

УДК 528.063

### СВОЙСТВА НОВОГО АЛГОРИТМА УРАВНИВАНИЯ И ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ НУЛЬ-СВОБОДНЫХ НИВЕЛИРНЫХ СЕТЕЙ

*д-р техн. наук, доц. В.И. МИЦКЕВИЧ*  
(Полоцкий государственный университет),  
*канд. техн. наук П.М. ЛЕВДАНСКИЙ*  
(ОДО Аэрокарт, Минск)

Дано обоснование теоремы по уравниванию геодезических нивелирных построений без исходных пунктов, являющейся основной при разработке алгоритма уравнивания нуль-свободных сетей.

В работах [2, 3] изложена методика получения начальных отметок нуль-свободной нивелирной сети, базирующаяся на следующей теореме: Допустим в нивелирной сети имеется  $K$  исходных пунктов. Начальные отметки всех пунктов будут равны среднему арифметическому из  $K$  вариантов, полученных путем уравнивания свободных нивелирных сетей, опирающихся на один из  $K$  исходных пунктов. Эти начальные отметки будут соответствовать уравненным отметкам для нуль-свободной нивелирной сети, минуя регуляризацию.

Как видим, новый метод численный и алгоритм оценки точности высот пунктов, опубликованный в [1], также будет численным и основанным на формулах

$$Q = fP^{-1}f^T, \tag{1}$$

$$f_i = \frac{H_{\delta_i} - H}{\delta_i}, \tag{2}$$

где  $i$  – номер измерения;  $f_i$  – столбец матрицы  $f$ , имеющей размеры  $t \times N$  ( $t$  – количество всех пунктов нивелирной сети;  $N$  – число измеренных превышений);  $H$  – уравненные отметки пунктов согласно указанной выше теореме;  $H_{\delta_i}$  – отметки, полученные тем же путем что и  $H$ , после искажения  $i$ -того измерения на малую величину  $\delta_i$ , которую можно вычислить по формулам

$$\delta_i = 10^m; \quad m = \lg \sqrt{|H| + 10^{\frac{n}{3}}} - \frac{n}{3}, \tag{3}$$

$n$  – разрядность чисел при представлении их в ЭВМ (мы брали  $n = 16$ ).

Авторы исследования [2] утверждают, что природа чисел при оценке точности по формулам (1) и (2) в случае нуль-свободных нивелирных сетей пока не установлена.

Цель настоящей работы – устранить этот пробел.

При обработке нивелирной сети [3, с. 254], опирающейся на один исходный пункт 96 (рисунок) по программе NIVA-2, получаем разные результаты оценки точности, приведенные в табл. 1.

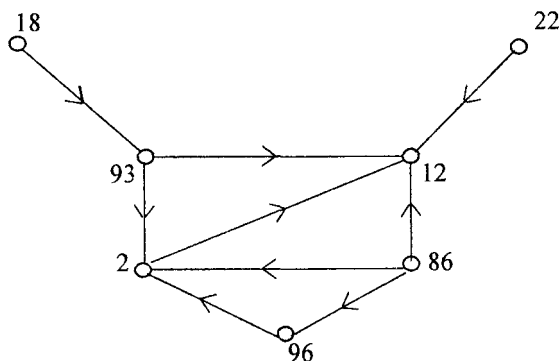


Схема сети

Таблица 1

Результаты уравнивания и оценки точности нивелирной сети

№ репера	H	m <sub>н</sub> , мм	H	m <sub>н</sub> , мм	Новое m <sub>н</sub> , мм
1	2	3	4	5	6
93	189,6223	8,0	-0,7493	5,2	9,7
2	190,9909	6,0	0,6193	4,4	7,3
12	197,9412	7,5	7,5697	4,7	9,2
86	186,2979	6,2	-4,0736	6,0	7,6
18	183,4973	10,8	-6,8743	9,2	13,2
22	192,3612	10,7	1,9897	9,2	13,1
96	191,8900	0,0	1,5184	6,8	0,0

В таблице 1 столбцы 2...3 - обычное уравнивание свободной сети, содержащей один исходный пункт; столбцы 4...5 - уравнивание нуль-свободной нивелирной сети относительно средней плоскости; столбцы 2, 6 - уравнивание нуль-свободной нивелирной сети относительно исходных пунктов в соответствии с указанной выше теоремой.

Сравнивая оценку точности новым методом (столбец 6, табл. 1) с данными столбцов 3 и 5 можно заключить о заниженных результатах точности в исследуемом методе. Эти выводы усиливаются и тем, что методом В.Н. Ганьшина и методом А.Н. Тихонова получают одинаковую оценку точности, нуль-свободной нивелирной сети, с результатом в столбце 5 табл. 1. Возникает вопрос, какую информацию несет новая оценка точности нивелирных сетей относительно исходных реперов.

Чтобы дать ответ на этот вопрос, выполним и поместим в табл. 2 оценку точности той же нуль-свободной нивелирной сети, последовательно увеличивая количество исходных пунктов и задавая им отметки из столбца 2 табл. 1.

Таблица 2

Результаты оценки точности нуль-свободной нивелирной сети относительно исходных пунктов с разным количеством реперов

№ п/п	№ реперов	m <sub>н</sub> , мм	№ реперов	m <sub>н</sub> , мм	№ реперов	m <sub>н</sub> , мм	№ реперов	m <sub>н</sub> , мм	№ реперов	m <sub>н</sub> , мм	№ реперов	m <sub>н</sub> , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	-	8,7	-	6,5	-	6,5	-	6,3	-	6,0	93	5,2
2	-	7,0	-	6,4	-	5,6	-	5,3	2	4,4	2	4,4
3	-	6,6	-	6,3	-	5,9	12	4,7	12	4,7	12	4,7
4	-	7,9	-	7,8	86	5,9	86	5,9	86	5,8	86	6,0
5	-	12,5	18	8,3	18	9,0	18	9,3	18	9,5	18	9,2
6	22	6,6	22	8,3	22	8,8	22	8,6	22	8,9	22	9,2
7	96	6,6	96	7,2	96	6,5	96	6,7	96	6,5	96	6,8

По данным табл. 2 можно сделать следующие выводы:

1. Результаты оценки точности по формулам (1) и (2) приводят к завышенным, но верным данным при увеличении количества исходных пунктов.

2. Числа столбца 5 таблицы 1 и столбца 7 в табл. 2 совпадают, что говорит о правильности полученных по формулам (1) и (2) результатов оценки точности нуль-свободной сети относительно исходных пунктов.

В заключение отметим, если на объекте имеются исходные пункты, то для уравнивания и оценки точности нуль-свободных нивелирных сетей лучше применять новый метод как более адекватный рассматриваемой ситуации и если при развитии нивелирной сети нет исходных пунктов, то уравнивание и оценку точности рекомендуется выполнять относительно средней плоскости (см. столбцы 4 и 5 в табл. 1).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков В.Д., Гайдаев П.А. Теория математической обработки геодезических измерений. - М.: Недра, 1977. - 367 с.
2. Левданский П.М., Сырова Н.С., Присяжнюк А.П. Уравнивание и оценка точности нуль-свободных сетей нивелирования и GPS-построений, минуя регуляризацию // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. - 2001. - № 3(5). - С. 22 - 23.
3. Мицкевич В.И., Левданский П.М., Стержанов В.Г. О вычислении начальных координат пунктов для последующего уравнивания нуль-свободных геодезических сетей // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. - 2001. - № 2 (4). - С. 35 - 36.