



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 47168

(13) A

(51) G 01C5/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ
ВЛАСНИКА
ПАТЕНТУ

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТНОГО ПОЛОЖЕННЯ ТОЧОК ГЕОДЕЗИЧНОЇ КІНЕМАТИЧНОЇ МЕРЕЖІ

1

2

(21) 2001085747

(22) 14 08 2001

(24) 17 06 2002

(46) 17 06 2002, Бюл. № 6, 2002 р

(72) Третяк Корнилій Романович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА
ПОЛІТЕХНІКА"(57) Спосіб визначення висотного положення точок
геодезичної кінематичної мережі, який заключа-
ється у проведенні циклів спостережень висотного
положення точок геодезичної кінематичної мережі,
кожний з яких включає встановлення приладів для

нівелювання на точках мережі і у технологічно
необхідних місцях та вимірювання перевищень
між точками з наступним урівноваженням висот
точок, який відрізняється тим, що при урівнова-
женні висот точок мережі додатково визначають
коефіцієнти кінематики, середньовагове зміщення
кожної пари точок та середнє й кінематичне змі-
щення всіх точок мережі стосовно визначених за
результатами урівноваження висот, після чого
визначають остаточні висоти точок мережі і вино-
сять їх у натуру

Винахід відноситься до геодезичних вимірів, а,
конкретно, до способів визначення висотного по-
ложення точок, зокрема, визначення висотного
положення точок кінематичної геодезичної мережі,
особливістю якої є безперервна зміна в часі висот-
ного положення її точок

Відомий спосіб визначення висотного поло-
ження точок геодезичної кінематичної мережі за-
ключається у проведенні циклів спостережень ви-
сотного положення точок геодезичної кінематичної
мережі, кожний з яких включає встановлення при-
ладів для нівелювання на точках мережі й у тех-
нологічно необхідних місцях та вимірювання пере-
вищень між точками з наступним урівноваженням
висот точок (В.Д. Большаков, Ю.И. Маркузе, В.В.
Голубев "Уравнивание геодезических построений",
МОСКВА "НЕДРА" 1998 г., стр. 294 - 301)

Але існуючий спосіб не дає можливості визна-
чити істинні висотні положення точок на епоху від-
повідного циклу спостережень з урахуванням змі-
щення всіх пунктів мережі оскільки урівноваження
висот точок за результатами окремого циклу спо-
стережень передбачає жорстку фіксацію системи
висот точок відносно однієї з них. В існуючому
способі за нерухому приймають одну з точок ме-
режі відносно хоча б одного попереднього циклу
спостережень. Таке припущення не може бути
прийняте для висотних кінематичних мереж, в
яких зміна висот точок у часі відбувається безпе-
рервно. Точка, якій відповідає найвища стійкість у
мережі, так само має свою кінематику, тобто зміну

висоти. Нехтування цим приводить до спотворен-
ня кінцевих результатів і не дозволяє винести в
натуру дійсні висоти точок мережі. Це знижує точ-
ність проведення подальших робіт, де використо-
вуються значення висот точок, як вихідні дані.

В основу винаходу поставлене завдання вдос-
коналити спосіб визначення висотного положення
точок геодезичної кінематичної мережі, в якому
застосування коефіцієнтів кінематики, які врахо-
вують нерівномірну зміну положення всіх точок
мережі, та визначення середнього і кінематичного
зміщення їх, дає можливість визначити остаточні
висоти точок мережі і винести їх у натуру, що під-
вищує достовірність вимірів і точність подальших
робіт.

Поставлене завдання вирішують тим, що у
способі визначення висотного положення точок
геодезичної кінематичної мережі, який заключа-
ється у проведенні циклів спостережень висотного
положення точок геодезичної кінематичної мережі,
кожний з яких включає встановлення приладів для
нівелювання на точках мережі і у технологічно
необхідних місцях та вимірювання перевищень
між точками з наступним урівноваженням висот
точок, згідно з винаходом, при урівноваженні висот
точок мережі додатково визначають коефіцієнти
кінематики, середньовагове зміщення кожної пари
точок та середнє й кінематичне зміщення всіх то-
чок мережі стосовно визначених за результатами
урівноваження висот, після чого визначають оста-
точні висоти точок мережі і виносять їх у натуру

(13) A

(11) 47168

(19) UA

Визначення коефіцієнтів кінематики, що враховують нерівномірну зміну положення всіх точок мережі дає можливість виконати урівноваження висотного положення точок цієї мережі з урахуванням зміщення всіх точок мережі і визначити дійсні величини висот точок кінематичної мережі у будь-якому циклі спостережень. Це дає можливість виносити у натуру дійсні висоти точок мережі на даний момент часу. Внаслідок цього підвищується якість та точність виконуваних у майбутньому вишукувальних та будівельних робіт.

Спосіб визначення висотного положення точок геодезичної кінематичної мережі здійснюють таким чином. Проводять цикли спостережень висотного положення точок геодезичної кінематичної мережі із заданим інтервалом у часі. Для цього виконують нівелювання точок. Кожен цикл спостережень включає встановлення приладів для нівелювання на точках мережі. Якщо, наприклад, виконують геометричне нівелювання, у точках мережі встановлюють рейки. Якщо, наприклад, виконують підронівелювання, у точках мережі встановлюють датчики. У технологічно необхідних місцях установлюють прилади, які дають можливість виміряти перевищення між точками. Наприклад, при геометричному нівелюванні високоточний нівелір установлюють так, щоб віддалі від нього до кожної рейки з пари рейок була завжди однаковою. Якщо для визначення перевищень між точками доводиться прокладати нівелірний хід, то рейки розташовують у заздалегідь визначених та обладнаних місцях. При підронівелюванні датчики розташовують стаціонарно на точках, або переміщують, як під час геометричного нівелювання. Датчики для піддинамічного нівелювання встановлюють нерухомо на точках, а на пульті керування встановлюють рухому посудину з рідиною. Вимірюють перевищення між точками за заданою технологією вимірювань схемою, яка передбачає черговість пар точок для встановлення приладів. Після закінчення циклу спостережень виконують урівноваження висот точок. Спочатку визначають коефіцієнти кінематики, які враховують нерівномірну зміну положення всіх точок мережі. Для цього виконують такі дії:

За результатами даного циклу вимірів і всіх попередніх циклів знаходять середнє квадратичне відхилення кожного перевищення між точками від його середньої величини за весь період спостережень, за формулою

$$\nabla h_{i,j}^k = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^k \left(\Delta h_{i,j}^l - \frac{\sum_{l=1}^k \Delta h_{i,j}^l}{k} \right)^2}{k}}, \quad (1)$$

де i, j - номери точок, між якими визначають перевищення, k - порядковий номер останнього циклу спостережень, l - порядковий номер біжучого циклу спостережень.

За результатами обчислення середніх квадратичних відхилень перевищень, які спираються на дану точку, знаходять ненормований коефіцієнт

кінематики кожної точки

$$\mathfrak{R}_r = \sum_{l=1}^n \nabla h_{r,l}, \quad (2)$$

де r - номер точки, для якої визначають кінематичний коефіцієнт, n - кількість точок у мережі, L - номер біжучої точки. Нормовані коефіцієнти кінематики всіх точок визначають так

$$K_r = \frac{\mathfrak{R}_r}{\sum_{r=1}^n \mathfrak{R}_r}. \quad (3)$$

Зміщення точок є пропорційні коефіцієнтам кінематики точок і їх обчислюють згідно залежностей

$$\delta H_i^q = \frac{-(\Delta H_i - \Delta H_j)K_i}{K_i + K_j}, \quad \delta H_j^q = \frac{-(\Delta H_j - \Delta H_i)K_j}{K_i + K_j}, \quad (4)$$

де

$$\delta H_i^q = \Delta H_i - \Delta H, \quad \text{а} \quad \delta H_j^q = -(\Delta H_j - \Delta H)$$

- зміна урівноваженого перевищення між точками i та j у попередньому та наступному циклах, якщо точки i та j по чергові вважати нерухомими, ΔH_i та ΔH_j - поправки в наближені висоти точок отримані з результатів урівноваження, K_i , K_j - нормовані коефіцієнти кінематики. Позаяк знайдені зміщення однієї і тієї ж точки з різних перевищень будуть різні, кожному зміщенню присвоєно верхній індекс назви перевищення.

Знаходять середньозважене зміщення кожної пари точок із врахуванням коефіцієнтів кінематики

$$\nabla H_{ij}^q = \frac{\delta H_i^q + \delta H_j^q}{2} = \frac{(K_i - K_j)(\Delta H_i - \Delta H_j)}{2(K_i + K_j)}, \quad (5)$$

а після цього середнє зміщення всіх точок мережі стосовно визначених за результатами урівноваження висот точок

$$\Delta \Delta = \frac{\sum_{k=1}^n \Delta H_k}{n}, \quad (6)$$

а також кінематичне зміщення всіх точок мережі стосовно визначених за результатами урівноваження висот точок

$$\delta \delta = \frac{2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \nabla H_{i,j}^q}{n(n-1)} \quad (7)$$

де $\delta \delta$ - середньозважене зміщення всіх точок мережі.

Визначають остаточні висоти точок мережі для будь-якого циклу, наприклад, l за залежністю

$$H_i^l = H_i^{l-1} + \delta H_i^l, \quad (8)$$

де $\delta H_i = \Delta H_i - \delta \Delta$ - являє собою остаточні кінематичні зміщення точок. Остаточні висоти точок мережі

вносять у натуру, наприклад, способом геометричного нівелювання

Для підтвердження переваг запропонованого способу проведено порівняння технічної ефективності та точності існуючого та запропонованого способів. Визначення висотного положення точок проводилось для модельної геодезичної кінематичної мережі, що складається з п'яти точок. Істинні висотні зміщення точок задано у виді модельних кінематичних функцій, аргументами яких є послідовні номери циклів спостережень. З досвіду обстеження геодезичних кінематичних мереж загальноприйнято, що кінематику висотного положення точок мережі слід представляти у вигляді регресійних, логарифмічних, або гармонічних функцій, наприклад

$$H_1 = -0,017l + 9,998, H_2 = -1,667 \cdot 10^{-5} (l^3 - l) + 40,085,$$

$$H_3 = 0,025l + 90,017, H_4 = 2 \ln(l) - 160,333, H_5 = -0,15 \sin l + 250,038$$

В усіх залежностях 1-порядковий номер біжучого циклу спостережень. За представленими функціями було визначено істинні перевищення між точками мережі, які служили вихідними даними для визначення висот точок запропонованим та існуючим способом. Стартові умови для обох способів однакові. Для першого циклу спостережень за вихідну прийнято точку 5. Результати визначення висотного положення точок геодезичної кінематичної мережі з метою винесення їх у натуру наведено у табл. Для спрощення у табл. наведено результати тільки для циклів спостережень, кратних п'яти (5, 10, 15, 20, 50). Дані табл. свідчать, що істинна помилка висотного положення точок мережі, що виносяться в натуру, визначених способом, що заявляється, у 2-3 рази менша за істинну помилку висотного положення тих же точок визначеного існуючим способом.

Це свідчить про очевидні переваги запропонованого способу над існуючими.

Таблиця

Порівняння точності визначення висотного положення точок геодезичної кінематичної мережі

Спосіб визначення висотного положення точок мережі	№ точ-ки	Номер циклів вимірів										
		1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
		Висоти (мм)										
Визначення висотного положення точок запропонованим способом, H^k	1	9,98	9,57	9,36	9,24	9,12	8,98	8,86	8,81	8,81	8,78	8,74
	2	40,09	39,73	39,60	39,52	39,41	39,22	39,00	38,77	38,49	38,10	37,58
	3	90,04	89,79	89,80	89,88	89,97	90,04	90,13	90,29	90,49	90,67	90,84
	4	160,33	163,20	164,47	165,24	165,78	166,17	166,50	166,84	167,19	167,48	167,73
	5	249,91	249,83	249,65	249,43	249,36	249,45	249,55	249,50	249,40	249,45	249,65
Визначення висотного положення точок за прототипом, H^p	1	9,98	9,21	8,86	8,65	8,46	8,28	8,12	8,04	8,00	7,96	7,90
	2	40,09	39,38	39,09	38,93	38,75	38,52	38,26	38,00	37,69	37,28	36,74
	3	90,04	89,44	89,29	89,29	89,31	89,34	89,39	89,52	89,68	89,85	90,00
	4	160,33	162,85	163,96	164,65	165,12	165,47	165,76	166,07	166,38	166,65	166,89
	5	249,91	249,48	249,15	248,84	248,75	248,75	248,81	248,73	248,60	248,62	248,81
Істинні висоти точок, H^l	1	9,98	9,92	9,83	9,75	9,67	9,56	9,50	9,42	9,33	9,25	9,17
	2	40,09	40,08	40,07	40,03	39,95	39,83	39,64	39,37	39,02	38,57	38,00
	3	90,04	90,14	90,27	90,38	90,52	90,64	90,77	90,89	91,01	91,14	91,26
	4	160,33	163,55	164,94	165,75	166,32	166,77	167,14	167,44	167,71	167,95	168,16
	5	249,91	250,18	250,12	249,94	249,90	250,06	250,19	250,10	249,93	249,91	250,08
Істинні помилки висот (мм)												
Істинна помилка висот H^k ($H^k - H^l$)		0,00	0,35	0,47	0,51	0,54	0,61	0,64	0,60	0,83	0,46	0,43
Істинна помилка висот H^p ($H^p - H^l$)		0,00	0,70	0,97	1,10	1,20	1,30	1,37	1,37	1,33	1,29	1,26

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 – 32 – 71