производят оставляя три знака после запятой.

Таблица 5.2

Вспомогательные вычисления

Номера пунктов	Разности координат (км)		$\pi_s \cdot \cos\alpha$	$\pi_s \cdot \sin\alpha$	$\pi_s \cdot \cos^2_\alpha$	$\pi_s \cdot \sin^2_\alpha$	$\pi_s \sin\alpha \cos\alpha$
	$x_{n+1} - x_i$	$y_{n+1} - y_i$					
1 2 3 4 5 6 7 8							
Сумма					[ ]	[ ]	[ ]

Контроль вычислений в табл. 5.2:

$$[\pi_s \cdot \sin^2_\alpha] + [\pi_s \cdot \cos^2_\alpha] = [\pi_s] = 0{,}25 \cdot 8 = 1{,}75.$$

6. Составить таблицу коэффициентов условных уравнений поправок и нормальных уравнений коррелат для нахождения коррелат.

По полученным условным уравнениям (5.13) составляют таблицу коэффициентов условных уравнений, записывая результаты в табл. 5.3. В графу 1 табл. 5.3 выписывают поправки в углы $v_{\beta i}$, количество которых равно (n + 1), и поправки в стороны v_{si}, количество которых n. В графу 2 – значения обратных весов измеренных углов и линий, вычисленных по формулам (5.16) и (5.17).

Обратный вес для всех измеренных углов будет иметь одинаковое значение, также как и обратный вес для измеренных сторон, так как измерения, выполненные одним и тем же прибором, являются равноточными. В графы 3, 4 и 5 – коэффициенты условных уравнений при поправках, которые обозначают в первом уравнении через α_i, во втором – через b_i, в третьем – через c_i. Вычисления в этой таблице выполняют с точностью до 0,01.

Коэффициенты нормальных уравнений коррелат вычисляют по формулам, представленным в нижней части табл. 5.3. Определив коэффициенты, составляют систему нормальных уравнений коррелат в цифровом виде и решают ее методом последовательного исключения неизвестных или на ЭВМ по программе «Alisa», определяя коррелаты K_1, K_2 и K_3.

Таблица 5.3

Таблица коэффициентов условных и нормальных уравнений коррелат

Поправки	$\pi_\beta = \frac{1}{p_\beta}$	α]	b]	c]
1	2	3	4	5
$v_{\beta 1}$	1	+1	$-0{,}485(y_{n+1}-y_1)$	$+0{,}485(x_{n+1}-x_1)$
$v_{\beta 2}$	1	+1	$-0{,}485(y_{n+1}-y_2)$	$+0{,}485(x_{n+1}-x_2)$
$v_{\beta 3}$	1	+1	$-0{,}485(y_{n+1}-y_3)$	$+0{,}485(x_{n+1}-x_3)$
$v_{\beta 4}$	1	+1	$-0{,}485(y_{n+1}-y_4)$	$+0{,}485(x_{n+1}-x_4)$
$v_{\beta 5}$	1	+1	$-0{,}485(y_{n+1}-y_5)$	$+0{,}485(x_{n+1}-x_5)$
$v_{\beta 6}$	1	+1	$-0{,}485(y_{n+1}-y_6)$	$+0{,}485(x_{n+1}-x_6)$
$v_{\beta 7}$	1	+1	$-0{,}485(y_{n+1}-y_7)$	$+0{,}485(x_{n+1}-x_7)$
$v_{\beta 8}$	1	+1	$-0{,}485(y_{n+1}-y_8)$	$+0{,}485(x_{n+1}-x_8)$
	$\pi_s = \frac{1}{p_s}$		∑	∑
V_{s1}	0,25	0	$+\cos\alpha_1$	$+\sin\alpha_1$
V_{s1}	0,25	0	$+\cos\alpha_2$	$+\sin\alpha_2$

Окончание табл. 5.3

Поправки	$\pi_\beta = \frac{1}{p_\beta}$	α]	b]	c]
V_{s1}	0,25	0	$+\cos\alpha_3$	$+\sin\alpha_3$
V_{s1}	0,25	0	$+\cos\alpha_4$	$+\sin\alpha_4$
V_{s1}	0,25	0	$+\cos\alpha_5$	$+\sin\alpha_5$
V_{s1}	0,25	0	$+\cos\alpha_6$	$+\sin\alpha_6$
V_{s1}	0,25	0	$+\cos\alpha_7$	$+\sin\alpha_7$
		$\sum\alpha$	$\sum b$	$\sum c$
W(невязки)		$f_{\beta''}$	fx'(см)	fy'(см)
$[\pi\alpha$		$\pi_\beta(n+1)$	$-0{,}485[(y_{n+1}-y_i)]$	$+0{,}485[(x_{n+1}-x_i)]$
$[\pi b$			$0{,}485^2[(y_{n+1}-y_i)^2] +$ $+ [\pi_s\cos^2\alpha]$	$-\{0{,}485^2[(y_{n+1}-y_i)(x_{n+1}-x_i)] +$ $+ [\pi_s\cos\alpha\sin\alpha]\}$
$[\pi c$				$0{,}485^2[(x_{n+1}-x_{i)}^2] + [\pi_s\sin^2\alpha]$

Коэффициенты нормальных уравнений коррелат вычисляют по формулам, представленным в нижней части табл. 5.3. Определив коэффициенты, составляют систему нормальных уравнений коррелат в цифровом виде и решают ее методом последовательного исключения неизвестных или на ЭВМ по программе «Alisa», определяя коррелаты K_1, K_2 и K_3.

7. Вычислить поправки в измеренные углы и линии.

По найденным коррелатам K_1, K_2 и K_3 получают поправки в измеренные углы и линии по формулам:

$$v_{\beta i} = \pi_\beta \left\{ k_1 - \frac{1}{\rho}\left(y_{n+1} - y_i\right)\cdot k_2 + \frac{1}{\rho}\left(x_{n+1} - x_i\right)\cdot k_3 \right\};$$

$$v_{si} = \pi_s \cdot \left(\cos\alpha_i k_2 + \sin\alpha_i k_3\right); \qquad (5.18)$$

$$v_{\alpha i} = \sum_1^i v_\beta .$$

Контролем правильности вычисления поправок в углы является равенство

$$\left[v_{\beta i}\right] = -f_\beta . \qquad (5.19)$$

Вычисления по формулам (18) удобно выполнять в табл. 5.4 с точностью вычисления до 0,001.

Таблица 5.4

Вычисление поправок в измеренные углы и линии

Номера пунктов	K_1	-0,485$(y_{n+1} - y_i)k_2$ (см)	+0,485$(x_{n+1} - x_i)$ k_3 (см)	$V\beta_i$	$V\alpha_i$	$\pi_s \cos\alpha$ k_2	$\pi_s \sin\alpha$ k_3	Vs_i (см)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

8. Вычислить уравненные значения приращений координат и вычислить уравненные значения координат.

Дальнейшие вычисления можно производить двумя путями.

Первый путь. Поправки $v\beta_i$ и vs_i вводят в измеренные значения углов и линий. Далее по исправленным углам вычисляют дирекционные углы, а затем по дирекционным углам и исправленным линиям – исправленные приращения координат $\Delta x_{\text{испр}}$ и $\Delta y_{\text{испр}}$.

Заключительный контроль производят по следующим формулам:

$$\left[\Delta X_{\text{испр}}\right] = x_{\text{кон}} - x_{\text{нач}};$$

$$\left[\Delta Y_{\text{испр}}\right] = y_{\text{кон}} - y_{\text{нач}}. \qquad (5.20)$$

Уравненные (окончательные) координаты x и y получают по формулам:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{i,\ \text{испр}};$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{i,\ \text{испр}}. \qquad (5.21)$$

Второй путь. Вычисляют поправки в приращения координат $v_{\Delta x}$ и $v_{\Delta y}$ по формулам:

$$v_{\Delta xi} = v_{si}\cos_i - \frac{v_{\alpha i}}{\rho}\Delta y_i;$$

$$v_{\Delta yi} = v_{si}\sin\alpha_i + \frac{v_{\alpha i}}{\rho}\Delta x_i. \tag{5.22}$$

Заключительным контролем вычисления поправок в приращения координат являются равенства:

$$\begin{gathered}\left[v_{\Delta x}\right] = -f_x^{/};\\ \left[v_{\Delta y}\right] = -f_y^{/}.\end{gathered} \tag{5.23}$$

Вычисления по формулам (5.22) удобно производить в табл. 5.5 с точностью до 0,001.

Таблица 5.5

Вычисление уравненных координат

Номера пунктов	$v_{si}\cos\alpha_i$ (см)	$-\frac{\Delta Y_i}{\rho} v_{\alpha i}$ (см)	$v_{\Delta xi}$ (см)	$v_{si}\sin\alpha_i$ (см)	$\frac{\Delta X_i}{\rho} v_{\alpha i}$ (см)	$v_{\Delta yi}$ (см)	Уравненные координаты	
							$X_{\text{урав}}$ (м)	$Y_{\text{уравн}}$ (м)
1 2 3 4 5 6 7 8								

Уравненные координаты вычисляют по формулам (5/21).

9. Выполнить оценку точности выполненных измерений по результатам уравнивания.

Оценка точности измерений по результатам уравнивания заключается в вычислении средней квадратической ошибки единицы веса по формуле

$$\mu = \sqrt{\frac{[pvv]}{r}}. \tag{5.24}$$

Принимая в этой формуле $p = p_\beta = 1$; $r = 3$; $v_i = v_{\beta i}$, получим, что $\mu = m_\beta$.

Предельное значение m_β выбирается в зависимости от класса или разряда полигонометрии. Для первого разряда предельное значение m_β принимается равным 5". Сравнивая m_β, вычисленное с $m_{\beta пред}$, делают вывод о соответствии измеренных углов по точности данному классу или разряду.

ПРИМЕР УРАВНИВАНИЯ ПОЛИГОНОМЕТРИЧЕСКОГО ХОДА 1-ГО РАЗРЯДА

1. Вычертить схему полигонометрического хода 1-го разряда

Для составления схемы полигонометрического хода 1-го разряда в соответствии с рис. 5.2 необходимо воспользоваться данными измерений углов и линий, выданные преподавателем (табл. 5.6).

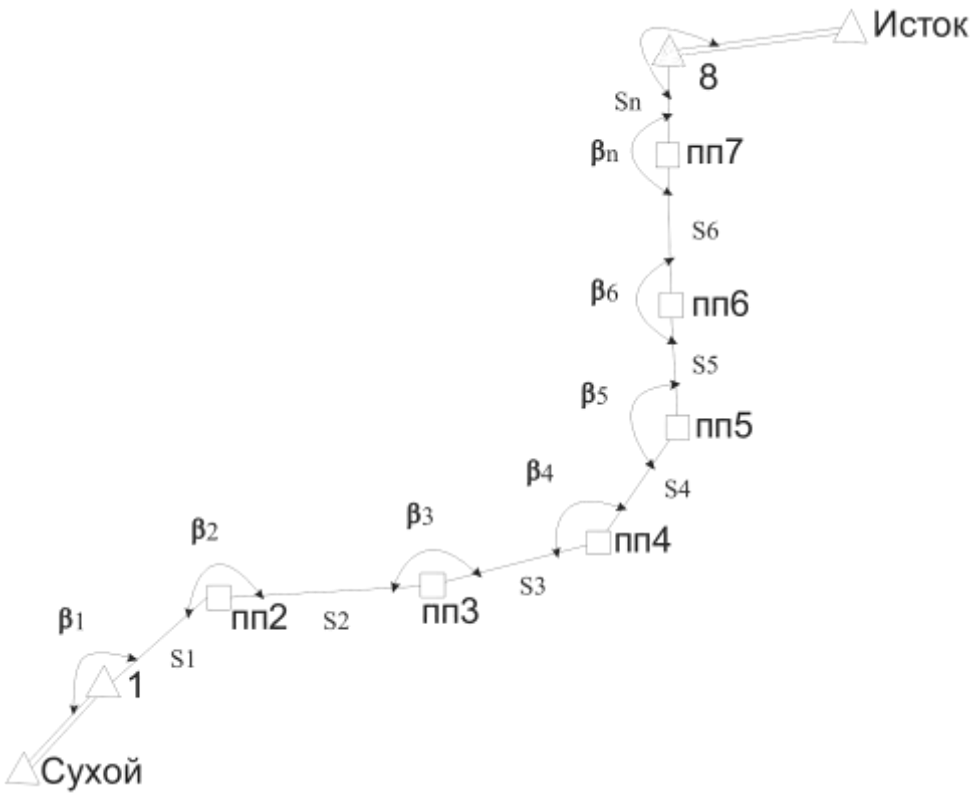


Рис. 5.2. Схема полигонометрического хода 1-го разряда

Таблица 5.6

Таблица исходных данных

Исходные дирекционные углы			
Пункты	Измеренные углы *B* (лев.)	Длины линий, *S* (м)	
Сухой			
1	181°05′47″		
2	247°51′08″	1-2	552,007
3	156°32′35″	2-3	565,338
4	139°20′11″	3-4	339,025
5	157°18′32″	4-5	400,408
6	170°06′59″	5-6	356,831
7	179°59′41″	6-7	372,236
8	253°30′32″	7-8	348,716
Исток			
Точность полевых измерений: m_B = 4,0 с m_S = 2,0 см			

Исходные дирекционные углы			
п.т. «Сухой»-1		8-п.т. «Исток»	
35°35′27″		81°20′40″	
Координаты исходных пунктов			
п.т.1		п.т.8	
*X*1	*Y*1	*X*8	*Y*8
4 800,509	6 149,884	6 512,891	7 828,388

2. Вычислить угловую невязку по формуле (5.1):

$$f_\beta = \sum_1^{n+1} \beta_{изм} - (\alpha_{кон} - \alpha_{нач}) - 180° \cdot (n+1),$$

где $(n + 1)$ – число измеренных углов;

$\alpha_{кон}$ и $\alpha_{нач}$ – исходные дирекционные углы начальной и конечной сторон, между которыми проложен ход.

$$f_\beta = 1\,485°\,45'25'' - (81°\,20'\,40'' - 35°\,35'\,27'') + 1\,440° = 12''.$$

3. Определить предельно-допустимую невязку для данного хода по формуле (5.2):

$$f_{\beta пред} = 2m_\beta \sqrt{n+1},$$

где m_β выбирают из инструкции, в соответствии с разрядом хода.

Для полигонометрии 1-го разряда $m_\beta = 5''$.

$$f_\beta = 2 \cdot 5'' \sqrt{8} = 28{,}3''.$$

Соотношение $f_\beta \le f_{\beta пред}$ выполнено, так как $12'' < 28{,}3''$.

4. Вычислить дирекционные углы по неисправленным за угловую невязку левым измеренным углам по формуле (4):

$$\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{\text{лев}} \pm 180°,$$

где α_i, α_{i+1} – дирекционные углы предыдущей и последующей линии;

$\beta_{\text{лев}}$ – измеренные левые углы (неисправленные за невязку);

$i = 1, 2, \ldots, n$ – текущий номер стороны хода.

Вычисленные дирекционные углы записываются в колонку 3 табл. 5.7.

При этом вычисленный дирекционный угол $\alpha_{\text{кон}}$ будет отличаться от исходного конечного дирекционного угла на величину f_β.

5. Вычислить приращения координат по формулам:

$$\Delta x_i = s_i \cdot \cos\alpha_i;$$

$$\Delta y_i = s_i \cdot \sin\alpha_i.$$

Результаты вычислений приведены в колонках 6 и 7 табл. 5.7.

6. Вычислить алгебраическую сумму приращений координат $\sum\Delta x$ и $\sum\Delta y$ и записать внизу колонок 6 и 7 их значения.

$$\sum\Delta x = 1\,712{,}222 \text{ м}; \qquad \sum\Delta y = 1\,678{,}584 \text{ м}.$$

7. Вычислить теоретическую сумму приращений координат по формулам:

$$\sum\Delta X_{\text{теор}} = \left(X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}}\right);$$

$$\sum\Delta y_{\text{теор}} = \left(Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}}\right), \qquad (5.25)$$

где $x_{\text{нач}}$, $y_{\text{нач}}$ и $x_{\text{кон}}$, $y_{\text{кон}}$ – координаты начального и конечного исходных пунктов.

Результаты вычислений записать внизу колонок 6 и 7

$$\sum\Delta x_{\text{теор}} = (6\,512{,}891 - 4\,800{,}509) = 1\,712{,}222 \text{ м};$$

$$\sum\Delta y_{\text{теор}} = (7\,828{,}388 - 6\,149{,}884) = 1\,678{,}584 \text{ м}.$$

8. Вычислить невязки в приращениях координат *fx* и *fy* по формулам:

$$fx = \sum \Delta X - \sum \Delta X_{\text{теор}};$$

$$f_y = \sum \Delta Y - \sum \Delta Y_{\text{теор}}. \qquad (5.26)$$

Результаты вычислений:

$$fx = 1\ 712{,}222 - 1\ 712{,}382 = -0{,}160 \text{ м};$$

$$fy = 1\ 678{,}584 - 1\ 678{,}504 = 0{,}080 \text{ м}.$$

9. Вычислить линейную абсолютную и относительную невязки хода по формулам (5.7) и (5.8):

$$fs = \sqrt{fx^2 + fy^2};$$

$$\frac{fs}{[s]},$$

где $[s]$ – длина хода.

$$f_s = \sqrt{16^2_{\text{см}} + 8^2_{\text{см}}} = 17{,}9 \text{ см};$$

$$\frac{f_s}{[s]} = 1/16\ 000.$$

Относительная невязка 1/16 000 не превышает предельного допустимого значения для полигонометрии 1-го разряда, равного $\frac{1}{10\ 000}$.

10. Вычислить рабочие координаты пунктов полигонометрического хода, не учитывая невязки в приращениях координат, по формулам (5.9):

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_i;$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_i,$$

где i – порядковый номер стороны хода.

Результаты вычислений приведены в колонках 8 и 9 табл. 5.7.

Контроль вычисленных координат выполняется по формулам (5.10).

Вычисленные координаты отличаются от исходных на величины невязок f_x и f_y, так как они вычислены по неуравненным за угловую невязку углам:

$$X_{\text{кон, выч}} - X_{\text{кон, исх}} = f_x;$$

$$Y_{\text{кон, выч}} - Y_{\text{кон, исх}} = f_y;$$

$$X_{\text{кон, выч}} - X_{\text{кон, исх}} = 6\ 512{,}731 - 6\ 512{,}891 = -0{,}160 \text{ м};$$

$$У_{\text{кон, выч}} - У_{\text{кон, исх}} = 7\ 828{,}468 - 7\ 828{,}388 = +0{,}080 \text{ м}.$$

Таблица 5.7

Ведомость предварительных вычислений

№ пункт-тов	Углы поворота $\beta_{левые}$ ° ′ ″	Дирекционые углы ° ′ ″	Длины линий S (м)	cosα sinα	Приращения координат (м)		Вычисленные координаты (м)	
					Δx	Δy	X	Y
ΔСухой								
		35 35 27						
пп1	185 05 47						4 800,509	6 149,884
		36 41 14	552,007	0,801 909	442,659	329,795		
пп2	247 51 08			0,597 446			5 243,168	6 479,679
		104 32 22	565,338	-0,251 046	-141,926	547,233		
пп3	156 32 35			0,967 975			5 101,242	7 026,912
		81 04 57	339,025	0,155 012	52,553	334,927		
пп4	139 20 11			0,987 913			5 153,795	7 361,839
		40 25 08	400,408	0,761 325	304,840	259,613		
пп5	157 18 32			0,648 371			5 458,635	7 621,452
		17 43 40	356,831	0,952 514	339,886	108,653		
пп6	170 06 59			0,304 495			5 798,521	7 730,105
		7 50 39	372,236	0,990 643	368,753	50,802		
пп7	179 59 41			0,136 479			6 167,274	7 780,907
		7 50 20	348,716	0,990 655	345.457	47,561		
пп8	253 30 32			0,136 388			6 512,731	7 828,468
		81 20 52					(6 512,891)	(7 828,388)
ΔИсток		(81 20 40)						
$\sum\beta_{изм.}$	1485 45 25	$\sum S$	2 934,561	$\sum\Delta x_{выч}$	1 712,222	1 678,584		
				$\sum\Delta_{утеор}$	1 712,382	1 678,504		
$\sum\beta_{теор}$	1485 45 13			f_x	-0,160 м	-16,0 см		
f_β	+ 12″			f_y	+0,080 м	+8,0 см		
Пред.f_β	28,3″			f_s	17,9 см			
				$F_s / \sum S$	1 / 16 000			

11. Вычислить число условий, возникающих в ходе по формуле (5.11):

$$r = n' - k,$$

где n' – число всех измерений;

k – число неизвестных.

Для схемы хода, изображенной на рис. 5.2, число измеренных сторон $n = 7$, число измеренных углов $n + 1 = 8$, а число всех измерений $n' = 15$. Число неизвестных $k = 6 \cdot 2 = 12$.

Следовательно, число условий, возникающих в полигонометрическом ходе, равно $r = 15 - 12 = 3$.

12. Составить три условных уравнений по формуле (5.12):

$$\left[v_\beta\right] + f_\beta = 0;$$

$$\left[v_s \cdot \cos\alpha\right] - \frac{1}{\rho}\left[v_\beta \left(y_{n+1} - y_i\right)\right] + f_x{}' = 0;$$

$$\left[v_s \cdot \sin\alpha\right] + \frac{1}{\rho}\left[v_\beta \left(x_{n+1} - x_i\right)\right] + f_y{}' = 0$$

и преобразовать их к следующему виду по формулам (13):

$$\left[v_\beta\right] + f_\beta{}'' = 0;$$

$$\left[\cos\alpha \cdot v_s\,(\text{см})\right] - 0{,}485\left[\left(y_8 - y_i\right)(\text{км})\, v_\beta{}''\right] + f_x{}'(\text{см}) = 0;$$

$$\left[\sin\alpha \cdot v_s\,(\text{см})\right] + 0{,}485\left[\left(x_8 - x_1\right)(\text{км}) \cdot \left(v_\beta{}''\right)\right] + f_y{}'(\text{см}) = 0.$$

13. Составить три нормальных уравнений коррелат в общем виде по формулам (5.14):

$$\left[\pi\alpha\alpha\right]k_1 + \left[\pi\alpha b\right]k_2 + \left[\pi\alpha c\right]k_3 + f_\beta{}'' = 0;$$

$$[\pi\alpha b]k_1 + \left[\pi bb\right]k_2 + \left[\pi bc\right]k_3 + f_x{}'(\text{см}) = 0;$$

$$\left[\pi\alpha c\right]k_1 + \left[\pi bc\right]k_2 + \left[\pi cc\right]k_3 + f_y{}'(\text{см}) = 0.$$

14. Установить веса измеренных величин по формулам (5.16):

$$P_{\beta i} = 1;$$

$$P_{si} = \frac{m_{\beta i}^2}{m_{si}^2}.$$

Точности полевых измерений mβ и ms для данного полигонометрического хода 1-го разряда указываются в задании. При $m\beta$ = 4"и ms = 2 см вес измеренных линий, вычисленный по формуле (5.16), будет равен 4. Обратные веса измеренных углов и линий вычисленные по формулам (5.17):

$$\pi_\beta = \frac{1}{P_\beta}; \qquad \pi_s = \frac{1}{P_s},$$

будут иметь следующие значения: π_β = 1и π_s = 0,25.

15. Выполнить вспомогательные вычисления для определения коэффициентов условных и нормальных уравнений коррелат в табл. 5.8.

В колонках 2 и 3 табл. 5.8 разности координат вычисляются по формулам:

$$X_i = X_8 - X_i;$$
$$Y_i = Y_8 - Y_i. \qquad (5.27)$$

При этом используются вычисленные «рабочие» координаты пунктов полигонометрического хода из табл. 5.2. При вычислении разностей $x_{n+1} - x_i$ и $y_{n+1} - y_i$ рабочие координаты, в табл. 5.2, переводят в километры с точностью 0,001 км. Все вычисления в табл. 5.3 производят, оставляя три знака после запятой.

Таблица 5.8

Вспомогательные вычисления

Номера пунктов	Разности координат (км)		$\Pi_S \cos\alpha$	$\Pi s \sin\alpha$	$\Pi_S \cos^2\alpha$	$\Pi s \sin^2\alpha$	$\Pi s \sin\alpha \cos\alpha$
	$X_{п+1} - X_i$	$Y_{п+1} - Y_i$					
1	2	3	4	5	6	7	8

Окончание табл. 5.8

Номера пунктов	Разности координат (км)		$\Pi_S \cos_\alpha$	$\Pi s \sin_\alpha$	$\Pi_S \cos^2_\alpha$	$\Pi s \sin^2_\alpha$	$\Pi s \sin_\alpha \cos_\alpha$
1	1,713	1,678	0,200	0,149	0,161	0,089	0,120
2	1,270	1,348	–0,063	0,242	0,016	0,234	–0,061
3	1,412	0,801	0,039	0,247	0,006	0,244	0,038
4	1,359	0,466	0,190	0,162	0,145	0,105	0,123
5	1,054	0,207	0,23	0,076	0,227	0,023	0,072
6	0,714	0,098	0,248	0,034	0,245	0,005	0,034
7	0,346	0,047	0,248	0,034	0,245	0,005	0,034
8	0	0					
∑					1,045	0,705	0,360
Контроль вычислений $\Pi s \sin^2_\alpha + \Pi_S \cos^2_\alpha = 1,75$							

Контролем правильности выполненных вычислений в табл. 5. 8 является равенство:

$$[\pi_{s\cdot} \sin^2_\alpha] + [\pi_{s\cdot} \cos^2_\alpha] = [\pi_s] = 0,25 \cdot 8 = 1,75.$$

16. Составить таблицу коэффициентов условных уравнений поправок и нормальных уравнений коррелат для нахождения коррелат.

В графе 1, табл. 5.9 расписать поправки в углы $v_{\beta i}$, количество которых равно 8 и поправки в стороны v_{si}, количество которых 7.

Таблица 5.9

Таблица коэффициентов условных уравнений поправок и нормальных уравнений коррелат

Поправки	$\Pi_\beta = \frac{1}{P_\beta}$	a]	b]	c]
1	2	3	4	5
$V_{\beta 1}$	1	1	-0,81	0,83
$V_{\beta 2}$	1	1	-0,65	0,62

Окончание табл. 5.9

Поправки	$П_β = \frac{1}{P_β}$	a]	b]	c]
$V_{β3}$	1	1	-0,39	0,68
$V_{β4}$	1	1	-0,23	0,66
$V_{β5}$	1	1	-0,10	0,51
$V_{β6}$	1	1	-0,05	0,35
$V_{β7}$	1	1	-0,02	0,17
$V_{β8}$	1	1	0	0
	$П_s = \frac{1}{P_S}$	∑ 8	∑ -2,25	∑ 3,82
V_{s1}	0,25	0	0,80	0,60
V_{s2}	0,25	0	-0,25	0,97
V_{s3}	0,25	0	0,16	0,99
V_{s4}	0,25	0	0,76	0,65
V_{s5}	0,25	0	0,95	0,30
V_{s6}	0,25	0	0,99	0,14
V_{s7}	0,25	0	0,99	0,14
		∑ 0	∑ 4,40	∑ 3,79
W (невязки)		+ 12	-16,0	+8,0
Па		8	-2,25	3,82
Пв			2,34	-1,20
Пс				3,09

В графу 2 записать значения обратных весов измеренных углов и линий, вычисленных по формулам (5.15).

Установлено, что обратные веса всех измеренных углов равны 1, а обратные веса измеренных сторон – 0,25.

В графы 3, 4 и 5 – коэффициенты условных уравнений при поправках, которые обозначают в первом уравнении через $α_i$, во втором – через b_i, в третьем – через c_i. Вычисления в этой таблице выполняют с точностью до 0,01.

Коэффициенты при поправках в углы, согласно теории, находят следующим образом:

- для первого условного уравнения «a]» равны 1;
- для второго условного уравнения «в]» вычисляют по формуле:

$$– 0,485 (У_8 – У_i), км;$$

- для третьего условного уравнения «c]» – по формуле:

$$+ 0{,}485(X_8 - X_i), \text{ км.}$$

Коэффициенты при поправках в стороны определяют так:

- для первого условного уравнения «а]» равны 0;
- для второго условного уравнения «в]» равны $+\cos\alpha_i$;
- для третьего условного уравнения «с]» равны $+\sin\alpha_i$.

Внизу табл. 5.9 вычислить коэффициенты при коррелатах нормальных уравнений коррелат:

$$[\pi\alpha\alpha] = \pi_\beta(n + 1) = 8;$$
$$[\pi\alpha b] = -0{,}485[(y_{n+1} - y_i)] = -2{,}25;$$
$$[\pi\alpha c] = +0{,}485[(x_{n+1} - x_i)] = 3{,}82;$$
$$[\pi bb] = 0{,}485^2[(y_{n+1} - y_i)^2]+[\pi_s\cos^2\alpha] = 2{,}34;$$
$$[\pi bc] = -\{0{,}485^2[(y_{n+1} - y_i)(x_{n+1} - x_i)]+[\pi_s \cos\alpha \sin\alpha]\} = -1{,}20;$$
$$[\pi cc] = 0{,}485^2[(x_{n+1} - x_{i)}^2]+[\pi_s\sin^2\alpha] = 3{,}09.$$

Составив систему нормальных уравнений коррелат в численном виде:

$$8K_1 - 2{,}25K_2 + 3{,}82K_3 + 12 = 0;$$
$$-2{,}25K_1 + 2{,}34K_2 - 1{,}20K_3 - 16{,}0 = 0;$$
$$3{,}82K_1 - 1{,}20K_2 + 3{,}09K_3 + 8{,}0 = 0,$$

решить систему методом последовательного исключения неизвестных или на ЭВМ, с помощью программы «Alisa», определяя коррелаты K_1, K_2 и K_3:

$$K_1 = + 1{,}071;$$
$$K_2 = + 7{,}318;$$
$$K_3 = -1{,}073.$$

17. Вычислить поправки в измеренные углы и линии.

По найденным коррелатам K_1, K_2 и K_3 получают поправки в измеренные углы и линии по формулам (5.18):

$$v\beta_i = \pi_\beta\{k_1 - \frac{1}{\rho}(y_{n+1} - y_i)k_2 + \frac{1}{\rho}(x_{n+1} - x_i)k_3\};$$

$$vs_i = \pi_s(\cos\alpha_i k_2 + \sin\alpha_i k_3);$$

$$v\alpha_i = \sum_1^i v\beta.$$

Результаты вычислений приведены в табл. 5.10.

Контролем правильности вычисления поправок в углы является равенство (5.19):

$$[v\beta_i] = -f_\beta.$$

Вычисления по формулам (5.17) удобно выполнять в табл. 5.10 с точностью вычисления до 0,001.

Таблица 5.10

Вычисление поправок в измеренные углы и линии

№ п/п	K_1	$-0{,}485(y_{n+1} - y_i)k_2$ (см)	$+0{,}485(x_{n+1} - x_i)k_3$ (см)	$V\beta_i$	$V\alpha_i$	$\pi_s \cos\alpha k_2$	$\pi_s \sin\alpha k_3$	Vs_i (см)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,071	–5,928	–0,891	–5,7	–5,7	1,464	–0,160	1,3
2	1,071	–4,757	–0,665	–4,4	–10,1	–0,461	–0,60	–0,7
3	1,071	–2,854	–0,730	–2,5	–12,6	0,285	–0,265	0,0
4	1,071	–1,683	–0,708	–1,3	–13,9	1,390	–0,174	1,2
5	1,071	–0,732	–0,547	–0,2	–14,1	1,42	–0,082	1,7
6	1071	–0,366	–0,376	0,3	–13,8	1,815	–0,036	1,8
7	1,071	–0,146	–0,182	0,7	–13,1	1,815	–0,036	1,8
8	1,071	0	0	1,1	–12			

$$\sum = -12$$

18. Вычислить уравненные значения приращений координат и вычислить уравненные значения координат.

Дальнейшие вычисления выполняют в следующей последовательности:

- ввести поправки $v\beta_i$ и vs_i, из табл. 5.10, в измеренные значения углов и линий;

- по исправленным углам вычислить дирекционные углы;

-вычислить по дирекционным углам и исправленным линиям исправленные приращения координат $\Delta x_{испр}$ и $\Delta y_{испр}$;

- выполнить контроль вычисления уравненных приращений координат по формулам (5.20):

$$[\Delta x_{испр}] = x_{кон} - x_{нач};$$
$$[\Delta y_{испр}] = y_{кон} - y_{нач}.$$

- вычислить уравненные значения координат по формулам (5.21):

$$x_{i+1} = x_i + \Delta x_{iиспр};$$
$$y_{i+1} = y_i + \Delta y_{iиспр}.$$

Уравнивание координат этим способом приведено в табл. 5.11.

Таблица 5.11

Окончательное уравнивание хода

№ пунктов	$\beta_{ур} = \beta + V_\beta$ ° ′ ″	$\alpha_{ур} = \alpha + V_\alpha$ ° ′ ″	$S_{ур} = S + V_s$	$\cos\alpha_{eh}$ $\sin\alpha_{eh}$	$\Delta X_{ур}$ (м)	$\Delta Y_{ур}$ (м)	$X_{ур}$ (м)	$Y_{ур}$ (м)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ΔСухой								
пп1	185 05 41,3						4 800,509	6 149,884
		36 41 08,3	552,020	0,801 925	442,679	329,790		
пп2	247 51 03,6			0,597 424			5 243,188	6 479,674
		104 32 11,9	565,338	–0,250 999	–141,898	547,233		
пп3	156 32 32,5			0,967 987			5 101,290	7 026,907
		81 04 44,4	339,025	0,155 072	52,573	334,924		
пп4	139 20 09,7			0,987 903			5 153,863	7 361,831
		40 24 54,1	400,420	0,761 368	304,867	259,600		
пп5	157 18 31,8			0,648 320			5 458,730	7 621,431
		17 43 25,9	356,848	0,952 535	339,910	108,635		
пп6	170 06 58,7			0,304 430			5 798,640	7 730,066
		7 50 25,2	372,254	0,990 652	368,773	50,781		
пп7	179 59 40,3			0,136 413			6 167,413	7 780,847
		7 50 06,9	348,734	0,990 664	345,478	47,541		
пп8	253 30 30,9			0,136 325			6 512,891	7 828,388
ΔИсток								
				$\sum\Delta x_{выч}$	1 712,382	1 678,504		
				$\sum\Delta y_{выч}$	1 712,382	1 678,504		

19. Выполнить оценку точности измерений по результатам уравнивания.

Оценка точности измерений по результатам уравнивания заключается в вычислении средней квадратической ошибки единицы веса по формуле (5.24):

$$\mu = \sqrt{\frac{[pvv]}{r}}.$$

Принимая в этой формуле $p = p_\beta = 1$; $r = 3$; $v_i = v_{\beta i}$ получим, что $\mu = m_\beta$.

Предельное значение m_β выбирается в зависимости от класса или разряда полигонометрии. Для первого разряда предельное значение m_β принимается равным 5″. Сравнивая m_β вычисленное с $m_{\beta пред}$, делают вывод о соответствии измеренных углов по точности данному классу или разряду

$$\mu = \frac{\sqrt{\rho\upsilon^2}}{r} = \frac{\sqrt{61,6}}{3} = 4,5''$$

$$\mu = m_\beta = 4,5''$$

$$m_{\beta пред} = 5'' \text{ (для 1-го разряда)}$$

$$m_\beta < m_{\beta пред}.$$

Вывод: геодезические измерения соответствуют требованиям инструкции, предъявленным к ходу полигонометрии 1-го разряда.

Лабораторная работа № 6

ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА LEICA TCR405

Цель работы: изучить подготовку электронного тахеометра (ЭТ) к измерениям и методы центрирования и ориентирования прибора на станции.

Библиографический список

1. Руководство пользователя TC(R)403/405/407/410/ Версия 2.0. Русская.

Пособия и принадлежности:

- тахеометр Leica TCR405;
- штатив;
- отражатель;
- веха;
- рулетка.

Содержание работы

1. Изучить литературу, описывающую ЭТ Leica TCR405 и методы работы с ним.
2. Ознакомиться с устройством тахеометра.
3. Выполнить поверку тахеометра и сделать необходимые настройки.
4. Изучить методику центрирования прибора.
5. Изучить методы ориентирования ЭТ.

Контрольные вопросы

1. Назначение и условия эксплуатации тахеометра Leica TCR405.
2. Устройство, принцип работы тахеометра Leica TCR405 и технические характеристики.

3. Выполнение поверок тахеометра.

4. В чем заключается подготовка тахеометра к измерениям?

5. Как производится горизонтирование тахеометра с помощью электронного уровня?

5. От каких факторов зависит точность измерения расстояний?

6. Какая последовательность действий выполняется при центрировании тахеометра с помощью лазерного отвеса?

7. Опишите последовательность ориентирования тахеометра при известных координатах *X, Y, Z* точки стояния и точки ориентирования?

8. Какая последовательность действий при ориентировании тахеометра по известному дирекционному углу ориентирного направления?

9. Методика определения координат точки, на которой стоит тахеометр, из обратной линейно-угловой засечки.

Общие теоретические сведения

Все современные топографо-геодезические работы выполняют, как правило, с помощью электронных тахеометров, так как их применение значительно снижает трудоемкость работ и увеличивает производительность труда.

В настоящее время электронные тахеометры выпускает российский завод УОМЗ, под маркой Та5 и ряд зарубежных фирм, выпускающих тахеометры под марками Topcon, Trimble, Pentax, Nikon, Sokia, Leica и другие.

Тахеометры серии Leica TCR400 представлены в различных исполнениях, они отличаются друг от друга точностью измерения углов и способностями лазерного дальномера. По классам угловой точности приборы подразделяются на Leica TCR403, Leica TCR405, Leica TCR407, последняя цифра в названии является средней квадратической ошибкой измерения углов.

Еще одной очень важной технической характеристикой электронного тахеометра является его способность измерять расстояния без использования специального отражателя (безотражательный режим). Тахеометры Leica TCR405 оснащались различными дальномерами R400 и R1000. Приборы, оборудованные дальномером R400, имеют специальное обозначение «power», например: Leica TCR403 power, Leica TCR405 power, Leica

TCR407 power. Такие тахеометры могут измерять расстояния до цели, без отражателя, на удалении до 400 м и более.

Электронный тахеометр работает в двух основных режимах: измерение в реальном времени и запись измерений для постобработки.

Начинается работа с подготовительных операций, во время которых производится проверка и при необходимости подзарядка аккумуляторных батарей, далее установка прибора и его включение. При этом вводятся исходные данные (давление, температура, постоянная призмы, постоянная дальномера, высота установки прибора и вехи, координаты точки стояния и т. д.).

Прикладные программы, прописанные в системе, позволяют решать широкий круг наиболее часто встречающихся на практике задач при выполнении полевых геодезических работ.

В системе доступны следующие приложения:

- съемка (Survey);
- разбивка (Stakeout);
- линейно-угловая засечка (Free station – свободная станция);
- базовая линия;
- косвенные измерения;
- определение площади (3D) и объема;
- определение отметки недоступной точки;
- координатная геометрия (COGO, опция);
- базовая плоскость (опция);
- строительство (Construction).

Основными наиболее часто применяемыми на практике режимами и их функциями можно назвать следующие.

Режим «съемки» (Survey) – является основным режимом и используется пользователями для выполнения тахеометрической съемки объектов местности, а также выполнения измерений для решения прикладных инженерно-геодезических задач в реальном времени и будет подробно рассмотрен в следующей лабораторной работе.

Функция «полярная засечка» – используется для вычисления дирекционного угла на направления измеряемых точек по известным координатам точки стояния и точки ориентирования прибора.

Функция «обратная засечка» – используется для вычисления дирекционного угла и координат точки стояния прибора по наблюдениям на несколько твердых (с известными координатами) точек.

Режим «разбивки» – используется для выноса различных проектов в натуру по заранее введенным в память тахеометра их координатам. Прибор (не роботизированный) указывает, на какой угол его необходимо развернуть для того, чтобы задать верное направление расположения выносимых точек (роботизированные модели разворачиваются самостоятельно) и на какое расстояние установить веху с отражателем. Более точно эту операцию позволяет выполнить указатель створа, устанавливаемый стандартно на многих моделях.

Функция «определение площадей» выполняется путем математических вычислений после снятия отсчетов на поворотные точки границы участка.

Режим «координатная геометрия» (COGO) позволяет выполнять все виды инженерно-геодезических вычислений по формулам координатной геометрии расстояний, дирекционных углов между точками и их координат (в частности, решение обратной и прямой геодезической задачи, линейно-угловые засечки, трассирование, сдвиги, пересечение и продление точек, расстояний и азимутов и т. д.).

Для обмена данными между памятью прибора и компьютером тахеометры Leica комплектуются программным пакетом Leica Geo Office Tools или более упрощенной версией Leica Flex Office.

Общая схема подготовки любого электронного тахеометра к работе заключается в следующем:

- изучение устройства тахеометра;
- выполнение поверки;
- установка прибора в рабочее положение: центрирование и горизонтирование;
- установка требуемых настроек;
- ориентирование инструмента.

Рассмотрим эту схему на примере электронного тахеометра марки Leica TCR модели 405.

Занятие № 1

УСТРОЙСТВО ТАХЕОМЕТРА

Основными достоинствами тахеометров марки Leica TCR являются:

- интерактивные возможности; большой и удобный жидкокристаллический (LCD) дисплей;

- измерения без отражателя в видимом диапазоне с помощью встроенного лазерного дальномера (модели R400 или R1000);

- дополнительная программируемая триггер-клавиша, расположенная на боковой стойке;

- «бесконечный» ход микрометренных наводящих винтов горизонтального и вертикального кругов. Отсутствие зажимных винтов;

- наличие лазерного отвеса и электронного горизонтального уровня с двухосевым компенсатором.

Основные составляющие тахеометра Leica TCR 405 приведены на рис. 6.1.

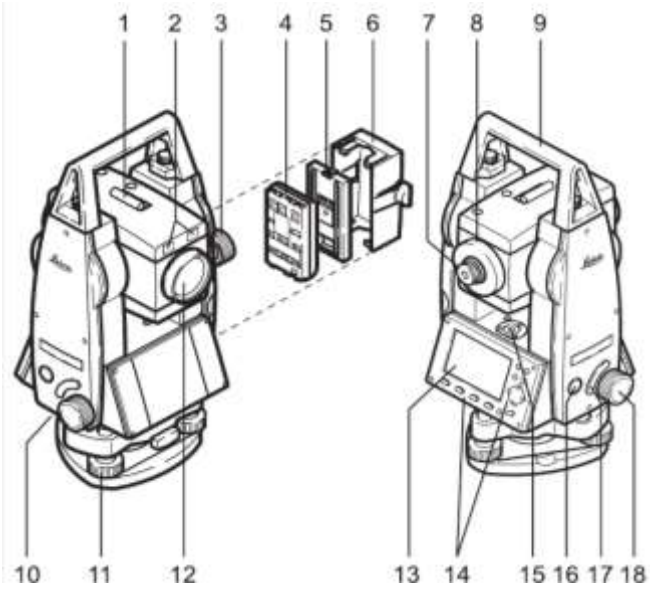


Рис. 6.1. Основные составляющие тахеометра Leica TCR 405:

1 – оптический визир; 2 – встроенная система наведения – EGL-маячок (опция); 3 – винт наведения по высоте; 4 – аккумуляторная батарея; 5 – панель GEB111 для аккумуляторной батареи; 6 – крышка аккумуляторного отсека; 7 – окуляр; кольцо фокусировки сетки нитей; 8 – кольцо фокусировки изображения; 9 – съемная ручка с винтами крепления; 10 – последовательный порт RS232; 11 – подъемный винт; 12 – объектив со встроенным электронным дальномером (EDM); 13 – дисплей; 14 – клавиатура; 15 – круглый уровень; 16 – кнопка включения; 17 – клавиша триггера; 18 – винт наведения по азимуту

Обозначение и расположение основных осей и углов тахеометра

Техническая терминология и обозначение основных осей тахеометра Leica TCR 405 приведено на рис. 6.2, где:

- **VV** – визирная ось/ линия визирования. Визирная ось – это прямая, проходящая через центр сетки креста нитей и центр объектива;
- **ZZ** – ось вращения инструмента;
- **ZOV** – ось вращения зрительной трубы;
- **V** – вертикальный угол / зенитное расстояние;
- **VK** – вертикальный круг с устройством кодировки вертикальных углов;
- **β** – горизонтальный угол;
- **ГК** – горизонтальный круг с устройством кодировки горизонтальных углов.

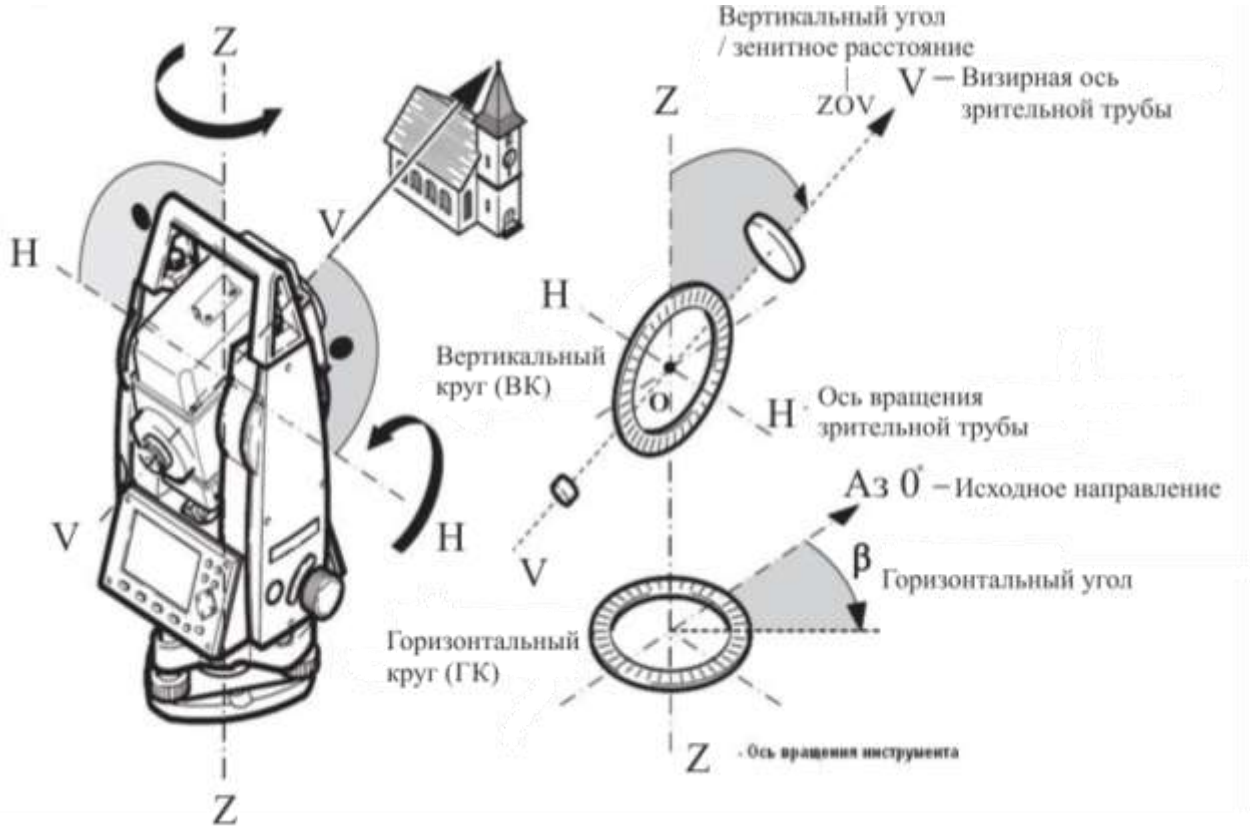
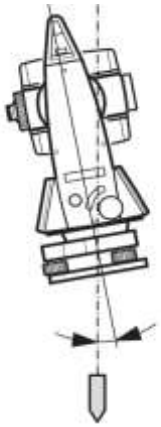
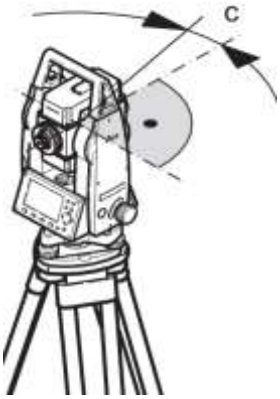


Рис. 6.2. Обозначение и расположение основных осей и углов Leica TCR 405



Наклон оси вращения инструмента

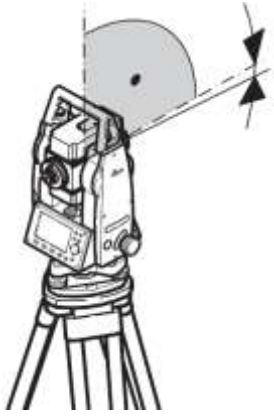
Это угол между отвесной линией и осью вращения инструмента. Этот наклон является инструментальной погрешностью и не исключается из результатов путем измерений при двух кругах.



Погрешность положения визирной оси (коллимационная ошибка)

Коллимационная ошибка – это отклонение угла между осью вращения трубы и визирной осью от прямого угла.

Она практически исключается путем выполнения измерений при двух положениях вертикального круга (круг право и круг лево).



Место нуля, или место зенита вертикального круга

В электронных тахеометрах и точных теодо-литах, типа Т-2, измеряются зенитные расстояния. При горизонтальном положении визирной оси отсчет по вертикальному кругу должен быть равен точно 90°.

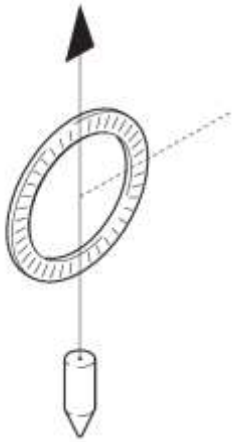
Местом зенита MZ называют отсчет по вертикальному кругу теодолита при положении визирной оси трубы, направленной в зенит, и исходном положении отсчетного устройства и положении пузырька уровня вертикального круга в нуль-пункте.

В теодолитах, изучаемых на 1-м курсе, давалось понятие места нуля (МО), которым является отсчет по вертикальному кругу при горизонтальном положении визирной оси и оси цилиндрического уровня

(пузырек в нуль-пункте) и угла наклона (угла между линией горизонта и линией визирования).

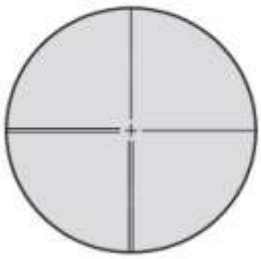
Линия отвеса / Компенсатор

Это направление действия силытяжести. Компенсатор должен задавать отвесную линию для инструмента.



Зенит

Направление на точку линии отвеса, расположенную над наблюдателем.



Сетка нитей

Стеклянная пластина с сеткой пересечения нитей, установленная в зрительной трубе.

На рис. 6.3 приведено обозначение и расположение измеряемых параметров.

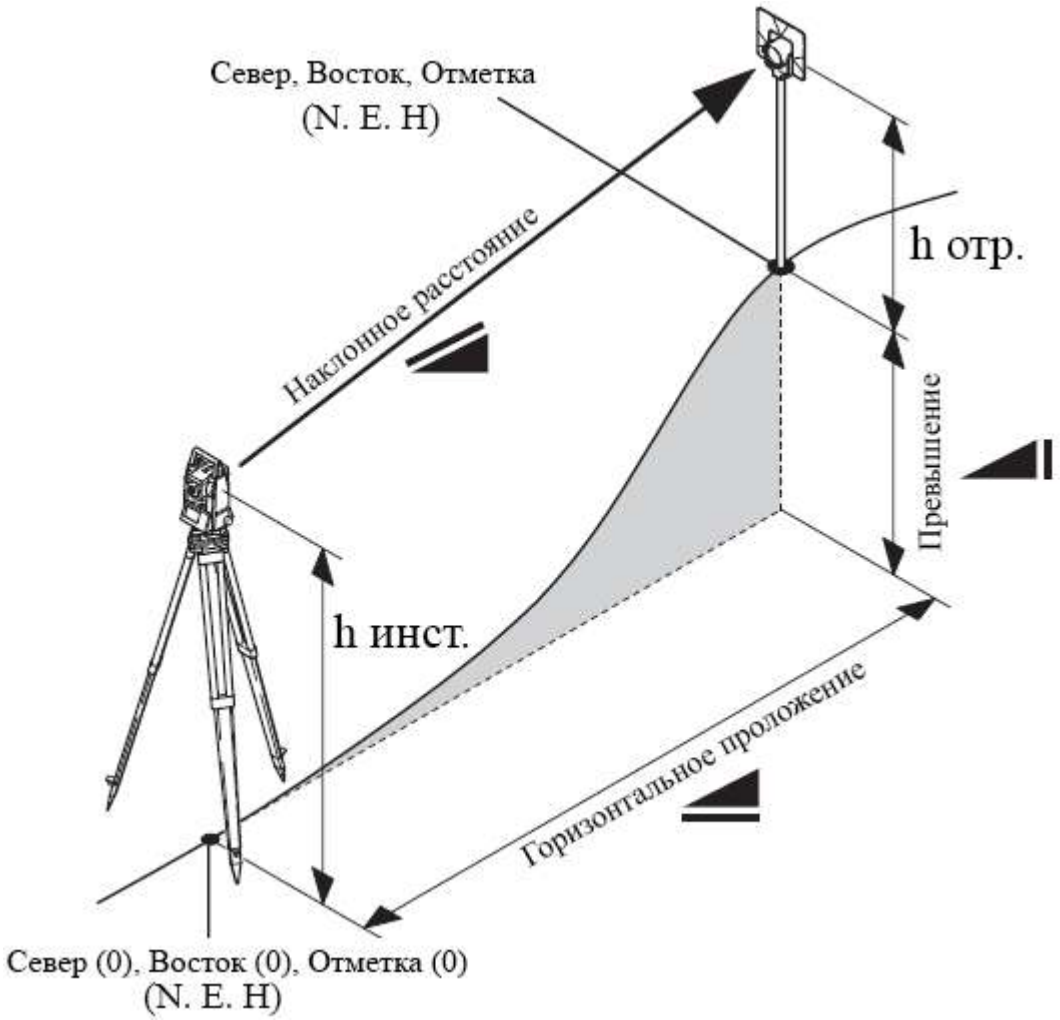


Рис. 6.3. Обозначение и расположение измеряемых параметров:

– наклонное расстояние, скорректированное метеопоправками, между осью вращения инструмента и центром отражателя или пятном лазерного луча (для инструментов с функций безотражательного измерения расстояний);

– горизонтальное проложение, скорректированное метеопоправками и углом наклона;

– превышение или разность отметок между точкой установки инструмента и измеряемой точкой;

h отр. – высота отражателя над землей;

h инст. – высота инструмента;

Восток (0) – ордината (*Y*) точки стояния (Easting);

Север (0) – абсцисса (*X*) точки стояния (Northing);

Отметка (0) – отметка точки стояния;

Восток (E) – ордината (*Y*) измеряемой точки;

Север (N) – абсцисса (*X*) измеряемой точки;

Отметка (H) – отметка измеряемой точки

Устройство клавиатуры дисплея

Для правильной работы с тахеометром необходимо знать расположение и назначение системных и функциональных клавиш клавиатуры в соответствии с рис. 6. 4.

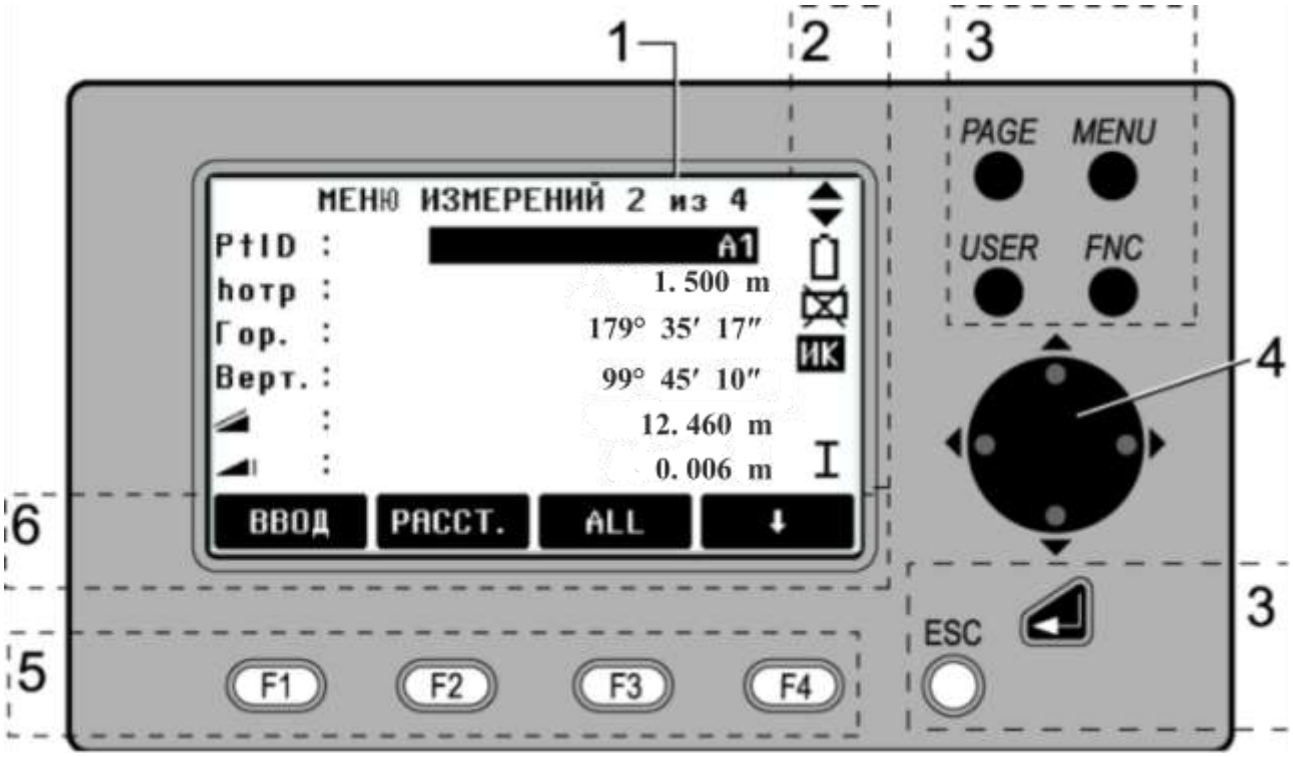


Рис. 6.4. Дисплей и панель управления тахеометра

1 – полоса выбора и ввода информации; 2 – индикаторы состояния; 3 – системные кнопки с жестко прописанными им функциями; 4 – кнопки для работы с дисплеем, которые позволяют перемещать полосу выбора для выполнения ввода или редактирования данных; 5 – функциональные клавиши, которые расположены в нижней части дисплея, и им соответствующие дисплейные кнопки; 6 – панель дисплейных кнопок. Действия, связанные с этими кнопками, будут выполнены соответствующей функциональной клавшей

Панель управления прибора (см. рис. 6.4) имеет жидкокристаллический дисплей разрешением 280 × 160 Pixel (8 строк до 31 символа), на котором отображается вся необходимая информация, связанная с производством измерений, выполнением различных прикладных видов работ и редактированием данных. В 7 верхних строках отображаются данные изме-

рений, а в нижней строке показаны функции экранных клавиш, которые изменяются вместе с режимом измерения.

Назначение системных кнопок, расположенных в секторе 3 (см. рис. 6.4) следующее:

- [PAGE] Переход к следующей странице для диалоговых окон, включающих несколько страниц;

- [MENU] Доступ к приложениям, системной информации, настройкам инструмента, к менеджеру данных, меню поверок и к параметрам обмена данными;

- [USER] Определяется для функции, выбранной вменю FNC;

- [FNC] Быстрый доступ к функциям выполнения измерений;

- [ESC] Выход из диалогового окна или режима редактирования с возвращением к прежни м значениям. Переход к ближайшему верхнему уровню. Подтверждение ввода и переход к следующему разделу;

[F1], [F2], [F3], [F4] – программные клавиши, расположенные в секторе 5 дисплея. Служат они для выбора соответствующих им значений. Значения программных клавиш выводятся в нижней строке экрана – сектор 6. В дальнейшем будем называть их «функциями». Кроме этого, в режиме редактирования клавиши служат для ввода букв и цифр.

Дисплейные кнопки, расположенные в секторе 6 (рис. 6.4), предназначены для выполнения следующих функций:

- [ALL] Измерение расстояний и углов с записью измеренных величин;

- [РАССТ.] Измерение расстояний и углов без записи, вывод результатов на дисплей;

- [ЗАПИСЬ] Запись индицированных на дисплее значений;

- [ENTER] Удаление индицированных на дисплее значений и подготовка для ввода;

- [XYH] Запуск режима ввода координат;

- [СПИСОК] Вывод на дисплей списка точек;

- [ПОИСК] Запуск поиска заданной точки;

- [EDM] Индикация настроек дальномера;

-[ИК/RL] Переключение между инфракрасным (IR) и безотражательным (RL) режимом;

- [ПРЕД.] Возврат в предыдущее окно;

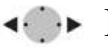
- [СЛЕД.] Переход в следующее окно. Возврат к функциональным кнопкам второго уровня;

- ⬇ Доступ к кнопкам второго уровня;

- [OK] Подтверждение выбранных настроек и выход из этого окна.

В секторе 2 (см. рис. 6.4) отображается индикация на дисплее, показывающая текущий статус работы:

- ◄► Выбор поля на дисплее;

-  Выбор нужного параметра;

- Отмена выбора нажатием клавиши Enter или кнопок скроллинга;

- Эти символы говорят о том, что с помощью кнопки [PAGE] можно получить доступ к различным страницам меню.

Индикация режима EDM;

- IR Инфракрасный – для измерений на отражатели или отражающие марки;

- RL Безотражательный;

- Индикация зарядки аккумулятора;

- I, II Индикация положения трубы относительно вертикального круга;

- Горизонтальный круг настроен на измерение левых углов (против часовой стрелки).

Индикация режима EDM:

- Инфракрасный – для измерения на отражатели или отражающие поверхности;

- Безотражательный.

Индикация статуса работы компенсатора:

- Компенсатор включен;

- Компенсатор выключен.

Поверка тахеометра Leica TCR 405

На этапе подготовительных работ проводится комплекс поверок ЭТ, при необходимости выполняются юстировки, проверяется комплектность прибора, состояние призменных систем. Поверки выполняются в следующей последовательности:

- для выполнения поверки электронного уровня на расстоянии 50 м от прибора и максимально близко к горизонту (для дальнейшего определения МО вертикального круга) устанавливают марку. Прибор на штативе горизонтируют по электронному уровню и наводятся на марку при КЛ. Далее переводят трубу через зенит и вновь визируют на марку при КП и проверяют показания электронного уровня. Электронный уровень выверен, если отклонение пузырьков не превысит 1–2 делений. При больших отклонениях тахеометр необходимо отнести в сервисный центр для исправления уровня.

Если на тахеометре имеется цилиндрический уровень, то первоначальная поверка производится именно цилиндрического уровня, после исправления которого проверяется электронный уровень. Если будет обнаружено несоответствие показаний электронного уровня с цилиндрическим, приступают к юстировке компенсатора в сервисном отделе фирмы Leica .

При выполнении этой поверки очень важно стоять возле штатива на одном месте, на перемещаясь и не перенося свой вес с одной ноги на другую, и уж тем более не ходить вокруг штатива;

- проверка круглого уровня – выводят пузырек круглого уровня подьемными винтами в нуль-пункт. Поворачивают тахеометр на 180° и, если пузырек уровня сместился с середины, то выполняют юстировку, возвращая его, на половину дуги отклонения, юстировочными винтами в сторону нуль-пункта. *Поверку круглого уровня на электронном тахеометре* можно выполнить с помощью электронного уровня, используя который приводят инструмент в горизонтальное положение. Пузырек круглого уровня при этом должен быть в нольпункте. Если он выходит за пределы кружка, то его возвращают в центр с помощью юстировочных винтов и специального ключа Аллена, входящего в комплект прибора. По окончании юстировки все винты должны быть затянуты.

Поверка круглого уровня на трегере выполняется также с помощью электронного уровня, по которому инструмент нивелируется, а затем снимается с трегера. Если пузырек круглого уровня трегера выйдет за пределы кружка, то он приводится в центр ампулы с помощью юстировочной шпильки. При этом необходимо знать, что при вращении юстировочных винтов по часовой стрелке пузырек движется к юстировочному винту, а если против часовой стрелки – от винта. После окончания юстировки необходимо винты затянуть;

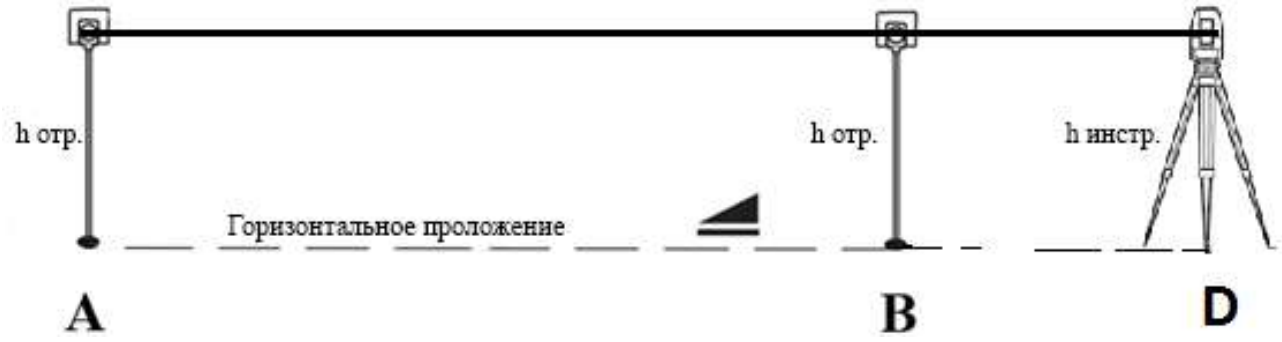
- поверка лазерного отвеса, встроенного в ось вращения тахеометра, выполняется путем поворота инструмента на 360°. Поверка лазерного отвеса должна проводиться при проектировании луча на хорошо освещенную горизонтальную поверхность (например, на лист бумаги), на которой отмечается положение центра красной точки. Инструмент медленно поворачивается вокруг оси его вращения, сначала на 180°, а затем, до полного оборота, на 360°. В это время наблюдатель следит за положением красной точки на листе бумаги. Если центр лазерного пучка будет двигаться по кругу, либо смещаться более, чем на 3 мм от намеченной ранее точки, то лазерный отвес нуждается в юстировке. Юстировка выполняется только авторизированным сервисным отделом фирмы Leica;

- безбазисный способ определения постоянной поправки лазерного дальномера тахеометра. На ровной площадке закрепляются 3 точки A, B и D. Точки A и B закрепляются на расстоянии AB ≈ 100 м, а точка D устанавливается на расстоянии 5–10 м от точки B или A, на продолжении створа AB, в соответствии с рис. 6.5, *а*. Далее прибором измеряются расстояния DB и DA. Точки A, B и D выбираются на одной высоте и располагаются в створе. Расстояние AB вычисляется по формуле:

$$AB = DA - DB. \qquad (6.1)$$

Далее, инструмент переносится в точку C, расположенную строго посередине и в створе линии AB, в соответствии с рис. 6.5, *б*. В этом положении измеряются два расстояния CA и CB.

а)



б)

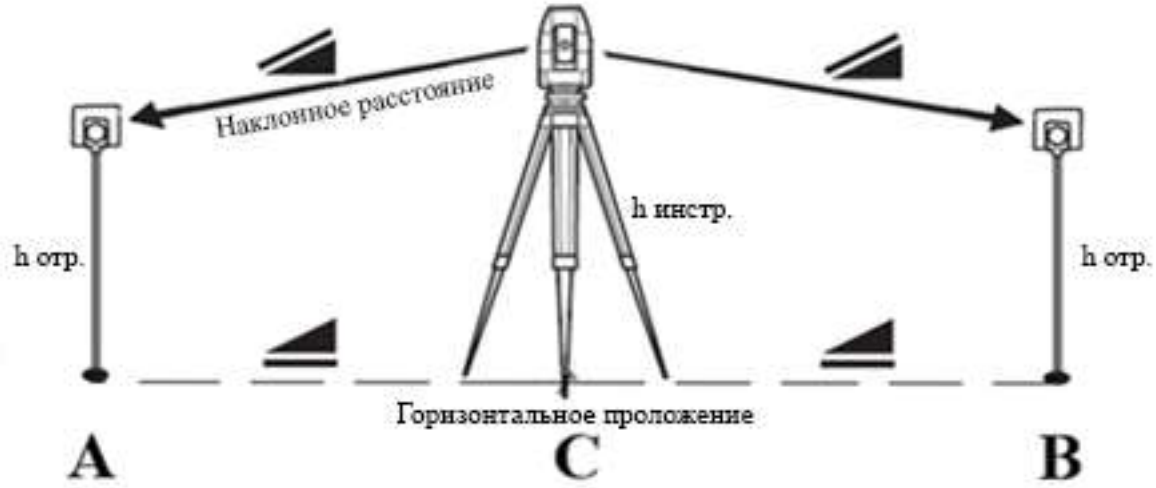


Рис. 6.5. Безбазисный способ определения поправки лазерного дальномера

Постоянная поправка К вычисляется по формуле:

$$К = АВ – (СА + СВ), \quad (6.2)$$

где **АВ**, **СА**, **СВ** – горизонтальные проложения;

К – постоянная поправка лазерного дальномера.

Средняя квадратическая погрешность (СКП) **К** вычисляется по формуле:

$$m_k = \sqrt{3m_D}, \quad (6.3)$$

где $\boldsymbol{m_D}$ – СКП измерения горизонтального проложения;

$\boldsymbol{m_k}$ – СКП определения постоянной поправки лазерного дальномера.

Использование этой схемы определения **К** требует построения строгого створа, тщательного центрирования и установки прибора и отражателей на одной высоте. При этом погрешности центрирования и установок войдут в определяемое значение **К**;

- поверка положения визирной оси (коллимационная ошибка). Коллимационная ошибка – это отклонение угла между осью вращения трубы и визирной осью от прямого угла;

- определение места зенита вертикального круга. Под местом зенита понимают отклонение отсчета по вертикальному кругу от 90° при горизонтальном положении визирной оси.

Для определения коллимационной ошибки и места зенита вертикального круга используют системную кнопку [MENU] и клавишей [PAGE] переходят ко второй странице диалогового окна, в котором выбирается раздел Calibrations (Поверки и юстировки).

Далее, следуя командам, появляющимся в диалоговом окне, выполняют измерения на выбранную точку при двух положениях круга. Измерения можно начинать при любом положении ВК, а выбранная точка должна находиться на горизонте, в пределах отклонения от него не более 3° и примерно в 100 м от инструмента.

Клавиши быстрого доступа к инструментам поверки:

– клавиша $\mathbf{F_1}$ – означает запуск поверки коллимационной ошибки;

– клавиша $\mathbf{F_2}$ – запуск поверки места нуля (зенита);

– клавиша $\mathbf{F_3}$ – индикация величин: сводка имеющихся в памяти значений.

Порядок выполнения поверки:

1) инструмент тщательно нивелируется по электронному уровню;

2) сетка нитей зрительной трубы наводится на точку, расположенную приблизительно в 100 м от инструмента и не более 3° от горизонтального направления визирной оси;

3) нажатием клавиши [ALL] запускаются измерения;

4) зрительная труба переводится через зенит и снова выполняются измерения на ту же точку нажатием клавиши [ALL]. На дисплей выводится предыдущее и новое значение коллимационной ошибки;

5) нажатием клавиши [OK] производится запись нового значения;

6) клавиша [ESC] выполняет выход из программы без записи новых значений.

Поверки обязательно должны выполняться перед первым использованием инструмента, они также должны проводиться перед высокоточными измерениями, после дальних транспортировок оборудования, а также до и после продолжительных периодов работы и при колебаниях температуры более 10 °С.

До выполнения поверок тахеометр тщательно нивелируется с использованием электронного уровня. При этом инструмент необходимо надежно установить и защитить от прямых солнечных лучей для того, чтобы избежать его нагрева только с одной стороны.

Занятие № 2

ЦЕНТРИРОВАНИЕ И ГОРИЗОНТИРОВАНИЕ ТАХЕОМЕТРА С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ОТВЕСА И ЭЛЕКТРОННОГО УРОВНЯ

Перед началом измерений тахеометр устанавливается на штатив на удобную для наблюдателя высоту. Устанавливая штатив, необходимо следить за тем, чтобы его платформа, к которой прикрепляется становым винтом, прибор, была примерно в горизонтальном положении. Подъемные винты трегера приводятся в среднее положение.

Далее работают в следующей последовательности:

- используя клавишу [FNC], выбирают [Уровень/Отвес]. На дисплее появится изображение электронного уровня;

- перемещая ножки штатива, добиваются, чтобы луч лазера был направлен в точку, над которой инструмент установлен;

- хорошо зафиксировав ножки штатива, вращают подъемные винты трегера, точно совмещая лазерный луч с точкой центрирования;

- изменяя длину ножек штатива, приводят пузырек круглого уровня в нуль-пункт, выполняя при этом приближенное центрирование инструмента;

- поворачивая подъемные винты трегера, приводят электронный уровень в нуль-пункт. Если электронный уровень находится в нуль-пункте, то инструмент отнивелирован;

- выполняют проверку центрирования по лазерному отвесу и, если необходимо, то производят доцентрирование. Для этого слегка открепляют закрепительный винт трегера и перемещают тахеометр на головке штатива до полного совмещения лазерного луча с точкой центрирования;

- осуществляют контроль положения электронного уровня и центрира, т. е. электронный уровень должен быть в нуль-пункте, а лазерный луч совмещен с точкой центрирования;

- нажатием на клавишу [OK] выключают электронный уровень и лазерный отвес.

Работа с настройками тахеометра

В начале работы с электронным тахеометром необходимо выполнить общие настройки прибора для всех прикладных программ пакета Survey Office и операций обмена данными.

Экран дисплея, на котором отображено меню, с которого начинается работа, приведен на рис. 6.4. Используя кнопку **[MENU]**, клавишей **[PAGE]** переходят на первую страницу диалогового окна, в котором выбирается раздел **Setting (Настройки)**. В меню **Setting (Настройки)** доступны следующие опции:

- установка **контраста дисплея** шагами по 10 %;

- настройка работы кнопки **«Триггера».** Для этой кнопки можно задавать один из трех режимов работы инструмента – **[ALL]**, **[РАССТ.]**, **[ВЫКЛ.]** (Измерять все, Только расстояния, Отключить);

- настройка работы кнопки **[USER]**, для которой устанавливается любая функция, в зависимости от вида выполняемых работ, выбранная в меню **[FNC] (**ИК<=>RL, ЛАЗ.ТЧК., ПОДСВЕТКА, УРОВЕНЬ, ЕД_ЛИН, ЕД_УГЛОВ, Удал. Зап, H-TRANS, КОД, Скрыт. Тчк., СДВИГ);

- настройка системы **отсчета по вертикальному кругу** производится либо для измерения зенитных расстояний либо вертикальных углов или отклонений от горизонтальной плоскости в процентах (По 1-й, По 2-м, Выкл.)

Зенит – это точка линии отвеса, расположенная над наблюдателем, поэтому при выборе измерения зенитных расстояний (Zenith) «Зенит» = 0°, а «Горизонт» = 90°.

При выборе измерения вертикальных углов (Horizon) «Горизонт» = 0°, а «Зенит» = 90°.

При выборе отклонений в процентах V-(%): 45°=100 %; «Горизонт» = 0°;

- **корректировка наклона оси вращения** тахеометра выполняется в 3 режимах. Режим устанавливается по выбору (1 ось, 2 оси, или Выкл.).

Режим «Выкл.» означает, что компенсация наклона оси вращения инструмента отключена.

Режим по 1-й оси предполагает, что вертикальные углы будут измеряться относительно линии отвеса.

Режим по 2-м осям означает, что горизонтальные углы будут корректироваться за наклон оси вращения инструмента.

Наклоном оси вращения инструмента является угол между отвесной линией и осью вращения инструмента. Этот наклон исключается из результатов измерений только при помощи компенсатора, который задает отвесную линию для инструмента. Настройки компенсатора не изменяются даже после выключения инструмента;

- настройка **«Сектог Beep»** означает включение «Вкл.» или выключение «Выкл.» звукового сигнала, который подается при отсчетах по горизонтальному кругу, кратных прямому углу (0, 90, 180, 270°);

- настройка шага по горизонтальному кругу **«Шаг по ГК»** может быть выполнена «Вправо» или «Влево».

«Вправо» означает, что установка измерения горизонтальных углов будет производиться по часовой стрелке (правые углы).

«Влево» – установка измерения углов против часовой стрелки (левые углы). Углы только показываются на дисплее, а в память записываются правые углы;

- **«Подсв.сетки нитей»** может быть выбрана следующей интенсивности:

1) «Слабая» – Слабый уровень подсветки;

2)«Средняя» – Средний уровень подсветки;

3) «Яркая» – Яркая подсветка.

Сетка нитей подсвечивается только при включенной подсветке дисплея;

- **«Вывод данных»** выполняется в двух форматах.

В формате **RS232** для записи данных будет использоваться порт RS232. При этом необходимо подключить к нему накопитель данных. «Данные» будут записываться в память инструмента.

При выборе формата **GSI 8/16** необходимо выбирать один из двух типов выходного GSI-формата:

1) GSI 8: 81..00+12345678;

2) GSI 16 81..00+1234567890123456;

- Mask 1/2

Выбор маски производится для данных формата GSI:

Mask 1: PtID, Гор, V, SD, ppm+mm, hr, hi;

Mask 2: PtID, Гор, V, SD, E, N, H, hr.

PtID – номер станции стояния инструмента;

Гор. – отсчет по горизонтальному кругу;

V – отсчет по вертикальному кругу;

SD – измеренное расстояние;

ppm+mm – точность измерения расстояний;

hr – высота отражателя над землей;

hi – высота инструмента;

E, N, H – ордината (Y), абсцисса (X) и отметка (H) измеряемой точки;

- «**Коллимационная ошибка»** может как учитываться, так и не учитываться в выполненных результатах измерений. Для этой цели устанавливается одна из двух команд «Вкл.» и «Выкл.».

«Вкл.» означает, что коллимационная ошибка будет учтена, а «Выкл.» – поправки за коллимацию вводиться не будут.

Если задана опция **«Гор Collimation ON»**, то во все горизонтальные углы будут вводиться поправки за коллимацию (с учетом величины вертикального угла).

Для работы рекомендуется выбирать опцию *Hz Collimation ON*;

- функция **«автоматического отключения»** имеет три режима применения:

1) «**Да»** – Инструмент будет автоматически выключаться, если в течение 20 минут оператор не предпринимал никаких действий, то есть ни-

какие клавиши не нажимались, а положение визирной трубы по высоте или по азимуту не изменялось более чем на 3′.

2) «**Нет»** – означает, что режим экономии энергии отключен. Это чревато быстрой разрядкой аккумулятора.

3) **«Эк. Режим»** – Режим экономии. Инструмент будет включаться (активизироваться) при нажатии любой клавиши;

- **«Мин. отсчет»** устанавливает одну из указанных ниже 3 ступеней выполняемой тонности измерений. Для системы **«Градусы, минуты и Секунды»**: 0°00'01"/ 0°00'05" /0°00'10" (секунды показываются всегда);

- **Метод ввода**

В этом режиме вводятся текстовые и цифровые данные.

Здесь можно выбрать два метода ввода букв и цифр:

1) **Метод 1** является стандартным методом. Нажатием клавиши

[ВВОД] сначала выполняется очистка области ввода и индикация дисплейных кнопок. Мигание курсора означает, что все готово для ввода информации.

Нажатием клавиш **F1–F3** выбирается набор символов с соответствующей буквой или цифрой. Если на дисплее отсутствует нужная буква или цифра, осуществляют ее поиск нажатием клавиши **[→]**, которая позволяет произвести выбор других символов. После выбора нужного символа необходимо подтвердить ввод клавишей [↵] .

Для удаления введенных символов и восстановления прежних значений нажимается клавиша **[ESC]**.

2) **Метод 2** является улучшенным методом.

При выборе этого метода при нажатии клавиши **[ВВОД]** на дисплей выводится полный список используемых букв. Нажатием кнопок **F1–F4** производят выбор списка букв/списка цифр. После выбора нужного символа, который производится кнопками **F1–F4**, ввод подтверждается нажатием клавиши [↵].

Выбранный метод фиксируется в настройках;

- «**Единицы измерения»** показывает текущие линейные и угловые единицы измерения и дает возможность выбирать другие единицы измерения.

При .измерении углов следует выбрать

° ' " *Градусы, минуты и секунды*.

Выбор угловых единиц можно изменить в любой момент. Выводимые на дисплей величины будут преобразованы в выбранную систему единиц.

При измерении расстояний единицы измерения расстояний выбираются «*метры*».

При выборе единиц измерения **«Температуры»** выбираются

°C – *Градусы Цельсия*.

При выборе единиц измерения **«Давления»** – *mmHg Миллиметры ртутного столба;*

- настройки **EDM** .

Для инструментов класса TCR доступен выбор различных вариантов измерений в режимах RL (без отражателя) и IR (инфракрасный).

В зависимости от заданного режима измерений можно выбирать разные типы отражателей:

1) **«IR-Fine»** – Режим высокоточных измерений на призму с точностью (2 мм + 2 ppm);

2) **«IR-Fast»** – Режим быстрых измерений с меньшей точностью (5 мм + 2 ppm);

3) **«IR-Track»** – Режим слежения, т.е. непрерывные измерения с точностью (5 мм + 2 ppm);

4) **«IR-Tape»** – Измерения на отражатель типа Retro с точностью (5 мм + 2 ppm);

5) **«RL-Short»** – Безотражательные измерения в пределах 80 м с точностью 3 мм + 2 ppm;

6) «**RL-Track»** – Режим слежения, т. е. непрерывные измерения расстояний с точностью (5 mm + 2 ppm);

7) **«RL-Prism»** – Измерение больших дальностей на отражатель с точностью (5mm + 2 ppm);

- **Тип отражателя**:

1) «**Станд. Отражатель GPH1+GPR1**» с постоянным слагаемым «**0.0**»;

2) «**Отражатель 360° GRZ4»** с постоянным слагаемым «**+23,1**»;

3) «**360° Мини-призма GRZ101**» с постоянным слагаемым «**+ 30,0**»;

4) «**Мини-призма GMP101/102**» с постоянным слагаемым «**+ 17,5**»;

5) «**JPMINI**» Мини-призма с постоянным слагаемым «**+ 34,4**»;

6) «Катафот» с постоянным слагаемым «**+ 34,4**»;

7) «**USER**» – Постоянное слагаемое устанавливается в меню Prismconst: mm + 34,4. Например, для mm = 14 нужно задать = –14 + 34,4 = 20,4;

8**) «RL»** – Измерения выполняются без отражателя с постоянным слагаемым **« +34,4»**;

9) **«Пост.слагаемое»** может быть выбрано в окне **«EDM»** – **«SETTINGS»**, в котором вводится нужное значение в миллиметрах;

10) **«Лазерный визир»** может быть отключен или включен командами:

«Выкл.» - Отключение лазерного визира;

«Вкл.» - Включение лазерного визира;

11) **«Маячок EGL»**, с помощью которого можно указывать реечнику текущее направление визирной оси. Этот маячок виден в пределах 150 м от инструмента. Данная возможность очень полезна при выносе проекта на местность. Мигающие красный и желтый светодиоды хорошо видны помощником наблюдателя в диапазоне от 5 до 150 м в диаметре пучка 12 м на 100 м от инструмента;

- **[PPM]** – Ввод пользовательских значений **ppm** «Атмосферная поправка». Выводимое на дисплей расстояние будет достаточно точным, если будет введена поправка, выраженная в **ppm** (мм/ км), которая вычисляется по атмосферным условиям, преобладающим на момент измерений.

Эта поправка учитывает давление, температуру воздуха и относительную влажность.

При высокоточных измерениях атмосферная поправка должна определяться с точностью до 1 ppm (1 мм на 1 км), температура воздуха – до 1°С и атмосферное давление – до 3 миллибар.

Занятие № 3

ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА LEICA TCR405

Перед началом работы на станции необходимо выполнить все действия, описанные выше, выполняемые для центрирования и нивелирования тахеометра.

Все дальнейшие измерения и расчеты, проведенные тахеометром, необходимо записывать во внутреннюю память прибора. Чтобы активировать запись и упорядочить эти данные, используются проекты работ. Для создания проекта работ необходимо нажать кнопку [**MENU]** и выбрать пункт [**Файл**], далее [**Проект**].

Далее выбирается пункт **[НОВЫЙ]** для создания нового проекта, в котором будет содержаться информация различного типа и последующие измерения (например, измерения, коды объектов, координаты твердых точек, сведения о точках стояния и т. п.). Чтобы ввести новое имя проекта, необходимо выделить строку *«Проект»* и нажать клавишу ◢, после чего активируются функциональные клавиши ввода символов, клавиша F4 производит смену символов, в строке дисплейных кнопок (рис. 6.6).

Рис. 6.6. Ввод буквенно-цифровых символов

Нажатием кнопки [**OK**] производится регистрация проекта и возврат в набор стартовых программ.

Эти данные можно просматривать, редактировать, настраивать под ваши задачи, считывать и удалять.

Создав проект, необходимо проверить правильность установок (единицы измерения, точки отсчета углов, коэффициенты и пр.). После создания проекта необходимо ориентировать тахеометр в пространстве и задать рабочую систему координат. Ориентировать тахеометр можно, используя один из трех основных способов.

Первый способ – ***способ полярных координат (Съемка/Survey)***, когда заранее известны координаты XYZ точки стояния тахеометра и точки его ориентирования.

Второй способ – ***по известному направлению (Съемка/Survey)***, когда заранее известны координаты точки стояния тахеометра и исходного направления.

Третий способ – ***линейно-угловая обратная засечка (Free Station)***, когда известны координаты не менее 2 точек, находящихся в прямой видимости с места установки прибора (отличительной особенностью данного способа является возможность установки прибора в любой точке, при соблюдении условия прямой видимости двух или более исходных точек).

Для использования способа полярных координат и по известному направлению (Съемка/Survey), в соответствии с рис. 6.7, необходимо зайти в [**MENU]** и выбрать строку «**ПРОГРАММЫ**» нажатием клавиши **F1**, далее активировать строку «**Съемка**» и в появившемся диалоговом окне последовательно выполнить следующие действия:

1) F1 – Выбор проекта;
2) F2 – Выбор станции;
3) F3 – Ориентировка инструмента;
4) F4 – Запуск.

Выбор проекта – производится контроль выбора активного проекта.

Выбор станции – вводится идентификатор стации (имя и координаты точки установки прибора), путем поиска по имени в базе введенных точек [**ПОИСК]** или путем задания новой точки клавишей [**XYZ]**.

Ориентировка инструмента – в данном меню производится двумя методами: Первый метод, клавиша **F1** – через строку «Настройка измерения углов», где можно задать величину известного дирекционного угла или

нулевое значение отсчета горизонтального круга (Hz = 0) на выбранное направление. Второй метод, клавиша **F2** – через строку «Координаты», которая позволяет ввести имя и координаты XYZ точки ориентирования. После выполненных измерений при нажатии клавиши **«ALL»** появится сообщение «Инструмент сориентирован».

Запуск производится после выполнения вышеперечисленных пунктов.

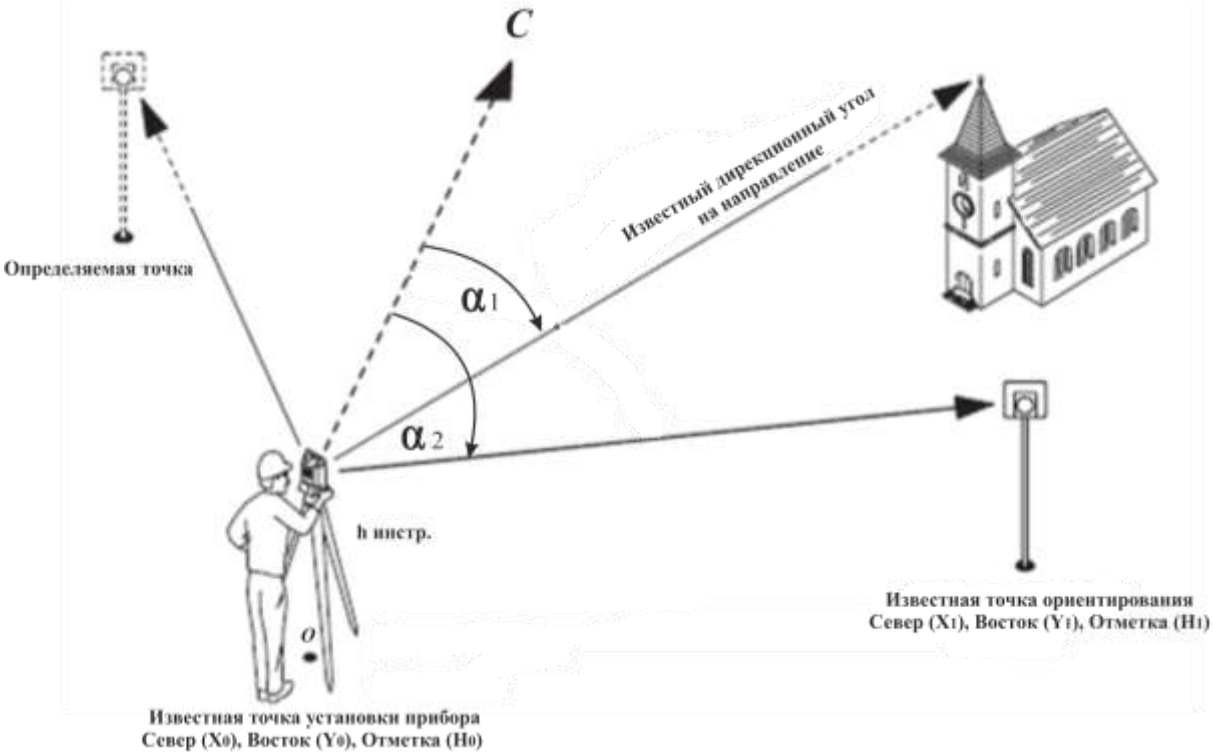


Рис. 6.7. Принципиальная схема способа полярных координат и известное направление (дирекционный угол)

Применение способа линейно-угловой обратной засечки с нескольких точек (рис. 6.8). Эта функция предназначена для определения координат точки установки инструмента по результатам измерений, как минимум на две (максимум 5) точки, с заранее известными координатами.

Для начала работы необходимо зайти в **[MENU]** и выбрать строку «**ПРОГРАММЫ**» нажатием клавиши **F3**, далее активировать строку «**Free Station**» и в появившемся диалоговом окне последовательно выполнить следующие действия:

- F1 – выбор проекта;

- F2 – задать точность;

- F4 – Запуск.

При нажатии клавиши **F1** – «Выбор проекта» – производится контроль выбранного активно проекта.

При нажатии клавиши **F2** – «Задать точность» – вводятся пределы требуемой точности средней квадратической погрешности определения координат и измерения горизонтального угла, клавишей **[ВВОД]**. Точность задается согласно требованиям нормативной документации выполняемых работ (СНиПы, ГОСТы и РД).

Запуск выполняется по завершении предыдущих пунктов нажатием клавиши **F4**, после чего необходимо ввести имя станции (установки прибора) и высоту инструмента клавишей **[ВВОД]**, подтверждая выполненные действия клавишей **«ОК»**. Далее выбираются имена точек ориентирования инструмента, из базы данных клавишей **[ПОИСК]** или вводятся вручную клавишей **[ВВОД]**, а также задается фактическая высота отражателя в строке «**h отр**», активизировав **кнопку 4** для работы с дисплеем (см. рис. 6.4).

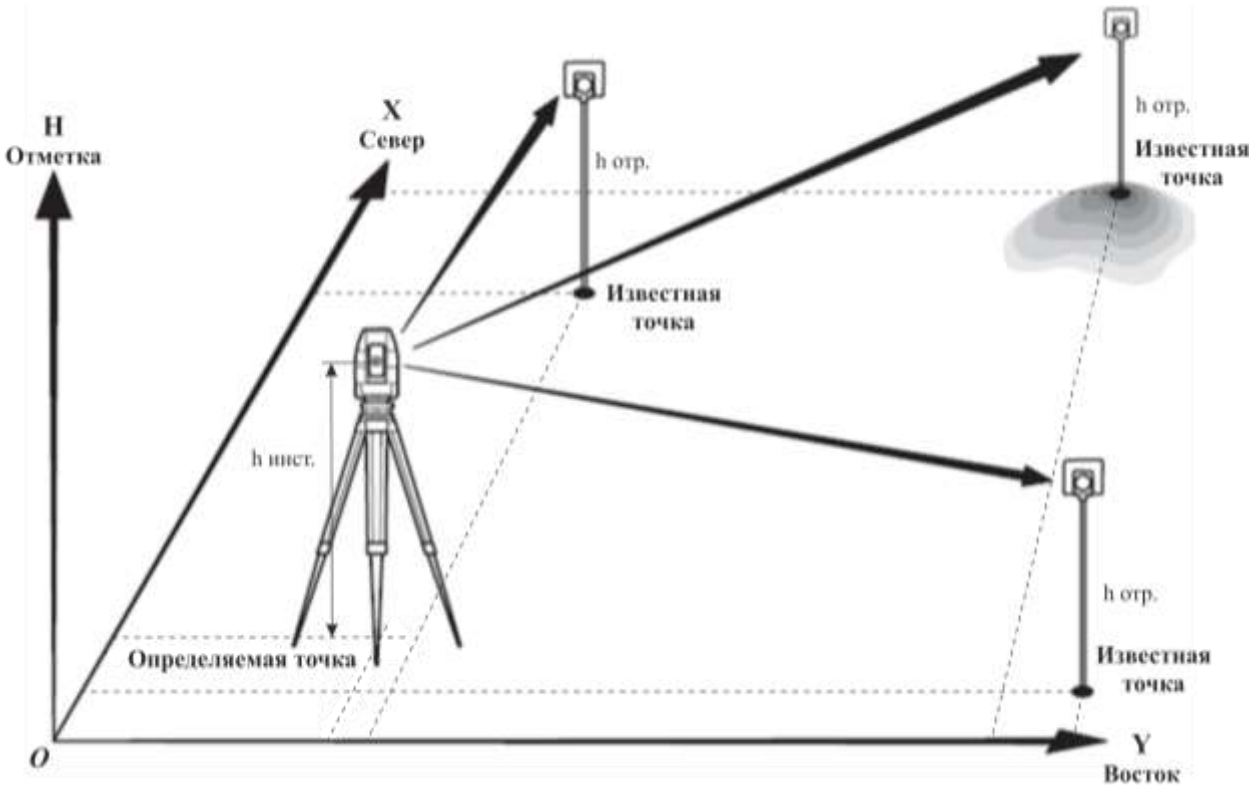


Рис. 6.8. Принципиальная схема линейно-угловой засечки

Лабораторная работа № 7

НАСТРОЙКА РАБОТЫ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА LEICA TCR405

Цель работы: изучить настройку работы прикладных программ электронного тахеометра.

Библиографический список

1. Руководство пользователя TC(R)403/405/407/410/ Версия 2.0. Русская.

Пособия и принадлежности:

- тахеометр Leica TCR405;
- штатив;
- вешка с отражателем;
- рулетка;
- каталог координат пунктов исходной основы, в аудитории 31.

Содержание работы

1. Изучить настройку и методику выполнения тахеометрической съемки с использованием ЭТ Leica TCR405.

2. Изучить настройку прикладной программы «**Разбивка**» и выполнить разбивку одной точки полярным методом или методом прямоугольных координат (по указанию преподавателя), используя координаты разбивочной сети в аудитории 31.

3. Выполнить косвенные определения наклонных расстояний, горизонтальных проложений, превышений и дирекционных углов между точками, используя программу «**Tie Distance**» методом (полигональным или радиальным), по указанию преподавателя.

4. Изучить прикладную программу **«Вычисление площадей и периметров»**. Вычислить площадь и периметр замкнутого полигона, включающего 4-5 точек по указанию преподавателя.

5. Изучить метод определения **высоты недоступной точки** с помощью измерений на отражатель.

6. Изучить настройку прикладной программы «**Строительство**». Определить границы строительной площадки посредством настройки инструмента по строительной оси, измерения и определения положения точек по отношению к этой оси.

7. Изучить способы прикладной программы «**Кодирование**» и выполняемые при этом операции.

8. Написать пояснительную записку по настройке работы прикладных программ.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается технология выполнения тахеометрической съемки с применением ЭТ Leica TCR405?

2. Опишите действия, выполняемые при разбивке по данным из памяти инструмента.

3. В чем заключается технология полярного метода разбивки?

4. В чем заключается технология разбивки методом перпендикуляров?

5. Опишите методы косвенных определений наклонных расстояний, горизонтальных проложений, превышения и дирекционных углов.

6. Опишите последовательность действий при вычислении площадей и периметра замкнутого полигона с использованием ЭТ Leica TCR405.

7. Опишите технологию определения высоты недоступной точки.

8. Какие задачи решаются при использовании прикладной программы «Строительство»?

9. В чем заключаются цели и задачи использования прикладной программы «Кодирование»?

Общие теоретические сведения

Модель тахеометров фирмы Leica TCR405 разработана специально для топографических, строительных, и инженерно-изыскательских задач.

Данная модель довольно проста в эксплуатации и имеет большой набор встроенных программ.

Областями применения электронных тахеометров являются: проведение топографо-геодезических работ, выполняемых на строительных площадках, при производстве крупного машиностроения, судостроения, инженерных и инженерно-геодезических изысканий и многое другое.

В системе доступны следующие приложения:

- съемка;
- разбивка;
- косвенные измерения;
- площади и объемы;
- Free Station – привязка станции;
- базовая линия;
- определение отметки недоступной точки;
- строительство;
- Cogo (опция);
- базовая плоскость (опция);
- кодирование.

Режим съемки используется пользователями для выполнения тахеометрической съемки объектов местности и будет подробно рассмотрен в этой лабораторной работе.

Обратная засечка используется для привязки точки стояния прибора по наблюдениям на несколько твердых (с известными координатами) точек.

В режиме разбивки по заранее введенным в память координатам прибор указывает, на какой угол его надо развернуть и на какое расстояние установить вешку с отражателем. Более точно эту операцию позволяет выполнить указатель створа, устанавливаемый стандартно на многих моделях.

Определение площадей выполняется путем математических вычислений после снятия отсчетов на угловые точки границы участка.

Режим COGO позволяет выполнять все виды прикладных вычислений (в частности, определение координат, расстояний и азимутов, решение прямой и обратной геодезической задачи и т. д.).

Одним из способов автоматизации камеральной обработки является полевое кодирование. Система полевого кодирования представляет собой набор команд, параметров и атрибутов, предназначенных для ввода и накопления информации о топографических объектах при съемке.

Для обмена данными между памятью прибора и компьютером, тахеометры Leica комплектуются программным пакетом Leica Geo Office Tools.

Занятие № 1

ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Полевые работы при тахеометрической съемке на станции включают следующие действия:

- установку прибора над точкой с известными координатами и приведение его в рабочее положение (допускается выполнять центрирование с погрешностью до 0,5 см);
- определение места нуля (зенита);
- составление абриса на станции с указанием на нем положения вехи с отражателем;
- измерение высоты прибора с погрешностью 1 см;
- ориентирование тахеометра одним из рассмотренных в предыдущей работе способом;
- наблюдение точек с установленной на них вехой с отражателем при КЛ.

Все результаты измерений и вычислений записываются во внутреннюю память тахеометра.

Начинается работа с подготовительных операций, во время которых производится установка прибора и его включение. При этом необходимо ввести исходные данные (давление, температура, постоянная призмы и т. д.). Важным моментом при выполнении съемочных работ является определение места нуля вертикального круга и составление абриса на станции с указанием на нем мест установки вехи с отражателем.

Понятие «Места нуля (зенита)» дается в предыдущей лабораторной работе. Для выполнения поверки необходимо тщательно отнивелировать электронный тахеометр по электронному уровню и навестись на точку,

расположенную примерно в 100 м от ЭТ и не более 3° градусов от горизонта. Клавишей [**ALL**] запускаются измерения, после чего зрительная труба переводится через зенит и повторно выполняются измерения нажатием клавиши [**ALL**] на эту же точку, но при другом круге. На дисплей при этом выводятся предыдущее и новое значение «Места нуля (зенита)». Для записи нового значения нажимается кнопка **[ОК**]. При желании можно выйти из программы без записи нового значения нажимая клавишу [**ESC**].

Абрис тахеометрической съемки (рис. 7.1) заготавливается заранее на отдельных для каждой станции листах. На нем показывают положение станции, с которой выполняется съемка, и направление на станцию ориентирования, а также полную картину снимаемого участка местности, отмечая границы контуров и некоторые формы рельефа. В абрисе наносят все точки, на которых будет устанавливаться веха с отражателем, при этом обращают внимание на то, чтобы точками была покрыта вся территория съемки без пропусков. Съемочные пикеты отмечаются теми же номерами 1 … 10, что и в тахеометре. Ситуация местности изображается условными знаками (с пояснительными подписями), а рельеф – схематичными горизонталями.

Абрис составляется в результате детального осмотра местности, подлежащей съемке с данной станции, а затем сопоставляется с абрисами соседних станций.

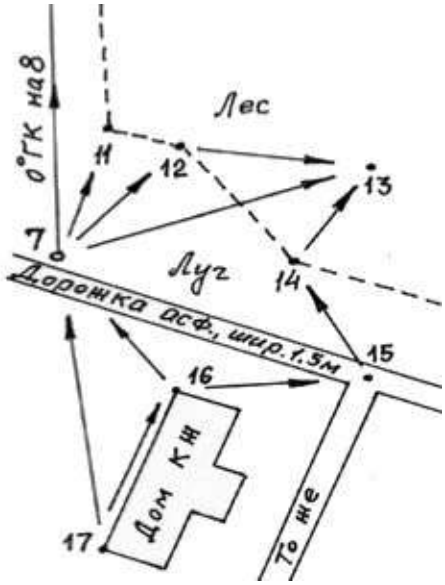


Рис. 7.1. Абрис тахеометрической съемки

Высота инструмента измеряется рулеткой или вехой от центра знака до оси вращения зрительной трубы, отмеченной на торцевой панели тахеометра в виде точки. Точность измерения высоты – 0,1 см.

Работа с тахеометром в режиме съемки выполняется в следующей последовательности:

- создается новый проект **(JOBS**), куда будут записываться данные различного типа (например, измерения, коды объектов, координаты твердых точек, сведения о точках стояния и т. п.). Эти данные можно редактировать, настраивать, считывать и удалять.

Схема создания проекта:

[МЕНЮ] / [ПРОГР.] / [СЪЕМКА] / [ВЫБОР ПРОЕКТА] / [НОВЫЙ] / [ВВОД] / [ОК].

После нажатия клавиши **[ВВОД]** происходит очистка области ввода и индикация дисплейных кнопок. При этом мигание курсора означает, что все готово для ввода информации. Нажатием клавиш **F1–F3** выбирается набор символов, при этом поиск необходимого набора символов, включающих нужную букву, выполняется клавишей **F4 [←]**. После выбора нужных символов клавишами **F1–F4** ввод подтверждается клавишей [↵]. Удаление ошибочно набранных символов и восстановление прежних значений производится клавишей **[ESC]**.

Для того, чтобы открыть ранее созданный проект, необходимо выполнить его поиск по схеме:

[МЕНЮ] / [ПРОГР.] / [СЪЕМКА] / [ВЫБОР ПРОЕКТА] (выбор из списка раннее созданного проекта по его названию «**клавишей 4**») / **[ОК]**.

Для определения станции, с которой будет производиться съемка, вводится номер точки стояния и высота инструмента.

Последовательность действий следующая:

[МЕНЮ]/[ПРОГР.] / [СЪЕМКА] / ВЫБОР СТАНЦИИ] / установка высоты инструмента - **hi** / **[ОК]**.

Данные, необходимые для описания станции стояния, могут вводиться вручную (название станции, высота инструмента и ее координаты) или считываться из памяти (название станции, ее координаты). Более подробно описание станции стояния дается в предыдущей работе.

Затем вводится номер точки ориентирования по схеме:

[МЕНЮ] / [СЪЕМКА] / [ОРИЕНТ. ИНСТРУМЕНТА] / [ОК].

Способы ориентирования подробно описаны в предыдущей работе, а выбор способа ориентирования зависит от наличия исходных данных. После ориентировки рекомендуется сразу снять следующую ориентирную точку хода, чтобы исключить ошибки из-за возможного нарушения положения прибора. Чтобы записать в память ЭТ координаты этой точки, она снимается дополнительно к предыдущему измерению: **[МЕНЮ] / [СЪЕМКА] / [ЗАПУСК]**. При этом, необходимо следить за нумерацией и кодом, принятыми для точек съемочного обоснования (если вы ими пользуетесь).

Съемка пикетов выполняется в режиме **F4 – «ЗАПУСК»**. При этом, чтобы в дальнейшем не возникла путаница при обработке, при наборе пикетов нужно ввести нумерацию первого пикета.

Выбирается **[МЕНЮ] / [СЪЕМКА] / [ЗАПУСК]**, затем вводится номер пикета (например, 1). Далее при наборе пикетов нумерация точек будет увеличиваться автоматически на единицу.

После окончания работы на станции прибор выключается, и тахеометр переносится на следующую точку.

Впоследствии, при включении прибора на новой станции, автоматически запустится созданный нами проект с заданными установками.

По окончании работ рекомендуется провести проверку ориентирования на точку ориентирования, что является замыканием горизонтального круга и помогает устранить накопившиеся за время работы ошибки.

Занятие № 2

ВЫНОС ПРОЕКТНЫХ ТОЧЕК НА МЕСТНОСТЬ (РАЗБИВКА)

В практике геодезических работ при строительстве различного рода инженерных сооружений появляются задачи, связанные с вынесением проекта на местность. Основными этапами работ при этом являются:

- создание геодезической разбивочной сети;
- геодезическая подготовка проекта;
- разбивочные работы в ходе строительства.

Разбивочная сеть, как правило, создается на стадии изысканий и в дальнейшем передается по акту представителю строительной организации.

Задачей геодезической подготовки проекта является разработка способов разбивки конкретного сооружения на местности. Результатом этого этапа являются разбивочные чертежи и вычисленные разбивочные элементы, которыми являются углы и расстояния, рассчитываемые по координатам точек.

Существует много способов разбивки инженерных сооружений, таких как способ линейных засечек, способ угловой засечки, способ створных и створно-угловой засечки, способ полярных координат и другие. Особой популярностью на практике при использовании электронного тахеометра пользуется способ полярных координат (рис. 7.2).

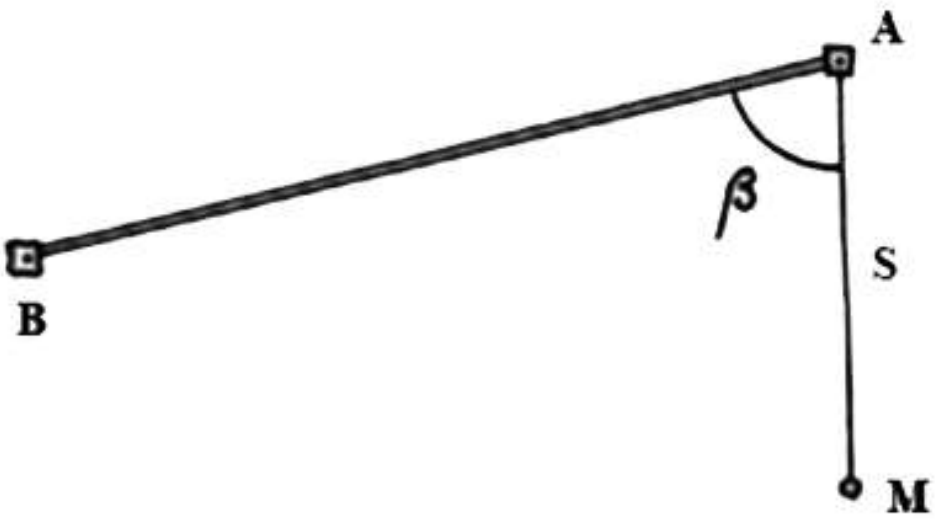


Рис. 7.2. Способ полярных координат

Принцип этого способа заключается в определении планового положения выносимой точки М путем построения проектного горизонтального угла ß и отложения в заданном направлении проектного расстояния S. Поэтому, разбивочными элементами, которые необходимо рассчитать в этом способе разбивки, являются угол и расстояние, откладываемые относительно пунктов исходной основы А и В.

Внедрение тахеометров несколько изменило суть данного способа, так как отпала необходимость в вычислении разбивочных элементов, вместо которых используют прямоугольные координаты исходных и определяемых точек.

Таким образом, весь процесс вынесения проектной точки на местность способом полярных координат состоит из следующих действий:

- введение или определение координат станции стояния тахеометра;
- отложение разбивочных элементов;
- закрепление выносимой точки на местности.

Если не известны координаты станции стояния, то основным способом определения координат станции стояния ЭТ является обратная линейно-угловая засечка. Это способ подробно рассмотрен в лабораторной работе № 6.

После определения пространственных координат точки стояния тахеометра производится «**Разбивка**», которая позволяет вычислять разбивочные элементы по координатам или введенным вручную углам, горизонтальным проложениям и отметкам.

Порядок подготовки электронного тахеометра к «**Разбивке**» начинается так же, как при выполнении «**Топографической съемки**», но в методических целях при выполнении этого вида работ мы его повторяем. Для открытия ранее созданного проекта необходимо выполнить его поиск по следующей схеме.

[МЕНЮ]/[ПРОГР.] / [РАЗБИВКА] / [ВЫБОР ПРОЕКТА] (выбор из списка раннее созданного проекта по его названию производится клавишей управления перемещением курсора – **«4»**) и затем выбор подтверждается клавишей **[ОК]**. Появляется сообщение **«Проект зарегистрирован»**.

Далее определяется станция, с которой будет производиться «**Разбивка**», вводятся номер точки стояния и высота инструмента.

Последовательность действий следующая:

[МЕНЮ]/[ПРОГР.] / [РАЗБИВКА] / [**ВЫБОР СТАНЦИИ**] / установка высоты инструмента **hi** / **[ОК]**.

Данные, необходимые для описания станции стояния (название станции, высота инструмента и ее координаты), могут вводиться вручную после нажатия клавиши «**ВВОД**» или считываться из памяти (название стан-

ции, ее координаты) из «**СПИСКА**». После этого появится сообщение «**Введите высоту инструмента»** – $\mathbf{h_{инстр.}}$ Клавишей «**ОК**» подтверждается описание и появляется сообщение: «**Станция готова к работе**». Затем вводится номер точки ориентирования по схеме:

[МЕНЮ]/[СЪЕМКА] / [ОРИЕНТ. ИНСТРУМЕНТА] / [ОК].

Выбор способа ориентирования зависит от наличия исходных данных.

Ориентировка инструмента в данном меню производится двумя методами:

- в первом методе нажатием клавиши **F1** (через строку «Настройка измерения углов») можно задать величину известного дирекционного угла или нулевое значение отсчета горизонтального круга (**Hz = 0**) на выбранное направление;

- во второй методе клавишей **F2 (**через строку «**Координаты**») вводятся имя и координаты XYZ точки ориентирования.

Ориентирование способом линейно-угловой обратной засечки применяется для определения координат точки установки инструмента по результатам измерений, как минимум на две (максимум пять) точки, с заранее известными координатами. Этот способ подробно описан в работе № 6.

После ориентировки рекомендуется сразу снять следующую ориентирную точку хода, чтобы исключить ошибки из-за возможного нарушения положения прибора. Чтобы записать в память ЭТ координаты этой точки, она снимается дополнительно к предыдущему измерению: **[МЕНЮ] / [СЪЕМКА] / [ЗАПУСК]**.

После появления сообщения «Инструмент сориентирован» производят [**ЗАПУСК]**.

Для этого входят **в [МЕНЮ] / [ПРОГР.] / [РАЗБИВКА] / [ЗАПУСК]**.

В режиме разбивки по заранее введенным в память координатам прибор указывает стрелками, на какой угол и в какую сторону его надо развернуть, а также на какое расстояние необходимо переставить вешку с отражателем. Разбивка выполняется методом приближения. После каждого перемещения вешки с отражателем, необходимо нажимать клавишу **[РАССТ.]** для корректировки положения отражателя. Добившись пра-

вильного положения выносимой точки (нулевых значений горизонтального угла и расстояния) заканчивают данную операцию нажатием клавиши **[ЗАПИСЬ]**.

Схема полярного метода разбивки с помощью электронного тахеометра представлена на рис. 7.3.

Разбивку можно выполнить путем ввода азимута и горизонтального проложения для выносимой на местность точки клавишей **[B&D]** либо упрощенным ручным вводом координат определяемой точки без указания ее номера и без записи введенных данных нажатием клавиши **[ВРУЧНУЮ]**.

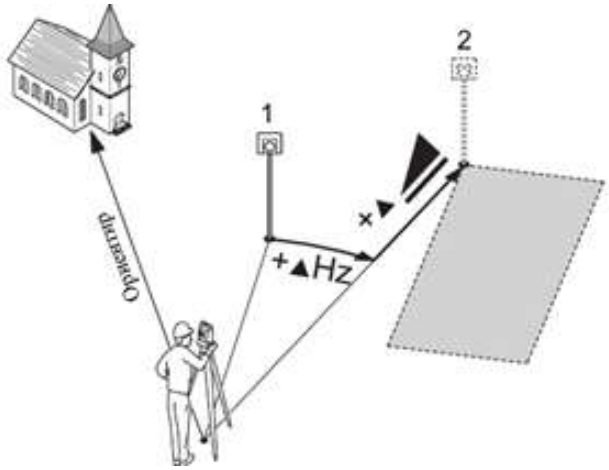


Рис. 7.3. Полярный метод разбивки:

ΔH_Z – угловой элемент имеет знак «+», если проектное положение находится справа от текущего направления; 1 – текущее положение отражателя; 2 – проектное положение; ▲ – продольный элемент, который имеет знак «+», если проектное положение находится дальше точки установки отражателя; ▲ – поперечный элемент имеет знак «+» в том случае, когда проектное положение находится справа от линии визирования на отражатель

Занятие № 3

КОСВЕННЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Для выполнения косвенных измерений выполняют следующие действия: **[МЕНЮ]/[ПРОГР.]** – переход на вторую страницу **[МЕНЮ ПРОГРАММ]** клавишей **[PAGE]**/выбор строки [**КОСВ.ИЗМЕРЕНИЯ**].

Программа [**КОСВ.ИЗМЕРЕНИЯ**] позволяет в режиме online вычислять наклонные расстояния, горизонтальные проложения, превышения и дирекционные углы между точками, выбранными из памяти или заданными с клавиатуры.

Выбор проекта, выбор станции стояния и ориентирование инструмента выполняется так же, как при выполнении топографической съемки и выносе точек на местность.

При выполнении косвенных измерений можно выбрать один из следующих вариантов после нажатия клавиши [**ЗАПУСК**]:

- F2 полигональный (A-B, B-C);
- F3 радиальный (A-B, A-C).

Полигональный способ изображен на рис. 7.4.

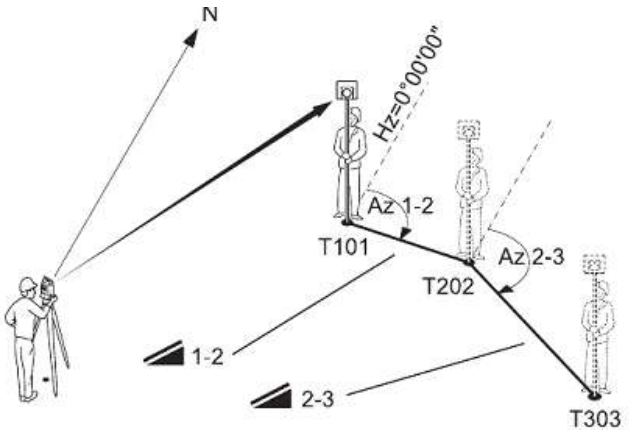


Рис. 7.4. Полигональный способ косвенных определений

На рис. 7.5 приведен радиальный способ косвенных определений.

Рис. 7.5. Радиальный способ косвенных измерений

В принципе, оба метода основаны на одной и той же концепции;

1) определение первой точки;

2) [**ALL**] Запуск измерений;

3) [**ПОИСК**] Поиск в памяти данных о заданной точке. Определение второй точки выполняется так же, как и для первой;

4) индикация полученных результатов:

– **Дир.угол** Дирекционный угол линии 1-2;

– Δ Наклонное расстояние между точками 1 и 2;

– Δ Горизонтальное проложение между точками 1 и 2;

– Δ Превышение между точками 1 и 2;

– **Уклон**. Уклон в (%) между точкой 1 и точкой 2.

Некоторые отличия между двумя способами.

Дисплейные клавиши полигонального способа:

– [**Нов.т.1**] Вычисление нового вспомогательного расстояния.

Программа перезапускается для точки 1;

– [**Нов.т.2**] Точка 2 принимается как начальная для новой линии.

Потребуется выполнить измерения на новую точку с номером 2;

– [**RADIAL**] Переход к радиальному способу.

Дисплейные клавиши радиального способа:

– [**Нов.т.1**] Определение новой центральной точки;

– [**Нов.т.2**] Определение новой радиальной точки;

– [**POLYGON**] Переход к полигональному способу.

Занятие № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ

Одной из прикладных программ электронного тахеометра Leica TCR является программа вычисления площадей замкнутых контуров непосредственно по результатам измерений. Такая функция является необходимой, когда возникает задача определения площадей земельных участков или вычисления объемов работ.

Определение площадей выполняется путем математических вычислений после снятия отсчетов на угловые точки участка, ограничивающих эту площадь. В соответствии с рис. 7.6 площадь фигуры с помощью про-

граммы тахеометра разбивается на треугольники, после чего по полученным координатам вычисляется площадь каждого треугольника. Искомая площадь замкнутой фигуры вычисляется как сумма площадей треугольников, составляющих эту фигуру.

Для входа в режим **«ПЛОЩАДЬ И ОБЪЕМ»** необходимо войти в **«МЕНЮ»**, выбрать строку **[ПРОГР.]** и перейти на вторую страницу **[МЕНЮ ПРОГРАММ]** клавишей **[PAGE]**, выбирая строку [**ПЛОЩАДЬ И ОБЪЕМ**].

Выбор проекта, выбор станции стояния и ориентирование инструмента выполняется так же, как при выполнении топографической съемки и выносе точек на местность.

Далее производится запуск программы [**ПЛОЩАДЬ И ОБЪЕМ**] клавишей [**ЗАПУСК**]. После чего появляется окно [**ПЛОЩАДИ**], в котором можно, так же, выбрать клавишу **[ОБЬЕМ].**

В появившемся окне находится список точек. По умолчанию перед началом измерений список пуст. Точки могут либо измеряться, либо выбираться из памяти или вводиться с клавиатуры.

Порядок наблюдения точек должен производиться обязательно по часовой стрелке.

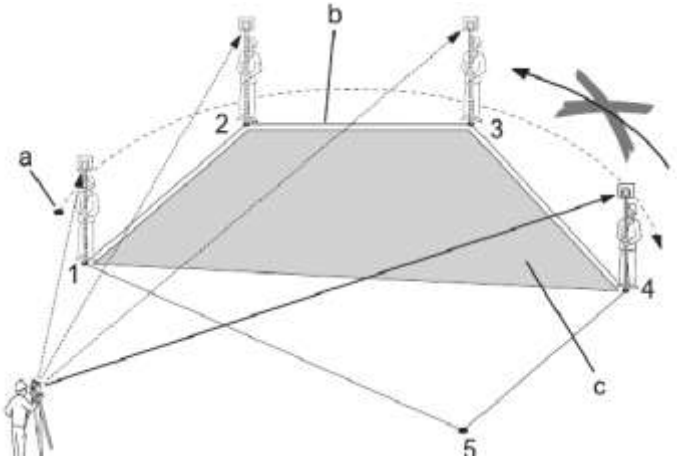


Рис. 7. 6 . Принцип определения площади и периметра замкнутых фигур:

a – начало; b – длина ломанной линии от начальной до текущей точки;
c – текущее значение площади полигона, всегда замыкаемого на начальную точку 1

Порядок наблюдений следующий:

- задается начальная точка полигона;

- остальные точки полигона выбираются из памяти, либо выполняются измерения на все последующие точки визированием и нажатием клавиши [**ALL**];

- выбираются [**Результаты]** и на дисплей выдаются результаты вычисления площади и периметра полигона.

Занятие № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ НЕДОСТУПНОЙ ТОЧКИ

Одной из функций, заложенной в программу тахеометра LEICA TCR 405, является определение отметки объекта недоступного для измерений. Одним из случаев применения этой функции является определение высоты проводов ЛЭП над уровнем земли или высоты пролетных строений путепроводов в соответствии с рис. 7.7.

Это приложение позволяет определять высоту недоступной точки с помощью измерений на отражатель, установленный под такой точкой.

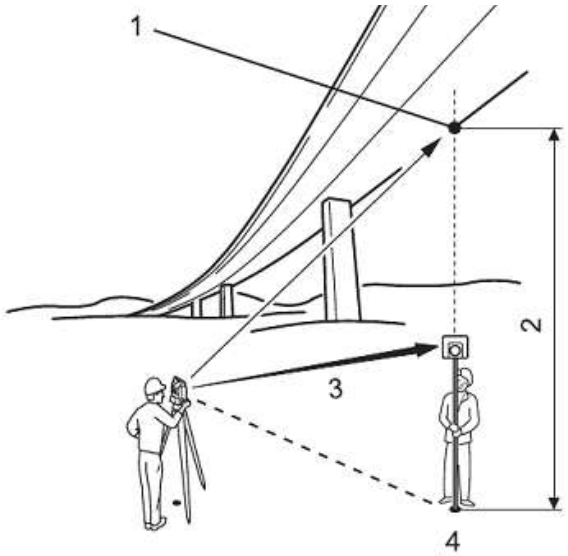


Рис. 7.7. Определение высоты недоступной точки:

1 – недоступная точка; 2 – превышение; 3 – наклонное расстояние; 4 – точка установки отражателя

Принцип измерения заключается в измерении расстояния (*S*, м) до отражателя и зенитных расстояний (Z_1 и Z_2) на отражатель, который устанавливается точно под объектом, и на точку, высоту которой нужно определить. Далее программой вычисляется высота недоступной точки относительно отметки отражателя по формуле

$$H_{T1} = H_T + \frac{S \cdot \sin(Z_1 - Z_2)}{\sin Z_2}, \qquad (7.1)$$

где *Hm* – отметка отражателя;

S – расстояние до отражателя;

Z_1 и Z_2 – зенитные расстояния.

Для определения отметки недоступной точки выполняют следующие действия: **[МЕНЮ] / [ПРОГР.]** /переход на вторую страницу **[МЕНЮ ПРОГРАММ]** клавишей **[PAGE] /** выбор строки **[Отметка недоступной точки]**.

Выбор проекта, выбор станции стояния и ориентирование инструмента выполняется так же, как при выполнении топографической съемки и выносе точек на местность.

После нажатия клавиши **[ЗАПУСК]** следует приступить к выполнению измерений:

1. Выбрать станцию точки стояния (**ptID**) и ее координаты (**XYH**) (из каталога твердых точек или вручную), измерить высоту инструмента (**$h_{инстр.}$**) и установить отражатель (**$h_{отр.}$**) на такую же высоту.

2. Поставить отражатель под недоступной точкой, для которой определяется отметка.

3. Навести зрительную трубу на отражатель, записать высоту отражателя и запустить клавишей **[ALL]** измерения. После измерения на отражатель на дисплее появляются результаты измерений, а именно – отметка отражателя. Для записи результатов измерений нажать клавишу **[ОК]**.

4. Для определения высоты недоступной точки необходимо навести зрительную трубу на выбранный объект. Затем ввести данные о недоступной точке или ее номер и выполнить измерения клавишей **[ALL]** с записью их в память ЭТ нажатием клавиши **[ОК]**.

5. При определении отметок последующих точек с этой же станции стояния тахеометра нажатием клавиши **[Base]** вводят данные о новой точке установки отражателя кнопкой **[ВВОД]** и выполняют измерение на нее – **[ОК]**.

6. Для прекращения работы в этом режиме следует нажать кнопку **[Esc]**.

Занятие № 6

СТРОИТЕЛЬСТВО

Это приложение используется для работы на строительных площадках. Оно позволяет точно устанавливать инструмент на проектной строительной оси для измерений и выноса в натуру точек относительно этой оси.

В этом случае имеются две опции:

а) определение границ новой строительной площадки;

б) продолжение работ на имеющейся площадке (настройка инструмента по строительной оси опускается).

Для определения границ новой строительной площадки посредством настройки инструмента по строительной оси, а также выполнения измерений и определения положения точек по отношению к этой оси выполняют следующие действия.

Тахеометр устанавливается таким образом, чтобы была видимость на две точки, закрепляющие ось, которая задается ситуацией местности. После включения тахеометра переходят в **[МЕНЮ] / [ПРОГР.]** и переходят на третью страницу **[МЕНЮ ПРОГРАММ]** клавишей **[PAGE]**, выбирая строку [**Construction]** (Строительство). Последовательность действий следующая:

1. Для определения границ новой строительной площадки отражатель устанавливается на выбранной начальной точке оси, до которой измеряется расстояние по схеме – **[ALL]** или **[РАССТ.]**+**[ЗАПИСЬ]**.

Отражатель переносится на вторую точку, закрепляющую ось, до которой также измеряется расстояние, используя клавиши **[ALL]** или [**РАССТ**.]+[**ЗАПИСЬ**].

Если координаты выносимых точек известны, то они вводятся с помощью клавиши **[XYH]**, а расстояния до них измеряются, как описано выше, то функция проверки качества получаемых результатов сообщит вычисленную длину оси, фактическую длину и их разность.

Появится диалоговое окно «**As-built**», которое выполняет проверку построения.

Это диалоговое окно показывает **ΔLine, ΔOffset и ΔHeight** измеренной второй точки по отношению к первой. Вид диалогового окна приведен на рис. 7.8.

Если символ Δ является положительной величиной, то измеренная точка расположена в направлении от начальной точки оси к конечной точки оси.

Если ΔOffset – положительная величина, то измеренная точка расположена справа от оси.

Если ΔHeight – положительная величина, то отметка измеренной точки выше отметки начальной точки оси.

При этом важно отметить, что отметка начальной точки оси всегда используется как исходная для вычисления элементов высотной разбивки.

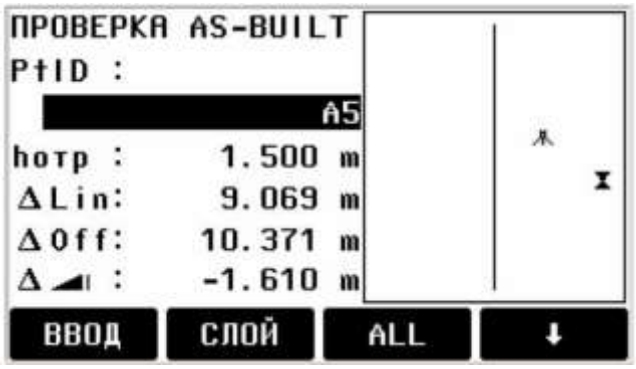


Рис. 7.8. Диалоговое окно

В нижней строке выбирается клавиша **F3** [**СдвигЛИН**], позволяющая ввести значения для сдвига оси, то есть определить на местности новую

линию. При этом указываются расстояния в метрах, позволяющие сдвинуть линию вправо, вперед или вверх на необходимое число метров. Выбор подтверждается нажатием клавиши [**ОК**].

2. Нажатием клавиши [**СЛОЙ**] тахеометр в переключается в режим разбивки (**Layout)**, где можно найти или ввести точки для разбивки, связанные с измеренной осью. Затем, в появившемся окне «**СЛОЙ**» выбирается клавиша **F2 [AsBUILT]** для переключение в режим **AsBuilt**.

Для определения новой линии тахеометр наводится на отражатель, приближенно установленный на задаваемой оси. После выполненных измерений на точку на экране появляются поправки для смещения отражателя в проектное положение, на которые отражатель постепенно перемещается по указанию наблюдателя.

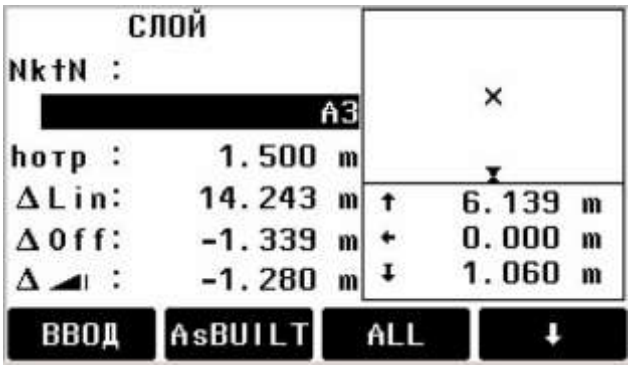


Рис. 7.9. Графические данные положения отражателя

[СдвигЛИН] Позволяет ввести величины для сдвига оси;[AsBUILT] Переключение в режим AsBuilt

Графические данные показывают положение отражателя, связанное с разбивочной точкой, а стрелки указывают направление действий:

- ΔLine – положительная величина (стрелка вверх) – означает, что измеренная точка расположена в направлении от начальной точки оси к конечной точки оси;

- ΔOffset – положительная величина (стрелка вправо) – означает, что измеренная точка расположена справа от оси;

- ΔHeight – положительная величина (стрелка вверх) – означает, что отметка измеренной точки выше отметки начальной точки оси.

Важно: отметка начальной точки оси всегда используется как исходная для вычисления элементов высотной разбивки; для более удобного обзора данное графическое представление масштабировано. Поэтому возможно графическое выражение перемещения точки установки инструмента.

Для вынесения последующих точек вновь в нижней строке выбирается клавиша **F3** [**СдвигЛИН**] и повторяется ее вынесение на местность так, как это описывалось выше.

КОДИРОВАНИЕ

Информация, собранная электронным тахеометром, впоследствии обрабатывается на компьютере в системе CREDO DAT. Данный модуль CREDO имеет возможность не только производить обработку данных измерений, выполненных в поле, но и создавать ЦММ с использованием технологии полевого кодирования. При этом отпадает необходимость в составлении подробного абриса местности, так как нужная информация о съемочных пикетах заносится в память тахеометра в виде кодов.

Технология полевого кодирования может быть представлена двумя способами. Последующая обработка результатов съемки выполняется модулем CREDO DAT 4.0. В этом модуле реализована система изображения точечных, площадных и линейных объектов в виде соответствующих условных знаков по кодам, присвоенным съемочным пикетам в поле. Коды, осуществляющие связь объекта с его описанием в классификаторе, могут вводиться в стандартном или компактном форматах.

Для стандартного формата код представляет собой слово, состоящее из произвольных символов, например, 205, Столб, Колодец, Сарай. Для компактного формата используется трехсимвольный код, например 204, К17. В любом случае должна быть задана определенная система кодировки. В дальнейшем коды вместе с измерениями импортируются в программу CREDO, а затем в процессе предобработки топографические объекты отображаются в графическом окне.

При такой системе кодирования наблюдатель может вводить любой текст в кодовую строку ЭТ.

Операции кодирования позволяют формировать группы объектов, что упрощает последующую обработку.

Более подробные сведения о способах кодировки приведены в разделе «Менеджер данных».

Создание списка кодов в память тахеометра

Списки кодов могут загружаться в память с помощью программного обеспечения «Leica GeoOffice» или вписываться вручную.

Общая схема загрузки кодов в память ЭТ состоит из следующих действий:

1. GSI-кодирование.
2. Code: Заполнение Кода объекта.
3. Desc.: Дополнительное описание.
4. Info1: Строки с дополнительной, свободно ... редактируемой Info8: информацией.

Последовательность выполняемых операций следующая:

1. Навести курсор на поле «Code».

2. Ввести код объекта.

3. [ALL] Выполнить запуск измерения расстояния и запись результатов с регистрацией заданного кода.

4. [КОД] Сделать поиск заданного кода в памяти и ввести атрибуты объектов.

Введение нового кода выполняется в соответствии с рис. 7.10.

Рис. 7.10. Выбор или введение нового кода

[OK] Задание блока кодов; [**Доб.Сп**.] Добавление введенного кода в список кодов; [**ЗАПИСЬ]** Прекращение ввода кода или поиск кодов и сохранение данного блока кодов

Ввод кода вручную

Конкретные блоки кодов могут быть переданы в обрабатывающее программное обеспечение с помощью кодовых строк с клавиатуры вручную.

Кодовая строка – это одно или несколько текстовых полей, содержащих коды системы полевого кодирования. На рис. 7.11 показано окно с кодовыми строками.

Рис. 7.11. Меню кодировки

Последовательность ввода кода вручную.

1. **[ВВОД]** Ввод нужного кода.
2. Подтверждение выбора.
3. Ввод атрибутов 1–4.
4. **[OK]** Регистрация блока кодов.

Коды помещаются в таблицу «*Измерения*» в отдельный столбец, поэтому при необходимости их можно редактировать. Для этого выбирается *«Дополнение / редактирование кодов»,* а затем выполняется редактирование в следующей последовательности:

- вызывается какой-либо код из списка кодов;
- справляется код, при этом атрибуты кода могут редактироваться без каких-либо ограничений.

Примечания

При работе с пакетом GeoOffice атрибутам можно прописать их статус:

- атрибуты с фиксированным статусом защищены от изменений;

- атрибуты со статусом «Mandatory» требуют подтверждения внесенных в них изменений;

- атрибуты, имеющие статус «Normal», можно редактировать без каких-либо ограничений.

При работе с блоком кодов необходимо выбрать строку *«Запись блока кодов»,* выбрать блок и нажать клавишу **[OK]**, при этом выбранный блок будет временно прописан в системе.

Регистрация будет выполняться только при выполнении измерений и при наличии ссылок на идентификатор точки, приведенных в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Предупреждения и сообщения системы

Индикация	Смысл
Attrib. cannot be changed!	Атрибут с фиксированным статусом не может быть изменен
No codelist available!	В памяти нет ни одного списка кодов. Автоматически происходит переход в режим ввода с клавиатуры кодов и атрибутов объектов
Entry required!	Отсутствует код. Введите его

Важно: вводимые с клавиатуры кодовые блоки не будут скопированы в список кодов.

С помощью программного обеспечения «Leica GeoOffice», входящего в комплект поставки, списки кодов могут легко создаваться и загружаться в инструмент.

Лабораторная работа № 8

ПОДГОТОВКА И ОБМЕН ДАННЫМИ С ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА LEICA TCR405

Цель работы: изучить подготовку и обмен данными с электронного тахеометра LEICA TCR405.

Библиографический список

1. Руководство пользователя TC(R)403/405/407/410/ Версия 2.0. Русская.

2. Программный пакет Leica SurveyOffice для персональных компьютеров.

Пособия и принадлежности:

- тахеометр Leica TCR405;
- персональный компьютер;
- каталог координат пунктов исходной основы.

Содержание работы

1. Изучить последовательность выполнения подготовки и обмена данными с ЭТ Leica TCR405.

2. Изучить технологию экспорта данных, полученных при съемке на персональный компьютер.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается технология выполнения тахеометрической съемки с применением ЭТ Leica TCR405?

2. Перечислите «Основные инструменты» программного обеспечения Leica GEO Office.

3. Как установить настройки в ЭВМ и тахеометре перед обменом данными?

4. Опишите последовательность действий при выполнении импорта данных в CREDO_DAT.

Последовательность выполнения работы

Обмен данными между тахеометром и компьютером, а также создание координатного файла, который впоследствии может использоваться тахеометром как файл исходных точек, производится с помощью программного обеспечения Leica GEO Office «Основные инструменты».

Порядок обмена данными следующий:

1. Тахеометр подключите к COM порту с помощью кабеля обмена данными, который находится в футляре тахеометра.

2. Включите прибор и приведите пузырек уровня в нуль-пункт.

3. Произведите запуск программы «Leica GEO office» через соответствующую иконку на рабочем столе или выбором файла MAIN.EXE в папке Leica GEO office.

4. Выберите в левой стороне появившейся боковой панели полоску «**Tools»** (Внешние Инструменты) и щелкните по ней левой клавишей мыши.

5. Выберите строку **«Data Exchange Manager»** (Обмен данными) и левой клавишей мыши запустите обмен.

После запуска **«Data Exchange Manager»** в первую очередь настройте параметры обмена данными. Протокол обмена должен совпадать с протоколом обмена тахеометра. Чтобы выполнить требуемые настройки, передвиньте мышку в левое или правое поле и нажмите правую клавишу мыши, в появившемся окне выберите **«Setting»** (настройки).

В окне **«COM Setting»** выберите порт «**Port**» и дважды щелкните левой клавишей мыши по нужному порту (**COM1**), затем выберите и инструмент (**Instrument**). Для тахеометра TPS405 выберите TPS400. При этом автоматически установятся нужные параметры протокола **«Settings»**.

6. Проверьте настройки в ЭВМ и тахеометре.

Для этого на электронном тахеометре зайдите в **«Меню»**, на второй странице которого выберите **«iletism»**, и задайте необходимые установки.

На компьютере по умолчанию протоколы совпадут, поэтому необходимо просто указать тип инструмента и порт.

Параметры обмена данными (COMM) имеют следующие стандартные установки Leica: **19200** Baud, **8** Databit, **No**(нет) Parity, **1** Stopbit, **CR/LF**.

Пояснения к установкам следующие:

- скорость передачи данных: 2 400, 4 800, 9 600, 19 200 (бит в секунду);

- биты данных: число **8** означает, что передача данных будет происходить пакетами **по 8 бит**. Устанавливается автоматически, если четность (**Parity**) задана как **«None»** (не проверяется);

- конечная метка «**CR/LF»** (Возврат каретки) означает переход на новую строку;

- стоп-биты устанавливаются по умолчанию – **1**;

- подтвердить запись параметров обмена клавишей [**ОК**].

Появившееся основное окно программы разделено на две части, в правой части изображена структура дисков и папок компьютера, в левой – структура внешних устройств.

7. Для просмотра содержимого тахеометра щелкните в изображение порта в левом поле и откройте необходимые папки. В правой части выберите папку, в которую необходимо переместить файлы из памяти тахеометра (папка создается до передачи данных). Например: Мой компьютер-Fils-DataD-Temp-ПГ21-Селиванов А.

8. Перенесите файлы данных из памяти тахеометра, на диск компьютера, выполнив следующие действия в левом окне:

- **[Serial Ports] / [Com1] / [Files]**;

- откройте папку «**Jobs»** и в ней откройте нужную папку с результатами измерений (**Job***). Выберите строку с результатами измерений (например, **Measurement Data: 13 Bloks**) и нажмите левую кнопку мыши, а затем удерживая ее, переместите «**Блок измерений»** вправо в нужную папку на диске компьютера;

- если дальнейшая обработка результатов измерений будет производиться в CREDO, то выберите формат **GSI**. В случае обработки результатов измерений вручную, выберите формат **IDX**. При нажатии клавиши «**Start»** файл начнет копироваться на диск компьютера.

Файл скопируется в указанную папку в выбранном формате. Для просмотра файла его можно открыть через «Блокнот».

9. Копирование файла форматов в память тахеометра.

Результаты измерений можно выводить в любом требуемом формате. Можно выбрать формат, предлагаемый фирмой производителей Leica, либо задать другой формат для работы с другими программами, скачанный из интернета.

Действуйте при этом следующим образом:

- присоедините прибор к компьютеру и выполните действия, описанные в предыдущих пунктах, и выберите файл формата;

- нажмите левую кнопку мыши и, удерживая ее, перетащите файл в папку **«Formats»** тахеометра;

- выберите, какой из форматов можно заменить на выбранный Вами формат, и нажмите ОК (рис. 8.1).

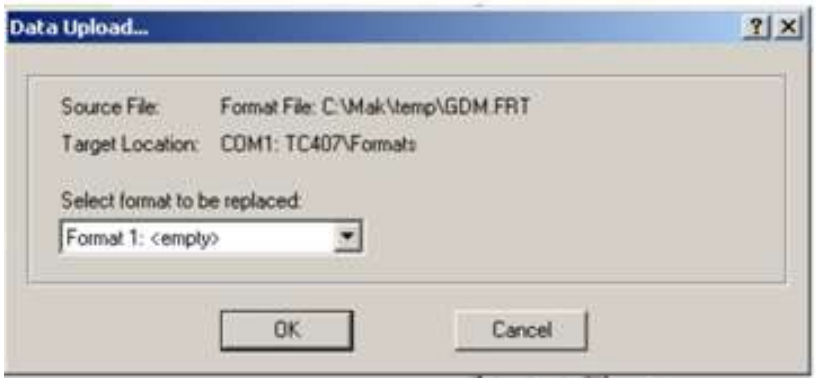


Рис. 8.1. DATA Upload (Передача данных)

Производители тахеометра Leica выложили формат **GSI** для дальнейшей обработки результатов измерений в CREDO.

10. Менеджер кодов «**Codelist Manager**» служит для создания и редактирования списков кодирования.

С помощью менеджера кодов можно подготовить таблицу кодов, которая используется вами в работе. Действуйте при этом в следующем порядке:

- запустите «**Codelist**» и выберите «**File**» / «**New Project**» либо для редактирования «**Open Project**» (рис. 8.2);

Рис. 8.2. Запуск «**Менеджер кодов»**

- в появившемся окне выберите графу «**Codelist Template**», в которой укажите класс инструмента и выберите тип кодового листа (Basic) (рис. 8.3). В подтверждение нажмите клавишу «**ОК**»;

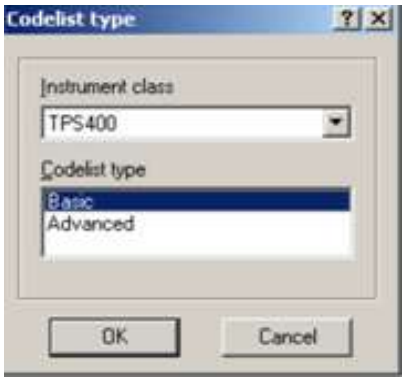


Рис. 8.3. Выбор инструмента и типа кодового листа

- в появившемся окне в строке «**Project Name**» введите имя кодового листа, а в строке «**Location**» укажите папку для размещения списка кодов. Для подтверждения нажмите клавишу «**ОК**» (рис. 8.4);

Рис. 8.4. Ввод имени кодового листа

- в левой части всплывшего окна появится имя проекта, а в правой – графы для новых кодов и их описания. Правой клавишей мыши щелкните в правом поле. После этого появится сообщение «**New Code**». Введите коды, используемые вами в работе «**Code Name**», и их описание «**Code Description**» (рис. 8.5).

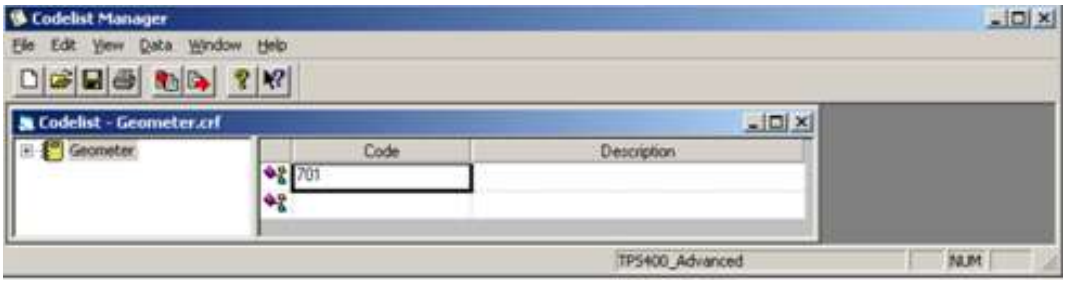


Рис. 8.5. Таблица ввода кодов

При выборе типа кодового листа «**Advanced**» **(**Расширено), можно вводить текстовое описание кода после сохранения файла и копирования его в память тахеометра в папку «**Codelist**».

ВАЖНО! Перед использованием данного модуля необходимо обязательно установить заряженную батарею.

11. Импорт данных в CREDO_DAT:

- закройте окно с Leica GEO Office;

- запустите CREDO_DAT;

- для импорта файла с данными измерений создайте новый «**Проект**» по схеме: **«Файл» / «Создать» / «Проект»**;

- еще раз зайдите в «**Файл**» и выберите строку «**Импорт» / « Из файла**»;

- в открывшемся окне «**Импорт файлов приборов»** установите «**Имя файла**», указав путь к файлу, а в строке «**Формат»** выберите *LEICA* gre *(*.gre, *.txt, *.idx)* (если это не было сделано при экспорте из тахеометра), нажмите кнопку «**Настройки»** и в открывшемся диалоговом окне перейдите на вкладку «**Настройка INFO»** (рис. 8.6).

Параметры	Код в слове 41	Слово 42–49
Станция	1	42
H_i	1	43
H_j	3	42
Код	2	42

Рис. 8.6. Настройка INFO

Если в окне «**Импорт файлов приборов»** во вкладке «**Настройки»/ «Общие»** указать «***Направлять измерения в журнал ПВО»***, то все измерения (связующие по ходу и полярные точки) будут записаны на станции в том порядке, как выполнялись измерения. Иначе CREDO разобьет измерения на две группы. В одну группу **(ПВО)** соберет измерения на исходные и связующие пункты, в другую **(Тахеометрия)** поместит полярные точки.

Возможно, потребуется некоторое редактирование данных в файле. Например, изменить в названиях пунктов латинский шрифт на кириллицу или исправить разовое изменение высоты отражателя, неучтенное в при-

боре в поле. Выполнить это можно в любом текстовом редакторе, как до импорта файла, так и во время импорта в CREDO при просмотре во встроенном редакторе Credo Pad;

- указав «**Имя файла**» и путь к файлу в «**Папке**», нажмите клавишу «**Импорт**» / из **Файла**. Если все было сделано правильно, измеренные данные будут загружены из файла в CREDO_DAT и разбиты на станции в соответствии с произведенными измерениями.

Если, при передаче данных, происходит сбой и появляется сообщение «ошибка кода 00», следует вновь зайти в **«Импорт файлов приборов» / «Настройки» / «Настройка INFO»** и установить «галочку» для 16-разрядного информационного поля. Повторите «**Импорт**».

Лабораторная работа № 9

ПОДГОТОВКА К ИЗМЕРЕНИЯМ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА LEICA SCANSTATION C10

Цель работы: изучить алгоритм подготовки наземного лазерного сканера (НЛС) к измерениям и методы ориентирования на станции.

Библиографический список

1 Руководство пользователя Leica Scanstation C10, Русская версия.

Пособия и принадлежности:

- НЛС Leica Scanstation C10;
- штатив;
- светоотражающие марки;
- рулетка.

Содержание работы

1. Изучить литературу, описывающую НЛС Leica Scanstation C10 и методы работы с ним.
2. Изучить комплектацию прибора.
3. Ознакомиться с устройством НЛС и элементами управления.
4. Выполнить необходимые настройки для начала работы.
5. Изучить методику центрирования и ориентирования прибора.
6. Выполнить пробное сканирование и фотографирование объекта местности.
7. Выполнить импорт результатов измерения с прибора и последующий экспорт в ПО обработки данных лазерного сканирования Leica CYCLONE.

Контрольные вопросы

1. Назначение и условия эксплуатации НЛС Leica Scanstation C10.

2. Устройство, принцип работы НЛС Leica Scanstation C10 и технические характеристики.

3. Основные этапы подготовки НЛС к измерениям.

4. Как задать необходимую область сканирования?

5. Как задать необходимое разрешение сканирования?

6. Последовательность действий при ориентировании НЛС с известными координатами X,Y,H – точки стояния и точки ориентирования.

7. Последовательность действий при ориентировании НЛС по известному дирекционному углу ориентирного направления.

8. Последовательность действий при ориентировании НЛС обратной линейно-угловой засечкой.

9. Для чего производится параллельное фотографирование объекта?

10. Последовательность действий при импорте данных с НЛС.

Общие теоретические сведения

Наземное лазерное сканирование (НЛС) – это одна из новейших технологий, позволяющая выполнить непрерывное, пространственное сканирование (съемку) с целью получения метрических трехмерных моделей объектов местности для решения различных инженерно-геодезических задач.

Наземные лазерные сканеры Leica Scanstation C10 производятся в Швейцарии, используют безотражательный способ измерения расстояний – дальностью действия до 300 м, в диапазоне 360° по горизонтали и 270° по вертикали – и имеют следующие точности:

- угловая 12″;
- расстояния 4 мм.

Результатом измерений НЛС является пространственная модель в виде массива трехмерных координат (**Point Cloud/Облако точек**), описывающих поверхность сканируемого объекта.

Данная модель прибора дополнительно оснащена фото/видео-камерой для получения цифровых снимков в реальных цветах объекта съемки.

Модель также имеет встроенную память до 80 Гб, позволяющую накапливать данные сканирования различных проектов, две аккумуляторные батареи, рассчитанные на 4 часа работы. Видимый класс лазера 3R **(представляющий опасность для зрения!)** и класс защиты от внешних усло-

вий IP 54. На рис. 9.1 представлена стандартная комплектация наземного лазерного сканера Leica Scanstation C10.

Работа на станции сканирования начинается с подготовительных операций, во время которых производится проверка и при необходимости подзарядка аккумуляторных батарей, далее производится установка прибора и его включение. При этом создается новый проект работ и вводятся исходные данные (имя проекта, давление, температура, высота установки прибора и марки, координаты точки стояния и т. д.).

Прикладные программы, прописанные в системе управления НЛС, позволяют решать широкий круг наиболее часто встречающихся на практике задач при выполнении полевых геодезических работ.

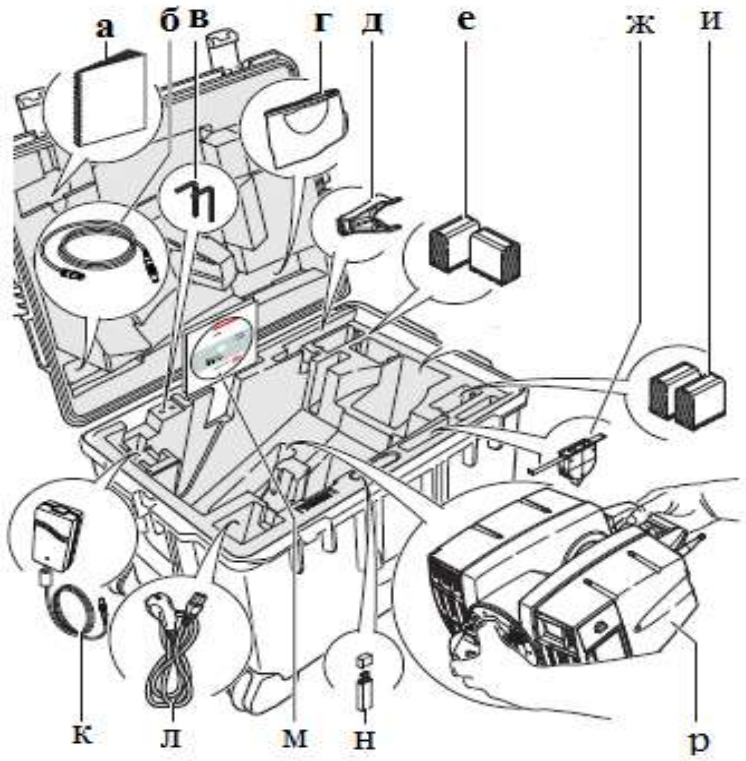


Рис. 9.1. Стандартная комплектация НЛС Leica C10

а – ScanStation C10/C5 Руководство по эксплуатации; б – кабель для подключения к локальной сети Ethernet; в – юстировочные шпильки (ключи Аллена); г – защитный чехол; д – GHT196-адаптер для измерения высоты; е – GEB241 – внутренние аккумуляторы; ж – GHM008-рулетка для измерения высоты; и – GEB241 – внутренние аккумуляторы; к – GEV230AC блок питания (не входит в стандартный комплект); л – кабель питания (в соответствии с местными электротехническимистандартами); м – DVD ПО Cyclone и CD с документами по системе C10; н – накопитель USB, не поставляется в комплекте; р – НЛС ScanStation C10

Для обмена данными между памятью прибора и компьютером НЛС Leica C10 комплектуются программным пакетом Cyclone.

Занятие № 1

ОПИСАНИЕ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА LEICA SCANSTATION C10

Основные достоинства НЛС Leica Scanstation C10:

– интерактивные возможности; удобный жидкокристаллический сенсорный (LCD) дисплей, с помощью которого производится управление прибором;

– измерения расстояний без отражателя в видимом диапазоне спектра с помощью встроенного лазерного дальномера;

– наличие лазерного отвеса и точного электронного, горизонтального уровня с двухосевым компенсатором;

– наличие фото/видео-камеры для получения цифрового изображения реального цвета объекта съемки;

– съемная ручка, позволяющая выполнять измерения в зените;

– автоматический режим сканирования.

Основные составляющие НЛС Leica Scanstation C10 приведены на рис. 9.2.

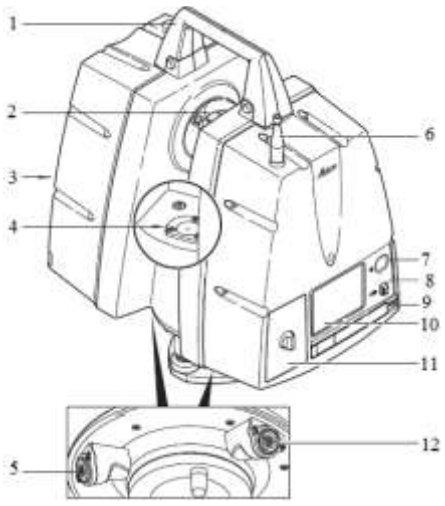


Рис. 9.2. Основные составляющие НЛС Leica Scanstation C10

1 – съемная ручка; 2 – вращающееся зеркало (объектив сканера и видеокамеры); 3 – батарейный отсек B; 4 – круглый уровень; 5 – разъем питания, 5 пин.; 6 – антенна; 7 – кнопка ON/OFF (ВКЛ./ВЫКЛ.); 8 – USB-разъем; 9 – стилус; 10 – сенсорная панель для управления; 11 – батарейный отсек A; 12 – разъем Ethernet, 8 пин.

Устройство клавиатуры дисплея

Для правильной работы НЛС необходимо знать расположение и назначение системных и функциональных клавиш управления в соответствии с рис. 9.3.

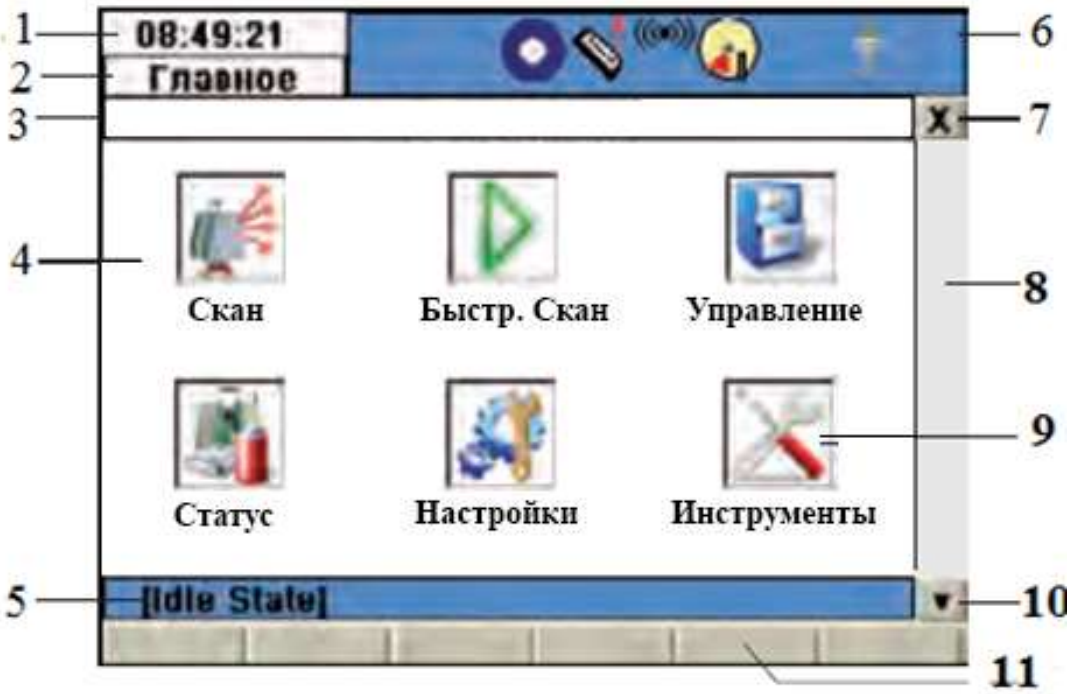


Рис. 9.3. Общий вид дисплея управления НЛС

1 – время; 2 – заголовок; 3 – строка заголовка; 4 – область экрана (сектор управления); 5 – панель сообщений; 6 – панель состояния; 7 – кнопка Escape (выход); 8 – полоса прокрутки; 9 – пиктограмма меню; 10 – кнопка SHIFT; 11 – горячие клавиши

Панель управления прибора (см. рис. 9.3) реализована в виде сенсорного жидкокристаллического дисплея, на котором отображается вся необходимая информация, связанная с производством измерений, выполнением различных прикладных видов работ и редактированием данных. Условно дисплей можно разделить на две части – это информационная строка и сектор управления измерениями. Описание элементов информационной строки представлено на рис. 9.4, описание кнопок сектора управления представлено на рис. 9.5.

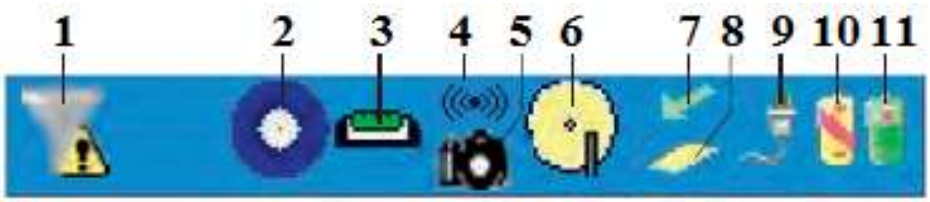


Рис. 9.4. Дисплей и панель управления НЛС:

1 – фильтры дальности; 2 – текущий тип марки; 3 – двухосевой компенсатор; 4 – WiFi; 5 – внешняя камера; 6 – встроенный жесткий диск; 7 – состояние внешнего источника питания; 8 – внешний накопитель памяти; 9 – внешний аккумулятор / AC-адаптер; 10 – внутренний аккумулятор A; 11 – внутренний аккумулятор B

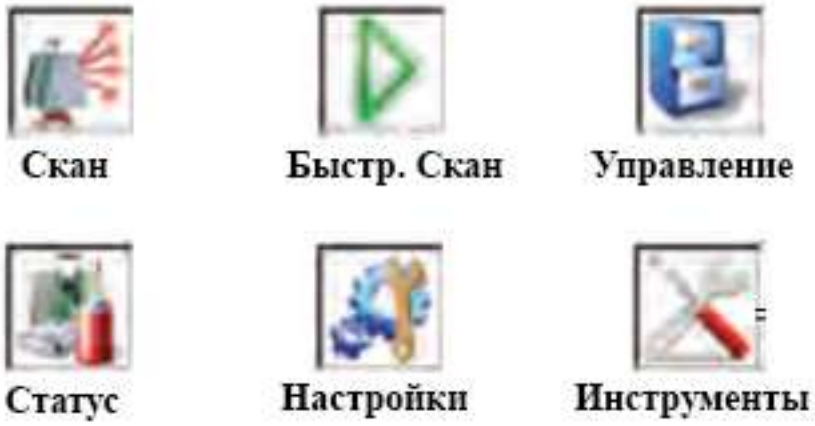


Рис. 9.5. Вид сенсорного управления на дисплее НЛС

Назначение системных кнопок, расположенных в секторе управления сканером (см. рис. 9.5) следующее:

- [**Скан**] основное меню управления параметрами измерений НЛС;

- [**Быстр.Скан**] настраиваемая (горячая) клавиша наиболее часто используемых параметров сканирования;

- **[Управление**] менеджер управления, создание и редактирование рабочих проектов;

- [**Статус**] быстрый доступ к общей информации состояния НЛС;

- [**Настройка**] настройка основных единиц измерения, времени и ввод поправок;

- [**Инструменты]** вспомогательные инструменты, позволяющие произвести обновление внутреннего ПО сканера, импорт и экспорт данных и др.

Основные этапы работы с НЛС:

Начало работы с НЛС необходимо выполнять с создания или редактирования рабочего проекта, для этого необходимо войти в меню [**Управление**] и нажать клавишу Проекты (рис. 9.6).

Рис. 9.6. Вид меню «**Управление**»

В диалоговом окне Проекты, отображается список ранее созданных проектов и функциональные клавиши «**Продолжить, Новый, Правка, Удаление, Данные»** (рис. 9.7).

Рис. 9.7. Вид меню управления рабочими проектами

Клавиша **«Продолжить»**, используется в случае продолжения использования ранее созданного проекта из списка.

Клавиша «**Новый**» – создание нового проекта.

Клавиша «**Правка**» – редактирование названия проекта.

Клавиша «**Удаление**» – удаление проекта.

Клавиша «**Данные**» – просмотр информации о проекте.

Следующим этапом после выбора проекта является меню настройки параметров сканирования. Для этого необходимо вернуться в основное меню управления сканером и выбрать клавишу [**Скан**] (см. рис. 9.5). После этого последовательно произвести настройку таких параметров, как «**Поле Зрения**», «**Разрешение**», **«Изображение»** (рис. 9.8–9.10).

Для задания рабочей области сканирования необходимо выбрать вкладку «**Поле Зрения**», в строке «**Установки**» выбрать преднастроенный параметр области сканирования или «**Пользовательские настройки**» с последующим заданием угла начала и конца сканирования в строках **(Влево**, **Право**, **Верх**, **Вниз)** (см. рис. 9.8).

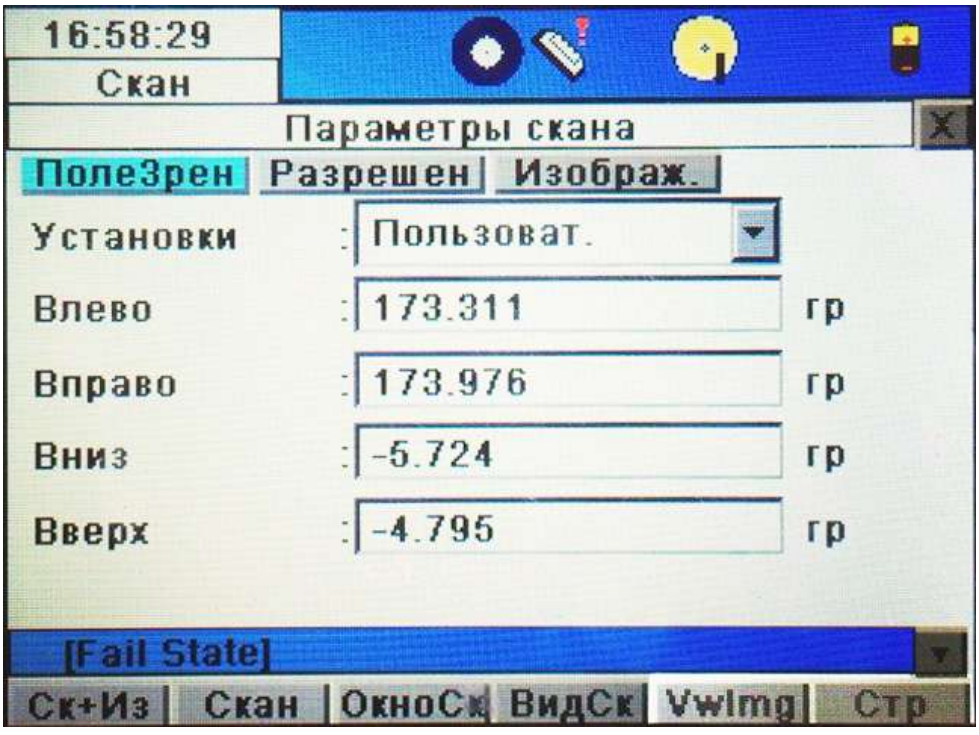


Рис. 9.8. Вид меню управления областью сканирования

Дополнительно на вкладке «**Поле Зрения**» активируются следующие функциональные клавиши:

Ск+Из, (**сканирование и изображение**) позволяет выполнить запуск лазерных измерений с параллельным фотографированием местности;

Скан выполняет запуск только лазерных измерений;

ОкноСк, (**Окно сканирования**) позволяет выполнить предпросмотр данных последнего сканирования;

ВидСк, (**Вид Сканирования**) позволяет задать область сканирования на основе видеоизображения в реальном времени;

VwImg просмотр изображения с фотокамеры;

Стр пролистывает назначение функциональных клавиш.

Для задания разрешения сканирования (вертикальный и горизонтальный шаг измерений) необходимо перейти на вкладку «**Разрешение**», в строке «**Разрешение**» выбрать преднастроенный параметр шага измерений или задать пользовательские настройки, предварительно указав дистанцию до объекта и шаг измерений в горизонтальном и вертикальном направлении (рис. 9.9).

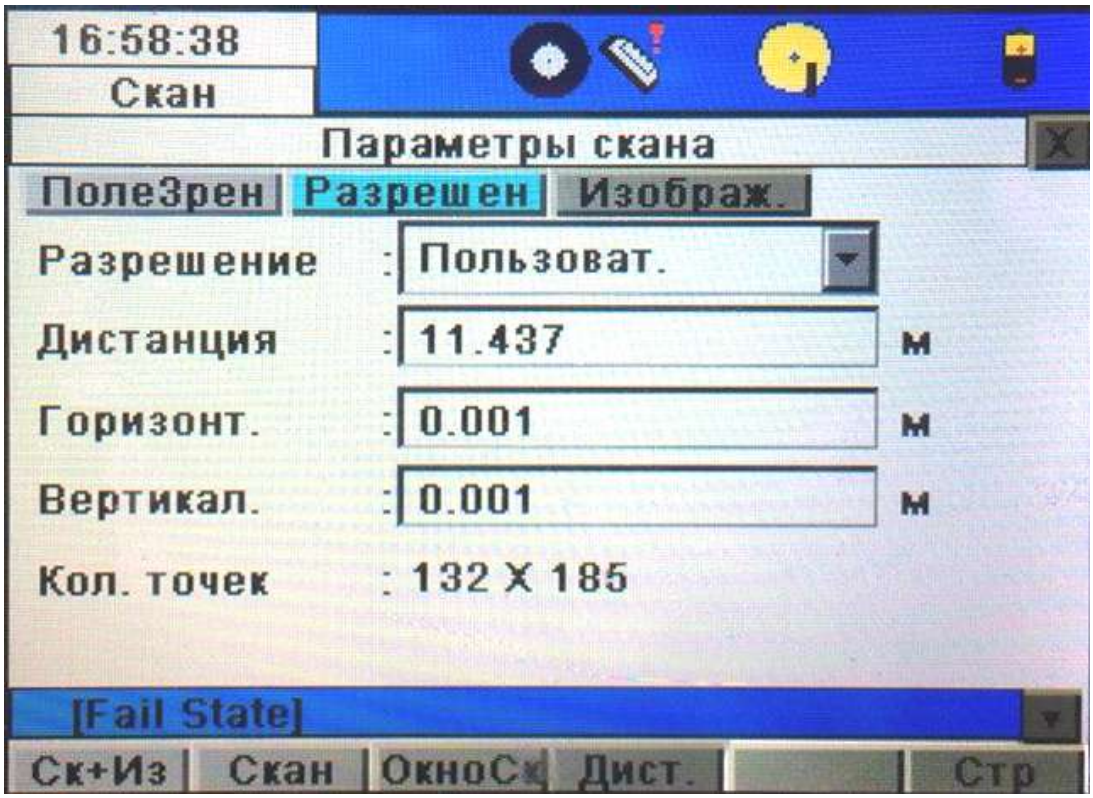


Рис. 9.9. Вид меню управления задания разрешения сканирования

Также дополнительно на вкладке «**Разрешение»** дублируются некоторые функциональные клавиши, описанные выше, а также добавляется клавиша «***Дист.»*** которая позволяет активировать функцию точечного измерения дистанции до объекта сканирования и автоматически внести результат в строку «***Дистанция»***, закладки «**Разрешение**».

Следующая вкладка «**Изображение**» настроек сканирования является не обязательной и выбирается на усмотрение исполнителя работы. Вкладка «***Изображение»*** позволяет выполнить настройку цифровой фотокамеры, встроенной в НЛС (см. рис. 9.10) (экспозиция, тип архивации, разрешение).

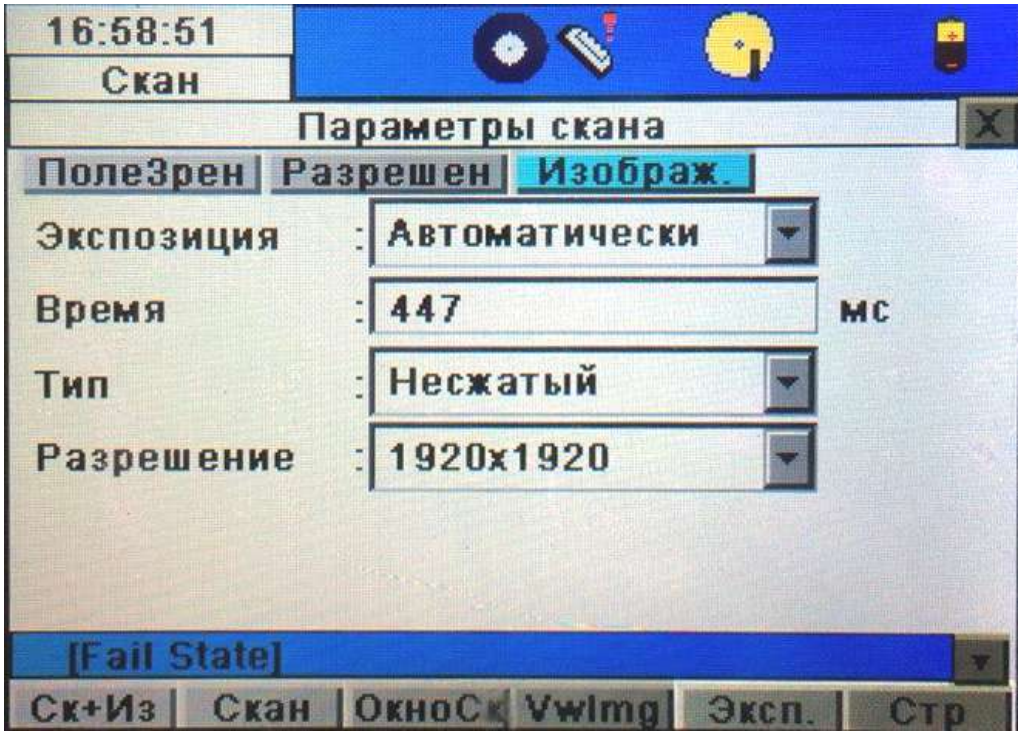


Рис. 9.10. Вид меню управления цифровой фотокамерой

Для просмотра состояния некоторых параметров инструмента необходимо перейти в основное меню и активировать клавишу [**Статус**] – это быстрый доступ к таким параметрам (рис. 9.11):

– заряд батареи и состояние внутренней памяти инструмента;

– электронный уровень и лазерный отвес, а также включение и выключение компенсатора наклона инструмента;

– системная информация, отображающая версию внутреннего **ПО** инструмента;

– настройки беспроводной сети **WiFi**.

Рис. 9.11. Вид меню Состояние НЛС

В меню [Настройки] производится выбор параметров единиц измерения, даты и время, а также языка меню управления (рис. 9.12).

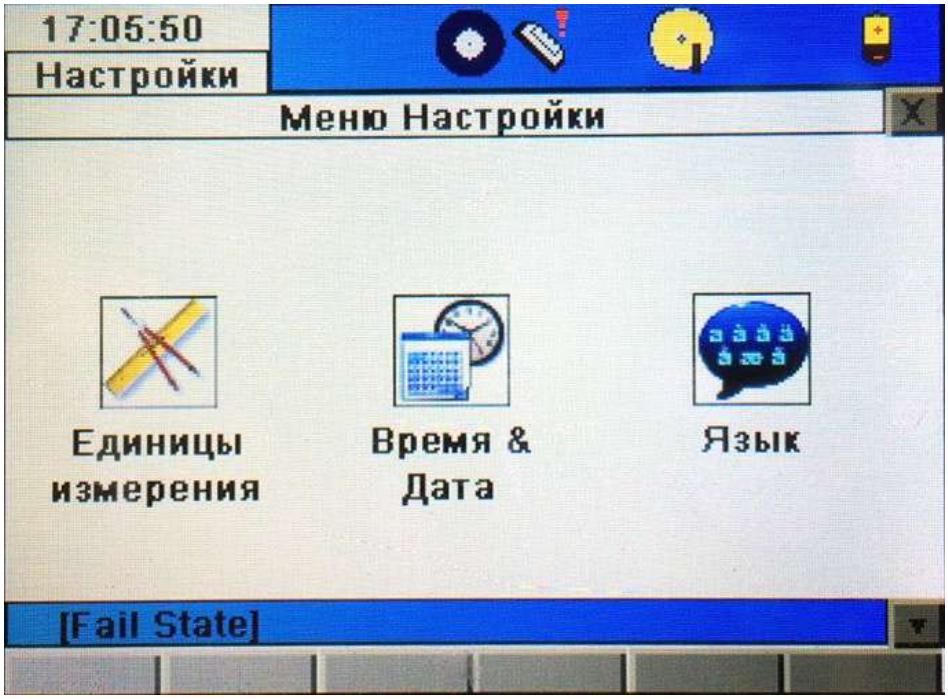


Рис. 9.12. Вид меню общих Настроек НЛС

Занятие № 2

ИМПОРТ ДАННЫХ С НЛС Leica Scanstation C10

Для импорта данных с НЛС Leica Scanstation C10 необходимо использовать USB Flash drive накопитель, емкостью не менее 16 Гб и файловой системой FAT32, который устанавливается перед началом импорта в USB порт, расположенный на корпусе прибора, после чего необходимо дождаться его инициализации и появления значка «внешний накопитель памяти» (рис. 9.13).

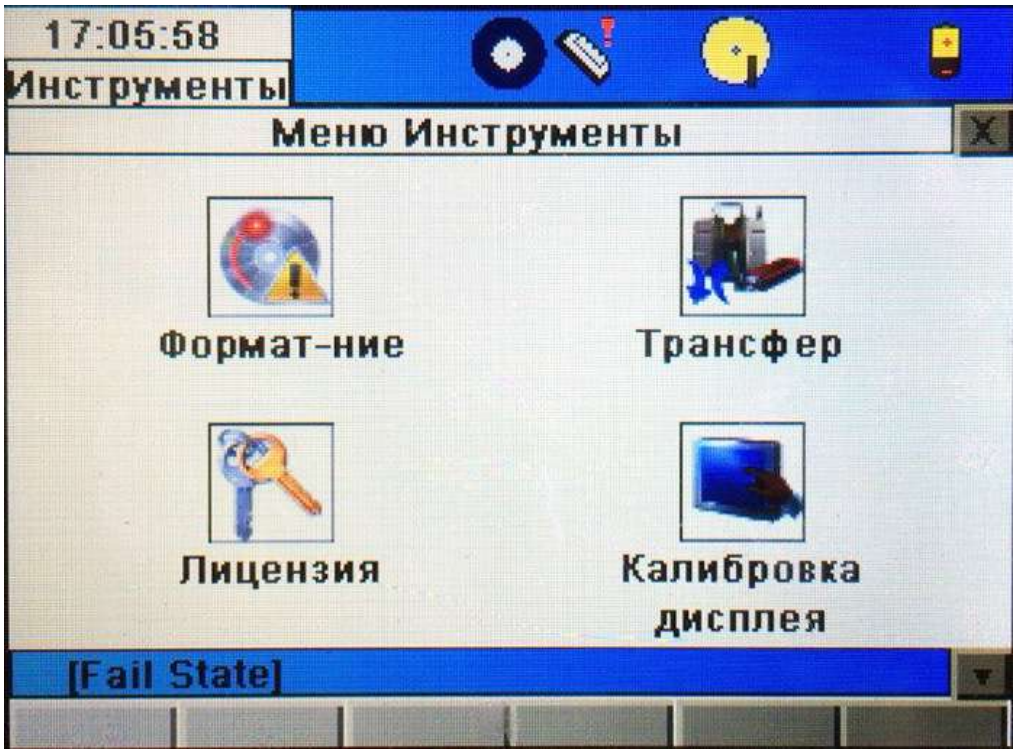


Рис. 9.13. Вид меню общих Настроек НЛС

Далее необходимо активировать функциональную клавишу **[Управление**] сенсорного дисплея главного меню и выбрать проект для импорта, после чего необходимо вернуться в главное меню и активировать функцию [**Настройки**] и нажать клавишу ***Трансфер / Проект.***

Учебное издание

Чешева Ирина Николаевна
Иванов Андрей Васильевич
Ерёмина Наталья Александровна

ГЕОДЕЗИЯ

Часть 2. Плановые геодезические сети. Топографические съёмки

Редактор *Е. К. Деханова*

Компьютерная верстка *К. В. Ионко*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.
Подписано в печать 15.12.2014. Формат 60 × 84 1/16
Печать цифровая.
Усл. печ. л. 8,25. Тираж 163 экз.
Заказ . Цена договорная.

Гигиеническое заключение
№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГГА
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГГА
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8