

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторная работа выполняется в соответствии с учебным планом по дисциплине «Прикладная геодезия».

Цель лабораторной работы – получение практических навыков по выполнению оценки точности одиночных ходов полигонометрии и проекта полигонометрической сети.

Основные теоретические положения, которые студент должен освоить перед выполнением лабораторной работы, изложены в главе 1 учебника [1]. Исходные данные для выполнения лабораторной работы приведены в данных методических указаниях.

Лабораторная работа №1. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ПРОЕКТА ПЛАНОВОЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ

Полигонометрия применяется для создания и сгущения геодезических сетей. Полигонометрию строят в виде отдельных ходов и систем ходов, опирающихся на исходные пункты. Надежность получения координат пунктов полигонометрии определяется оценкой составленного проекта.

При проектировании одиночных полигонометрических ходов с примерно одинаковыми сторонами, опирающихся на два исходных пункта и исходные дирекционные углы, необходимо определить ошибку в положении пункта и ошибку дирекционного угла в середине хода после его уравнивания.

Известно, что средняя квадратическая ошибка в слабом месте хода после уравнивания

$$M_{\text{сл}} = \frac{1}{2} M, \quad (1)$$

где M – средняя квадратическая ошибка в положении конечного пункта хода.

Приближенную оценку одиночных ходов можно выполнить по упрощенным формулам Конусова. Ожидаемую среднюю квадратическую ошибку в положении конечного пункта вытянутого хода и хода произвольной формы вычисляют по формулам:

$$M^2 = m_S^2 \cdot n + \frac{m_B^2}{\rho^2} L^2 \frac{n+3}{12};$$

$$M^2 = m_S^2 \cdot n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [D_{0,i}^2], \quad (2)$$

где $D_{0,i}$ – расстояние от каждой вершины хода до его центра тяжести;

L – длина замыкающей.

Координаты центра тяжести вычисляются по приближенным координатам (снятым с карты, на которой ход запроектирован) точек хода

$$X_0 = \frac{[X_i]}{n+1}, \quad Y_0 = \frac{[Y_i]}{n+1}.$$

Расчет ожидаемых ошибок проектируемых ходов произвольной формы также можно выполнить по формуле для вытянутого хода. В этом случае получается несколько преувеличенное значение M , что создает некоторый запас точности по отношению к реальной.

Задание 1. Оценка точности одиночных ходов полигонометрии

Вычислить ожидаемую среднюю квадратическую ошибку в положении точки для хода произвольной формы (рис. 1), приняв среднюю квадратическую ошибку измерения линий $m_S = 15$ мм, а углов $m_\beta = 5''$. Длина хода 1600 м. Координаты точек хода приведены в табл. 1.

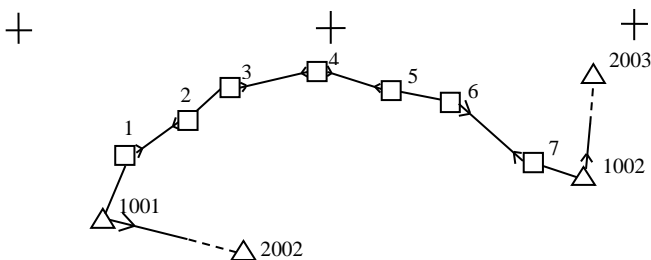


Рис. 1. Схема хода

Таблица 1. Координаты точек

Имя точки	Координаты	
	X	Y
1001	400,000	100,000
1002	400,000	1900,000
1	559,000	187,000
2	690,000	428,000
3	806,000	586,000
4	900,000	930,000
5	790,000	1205,000
6	750,000	1420,000
7	500,000	1668,000
2002	231,454	590,000
2003	816,454	1954,375

Задание 2. Оценка точности проекта полигонометрической сети

Одним из наиболее простых методов оценки точности полигонометрических сетей является способ последовательных приближений, который позволяет найти ожидаемую среднюю квадратическую ошибку положения каждой узловой точки по отношению к группе соседних узловых точек, а не по отношению к исходным пунктам.

На рис. 2 представлен проект сети полигонометрии, состоящий из четырех частей, проложенных между пунктами триангуляции. Необходимо выполнить оценку точности проекта полигонометрической сети на примере одной части. Исходные данные по каждой сети приведены в табл. 2.

Для индивидуального выполнения лабораторной работы каждым студентом в ходе z_3 изменяется количество линий хода на величину k , а длина хода будет равна:

$$n = 0,2 (2 + k),$$

где k – номер варианта, выданный преподавателем.

Таблица 2. Исходные данные

Наименование хода	Сеть 1		Сеть 2		Сеть 3		Сеть 4	
	n	$[S]$, км	n	$[S]$, км	n	$[S]$, км	n	$[S]$, км
z_1	7	1,4	8	1,6	9	1,9	10	2,1
z_2	8	1,6	9	2,1	10	2,2	11	2,5
z_3	$2+k$	$0,2 \cdot n$	$2+k$	$0,2 \cdot n$	$2+k$	$0,2 \cdot n$	$2+k$	$0,2 \cdot n$
z_4	10	2,0	11	2,3	15	3,4	13	3,0
z_5	8	1,9	9	2,0	5	1,3	14	3,3

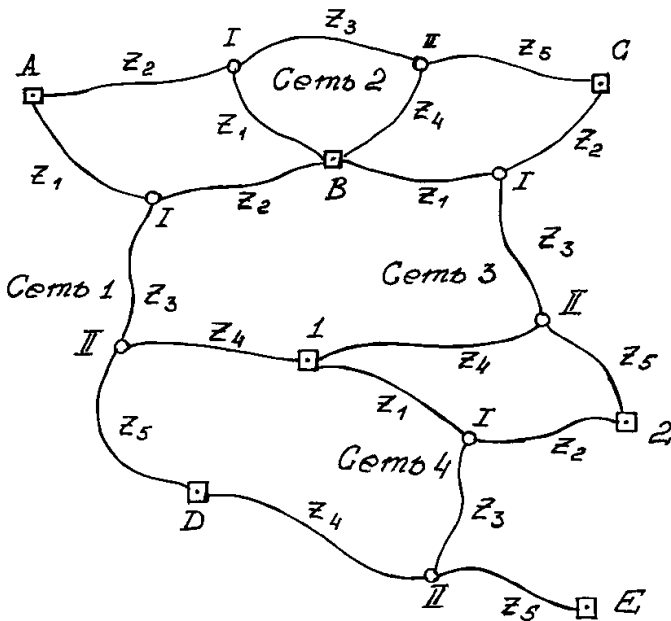


Рис. 2. Схема сети полигонометрии

Оценку сети полигонометрии из пяти ходов с двумя узловыми точками выполняют в следующей последовательности:

1. По каждому ходу подсчитывают ожидаемую среднюю квадратическую ошибку положения узловой точки M_1, M_2, \dots, M_5 по формуле (2), приняв среднюю квадратическую ошибку измерения линий $m_s = 15$ мм, а углов $m_\beta = 5''$. Вычисления удобно производить в табл. 3.

Таблица 3. Вычисление ожидаемой ошибки конечной точки ходов

№ хода	$m_s^2 \cdot n$	$\frac{m_\beta^2}{\rho^2} S^2 \frac{n+3}{12}$	M_i^2	M_i	$\frac{M}{[S]}$	P_i
z_i	2025	2121	4146	64	1:30000	24
...

2. Веса определения положения узловой точки I по ходам принимаются равными:

$$P_1 = \frac{C}{M_{Z_1}^2}; P_2 = \frac{C}{M_{Z_2}^2}; P_3 = \frac{C}{M_{Z_3}^2}, \quad (3)$$

рекомендуется принять $C = 100000$.

Веса узловых точек получают по формулам:

$$P_I = P'_1 + P'_2 + P'_3; P_{II} = P'_3 + P'_4 + P'_5. \quad (4)$$

3. Средние квадратические ошибки определения узловых точек I и II в первом приближении вычисляют по формулам:

$$\left(M_I^2\right)_{1\text{пр}} = \frac{C}{P_I}; \left(M_{II}^2\right)_{1\text{пр}} = \frac{C}{P_{II}}. \quad (5)$$

4. Во втором приближении учитывают ошибки исходных данных, т. е. ошибки положения узлов I и II, вычисленные по формулам (5) в

первом приближении. Следовательно, во втором и последующих приближениях изменится только вес хода z_3 .

Для первого узла имеем

$$\left(M_I^2\right)_{2\text{пр}} = \frac{C}{P_I''},$$

где $P_I'' = P_1' + P_2' + P_3''$,

и новый вес хода z_3 будет равен:

$$P_3'' = \frac{C}{M_3^2 + \left(M_{II}^2\right)_{1\text{пр}}}. \quad (6)$$

Для второго узла имеем

$$\left(M_{II}^2\right)_{2\text{пр}} = \frac{C}{P_{II}''},$$

где $P_{II}'' = P_4' + P_5' + P_3''$,

новый вес хода z_3 будет равен:

$$P_3'' = \frac{C}{M_3^2 + \left(M_I^2\right)_{1\text{пр}}}. \quad (7)$$

Вычисления можно выполнять в табл. 4.

Таблица 4. Вычисление ожидаемых ошибок узловых точек

№ хода	Второе приближение			
	M_i^2	$M_{\text{исх}}^2$	$M_{\text{общ}}^2$	P_i
z_1	4146	–	4146	24
z_2	5331	–	5331	19
z_3	1119	658	1777	56
[P] = 99				
z_3	1119	758	1877	53
z_4	13564	–	13564	7
z_5	1787	–	1787	56
[P] = 116				

5. В третьем приближении в качестве ошибок исходных данных узловых точек I и II принимают их ошибки, полученные во втором приближении.

Вычисления продолжают до тех пор, пока в двух последних приближениях ошибки не станут равными:

$$M_I^{i+1} = M_I^i$$

и

$$M_{II}^{i+1} = M_{II}^i.$$

6. Далее подсчитывают общие средние квадратические и предельные относительные ошибки каждого хода с учетом ошибок исходных данных:

$$M_{\text{хода}}^2 = M^2 + \frac{M_{\text{нач}}^2 + M_{\text{кон}}^2}{2}; \quad (8)$$

$$\frac{2M_{\text{хода}}}{[S]} \leq \frac{1}{T}, \quad (9)$$

где M – средняя квадратическая ошибка хода, обусловленная точностью измерения углов и линий в ходе;

$M_{\text{нач}}$ и $M_{\text{кон}}$ – средние квадратические ошибки начального и конечного пунктов хода;

$1/T$ – допустимое значение, установленное инструкцией для сетей полигонометрии (табл.5).

Таблица 5. **Инженерная полигонометрия**

Основные показатели	4-й класс	1-й разряд	2-й разряд
1	2	3	4
Предельная длина хода, км:			
отдельного	15 (10)	5	3
между исходной и узловой точками	10 (7)	3	2
между узловыми точками	7 (5)	2	1,5
Предельный периметр полигона, км	30	15	9
Длина стороны хода, км:			
наибольшая	2,00	0,80	0,35
наименьшая	0,25	0,12	0,08
средняя расчетная	0,50	0,30	0,20

Окончание табл. 5

1	2	3	4
Число сторон в ходе, не более	15	15	15
Относительная ошибка хода, не более	1:25000	1:10000	1:5000
Средняя квадратическая ошибка измерения угла (по невязкам в ходах и полигонах), угл. с., не более	3	5	10
Угловая невязка хода или полигона (n – число углов в ходе), угл. с., не более	$5\sqrt{n}$	$10\sqrt{n}$	$20\sqrt{n}$

Примечание: В скобках указаны соответствующие показатели государственной полигонометрии 4-го класса.

Сдаваемые материалы: краткий отчет, включающий условие задания, рабочие формулы и расчеты по ним.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. С использованием каких формул можно выполнить приближенную оценку одиночных ходов?
2. Запишите формулы для вычисления координат центра тяжести точек хода.
3. Что позволяет найти способ последовательных приближений метода оценки точности полигонометрических сетей?

ЛИТЕРАТУРА

1. Левчук, Г. П. Прикладная геодезия. Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ / Г. П. Левчук, В. Е. Новак, В. Г. Конусов. – М.: Недра, 1981. – 438 с.
2. Климов, О. Д. Практикум по прикладной геодезии. Изыскания, проектирование и возведение инженерных сооружений: учеб. пособие для вузов / О. Д. Климов, В. В. Калугин, В. К. Писаренко – М.: ИД «Альянс», 2008. – 271 с.
3. Бронштейн, Г. С. Инженерно-геодезические разбивочные сети: справочник / Г. С. Бронштейн, П. С. Эфенден – М.: Недра, 1993. – 332 с.