

где P_0, q_0 — градиенты показателя преломления в точке наблюдения ($x=0, y=0$).

Как видно из полученной формулы (25), поправка за вертикальную рефракцию зависит от длины визирного луча l , вертикального p и горизонтального q градиентов показателя преломления, вычисленных только в точке наблюдения.

Список литературы: 1. Землянова Я. В., Мышкин А. Д. Элементы прикладной математки. — М.: Наука, 1967. 2. Смирнов В. И. Курс высшей математики. — М.: Наука, 1974, т. 4.

Статья поступила в редакцию 27. 03. 84

УДК 528.35

С. Н. ХОДОРОВ

О ВЫБОРЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРИ МНОГОРАЗЯДНОМ ПОСТРОЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОСНОВАНИЯ МЕТОДОМ ТРИАНГУЛЯЦИИ

На крупных строительных объектах, при застройке больших жилых массивов и строительстве некоторых уникальных сооружений геодезическое обоснование может создаваться многоуровневыми построениями. Качество априорной оценки точности таких построений в значительной степени определяется правильным выбором коэффициента понижения, или обеспечения точности [1]. В научно-технической геодезической литературе приводятся различные значения этого коэффициента — от 1,2 до 8,0. Вероятностное обоснование этого коэффициента выполнено в [2, 3], однако в практике проектирования инженерно-геодезических сетей интервал принимаемых для него значений довольно велик. Поэтому в настоящей работе ставится цель экспериментального определения оптимального значения коэффициента обеспечения точности k .

Для исследования составлена модель четырехразрядной сети, показанная на рисунке. Рассматриваемые многоуровневые построения представлены триангуляцией, в которой все треугольники за проектированы равносторонними, длины их сторон соответственно по очередям построения составляют 4,7, 2,7, 1,6 и 0,9 км. Средние квадратические ошибки измерения угла соответствующих этапов построения согласно государственными инструкциям приняты равными 2", 5", 10" применительно к триангуляции 4 класса, I и II разрядов и 15" для съемочного обоснования. Исходными считаются пункты 1 и 2 с учетом безошибочности их положения.

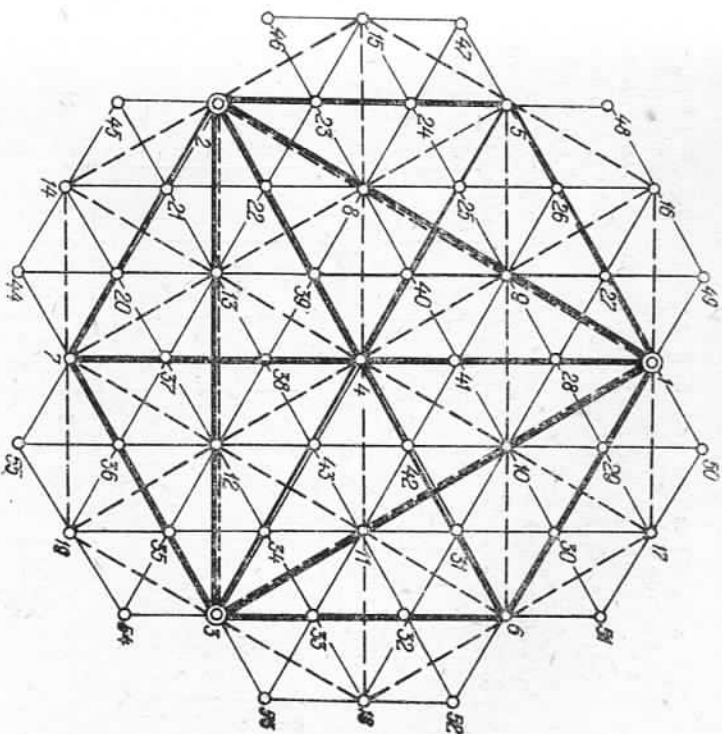
Оценка точности принятой модели четырехразрядной сети проведена с учетом строгого уравнивания на ЭВМ ЕС-1022 по следующей схеме:

оценка точности I разряда;
совместная оценка точности сетей I и II разрядов;

совместная оценка точности сетей I, II и III разрядов;
совместная оценка точности сетей I, II, III и IV разрядов.

При этом для каждого последующего разряда учитывали исходные данные пунктов предыдущих разрядов. Оценочные результаты находили с помощью больших и малых полуосей эллипса ошибок и средних квадратических ошибок линий и их направлений.

Если m_0 — ошибки исходных пунктов 1 и 2, а μ — средняя квадратическая ошибка единицы веса, отождествляемая со сред-



ней квадратической ошибкой измерения угла соответствующего разряда, то корреляционная матрица примет вид

$$Q_0 = \frac{m_0^2}{\mu^2} \quad (1)$$

С учетом (1) нормальная матрица

$$N_1 = N_0 + A_1^T A_1 \quad (2) \quad \text{где} \quad N_0 = Q_0^{-1} \quad (3)$$

Для I разряда сети

$$Q_1 = N_1^{-1}; \quad (4) \quad K_1 = \mu_1 \sqrt{Q_1}; \quad (5) \quad V = \mu_1 G^T Q_1 G \quad (6)$$

где K — ковариационная матрица; V, G — матрицы взаимного положения пунктов и весовых функций. При формировании новой корреляционной матрицы Q_1' получаем

$$Q_1' = K_1' / \mu_2^2; \quad (7) \quad (N_1)_{\mu_2} = Q_1^{-1}. \quad (8)$$

Тогда для II разряда сети

$$N_2 = N_1 + A_2^T A_2; \quad (9) \quad Q_2 = N_2^{-1}; \quad (10) \quad K_2 = \mu_2 V \sqrt{Q_2}. \quad (11)$$

По аналогии найдем матричные формулы для сетей последующих разрядов.

Процесс распределения ошибок для полусети эллипса одноименных пунктов и ошибок положения и направления одноименных линий в различных разрядах слушения фрагментно представлен в табл. 1, анализ данных которой показывает, что многократно

Таблица 1

Распределение ошибок для одноименных элементов многоуровневой сети

Разряд сети	Номера пунктов и направлений	I	II	III	IV	II-I	III-II	IV-III
I	3	5,30	4,76	1,85	1,78	0,90	0,39	0,96
II	5	4,46	1,66	1,57	1,57	0,38	0,38	0,95
II	6	5,26	2,02	1,92	1,92	0,38	0,38	0,95
II	7	5,50	2,10	2,00	2,00	0,38	0,38	0,95
III	14	5,18	3,18	3,86	3,86	0,74	0,74	0,72
III	16	5,08	3,68	3,68	3,68	0,72	0,72	0,72
III	18	5,23	3,80	3,80	3,80	0,73	0,73	0,73

1. Полусеть эллипсов ошибок
1.1. Большая полуось A , см

	1.2. Малая полуось B , см			
	3	5	7	14
I	3,30	2,81	1,10	1,08
II	3,80	1,45	1,38	1,38
II	4,40	1,69	1,61	1,61
II	4,43	1,69	1,59	1,59
III	4,55	3,45	3,45	3,45
III	4,79	3,46	3,46	3,46
III	4,98	3,69	3,69	3,69

2. Средние квадратические ошибки измеренных направлений, с

I	1-3	1,63	1,39	0,54	0,53	0,85	0,39	0,98
I	2-3	1,99	1,60	0,62	0,60	0,80	0,39	0,97
II	1-6	3,37	1,29	1,23	1,23	0,38	0,38	0,95
II	4-6	3,16	1,22	1,17	1,17	0,39	0,39	0,96
III	9-10	5,12	5,12	3,86	3,86	0,75	0,75	0,75
III	11-18	6,07	6,07	4,58	4,58	0,75	0,75	0,75

3. Средние квадратические относительные ошибки сторон (10⁻⁵)

I	2-3	0,94	1,14	2,91	3,02	0,82	0,39	0,96
II	4-6	0,48	0,48	1,26	1,33	0,38	0,38	0,95
III	11-18	0,27	0,27	0,37	0,37	0,38	0,38	0,71

ное слушение сети повышает точность ее элементов, являющихся объектами для каждого из рассматриваемых разрядов. Это можно объяснить существованием увеличением числа избыточных измерений и появлением дополнительных связей в рассматриваемых сетях слушения. В графах 7, 8 и 9 табл. 1 вычислены соотношения рассматриваемых ошибок последующего $i+1$ разряда сети к i -предыдущему разряду. Функциональные связи этих соотношений свидетельствуют:

1. При поэтапной оценке точности одноименных элементов междуразрядные соотношения различных точностных параметров носят стабильный характер.

2. Если производится строгая оценка точности при уравнивании сначала I разряда сети, а затем I и II, I, II и III и I, II, III и IV разрядов сети, то во II разряде точность рассматриваемых элементов I разряда повышается на 10...20% относительно I разряда, в III — на 60% и в IV — на 2...4% относительно соответствующего второй и третьей очереди построения.

3. Если оцениваются элементы II разряда обоснования, то по схеме оценки точности, указанной в п. 2, точность их при переходе к III, а затем при переходе от III разряда к IV возрастает соответственно на 60% и 3...5%. При рассмотрении точностных характеристик элементов III разряда улучшается примерно на 24...29% по сравнению с уравниванием сети III разряда.

Вторая часть исследования заключалась в определении коэффициента обеспечения точности k для всех параметров четырехразрядной сети по результатам строгой оценки точности. Численные значения этого коэффициента находили как отношения точностных характеристик соответствующих элементов высших разрядов к низшим. Для этой цели была составлена так называемая матрица соотношений различных междуразрядных связей для оцениваемых параметров различных стадий построения сети. Указанная матрица, которая имеет вид

I-I	I-II	I-III	I-IV
II-I	II-II	II-III	II-IV
III-I	III-II	III-III	III-IV
IV-I	IV-II	IV-III	IV-IV

Состоит из отдельных блоков, массивы которых формировались средними квадратическими ошибками направлений и длин линий. Римские цифры, которые именуют блоки, обозначают номер разряда сети. Блоки, расположенные по диагонали матрицы, составляют направления и линии, обозначаемые пунктами одноименных разрядов; блоки, находящиеся выше диагонали, характеризуются массивами направлений, которые измерились в триангуляции; блоки, лежащие ниже диагонали, формируют направления, которые в измерениях не участвовали, но оценивались по точности. Для более ясного представления образования блоков массивами приведем их выборочную расшифровку в табл. 2.

Фрагменты массива оцененных величин

Таблица 2

Название блока	Название массива	Название блока	Название массива	Название блока	Название массива	Название блока	Название массива
I-I	1-3 2-3	II-I	1-7 2-6 3-5	III-I	3-10 2-16 1-18	IV-I	2-30 3-20 3-50
I-II	1-4 1-5 1-6	II-II	4-5 4-6 4-7	III-II	5-10 6-19 7-11	IV-II	5-42 6-44 7-53
I-III	1-16 2-15 3-18	II-III	5-15 6-11 7-19	III-III	8-15 10-17 12-19	IV-III	18-30 16-40 11-55
I-IV	1-28 2-22 3-53	II-IV	4-40 5-24 6-30	III-IV	10-30 14-45 19-55	IV-IV	20-44 29-30 40-41

Значения коэффициента обеспечения точности k определяем отнесенным точностных характеристик элементов рассматриваемого блока матрицы к соответствующим ошибкам элементов предыдущего (слева лежащего) блока. Таким же образом значения k выводимся в диагональных блоках по соотношениям ошибок блока II-II к блоку I-I, блока III-III к блоку II-II, блока IV-IV к блоку III-III. Количество экспериментальных определений коэффициента k по блокам сведено в табл. 3, общее число этих определений составило 7136. Распределение этого количества соотношений ошибок согласно вычисленным значениям коэффициента обеспечения точности представлено в табл. 4.

Таблица 3

Количественный перечень определений значений коэффициента обеспечения точности

Отношения блок	Кол-во	Отношения блок	Кол-во	Отношения блок	Кол-во
I-II	36	II-IV	570	IV-III	648
I-I	180	III-III	624	IV-II	1230
I-III	300	II-I	520	IV-III	12
I-IV	300	III-III	520	II-II	12
I-III	18	II-IV	1320	I-I	66
II-I	84	III-III	648	II-II	880
II-III	84	IV-IV	880	IV-IV	880
II-II		IV-I		III-III	

Анализ данных выводов: 1. При превышении ответственных многообразных инженерных значений обеспечения точности представлено в табл. 4.

Таблица 4

A	Распределение количества определений N коэффициента обеспечения точности k								
	N	k	N	k	N	k	N	k	
1,0	254	1,6	717	2,2	194	2,8	140	3,4	37
1,1	458	1,7	352	2,3	209	2,9	104	3,5	23
1,2	523	1,8	437	2,4	312	3,0	36	3,6	19
1,3	712	1,9	244	2,5	129	3,1	54	3,7	8
1,4	587	2,0	270	2,6	127	3,2	47	3,8	4
1,5	723	2,1	258	2,7	114	3,3	15	3,9	11
								4,0	17

нерно-геодезических сетей значения коэффициента обеспечения точности не должны быть больше 3.

2. В практике проектирования многообразных построений можно выбирать значения k 1,1... 1,8, руководствуясь при этом экономическими соображениями.

3. При переходе от одного разряда обоснования к другому коэффициент обеспечения точности не является постоянной величиной.

В заключение отметим, что выполненные исследования не являются исчерпывающими, их следует продолжить применительно к инженерно-геодезическим сетям, различным по конструкции, соотношению точности и методам создания.

Список литературы: 1. Девчук Г. П., Новая В. Е., Конусова В. Г. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ. — М.: Недра, 1981. 2. Павлова Г. К. Об установлении критерия влияния ошибок исходных данных при создании планового геодезического обоснования в горах. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотогосъемка, 1973, № 6. 3. Павлова Г. К. К вопросу об определении критерия влияния ошибок исходных данных в геодезических сетях. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотогосъемка, 1978, № 2.

Статья поступила в редакцию 25. 04. 84

УДК 528.235

Г. А. ШЕХОВЦОВ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИБОРОВ ТИПА «ПОДРОГРАФ»

Одним из критериев точности конкретного пункта геодезической сети является подера эллипса ошибок, наиболее полно характеризующая точность положения точки на плоскости. Однако сложность построения подер сдерживает их широкое применение на практике.

На кафедре инженерной геодезии Горьковского инженерно-строительного института им. В. П. Чакалова разработан серия приборов, позволяющих механизировать процесс геометрических построений подеры. Они объединены под общим названием «Подерографы». Рассмотрим теоретические основы, включающие краткий кинематический анализ и методику использования двух таких приборов [2, 4], предназначенных для оценки точности маршейдерско-геодезических построений.

Отличительная особенность рассматриваемых приборов — наличие двух шарнирных параллелограммов *ABCD* и *LMNK*, шатуны которых *BC* и *MN* взаимно перпендикулярны (рис. 1, 2). Криволинейные параллелограммы *AB*, *DC* и *LM*, *KN* закреплены шарнирно в точках *A*, *D* и *L*, *K* на неподвижном основании. В центре основания в точке *O* установлена ось вращения ведущего звена прибора, снабженного фиксаторами *1* и *2*, которые помещены в прорези шатунов *BC* и *MN*. При вращении ведущего звена при-