

О ВЫБОРЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПРИ МНОГОРАЗЯДНОМ ПОСТРОЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ 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 запроектированы 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 государственным 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.

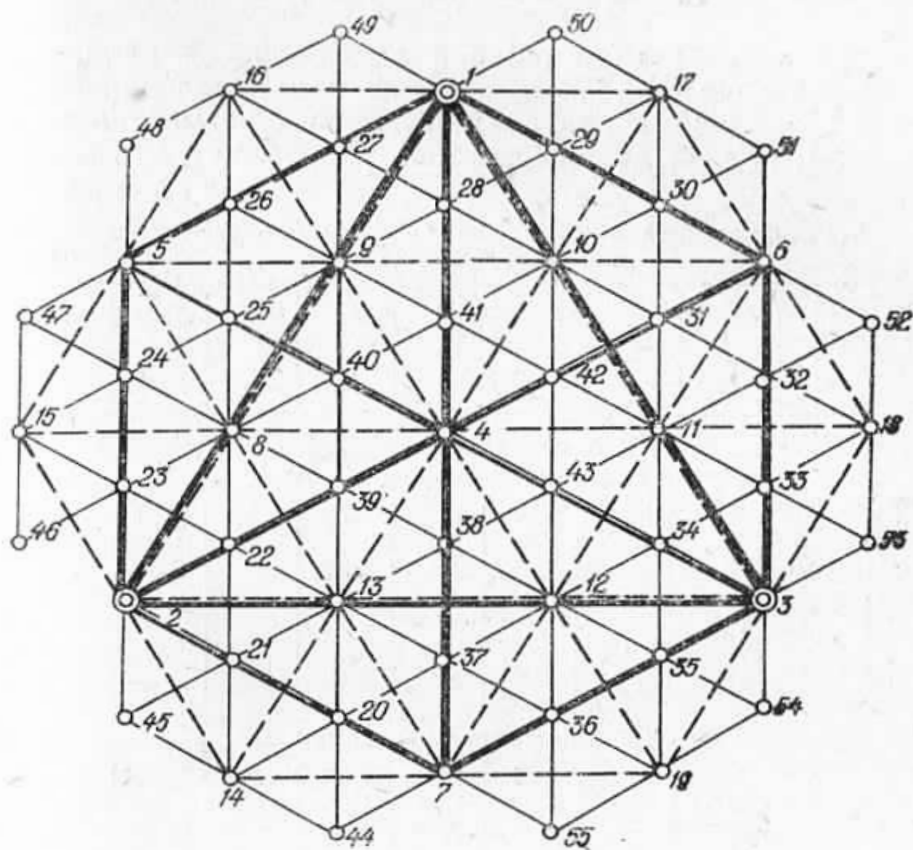
Оценка точности принятой модели четырехразрядной сети произведена с учетом строгого уравнивания на ЭВМ ЕС-1022 по следующей схеме:

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 ошибки исходных данных пунктов предыдущих разрядов. Оценочные величины 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-



Модель четырехрядной сети:

==== сеть I разряда; — сеть II разряда;
 сеть III разряда; — сеть IV разряда.

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

$$Q_0 = \frac{m_0^2}{\mu_1^2} \quad (1)$$

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

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

Тогда для II разряда сети

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

По аналогии находим матричные формулы для сетей последующих разрядов.

Процесс распределения ошибок для полуосей эллипса одноименных пунктов и ошибок положения и направления одноименных линий в различных разрядах сгущения фрагментно представлен в табл. 1, анализ данных которой показывает, что многократ-

Таблица 1

Распределение ошибок для одноименных элементов многоуровневой сети

Разряд сети	Номера пунктов и направлений	I	II	III	IV	Разряды		
						I	II	III

1. Полуоси эллипсов ошибок

1.1. Большая полуось A , см

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

1.2. Малая полуось B , см

I	3	3,30	2,81	1,10	1,08	0,85	0,39	0,98
II	5		3,80	1,45	1,38		0,38	0,95
II	6		4,40	1,69	1,61		0,38	0,95
II	7		4,43	1,69	1,59		0,38	0,94
III	14			4,55	3,45			0,76
III	16			4,79	3,46			0,72
III	18			4,98	3,69			0,74

2. Средние квадратические ошибки измеренных направлений, с

I	1-3	1,63	1,39	0,54	0,53	0,85	0,39	0,98
II	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		0,38	0,95
II	4-6		3,16	1,22	1,17		0,39	0,96
III	9-10			5,12	3,86			0,75
III	11-18			6,07	4,58			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	1,26	1,33		0,38	0,95
III	11-18			0,27	0,37			0,71

ное сгущение сети повышает точность ее элементов, являющихся общими для каждого из рассматриваемых разрядов. Это можно объяснить существенным увеличением числа избыточных измерений и появлением дополнительных связей в рассматриваемых сетях сгущения. 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 соответственно второй и третьей очередей 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 точность их при совместном уравнивании всех четырех разрядов 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 измерялись 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 оцениваемых величин

Названия блока	Названия массива	Названия блока	Названия массива	Названия блока	Названия массива	Названия блока	Названия 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 отношением точностных характеристик элементов рассматриваемого блока матрицы к соответствующим ошибкам элементов предыдущего (слева лежащего) блока. Таким же образом значения k выводились 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
определения значений коэффициента
обеспечения точности

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

Анализ данных табл. 4 приводит к следующим выводам:

1. При предвычислении ответственных многоуровневых инже-

Таблица 4
Распределение количества
определений N коэффициента
обеспечения точности k

k	N	k	N	k	N	k	N	k	N
1,0	254	1,6	717	2,2	194	2,8	140	3,4	37
1,1	458	1,7	353	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

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

2. В практике проектирования многоуровневых 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. Левчук Г. П., Новак В. Е., Конусов 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 городах. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1973, № 6. 3. Павлова Г. К. К вопросу об определении критерия влияния ошибок исходных данных в геодезических сетях. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1978, № 2.