

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра маркшейдерского дела и геологии

Составитель М. М. Латагуз

МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ОПОРНЫЕ СЕТИ

Методические материалы

Рекомендовано учебно-методической комиссией
специализации 21.05.04.04 Маркшейдерское дело
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензенты:

Игнатов Ю. М. – кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геологии

Латагуз Марина Михайловна

Маркшейдерско-геодезические опорные сети: методические материалы [Электронный ресурс]: для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело, специализации Маркшейдерское дело, всех форм обучения / сост. М. М. Латагуз; КузГТУ. – Электрон. издан. – Кемерово, 2019.

Методические указания к выполнению лабораторных и самостоятельных работ содержат краткий информационный материал, последовательность выполнения работ, примеры заполнений сводных ведомостей. Список литературы и контрольные вопросы по теоретическому курсу. Приведены требования к оформлению отчёта по лабораторным работам.

© КузГТУ, 2019

© Латагуз М. М.,
составление, 2019

Общие сведения

В соответствии с учебным планом специальности 21.05.04 «Горное дело», специализации 21.05.04.04 «Маркшейдерское дело», дисциплина «**Маркшейдерско-геодезические опорные сети**», читается в 8-м семестре и содержит 18 часов лекций, 18 часов лабораторных занятий.

Целью дисциплины является подготовка горных инженеров способных к выполнению работ по созданию и реконструкции маркшейдерских геодезических опорных сетей (МГОС) на горнодобывающих предприятиях.

Для понимания теоретических основ курса и выполнения лабораторных работ обучающемуся необходимы знания из разделов геодезии и навыки работы с электронно-оптическими приборами.

В результате освоения дисциплины обучающийся по дисциплине должен

Знать:

- общие сведения о фигуре Земли и координатах применяемых в геодезии и маркшейдерском деле;
- классификацию, назначение, методы построения МГОС, основные допуски при выполнении маркшейдерско-геодезических работ различных классов, связанных с проектированием, строительством, эксплуатацией и мониторингом горного предприятия;

Уметь:

- выполнять угловые и линейные геодезические измерения при построении МГОС;
- оценить качество линейных и угловых измерений, планировать комплекс маркшейдерско-геодезических работ для создания плановой и высотной основы;

Владеть:

- навыками работы с точными и высокоточными геодезическими приборами и гирокомпасами.
- навыками проектирования МГОС на планах масштабов 1:10000; 1:25000 и 1:50000, уравнивания и

оценки точности результатов измерений опорных маркшейдерско-геодезических сетей.

Методические указания являются руководством для самостоятельного выполнения лабораторных работ и содержат варианты индивидуальных заданий, расчетные ведомости и список дополнительной литературы. Каждое лабораторное задание сопровождается контрольными вопросами по теоретическому курсу. Приведены требования к оформлению отчета по лабораторным работам.

Таблица 1

Перечень лабораторных работ

№ п/п	Содержание	Количество часов
1	Лабораторная работа №1 Групповое уравнивание центральной системы 1.1. Математическая обработка угловых измерений. 1.2. Групповое уравнение центральной системы. 1.3. Вычисление координат пунктов. Составление каталога координат. План проектных пунктов М1:5000	6
2	Лабораторная работа №2 Групповое уравнивание вставки в «жесткий угол». Математическая обработка плановых маркшейдерских опорных геодезических сетей.	2
3	Лабораторная работа №3 Групповое уравнивание геодезического четырехугольника	2
4	Лабораторная работа №4 Уравнивание систем нивелирных ходов геометрического и тригонометрического нивелирования по способу последовательных приближений	4
5	Лабораторная работа № 5 Поверки и исследования инструментов перед началом работ по нивелированию III кл. 5.1. Поверка угла i ; 5.2. Поверка недокомпенсации; 5.3. Поверка разности нулей пятков реек и отвесной линии.	2
6	Лабораторная работа №6 Нивелирования III кл. 6.1. Нивелирование III кл. полевые работы 6.2. Камеральная обработка	2
	ИТОГО	18

Для зачета по лабораторной работе студент должен:

- знать теоретический материал по теме лабораторной работы;
- знать последовательность выполнения работ;
- подготовить отчет по лабораторной работе.

Отчет должен быть выполнен на листах формата А4 в соответствии с общими правилами оформления лабораторных работ, к отчёту в виде приложений прилагаются все ведомости, журналы измерений, сводные ведомости, чертежи, которые нумеруются в порядке вычислений, все приложения оформляются только чернилами.

Лабораторная работа №1 (6 часов) **Групповое уравнение центральной системы**

Цель работы: Научиться проводить математическую обработку и групповое уравнение пунктов триангуляции построенных в виде центральной системы.

Исходные данные: Каждый студент по своему варианту (Приложение 1) выбирает координаты исходных точек А (X_A ; Y_A) и Б (X_B ; Y_B) и измеренные направления соответственно по варианту.

Таблица 2

Измеренные направления

Измеренные направления:				
На пункте А	На пункте Б	На пункте I	На пункте II:	На пункте III:
Б 0°00'00"	II 0°00'00"	А 0°00'00"	III 0°00'00"	А 0°00'00"
I 28°13'50,7"	I 58°05'45,0"	Б 77°28'00,0"	I 33°02'59,5"	I 52°16'24,5"
III 83°35'10,4"	А 73°11'35,8"	II 161°35'41"	Б 92°23'53,2"	II 70°49'36,9"
		II 287°37'34"		

Последовательность выполнения работы

1.1. Математическая обработка угловых измерений

1. По заданным направлениям определяют углы в треугольниках и невязки.

1.2. Групповое уравнение центральной системы.

1. По исходным данным составляют схему полигона с соответствием измеренных углов

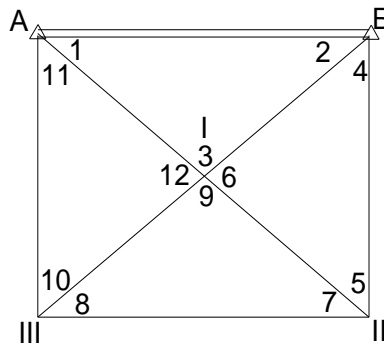


Рис. 1. Схема центральной системы для уравнивания триангуляции

2. Для нахождения длины S_{AB} исходной стороны решают обратную геодезическую задачу:

$$S_{AB} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}, \quad (1)$$

$$\Delta X = X_B - X_A; \quad \Delta Y = Y_B - Y_A$$

и определяют румб исходного направления и, соответственно, дирекционный угол α_{AB} :

$$\operatorname{tg} \alpha_{AB} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}. \quad (2)$$

Самое распространенное условие уравнивания – условие фигуры, оно возникает в любой замкнутой фигуре, в которой при вершинах измерены все углы. Сумма уравненных значений этих углов должна быть равна геометрической сумме углов фигуры.

Для треугольника, можно записать условие фигуры:

$$1+2+3-180^\circ = w,$$

где 1, 2, 3, 4, 5, 6 и т. д. – измеренные углы в заданных фигурах; w – свободный член уравнения (невязка в треугольнике).

3. Находят свободный член уравнения в каждом треугольнике.

Для центральной системы соответствуют следующие уравнения поправок:

$$(1)+(2)+(3)+w_1=0, \quad (3)$$

$$(4)+(5)+(6)+w_2=0, \quad (4)$$

$$(7)+(8)+(9)+w_3=0, \quad (5)$$

$$(10)+(11)+(12)+w_4=0, \quad (6)$$

$$\Delta_1(1)-\Delta_2(2)+\Delta_4(4)-\Delta_5(5)+\Delta_7(7)-\Delta_8(8)+\Delta_{10}(10)-\Delta_{11}(11)+w_6=0,$$

где Δ_i – $\lg \sin$ приходящегося на каждую секунду исправленного угла.

4. Вычисляют первичные поправки i' к измеренным углам:

$$i' = (1) = (2) = -\frac{w_1}{3} + \frac{3w_{n+1} + \sum_1^n w}{6n}, \quad (7)$$

$$i' = (3) = . \quad (8)$$

В данной схеме присутствует условие горизонта, которому соответствует уравнение:

$$(3)+(6)+(9)+(12)+w_{n+1}=0, \quad (9)$$

Условие полюса можно записать уравнением:

$$w_{n+2} = \sum \lg \sin_{\text{чис}} - \sum \lg \sin_{\text{знам}} \quad (10)$$

$$w_{n+2}^{\text{дон}} = 2,5 m_{\beta} \sqrt{|\Delta^2|}, \quad (11)$$

где m_{β} – средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального угла по классу точности сети.

Сравнивают свободный член w_{n+2} с допустимым свободным членом за условие фигуры, вычисленным по формуле (11).

5. Приступают к вычислению второй группы уравнений поправок за условие горизонта и полюса.

6. В каждом треугольнике вычисляют общую величину поправок σ с учётом знака:

$$\sigma_1 = \Delta_1 - \Delta_2; \sigma_2 = \Delta_4 - \Delta_5; \sigma_3 = \Delta_7 - \Delta_8; \sigma_4 = \Delta_{10} - \Delta_{11}; \quad (12)$$

7. Распределяют её с учетом на каждый угол треугольника:

$$\Delta\alpha_1 = \Delta\alpha_2 = -\frac{\sigma_1}{3} - \frac{\Sigma\sigma}{6n}, \quad (13)$$

$$\Delta\alpha_3 = -\frac{\sigma_1}{3} - \frac{\Sigma\sigma}{3n},$$

8. Принимают во внимание эти два условия изменения поправок на каждый угол:

$$A_i = \alpha_i + \Delta\alpha_i.$$

9. Вычисляют коррелату K_{Π} с учётом свободного члена:

$$K_{\Pi} = -\frac{w_{n+2}}{[AA]}. \quad (14)$$

10. Вторичная поправка:

$$i'' = A_i \cdot K_{\Pi} \quad (15)$$

11. По уравненным величинам углов определяют координаты (с точностью до мм) всех остальных точек заданного полигона по теореме синусов:

$$\frac{1}{\sin 1} = \frac{2}{\sin 2} = \frac{3}{\sin 3} \quad (16)$$

12. По окончательно уравненным углам определяют СКП

$$m_{\beta_{ур}} = \sqrt{\frac{[(i)(i)]}{r}} \quad (17)$$

1.3. Вычисление координат пунктов. Составление каталога координат. План проектных пунктов М1:5000

1. По окончательно уравненным координатам на листе формата А3 вычерчивают полигон в масштабе 1:5000 и составляют каталог координат в соответствии с нормативными документами.

Контрольные вопросы

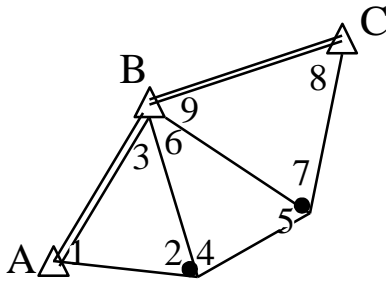
1. Перечислить основные схемы построения сетей триангуляции.
2. Перечислить методики измерения горизонтальных углов и зенитных расстояний в триангуляции.
3. Перечислить виды условных уравнений. При уравнивании центральной системы.
4. Объяснить понятие: уравнивание результатов наблюдений.
5. Последовательность действий при групповом уравнивании.
6. Записать уравнение для условия горизонта. Когда оно возникает.
7. Условие фигуры.
8. Достоинства и недостатки группового уравнивания Центральной системы

Лабораторная работа №2 (2 часа)

Групповое уравнивание вставки в «жесткий» угол

Цель работы: Научиться проводить математическую обработку и групповое уравнивание вставки в «жесткий» угол.

Исходные данные: Каждый студент по своему варианту (Приложение 3) выбирает измеренные углы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; разность дирекционных углов $\alpha_{BA}-\alpha_{BC}$; $lgBA$; $lgBC$.



В соответствии с рис. 2 можно записать условие дирекционных углов

$$3 + 6 + 9 - (\alpha_{BA} - \alpha_{BC}) = w. \quad (18)$$

и уравнение поправок

$$(3) + (6) + (9) + w = 0 \quad (19)$$

Рис. 2. Вставка пунктов
в «жесткий угол»

Изображенную на рис. 2 вставку двух пунктов в «жесткий» угол можно рассматривать как частный случай центральной системы.

Последовательность выполнения работ

1. Для вычисления первичных поправок $(i)'$ применяют те же формулы (9, 10), заменяя свободный член условия горизонта на свободный член условия разности исходных дирекционных и измеренных углов (18) (условие «жесткого» угла).

2. Полученное значение сравнивают с допустимым, вычисленным по формуле (18).

$$w_{n+1} = 2,5 \sqrt{nm_{\alpha}^2 + 2m_{\beta}^2}; \quad (20)$$

где m_{α} – СКП дирекционного угла в зависимости от класса и ряда точности;

m_{β} – предельно допустимая СКП вычисленных горизонтальных углов в треугольнике по классу точности;

n – количество треугольников между «жесткими» сторонами.

3. При вычислении вторичных поправок свободный член условия полюса заменяют условным членом условия базисных сторон, если он не превышает допустимой величины (19).

4. Вычисление допустимого свободного члена условия базиса выполняют по формуле:

$$w_{don.} = 2,5 \sqrt{m_{\beta}^2 [\Delta^2] + 2m_{lgS}^2}. \quad (21)$$

где m_{lgS} – погрешность логарифма исходных сторон $m_{lgBC}=m_{lgAB}=m_{lgS}$, которую можно определить по формуле $\frac{m_S}{S} = \frac{m_{lgS}}{M}$, где $M=0,434 \cdot 10^6 \lg$ шестого знака логарифма. Значения $\frac{m_S}{S}$ принимают в зависимости от класса или разряда исходных сторон в соответствии с инструктивными требованиями.

5. Все промежуточные контроли, формулы для вычисления вторичных поправок и оценки точности аналогичны и вычисляются по формулам центральной системы (13, 14).

Контрольные вопросы

1. Методика уравнивания в «жесткий» угол.
2. Отличие системы уравнивания в «жесткий» угол от центральной системы.
3. Какие поправки в данном уравнивании отнесены к первичным.
4. В каких условиях применима данная схема в «жесткий» угол.
5. Достоинства и недостатки системы уравнивания в «жесткий» угол.
6. Как определить количество независимых условных уравнений.
7. Как определить элементы редукции.
8. Какие параметры характеризуют элементы центрирования.

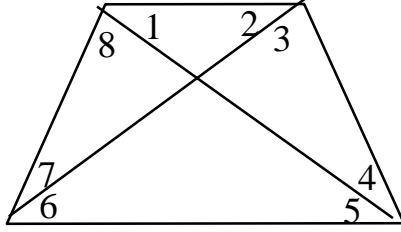
Лабораторная работа №3 (2 часа)

Групповое уравнивание геодезического четырехугольника

Цель работы: Научиться проводить математическую обработку и групповое уравнивание геодезического 4-угольника.

Исходные данные: Каждый студент по своему варианту (Приложение 4) выбирает измеренные углы 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Последовательность выполнения работ



Для геодезического четырехугольника устанавливают оцифровку измеренных углов, как показано на рис. 3, принимая точку пересечения диагоналей за полюс.

Рис. 3. Геодезический четырехугольник

1. Аналогично предыдущим уравниваниям вычисляют невязки условий w_i по формулам:

$$w_1 = 1 + 2 - (5 + 6), \quad (22)$$

$$w_2 = 3 + 4 - (7 + 8), \quad (23)$$

$$w_3 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 - 360^\circ \quad (24)$$

2. Для вычисления первичных поправок используют формулы:

$$\begin{aligned} (1) &= (2) = -\frac{w_1}{4} - \frac{w_3}{8}, \\ (3) &= (4) = -\frac{w_2}{4} - \frac{w_3}{8}, \\ (5) &= (6) = +\frac{w_1}{4} - \frac{w_3}{8}, \\ (7) &= (8) = +\frac{w_2}{4} - \frac{w_3}{8}. \end{aligned} \quad (25)$$

3. Прежде, чем приступить ко вторичной поправке рассматривают соотношение внесённых поправок по формулам:

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \sigma_1 - \sigma_3 = (\Delta_1 + \Delta_2) - (\Delta_5 + \Delta_6), \\ \omega_2 &= \sigma_2 - \sigma_4 = (\Delta_3 + \Delta_4) - (\Delta_7 + \Delta_8), \\ \Sigma \sigma &= \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4. \end{aligned} \quad (26)$$

4. Поправки $\Delta\alpha_i$ определяют по формулам:

$$\begin{aligned}
\Delta\alpha_1 &= \Delta\alpha_2 = -\frac{\omega_1}{4} - \frac{\sum\sigma}{8}, \\
\Delta\alpha_3 &= \Delta\alpha_4 = -\frac{\omega_2}{4} - \frac{\sum\sigma}{8}, \\
\Delta\alpha_5 &= \Delta\alpha_6 = +\frac{\omega_1}{4} - \frac{\sum\sigma}{8}, \\
\Delta\alpha_7 &= \Delta\alpha_8 = +\frac{\omega_2}{4} - \frac{\sum\sigma}{8}.
\end{aligned} \tag{27}$$

Контроль:

$$\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2 = -\sigma_1$$

.....

$$\Delta\alpha_7 + \Delta\alpha_8 = -\sigma_4$$

5. Свободный член условия полюса вычисляют по формуле

$$w_4 = \sum \lg \sin_{\text{числ}} - \sum \lg \sin_{\text{знам}}, \tag{28}$$

а также вычисляют допустимый свободный член условия полюса:

$$w_{\text{пол.доп}} = 2,5 m \sqrt{[\Delta\Delta]}. \tag{29}$$

Если $w_4 \leq w_{\text{пол.доп}}$, продолжают уравнивание.

6. Находят вторичную поправку $(i)''$. Контролируют выполнение условий $:[AA]$, $K_I = (-) \frac{w_4}{[AA]}$, $(i)'' = A_i K_I$, а также уравненные значения углов:

$$\beta_{yp} = \beta'_i + (i)' + (i)''.$$

Все свободные члены (невязки), вычисленные по уравненным углам должны быть равны нулю.

7. Оценку точности выполняют по известной формуле.

$$m_{\beta_{yp}} = \sqrt{\frac{[(i)(i)]}{r}}. \tag{30}$$

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные методы уравнивания.
2. Перечислите основные виды условных уравнений в триангуляции.

3. Достоинства и недостатки системы уравнивания «геодезического четырехугольника».
4. Последовательность выполнения работ.
5. Как определить в свободной сети число независимых условных уравнений.
6. Объясните понятия достаточное и избыточное количество измерений.

Лабораторная работа №4 (4 часа)

Уравнивание систем нивелирных геометрических и тригонометрических ходов по способу последовательных приближений

Цель работы: Научиться уравнивать высотные системы с несколькими узловыми точками по способу последовательных приближений.

Исходные данные: Каждый обучающийся по своему варианту (Приложение 4) выбирает соответствующие высотные отметки и превышения по направлению.

Последовательность выполнения работ

Для уравнивания высотной сети с несколькими узловыми точками применим способ приближений.

1. По данным тригонометрического нивелирования, составляют схему, аналогичную изображенной на рис. 4, выписывая длины сторон до 0,01 км и среднее превышение из прямого и обратного наблюдений со знаком прямого. Знак должен соответствовать направлению стрелки.

2. Вычисляют приближенные значения отметок узловых точек H_i , по формулам:

$$\begin{aligned} H_1 &= H_A + h_{A1}, \\ H_2 &= H_A + h_{A2}, \\ H_3 &= H_A + h_{A3}. \end{aligned} \tag{31}$$

$$P_i = \frac{1}{S_i^2}. \quad (35)$$

5. Находят приведенные веса для каждой узловой точки по формуле

$$P'_i = \frac{P_i}{[P_i]}, \quad (36)$$

с контролем $\sum P'_i = 1,00$.

6. Вычисляем средневесовые значения отметок узловых точек по формуле

$$H_E = \frac{P_1 H_E^1 + P_2 H_E^2 + P_3 H_E^3}{P_1 + P_2 + P_3} \quad (37)$$

или по приведенным весам (35):

$$\begin{aligned} H_{1 \text{ ср.в.}}^I &= \sum H_1 P'_i, \\ H_{2 \text{ ср.в.}}^I &= \sum H_2 P'_i, \\ H_{3 \text{ ср.в.}}^I &= \sum H_3 P'_i. \end{aligned} \quad (38)$$

7. Приступают к вычислению отметок узловых точек во втором приближении, используя в формулах (32)÷(34) значения отметок, полученных из первого приближения:

$$H_I'' = H_{2 \text{ ср.в.}}^I - h_{I2} \text{ и т. д.}$$

Для сокращения процесса приближений рекомендуется подключать уточненные отметки из предыдущих приближений по ходу уравнивания.

8. Приближения повторяют до тех пор, пока средние весовые значения отметок одной и той же узловой точки из двух соседних приближений не будут отличаться более чем на $0,1 m_h$, где m_h – инструктивная среднеквадратическая погрешность нивелирования.

9. Выполняют оценку точности уравненных величин. Для каждой узловой точки в последнем приближении находят отклонения δ отметок от значения среднего весового:

$$\delta_i = H_{i \text{ ср.в.}} - h_i \text{ и } [P'_i \delta_i^2].$$

Вычисляем:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[P'_i \delta_i^2]}{N - U}}, \quad (39)$$

где N – число всех ходов; U – число узловых точек.

Находят среднеквадратическую погрешность уравниваемой отметки:

$$m_i = \frac{\mu}{\sqrt{q_i}}, \quad (40)$$

где q – число сходящихся линий в узловой точке.

Для всей сети среднеквадратическую погрешность отметки узловой точки вычисляют по формуле (38):

$$M_H = \sqrt{\frac{[m_i^2]}{U}}. \quad (41)$$

Контрольные вопросы

1. Общие требования к положению пунктов и реперов в сетях МОГС.
2. Методика нивелирования III класса. Приборы и последовательность работы на станции.
3. Уравнивание ходов тригонометрического нивелирования.
4. Оценка точности тригонометрического нивелирования.
5. Перечислите методики уравнивания высотных сетей.
6. Какие этапы включает подготовительная обработка результатов нивелирования.

Лабораторная работа №5 (2 часа)

Поверка угла i

Цель работы: научиться выполнять поверки нивелиров с компенсатором.

Для нивелиров с компенсаторами (Н-3К, Н-10КЛ) предъявляют требование автоматической установки визирной оси в горизонтальное положение с отклонением от него также не более допустимого значения угла i .

Допустимое значение угла i для точных нивелиров не должно превышать 20 секунд.

Последовательность выполнения работ

1. Размечают линию на ровном участке местности, закрепляя конечные точки А и Д костылями и башмаками, а промежуточные В и С колышками. В зависимости от точности нивелира и реек, а также от размеров участка предлагается три варианта разбивки отрезков (рис. 7).

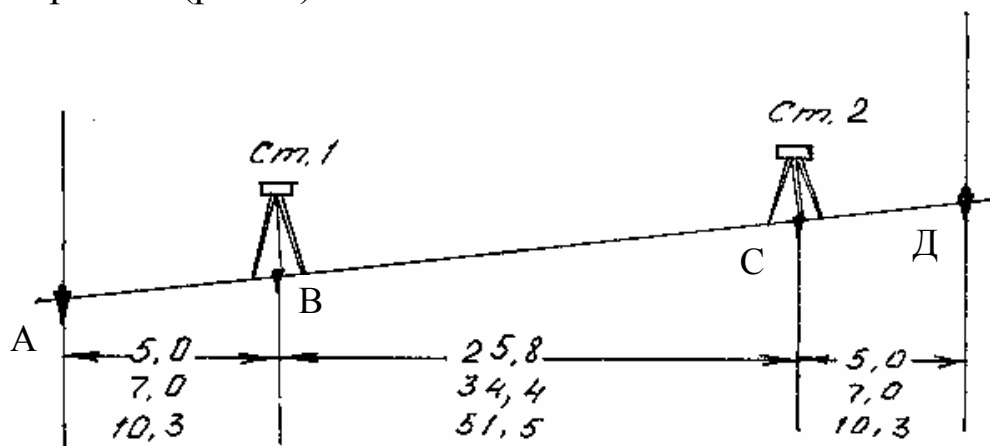


Рис. 5. Определение угла i

На наиболее короткие отрезки (5,0; 25,8; 5,0) разбивают при проверке угла i у высокоточных нивелиров. На средние и длинные отрезки рекомендуют разбивать линию при проверке точных и технических нивелиров (рис. 7).

2. Нивелирование выполняют с двух станций, вычисляя средние превышения h_1 и h_2 на каждой станции. Угол i вычисляют по формуле:

$$I = 3''(h_1 - h_2) \quad (42)$$

3. Если угол i не превышает допустимой величины, то проверка выполнена. В противном случае необходимо произвести исправление.

4. Погрешность в отсчете со второй станции по дальней рейке находят по формулам

$$x_{\text{мм}} = 0,20i'' \quad (43)$$

5. Исправления угла i производят, устанавливая визирную ось на безошибочный отсчет по дальней рейке вертикальными исправительными винтами сетки нитей.

Для доступа к исправительным винтам, у нивелиров с компенсатором, снимают винтовую крышку на окулярной части зри-

тельной трубы. Установку нужного отсчета производят, перемещая сетку вверх или вниз с помощью отвертки.

6. После исправления поверку повторяют.

Поверки и исследования нивелирных реек

В соответствии с «Инструкцией по нивелированию ...» [2] для реек к точным нивелирам выполняют следующие поверки:

- поверку внешнего состояния;
- поверку установочного уровня;
- определение стрелки прогиба;
- определение длин метровых интервалов;
- определение погрешности дециметровых интервалов;
- определение разности нулей пятков реек.

Последовательность выполнения работ:

1. Поверка внешнего состояния

При внешнем осмотре реек обращают внимание на качество нанесения штрихов и окраски делений и оцифровки. На поверхности не должно быть повреждений, размывостей, потертостей, затрудняющих отсчитывание. Крепление рукояток и металлических подпятников должно быть прочным. Между корпусом рейки и подпятником не должно быть щелей.

2. Поверка круглого (установочного) уровня на рейке

Рейку устанавливают на колышек в 40÷50 м от нивелира. Приводят нивелир по круглому уровню в рабочее положение и наводят на рейку так, чтобы вертикальная нить проходила по оси рейки. По команде наблюдателя реечник прочно удерживает рейку по уровню, а наблюдатель проверяет ее вертикальность по вертикальной нити сетки, совмещая ее с краем рейки. Если рейка не вертикальна, приводят ее в вертикальное положение с помощью реечника, придавая необходимый наклон. Одновременно приводят в нуль-пункт исправительными винтами пузырек круглого уровня. Поворачивают рейку на 90° и снова повторяют поверку. Для удобства исправления рейку следует располагать рядом со столбом, стеной или стволом дерева. Вместо поворота на 90°

можно использовать нить отвеса или установленный перпендикулярно к лучу нивелира теодолит или второй нивелир.

3. Определение стрелы прогиба

Рейку кладут на ровное основание, натягивая нить или тонкую металлическую проволоку между концами рейки. С помощью линейки измеряют зазоры между нитью и плоскостью рейки: в начале – a_1 , середине – a_2 и в конце – a_3 . Стрела прогиба, определяемая по формуле

$$\gamma = a_2 - \frac{a_1 + a_3}{2}, \quad (44)$$

не должна быть больше допустимой для соответствующего типа реек.

4. Определение длин метровых интервалов (компарирование)

1) Исследуемую деревянную рейку укладывают горизонтально так, чтобы наблюдатель при отсчитывании по шкале контрольного метра не закрывал собой освещение. Интервалы между дециметровыми делениями 1-10, 10-20, 20-29 по черной и 48-57, 57-67, 67-76 – по красной сторонам измеряют в прямом и обратном направлениях. В обратном ходе контрольный метр поворачивают на 180° .

2) На каждом метровом интервале берут отсчеты по левому и правому концу интервала, затем сдвигают на несколько миллиметров и отсчеты повторяют. Отсчеты берут с точностью до 0,02 мм.

3) Разности отсчетов по левому и правому концам контрольного метра не должны отличаться более 0,1 мм. В начале и конце измерений каждой стороны пары реек берут отсчеты по термометру, записывая температуру измерений.

Пример определения средней длины одного метра рейки приведен в табл. 1. Пример взят из «Сборника инструкций по производству поверок геодезических приборов» [5].

За счет этого коэффициента вводят поправку в сумму превышений хода или секции.

Например: $\sum h = -20,127$ мм.

Поправка $\Delta h = |\sum h| \times 0,03 = 20,1 \times 0,03 = +0,6$ мм.

Величина +0,03 определена в табл. 1

Исправленное значение суммы превышений будет равно: $-20,125 - 0,6 \text{ мм} = -20,725 \text{ м}$.

Следовательно, положительная поправка увеличивает, а отрицательная уменьшает сумму превышений независимо от знака суммы.

Таблица 1

Определение средней длины
метрового интервала деревянной рейки

Рейка №2342, черная сторона Контрольная линейка №1231
 $L=1000,00+0,01+0,018$ ($t=16,6^{\circ}\text{C}$), мм

Интервал рейки	Отсчет по линейке, мм			(П-Л) _{ср} , мм	Поправка за длину контрольной линейки и температуру, мм	Длина интервала рейки, мм
	Л	П	П-Л			
t = +8,6 °C						
1-10	0,00	900,14	900,14	900,12	-0,11	900,01
	0,44	900,54	900,10			
10-20	0,10	1000,24	1000,14	1000,16	-0,12	1000,04
	0,36	1000,55	1000,19			
20-29	0,08	900,06	899,98	899,96	-0,11	899,85
	0,30	900,24	899,94			
t = +8,7 °C						
29-20	0,14	900,10	899,96	899,93	-0,11	899,82
	0,28	900,18	899,90			
20-10	0,00	1000,10	1000,10	1000,12	-0,12	1000,00
	0,50	1000,64	1000,14			
10-1	0,12	900,22	900,10	900,11	-0,11	900,00
	1,36	901,48	900,12			
t = +8,6 °C						
Σ	3,68	11204,49	11200,81	5600,40	-0,68	5599,72

Средняя длина метрового интервала рейки №1231 по черной стороне равна $5599,72/5,6 = 999,95 \text{ мм}$.

По окончании исследований находят среднюю длину метра пары реек:

$$\frac{999,95 + 999,87 + 1000,14 + 1000,15}{4} = 1000,03 \text{ мм}.$$

Средний поправочный коэффициент одного метра пары реек равен +0,03 мм.

5. Определение погрешностей дециметровых интервалов делений реек

Компарирование дециметровых делений производится также контрольным метром. Нуль линейки совмещают с нулевым интервалом рейки и берут отсчеты по линейке по каждому последующему дециметровому делению в пределах первого метра. Затем линейку смещают и повторяют отсчеты. Разности отсчетов по каждому дециметру в пределах метрового интервала не должны отличаться более 0,1 мм. Линейку передвигают на следующий метровый интервал и отсчеты повторяют.

Систематическая погрешность дециметрового деления (табл. 2):

$$\sigma = \frac{+0,70}{28} = 0,025 \text{ мм.}$$

Наибольшая погрешность дециметрового деления (табл. 2) $\pm 0,16$ и $-0,12$ мм.

В табл. 7 приведен пример определения погрешностей дециметровых делений рейки

Таблица 2

Определение погрешностей дециметровых делений рейки №1231
 Черная сторона $t_{\text{нач}} = 8,7^\circ\text{C}$ $t_{\text{кон}} = +9,5^\circ\text{C}$
 Контрольная линейка №0721 *15мая 2019г.*

Дециметры	Отсчеты по кон- трольной линейке, мм		Разности II-I, мм	Среднее из отсчетов, мм	Погрешности дециметровых делений Δ , мм	Случайные погрешности дециметровых делений δ , мм
	положения					
	I	II				
1	0,00	0,28	0,28	0,14		
2	100,12	100,45	0,33	100,28	+0,14	+0,12
3	200,03	200,28	25	200,16	-0,12	-0,14
4	300,15	300,50	35	300,32	+0,16	+0,14
5	400,08	400,33	25	400,20	-0,12	-0,14
29	900,18	900,34	16	900,26	-0,06	-0,08

6. Определение разности нулей пьоток шашечных реек

На расстоянии около 20 м от нивелира устанавливают четыре башмака или костыля. На каждый башмак ставят последовательно первую и вторую рейки и берут отсчеты по черной и красной сторонам. Второй прием выполняют, изменив высоту

инструмента. В табл. 3 приведен пример записи отсчетов и вычисления разности нулей пяток реек.

Таблица 3

Определение разности нулей пяток реек

№ пр	№ кол.	Отсчеты по рейкам				Разность отсчетов			
		№1261		№1268		№1261	№1268	№1261-№1268	
		Черн.	Красн.	Черн.	Красн.	К - Ч	К - Ч	Черн.	Красн.
I	1	1363	6150	1362	6051	4787	4689	+1	+99
	2	1412	6200	1411	6099	4788	4689	+1	+101
	3	1491	6276	1491	6178	4786	4687	0	+98
	4	1592	6379	1591	6279	4787	4688	+1	+100
II	1	1409	6197	1410	6099	4787	4689	-1	+98
	2	1457	6245	1458	6147	4788	4689	-1	+98
	3	1538	6325	1539	6227	4787	4688	-1	+98
	4	1638	6426	1636	6325	4788	4686	+2	+101
Среднее		11900	50198	11898	49405	38298	37507	+2	+793
		1487,5	6274,8	1487,2	6175,6	4787,2	4688,4	+0,2	+99,1

Среднее значение всех образованных разностей двух приемов (в примере это +98, 9) и является разностью нулей пяток реек (пяточной разностью). Этим значением пользуются на каждой станции, определяя допустимое расхождение превышений, полученных по черной и красной сторонам реек.

Контрольные вопросы

1. Какие необходимо провести проверки и исследования приборов перед нивелированием III класса.
2. Объясните термин компарирование рейки.
3. Как и когда вводится поправка в результаты измерений.

Лабораторная работа №6 (2 часа)

Нивелирование III класса

Цель работы: научиться выполнять нивелирование III класса.

Нивелирование III класса выполняют в прямом и обратном направлениях, если нивелирную сеть создают как самостоятельную.

При сгущении нивелирной сети II класса нивелирование III класса прокладывают в одном направлении.

При работе с нивелиром Н-3К используются трехметровые двухсторонние шашечные рейки с дециметровыми делениями.

Последовательность выполнения работ

1. Устанавливают нивелир в рабочее положение по круглому уровню.

2. Наводят зрительную трубу на черную сторону задней рейки, приводят пузырек контактного уровня на середину и берут отсчеты по средней, и дальномерным нитям.

3. Наводят трубу на черную сторону передней рейки, повторяют действия второго пункта и берут отсчеты.

4. Поворачивают переднюю рейку красной стороной и после наведения на нее берут отсчеты по средней нити.

5. Наводят трубу на красную сторону задней рейки и берут отсчеты по средней нити.

6. Результаты наблюдений на станциях записывают в журнал нивелирование III класса (табл. 4).

Неравенство плеч не должно превышать допустимых 2 м, а накопление неравенств – 5 м. Высота визирного луча над поверхностью не менее 0,3 м.

Необходимо соблюдать следующие допуски:

1) Отсчет по средней нити по черной стороне каждой рейки не должен различаться более чем на 3 мм с соответствующей полусуммой отсчетов по дальномерным нитям.

2) Расхождение между значениями превышения, полученными по черным и красным сторонам реек, не должно быть более 3 мм с учетом разности высот пары реек.

Таблица 4

Фрагмент журнала нивелирования III класса

Дата 25 июля 2019г. Погода ясно, слабый ветерНачало 7ч 20 мин. Конец 7ч 50 мин. Изображение спокойное

Дальном. нити Среднее по нити	Черная сторона			Красная сторона
	задняя рейка	передняя рейка	превышение	задняя рейка передняя рейка превышение
Д В С Н Среднее	<u>№ 1</u> 61,6 (9)	<u>№ 2</u> 61,0 (10)	<u>Шт № 19</u> +0,6/+2,0 (13)	
	1170 (2)	0631 (5)	539 (11)	6269 (8)
	1478 (1)	0937 (4)	541 (14)	5627 (7)
	1786 (3)	1241 (6)	545 (12)	642 (15) -101 (16)
	1478 (19)	0936 (17)	542 (18)	541,5 (20)
Д В С Н Среднее	<u>№2</u> 33,2	<u>№1</u> 31,8	<u>Шт. №20</u> +1,4/+3,4	
	1572	1812	-240	6430
	1739	1971	-232	6761
	1904	2130	-226	-331 +99
	1738	1971	-233	-231,5

(3)-(2)=(9); (6)-(5)=(10);

(1)-(4)=(14); (2)-(5)=(11); (3)-(6)=(12)

[(1)+(2)+(3)]:3=(19);

[(5)+(6)+(7)]:3=(17); [(11)+(12)+(13)]:3=(18)

(8)-(7)=(15); (18)-(15)=(16); [(18)+(15)-(16)]:2=(20)

Контрольные вопросы

1. Перечислите приборы, которыми можно выполнять нивелирование III класса.
2. Поверка угла i у нивелиров с компенсатором.
3. Нивелирование III класса, последовательность допуски.
4. Объясните какой постраничный контроль необходимо выполнять при нивелировании III класса.
5. Перечислите различные способы поверки угла i .

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Поклад, Г. Г. Геодезия: учеб. пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. – Москва: Академический Проект, 2008. – 592 с.

Дополнительная литература

2. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов – ГКИНП (ГНТА)-03-010-03, утв. Приказом Федеральной службы геодезии и картографии России 25.12.2003 № 181-пр.
3. Инструкция по производству маркшейдерских работ: РД 07-603-03. Сер. 07. Вып. 15. – Москва: ГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2003. – 120 с.
4. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 – ГКИНП-02-033-82. – Москва: Недра, 1985. – 151 с.
5. Сборник инструкций производству проверок геодезических приборов. – Москва: Недра, 1988. – 77 с.

Приложение 1

Исходные данные к лабораторной работе №1

№ варианта	Измеренные направления				Измеренные направления				Измеренные направления			
		°	'	"		°	'	"		°	'	"
1	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	87	06	17,1	I	32	16	15,6	I	38	33	29,0
	III	153	29	17,1	A	71	22	48,7	Б	76	44	44,0
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	48 111,15		
	I	30	21	02,4	Б	53	47	08,8	Y _A	71 315,11		
	II	58	23	10,9	II	163	19	39,6	X _Б	50 506,38		
					III	276	44	03,1	Y _Б	73 432,74		
2	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	27	18	42,4	I	47	00	19,4	I	54	38	40,0
	III	54	19	30,0	A	68	13	45,4	Б	132	28	47,5
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	45 111,15		
	I	33	46	20,1	Б	131	27	50,8	Y _A	67 315,11		
	II	104	57	57,3	II	186	37	24,6	X _Б	46 505,27		
					III	240	46	59,9	Y _Б	68 820,64		
3	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	14	12,3	I	58	05	41,4	I	33	02	52,9
	III	83	35	05,4	A	132	23	17,9	Б	70	49	33,5
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	48 001,25		
	I	52	16	20,8	Б	77	27	58,9	Y _A	71 215,21		
	II	73	11	35,5	II	161	35	33,8	X _Б	50 406,38		
					III	287	37	23,5	Y _Б	72 332,84		
4	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	A	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	13	52,5	II	227	36	05,0	I	33	03	02,1
	III	83	35	05,5	I	285	41	51,3	Б	70	49	35,8
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	49 066,37		
	I	52	16	29,0	Б	77	27	58,6	Y _A	71 921,74		
	II	73	11	33,6	II	161	35	38,3	X _Б	50 506,38		
					III	287	37	37,1	Y _Б	73 432,74		

продолжение табл. 1.1

№ варианта	Измеренные направления				Измеренные направления				Измеренные направления			
		°	'	"		°	'	"		°	'	"
5	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	18	21	39,1	I	68	40	46,4	I	40	54	06,4
	III	75	17	20,0	A	84	43	10,7	Б	98	57	55,4
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	46 222,25		
	I	51	17	26,1	Б	145	35	52,3	У _A	68 426,21		
	II	101	01	25,2	II	198	51	07,6	X _Б	47 606,37		
					III	288	12	59,2	У _Б	69 921,74		
6	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	27	18	29,7	I	47	00	18,8	I	54	38	39,1
	III	54	19	08,9	A	68	13	52,0	Б	132	28	46,0
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	49 066,37		
	I	33	46	28,1	Б	131	27	57,4	У _A	71 921,74		
	II	104	58	05,4	II	186	37	29,9	X _Б	48 822,25		
					III	240	47	13,8	У _Б	70 425,21		
7	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	18	21	42,9	I	68	40	49,4	I	40	54	07,1
	III	75	17	22,1	A	84	43	10,9	Б	98	58	02,1
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	46 210,32		
	I	51	17	25,2	Б	145	35	53,1	У _A	171 940,74		
	II	101	01	23,0	II	198	51	10,4	X _Б	47 320,46		
					III	288	13	00,9	У _Б	173 946,74		
8	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	27	18	44,1	I	47	00	20,7	I	54	38	38,6
	III	54	19	31,4	A	68	13	47,4	Б	132	28	46,9
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	61 320,46		
	I	33	46	20,6	Б	131	27	51,8	У _A	275 946,84		
	II	104	57	55,9	II	186	37	26,5	X _Б	59 830,32		
					III	240	47	10,0	У _Б	274 941,64		

продолжение табл. 1.1

№ варианта	Измеренные направления				Измеренные направления				Измеренные направления			
		°	'	"		°	'	"		°	'	"
9	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	87	06	16,3	I	32	16	16,7	I	38	33	27,7
	III	153	29	18,1	A	71	22	47,7	Б	76	44	42,0
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	49 166,37		
	I	30	21	01,1	Б	53	47	07,4	У _A	72 921,15		
	II	58	23	12,0	II	163	19	40,6	X _Б	48 200,28		
					III	276	44	04,1	У _Б	74 890,16		
10	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	13	50,7	I	58	05	45,0	I	33	02	59,5
	III	83	35	10,4	A	132	23	53,2	Б	70	49	36,9
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	30 510,25		
	I	52	16	24,5	Б	77	28	00,0	У _A	99 282,14		
	II	73	11	35,8	II	161	35	41,0	X _Б	32 621,30		
					III	287	37	34,1	У _Б	100 302,18		
11	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	27	18	35,4	I	47	00	19,6	I	54	38	39,6
	III	54	19	18,5	A	68	13	49,2	Б	132	28	44,7
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	128 412,34		
	I	33	46	32,8	Б	131	27	59,1	У _A	100 403,18		
	II	104	58	08,2	II	186	37	30,4	X _Б	126 520,36		
					III	240	47	13,0	У _Б	99 362,14		
12	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	A	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	13	52,5	II	227	36	05,0	I	33	03	02,1
	III	83	35	04,5	I	285	41	53,4	Б	70	49	34,8
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	232 642,84		
	I	52	16	28,0	Б	77	27	59,8	У _A	64 857,17		
	II	73	11	32,6	II	161	35	39,3	X _Б	234 530,21		
					III	287	37	38,2	У _Б	62 753,25		

продолжение табл. 1.1

№ варианта	Измеренные направления				Измеренные направления				Измеренные направления			
		°	'	"		°	'	"		°	'	"
13	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	87	06	18,3	I	32	16	14,8	I	38	33	28,0
	III	153	29	20,1	A	71	22	45,7	Б	76	44	43,0
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	47 720,25		
	I	30	21	01,1	Б	53	47	07,4	У _A	88 840,54		
	II	58	23	12,0	II	163	19	40,5	X _Б	46 640,34		
					III	276	44	04,1	У _Б	86 960,60		
14	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	A	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	13	52,5	II	227	36	05,0	I	33	02	54,2
	III	83	35	04,5	I	285	41	53,4	Б	70	49	35,8
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	57 820,35		
	I	52	16	29,5	Б	77	27	59,8	У _A	98 940,64		
	II	73	11	33,7	II	161	35	39,3	X _Б	56 640,44		
					III	287	37	38,2	У _Б	96 960,70		
15	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	87	06	18,8	I	32	16	15,0	I	38	33	29,0
	III	153	29	21,4	A	71	22	46,3	Б	76	44	44,0
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	47 720,30		
	I	30	21	02,2	Б	53	47	08,4	У _A	88 840,64		
	II	58	23	13,0	II	163	19	41,5	X _Б	46 740,40		
					III	276	44	04,8	У _Б	86 980,70		
16	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	A	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	13	52,5	II	227	36	05,0	I	33	03	02,1
	III	83	35	05,5	I	285	41	51,3	Б	70	49	35,8
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	49 089,37		
	I	52	16	29,0	Б	77	27	58,6	У _A	71 911,24		
	II	73	11	33,6	II	161	35	38,3	X _Б	50 525,38		
					III	287	37	37,1	У _Б	73 422,94		

продолжение табл. 1.1

№ варианта	Измеренные направления				Измеренные направления				Измеренные направления			
		°	'	"		°	'	"		°	'	"
17	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	27	18	44,1	I	47	00	20,7	I	54	38	38,6
	III	54	19	31,4	A	68	13	47,4	Б	132	28	46,9
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	61 350,46		
	I	33	46	20,6	Б	131	27	51,8	У _A	275 946,84		
	II	104	57	55,9	II	186	37	26,5	X _Б	59 850,32		
					III	240	47	10,0	У _Б	274 941,64		
18	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	87	06	15,3	I	32	16	16,7	I	38	33	27,7
	III	153	29	17,1	A	71	22	48,7	Б	76	44	41,0
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	48 210,48		
	I	30	21	01,1	Б	53	47	03,4	У _A	74 810,26		
	II	58	23	12,0	II	163	19	40,6	X _Б	49 176,47		
					III	276	44	04,1	У _Б	72 931,25		
19	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	A	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	13	52,5	II	227	36	05,0	I	33	03	02,1
	III	83	35	05,5	I	285	41	51,3	Б	70	49	35,8
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	50 506,38		
	I	52	16	29,0	Б	77	27	58,6	У _A	73 432,74		
	II	73	11	33,6	II	161	35	38,3	X _Б	49 066,37		
					III	287	37	37,1	У _Б	71 921,74		
20	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	27	18	44,1	I	47	00	20,7	I	54	38	38,6
	III	54	19	31,4	A	68	13	47,4	Б	132	28	46,9
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	61 320,46		
	I	33	46	20,6	Б	131	27	51,8	У _A	275 946,84		
	II	104	57	55,9	II	186	37	26,5	X _Б	59 830,32		
					III	240	47	10,0	У _Б	274 941,64		

продолжение табл. 1.1

№ варианта	Измеренные направления				Измеренные направления				Измеренные направления			
		°	'	"		°	'	"		°	'	"
21	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	87	06	13,9	I	32	16	13,5	I	38	33	32,5
	III	153	29	26,4	A	71	22	44,6	Б	76	44	42,1
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	47 011,15		
	I	30	21	03,6	Б	53	47	10,5	У _A	51 315,11		
	II	58	23	11,4	II	163	19	40,9	X _Б	49 406,38		
					III	276	44	04,5	У _Б	53 432,74		
22	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	27	18	38,7	I	47	00	21,4	I	54	38	38,5
	III	54	19	26,3	A	68	13	43,8	Б	132	28	45,6
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	46 111,08		
	I	33	46	19,5	Б	131	27	51,6	У _A	57 310,11		
	II	104	57	54,2	II	186	37	21,3	X _Б	47 505,20		
					III	240	46	58,7	У _Б	58 815,64		
23	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	14	12,2	I	58	05	41,3	I	33	02	53,6
	III	83	35	06,6	A	132	23	18,8	Б	70	49	35,5
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	48 801,25		
	I	52	16	18,0	Б	77	27	56,4	У _A	71 315,21		
	II	73	11	37,1	II	161	35	36,2	X _Б	50 506,38		
					III	287	37	24,2	У _Б	72 832,84		
24	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	A	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	13	50,6	II	227	36	06,1	I	33	03	03,8
	III	83	35	07,4	I	285	41	52,4	Б	70	49	32,7
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	59 066,37		
	I	52	16	27,8	Б	77	27	57,9	У _A	171 921,74		
	II	73	11	36,1	II	161	35	36,5	X _Б	60 506,38		
					III	287	37	38,1	У _Б	173 532,74		

продолжение табл. 1.1

№ варианта	Измеренные направления				Измеренные направления				Измеренные направления			
		°	'	"		°	'	"		°	'	"
25	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	18	21	38,5	I	68	40	44,5	I	40	54	5,8
	III	75	17	18,2	A	84	43	12,4	Б	98	57	57,2
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	36 200,30		
	I	51	17	25,8	Б	145	35	48,3	У _A	55 420,21		
	II	101	01	25,6	II	198	51	08,6	X _Б	37 406,37		
					III	288	12	57,9	У _Б	56 918,74		
26	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	27	18	28,5	I	47	00	19,3	I	54	38	40,5
	III	54	19	12,3	A	68	13	51,6	Б	132	28	45,8
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	30 166,37		
	I	33	46	27,4	Б	131	27	56,8	У _A	173 921,74		
	II	104	58	06,8	II	186	37	31,7	X _Б	29 922,25		
					III	240	47	14,2	У _Б	172 425,41		
27	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	18	21	40,6	I	68	40	48,7	I	40	54	12,5
	III	75	17	25,6	A	84	43	14,6	Б	98	58	01,8
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	40 710,23		
	I	51	17	23,8	Б	145	35	50,6	У _A	72 540,73		
	II	101	01	20,5	II	198	51	12,2	X _Б	41 820,46		
					III	288	13	03,6	У _Б	74 546,52		
28	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	27	18	42,3	I	47	00	19,5	I	54	38	35,4
	III	54	19	30,8	A	68	13	43,2	Б	132	28	43,9
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	51 120,24		
	I	33	46	21,6	Б	131	27	50,9	У _A	73 846,54		
	II	104	57	54,8	II	186	37	23,8	X _Б	49 630,12		
					III	240	47	12,4	У _Б	74 841,14		

продолжение табл. 1.1

№ варианта	Измеренные направления				Измеренные направления				Измеренные направления			
		°	'	"		°	'	"		°	'	"
29	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	87	06	15,8	I	32	16	12,6	I	38	33	25,3
	III	153	29	20,6	A	71	22	48,9	Б	76	44	41,6
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	29 166,24		
	I	30	21	04,7	Б	53	47	12,8	У _A	74 711,15		
	II	58	23	11,2	II	163	19	41,2	X _Б	28 200,05		
					III	276	44	05,8	У _Б	76 690,16		
30	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	13	48,7	I	58	05	44,9	I	33	02	55,3
	III	83	35	12,6	A	132	23	51,6	Б	70	49	38,2
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	50 610,15		
	I	52	16	23,8	Б	77	28	01,5	У _A	19 283,14		
	II	73	11	31,6	II	161	35	40,3	X _Б	52 721,20		
					III	287	37	46,8	У _Б	20 303,18		
31	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	27	18	33,6	I	47	00	20,6	I	54	38	42,8
	III	54	19	14,8	A	68	13	45,9	Б	132	28	40,1
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	25 212,34		
	I	33	46	31,2	Б	131	27	57,2	У _A	120 403,18		
	II	104	58	12,4	II	186	37	31,5	X _Б	23 320,26		
					III	240	47	15,8	У _Б	119 362,14		
32	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	A	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	13	48,7	II	227	36	06,3	I	33	03	03,5
	III	83	35	06,9	I	285	41	52,4	Б	70	49	30,6
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	31 540,84		
	I	52	16	29,0	Б	77	27	57,2	У _A	84 557,17		
	II	73	11	37,2	II	161	35	40,5	X _Б	34 428,21		
					III	287	37	35,6	У _Б	82 453,25		

№ варианта	Измеренные направления				Измеренные направления				Измеренные направления			
		°	'	"		°	'	"		°	'	"
33	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	87	06	19,4	I	32	16	12,5	I	38	33	29,6
	III	153	29	25,3	A	71	22	43,2	Б	76	44	41,8
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	27 520,15		
	I	30	21	04,2	Б	53	47	05,8	У _A	68 540,54		
	II	58	23	11,3	II	163	19	42,4	X _Б	26 440,24		
					III	276	44	06,9	У _Б	66 660,60		
34	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	A	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	13	50,6	II	227	36	04,5	I	33	02	55,9
	III	83	35	07,3	I	285	41	52,1	Б	70	49	33,6
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	87 320,15		
	I	52	16	32,5	Б	77	27	56,4	У _A	108 740,60		
	II	73	11	36,8	II	161	35	33,8	X _Б	86 140,24		
					III	287	37	32,6	У _Б	106 760,66		
35	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	87	06	20,3	I	32	16	14,7	I	38	33	25,6
	III	153	29	18,9	A	71	22	43,2	Б	76	44	43,2
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	47 120,20		
	I	30	21	09,3	Б	53	47	12,5	У _A	98 340,60		
	II	58	23	12,5	II	163	19	38,9	X _Б	46 140,30		
					III	276	44	05,6	У _Б	96 480,66		
36	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	A	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	13	48,3	II	227	36	04,0	I	33	03	07,2
	III	83	35	06,5	I	285	41	50,2	Б	70	49	37,1
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	39 489,27		
	I	52	16	27,6	Б	77	27	55,3	У _A	171 511,24		
	II	73	11	32,8	II	161	35	34,8	X _Б	40 925,28		
					III	287	37	32,1	У _Б	172 922,94		

№ варианта	Измеренные направления				Измеренные направления				Измеренные направления			
		°	'	"		°	'	"		°	'	"
37	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	27	18	43,8	I	47	00	21,5	I	54	38	35,6
	III	54	19	30,5	A	68	13	43,8	Б	132	28	44,9
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	51 750,36		
	I	33	46	21,6	Б	131	27	50,2	У _A	75 146,80		
	II	104	57	54,8	II	186	37	27,8	X _Б	50 250,22		
					III	240	47	12,5	У _Б	74 141,60		
38	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	87	06	18,7	I	32	16	17,8	I	38	33	32,5
	III	153	29	20,5	A	71	22	44,5	Б	76	44	40,9
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	18 010,58		
	I	30	21	02,5	Б	53	47	07,3	У _A	74 510,26		
	II	58	23	13,6	II	163	19	41,2	X _Б	18 976,57		
					III	276	44	05,8	У _Б	72 631,25		
39	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	A	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	28	13	50,6	II	227	36	04,6	I	33	03	03,6
	III	83	35	07,4	I	285	41	56,8	Б	70	49	33,9
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	40 406,38		
	I	52	16	27,3	Б	77	27	58,2	У _A	63 332,74		
	II	73	11	32,9	II	161	35	35,8	X _Б	38 966,37		
					III	287	37	32,6	У _Б	61 821,74		
40	С пункта А на пункт				С пункта Б на пункт				С пункта II на пункт			
	Б	0	00	00,0	II	0	00	00,0	III	0	00	00,0
	I	27	18	42,5	I	47	00	21,9	I	54	38	36,3
	III	54	19	30,5	A	68	13	45,6	Б	132	28	45,8
	С пункта III на пункт				С пункта I на пункт				Координаты, м			
	A	0	00	00,0	A	0	00	00,0	X _A	31 820,40		
	I	33	46	21,3	Б	131	27	52,8	У _A	174 846,86		
	II	104	57	53,8	II	186	37	30,1	X _Б	30 330,28		
					III	240	47	12,8	У _Б	173 841,64		

Приложение 2

Исходные данные к лабораторной работе №2

Таблица 2.1

№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы				№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы			
				°	'	"					°	'	"
1	3,9502617	4,0384548	1	53	15	15,3	2	3,3115633	3,6005345	1	27	08	40,6
			2	58	03	53,0				2	132	28	47,5
			3	68	40	46,4				3	20	22	33,4
			4	18	21	39,1				4	109	19	19,1
			5	145	35	52,3				5	44	02	56,6
			6	16	02	24,3				6	26	37	46,0
			7	88	14	11,7				7	27	18	42,3
			8	40	08	36,9				8	131	27	50,8
			9	51	37	20,0				9	21	13	26,0
			ABC	136	20	36,2				ABC	68	13	43,5
3	3,1419984	3,2839968	1	79	15	41,5	4	3,7170602	3,6150000	1	117	49	15,5
			2	62	38	58,7				2	37	28	35,7
			3	38	05	09,8				3	24	42	07,2
			4	61	05	29,6				4	94	16	22,5
			5	72	35	44,4				5	43	37	40,3
			6	46	18	44,4				6	42	05	56,9
			7	45	00	00,1				7	36	01	30,5
			8	95	42	38,3				8	102	20	21,2
			9	39	17	19,3				9	41	38	00,6
			ABC	123	41	24,2				ABC	108	26	05,8
5	3,9502617	4,0384548	1	53	15	14,8	6	4,0002614	4,0884548	1	53	15	29,2
			2	58	03	53,8				2	58	03	51,1
			3	68	40	46,1				3	68	40	49,7
			4	18	21	38,0				4	18	21	47,5
			5	145	35	52,5				5	145	35	53,9
			6	16	02	25,3				6	16	02	22,3
			7	88	14	11,5				7	88	14	09,9
			8	40	08	37,8				8	40	08	29,9
			9	51	37	19,7				9	51	37	21,0
			ABC	136	20	30,2				ABC	136	20	38,4

продолжение таблицы 2.1

№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы				№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы			
				°	'	"					°	'	"
7	4,0484798	4,3374510	1	27	08	37,9	8	3,2050200	3,3470184	1	79	15	41,4
			2	132	28	49,4				2	62	39	05,6
			3	20	22	35,1				3	38	05	17,4
			4	109	19	18,4				4	61	05	26,8
			5	44	02	59,1				5	72	35	49,8
			6	26	37	39,1				6	46	18	42,7
			7	27	18	41,1				7	44	59	56,4
			8	131	27	54,4				8	95	42	43,4
			9	21	13	29,0				9	39	17	21,0
			ABC	68	13	44,6				ABC	123	41	20,9
9	3,3073026	3,2052424	1	117	49	18,9	10	3,9502617	4,0384548	1	53	15	15,7
			2	37	28	31,3				2	58	03	52,4
			3	24	42	14,3				3	68	40	46,6
			4	94	16	24,4				4	18	21	40,2
			5	43	37	32,8				5	145	35	52,1
			6	42	05	48,0				6	16	02	23,4
			7	36	01	42,7				7	88	14	11,9
			8	102	20	22,9				8	40	08	36,1
			9	41	38	57,4				9	51	37	21,0
			ABC	108	26	10,3				ABC	136	20	40,5
11	3,8002617	3,8884548	1	53	15	16,4	12	2,9110288	3,2000000	1	27	08	40,3
			2	58	03	53,3				2	132	28	47,6
			3	68	40	49,8				3	20	22	34,7
			4	18	21	41,1				4	109	19	18,3
			5	145	35	53,2				5	44	02	56,1
			6	16	02	27,0				6	26	37	45,8
			7	88	14	07,3				7	27	18	41,1
			8	40	08	31,7				8	131	27	50,1
			9	51	37	18,7				9	21	13	26,3
			ABC	136	20	23,8				ABC	68	13	33,9

Продолжение таблицы 2.1

№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы				№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы			
				°	'	"					°	'	"
13	3,8090816	3,9510800	1	79	15	40,4	14	4,1372230	4,0351628	1	117	49	17,1
			2	62	38	59,6				2	37	28	35,2
			3	38	05	18,5				3	24	42	09,0
			4	61	05	28,3				4	94	16	24,1
			5	72	35	45,2				5	43	37	39,5
			6	46	18	43,8				6	42	05	57,5
			7	44	59	58,4				7	36	01	35,2
			8	95	42	39,2				8	102	20	23,8
			9	39	17	19,5				9	41	38	00,3
			ABC	123	41	18,5				ABC	108	26	00,3
15	3,7170702	3,6150100	1	117	49	15,5	16	3,9500100	4,0382031	1	53	15	17,9
			2	37	28	34,7				2	58	03	50,6
			3	24	42	08,2				3	68	40	53,7
			4	94	16	22,5				4	18	21	43,6
			5	43	37	42,3				5	145	35	51,1
			6	42	05	54,9				6	16	02	25,3
			7	36	01	30,5				7	88	14	08,6
			8	102	20	21,9				8	40	08	29,4
			9	41	38	00,3				9	51	37	24,6
			ABC	108	26	06,0				ABC	136	20	34,7
17	2,3160804	2,2140200	1	117	49	14,5	18	3,0010457	3,0182031	1	23	15	15,9
			2	37	28	34,1				2	78	03	51,1
			3	24	42	09,2				3	78	40	52,4
			4	94	16	21,9				4	48	21	44,1
			5	43	37	42,8				5	115	35	53,1
			6	42	05	54,2				6	16	02	26,5
			7	36	01	31,5				7	98	14	09,2
			8	102	20	21,2				8	20	08	30,4
			9	41	38	01,1				9	61	37	28,6
			ABC	108	26	01,2				ABC	156	20	36,2

Продолжение таблицы 2.1

№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы				№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы			
				°	'	"					°	'	"
19	4,0398805	4,3442084	1	49	15	40,8	20	3,9502617	4,0384548	1	53	15	18,4
			2	72	39	04,9				2	58	03	52,3
			3	58	05	16,4				3	68	40	43,8
			4	50	05	26,2				4	18	21	40,5
			5	83	35	48,5				5	145	35	56,9
			6	46	18	43,5				6	16	02	22,5
			7	53	59	55,1				7	88	14	15,4
			8	92	42	43,8				8	40	08	37,5
			9	33	17	21,2				9	51	37	22,4
			ABC	137	41	34,1				ABC	136	20	30,8
21	3,1419984	3,2839968	1	79	15	36,5	22	3,7170602	3,6150000	1	117	49	18,3
			2	62	38	59,1				2	37	28	33,8
			3	38	05	10,3				3	24	42	04,8
			4	61	05	28,4				4	94	16	20,7
			5	72	35	44,6				5	43	37	36,8
			6	46	18	42,5				6	42	05	53,2
			7	45	00	00,3				7	36	01	30,8
			8	95	42	37,6				8	102	20	23,4
			9	39	17	15,6				9	41	37	58,7
			ABC	123	41	20,8				ABC	108	26	04,2
23	3,9502617	4,0384548	1	53	15	15,0	24	4,0002614	4,0884548	1	53	15	20,5
			2	58	03	54,2				2	58	03	48,6
			3	68	40	45,7				3	68	40	40,7
			4	18	21	37,5				4	18	21	45,2
			5	145	35	50,8				5	145	35	50,6
			6	16	02	27,3				6	16	02	19,8
			7	88	14	12,5				7	88	14	02,3
			8	40	08	38,9				8	40	08	24,1
			9	51	37	20,3				9	51	37	29,3
			ABC	136	20	37,8				ABC	136	21	00,2

Продолжение таблицы 2.1

№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы				№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы			
				°	'	"					°	'	"
25	3,3115633	3,6005345	1	27	08	40,8	26	4,0398805	4,3442084	1	49	15	42,3
			2	132	28	45,3				2	72	39	05,8
			3	20	22	37,2				3	58	05	13,4
			4	109	19	17,5				4	50	05	25,7
			5	44	02	52,6				5	83	35	47,4
			6	26	37	42,0				6	46	18	40,5
			7	27	18	47,3				7	53	59	54,1
			8	131	27	50,5				8	92	42	46,2
			9	21	13	29,3				9	33	17	22,3
			ABC	68	13	50,3				ABC	137	41	32,7
27	4,0484798	4,3374510	1	27	08	35,3	28	3,2050200	3,3470184	1	79	15	41,8
			2	132	28	48,4				2	62	38	57,9
			3	20	22	30,1				3	38	05	13,8
			4	109	19	19,2				4	61	05	24,5
			5	44	03	02,8				5	72	35	46,8
			6	26	37	36,4				6	46	18	40,7
			7	27	18	38,2				7	44	59	59,3
			8	131	27	59,7				8	95	42	40,8
			9	21	13	32,4				9	39	17	18,8
			ABC	68	13	43,6				ABC	123	41	27,3
29	3,3073026	3,2052424	1	117	49	15,6	30	3,9502617	4,0384548	1	53	15	16,3
			2	37	28	34,7				2	58	03	56,2
			3	24	42	10,9				3	68	40	43,6
			4	94	16	26,2				4	18	21	44,2
			5	43	37	32,5				5	145	35	50,1
			6	42	05	48,3				6	16	02	30,4
			7	36	01	44,7				7	88	14	15,9
			8	102	20	22,7				8	40	08	32,7
			9	41	37	54,6				9	51	37	18,6
			ABC	108	26	12,6				ABC	136	20	38,6

Продолжение таблицы 2.1

№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы				№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы			
				°	'	"					°	'	"
31	3,8002617	3,8884548	1	53	15	15,2	32	2,9110288	3,2000000	1	27	08	46,3
			2	58	03	50,8				2	132	28	40,6
			3	68	40	51,4				3	20	22	32,7
			4	18	21	39,2				4	109	19	19,2
			5	145	35	55,2				5	44	03	06,7
			6	16	02	29,0				6	26	37	43,7
			7	88	14	05,8				7	27	18	38,9
			8	40	08	34,4				8	131	27	52,9
			9	51	37	16,4				9	21	13	25,3
			ABC	136	20	27,2				ABC	68	13	30,4
33	3,8090816	3,9510800	1	79	15	50,2	34	4,1372230	4,0351628	1	117	49	15,3
			2	62	39	02,7				2	37	28	32,8
			3	38	05	15,6				3	24	42	12,6
			4	61	05	26,2				4	94	16	20,3
			5	72	35	47,4				5	43	37	38,7
			6	46	18	43,5				6	42	05	59,5
			7	45	00	06,9				7	36	01	24,2
			8	95	42	42,8				8	102	20	18,6
			9	39	17	20,7				9	41	38	08,1
			ABC	123	41	27,9				ABC	108	26	07,4
35	3,7170702	3,6150100	1	117	49	18,9	36	3,9500100	4,0382031	1	53	15	16,3
			2	37	28	36,4				2	58	03	48,6
			3	24	42	13,7				3	68	40	48,7
			4	94	16	28,4				4	18	21	40,9
			5	43	37	46,4				5	145	35	48,7
			6	42	05	50,8				6	16	02	32,4
			7	36	01	31,5				7	88	14	12,5
			8	102	20	20,2				8	40	08	26,5
			9	41	38	10,3				9	51	37	29,2
			ABC	108	26	04,3				ABC	136	20	30,8

Продолжение таблицы 2.1

№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы				№ варианта	Log BC	Log AB	Измеренные углы			
				°	'	"					°	'	"
37	2,3160804	2,2140200	1	117	49	15,3	38	3,0010457	3,0182031	1	23	15	18,2
			2	37	28	28,9				2	78	03	54,6
			3	24	42	12,2				3	78	40	53,2
			4	94	16	18,4				4	48	21	40,1
			5	43	37	45,8				5	115	35	55,6
			6	42	05	52,4				6	16	02	24,5
			7	36	01	35,1				7	98	14	11,2
			8	102	20	22,1				8	20	08	33,4
			9	41	38	05,9				9	61	37	25,6
			ABC	108	26	03,8				ABC	156	20	30,3
39	4,0398805	4,3442084	1	49	15	38,9	40	3,0010457	3,0182031	1	23	15	20,1
			2	72	39	08,4				2	78	03	48,6
			3	58	05	17,8				3	78	40	51,3
			4	50	05	29,2				4	48	21	45,9
			5	83	35	45,8				5	115	35	54,7
			6	46	18	40,9				6	16	02	23,5
			7	53	59	53,1				7	98	14	08,8
			8	92	42	48,2				8	20	08	31,6
			9	33	17	24,7				9	61	37	24,4
			ABC	137	41	36,3				ABC	156	20	39,4

Приложение 3

Исходные данные к лабораторной работе №3

Таблица 3.1

№ варианта	Измеренные углы				№ варианта	Измеренные углы				№ варианта	Измеренные углы			
		°	'	"			°	'	"			°	'	"
1	1	24	09	12,8	2	1	40	27	34,5	3	1	40	08	37,0
	2	32	06	31,5		2	28	08	17,4		2	38	15	32,7
	3	56	27	12,8		3	37	25	43,3		3	49	58	38,9
	4	67	17	00,3		4	73	58	24,3		4	51	37	20,5
	5	19	31	33,5		5	47	06	48,5		5	16	02	24,6
	6	36	44	12,3		6	21	28	59,5		6	62	21	41,2
	7	101	20	07,1		7	34	05	14,1		7	83	14	10,8
	8	22	24	05,3		8	77	18	57,0		8	18	21	39,9
4	1	52	56	40,4	5	1	40	08	36,9	6	1	24	09	15,2
	2	47	40	37,0		2	38	15	32,7		2	32	06	32,2
	3	37	58	35,9		3	49	58	38,9		3	56	27	10,2
	4	41	24	04,8		4	51	37	20,4		4	67	16	57,2
	5	53	03	38,0		5	16	02	24,3		5	19	31	33,6
	6	47	33	30,0		6	62	21	41,4		6	36	44	10,7
	7	37	41	30,5		7	83	14	10,8		7	101	20	10,3
	8	41	41	10,0		8	18	21	39,1		8	22	24	07,4
7	1	24	09	16,2	8	1	40	27	34,4	9	1	20	22	36,8
	2	32	06	31,3		2	28	08	16,7		2	77	50	04,6
	3	56	27	11,4		3	37	25	43,8		3	54	38	39,3
	4	67	16	56,4		4	73	58	24,6		4	27	08	34,1
	5	19	31	34,3		5	47	06	50,6		5	44	02	57,8
	6	36	44	09,8		6	21	29	01,0		6	54	09	42,7
	7	101	20	11,4		7	34	05	15,3		7	55	09	34,0
	8	22	24	08,6		8	77	18	57,8		8	26	37	40,5
10	1	40	08	35,5	11	1	40	08	34,4	12	1	24	09	13,4
	2	38	15	32,3		2	38	15	33,4		2	32	06	33,4
	3	49	58	36,1		3	49	58	35,2		3	56	27	12,0
	4	51	37	18,2		4	51	37	19,4		4	67	16	59,8
	5	16	02	22,7		5	16	02	21,6		5	19	31	33,9
	6	62	21	41,2		6	62	21	42,4		6	36	44	14,3
	7	83	14	12,0		7	83	14	13,6		7	101	20	10,6
	8	18	21	41,5		8	18	21	40,1		8	22	24	09,5

№ варианта	Измеренные углы				№ варианта	Измеренные углы				№ варианта	Измеренные углы			
		°	'	"			°	'	"			°	'	"
13	1	83	14	11,0	14	1	20	22	34,7	15	1	52	56	40,9
	2	18	21	38,6		2	77	50	07,6		2	47	40	37,1
	3	40	08	37,4		3	54	38	39,5		3	37	58	38,1
	4	38	15	32,6		4	27	08	38,9		4	41	24	06,5
	5	49	58	38,9		5	44	02	56,8		5	53	03	42,0
	6	51	37	20,1		6	54	09	44,8		6	47	33	33,6
	7	16	02	24,8		7	55	09	34,8		7	37	41	33,0
	8	62	21	41,2		8	26	37	46,0		8	41	41	12,0
16	1	24	09	12,6	17	1	40	08	36,7	18	1	38	04	30,7
	2	32	06	31,6		2	38	15	32,8		2	41	19	32,8
	3	56	27	12,8		3	49	58	38,9		3	50	59	38,4
	4	67	17	00,4		4	51	37	20,7		4	49	36	20,2
	5	19	31	33,2		5	16	02	24,1		5	18	03	30,8
	6	36	44	13,5		6	62	21	41,5		6	61	20	40,2
	7	101	20	07,1		7	83	14	10,7		7	81	10	11,2
	8	22	24	05,3		8	18	21	39,3		8	19	25	48,8
19	1	40	08	06,4	20	1	24	09	14,4	21	1	40	27	30,8
	2	38	16	35,2		2	32	06	30,8		2	28	08	16,5
	3	49	59	38,2		3	56	27	16,2		3	37	25	47,2
	4	51	35	26,3		4	67	16	58,3		4	73	58	21,7
	5	16	04	00,9		5	19	31	30,4		5	47	06	44,5
	6	62	20	40,1		6	36	44	15,6		6	21	29	01,8
	7	83	11	27,2		7	101	20	09,2		7	34	05	11,4
	8	18	23	38,8		8	22	24	07,3		8	77	18	59,2
22	1	40	08	35,0	23	1	52	56	46,2	24	1	40	08	35,3
	2	38	15	34,7		2	47	40	38,1		2	38	15	36,7
	3	49	58	36,4		3	37	58	33,9		3	49	58	42,4
	4	51	37	24,8		4	41	24	06,4		4	51	37	23,9
	5	16	02	25,7		5	53	03	35,3		5	16	02	27,8
	6	62	21	43,2		6	47	33	31,8		6	62	21	40,3
	7	83	14	14,5		7	37	41	30,7		7	83	14	08,2
	8	18	21	43,0		8	41	41	12,1		8	18	21	45,1

Продолжение табл. 3.1

№ варианта	Измеренные углы				№ варианта	Измеренные углы				№ варианта	Измеренные углы			
		°	'	"			°	'	"			°	'	"
25	1	24	09	13,8	26	1	24	09	15,4	27	1	40	27	32,4
	2	32	06	28,9		2	32	06	28,9		2	28	08	15,7
	3	56	27	08,4		3	56	27	09,4		3	37	25	48,2
	4	67	16	56,7		4	67	17	02,3		4	73	58	27,3
	5	19	31	32,7		5	19	31	32,3		5	47	06	47,4
	6	36	44	05,2		6	36	44	08,8		6	21	29	05,8
	7	101	20	09,4		7	101	20	14,5		7	34	05	16,4
	8	22	24	03,8		8	22	24	10,1		8	77	19	03,2
28	1	20	22	32,8	29	1	40	08	37,8	30	1	40	08	32,6
	2	77	49	59,3		2	38	15	31,3		2	38	15	31,8
	3	54	38	35,6		3	49	58	35,2		3	49	58	34,3
	4	27	08	42,4		4	51	37	19,1		4	51	37	21,7
	5	44	03	01,1		5	16	02	26,4		5	16	02	18,4
	6	54	09	46,7		6	62	21	40,2		6	62	21	40,4
	7	55	09	35,8		7	83	14	08,9		7	83	14	12,3
	8	26	37	43,7		8	18	21	42,5		8	18	21	43,1
31	1	24	09	12,1	32	1	83	14	12,6	33	1	20	22	35,2
	2	32	06	30,4		2	18	21	39,3		2	77	50	11,0
	3	56	27	11,6		3	40	08	36,2		3	54	38	40,9
	4	67	16	58,8		4	38	15	30,6		4	27	08	36,4
	5	19	31	31,7		5	49	58	37,7		5	44	03	02,3
	6	36	44	16,2		6	51	37	20,5		6	54	09	48,9
	7	101	20	08,9		7	16	02	26,2		7	55	09	32,6
	8	22	24	11,3		8	62	21	39,8		8	26	37	43,8
34	1	52	56	39,7	35	1	24	09	14,1	36	1	40	08	38,2
	2	47	40	38,2		2	32	06	37,2		2	38	15	31,7
	3	37	58	40,4		3	56	27	10,3		3	49	58	35,4
	4	41	24	08,2		4	67	16	56,3		4	51	37	21,6
	5	53	03	46,3		5	19	31	34,5		5	16	02	25,2
	6	47	33	30,6		6	36	44	12,8		6	62	21	40,5
	7	37	41	31,8		7	101	20	04,2		7	83	14	08,3
	8	41	41	14,5		8	22	24	01,3		8	18	21	43,1

Продолжение табл. 3.1

№ варианта	Измеренные углы				№ варианта	Измеренные углы				№ варианта	Измеренные углы			
		°	'	"			°	'	"			°	'	"
37	1	38	04	32,4	38	1	40	08	08,8	39	1	52	56	35,8
	2	41	19	28,9		2	38	16	41,6		2	47	40	37,6
	3	50	59	31,3		3	49	59	37,8		3	37	58	31,8
	4	49	36	25,2		4	51	35	28,2		4	41	24	03,6
	5	18	03	31,8		5	16	04	08,6		5	53	03	27,9
	6	61	20	40,1		6	62	20	43,1		6	47	33	41,9
	7	81	10	12,6		7	83	11	29,3		7	37	41	36,3
	8	19	25	49,1		8	18	23	37,2		8	41	41	10,7

Приложение 4***Исходные данные к лабораторной работе №4***

Таблица 4.1

№ вари- анта	Высотные отметки исходных реперов, м			№ ва- ри- анта	Высотные отметки исходных реперов, м		
	Отвал	Склад	Дранич- кино		Отвал	Склад	Дранич- кино
1	275,850	291,641	313,106	21	206,886	222,771	244,130
2	265,750	281,540	303,006	22	275,860	291,651	313,116
3	285,950	301,741	323,206	23	266,750	282,540	304,006
4	284,949	300,740	322,205	24	284,910	300,730	322,195
5	384,848	400,640	422,105	25	180,210	196,000	217,466
6	385,858	401,650	423,115	26	123,160	138,950	160,415
7	285,758	301,550	323,015	27	182,703	198,494	219,960
8	185,658	201,450	222,915	28	312,600	328,390	349,855
9	187,860	203,652	225,117	29	275,218	291,010	312,474
10	188,961	204,753	226,208	30	256,310	272,100	293,565
11	190,062	205,854	227,309	31	300,560	316,350	337,818
12	191,163	206,955	228,410	32	194,440	210,230	231,696
13	211,183	226,975	248,430	33	200,950	216,740	238,208
14	255,750	271,540	293,006	34	340,830	356,620	378,086
15	291,163	306,955	328,410	35	218,614	234,400	255,870
16	201,083	216,875	238,330	36	143,310	159,100	180,560
17	285,850	301,651	323,110	37	128,400	144,190	165,655
18	286,950	302,751	324,210	38	172,680	188,470	209,936
19	386,960	402,851	424,210	39	196,530	212,320	233,786
20	186,866	202,751	224,110	40	200,780	216,570	238,036

Приложение 5

Вычисление прямоугольных координат

Формулы	1.	2.	1.	2.
	3.		3.	
$\alpha_{1,2; 2,1}$				
Угол треуголь- ника				
$\alpha_{1,3; 2,3}$				
Контрольный угол				
$X_{1,2}$				
$\Delta X = S \cdot \cos \alpha$				
X_3				
$X_{\text{ср}}$				
$\cos \alpha$				
S				
$\sin \alpha$				
$Y_{1,2}$				
$\Delta Y = S \cdot \sin \alpha$				
Y_3				
$Y_{\text{ср}}$				
Формулы	1.	2.	1.	2.
	3.		3.	
$\alpha_{1,2; 2,3}$				
Угол треуголь- ника				
$\alpha_{1,2; 2,3}$				
Контрольный угол				
$X_{1,2}$				
$\Delta X = S \cdot \cos \alpha$				
X_3				
$X_{\text{ср}}$				
$\cos \alpha$				
S				
$\sin \alpha$				
$Y_{1,2}$				
$\Delta Y = S \cdot \sin \alpha$				
Y_3				
$Y_{\text{ср}}$				

Содержание

Общие сведения	3
Перечень лабораторных работ	5
Лабораторная работа №1	
Групповое уравнивание центральной системы	6
Лабораторная работа №2	
Групповое уравнивание вставки в «жесткий угол»	9
Лабораторная работа №3	
Групповое уравнивание геодезического четырехугольника	11
Лабораторная работа №4	
Уравнивание систем нивелирных ходов по способу последовательных приближений	13
Лабораторная работа №5	
Поверки и исследования инструментов перед началом работ по нивелированию III кл.	17
Лабораторная работа №6	
Нивелирование III кл. полевые работы	23
Список рекомендуемой литературы	25
Приложение 1. Исходные данные к лабораторной работе №1	26
Приложение 2. Исходные данные к лабораторной работе №2	37
Приложение 3. Исходные данные к лабораторной работе №3	43
Приложение 4. Исходные данные к лабораторной работе №4	46
Приложение 5. Ведомость Вычисление прямоугольных координат	48
Приложение 6. Ведомость уравнивания нивелирных ходов по способу последовательных приближений	49